

Principes de composition des espèces et de diversité génétique du matériel végétal pour la protection de la nature

Rolf Holderegger

L'objectif de la protection de la nature en Suisse est de conserver la biodiversité dans son expression régionale typique. Les (re)colonisations et les ensemencements font appel à des plants et à des semences, la végétalisation directe a recours aux produits de fauche. Dans ce contexte, il importe

de préserver la composition des espèces et la diversité génétique typiques de la région. L'utilisation de plants, de semences et de produits de fauche nécessite de tenir compte des aspects floristiques, écologiques et génétiques.



Fig. 1. Bandes fleuries abondamment ensemencées d'épiaire annuelle (*Stachys annua*).

La restauration est une méthode importante pour la protection de la nature en Suisse et dans le monde entier. En de nombreux endroits, les habitats sont revalorisés (c'est-à-dire que leur qualité est améliorée), restaurés ou créés de toutes pièces (fig. 1). Certaines espèces sont également réintroduites sur des sites où elles ont été signalées historiquement,

ou introduites sur de nouveaux sites. La plupart du temps, cela implique une restauration active recourant à divers matériaux végétaux (voir encadré «Plants, semences et de produits de fauche»).

En Suisse, l'utilisation de plants, semences et produits de fauche s'est rapidement développée au cours des dernières années. La mise en œuvre de

l'infrastructure écologique (OFEV 2017; oekologische-infrastruktur.ch/fr) laisse présager une nouvelle augmentation, car des habitats doivent être restaurés ou créés. Les sites Internet d'InfoFlora (infoflora.ch), de Regio Flora (regioflora.ch) ou d'Agridea (agridea.ch) proposent de nombreuses informations concernant la récolte de graines d'espèces menacées

Plants, semences et de produits de fauche

Plusieurs types de matériel végétal sont utilisés pour la restauration et les introductions en Suisse:

Plants: Ce terme s'applique à des plantes issues de cultures de multiplication ex situ dans des jardins. Il peut s'agir, par exemple, d'individus adultes d'espèces menacées qui sont plantés dans un habitat restauré où l'espèce était présente auparavant. Des plants peuvent également être introduits dans des populations existantes pour les renforcer, ou être utilisés pour créer de nouvelles populations. On les utilise généralement dans le cas de plantations d'arbres isolés ou de haies.

Semences: Les semences peuvent être d'origines diverses: mélanges de semences de différentes espèces végétales ou semences d'une seule espèce, provenant de fournisseurs commerciaux et produites ex situ, généralement selon des méthodes agricoles. L'utilisation de telles semences est très répandue en Suisse.

Les semences peuvent également provenir de populations naturelles. Par exemple, des machines spéciales (fig. 3; Bosshard 2016) permettent de récolter par battage les graines de foin mûres de toute une communauté végétale, par exemple une prairie à fromental ou une pelouse semi-sèche (Delarze *et al.* 2015; fig. 2a et b). Différents types de ma-

chines sont utilisés à cet effet. Par rapport à l'enherbement direct (voir ci-dessous), cette méthode présente l'avantage de pouvoir stocker temporairement les semences, sans contrainte de temps.

Enfin, il peut aussi s'agir de semences d'une espèce donnée, récoltées manuellement dans des populations naturelles pour être réintroduites ailleurs plus tard sans multiplication intermédiaire. Cette méthode est souvent utilisée en Suisse pour introduire en plus des espèces rares ou menacées, par exemple dans des endroits où des habitats ont été restaurés avec des mélanges de semences ou par végétalisation directe.

Produits de fauche: Pour les enherbements directs, l'herbe fraîchement coupée (produit de fauche, andains) provenant d'une surface donneuse est épandue sur une surface receveuse (fig. 4). Par exemple, le produit de la fauche d'une prairie à molinie peut être utilisé sur un marais restauré (fig. 2c). L'enherbement direct est de plus en plus pratiqué en Suisse. Son inconvénient est que l'herbe doit être fauchée à un moment propice à la maturation des semences et transférée en peu de temps. La littérature sur l'enherbement direct abonde en Suisse et en Allemagne, avec de nombreux conseils et instructions pratiques (p. ex. Bischoff 2015; Bosshard *et al.* 2015; Staub *et al.* 2015; Latacz-Lohmann *et al.* 2023; Späth et Hoiss 2023a,b).



Fig. 2. Les enherbements directs sont souvent utilisés pour des types de végétation plutôt rares. Le produit de fauche est prélevé dans la région, sur des emplacements naturels du type de végétation cible, par exemple des prairies semi-sèches (a), des prairies de fromental riches en espèces (b) ou des bas-marais (c).

sur des sites sauvages, la conservation et la multiplication ex situ (et non sur place) de ces espèces ainsi que leur introduction, la végétalisation directe ou les directives de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour les réintroductions.

Nous en déduisons ici des principes pour l'utilisation des plants, des semences et des produits de fauche. Tout d'abord, le problème de la conservation de la biodiversité typique de la région (habitats, espèces, gènes) est abordé et quelques notions de génétique sont présentées. Ensuite, des principes pour l'utilisation des plants, des semences et des produits de fauche sont établis et illustrés concrètement par diverses applications pratiques.

Le problème

Que l'on ait recours à des plants, des semences ou des produits de fauche pour des (re)colonisations et des ensemencements, l'objectif est de préserver les habitats typiques de la région, leur composition en espèces et leur diversité génétique (OFEV 2021). En ce qui concerne la diversité génétique et la diversité des espèces, deux aspects doivent être pris en compte. Le premier est la diversité des espèces et des gènes à un endroit donné, le second est la différence de composition des espèces et des gènes à divers endroits ou dans diverses régions (fig. 5). Ce deuxième aspect de la diversité est souvent négligé dans la protection de la nature.

Les différences dans la composition des espèces d'un habitat sont souvent typiques de la région (fig. 5a). Par exemple, la composition en espèces d'une pelouse semi-sèche du Jura n'est pas la même que celle d'une pelouse semi-sèche dans les Grisons; l'ail odorant (*Allium suaveolens*; fig. 6) pousse dans des prairies à molinie du nord de Zurich, dans la région de Schaffhouse, du lac de Constance et de la vallée du Rhin saint-galloise, mais pas dans celles du reste de la Suisse. Si l'on plante l'ail odorant ailleurs en Suisse, on réduit les différences de composition des espèces des prairies à molinie entre les régions.

Pour pouvoir prendre en compte de telles différences dans la composition des espèces lors de l'utilisation des plants, semences et de produits de fauche et de

leur utilisation, il est essentiel de recourir à des connaissances biogéographiques approfondies ou à des cartes des aires de répartition naturelle des espèces en Suisse (infoflora.ch).

Alors que les différences dans les caractéristiques régionales de la composition des espèces sont frappantes, ce n'est pas le cas pour la diversité génétique.

Malgré cela, ici aussi, les deux aspects de la diversité que sont la diversité génétique locale et la diversité génétique entre différents sites ou régions (différenciation génétique) doivent être pris en compte (fig. 5b).

On sait peu de choses sur la composition génétique typique de la région des espèces végétales en Suisse et il n'existe



Fig. 3. L'eBeetle permet de récolter par battage les graines de foin d'une prairie mûre.



Fig. 4. Épandage de produits de fauche pour l'enherbement direct d'un bas-marais.

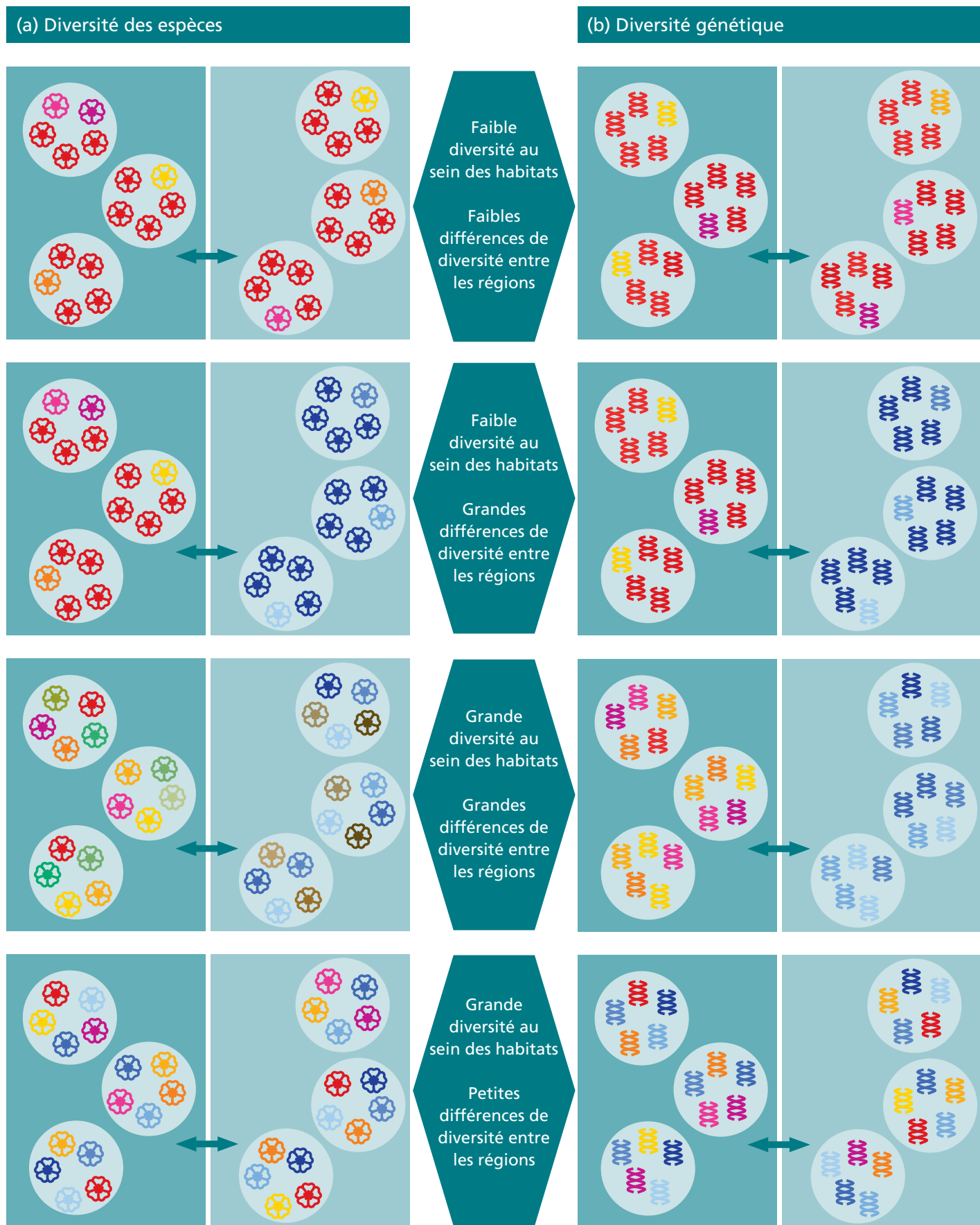


Fig. 5. (a) Diversité des espèces (icônes colorées en forme de fleurs) dans deux régions (rectangles) comportant chacune trois habitats (cercles) avec une diversité plus ou moins marquée au sein des régions et entre celles-ci. (b) La diversité génétique (icône ADN colorée) contient également la diversité, respectivement la différence, au sein des différents espaces et entre eux. Une grande diversité au sein des habitats avec de grandes différences entre les régions reflète des conditions naturelles.

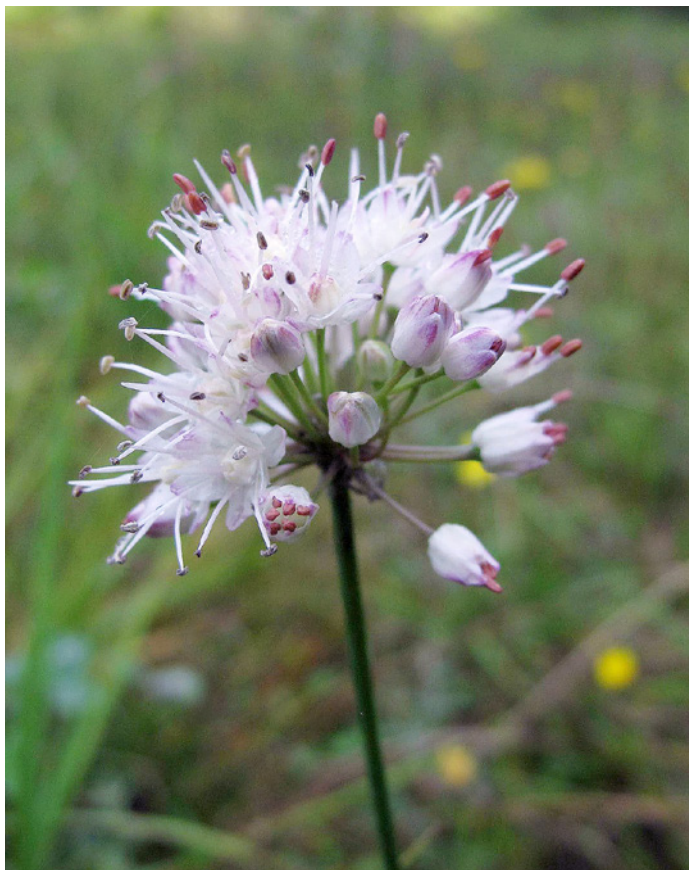


Fig. 6. Ail odorant (*Allium suaveolens*).



Fig. 7. Œillet des rochers (*Petrorhagia saxifraga*).

pas (encore) de «carte de répartition» génétique. Mais que signifie «typique de la région»?

Cette question a reçu et reçoit des réponses différentes en Suisse. Les mélanges de semences pour l'enherbement des prairies sont souvent utilisés à grande échelle pour la protection de la nature en Suisse. Les provenances des semences représentent toute la Suisse ou s'alignent sur les régions biogéographiques de la Suisse (Gonseth *et al.* 2022). Les semences sont celles d'espèces largement répandues en Suisse. Un «mélange suisse» peut provenir de la région lémanique et de la région du lac de Constance ou des Alpes grisonnes et fribourgeoises. Les semences, souvent issues d'une ou d'un très petit nombre de populations de donneurs, ont été multipliées par des producteurs sur plusieurs générations. Dans cet exemple, les mêmes mélanges sont semés à grande échelle et dans diverses conditions écologiques, ce qui nivelle les éventuelles différences dans l'assortiment en espèces et les différences de composition génétique entre les régions. Là où des espèces sont introduites, il est possible que des populations naturelles locales de ces espèces soient

présentes. Elles se croiseront au fil du temps avec les espèces introduites (Aavik *et al.* 2012). En forçant le trait, on peut dire que la même chose pousse partout, tant en termes d'espèces que de composition génétique.

Le terme anglais de *restoration homogenisation* (Holl *et al.* 2022), c'est-à-dire l'uniformisation de la composition des espèces et de la génétique résultant de mesures de protection de la nature, s'est imposé au niveau international pour désigner ce processus où les mêmes espèces ou le même assortiment d'espèces dans la composition génétique des mêmes provenances se répandent à grande échelle.

La petrorhagie saxifrage, plus connue sous le nom d'œillet des rochers ou œillet saxifrage (*Petrorhagia saxifraga*; fig. 7) en est un exemple. En Suisse, des mélanges uniformes de semences ont été et sont encore utilisés à grande échelle. Par le biais des végétalisations de toitures et d'autres introductions, la petrorhagie saxifrage, autrefois présente sporadiquement dans le sud-ouest et le sud de la Suisse, a colonisé d'importantes parties du Plateau, où elle était absente à l'état naturel.

Contrairement à l'exemple des mélanges de semences évoqué ci-dessus, la Suisse adopte souvent, pour les espèces végétales menacées, le principe selon lequel les plants ou les semences doivent provenir des populations géographiquement les plus proches encore existantes. Si une nouvelle population est créée, on veille strictement à n'utiliser pour la multiplication intermédiaire que du matériel issu de la population la plus proche. Cette approche à très petite échelle tient fortement compte de l'expression locale, même si les populations d'origine sont petites et génétiquement appauvries.

Entre ces deux approches extrêmes, il existe toute une gamme de transitions (Van der Mijnsbrugge *et al.* 2010; Jedicke *et al.* 2022), et différentes approches sont également appliquées au sein des régions ou sur un seul site. Par exemple, une prairie sèche peut être restaurée par enherbement direct d'origine cantonale en ajoutant des semences d'une espèce rare collectée à proximité, tandis que la nouvelle haie comprend simplement des plants en provenance de Suisse, et que le cormier (*Sorbus domestica*), lui aussi fraîchement planté, n'existe pas du tout dans la région et provient d'Italie.

Connaissances génétiques

Quelles sont les connaissances génétiques à prendre en compte quant à l'origine, la multiplication et l'utilisation des plants, des semences et des produits de fauche?

La manière dont les populations se différencient génétiquement est traditionnellement étudiée au moyen d'expérimentations en jardin ou de transplantation, le plus souvent avec un nombre limité de populations. Les résultats montrent que les populations de plantes sont généralement adaptées à leur environnement (Keller et Kollmann 1999; Bucharova *et al.* 2017; Durka *et al.* 2019). Il est probable que les populations de régions présentant des conditions écologiques uniformes s'adaptent de manière similaire, et que les populations de régions écologiquement différentes présentent des adaptations différentes. Par exemple, les populations d'une espèce végétale de la région sèche du pied du Jura seront génétiquement différentes des populations de la même espèce de la zone humide des collines du canton de Berne.

Il est également possible d'étudier en laboratoire comment les populations se distinguent par leur composition génétique. Toutefois, il n'existe que peu d'études génétiques sur les différences génétiques régionales des espèces végétales en Suisse. De manière générale, on constate que la composition génétique des populations varie d'une région à l'autre (Allendorf *et al.* 2022; Chung *et al.* 2023). Ces régions «génétiques» n'ont souvent pas grand-chose à voir avec les régions biogéographiques, et rien avec les frontières politiques.

Les grandes populations montrent généralement une plus grande capacité d'adaptation que les petites populations, car ces dernières ont généralement perdu leur capacité d'adaptation en raison d'une trop faible diversité génétique (Willi *et al.* 2006; Leimu et Fischer 2008). De plus, dans les petites populations, les individus sont souvent étroitement apparentés, ce qui peut conduire à la consanguinité. Or, celle-ci réduit à la fois la diversité génétique au sein de la population et la valeur sélective (fitness) des individus (Frankham *et al.* 2017). Par exemple, les plantes poussent moins bien, fleurissent moins souvent ou produisent moins de graines. La taille de la population joue

donc un rôle important tant en termes de diversité génétique et de consanguinité qu'en termes de capacité d'adaptation.

Il existe une règle empirique simple concernant la taille de la population: les populations de 500 individus conservent à plus long terme leur diversité génétique et leur capacité d'adaptation. Les populations de 50 individus évitent la consanguinité à court terme (quelques générations) (Holderegger et Segelbacher 2016; Allendorf *et al.* 2022; voir encadré «La règle des 50/500»). En matière de protection de la nature, les grandes populations doivent donc être privilégiées. La règle des 50/500 est à considérer comme une indication minimale.

En Suisse et dans les pays voisins, les études sur la diversité génétique des populations établies à partir de plants, de semences ou de produits de fauche sont rares (Keller et Kollmann 1999; Aavik

et al. 2012, 2014, 2015; Kaulfuss et Reisch 2021). Une synthèse de résultats provenant du monde entier montre cependant que les populations introduites présentent une diversité génétique plus faible et davantage de consanguinité que les grandes populations naturelles (Wei *et al.* 2023). Du point de vue de la génétique, cette étude est donc peu flatteuse pour les implantations.

La conclusion des considérations ci-dessus est donc la suivante: il faut maintenir la diversité génétique dans une région et la diversité génétique entre les régions, ainsi que la diversité génétique locale au sein des populations, et éviter la consanguinité. La règle des 50/500 constitue à cet égard un point de repère général concernant la taille nécessaire des populations.

La règle des 50/500

Une règle empirique souvent utilisée en matière de protection de la nature est celle des 50/500. Issue de la théorie génétique (Franklin 1980), elle est appliquée dans des concepts et des applications écologiques et génétiques les plus variés. D'une part, cette règle indique que les populations d'au moins 50 individus ne souffrent pas d'effets de consanguinité à court terme, c'est-à-dire en quelques générations. D'autre part, elle indique que les populations d'au moins 500 individus conservent leur capacité d'adaptation à plus long terme.

Certains scientifiques estiment toutefois qu'il faudrait plutôt parler d'une règle des 100/1000, voire des 500/5000, c'est-à-dire qu'un nombre d'individus beaucoup plus élevé serait nécessaire pour éviter la consanguinité dans une population ou garantir la capacité d'adaptation (Holderegger et Segelbacher 2016; Hoban *et al.* 2020; Allendorf *et al.* 2022). Ceci s'explique par le fait que la règle des 50/500 – comme toutes les approches théoriques – repose sur de nombreuses présomptions qui ne sont pas toujours vérifiées dans la nature. La principale d'entre elles, liée à ce que les spécialistes appellent la taille effective d'une population, est que l'on a affaire à 50 ou 500 individus qui se croisent librement et qui ne sont pas étroitement apparentés. Or, il est évident que cette prémisse n'est souvent pas respectée: une même population comporte différentes classes d'âge, les individus se croisent tout au plus avec les individus les plus proches, une population ne comprend plus que des individus étroitement apparentés, ou une espèce végétale se reproduit par clonage.

Malgré ces considérations, la règle des 50/500 est la meilleure référence disponible pour les tailles de population nécessaires. Dans le contexte des plants et des semences, la règle des 50/500 peut par exemple servir à déterminer pour une population donnée le nombre d'individus dont les semences doivent être collectées pour la multiplication intermédiaire ou le semis direct. Lorsque plusieurs petites populations sont reliées entre elles de sorte à permettre des échanges génétiques (ce que l'on appelle une métapopulation), la règle des 50/500 s'applique à l'ensemble des petites populations et non à chacune d'entre elles prise séparément. C'est l'une des raisons pour lesquelles la mise en réseau est importante, par exemple afin de créer une infrastructure écologique (OFEV 2021).

Principes généraux

Les principes généraux suivants devraient être pris en compte lors du choix de l'origine des plants, des semences et de produits de fauche et lors de leur utilisation. En Suisse, de tels principes sont déjà au moins partiellement appliqués à de nombreux endroits.

1 Respecter les aires de répartition des espèces

Les aires de répartition naturelles des espèces communes et rares (fig. 8) doivent être prises en compte. Il est préférable de n'introduire des espèces que là où elles ont été historiquement présentes dans leur aire de répartition naturelle et où l'habitat est encore présent, restauré ou nouvellement créé (UICN 2013). Cela vaut également, malgré toutes les incertitudes, dans le contexte du changement climatique (McLaughlin *et al.* 2022).

2 Utiliser des provenances de régions écologiquement homogènes

Pour conserver la composition en espèces et la composition génétique typiques de la région et éviter l'homogénéisation, c'est-à-dire le mélange avec d'autres régions (Crispi et Hoiss 2021), il faudrait utiliser des provenances de régions écologiquement homogènes. Ces provenances ne doivent être utilisées que dans la même région.

Les six ou douze régions de la répartition biogéographique de la Suisse (Gonseth *et al.* 2022) fournissent une première idée de la délimitation des régions. Elles ne reflètent toutefois pas la réalité de la diversité écologique typique des régions.

Deux exemples illustrent cet argument: le canton de Zurich comprend quatre régions écologiquement distinctes – le nord de Zurich, chaud et sec, le Plateau vallonné et équilibré, le Tössbergland montagneux et humide, et un anticlinal du massif du Jura, le Lägern. La division biogéographique de la Suisse en six régions principales ne suffit pas à rendre compte de cette diversité écologique du canton, et la division en douze régions biogéographiques ne la reflète que partiellement (Gonseth *et al.* 2022).

En fait, le nord de Zurich forme avec le canton de Schaffhouse et certaines parties des cantons d'Argovie et de Thurgovie, ainsi

qu'avec le sud de l'Allemagne limitrophe, une région écologiquement homogène où les plants, les semences et les produits de fauche peuvent être échangés, par exemple pour les cultures sèches. Il en va de même pour le Tössbergland avec les parties limitrophes des cantons de Thurgovie et de Saint-Gall. Le Prättigau et les vallées intra-alpines de l'Engadine sont classés dans la même région biogéographique principale, malgré des conditions écologiques très différentes. Seul le découpage en douze régions biogéographiques (Gonseth *et al.* 2022) les place dans deux régions biogéographiques différentes.

Le découpage biogéographique de la Suisse (Gonseth *et al.* 2022) est un premier pas vers une répartition en régions écologiquement homogènes avec une composition d'espèces et une diversité génétique typiques. Les douze régions biogéographiques ne doivent cependant pas être utilisées à elles seules pour délimiter les régions de production et d'utilisation. Il faut plutôt décider, en fonction des connaissances biogéographiques et écologiques, de quelle région les plants, les semences ou les produits de fauche peuvent être utilisés pour quelles espèces et/ou quels habitats. La réponse peut varier en fonction de l'espèce, de l'assortiment d'espèces ou de l'habitat. Les régions doivent être définies de manière logique et pragmatique en fonction des connaissances écologiques et floristiques. Pour les assortiments d'espèces d'habitats rares et pour les espèces rares, les régions doivent être délimitées plus précisément que pour les espèces et habitats plus communs – sauf si des études génétiques spécifiques sont disponibles pour une espèce donnée. Ces réflexions montrent en outre qu'une indication générale de distance pour les provenances (p. ex. 20 km entre le site d'origine et celui de l'utilisation), souvent souhaitée par la pratique, ne correspond pas aux réalités écologiques et biologiques de la Suisse.

3 Seule la diversité crée la diversité

Il est essentiel de ne pas collecter ou utiliser systématiquement les mêmes origines de semences, les mêmes surfaces ou populations donneuses au sein d'une région, mais plutôt de les alterner. Cette pratique est indispensable pour préserver la diversité génétique caractéristique de la région, à la fois au sein des populations et entre elles. Au sein d'une région, l'utilisation

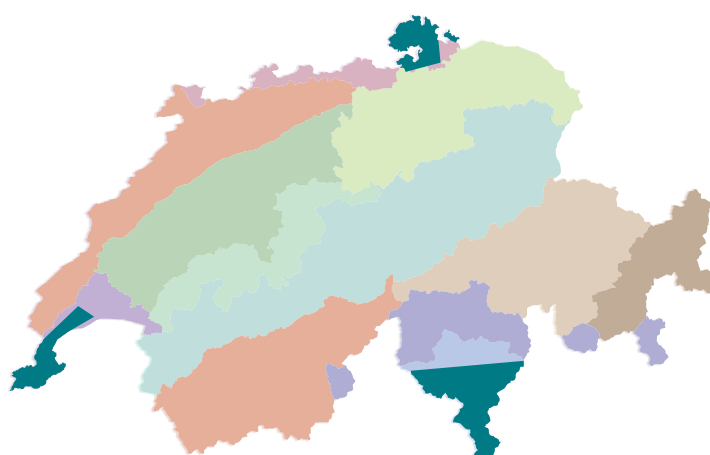


Fig. 8. L'aire de répartition naturelle des espèces en Suisse devrait être respectée lors des introductions. Cela vaut en particulier pour des espèces rares comme la potentille blanche (*Potentilla alba*), dont l'aire de répartition est morcelée en Suisse (vert foncé; simplifié selon infoflora.ch). La carte montre les 12 régions biogéographiques de la Suisse (Gonseth *et al.* 2022).

systématique des mêmes origines ou populations donneuses pour les semences, et des mêmes surfaces donneuses pour les ensemencements directs ou la moisson de prairie battage (voir encadré «Plants, semis et de produits de fauche») réduit la diversité génétique.

4 Respecter la règle des 50/500

Afin de préserver la diversité génétique, il importe de respecter la règle des 50/500 lors de la collecte de graines pour la multiplication ex situ ou le semis direct, ainsi que lors de l'établissement ou de la plantation, que ce soit pour des mélanges de semences ou des graines d'une seule espèce. Il faut donc récolter des semences d'au moins 50 individus et en introduire au moins 50, tout en visant à long terme des populations plus importantes, si possible de 500 individus

5 Documenter rigoureusement

Pour garantir la traçabilité, la quantité, les espèces, l'origine, le lieu et la date de la collecte et de l'introduction doivent être notés avec précision, de préférence sous forme numérique. Un protocole précis permet également de lutter contre une éventuelle homogénéisation. La même règle vaut en cas d'enherbement direct ou de battage.

Principes pour la production et l'utilisation de plants, semences et produits de fauche

- 1 Prendre en compte les aires de répartition naturelles des espèces et des habitats pour choisir les origines du matériel végétal et son utilisation
- 2 Définir des régions présentant des conditions écologiques homogènes pour les habitats et les espèces. Les régions biogéographiques de la Suisse sont un instrument, mais elles ne suffisent pas et doivent être précisées à l'aide de connaissances écologiques et floristiques.
- 3 À l'intérieur de régions écologiquement homogènes, utiliser en alternance différentes origines pour les semences, pour les graines de certaines espèces ainsi que pour les surfaces donneuses en cas d'enherbement direct et de battage.
- 4 Prendre en compte au minimum la règle des 50/500 pour toutes les utilisations
- 5 Documenter précisément (sous forme numérique) l'origine et l'utilisation du matériel végétal.

Diverses applications des principes généraux

L'objectif des principes énoncés ci-dessus est de préserver ou de développer la diversité génétique et la diversité des espèces typiques d'une région afin d'éviter l'homogénéisation et la consanguinité. Les plants, les semences et les produits de fauche ne devraient être utilisés que sur des sites où des occurrences historiques sont connues pour les espèces et les habitats, et qui sont écologiquement appropriés, restaurés ou nouvellement créés (voir «Principes généraux»).

Lorsque de tels habitats existent dans les environs immédiats, la restauration passive peut également être envisagée. Dans le cas de la restauration passive, on n'a pas activement recours à des plants, des semences ou des produits de fauche, les espèces présentes aux alentours recolonisant de manière autonome le terrain. Des études montrent que la restauration passive donne de bons résultats, tant en termes de composition des espèces que de diversité génétique (Wei *et al.* 2023).

Les principes relatifs à l'origine et à l'épandage des plants, des semences et des produits de fauche pour des applications concrètes sont présentés ci-après de manière exhaustive.

Plantes issues de multiplication intermédiaire d'une espèce donnée

- Définir la région de collecte et d'utilisation 1 2.
- Lors de la collecte de graines pour la multiplication intermédiaire ex situ, les graines doivent être prélevées sur un grand nombre d'individus, mais au moins 50, dispersés dans toute la population 4. Pour les espèces rares comptant moins de 50 individus par site, récolter les graines du plus grand nombre possible d'individus différents, sans mettre en danger

la population locale. Tenir compte des bases légales nationales et cantonales (p. ex. autorisations de collecte et d'accès).

- Les origines des semences pour la multiplication intermédiaire doivent être renouvelées régulièrement et après une courte période (trois générations ou années) afin d'éviter les effets de consanguinité lors de la multiplication intermédiaire et de prévenir l'appauvrissement génétique et l'homogénéisation lors de l'utilisation 3. Séparer les différentes origines lors de la multiplication intermédiaire.
- Différentes provenances d'une région définie 2 peuvent être mélangées lors de la transplantation. Ceci est particulièrement indiqué pour les espèces rares et menacées dont les populations sont réduites, afin d'augmenter la diversité génétique des populations réintroduites, nouvellement créées ou renforcées.
- Dans le cas extrême d'espèces éteintes au niveau régional, il est possible d'utiliser des semences obtenues auprès de banques de semences ex situ (Ensslin *et al.* 2021). Il faut cependant garder à l'esprit que ces semences ne proviennent généralement que de quelques individus et souvent d'un seul endroit, et que les collectes dans les banques de semences ne sont pas renouvelées régulièrement. De plus, elles proviennent rarement de la région appropriée.
- La multiplication intermédiaire au moyen de graines est – si possible – préférable à la multiplication intermédiaire clonale, car elle préserve la diversité génétique grâce au brassage lors de la reproduction sexuée.
- Ces principes s'appliquent également aux arbustes et aux arbres, en particulier chez les espèces rares.

- Documenter précisément (de préférence sous forme numérique) la quantité, les espèces, la provenance, le lieu et la date de collecte et d'utilisation 5.

Mélanges de semences

- Définir la région de collecte et d'utilisation 1 2.
- Lors de la collecte de semences pour la reproduction intermédiaire ex situ, les semences doivent être collectées auprès d'un grand nombre, mais d'au moins 50 individus dispersés sur l'ensemble de la population 4. Tenir compte des bases légales nationales et cantonales (p. ex. autorisations collectives et d'accès).
- Les provenances des semences destinées à la multiplication intermédiaire ex situ (fig. 9) doivent être renouvelées régulièrement et après une courte période (au maximum après trois générations, respectivement trois ans) afin d'éviter les effets de consanguinité lors de la multiplication intermédiaire et de prévenir l'appauvrissement génétique et l'homogénéisation lors de la dissémination 3. Séparer les différentes origines lors de la multiplication intermédiaire.
- Différentes provenances d'une région donnée 2 peuvent être mélangées lors de l'utilisation. Ceci est particulièrement indiqué pour la végétation d'habitats rares ou menacés de petite taille, afin d'augmenter la diversité génétique des espèces dans les habitats restaurés ou nouvellement créés.
- Documenter précisément (de préférence sous forme numérique) l'origine et la quantité de produits de fauche, ainsi que le lieu et le moment de la récolte et de l'utilisation 5.
- Ces principes s'appliquent également aux mélanges de graines pour toitures végétalisées. Pour le cas particulier des bandes fleuries et des plantes adventices, voir page suivante.

Semences issues de la multiplication intermédiaire d'une seule espèce

- Définir la région d'origine et d'utilisation 1 2.
- Lors de la collecte de semences pour la reproduction intermédiaire, les semences de nombreux individus, mais d'au moins 50 individus, doivent être dispersées sur toute la population 4. Pour les espèces rares comptant moins de 50 individus par site, récolter des semences du plus grand nombre possible d'individus différents, sans mettre en danger la population locale. Tenir compte des bases légales nationales et cantonales (p. ex. autorisations collectives et d'accès).
- Les provenances des semences destinées à la multiplication intermédiaire ex situ doivent être renouvelées régulièrement et après une courte période (au maximum après trois générations, respectivement trois ans) afin d'éviter les effets de consanguinité lors de la multiplication intermédiaire et de prévenir l'appauvrissement génétique et l'homogénéisation lors de la dissémination 3.
- Séparer les différentes origines lors de la multiplication intermédiaire. Différentes provenances d'une région donnée 2 peuvent être mélangées lors de l'utilisation. Ceci est particulièrement indiqué pour les espèces rares et menacées comportant seulement de petites populations, afin d'augmenter la diversité génétique des populations réintroduites, nouvellement créées ou renforcées.
- Dans des cas extrêmes, des graines provenant de banques de semences ex situ peuvent être utilisées pour des espèces

éteintes au niveau régional (Ensslin *et al.* 2021). Cependant, il convient de garder à l'esprit que les graines des banques de semences ne proviennent généralement que de quelques individus et souvent d'un seul endroit et ne sont pas renouvelées régulièrement. De plus, elles proviennent rarement de la région appropriée.

- Documenter précisément (de préférence numériquement) la quantité, les espèces, l'origine, le lieu et le moment de la collecte et de l'épandage 5.

Utilisation directe de semences d'espèces individuelles récoltées dans des populations naturelles

- Définir la région d'origine et d'utilisation 1 2.
- Lors de la collecte, les semences doivent être prélevées sur un grand nombre d'individus, mais au moins 50 individus, répartis sur l'ensemble de la population 4. Pour les espèces rares comptant moins de 50 individus par site, récolter des semences du plus grand nombre possible d'individus différents, sans mettre en danger la population locale. Tenir compte des bases légales nationales et cantonales (p. ex. autorisations collectives et d'accès). Les provenances des semences doivent être renouvelées régulièrement afin de préserver la diversité génétique et d'éviter l'homogénéisation lors de l'épandage 3.
- Séparer les semences de différentes origines.
- Les semences d'une espèce donnée provenant de différents sites dans une région déterminée 2 peuvent être mélangées avant leur utilisation. Ceci est particulièrement indiqué pour les espèces rares et menacées comportant seulement de petites populations, afin d'augmenter la diversité génétique des populations réintroduites, nouvellement créées ou renforcées.
- Documenter précisément (de préférence numériquement) la quantité, les espèces, l'origine, le lieu et le moment de la collecte et de l'épandage 5.



Fig. 9. Production de semences sur une exploitation agricole.

Mélanges de graines provenant de populations naturelles (graines de foin)

- Définir la région d'origine et d'utilisation 1 2.
- La composition des espèces typiques de la région doit également être prise en compte dans le cas des graines de foin obtenues par battage 1. Une surface donneuse dans une pelouse semi-sèche ou une prairie à fromental des Préalpes contiendra des espèces qui ne sont pas ou peu présentes dans une pelouse semi-sèche ou une prairie à fromental du Plateau, par exemple la raiponce orbiculaire (*Phyteuma orbiculare*; fig. 10a). Tenir compte des bases légales nationales et cantonales (p. ex. autorisations collectives et d'accès).
- Renouveler régulièrement les surfaces donneuses et/ou prendre en compte différentes surfaces donneuses afin d'éviter l'appauvrissement génétique et l'homogénéisation 3.
- Séparer les semences de différentes surfaces donneuses.
- Les semences de différentes surfaces donneuses d'une région déterminée 2 peuvent être mélangées lors de leur utilisation. Ceci est particulièrement indiqué pour les espèces rares et menacées comportant seulement de petites populations, afin d'augmenter la diversité génétique des populations réintroduites, nouvellement créées ou renforcées.
- Documenter précisément (de préférence sous forme numérique) le type et la quantité de graines de foin, l'origine, le lieu et le moment de la récolte et de l'utilisation 5.

Enherbements directs

- Définir la région d'origine et d'utilisation 1 2.
- La composition des espèces typiques de la région doit également être prise en compte lors d'enherbements directs 1. Une surface donneuse dans une pelouse semi-sèche ou une prairie à fromental des Préalpes contiendra des espèces qui ne sont pas ou peu présentes dans une pelouse semi-sèche ou une prairie à fromental du Plateau, par exemple le géranium des bois (*Geranium sylvaticum*; fig. 10b). Tenir compte

des bases légales nationales et cantonales par exemple autorisations de collecte.

- Renouveler régulièrement les surfaces donneuses et/ou prendre en compte différentes surfaces donneuses afin d'éviter l'appauvrissement génétique et l'homogénéisation 3.
- Si le temps le permet, les produits de fauche de différentes surfaces donneuses d'une même région 2 peuvent être mélangés lors de leur utilisation. Ceci est particulièrement indiqué pour la végétation d'habitats rares ou menacés de petite taille, afin d'augmenter la diversité génétique des espèces dans les habitats restaurés ou nouvellement créés.
- Enregistrer avec précision (de préférence sous forme numérique) l'origine et la quantité de produits de fauche, ainsi que le lieu et le moment de la récolte et de l'utilisation 5.

Cas particulier des bandes fleuries et des plantes adventices

- Les principes (1 2 3 4 5) ci-dessus s'appliquent également aux mélanges de semences ou à l'utilisation de semences d'espèces individuelles de plantes adventices et de bandes fleuries (fig. 1).
- Des semences uniformes ont été utilisées à grande échelle en Suisse pour les bandes fleuries, les plantes adventices et les jachères. Les dernières populations indigènes de plantes adventices doivent être traitées séparément 1. Cela concerne en particulier les cantons du Valais, des deux Bâle et de Schaffhouse, ainsi que le nord de Zurich. Dans ces cantons, seules des semences indigènes typiques de la région devraient être utilisées pour l'ensemencement de plantes adventices afin de protéger les dernières populations naturelles.
- Aucune étude n'a été menée à ce jour pour établir si les plantes adventices semées et issues de semences non typiques de la région, se mélangent génétiquement avec les populations indigènes de ces espèces. Cependant, un tel mélange est à supposer.



Fig. 10. (a) Raiponce orbiculaire (*Phyteuma orbiculare*) et (b) géranium des bois (*Geranium sylvaticum*).

Références

- Aavik T., Edwards P.J., Holderegger R., Graf R., Billeter R. (2012) Genetic consequences of using seed mixtures in restoration: a case study of the wetland plant *Lychnis flos-cuculi*. *Biol. Conserv.* 145: 195–204.
- Aavik T., Bosshard D., Edwards P.J., Holderegger R., Billeter R. (2014) Fitness in naturally occurring and restored populations of the grassland plant *Lychnis flos-cuculi* in a Swiss agricultural landscape. *Restor. Ecol.* 22: 98–106.
- Aavik T., Bosshard D., Edwards P.J., Holderegger R., Billeter R. (2015) Genetische Vielfalt in Wildpflanzen-Samenmischungen. *Agrarforsch. Schweiz* 5: 20–27.
- Allendorf F.W., Funk W.C., Aitken S.N., Byrne M., Luikart G. (2022) Conservation and the genomics of populations. Oxford: Oxford University Press. 746 S.
- Bischoff W. (2015) Regio Flora: Empfängerfläche sucht Spenderwiese. *N+L Inside* 2015, 2: 35–40.
- Bosshard A. (2016) Produktion von «Heugrassaat aus dem Sack» mit dem eBeetle. *N+L Inside* 2016, 3: 36–38.
- Bosshard A., Mayer P., Mosimann A. (2015) Leitfaden für naturgemässe Begrünungen in der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung der Biodiversität. Oberwil-Lieli: Ö+L. 80 S.
- Bucharova A., Michalski S.G., Hermann J.-M., Heveling K., Durka W., Hölzel N., Kollmann J., Bossdorf O. (2017) Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: lessons from a multispecies transplant experiment. *J. Appl. Ecol.* 54: 127–136.
- Chung M.Y., Merilä J., Kim Y., Mao K.S., Lopez-Pujol J., Chung M.G. (2023) A review on Q_{ST} – F_{ST} comparisons of seed plants: insights for conservation. *Ecol. Evol.* 13: e9926.
- Crispi N., Hoiss B. (2021) Warum eigentlich gebietsheimisches Saatgut? *Anliegen Natur* 43, 2: 39–46.
- Delarze R., Gonseth Y., Eggenberg S., Vust M. (2015) Lebensräume der Schweiz. Bern: Ott. 465 S.
- Durka W., Bossdorf O., Bucharova A., Frenzel M., Hermann J.-M., Hölzel N., Kollmann J., Michalski S.G. (2019) Regionales Saatgut von Wiesenpflanzen: genetische Unterschiede, regionale Anpassung und Interaktion mit Insekten. *Natur Landsch.* 94: 146–153.
- Ensslin A., Jäggli G., Sandoz F., Kessler M., Loizeau P.-A., Nyffeler R., Palese R., Schiestl F. (2021) Aufbau einer nationalen Wildsaatgutbank an zwei Standorten in Genf und Zürich: ein Kernstück der ex-situ Erhaltung der Schweiz. *N+L Inside* 2021, 1: 23–28.
- Frankham R., Ballou J.D., Ralls K., Eldridge M., Dudash M.R., Fenster C.B., Lacy R.C., Sunnucks P. (2017) Genetic management of fragmented animal and plant populations. Oxford: Oxford University Press. 401 S.
- Franklin I.R. (1980) Evolutionary changes in small populations. In: Soulé M.E., Wilcox B.A. (Eds) Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective. Sunderland: Sinauer. 135–149.
- Gonseth Y., Sartori L., Bornand C., Gygax A. (2022) Les régions biogéographiques de la Suisse. Connaissance de l'environnement: Vol. 2214. Berne: OFEV. 28 p.
- Hoban S., Bruford M., D'Urban Jackson J., Lopes-Fernandes M., Heuertz M., Hohenlohe P.A., ... (2020) Genetic diversity targets and indicators in the CBD post-2020 global biodiversity framework must be improved. *Biol. Conserv.* 248: 108654.
- Holderegger R., Segelbacher G. (2016) Naturschutzgenetik. Ein Handbuch für die Praxis. Bern: Haupt. 247 S.
- Holl K.D., Luong J.C., Brancalion P.H.S. (2022) Overcoming biotic homogenization in ecological restoration. *Trends Ecol. Evol.* 37: 777–788.
- Kaulfuss F., Reisch C. (2021) Restoration of species-rich grasslands by transfer of local plant material and its impact on species diversity and genetic variation. Findings of a practical restoration project in southeastern Germany. *Ecol. Evol.* 11: 12816–12833.
- IUCN (2013) Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Gland: IUCN. 57 p.
- Jedicke E., Auf der Heide U., Bergmeiner E., Betz O., Brunzel S., Eckerter P., ... (2022) Gebietseigenes Saatgut – Chance oder Risiko für den Biodiversitätsschutz. *Natursch. Landschaftspl.* 54: 12–21.
- Keller M., Kollmann J. (1999) Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. *Agric. Ecosyst. Environm.* 72: 87–99.
- Latacz-Lohmann U., Buhk J.-H., Schreiner J., Herrmann C.-C., Thiermann I. (2023) Mähgutübertragung: zwischen Anspruch und Wirklichkeit. *Anliegen Natur* 43: 17–24.
- Leimu R., Fischer M. (2008) A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS ONE* 3: e4010.
- McLaughlin B.C., Skikne S.A., Beller E., Blakey R.V., Olliff-Yang R.L., Morueta-Holme N., ... (2022) Conservation strategies for the climate crisis: an update on three decades of biodiversity management recommendations from science. *Biol. Conserv.* 268: 109497.
- OFEV (2017) Plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse. Berne: OFEV. 53 p.
- OFEV (2021) Infrastructure écologique. Guide de travail pour la planification cantonale dans le cadre de la période de convention-programme 2020–2024. Berne: OFEV. 53 p.
- Späth J., Hoiss B. (2023a) Artenreiche Wiesen schaffen und aufwerten: Praxistipps und -beispiele zur Mähgutübertragung. *Anliegen Natur* 45, 1: 63–76.
- Späth J., Hoiss B. (2023b) Wiesen aufwerten und neu schaffen – Praxishinweise. *Anliegen Natur* 45, 2: 71–80.
- Staub M., Benz R., Bischoff W., Bosshard A., Burri J., Viollier S., Bischofberger Y. (2015) Enhancement direct de prairies riches en espèces dans l'agriculture. Guide pratique pour l'utilisation de semences régionales dans les surfaces de promotion de la biodiversité. Lausanne: AGRIDEA. 15 p.
- Van der Mijnsbrugge K., Bischoff A., Smith B. (2010) A question of origin: where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic Appl. Ecol.* 11: 300–311.
- Wei X., Xu Y., Kyu L., Xiao Z., Wang S., Yang T., Jiang M. (2023) Impacts of ecological restoration on the genetic diversity of plant species: a global meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* 60: 1149–1160.
- Willi Y., Van Bruskirk J., Hoffmann A.A. (2006) Limits to the adaptive potential of small populations. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 435–458.

Remerciements

Je suis reconnaissant envers de nombreuses personnes d'administrations cantonales, de bureaux d'écologie et de planification ainsi que d'organisations et entreprises privées pour nos discussions et leurs suggestions, envers Michèle Büttner, Felix Gugerli, Michèle Kaennel Dobberty et Martin Moritzi pour leurs commentaires sur le texte, et envers Andreas Bosshard, Michèle Büttner, Monika Orlor et Christian Wiskemann pour leurs photos.

Illustrations

M. Büttner (fig. 2c, 7, 10a), R. Holderegger (fig. 1, 2a et b, 6, 8, 9), M. Orlor (fig. 10b), Andreas Bosshard (fig. 3), Christian Wiskemann (fig. 4)

Citation

Holderegger R. (2024) Principes de composition des espèces et de diversité génétique du matériel végétal pour la protection de la nature. Not. prat. 77. 12 p. doi.org/10.55419/wsl:37134

Contact

Rolf Holderegger
Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
rolf.holderegger@wsl.ch

Notice pour la pratique ISSN 1012-6554 imprimé / 2296-4436 en ligne

Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écoles ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées **Merkblatt für die Praxis** ISSN 1422-2876. Les éditions italiennes et anglaises paraissent occasionnellement dans les périodiques **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914) et **WSL Fact Sheet** (ISSN 2624 8069).

Dernières parutions (consultez wsl.ch/notices)

- N° 76: Adaptation aux changements climatiques intégrée au niveau régional: aides à la mise en œuvre. T. Ertl et al. 2024. 12 p.
- N° 75: Transition énergétique: possibilités d'action aux niveaux communal et régional. L. Gisler et al. 2024. 12 p.
- N° 74: Portrait, précarité et protection de la flore des blocs erratiques. D. Hepenstrick et al. 2023. 12 p.
- N° 73: Le lichen corail cendré des sables. Enjeu de la protection de la nature et de l'aménagement des cours d'eau. C.M. Hischier et al. 2022. 8 p.
- N° 72: L'arole – portrait d'un montagnard. F. Gugerli et al. 2022. 16 p.
- N° 71: La processionnaire du chêne. Connaissances de base et recommandations pratiques. S. Blaser et al. 2022. 8 p.
- N° 70: Les maladies des aiguilles et des pousses du pin. V. Dubach et al. 2022. 12 p.
- N° 69: Champignons introduits en Suisse. J. Brännhage et al. 2021. 12 p.
- N° 68: Comprendre la diversité et les fonctions des sols forestiers en Suisse. M. Walser et al. 2021. 12 p.
- N° 67: Les ennemis naturels des scolytes. B. Wermelinger et al. 2021. 12 p.
- N° 66: L'ailante en Suisse – Écologie et options de gestion. S. Knüsel et al. 2020. 12 p.
- N° 65: Écologie du feu des hêtraies montagnardes. Services écosystémiques et mesures sylvicoles après un incendie de forêt. J. Maringer et al. 2020. 12 p.
- N° 64: Connaître, conserver et promouvoir les arbres-habitats. R. Büttler et al. 2019. 12 p.



Cette publication est en libre accès; tous les textes et photos pour lesquels rien d'autre n'est indiqué sont soumis à la licence Creative Commons CC BY 4.0. Ils peuvent être reproduits, diffusés et modifiés librement à condition d'en préciser la source.

Managing Editor

Martin Moritzi
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
martin.moritzi@wsl.ch
wsl.ch/notices

Le WSL est un institut de recherche du Domaine des EPE.

Traduction
Michèle Kaennel Dobberty, WSL

Mise en page
Jacqueline Annen et Sandra Gutzler, WSL

Impression: Rüeegg Media AG



climatiquement neutre
powered by ClimatePartner®
Impression | ID 11726-1503-1001



Sources mixtes
Groupe de produits provenant de forêts bien gérées et d'autres sources contrôlées
www.fsc.org Cert no. SQS-COC-10021
©1996 Forest Stewardship Council