

Comment évaluer la qualité botanique des surfaces agricoles de promotion de la biodiversité?

L'agroécosystème viticole au sud des Alpes suisses comme cas d'étude

Valeria TRIVELLONE^{1,2,6}, Bruno BELLOSI^{1,3}, Andrea PERSICO⁴, Matteo BERNASCONI⁵, Mauro JERMINI⁶, Marco MORETTI^{1*} et Nicola SCHOENENBERGER^{3*}

¹Institut fédéral de recherches WSL, 8903 Birmensdorf/ZH

²Université de Neuchâtel, 2000 Neuchâtel

³Museo cantonale di storia naturale, 6900 Lugano

⁴Via Monticello, 6533 Lumino

⁵Ufficio cantonale della consulenza agricola, 6500 Bellinzona

⁶Agroscope, 6593 Cadenazzo

*Le rôle d'auteur senior est partagé.

Renseignements: Valeria Trivellone, e-mail: valeria.trivellone@gmail.com, tél. +41 79 948 68 82



L'un des vignobles de l'étude, à Camorino (TI).

Introduction

Le rapport de l'Evaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM 2005) souligne la relation importante qui existe entre les services fournis par les écosystèmes, la biodiversité, le bien-être et la santé de l'homme. Différentes études, notamment, ont quantifié la perte de services écosystémiques due à la perte de biodiversité (p. ex. Bastian 2013; Harrison *et al.* 2014). Dans les agroécosystèmes, l'ensemble des organismes associés aux plantes cultivées supporte des services d'importance primordiale, comme le recyclage des nutriments et la régulation des organismes nuisibles (Altieri et Nicholls 2004). Les champs cultivés sont caractérisés par un apport constant d'éléments externes dont l'intensification conduit souvent à un appauvrissement de la diversité biologique – et donc à la perte de services écosystémiques (Lucas *et al.* 2013; Power 2010). L'instrument des paiements pour les services écosystémiques (PSE) est utilisé en agriculture pour prévenir ce risque et promouvoir des externalités positives (Ferraro et Kiss 2002; Milne et Niessen 2009), par exemple avec les incitations pour la promotion de la biodiversité. Pour l'octroi de telles subventions sont utilisés des indicateurs biologiques qui servent à mesurer le niveau de biodiversité d'un agroécosystème (Sommerville *et al.* 2011). La communauté scientifique a largement admis qu'il était important d'utiliser des indicateurs reflétant différentes composantes de la biodiversité (p. ex. Devictor *et al.* 2010; Trivellone *et al.* 2014), qui fournissent des informations complémentaires sur les services écosysté-

miques (Perronne *et al.* 2014). Plus les indicateurs couvrent différents aspects de la biodiversité, sur le plan taxonomique (richesse et diversité spécifique, espèces rares) ou sur le plan fonctionnel (richesse et diversité fonctionnelle), et plus les stratégies agro-environnementales sont efficaces (de Bello *et al.* 2010; Mace et Baillie 2007).

En Suisse, l'Ordonnance sur les paiements directs (Office fédéral de l'agriculture, 23 octobre 2013) régule le versement des contributions pour la biodiversité en faveur de seize types de surfaces qui répondent à des niveaux de qualité déterminés. La qualité écologique des surfaces est estimée à travers des plantes indicatrices et des structures de valeur particulière. Par conséquent, la sélection de ces espèces est fondamentale pour l'évaluation correcte de la qualité des surfaces de promotion de la biodiversité. Toutefois, en l'état actuel des choses, un instrument pour la sélection appropriée de tels indicateurs fait défaut.

La présente contribution souhaite proposer un cadre conceptuel qui définisse les critères de sélection d'espèces indicatrices de la qualité botanique sur les surfaces de promotion de la biodiversité. Nous proposons, par ailleurs, une méthode de sélection des espèces basée à la fois sur des analyses quantitatives et sur l'évaluation d'experts. L'agroécosystème viticole au sud des Alpes de la Suisse est utilisé ici comme cas d'étude. En conclusion, les résultats sont confrontés aux exigences relatives à l'art. 59 et à l'annexe 4 sur les surfaces viticoles présentant une biodiversité naturelle.

Matériel et méthodes

Cadre conceptuel

Le cadre d'une sélection d'espèces indicatrices doit être appliqué à des surfaces agricoles pour la promotion de la biodiversité, situées dans une région homogène sur le plan biogéographique et socioculturel. Le choix de l'unité géographique de référence suit la division de la Suisse en régions biogéographiques proposée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) (Gonseth *et al.* 2001). Dans chacune de ces régions, la sélection des espèces indicatrices nécessite de réaliser des relevés floristiques représentatifs de l'ensemble de la région considérée.

Le cadre est fondé sur quatre principaux critères de sélection, indépendants les uns des autres et divisés en étapes (fig. 1). Chaque critère génère une sous-liste d'espèces indicatrices; la liste totale s'obtient en additionnant les sous-listes, sachant qu'une espèce peut être sélectionnée selon un ou plusieurs critères.

Résumé

En Suisse, l'Ordonnance sur les paiements directs régule le versement des contributions pour la biodiversité des surfaces agricoles. La qualité écologique est estimée sur la base de plantes indicatrices et de structures de valeur particulières. Toutefois, l'instrument pour sélectionner les indicateurs permettant de mesurer la qualité botanique fait défaut. Dans un travail réalisé en 2008 et 2011, nous proposons un cadre conceptuel qui définit quatre critères pour la sélection d'espèces indicatrices: 1) intensité de gestion, 2) composantes de la biodiversité, 3) vulnérabilité et danger d'extinction, 4) dommage réel ou potentiel pour la biodiversité. Appliqué aux vignobles au sud des Alpes suisses, cet outil a permis de sélectionner au total 118 espèces indicatrices associées positivement à de basses intensités de gestion, à de hauts niveaux de biodiversité, à une augmentation du risque d'extinction ou à une menace élevée pour la biodiversité.

- **Critère 1 – Intensité de gestion**, divisé en trois étapes: 1a) sélection de zones homogènes du point de vue de la végétation et définition du type et de l'intensité de gestion appliqués; 1b) sélection d'un seuil d'intensité de gestion pour chaque zone identifiée; celui-ci permet de répartir les relevés floristiques effectués dans chaque type de zone en deux groupes, associés respectivement à une basse et une haute intensité de gestion; 1c) sélection des espèces indicatrices associées aux basses intensités de gestion.
- **Critère 2 – Composantes de la biodiversité**, également divisé en trois étapes: 2a) sélection d'une ou plusieurs composantes de la biodiversité à considérer (p. ex. génétique, taxonomique et fonctionnelle) et, pour chacune d'elles, d'un ou plusieurs indices de biodiversité; ces indices seront appliqués aux données des relevés des parcelles échantillons; 2b) sélection d'un seuil pour chaque indice, qui permet de répartir les relevés floristiques effectués sur chaque type de zone en deux groupes, associés respectivement à de bas et de hauts niveaux de biodiversité; 2c) sélection des espèces indicatrices associées aux hauts niveaux de biodiversité.



- Critère 3 – Evaluation de la vulnérabilité et danger d’extinction des espèces**, divisé en deux étapes: 3a) sélection des espèces menacées d’extinction ou vulnérables dans la région considérée selon la Liste rouge des espèces menacées de Suisse (Moser *et al.* 2002) en utilisant la liste complète des espèces relevées dans les parcelles échantillons; 3b) choix d’espèces indicatrices d’intérêt spécifique pour le type de surface agricole considéré et qui peuvent justifier une intervention de sauvegarde et de protection.
- Critère 4 – Dommage réel ou potentiel pour la biodiversité causé par des espèces particulières**, divisé en deux étapes: 4a) sélection des espèces qui causent, actuellement ou potentiellement, des dommages à la diversité biologique, la santé et/ou l’économie et dont l’expansion doit être empêchée ou surveillée, selon la Liste noire, la «Watch List» (<http://www.infoflora.ch/fr/flore/neophytes/listes-et-fiches.html>) ou d’autres sources bibliographiques; 4b) sélection des espèces qui, dans le type de surface agricole considéré, indiquent un appauvrissement et une banalisation de la végétation.

Les espèces indicatrices selon les critères 1 et 2 (fig. 1) sont sélectionnées en analysant l’ensemble de la communauté des espèces; par conséquent, les relevés floristiques doivent être de type quantitatif (couverture ou abondance des différentes espèces). Les espèces indicatrices des critères 3 et 4 (fig. 1) sont en revanche évaluées à partir de la liste complète des espèces et sur des données de présence/absence d’un relevé de type qualitatif.

Cas d’étude: l’agroécosystème viticole au sud des Alpes suisses

Relevés floristiques

L’agroécosystème viticole au sud des Alpes de la Suisse se situe dans la région biogéographique SA (Gonseth *et al.* 2001). La flore a été relevée dans 48 vignobles échantillons (fig. 2, points rouges) sélectionnés en fonction de la pente, de l’exposition et de la composition du paysage (dans un rayon de 500m autour des vignobles). Les relevés quantitatifs ont été effectués dans chaque vignoble d’après la méthode de Londo (1976). La couverture des différentes espèces a été estimée en considérant 20 carrés de 1m² sur chaque zone homogène identifiée. Les relevés qualitatifs de présence/ab-

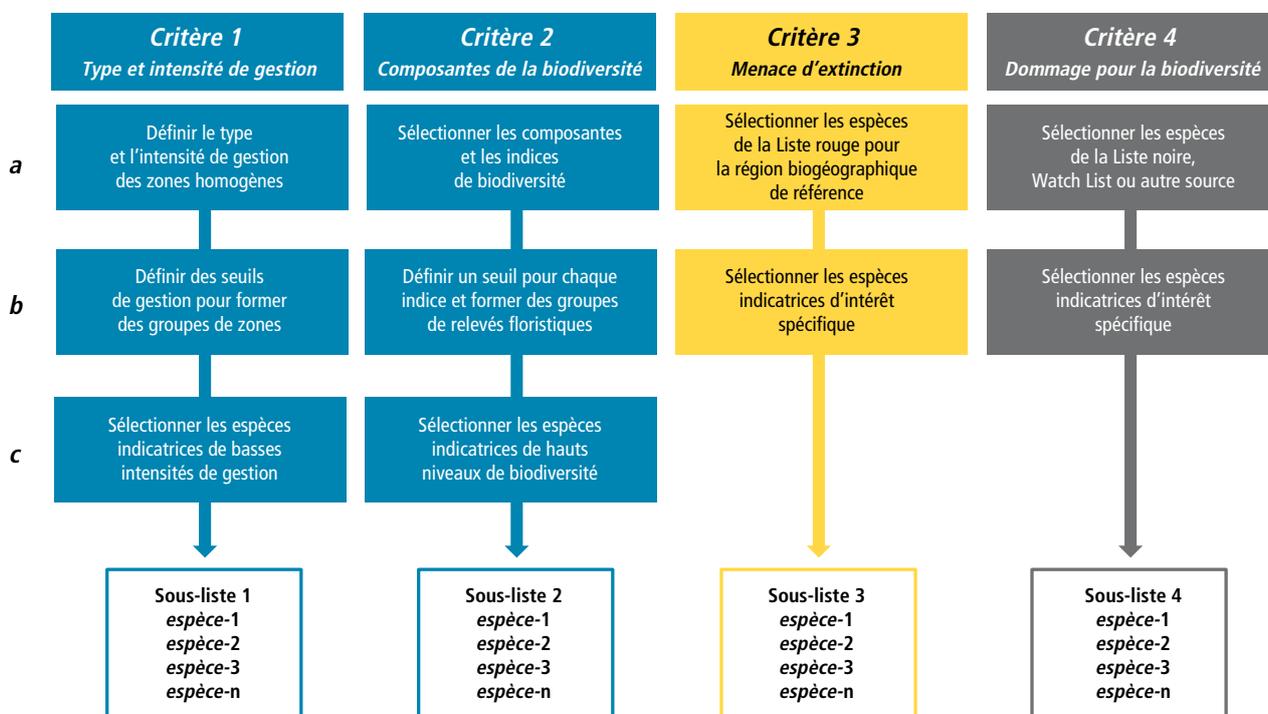


Figure 1 | Cadre conceptuel pour la sélection des espèces indicatrices de qualité botanique des surfaces agricoles de promotion de la biodiversité, avec quatre critères indépendants divisés en étapes (a-c). Les critères 1 et 2 (en bleu) sélectionnent les espèces indicatrices de communautés végétales de grande valeur écologique, le critère 3 (en jaune) sélectionne les espèces en danger d’extinction et le critère 4 (en gris) les espèces dangereuses (Liste noire) ou potentiellement dangereuses (Watch List) pour la santé, l’économie et la biodiversité. La liste totale est obtenue en additionnant les sous-listes 1–4, une espèce pouvant être sélectionnée par un ou plusieurs critères.

sence des espèces ont été réalisés dans les 48 vignobles échantillons et dans 33 autres vignobles (fig. 2, points bruns), soit 81 vignobles au total. La liste complète des espèces a été établie en parcourant l'ensemble de la surface plantée de vignes, zones de manœuvre comprises. La nomenclature des espèces est celle de Lauber *et al.* (2012). Les relevés ont été effectués en 2008 (fin juin) et en 2011 (à la fin du printemps et en été). Les données relatives à la gestion ont été recueillies dans des questionnaires aux viticulteurs.

Analyse des données

Des analyses statistiques multivariées ont été appliquées aux données des relevés quantitatifs. Les seuils d'intensité de gestion ont été définis notamment par analyse multivariée MRT (Multiple Regression Tree) (De'ath 2002). L'analyse multivariée TITAN (Threshold Indicator Taxa ANalysis) (Baker et King 2010) a servi à définir les seuils des valeurs de biodiversité, qui correspondent chacun à un changement significatif de

diversité et/ou de composition des espèces. Ces méthodes sont plus amplement décrites dans Trivellone *et al.* (2014).

La biodiversité taxonomique et la biodiversité fonctionnelle ont été considérées dans cette étude. Parmi les indices de biodiversité taxonomique, nous avons utilisé le nombre d'espèces, l'indice de Simpson et l'indice de Shannon; pour la diversité fonctionnelle, nous avons considéré l'indice de richesse fonctionnelle, la divergence fonctionnelle et la diversité fonctionnelle de Rao (pour une synthèse, voir Magurran et McGill 2011). Ces indices sont assez largement utilisés, solides et reconnus pour fournir des informations complémentaires sur la structure des communautés et sur les aspects liés à la résilience fonctionnelle des écosystèmes. Tous les indices ont été calculés en fusionnant les données des relevés des cinq carrés de chaque zone homogène. Les seuils identifiés par analyses MRT et TITAN ont servi à former des groupes de zones semblables. Les groupes sont utilisés pour sélectionner les espèces indicatrices à l'aide d'analyses IndVal (Indicator Value analysis) (De Cáceres *et al.* 2010). Seules les espèces indicatrices associées à une basse intensité de gestion et à de hauts niveaux de biodiversité ont été retenues pour la liste finale.

Résultats et discussion

Dans les 81 vignobles étudiés en 2008 et 2011, 520 espèces au total appartenant à 281 genres et 91 familles ont été relevées. Elles représentent 18 % de la flore de la région biogéographique SA et 15 % de la flore suisse.

Seules dix espèces (dont *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata*, *Erigeron annuus* et *Stellaria media*) sont

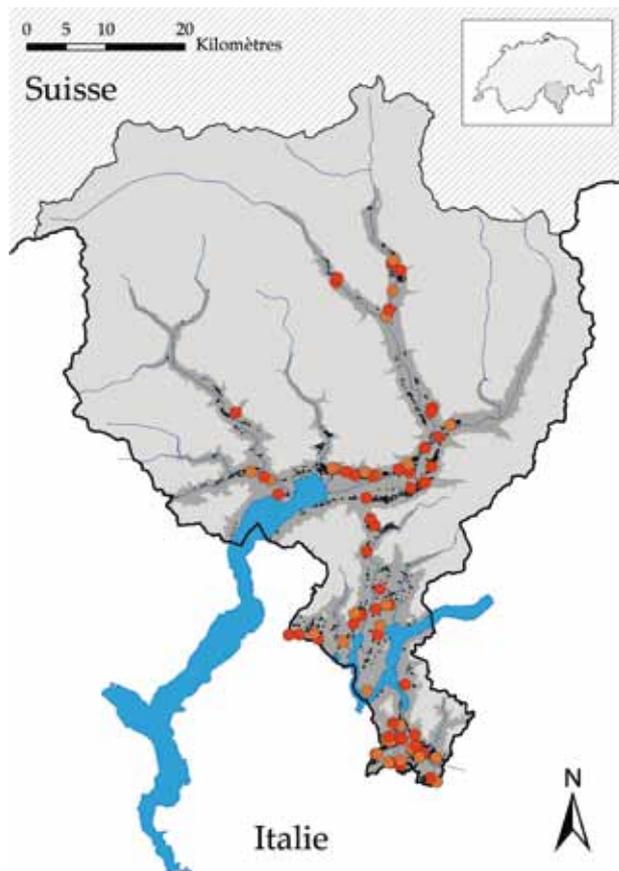


Figure 2 | Situation des 81 vignobles sélectionnés dans la région biogéographique du sud des Alpes suisses pour l'application du cadre conceptuel (voir fig.1). Les relevés quantitatifs ont été effectués dans 48 vignobles (points rouges); 33 vignobles supplémentaires (points bruns) ont été choisis pour le relevé qualitatif.



Figure 3 | L'ornithogale en ombelle (*Ornithogalum umbellatum*), une espèce assez rare dans le vignoble au sud des Alpes.

ubiquistes et figurent dans plus de 73 vignobles, tandis que 269 espèces ont été relevées dans moins de cinq vignobles, tels *Aphanes australis*, *Ornithogalum umbellatum* (fig. 3), *Torilis arvensis* et *Arum italicum*. Une étude de la flore relevée dans 31 vignobles de Suisse romande (Clavien et Delabays 2006) montre une structure similaire des communautés. Toutefois, parmi les dix espèces les plus répandues, seul *T. repens* figure dans les deux études.

Le cadre conceptuel appliqué aux données

L'application du cadre conceptuel aux données quantitatives et qualitatives a fourni les résultats suivants:

Critère 1a: dans la région biogéographique SA, trois types de zones homogènes ont été identifiés à l'intérieur des vignobles: le rang (espace sous les pieds des vignes d'une largeur de 50cm), l'interligne (espace entre deux rangs) et le talus (espace incliné séparant un

ou plusieurs rangs et interlignes). La couverture végétale dans ces trois zones peut être gérée par le désherbage et par la fauche. Le désherbage est le principal type de gestion sur le rang, avec au maximum trois applications par an d'herbicides systémiques, la fauche étant généralement réservée à l'interligne et au talus, avec au maximum respectivement sept et quatre fauchages par an. Le tableau 1 rassemble les résultats sur la typologie et l'intensité de gestion.

Critère 1b: les analyses MRT ont marqué les seuils de gestion suivants: aucune application annuelle d'herbicide sur le rang (0, tabl. 2), trois fauches par an de l'interligne au maximum (3, tabl. 2) et deux fauches par an pour le talus (2, tabl. 2). Selon ces seuils, les relevés floristiques de chaque zone ont été répartis dans les groupes à haute ou à basse intensité de gestion.

Critère 1c: l'analyse IndVal a sélectionné des espèces indicatrices pour chacun des groupes susmentionnés. Pour une basse intensité de gestion, 35 espèces ont été identifiées comme indicatrices (p. ex. *Arrhenatherum elatius*, *Anthoxanthum odoratum* et *Brachypodium pinnatum*). Le tableau 2 présente quelques-unes des espèces indicatrices de la sous-liste 1.

Critère 2a: les indices de diversité taxonomique et fonctionnelle ont été calculés pour chaque zone échantillon. Par exemple, pour la composante taxonomique, la richesse en espèces varie d'un minimum de dix espèces sur le rang à un maximum de 61 espèces sur l'interligne. Les données détaillées sont disponibles auprès du premier auteur.

Tableau 1 | Typologies et régimes de gestion principaux du rang, de l'interligne et des talus dans les vignobles au sud des Alpes suisses. Nb = quantité totale de zones, Min = valeur minimum d'intensité de gestion observée, Max = valeur maximum d'intensité de gestion observée

Gestion	Zone	Nb	Min	Max
Désherbage ¹	Rang	48	0	3
Fauchage ²	Interligne	48	2	7
	Talus	24	1	4

¹Exprimé en applications d'herbicide par année.

²Exprimé en fauches par année.

Tableau 2 | Espèces indicatrices d'une basse intensité de gestion (seuils de gestion entre crochets) sélectionnées pour chaque zone (rang, interligne, talus) à l'intérieur du vignoble et en fonction du critère 1 du cadre conceptuel (Analyse IndVal, valeur de P: * = 0,01; ** = 0,001)

Rang	Interligne	Talus
Nombre d'applications d'herbicide/an	Nombre de fauches/an	Nombre de fauches/an
0	(≤ 3)	(≤ 2)
<i>Urtica dioica</i> **	<i>Arrhenatherum elatius</i> **	<i>Brachypodium pinnatum</i> ***
<i>Galium mollugo</i> **	<i>Anthoxanthum odoratum</i> **	<i>Daucus carota</i> **
<i>Rumex acetosa</i> **	<i>Clinopodium vulgare</i> *	<i>Carex caryophylla</i> **

Seules quelques espèces sélectionnées sont indiquées à titre d'exemple. Pour la liste complète, contacter le premier auteur.

Tableau 3 | Espèces indicatrices de hauts niveaux de biodiversité taxonomique et/ou fonctionnelle sélectionnées pour chaque zone (rang, interligne, talus) à l'intérieur du vignoble et en fonction du critère 2 du cadre conceptuel (Analyse IndVal, valeur de P: * = 0,01; ** = 0,001)

Rang	Interligne	Talus
Niveaux élevés de biodiversité taxonomique et/ou fonctionnelle		
<i>Galium mollugo</i> **	<i>Arrhenatherum elatius</i> **	<i>Achillea millefolium</i> **
<i>Veronica persica</i> **	<i>Anthoxanthum odoratum</i> **	<i>Brachypodium pinnatum</i> *
<i>Lamium purpureum</i> **	<i>Achillea millefolium</i> **	<i>Silene vulgaris</i> *

Seules quelques espèces sélectionnées sont indiquées à titre d'exemple. Pour la liste complète, contacter le premier auteur.

Critère 2b: l'analyse TITAN appliquée aux valeurs des indices de biodiversité a fourni des seuils permettant de répartir les relevés floristiques de chaque zone en deux groupes: à bas et hauts niveaux de biodiversité.

Critère 2c: l'analyse IndVal a sélectionné des espèces indicatrices pour chacun des groupes susmentionnés. Au total, 43 espèces indicatrices sont associées à des hauts niveaux de biodiversité sur le rang (dont *Galium mollugo* et *Veronica persica*), 49 espèces sur l'interligne (dont *Achillea millefolium* et *A. elatius*) et 30 sur le talus (dont *A. millefolium* et *B. pinnatum*). Le tableau 3 présente quelques-unes des espèces indicatrices de la sous-liste 2.

Critère 3a: des 520 espèces recensées, 43 (8,3 %) sont menacées d'extinction, fortement menacées ou vulnérables dans la région biogéographique SA, selon la Liste rouge suisse.

Critère 3b: parmi ces 43 espèces, sept sont particulièrement liées aux milieux agricoles (Delarze et Gonseth 2008) et entrent dans la sous-liste 3. Parmi elles, les espèces végétales *Scleranthus annuus* (un vignoble sur 81 étudiés) et *Torilis arvensis* (trois vignobles) et les adventices *Misopates orontium* (un vignoble) et *Veronica agrestis* (trois vignobles). Par ailleurs, les rares populations d'*A. italicum* et *Aristolochia rotunda* présentes dans la région biogéographique SA sont souvent liées aux vignobles.

Critère 4a: des 520 espèces recensées, 17 (3,3 %) figurent sur la Liste noire et la Watch List.

Critère 4b: toutes les espèces relevées sont incluses dans la sous-liste 4 car elles constituent une menace réelle ou potentielle pour la santé, l'économie et la biodiversité.

Au total, les sous-listes obtenues selon le cadre conceptuel recensent 118 espèces pour les vignobles de la région SA: 35 espèces sélectionnées pour le critère 1, 57 pour le critère 2, 9 pour le critère 3 et 17 pour le critère 4. Certaines des espèces indicatrices de basses intensités de gestion et de hauts niveaux de biodiversité sont caractéristiques de prairies de fauche de basse altitude, prairies sèches, forêts mésophiles, ourlets marges ou zones rudérales (Delarze et Gonseth 2008), parmi lesquelles *A. millefolium*, *A. elatius* et *Silene vulgaris* pour les prairies de fauche sur sols modérément humides et riches en nutriments ou *A. odoratum* et *Cerastium fontanum* qui résistent à une fauche modérée (jusqu'à deux fois/an). D'autres espèces, comme *Carex caryophylla*, *Daucus carota* et *B. pinnatum*, dominant dans des prairies semi-arides et sont considérées comme sensibles au fauchage (Briemle et Ellenberg 1994). Les résultats de cette étude montrent que l'écosystème viticole n'est pas un habitat exclusif pour

les espèces de la Liste rouge. Leur présence dans la vigne semble plutôt fortuite et due à la colonisation des milieux environnants ou à une présence antérieure à la plantation de la vigne. Certaines espèces toutefois sont liées aux agroécosystèmes en général (Delarze et Gonseth 2008) ou au vignoble et sont pour cette raison proposées dans la sous-liste du critère 3.

Selon les instructions de l'art. 59 et de l'annexe 4 de l'Ordonnance sur les paiements directs dans l'agriculture (Office fédéral de l'agriculture, janvier 2014), les contributions de niveau de qualité II sont accordées aux surfaces viticoles pour leur biodiversité naturelle lorsqu'une certaine valeur écologique est dépassée, basée sur un inventaire floristique, une liste des espèces particulières et des structures de valeur particulière. A chaque espèce est attribué un nombre de points indiquant sa valeur écologique. Dans la liste actuelle des espèces particulières, une importance considérable est accordée aux espèces menacées d'extinction en Suisse ou dans une région biogéographique donnée, en leur attribuant un nombre de points très élevé. Même si ce principe est souvent appliqué dans les programmes de protection de la biodiversité (Vandewalle *et al.* 2010), la communauté scientifique reconnaît que les espèces vulnérables sont souvent trop rares pour être les seules qui importent dans la définition de la qualité écologique (Rosenthal 2003; Zechmeister *et al.* 2003). Les critères 1 et 2 permettent de sélectionner des espèces indicatrices de basse intensité de gestion et de hauts niveaux de biodiversité, qui révèlent la présence de communautés végétales de grande valeur écologique dans la région SA (voir les tableaux 2 et 3). Ces espèces devraient être intégrées dans la liste pour l'évaluation de la qualité botanique des vignobles et revêtir davantage d'importance par rapport aux espèces menacées d'extinction. Les espèces sélectionnées à travers le critère 3, en revanche, doivent être jugées d'une grande valeur intrinsèque parce qu'elles sont menacées d'extinction et donc rares, mais devraient faire l'objet de contributions ciblées pour être spécifiquement protégées. Elles doivent de toute manière figurer dans la liste des espèces particulières à côté des espèces sélectionnées selon les critères 1 et 2. Les espèces sélectionnées dans le critère 4 représentent une menace pour la biodiversité. Toutefois, dans les vignobles de la région SA, les néophytes ont peu de chances de se développer, du fait que les activités de gestion de la couverture végétale contribuent à leur contrôle. Comme elles peuvent néanmoins constituer une source de diffusion vers les milieux environnants, il conviendrait de les insérer dans la liste des espèces particulières, mais avec un nombre négatif de points. Le but est d'encourager

le viticulteur à lutter ponctuellement contre ces plantes particulières.

L'application du cadre proposé permet d'obtenir des valeurs seuils utiles pour définir des niveaux de gestion à faible intensité qui perturbent peu la végétation associée à la culture. De plus, une importance appropriée est accordée à deux composantes principales de la biodiversité (taxonomique et fonctionnelle), dans le but de préserver à la fois la richesse spécifique et le fonctionnement de l'écosystème.

Le cadre conceptuel proposé permet de sélectionner des espèces indicatrices à travers un système rigoureux et scientifiquement reproductible. Par ailleurs, sa portée dépasse l'essai présenté ici, puisqu'il permet de choisir les aspects de la biodiversité auxquels donner plus de poids, ce qui le rend polyvalent et transposable à d'autres agroécosystèmes.

Remerciements

Nous remercions l'Office fédéral de l'environnement pour son soutien financier et tous les viticulteurs des vignobles échantillons pour leur collaboration. Nous adressons nos remerciements à Marco Gehring Communications SA pour la traduction en français du manuscrit.

Bibliographie

- Altieri M. & Nicholls C., 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems, Second Edition. Food Products Press, New York, 236 p.
- Bastian O., 2013. The role of biodiversity in supporting ecosystem services in Natura 2000 sites. *Ecological Indicators* 24 (1), 12–22.
- Baker M. E. & King R. S., 2010. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Methods in Ecology and Evolution* 1 (1), 25–37.
- Briemle G. & Ellenberg H., 1994. Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. *Natur & Landschaft* 69 (4), 139–147.
- Clavier Y. & Delabays N., 2006. Inventaire floristique des vignes de Suisse romande: connaître la flore pour mieux la gérer. *Revue suisse de Vitic., Arboric., Hortic.* 38 (6), 335–341.
- De'Ath G., 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology* 83 (4), 1105–1117.
- de Bello F., Lavorel S., Gerhold P., Reier Ü. & Pärtel M., 2010. A biodiversity monitoring framework for practical conservation of grasslands and shrublands. *Biological Conservation* 143 (1), 9–17.
- De Cáceres M., Legendre P. & Moretti M., 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119 (10), 1674–1684.
- Delarze R. & Gonseth Y., 2008. Lebensräume der Schweiz. Haupt Verlag, Bern, 424 p.
- Devictor V., Moullot D., Meynard C., Jiguet F., Thuiller W. & Mouquet N., 2010. Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world. *Ecology Letters* 13 (8), 1030–1040.
- EM, 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis: Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington, DC. Accès: <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.aspx> [17 septembre 2014].

Conclusions

Dans cette étude, un cadre conceptuel est proposé pour sélectionner des espèces indicatrices de qualité botanique dans des surfaces agricoles de promotion de la biodiversité.

Ses points forts sont les suivants:

- il est spécifique pour des régions biogéographiques homogènes;
- il est basé sur des critères de sélection et des analyses quantitatives reproductibles;
- il intègre différentes composantes de la biodiversité qui se complètent entre elles;
- il tient compte des pratiques de gestion propres à la région biogéographique de référence;
- il est applicable aux autres typologies de surfaces agricoles de promotion de la biodiversité. ■

- Ferraro P. J. & Kiss A., 2002. Ecology: Direct payments to conserve biodiversity. *Science* 298 (5599), 1718–1719.
- Gonseth Y., Wohlgemuth T., Sansonnens B. & Buttler A., 2001. Les régions biogéographiques de la Suisse – Explications et division standard. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFFEP), Bern. 47 p.
- Harrison P. A., Berry P. M., Simpson G., Haslett J. R., Blicharska M., Bucur M., Dunford R., Egho B., Garcia-Llorente M., Geamana N., Geertsema W., Lommelen E., Meiresonne L. & Turkelboom F., 2014. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services* 9, 191–203.
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A., 2012. Flora Helvetica: flore illustrée de Suisse. Haupt Verlag, Bern, 1656 p.
- Londo G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33 (1), 61–64.
- Lucas P., Kok M., Nilsson M. & Alkemade R., 2013. Integrating Biodiversity and Ecosystem Services in the Post-2015 Development Agenda: Goal Structure, Target Areas and Means of Implementation. *Sustainability* 6 (1), 193–216.
- Mace G. M. & Baillie J. E. M., 2007. The 2010 biodiversity indicators: challenges for science and policy. *Conservation Biology* 21 (6), 1406–1413.
- Magurran A. E. & McGill B. J., 2011. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford university press, 368 p.
- Milne S. & Niessen E., 2009. Direct payments for biodiversity conservation in developing countries: practical insights for design and implementation. *Oryx* 43 (4), 530.
- Moser D. M., Gygax A., Bäumler B., Wyler N. & Palese R., 2002. Liste rouge des espèces menacées de Suisse. Fougères et plantes à fleurs. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFFEP); Centre du réseau suisse de floristique (CRSF/ZDSF); Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (CJBG), 123 p.
- Office fédéral de l'agriculture OFAG, 23 octobre 2013. Ordonnance sur les paiements directs, OPD. Accès: <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20130216/201401010000/910.13.pdf> [17 septembre 2014].
- Office fédéral de l'agriculture OFAG, 1^{er} janvier 2014. Contribution pour la qualité – Instructions relatives à l'art. 59 et à l'annexe 4 de l'ordonnance sur les paiements directs dans l'agriculture (Ordonnance sur les paiements directs, OPD). Surfaces viticoles présentant une biodiversité naturelle, du niveau de qualité II. Accès: <http://www.blw.admin.ch/themen/00006/01711/01712/index.html?lang=fr> [17 septembre 2014].

Summary ■ How to assess the floristic quality in agricultural surfaces for the promotion of biodiversity? The vineyard agro ecosystem in the Southern Swiss Alps as study case
The Ordinance on direct payments in Switzerland regulates the payments of subsidies for biodiversity in agricultural surfaces. The ecological quality is estimated through the assessment of indicator plant species and particularly valuable structures. However, a tool for the selection of suitable indicators to measure botanical quality is missing. With the present work, which was carried out in 2008 and 2011, we propose a conceptual framework defining four criteria for the selection of indicator plant species: 1) management intensity, 2) components of biodiversity, 3) vulnerability and threat of extinction, 4) real and potential harm to biodiversity. Applying the framework to the vineyards of Southern Switzerland allowed to select a total of 118 species. These were associated with low management intensities, high biodiversity levels, increased threat of extinction, and a high degree of harm to biodiversity.

Key words: direct payments, indicator species; agri-environment measures, ecological performance, biodiversity.

Zusammenfassung ■ Wie kann die floristische Qualität auf landwirtschaftlichen Biodiversitätsflächen beurteilt werden? Das Weinbau Agro-Ökosystem der Schweizer Alpensüdseite als Fallstudium
Die Direktzahlungsverordnung der Schweiz regelt die Auszahlung von Biodiversitätsbeiträgen in der Landwirtschaft. Die ökologische Qualität wird anhand von Pflanzenindikatoren und besonders wertvollen Strukturen beurteilt. Allerdings fehlt ein Instrument, um die Indikatorarten für botanische Qualität passend auszuwählen. In dieser Arbeit, die in 2008 und 2011 durchgeführt wurde, schlagen wir einen konzeptuellen Rahmen vor, der vier Kriterien für die Selektion von Indikatorarten definiert: 1) Intensität der Bewirtschaftung, 2) Komponenten der Biodiversität, 3) Verletzlichkeit und Bedrohung, 4) Potentielle und reelle Schäden an der Biodiversität. Durch die Anwendung des Konzepts auf die Rebberge der Schweizer Alpensüdflanke, war es möglich 118 Arten herauszufiltern, die mit niedriger Bewirtschaftungsintensität, hoher Biodiversität, erhöhte Bedrohung des Aussterbens, und hohem Schadenspotential für die Biodiversität assoziiert sind.

Riassunto ■ Come valutare la qualità botanica di superfici agricole per la promozione della biodiversità? L'agroecosistema viticolo a sud delle Alpi svizzere come caso di studio
In Svizzera, l'Ordinanza sui pagamenti diretti regola il versamento di contributi per la biodiversità di superfici agricole. La qualità ecologica viene stimata attraverso la valutazione di piante indicatrici e strutture di pregio. Tuttavia, manca uno strumento per la selezione adeguata di indicatori per la misura della qualità botanica. Con questo lavoro, effettuato nel 2008 e 2011, viene proposto un framework concettuale che definisce quattro criteri per la selezione di specie indicatrici: 1) intensità di gestione, 2) componenti della biodiversità, 3) vulnerabilità e pericolo di estinzione, e 4) danno reale o potenziale alla biodiversità. Il framework, applicato ai vigneti a sud delle Alpi della Svizzera ha permesso di selezionare un totale di 118 specie indicatrici associate a basse intensità di gestione, alti livelli di biodiversità, al pericolo di estinzione delle singole specie e al grado di minaccia per la biodiversità.

- Perronne R., Mauchamp L., Mouly A. & Gillet F., 2014. Contrasted taxonomic, phylogenetic and functional diversity patterns in semi-natural permanent grasslands along an altitudinal gradient. *Plant Ecology and Evolution* **147** (2), 165–175.
- Power A. G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* **365** (1554), 2959–2971.
- Rosenthal G., 2003. Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **98** (1–3), 227–246.
- Sommerville M. M., Milner-Gulland E. J. & Jones J. P. G., 2011. The challenge of monitoring biodiversity in payment for environmental service interventions. *Biological Conservation* **144** (12), 2832–2841.
- Trivellone V., Schoenenberger N., Bellosi B., Jermini M., de Bello F., Mitchell E. A. D. & Moretti M., 2014. Indicators for taxonomic and functional aspects of biodiversity in the vineyard agroecosystem of Southern Switzerland. *Biological Conservation* **170** (2), 103–109.
- Vandewalle M., de Bello F., Berg M. P., Bolger T., Dolédec S., Dubs F., Feld C. K., Harrington R., Harrison P. A., Lavorel S., Martins da Silva P., Moretti M., Niemelä J., Santos P., Sattler T., Sousa J. P., Sykes M. T., Vanbergen A. J. & Woodcock B. A., 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodiversity and Conservation* **19** (10), 2921–2947.
- Zechmeister H. G., Schmitzberger I., Steurer B., Peterseil J. & Wrba T., 2003. The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation* **114** (2), 165–177.

Pépinières viticoles



FAVRE Daniel

Des plants de vignes soignés
pour vous satisfaire !

Ch. de LAPRA 17 1170 Aubonne

Tel. 021 808 72 27 Fax. 021 807 43 39 E-mail: favre.vitipep@bluewin.ch

BCS Les modèles pour le vignoble des tracteurs BCS

INVICTUS VIVID VOLCAN VALIANT

IMPORTATEUR EXCLUSIF POUR LA SUISSE

SNOPEX Machines agricoles - Motoneiges - Quads
Via Motta 3 - 6828 Balerna sales@snopepex.com
☎ 091 646 17 33 ☎ 091 646 42 07
www.snopepex.com

- Joints de rechange de portes tous modèles
- Cuves rectangulaires, rondes, tronconiques, à pression
- Cuves de pigeage
- Fouloirs, égrappoirs, pressoirs à membrane ATI
- Installations de pilotage des températures
- Tous accessoires et robinetteries
- Pompes, tuyauteries
- Filtres compacts multicarters, à membranes



DUVOISIN Puidoux



PRÉTAILLEUSES dès 60 kg, adaptations sur tous types de tracteurs ou chenillettes.

SÉCATEURS électriques ou pneumatiques.

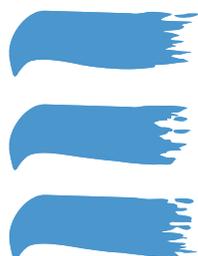
BROYEURS SEPPI-M pour sarments et herbe.

TRACTEURS HOLDER articulés à 4 roues motrices.

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées

DUVOISIN & Fils SA - 1070 Puidoux-Gare
Machines viticoles et agricoles

Tél. 021 946 22 21 - Fax 021 946 30 59



Filtration de vins

Traitement d'eau

Micro-oxygénation

www.keller.ch

KELLER FLUID PRO AG • 8049 Zürich • ☎ 044 341 09 56 depuis 1982

KELLER

Deux framboisiers robustes et prolifiques

TulaMagic®

Le framboisier d'été à très gros fruits et à l'arôme fin, 10 jours plus précoce que Tulameen.

Himbo-Top®

Framboisier d'automne à très gros fruits et à l'arôme typique. Très robuste et productif.

Des plantes de qualité pour un meilleur rendement

Hauenstein Rafz
BAUMSCHULEN • GARTEN-CENTER

Tel. +41 (0)44 879 11 22
info@hauenstein-rafz.ch
www.hauenstein-rafz.ch





MICROTHIOL SPÉCIAL®



SOUFRE EN MICROGRANULÉS HYPERDISPERSIBLES



DISPONIBLE DANS VOTRE

Landi

Marque déposée de Cerexagri - Homologation n° W2675 - Teneur : 80% de soufre à l'état libre. Bien lire l'étiquette avant toute utilisation et bien respecter les précautions d'emploi.



cerexagri
United Phosphorus Ltd

An: MSF2010/2012-13ex190 - Crédit photo - Getty Images - Bruno Meunier

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : RESPECTER LES CONDITIONS D'EMPLOI

Pour que les fruits soient beaux...
...et le vin bon

nous importons des machines de qualité

Tecnoma 
technologies

- Tracteurs enjambeurs à 2, 3 et 4 roues motrices avec voie variable

FALC

- Bêcheuses de 1 m à 4 m



- Roto et gyrobroyeurs de 0,60 m à 3,50 m à largeur variable + gyroculteurs

Sailet + cie

Import + Service

1252 MEINIER/GE - TÉL. 022 750 24 24 - FAX 022 750 12 36
info@sailet.ch - www.sailet.ch

Pépinières Ph. Borioli

Partenaire de votre réussite

**Planter
c'est prévoir!**

Réservez l'assemblage idéal cépage - clone / porte-greffe
Pieds de 30 à 90 cm



Nouvel encépagement?

Vinifera ou Interspécifique, demandez nos conseils et services



**Raisins de table:
votre nouvelle culture fruitière!**

Choix de variétés adaptées à vos labels



CH-2022 BEVAIX

Tél. 032 846 40 10

Fax 032 846 40 11

E-mail: info@multivitis.ch www.multivitis.ch