

Stratégie de conservation de la flore vasculaire en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur. 1 – Hiérarchisation des enjeux

Maëlle LE BERRE*, Katia DIADEMA, Mathias PIRES, Virgile NOBLE,
Guilhem DE BARROS, Olivier GAVOTTO

*Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, 34 avenue Gambetta,
83400 Hyères, France.*

**Contact : m.leberre@cbnmed.fr*

Résumé. Dans le cadre d'une stratégie de conservation de la flore vasculaire en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), une hiérarchisation de 3 282 taxons (espèces et sous-espèces) a été réalisée. Cette hiérarchisation est basée sur trois critères, la rareté biogéographique, la rareté locale et les menaces. Le critère de menaces inclut deux sous-critères : la vulnérabilité de l'habitat et l'artificialisation. Les trois critères ont été additionnés pour obtenir un score final pour chaque taxon. Les taxons ont été classés d'après ce score final en 47 rangs et regroupés en 4 priorités d'enjeu. 140 taxons présentent un enjeu très fort, 646 un enjeu fort, 2 156 un enjeu moyen, et 340 un enjeu faible. Néanmoins, la hiérarchisation n'a pas pu être appliquée à 587 taxons pour lesquels les données étaient insuffisantes. Ces résultats ont été comparés à ceux de la liste rouge régionale et des listes réglementaires. Bien qu'une cohérence soit observée entre ces différents résultats, les différences méthodologiques et d'objectifs entre hiérarchisation, liste rouge et listes réglementaires restent importantes. Cette hiérarchisation sera suivie d'une typification des actions pour les taxons à plus forts enjeux de conservation, puis d'une priorisation de ces actions, afin de déterminer comment orienter les moyens disponibles vers les taxons qui en ont le plus besoin et pour lesquels les actions à mettre en œuvre sont prioritaires et réalisables.

Mots-clés : hiérarchisation, enjeux de conservation, flore vasculaire, région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Abstract. Conservation strategy of the vascular flora in the "Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur" region. 1 – Hierarchisation of concerns. As part of a conservation strategy of the vascular flora in the "Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur" region (France), a hierarchisation of 3 282 taxa (species and subspecies) was undertaken. This hierarchisation is based on three criteria: biogeographical rarity, local rarity and threats. The threat criterion includes two sub-criteria: habitat vulnerability and artificialisation. The three criteria were added to obtain a final score for each taxon. Taxa were then sorted by final score in 47 ranks and grouped in 4 priority concerns. 140 taxa showed a very high conservation concern, 646 a high conservation concern, 2 156 a moderate conservation concern and 340 a low conservation concern. Nevertheless, it was not possible to apply this hierarchisation for 587 taxa because of deficient data. These results were compared to those of the regional red list and of the regulatory lists. Although consistency is observed between those different results, the differences of methodology and aims between hierarchisation, red list and protection lists remain significant. This hierarchisation will be followed by a typification of actions for taxa showing the highest conservation concerns, then by a prioritisation of these actions, in order to determine how

to direct available means towards the taxa that need it most and for which actions to be implemented have priority and feasibility.

Keywords: hierarchisation, conservation concerns, vascular flora, Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur region.

Introduction

La région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (région PACA, France), est en grande partie incluse dans la région méditerranéenne, considérée comme l'un des 36 points-chauds (*hotspots*) de biodiversité à l'échelle mondiale (Médail et Myers, 2004), avec environ 10 % des végétaux supérieurs du globe sur seulement 1,6 % de sa surface (Médail et Quézel, 1997). Au sein de ce *hotspot*, les Alpes maritimes et ligures constituent l'un des 10 *hotspots* régionaux de biodiversité et ont la particularité d'être à la fois un centre d'endémisme et un refuge glaciaire pour les flores méditerranéenne et alpine (Casazza *et al.*, 2008 ; Aeschmann *et al.*, 2011 ; Noble et Diadema, 2011). La région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (région PACA) abrite à elle seule 3 des 52 refuges identifiés sur le pourtour méditerranéen (Médail et Diadema, 2009). Elle présente donc une diversité spécifique très importante qui concentre plus de 65 % de la flore indigène de France sur à peine 5 % de sa superficie (Noble *et al.*, 2015). De plus, la flore de la région PACA présente une grande originalité, avec 46 taxons strictement endémiques de la région, ainsi que plus de 130 taxons subendémiques partagés avec des territoires voisins (ex. : régions italiennes Ligurie et Piémont, anciennes régions Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon en France, îles tyrrhéniennes).

Néanmoins, ce territoire est particulièrement soumis à l'anthropisation, notamment en ce qui concerne les zones côtières et les vallées. Avec l'augmentation de la population (+ 63 % depuis 1962) et l'explosion du tourisme le long des côtes, de nombreux taxons littoraux ou de basse altitude sont en grave danger de disparition (Médail et Verlaque, 1997 ; Noble *et al.*, 2015). Ainsi, les enjeux de conservation sont forts, induits par une biodiversité végétale élevée mais très menacée par les changements globaux.

Cependant, la protection de l'ensemble des taxons ou des écosystèmes n'est pas un objectif réalisable du fait de l'extrême diversité du monde vivant et des moyens alloués limités. La mise en place d'une stratégie de conservation s'avère nécessaire afin de définir des objectifs prioritaires et de rationaliser les moyens à mettre en œuvre (Coates et Atkins, 2001 ; Marsh *et al.*, 2007 ; Gauthier *et al.*, 2010). Celle-ci nécessite plusieurs étapes. Un pré-requis est généralement l'évaluation du risque ou des menaces, comme par exemple l'établissement de listes rouges des espèces menacées développées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). La mise en place d'une

hiérarchisation est souvent la première étape, et elle peut cibler des éléments géographiques ou des éléments biologiques, comme les habitats, les espèces ou les populations (Wilson *et al.*, 2009 ; Henle *et al.*, 2013). La deuxième étape consiste généralement à associer un grand type de projet à chaque élément identifié comme étant à enjeu fort. L'étape suivante est généralement la priorisation des projets ou des actions de conservation à mettre en œuvre pour les taxons ou les sites qui le nécessitent. Enfin, la dernière étape consiste à mettre en œuvre les projets et à évaluer le succès des actions de conservation réalisées (Joseph *et al.*, 2009).

Une hiérarchisation permet de classer des éléments selon des critères choisis, tandis qu'une priorisation permet de décider comment allouer les ressources pour les actions de conservation. C'est pourquoi une priorisation est incomplète si elle se contente de hiérarchiser des espèces ou des localités (Joseph *et al.*, 2009 ; Game *et al.*, 2013). Les listes rouges et les listes de protection ne peuvent pas être utilisées directement comme listes de priorités de conservation des espèces, car elles n'ont pas été créées pour cela (Miller *et al.*, 2006 ; Fitzpatrick *et al.*, 2007 ; Jiménez-Alfaro *et al.*, 2010 ; Le Berre *et al.*, 2019). Cependant, les listes rouges représentent une première étape importante dans l'établissement des priorités pour certaines actions de conservation (Rodríguez *et al.*, 2004 ; Fitzpatrick *et al.*, 2007). Par ailleurs, les listes hiérarchiques peuvent servir à l'établissement de listes réglementaires (ex. : Gauthier *et al.*, 2010 ; Martín *et al.*, 2010 ; Schatz *et al.*, 2014).

Conséquemment, il apparaît important de mettre en œuvre une stratégie de conservation de la flore vasculaire afin de diriger les moyens disponibles vers les taxons de la région PACA les plus rares et menacés. Cette étude présente la première étape de cette stratégie de conservation, la hiérarchisation des enjeux de conservation des taxons. L'objectif de cette étude est donc de hiérarchiser les taxons de la région PACA selon des critères de rareté et de menaces, de leur attribuer un enjeu de conservation, et de comparer ces résultats aux listes rouges et de protection des taxons.

Matériel et méthodes

Cibles taxonomiques

La liste des taxons traités correspond à la dernière version de la liste de référence de la flore vasculaire pour la région PACA, établie par le Conservatoire botanique national alpin (CBNA) et le Conservatoire botanique national méditerranéen (CBNMed) : le catalogue de la flore vasculaire de la région PACA v2.4 (Noble *et al.*, 2016). Celui-ci s'appuie

sur la base nomenclaturale du référentiel TAXREF v7 (Gargominy *et al.*, 2013).

La hiérarchisation réalisée dans cette étude concerne les trachéophytes (ou plantes vasculaires appartenant aux *Viridiplantae*). Les connaissances actuelles concernant les bryophytes, les hépatiques et les 'algues vertes' (un ensemble paraphylétique – voir Boudouresque, 2015) ne sont pas suffisantes pour pouvoir les inclure dans cette étude. Cette hiérarchisation inclut les espèces et les sous-espèces, mais pas les variétés car la valeur taxonomique de grand nombre d'entre elles est encore douteuse. Lorsqu'une seule sous-espèce est présente en région PACA, seule la sous-espèce est évaluée et non l'espèce au sens large (sauf si un manque de connaissance est détecté pour la sous-espèce). Les taxons hybrides sont exclus de la hiérarchisation. Tous les taxons indigènes et archéophytes sont évalués, excluant les taxons exotiques (Noble *et al.*, 2016). Les données d'occurrence utilisées sont précises (précision d'environ 10 m ou moins) ou localisées au lieu-dit, et postérieures à 2000. Au total 3 869 taxons ont été étudiés, en utilisant plus de 2 400 000 données d'occurrence. Certains taxons ne peuvent pas être évalués pour l'un ou plusieurs des critères, pour diverses raisons : absence de donnée récente (données toutes antérieures à 2000), taxonomie incertaine, sous-inventorié, méconnu, etc. Ces taxons sont au nombre de 587, et sont notés « DD » (données déficientes). Il y a donc finalement 3 282 taxons pour lesquels il a été possible de calculer un score final et attribuer un enjeu de conservation.

Choix de la méthode et des critères

Une analyse de 40 études concernant la hiérarchisation des taxons a permis de mettre en évidence les points communs et les différences entre 24 méthodes de hiérarchisation, mais également entre 6 études différentes utilisant la même méthode (Le Berre *et al.*, 2019). Cette étude permet aux scientifiques et aux gestionnaires souhaitant hiérarchiser des enjeux de conservation de taxons de choisir une méthode adaptée à leurs besoins et à leurs données.

Une première hiérarchisation a été réalisée à l'échelle des Alpes-sud-occidentales (dont une partie du territoire est commune à la région PACA), en déclinant la méthode proposée par Gauthier *et al.* (2010) (Le Berre *et al.*, 2018). C'est cette même méthode qui est ici appliquée à l'ensemble de la région PACA. Celle-ci est applicable à différentes échelles et basée sur un nombre restreint de critères représentatifs des différents types de rareté et de menaces et pour lesquels l'information est facilement accessible et quantifiable (Gauthier *et al.*, 2010 ; Kricsfalusy et Trevisan, 2014 ; Le Berre *et al.*, 2019).

Les trois critères retenus dans cette étude sont la rareté biogéographique (basée sur la responsabilité régionale de Gauthier *et al.*, 2010), la rareté locale et les menaces pesant sur le taxon. Ce dernier critère est représenté par deux sous-critères, la vulnérabilité de l'habitat et la présence du taxon en zone artificialisée. Chaque critère ou sous-critère est divisé en 5 classes numérotées de 1 à 5 ; 5 représentant le score pour les taxons les plus rares ou les plus vulnérables (Le Berre *et al.*, 2018).

Évaluation des critères

La rareté biogéographique

Ce critère a pour but de prioriser les taxons géographiquement rares, c'est-à-dire ayant une distribution mondiale limitée, et il traite donc de la responsabilité d'un territoire dans la conservation d'un taxon à l'échelle mondiale (Gauthier *et al.*, 2010). La rareté biogéographique a donc été évaluée par la caractérisation de l'aire de répartition mondiale des taxons. La répartition mondiale des taxons a été établie en s'appuyant sur la typologie de leur chorologie (d'après Aeschimann *et al.*, 2004 ; Tison *et al.*, 2014 ; Tison et De Foucault, 2014) (Tabl. I).

Tableau I. Attribution des scores pour le critère de rareté biogéographique.

Répartition biogéographique	Score choro.	Particularités de l'aire	Score biogéo.	Nb. de taxons
Taxon méditerranéen nord-ouest ou européen sud-ouest ou orophyte alpin	3	Aire très restreinte (< 10 000 km ²)	5	132
		Aire restreinte (< 20 000 km ²)	4	44
		/	3	252
Taxon méditerranéen ou européen	2	Aire disjointe	3	45
		/	2	1 621
Taxon à plus vaste répartition (eurasiatique, cosmopolite, etc.)	1	Aire disjointe	2	6
		/	1	1 182

Abréviations : choro. = chorologique, biogéo. = biogéographique, Nb. = nombre

Les scores de 1, 2 et 3 ont été directement attribués en fonction du type chorologique des taxons. Les scores de 4 et 5, qui concernent les taxons ayant des aires mondiales restreintes, n'ont pas été attribués selon leur chorologie, mais selon la surface de leur aire de répartition. Cette surface a été estimée à l'aide de polygones représentatifs de la zone d'occurrence des taxons. La zone d'occurrence est la surface délimitée par une ligne imaginaire continue la plus courte possible pouvant renfermer l'ensemble des sites de présence d'un taxon (UICN France, 2011). Cependant, ces polygones peuvent présenter des disjonctions (ex. : des espèces présentes sur les îles tyrrhéniennes). Les taxons dont

l'aire de répartition ne dépasse pas 10 000 km² ont obtenu un score de 5, et sont nommés taxons à aire très restreinte, et ceux dont l'aire de répartition ne dépasse pas 20 000 km² ont obtenu un score de 4, et sont nommés taxons à aire restreinte.

Pour les taxons ayant une vaste répartition (score de rareté biogéographique de 1 ou 2), un «point de bonus» a été ajouté à ceux qui présentent une aire de répartition disjointe. L'objectif de ce bonus est d'améliorer la prise en compte des populations périphériques, dans les cas où elles auraient développé des adaptations locales leur permettant de mieux faire face aux changements globaux en cours (Crain et White, 2011 ; Pires et Diadema, 2015 ; Papuga, 2016). Les disjonctions d'aires peuvent être liées à des processus biogéographiques, écologiques ou anthropiques. Les disjonctions dues à des processus anthropiques n'ont pas été prises en compte, car les taxons concernés sont considérés comme exogènes dans leur aire d'introduction ; celles dues à des processus écologiques n'ont pas été considérées non plus, car les taxons concernés sont limités par leur niche écologique et ne peuvent pas coloniser d'autres milieux. Seules les disjonctions liées à des processus biogéographiques sont donc prises en compte. Elles concernent notamment les taxons dont les populations ont survécu dans des zones refuges lors d'évènements drastiques durant lesquels les conditions climatiques sont globalement défavorables, et dont les phénomènes de migration n'ont pas permis de reconquête d'une aire plus vaste lors des phases de recolonisation. En effet, les changements dans la distribution d'un végétal, y compris lorsque ceux-ci sont en lien avec des phénomènes d'isolement, s'accompagnent ou non d'une modification du génome. Ainsi, lorsqu'il n'y a plus de flux de gènes entre les différentes populations isolées, on parle d'isolats biogéographiques, qui peuvent potentiellement être le lieu d'un début de spéciation et présenter une certaine originalité génétique au sein de l'espèce.

D'autre part, seuls les taxons dont l'un des isolats biogéographiques est centré sur la zone d'étude sont pris en compte, et non les disjonctions pour lesquelles l'isolat qui concerne la zone d'étude la dépasse largement. En effet, il s'agit de prioriser les taxons pour lesquels la zone d'étude a une responsabilité forte vis-à-vis d'un de leurs isolats. Enfin, pour qu'il y ait disjonction d'aire, il faut que les distances soient suffisamment grandes pour supposer que les flux de gènes soient nuls. Cette distance est très difficile à évaluer car elle dépend directement des capacités de dispersion des taxons mais aussi des caractéristiques physiques et écologiques du territoire. Seuls les isolats distants d'au moins quelques centaines de kilomètres sont pris en compte (ex. : *Anarrhinum laxiflorum* Boiss., Fig. 1).

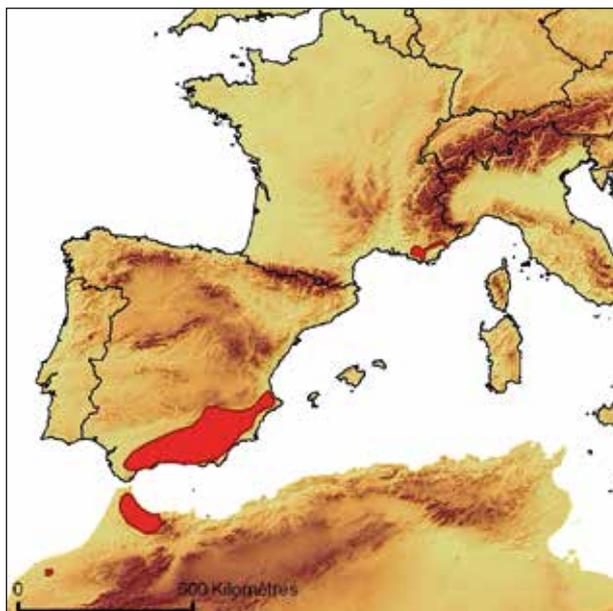


Figure 1. Carte de répartition d'*Anarrhinum laxiflorum* (Noble et Diadema, 2011).

Les taxons à aire restreinte et très restreinte représentent environ 5 % des taxons, et les taxons à aire disjointe représentent environ 1,5 % des taxons. La grande majorité des taxons (85 % environ) a une vaste répartition (scores de 1 ou 2).

La rareté locale

Le critère de rareté locale a pour but de prioriser les taxons localement rares dans la zone d'étude. En effet, un taxon présentant de petites populations ou un faible nombre de populations peut être rare dans une région, bien qu'il puisse avoir une vaste distribution géographique. Plus un taxon est rare dans la zone d'étude, plus il aura de probabilités de s'éteindre à cause de facteurs stochastiques (Gauthier *et al.*, 2010), même s'il n'y a pas forcément de lien entre rareté intrinsèque et extinction (Gaston, 1994). Ce critère est basé sur le nombre de mailles (5 km x 5 km) de présence du taxon dans la zone d'étude.

Afin de limiter les biais liés à l'utilisation d'un maillage fixe qui peut sur- ou sous-évaluer la rareté de certains taxons, un maillage flottant a été utilisé de manière à optimiser le nombre de populations prises en compte dans chaque maille. Une analyse de la distribution des effectifs en fonction du nombre de mailles de présence a ensuite été effectuée. La méthode de discrétisation fréquemment utilisée pour cette distribution est la méthode des quintiles (ou effectifs égaux), c'est-à-dire que les

données ont été triées en cinq parts égales, de sorte que chaque partie représente un cinquième de l'échantillon (Tabl. II).

Tableau II. Attribution des scores pour le critère de rareté locale.

Nombre de mailles de présence dans le territoire d'étude	Score	Nombre de taxons
De 1 à 16 mailles	5	656
De 17 à 48 mailles	4	663
De 49 à 110 mailles	3	650
De 111 à 264 mailles	2	656
De 265 à 1 260 mailles	1	657

Environ 15 % des taxons ont moins de 10 mailles de présence, et environ 30 % ont moins de 30 mailles de présence. La moitié des taxons ont plus de 70 mailles de présence dans le territoire et un quart en ont plus de 200.

Les menaces

Le critère des menaces a pour but de prioriser les taxons les plus menacés dans la zone d'étude, soit parce qu'ils vivent dans des habitats vulnérables, soit parce qu'au moins une partie de leurs populations se trouve dans des zones artificialisées. Deux facteurs sont donc pris en compte dans l'évaluation des menaces : la vulnérabilité de l'habitat et l'artificialisation. Ces deux facteurs sont ensuite regroupés afin de ne garder qu'un seul critère de menaces.

La vulnérabilité de l'habitat

Le critère de vulnérabilité de l'habitat évalue le risque de perte d'habitat, en ce qui concerne les surfaces ou les fonctionnalités, pour les taxons dans la zone d'étude. La vulnérabilité de l'habitat peut avoir des causes naturelles, comme la dynamique naturelle ; ou des causes artificielles, directement liées aux activités humaines, comme le développement des infrastructures, l'urbanisation, le développement industriel ou l'intensification agricole (Gauthier *et al.*, 2010 ; Kricsfalusy et Trevisan, 2014). L'évaluation de la vulnérabilité de l'habitat de chaque taxon a été réalisée en 5 étapes (Fig. 2).

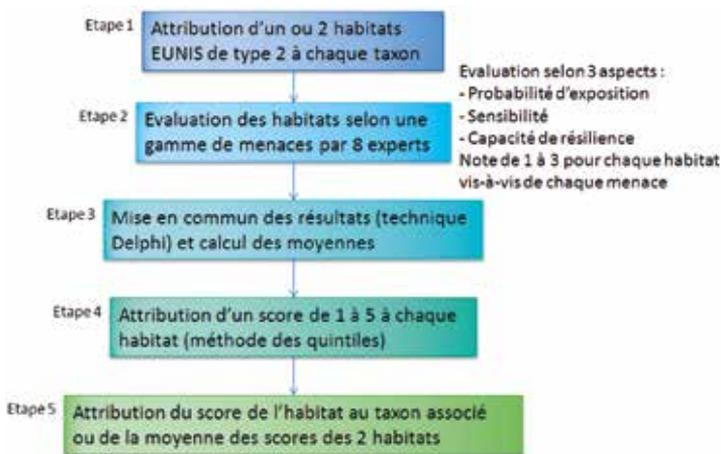


Figure 2. Schéma des différentes étapes pour l'évaluation de la vulnérabilité des habitats de chacun des taxons.

Étape 1 : La typologie d'habitats utilisée dans cette étude est la typologie EUNIS (European Nature Information System version 2008) de niveau 2 (Louvel *et al.*, 2013 ; Bajjouk *et al.*, 2015a, 2015b). Un ou deux habitats principaux ont été attribués par des experts à chaque taxon en fonction de la connaissance de son écologie. 34 habitats de niveau 2 ont été évalués, les autres ne correspondant pas aux habitats principaux des taxons concernés.

Étape 2 : La vulnérabilité des habitats a été évaluée en fonction de leur sensibilité selon une gamme de 13 pressions et menaces (annexe 7 dans Bensettiti *et al.*, 2012). Les pressions et menaces sont les impacts qui menacent la viabilité à long terme du taxon ou de l'habitat : les pressions agissent actuellement ou pendant la période de l'évaluation, tandis que les menaces agissent dans un futur proche (Bensettiti *et al.*, 2012). La vulnérabilité des habitats est définie comme leur sensibilité à une pression ou menace, et leur capacité ou non à faire face aux dommages causés par cette pression ou menace. Elle a été évaluée en fonction de 3 aspects : la probabilité d'exposition, la sensibilité et la capacité de résilience. La probabilité d'exposition est la probabilité pour les habitats d'entrer en contact avec les pressions et menaces listées. La sensibilité correspond aux effets des impacts causés par les pressions et menaces sur les habitats. Enfin, la capacité de résilience correspond à la capacité d'absorption de tout ou partie de la perturbation avant que le système n'atteigne des changements structurels et fonctionnels irréversibles, et à la vitesse de retour à un état d'équilibre de l'habitat (d'après De Lange *et al.*, 2010).

Étape 3 : La méthode utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité des habitats est basée sur la technique Delphi (Hsu et Sandford, 2007). Cette technique est un processus de communication de groupe qui a pour objectif de rassembler les connaissances de différentes personnes dans leurs domaines d'expertise afin d'atteindre un consensus d'opinion sur un problème concret. Elle se déroule en plusieurs tours, durant lesquels chaque participant répond à un questionnaire qui est ensuite retourné aux personnes centralisant les données, puis retransmis à chaque participant en indiquant la position du groupe et la position personnelle du participant (Hsu et Sandford, 2007 ; De Lange *et al.*, 2010). À la fin des trois tours de la technique Delphi, les scores définitifs des habitats ont été obtenus à partir des moyennes des notes attribuées par chacun des experts. Comme aucun habitat n'est réellement menacé selon les 13 différentes pressions et menaces retenues, la moyenne a donc été calculée sur les 5 plus fortes menaces de chacun des habitats. Les habitats ayant les moyennes les plus faibles sont les moins vulnérables, tandis que les habitats ayant les moyennes les plus élevées sont les plus vulnérables.

Étape 4 : Les scores finaux des habitats ont été attribués en se basant sur la méthode des **quintiles (effectifs équivalents) (Annexe 1, Tabl. III)**.

Tableau III. Attribution des scores aux différents habitats EUNIS en fonction de leur note de vulnérabilité calculée comme la moyenne des 5 plus fortes menaces (sur 13 évaluées).

Code EUNIS	Score des habitats
B1, C1, C3, D1, D2, D4, D5	5
C2, E2, E3, F5, F9, I1	4
A2, A5, B2, B3, F6, G5, J1	3
E1, E4, E5, F7, G2, G3, H1	2
E6, F2, F3, F4, G1, H2, H3	1

Étape 5 : Enfin, un score de vulnérabilité de l'habitat a été attribué à chaque taxon : si le taxon se rencontre dans un habitat principal, le score de cet habitat lui a directement été attribué ; et s'il se rencontre dans 2 habitats principaux, la moyenne des scores lui a été attribuée.

L'habitat le plus commun est l'habitat E1, c'est l'habitat principal ou secondaire d'environ 36 % taxons, suivi par les habitats G1, E4 et I1 (environ 12,5 % des taxons chacun). La moitié des taxons a un score de vulnérabilité de l'habitat faible (compris entre 1 et 2), et les scores élevés (compris entre 3,5 et 5) représentent un peu moins du quart des taxons.

L'artificialisation

L'artificialisation des sols désigne l'augmentation de la superficie des sols artificialisés à l'échelle d'un territoire. De 1982 à 2012 en France métropolitaine, les espaces artificialisés ont progressé de 67 milliers d'hectares par an en moyenne (Virely, 2017). Le critère d'artificialisation a donc pour but de prioriser les taxons qui sont menacés par l'artificialisation ou dont les populations se trouvent dans des zones déjà artificialisées. En effet, l'artificialisation est responsable de la destruction directe d'habitats naturels et semi-naturels par des changements irréversibles de l'utilisation des sols, et ses impacts indirects s'étendent au-delà des zones urbanisées. Ces impacts comprennent notamment la fragmentation des habitats (voies de communication, mitage), la génération de déchets et de pollutions (ex. : eaux, sols), les perturbations (ex. : bruit, piétinement), la favorisation des espèces exotiques envahissantes (Vimal *et al.*, 2012 ; Virely, 2017).

Pour chaque taxon, il s'agit de déterminer le pourcentage de population se trouvant dans des zones artificialisées dans le territoire d'étude. Les surfaces artificialisées désignent toute surface retirée de son état naturel, forestier ou agricole, qu'elle soit bâtie ou non et qu'elle soit revêtue ou non. Les surfaces artificialisées incluent les sols bâtis à usage d'habitation ou à usage commercial, les sols revêtus ou stabilisés, et d'autres espaces non construits mais fortement modelés par l'activité humaine (Virely, 2017). Les zones artificialisées ont été identifiées à partir de la base de données de l'occupation du sol en région PACA (BD OCSOL PACA) pour l'année 2006, réalisée par le Centre régional de l'information géographique (CRIGE) de la région PACA. Les classes « territoires artificialisés » (code 1), « terres arables » (code 21) et « cultures permanentes » (code 22) ont été considérées comme artificialisées et regroupées dans un grand ensemble d'espaces artificialisés. La BD OCSOL PACA a l'avantage d'avoir une précision géographique plus fine que Corine Land Cover mais l'inconvénient d'être moins récente (2006 au lieu de 2012). Pour compenser ce dernier aspect, les espaces nouvellement artificialisés entre 2006 et 2012 d'après Corine Land Cover ont été rajoutés.

$$\begin{aligned} \text{Surface (artificialisée)} = & \\ & \text{Espaces artificialisés (« territoires artificialisés » + « terres arables »} \\ & \quad + \text{« cultures permanentes ») de la BD OCSOL PACA 2006} \\ & \quad + \\ & \text{Espaces nouvellement artificialisés entre 2006 et 2012 de la base de} \\ & \quad \text{données Corine Land Cover} \end{aligned}$$

Cette donnée a ensuite été croisée avec des mailles 5 km x 5 km pour calculer un pourcentage d'artificialisation au sein de chaque maille (Fig. 3).

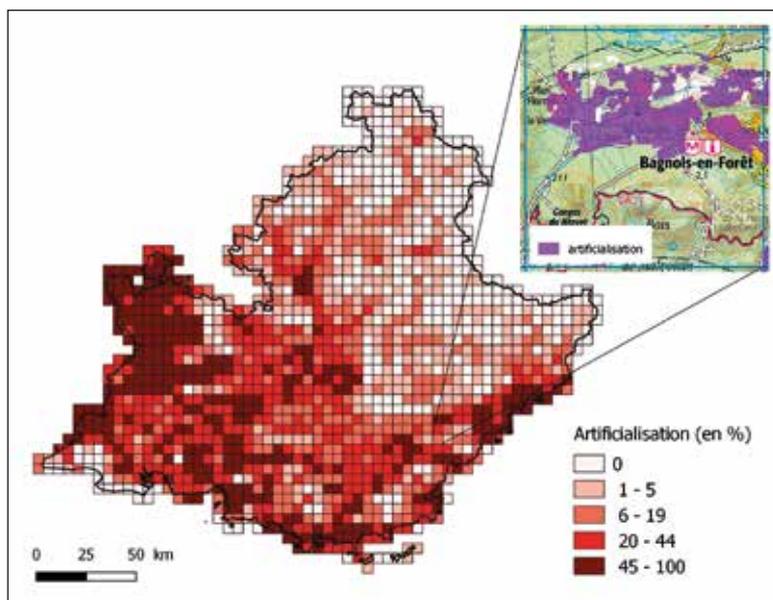


Figure 3. Taux d'artificialisation de la région PACA par mailles de 5 km x 5 km.

Pour chaque taxon, le pourcentage d'artificialisation a été calculé par la moyenne de l'artificialisation de toutes ses mailles de présence. Une analyse de la distribution des effectifs en fonction de leur pourcentage d'artificialisation a ensuite été effectuée. L'attribution des scores en fonction de ce pourcentage a été réalisée à l'aide de la méthode des quintiles (effectifs équivalents, Tabl. IV).

Tableau IV. Attribution des scores pour le critère d'artificialisation.

Pourcentage de populations en zone artificialisée	Score	Nombre de taxons
De 30,18 % à 80,67 %	5	657
De 21,50 % à 30,15 %	4	656
De 10,62 % à 21,46 %	3	657
De 1,99 % à 10,60 %	2	656
De 0 % à 1,98 %	1	656

Environ 13 % des taxons ont moins d'1 % de leur population dans des zones artificialisées, et environ un quart des taxons en ont moins de 3 %. Environ 20 % des taxons ont plus de 30 % de leur population en zones en zones artificialisées et 1,5 % des taxons en ont plus de la moitié.

Calcul du score des menaces

Pour chaque taxon, le score des menaces a été calculé comme la moyenne des scores de vulnérabilité de l'habitat et d'artificialisation.

Calcul du score final

Le score final a été calculé en utilisant la méthode par égalité des critères : il est compris entre 3 et 15. Un rang a ensuite été attribué à chaque taxon en fonction de son score final. Les taxons ayant le score final le plus proche de 15 sont donc ceux qui présentent les plus forts enjeux de conservation.

Résultats

Détermination de l'enjeu de conservation

La distribution des taxons selon leur score final suit une loi normale (Fig. 4). Une méthode de discrétisation se basant sur la valeur moyenne, correspondant au sommet de la courbe de tendance (valeur moyenne = 7,16), a été utilisée. La répartition des taxons selon leur score final et l'attribution de leur enjeu de conservation ont ainsi été déterminées (Tabl. V).

Tableau V. Détermination de l'enjeu de conservation de chaque taxon en fonction de son score final.

Bornes des enjeux	Score final	Rang	Enjeu de conservation	Nb. taxons
$x > 11,21$	$11,25 \leq x \leq 15$	Du rang 1 au rang 14	Priorité 1 : très fort (TFO)	140
$9,19 < x < 11,21$	$9,25 \leq x \leq 11$	Du rang 15 au rang 22	Priorité 2 : fort (FOR)	646
$5,13 < x < 9,19$	$5,25 \leq x \leq 9$	Du rang 23 au rang 38	Priorité 3 : moyenne (MOY)	2 156
$x < 5,13$	$3 \leq x \leq 5$	Du rang 39 au rang 47	Priorité 4 : faible (FAI)	340

Abréviation : Nb. = nombre

Les bornes délimitant la classe d'enjeu moyen avec les classes d'enjeux faible et fort ont été calculées comme la valeur moyenne plus ou moins l'écart-type, et la borne délimitant les classes d'enjeux fort et très fort a été calculée comme la valeur moyenne plus 2 fois l'écart-type. La borne qui délimiterait les classes d'enjeux faible et très faible a été calculée comme la valeur moyenne moins 2 fois l'écart-type : elle est égale à 3,11 et correspond à un seul taxon, qui a été regroupé avec les taxons du groupe d'enjeu faible. Ainsi, la catégorie d'enjeu moyen contient la grande majorité des taxons : 65,69 % (68 % théoriquement),

et l'ensemble des catégories d'enjeu faible, moyen et fort contient 95,73 % des taxons (95 % théoriquement), ce qui permet d'isoler les 5 % ayant les plus forts enjeux de conservation.

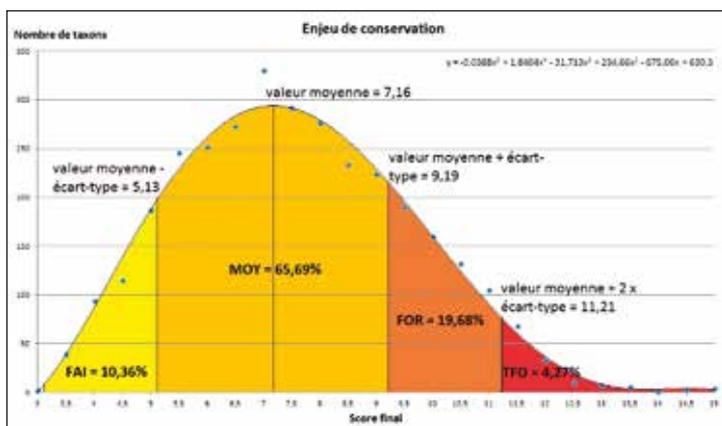


Figure 4. Distribution du nombre de taxons selon le score final (par plages de 0,5) et détermination de leur enjeu de conservation. Abréviations : FAI = faible, MOY = moyen, FOR = fort, TFO = très fort.

Taxons à enjeu très fort

132 taxons indigènes (hors archéophytes) présentent un enjeu très fort (Tabl. VI).

Tableau VI. Hiérarchisation des 132 taxons indigènes à enjeu très fort (hors archéophytes) en fonction de leur score final.

Nom du taxon	Score rareté biogéo.	Score rareté locale	Score vuln. habitat	Score artif.	Score menaces	Score final	Rang	Enjeu
<i>Artemisia molinieri</i>	5	5	5	5	5	15	1	TFO
<i>Arundo donaciformis</i>	5	5	5	5	5	15	1	TFO
<i>Corispermum gallicum</i>	5	5	5	5	5	15	1	TFO
<i>Scrophularia canina</i> subsp. <i>ramosissima</i>	5	5	5	5	5	15	1	TFO
<i>Leucojum pulchellum</i>	5	5	4,5	5	4,75	14,75	2	TFO
<i>Ranunculus revelieri</i>	5	5	5	4	4,5	14,5	3	TFO
<i>Teucrium aristatum</i>	5	5	5	4	4,5	14,5	3	TFO
<i>Onosma arenaria</i> subsp. <i>pyramidata</i>	5	5	3,5	5	4,25	14,25	4	TFO
<i>Silene badaroi</i>	5	5	3,5	4	3,75	13,75	5	TFO
<i>Acis nicaeensis</i>	5	5	2	5	3,5	13,5	6	TFO

Nom du taxon	Score rareté biogéo.	Score rareté locale	Score vuln. habitat	Score artif.	Score menaces	Score final	Rang	Enjeu
<i>Armeria arenaria</i> subsp. <i>pradetensis</i>	5	5	2	5	3,5	13,5	6	TFO
<i>Astragalus tragacantha</i>	5	5	2	5	3,5	13,5	6	TFO
<i>Romulea arnaudii</i>	5	5	3	4	3,5	13,5	6	TFO
<i>Acis fabrei</i>	5	5	2	4	3	13	7	TFO
<i>Centaurea pseudocineraria</i>	5	5	1	5	3	13	7	TFO
<i>Limonium cordatum</i>	5	4	3	5	4	13	7	TFO
<i>Molineriella minuta</i>	3	5	5	5	5	13	7	TFO
<i>Pinguicula lusitanica</i>	3	5	5	5	5	13	7	TFO
<i>Serapias olbia</i>	5	4	3	5	4	13	7	TFO
<i>Staphisagria picta</i> subsp. <i>requienii</i>	5	5	4	2	3	13	7	TFO
<i>Ranunculus garganicus</i>	5	5	2,5	3	2,75	12,75	8	TFO
<i>Armeria belgenciensis</i>	5	5	2	3	2,5	12,5	9	TFO
<i>Cneorum tricoccon</i>	3	5	4	5	4,5	12,5	9	TFO
<i>Limonium duriusculum</i>	5	4	2	5	3,5	12,5	9	TFO
<i>Limonium pseudominutum</i>	5	4	3	4	3,5	12,5	9	TFO
<i>Onosma pseudoarenaria</i> subsp. <i>delphinensis</i>	5	5	2	3	2,5	12,5	9	TFO
<i>Senecio leucanthemifolius</i> subsp. <i>crassifolius</i>	5	4	3	4	3,5	12,5	9	TFO
<i>Teucrium dunense</i>	4	5	5	2	3,5	12,5	9	TFO
<i>Teucrium massiliense</i>	5	5	4	1	2,5	12,5	9	TFO
<i>Viola roccabrunensis</i>	5	5	2	3	2,5	12,5	9	TFO
<i>Crocus ligusticus</i>	5	5	1,5	3	2,25	12,25	10	TFO
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>purpurascens</i>	5	5	2,5	2	2,25	12,25	10	TFO
<i>Achillea maritima</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Adenocarpus telonensis</i>	3	5	4	4	4	12	11	TFO
<i>Allium savii</i>	3	5	3	5	4	12	11	TFO
<i>Anthyllis cytisoides</i>	3	5	3	5	4	12	11	TFO
<i>Centaurea jordaniana</i> subsp. <i>jordaniana</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Centaurea jordaniana</i> subsp. <i>aemilii</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Centaurea jordaniana</i> subsp. <i>balbiana</i>	5	5	1	3	2	12	11	TFO
<i>Chaerophyllum elegans</i>	4	5	5	1	3	12	11	TFO

Nom du taxon	Score rareté biogéo.	Score rareté locale	Score vuln. habitat	Score artif.	Score menaces	Score final	Rang	Enjeu
<i>Convolvulus lanuginosus</i>	3	5	3	5	4	12	11	TFO
<i>Cyperus capitatus</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Cytisus sauzeanus</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Elatine alsinastrum</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Erodium laciniatum</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Erodium rodiei</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Genista linifolia</i>	3	5	4	4	4	12	11	TFO
<i>Holosteum breistrofferi</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Isoetes histrix</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Limonium cuspidatum</i>	5	4	2	4	3	12	11	TFO
<i>Lotus conimbricensis</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Malcolmia ramosissima</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Matthiola tricuspidata</i>	3	5	4	4	4	12	11	TFO
<i>Ophrys philippeii</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Phagnalon rupestre</i> subsp. <i>annoticum</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Phelipanche camphorosmae</i>	4	5	3	3	3	12	11	TFO
<i>Potentilla delphinensis</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Romulea florentii</i>	5	5	2	2	2	12	11	TFO
<i>Silene nicaeensis</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Trifolium ornithopodioides</i>	2	5	5	5	5	12	11	TFO
<i>Verbena supina</i>	3	5	5	3	4	12	11	TFO
<i>Viola arborescens</i>	3	5	3	5	4	12	11	TFO
<i>Anthemis cretica</i> subsp. <i>gerardiana</i>	5	4	2,5	3	2,75	11,75	12	TFO
<i>Asplenium jahandiezii</i>	5	5	1,5	2	1,75	11,75	12	TFO
<i>Centaurea jordani</i>	5	5	1,5	2	1,75	11,75	12	TFO
<i>Centaureum favargerii</i>	3	5	3,5	4	3,75	11,75	12	TFO
<i>Eudianthe laeta</i>	2	5	4,5	5	4,75	11,75	12	TFO
<i>Euphorbia graminifolia</i>	4	4	4,5	3	3,75	11,75	12	TFO
<i>Iberis aurosica</i>	5	5	1,5	2	1,75	11,75	12	TFO
<i>Lythrum junceum</i>	2	5	4,5	5	4,75	11,75	12	TFO
<i>Moehringia intermedia</i>	5	5	1,5	2	1,75	11,75	12	TFO
<i>Oenanthe globulosa</i>	2	5	4,5	5	4,75	11,75	12	TFO
<i>Pinguicula arvetii</i>	5	4	4,5	1	2,75	11,75	12	TFO
<i>Ranunculus penicillatus</i>	2	5	4,5	5	4,75	11,75	12	TFO

Nom du taxon	Score rareté biogéo.	Score rareté locale	Score vuln. habitat	Score artif.	Score menaces	Score final	Rang	Enjeu
<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>	3	5	2,5	5	3,75	11,75	12	TFO
<i>Aegilops biuncialis</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Alkanna lutea</i>	3	5	4	3	3,5	11,5	13	TFO
<i>Allium acutiflorum</i>	5	3	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Allium tenuiflorum</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Alyssum orophilum</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Arabis allionii</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Artemisia insipida</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Atriplex tornabenei</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Bellevalia romana</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Campanula albicans</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Centaurea jordaniana</i> subsp. <i>verguinii</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Cistus crispus</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Cotoneaster raboutensis</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Cynanchum acutum</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Cytisus ardoinoi</i>	5	4	3	2	2,5	11,5	13	TFO
<i>Cytisus lotoides</i>	3	5	4	3	3,5	11,5	13	TFO
<i>Damasonium polyspermum</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Euphorbia variabilis</i> subsp. <i>valliniana</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Exaculum pusillum</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Fritillaria moggridgei</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Gagea mauritanica</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Genista lobelii</i>	5	4	2	3	2,5	11,5	13	TFO
<i>Helianthemum lunulatum</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Iberis intermedia</i> subsp. <i>violletii</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Inula helenioides</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Jacobaea persoonii</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Jasonia tuberosa</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Medicago tenoreana</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Myosotis pusilla</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Neoschischkinia elegans</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Omphalodes linifolia</i>	3	5	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Ophrys arachnitiformis</i>	5	3	2	5	3,5	11,5	13	TFO
<i>Orobanche sanguinea</i>	3	5	3	4	3,5	11,5	13	TFO

Nom du taxon	Score rareté biogéo.	Score rareté locale	Score vuln. habitat	Score artif.	Score menaces	Score final	Rang	Enjeu
<i>Phyteuma villarsii</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Pinguicula reichenbachiana</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Polygonum robertii</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Ptilostemon casabonae</i>	4	5	3	2	2,5	11,5	13	TFO
<i>Rhaponticum heleniifolium</i> subsp. <i>bicknellii</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Rhinanthus pseudoantiquus</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Romulea assumptionis</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Rumex hydrolapathum</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Silene petrarcae</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Sorbus legrei</i>	5	5	1	2	1,5	11,5	13	TFO
<i>Stachys maritima</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Tephrosia balbisiana</i>	5	5	2	1	1,5	11,5	13	TFO
<i>Tulipa sylvestris</i> subsp. <i>sylvestris</i>	3	4	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Veronica acinifolia</i>	2	5	5	4	4,5	11,5	13	TFO
<i>Vogelia annua</i>	2	5	4	5	4,5	11,5	13	TFO
<i>Alyssum flexicaule</i>	5	5	1,5	1	1,25	11,25	14	TFO
<i>Arenaria provincialis</i>	5	4	1,5	3	2,25	11,25	14	TFO
<i>Cheilolophus intybaceus</i>	3	5	2,5	4	3,25	11,25	14	TFO
<i>Coronilla valentina</i>	2	5	3,5	5	4,25	11,25	14	TFO
<i>Fumaria densiflora</i>	2	5	3,5	5	4,25	11,25	14	TFO
<i>Gentiana burseri</i> subsp. <i>actinocalyx</i>	5	5	1,5	1	1,25	11,25	14	TFO
<i>Leucojum aestivum</i>	2	5	4,5	4	4,25	11,25	14	TFO
<i>Phyteuma cordatum</i>	5	5	1,5	1	1,25	11,25	14	TFO
<i>Primula pedemontana</i>	5	5	1,5	1	1,25	11,25	14	TFO

Abréviations : biogéo. = biogéographique, vuln. = vulnérabilité, artif. = artificialisation, TFO = très fort.

Quatre taxons ont obtenu le score maximal de 15 pour cette hiérarchisation, leurs enjeux de conservation en région PACA sont donc maximaux. Ces taxons sont brièvement présentés ci-dessous.

Armoise de Molinier

L'armoise de Molinier (*Artemisia molinieri* Quézel, M. Barbero et R. J. Loisel) est une endémique stricte de la région PACA et du département du Var. Son aire très restreinte (quelques kilomètres carrés) est centrée sur les lacs de Gavoty à Besse-sur-Issole et de Redon à Flassans-sur-Issole, elle a donc obtenu un score de 5 pour la rareté biogéographique. Elle a également obtenu un score de 5 en rareté locale car l'ensemble de ses populations sont contenues dans une seule maille de 5 km x 5 km. Cette unique maille de présence étant artificialisée à 31,75 %, elle a obtenu un score de 5 pour l'artificialisation. Unique espèce d'armoise hygrophile, elle se rencontre dans des « étangs temporaires s'asséchant l'été » (Tison *et al.*, 2014), l'habitat EUNIS C3 (zones littorales des eaux de surface continentales) lui a donc été attribué : elle a ainsi obtenu un score de 5 pour la vulnérabilité de l'habitat, et enfin un score de 5 pour les menaces (moyenne des scores de vulnérabilité de l'habitat et d'artificialisation). Par ailleurs, cette espèce est protégée en région PACA, et a été classée en danger (EN) dans la liste rouge régionale PACA (Noble *et al.*, 2015) et vulnérable (VU) dans la liste rouge nationale française (UICN France *et al.*, 2018).

Canne de Pline

La canne de Pline (*Arundo donaciformis* (Loisel.) Hardion, Verlaque et B. Vila) est une espèce nord-ouest méditerranéenne présente uniquement en France (départements du Var et de l'Hérault) et en Italie (Ligurie). La majorité de ses stations est située dans le Var autour de Fréjus et Saint-Raphaël. Son aire morcelée est très restreinte, elle a donc obtenu un score de 5 pour la rareté biogéographique. Elle a également obtenu un score de 5 en rareté locale car l'ensemble de ses populations de la région PACA sont contenues dans 10 mailles de 5 km x 5 km. Ces 10 mailles étant artificialisées à 38,36 %, elle a obtenu un score de 5 pour l'artificialisation. Elle se rencontre dans des « berges de cours d'eau, friches, talus sur sols profonds » (Tison *et al.*, 2014), l'habitat EUNIS C3 lui a donc été attribué : elle a ainsi obtenu un score de 5 pour la vulnérabilité de l'habitat, et enfin un score de 5 pour les menaces. Par ailleurs, cette espèce est protégée en région PACA, et a été classée en danger (EN) dans la liste rouge régionale PACA et dans la liste rouge nationale française.

Corisperme de France

Le corisperme de France (*Corispermum gallicum* Iljin) est une espèce nord-ouest méditerranéenne endémique du sud de la France (départements des Alpes-de-Haute-Provence, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de l'Hérault, du Var et du Vaucluse). Son aire morcelée est très restreinte (moins de 5 000 km²), elle a donc obtenu un score de 5

pour la rareté biogéographique. Elle a également obtenu un score de 5 en rareté locale car l'ensemble de ses populations de la région PACA sont contenues dans 10 mailles de 5 km x 5 km. Ces 10 mailles étant artificialisées à 38,06 %, elle a obtenu un score de 5 pour l'artificialisation. Elle se rencontre dans des « sables vifs, particulièrement des dunes littorales ou fluviatiles, rarement des cultures » (Tison *et al.*, 2014), les habitats EUNIS C3 et B1 (dunes côtières et rivages sableux) lui ont donc été attribués : elle a ainsi obtenu un score de 5 pour la vulnérabilité de l'habitat, et enfin un score de 5 pour les menaces. Par ailleurs, cette espèce est protégée en région PACA, et a été classée vulnérable (VU) dans la liste rouge régionale PACA et dans la liste rouge nationale française.

Scrofulaire très rameuse

La scrofulaire très rameuse (*Scrophularia canina* L. subsp. *ramosissima* (Loisel.) Bonnier et Layens) est une sous-espèce nord-ouest méditerranéenne présente uniquement en France (départements du Var et de la Corse), en Espagne (provinces de Barcelone, Valence, Almeria et Baléares) et en Italie (Sardaigne). Son aire morcelée est très restreinte, elle a donc obtenu un score 5 pour la rareté biogéographique. Une seule station subsiste en France continentale, sur la commune de Ramatuelle, elle a donc obtenu un score de 5 en rareté locale (l'ensemble de ses populations de la région PACA sont contenues dans une seule maille de 5 km x 5 km). Cette unique maille de présence étant artificialisée à 51 %, elle a obtenu un score de 5 pour l'artificialisation. Elle se rencontre dans des « sables maritimes » (Tison *et al.*, 2014), l'habitat EUNIS B1 lui a donc été attribué : elle a ainsi obtenu un score de 5 pour la vulnérabilité de l'habitat, et enfin un score de 5 pour les menaces. Par ailleurs, cette sous-espèce est protégée en région PACA, et a été classée en danger critique (CR) dans la liste rouge régionale PACA et préoccupation mineure (LC) dans la liste rouge nationale française.

Comparaison des résultats de la hiérarchisation à ceux des listes rouge et de protection

Enjeux de conservation de la hiérarchisation et espèces menacées de la liste rouge régionale

Environ 10 % des taxons de la région PACA sont menacés : ils sont classés en catégories UICN CR (en danger critique), EN (en danger) ou VU (vulnérables). Le statut UICN des taxons selon la liste rouge PACA est comparé aux enjeux de conservation de la hiérarchisation (Tabl. VII).

Tableau VII. Nombre de taxons de chaque catégorie UICN (liste rouge PACA) appartenant à chacun des groupes d'enjeu.

Liste rouge PACA	CR	EN	VU	NT	LC	DD	RE	NA	NE	Total
Enjeu										
Très fort	20	20	53	24	21	2	0	0	0	140
Fort	13	65	116	135	303	7	0	2	5	646
Moyen	13	29	41	100	1 947	14	0	2	10	2 156
Faible	0	0	0	0	337	1	0	0	2	340
DD	5	6	4	6	78	390	27	8	63	587
Total	51	120	214	265	2 686	414	27	12	80	3 869

Abréviations : UICN = Union Internationale pour la Conservation de la Nature, CR = en danger critique, EN = en danger, VU = vulnérable, NT = quasi-menacée, LC = préoccupation mineure, DD = données insuffisantes, RE = disparue au niveau régional, NA = non applicable, NE = non évaluée.

80 taxons sont classés non évalués (NE) dans liste rouge PACA : il s'agit généralement de problèmes de nomenclature, car la liste rouge est basée sur le référentiel TAXREF v5 tandis que la hiérarchisation est basée sur le référentiel TAXREF v7. La majorité des taxons NE a d'ailleurs été classée données insuffisantes (DD) dans cette hiérarchisation. 24 taxons classés DD dans la liste rouge PACA ont pu être évalués dans cette hiérarchisation grâce à une amélioration des connaissances les concernant, mais 99 taxons évalués dans la liste rouge PACA n'ont pas pu être évalués dans cette hiérarchisation : il s'agit principalement de taxons pour lesquels la répartition ou la taxonomie sont méconnues. Les 27 taxons disparus au niveau régional (RE) sont tous classés DD dans cette hiérarchisation car ils n'ont pas de donnée récente (\geq à l'an 2000) sur le territoire considéré. Cela concerne également 9 des 16 taxons classés CR, EN ou VU dans la liste rouge PACA et classés DD dans cette hiérarchisation, les autres étant des espèces marines pour lesquelles les données de répartition sont lacunaires. Les 12 taxons classés « non applicable » (NA) dans la liste rouge PACA concernent des taxons d'indigénat douteux.

La répartition des taxons évalués à la fois dans la liste rouge PACA et dans cette hiérarchisation est présentée ci-dessous (Fig. 5).



Figure 5. Répartition des taxons selon leur catégorie IUCN (liste rouge PACA) dans chaque groupe d'enjeu. Abréviations : CR = en danger critique, EN = en danger, VU = vulnérable, NT = quasi-menacée, LC = préoccupation mineure.

Deux tiers des taxons à enjeu très fort et 30 % des taxons à enjeu fort sont considérés comme menacés en région PACA (catégories UICN CR, EN et VU). Inversement, plus de 90 % des taxons à enjeu moyen et 100 % des taxons à enjeu faible sont classés préoccupation mineure (LC). Aucun des taxons à enjeu faible n'est menacé ou quasi-menacé (NT) selon la liste rouge PACA. Néanmoins, 15 % des taxons à enjeu très fort et près de la moitié des taxons à enjeu fort sont classés LC. Inversement, un quart des taxons CR, un quart des taxons EN et 20 % des taxons VU sont classés en enjeu moyen.

Ces résultats sont dus à des différences méthodologiques importantes entre les listes rouges, pour lesquelles un seul critère (déclin de la population, aire de répartition réduite, petite population et déclin, très petite population, ou analyse quantitative) suffit pour considérer un taxon comme étant menacé (UICN France, 2011), et cette hiérarchisation, pour laquelle c'est la combinaison de différents critères qui donne la hiérarchie.

Enjeux de conservation de la hiérarchisation et listes de protection des espèces

Environ 12 % des taxons de la région PACA bénéficient d'une ou plusieurs mesures de protection (aux niveaux européen, national, régional et/ou départemental). Le statut réglementaire des taxons est

comparé aux enjeux de conservation de la hiérarchisation (Tabl. VIII). Les taxons qui bénéficient de plusieurs mesures de protection ou de réglementation ne sont comptabilisés qu'une seule fois, pour leur mesure réglementaire la plus forte.

Les listes de protection au niveau européen sont issues de la Convention de Berne, 1979 (annexe I) et de la Directive Habitat-Faune-Flore, 1992 (annexe IV). La liste des espèces protégées au niveau national est issue de l'arrêté modifié du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire (articles 1 et 2). De l'arrêté du 9 mai 1994 sont issues les listes des espèces végétales protégées en région PACA (article 1), dans le département Alpes-de-Haute-Provence (article 2), dans le département Hautes-Alpes (article 3), dans le département Alpes-Maritimes (article 4), dans le département Var (article 5) et dans le département Vaucluse (article 6).

La réglementation cueillette au niveau européen est issue de la Directive Habitat-Faune-Flore, 1992 (annexe V). La réglementation cueillette dans le département Alpes-de-Haute-de-Provence est issue de l'arrêté préfectoral n°95/1533 du 28 juillet 1995 (articles 2, 3, 4 et 5). La réglementation cueillette dans le département Alpes-Maritimes est issue de l'arrêté préfectoral du 18 juin 1996 (articles 1, 3 et 4), et des arrêtés préfectoraux du 18 juin 1991 et du 31 décembre 2010 modifiant l'arrêté du 18 juin 1991.

Tableau VIII. Nombre de taxons réglementés appartenant à chacun des groupes d'enjeu.

Statut réglementaire Enjeu	Protection nationale ou europ.	Protection régionale	Protection départ.	Cueillette réglementée	Sans statut	Total
Très fort	42	45	0	0	53	140
Fort	76	127	7	9	427	646
Moyen	65	78	6	35	1 972	2 156
Faible	0	0	0	9	331	340
DD	19	14	0	2	552	587
Total	202	264	13	55	3 335	3 869

Abréviations : europ. = européenne, départ. = départementale.

19 taxons protégés au niveau national ou européen et 14 protégés au niveau régional n'ont pas pu être évalués dans cette hiérarchisation. La moitié d'entre eux n'a pas de donnée récente en région PACA, certains sont d'indigénat douteux, ou ont une répartition méconnue, ou encore sont des espèces marines pour lesquelles les données de répartition sont lacunaires.

La répartition par groupe d'enjeu des taxons réglementés qui ont pu être évalués dans cette hiérarchisation est présentée ci-dessous (Fig. 6).

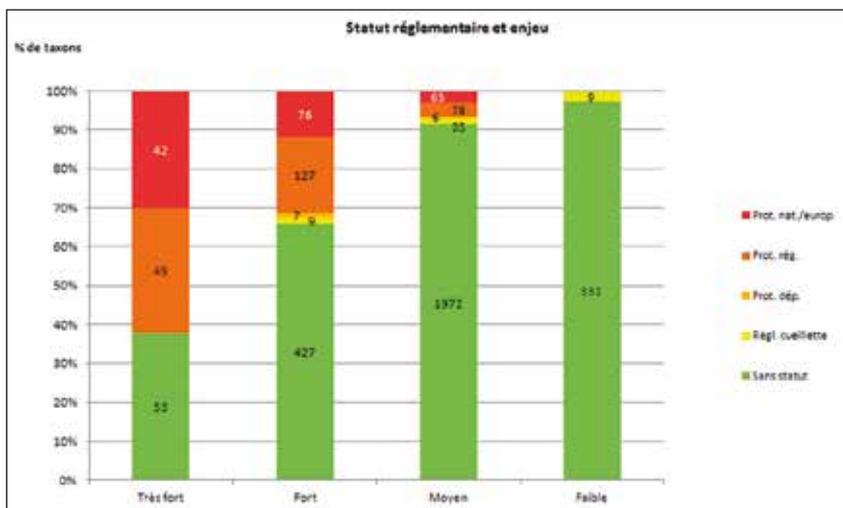


Figure 6. Répartition des taxons selon leur statut réglementaire dans chaque groupe d'enjeu. Abréviations : prot. = protection, nat. = nationale, europ. = européenne, rég. = régionale, dép. = départementale, régl. = réglementation.

Plus de 60 % des taxons à enjeu très fort et 30 % des taxons à enjeu fort sont protégés au niveau européen, national ou régional. Inversement, plus de 90 % des taxons à enjeu moyen et plus de 95 % des taxons à enjeu faible n'ont pas de statut réglementaire en région PACA. Aucun taxon à enjeu faible ne bénéficie d'un statut de protection. Néanmoins, près de 40 % des taxons à enjeu très fort et deux tiers des taxons à enjeu fort ne bénéficient d'aucune mesure de protection ou de réglementation. Inversement, un tiers des taxons protégés au niveau national ou européen, 30 % des taxons protégés au niveau régional et la moitié des taxons protégés au niveau départemental ont un enjeu moyen. Plus de 80 % des taxons réglementés pour la cueillette ont un enjeu de conservation moyen ou faible : en effet, ces taxons présentant un attrait pour la cueillette sont généralement communs.

Ces résultats sont dus à des différences méthodologiques importantes entre l'établissement des listes de protection et cette hiérarchisation. La hiérarchisation est d'autant plus importante en ce qui concerne les taxons sans statut réglementaire.

Discussion

Pertinence de la méthode

Plusieurs ajustements ont été réalisés par rapport à la méthode proposée par Gauthier *et al.* (2010), principalement grâce à l'amélioration des connaissances et des bases de données sur les taxons ces cinq dernières années (Le Berre *et al.*, 2018). Le critère de responsabilité régionale a été transformé en rareté biogéographique et se base sur la répartition mondiale et non sur le nombre de départements de présence. Les approches administratives n'intègrent pas l'enveloppe globale de distribution des taxons, c'est pourquoi une approche biogéographique a été choisie sans tenir compte des limites administratives avec les autres régions françaises ou avec les autres pays dans la définition des espèces à aires restreintes. En effet, des taxons endémiques ayant des aires très réduites peuvent être partagés entre différentes régions ou pays ; tel est le cas de *Moehringia lebrunii* Merxm., dont l'aire de répartition représente à peine 25 km² et est à cheval sur le département des Alpes-Maritimes et la province d'Imperia en Italie. De plus, la prise en compte des populations situées en périphérie de l'aire de répartition d'un taxon ne doit pas être négligée car elles peuvent potentiellement présenter des adaptations locales leur permettant de mieux faire face aux changements globaux (Crain et White, 2011 ; Pires et Diadema, 2015 ; Papuga, 2016). La prise en compte des disjonctions d'aires a permis à plus de la moitié des 51 taxons concernés de passer dans la catégorie d'enjeu supérieur : 17 passent de la catégorie d'enjeu moyen à fort, et 9 passent de la catégorie d'enjeu fort à très fort.

L'amélioration des connaissances liées aux données d'observations géolocalisées et la mise en relation de différentes bases de données permettent une évaluation plus fine et homogène du critère de rareté locale (Le Berre *et al.*, 2019). Un maillage uniforme et disposé de manière flottante a été utilisé, plutôt que le nombre de communes de présence afin de réduire les biais éventuels.

Le critère de vulnérabilité de l'habitat proposé par Gauthier *et al.* (2010) a été modifié en critère de menaces, en ajoutant le critère d'artificialisation dont l'importance est notable sur le territoire (Vimal *et al.*, 2012 ; Lhotte *et al.*, 2014) et dont l'accroissement exponentiel ces dernières décennies constitue l'un des enjeux majeurs des politiques d'aménagement du territoire de l'Union Européenne (Virely, 2017). En effet, l'utilisation des terres pour le développement urbain est un problème majeur car ce sont souvent des ressources non renouvelables : les changements d'utilisation des sols pour la construction de logements ou de routes sont généralement permanents, ou réversibles seulement à très hauts coûts (Ludlow, 2006). L'évaluation des menaces reste délicate

et nécessite une évaluation « à dire d'expert » qui présente toujours une part de subjectivité qui peut être toutefois réduite grâce à la méthode Delphi (Hsu et Sandford, 2007 ; Mukherjee *et al.*, 2015).

Enfin, une méthode par égalité des critères a été utilisée afin de donner le même poids aux différents critères de rareté et de menaces, ce qui permet potentiellement de faire ressortir dans les enjeux très fort et fort des taxons localement rares, aussi bien que des taxons rares sur le plan biogéographique, ou encore menacés (Le Berre *et al.*, 2019).

La méthode présentée ici est une méthode facilement reproductible qui permet de classer aisément un grand nombre de taxons sans *a priori*, et qui peut être adaptée à différentes zones administratives ou biogéographiques, différentes échelles, et différents groupes végétaux (ex. : Gauthier *et al.*, 2013 ; Kricsfalussy et Trevisan, 2014 ; Schatz *et al.*, 2014 ; Maciel *et al.*, 2016 ; Le Berre *et al.*, 2018). Les résultats pouvant être très différents entre deux territoires donnés, même s'ils sont géographiquement proches, la définition du territoire d'étude reste donc primordiale. Ce dernier doit être défini de manière cohérente soit sur une base biogéographique, soit par rapport à la stratégie de conservation à mettre en œuvre.

La méthode présente cependant certaines faiblesses. Environ 15 % des taxons de la région PACA n'ont pas pu être évalués en raison d'un manque de données ou de problèmes taxonomiques. La priorité concernant ces taxons sera donc d'approfondir les connaissances. Il pourra s'agir de prospections pour les taxons méconnus ou nouvellement décrits, de déterminations pour les taxons de rangs inférieurs qui ne sont pas reconnus partout, d'études génétiques pour les taxons apomictiques ou les groupes méconnus, etc. De plus, certains taxons peuvent être surévalués par la rareté locale du fait d'un manque de connaissance : ces taxons devront être identifiés afin d'approfondir les connaissances les concernant.

La méthode étant volontairement globale, le sous-critère d'artificialisation a tendance à surévaluer les espèces strictement rudérales. De plus, ce sous-critère ne tient pas compte de la rareté locale des taxons, ce qui peut présenter un biais. Par exemple, un taxon qui n'a qu'une seule maille de présence (ex. : *Biserrula epiglottis* (L.) P. Coulot, P. Rabaute et J.-M. Tison, 2014) peut avoir le même pourcentage d'artificialisation (plus de 36 %) qu'un taxon qui a un grand nombre de mailles de présence (ex. : *Ulex parviflorus* Pourr.), et ces deux taxons sont classés en enjeu fort, alors qu'il pourrait être considéré que l'artificialisation a un impact plus important sur un taxon n'ayant qu'une seule maille de présence dans le territoire que sur un taxon qui en a 155.

La méthode n'est pas bien adaptée aux 87 taxons archéophytes pour lesquels le critère de rareté biogéographique n'est pas pertinent

car ces taxons ont été introduits en région PACA. De plus, le critère de rareté locale peut être biaisé car ces taxons sont souvent présents uniquement à proximité des lieux où ils ont été introduits. Ces taxons ont tout de même été évalués car ils peuvent présenter des enjeux de conservation.

Apport de la hiérarchisation pour la conservation des taxons

L'un des facteurs essentiels dans la préservation de la biodiversité est de tenir compte des moyens disponibles pour la réalisation des actions de conservation. La présente étude permet de hiérarchiser les taxons dans le but d'allouer au mieux les ressources disponibles. Cette hiérarchisation permet de dresser une typologie des taxons à forts enjeux de conservation, qui permettra de mieux appréhender les risques encourus en fonction de leur type de rareté et des menaces qui pèsent sur eux, afin de mettre en place les mesures de conservation adaptées (Pärtel *et al.*, 2005 ; Le Berre *et al.*, 2018).

La grande majorité des taxons à enjeux très fort ou fort sont localement rares, ce critère est donc déterminant. Certains taxons sont naturellement peu présents, en général parfaitement adaptés à vivre en populations réduites et isolées (ex. : *Acis nicaeensis* (Ardoino) Lledó, A. P. Davis et M. B. Crespo), tandis que d'autres sont devenus rares suite à des événements de perturbation d'origine anthropique (ex. : *Limonium* sp.) (Gaston, 1994). En effet, la région étudiée a subi ces dernières décennies de profondes mutations socio-économiques qui ont considérablement modifié les tendances dynamiques des écosystèmes (i.e. Barbero *et al.*, 1990), et ces modifications majeures de l'environnement ont entraîné la raréfaction voire l'extinction d'un nombre important de populations notamment chez les taxons rares (Lavergne *et al.*, 2004). Dans le groupe de taxons à enjeu très fort, on peut donc distinguer deux grands types de taxons : les taxons rares à la fois localement et globalement (ex. : *Alyssum flexicaule* Jord.), et les taxons à la fois rares localement et dont les populations sont dans des zones artificialisées (ex. : *Cyperus capitatus* Vand.).

La hiérarchisation des taxons est une démarche complémentaire à celles des listes rouges et de protection. En effet, les listes rouges des espèces menacées sont élaborées pour évaluer le risque de disparition des espèces dans un territoire donné, et sont basées sur 5 critères : déclin de la population, aire de répartition réduite, petite population et déclin, très petite population et analyse quantitative (UICN France, 2011). Cependant, aucun critère des listes rouges ne rend compte du critère de rareté biogéographique (sauf dans le cas de la cotation UICN à l'échelle mondiale), ni de celui de vulnérabilité de l'habitat. La prise en considération du statut UICN selon la liste rouge PACA et du statut

réglementaire des taxons permettra d'affiner les actions à mettre en œuvre en fonction de l'urgence face au déclin des populations et des mesures réglementaires déjà en place.

La hiérarchisation réalisée dans cette étude permet de mettre en avant un quart des taxons, qui présentent les plus forts enjeux de conservation (enjeux très fort et fort). Cela paraît cohérent avec les objectifs de la méthode de considérer qu'un quart des taxons de la région présente d'importants enjeux de conservation. Cependant, il n'est pas possible de mettre en place des actions de conservation pour un aussi grand nombre de taxons (environ 800 taxons), c'est pourquoi il est nécessaire de réaliser une typification puis une priorisation des actions, afin de choisir des projets à mettre en œuvre.

Perspectives et applications

Cette hiérarchisation réalisée a permis de classer 3 282 taxons vasculaires de la région PACA en 47 rangs groupés en 4 priorités d'enjeu, dans le but de déterminer comment allouer au mieux les ressources disponibles vis-à-vis des taxons les plus vulnérables. Le groupe de priorité 1 d'enjeu très fort met en avant les 5 % de ces taxons qui sont rares à la fois au niveau local et au niveau global, ainsi que les taxons qui sont à la fois localement rares et menacés par l'artificialisation des territoires.

Cette étude présente la première version de la hiérarchisation de la flore vasculaire en région PACA. Elle devra être mise à jour régulièrement pour l'ensemble des taxons. L'amélioration des connaissances pour chacun des critères permettra d'obtenir une hiérarchisation de plus en plus fine. Le critère de rareté biogéographique est basé sur les connaissances actuelles de la répartition des taxons (d'après les flores ou les articles scientifiques) et leur taxonomie, or celles-ci font régulièrement l'objet de nouvelles avancées. De plus, l'estimation de la taille des aires de répartition pour les taxons à aires restreintes pourrait être calculée avec précision en utilisant les données de répartition géolocalisées des régions et pays voisins (données pour l'instant indisponibles excepté en région Occitanie). Le critère de vulnérabilité de l'habitat est basé sur des « dires d'experts » en ce qui concerne l'attribution d'habitats à chacun des taxons et l'évaluation de l'impact des différentes menaces sur chacun des habitats. Les scores obtenus pourront aussi être modifiés en approfondissant les connaissances sur l'écologie des taxons. Les critères de rareté locale et d'artificialisation seront ajustés au gré de leurs mises à jour régulières. Aussi cette hiérarchisation des taxons se veut évolutive comme c'est le cas par exemple pour les listes rouges des espèces menacées.

La hiérarchisation des taxons n'est pas l'objectif de la conservation. Les perspectives sont donc d'identifier les taxons pour lesquels la mise en place d'actions est prioritaire et surtout réalisable. Les enjeux de conservation qui ont été définis vont permettre de réaliser une typification des actions pour les taxons à plus forts enjeux. Il peut s'agir d'actions de conservation, de suivis ou de surveillance des populations, d'une amélioration ou du bilan des connaissances (Gauthier *et al.*, 2013). La hiérarchisation des taxons a été réalisée à l'aide de trois critères primaires, et la typification des actions sera réalisée en s'appuyant sur des critères secondaires qui devront être définis. Ces critères pourront inclure l'état de conservation et les tendances des populations, la réduction des aires de répartition, la représentation des espèces dans les aires protégées (analyse du réseau de conservation), les statuts réglementaires et des listes rouges. La priorisation des projets devra inclure la faisabilité des actions de conservation, comme par exemple la probabilité de réussite de la gestion, le coût de la gestion, l'accessibilité des sites, la détectabilité des taxons, les partenariats possibles et le cadre réglementaire (Schmeller *et al.*, 2008 ; Joseph *et al.*, 2009 ; Game *et al.*, 2013 ; Henle *et al.*, 2013).

Les applications de ce travail sont multiples. Cette hiérarchisation a déjà été utilisée pour l'identification d'enjeux espaces et espèces pour les zones humides à l'échelle régionale (ex. : de l'étude réalisée par la Tour du Valat), ainsi que pour l'identification des taxons à plus forts enjeux de conservation sur le territoire de plusieurs parcs nationaux de la région (Mercantour, Calanques et Port-Cros) afin d'aider à la définition de leur stratégie de conservation. Elle va également être utilisée pour définir des priorités départementales dans les départements du Var et des Bouches-du-Rhône. Elle pourrait également être utilisée par des gestionnaires de sites naturels, afin de prioriser les actions pour les taxons présents, ou encore par les services de l'État, comme outil pour apprécier les dossiers Eviter-Réduire-Compenser (ERC).

Remerciements. Ce travail a bénéficié du soutien financier de la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur et également des nombreuses années de collaboration avec le Conservatoire botanique national alpin (CBNA). Les auteurs remercient Sylvain Abdulhak (CBNA), Frédéric Andrieu (Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles - CBNMed), Olivier Argagnon (CBNMed), Gabriele Casazza (Université de Gênes), Matthieu Charrier (Bureau d'études Biotope), Martin Dalliet (Bureau d'études Ecomed), Lara Dixon (CBNMed), Noémie Fort (CBNA), Luc Garraud (CBNA), Perrine Gauthier (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive / Centre national de la recherche scientifique - CEFÉ-CNRS), Hervé Gomila (Bureau d'études Ecosphère), Patrick Grillas (Tour du Valat), Eric Imbert (Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier - ISEM), Mauro Mariotti (Université de Gênes), Frédéric Médail (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie - IMBE / Aix-Marseille Université), Henri Michaud (CBNMed), Luigi Minuto (Université de Gênes / Jardin botanique Hanbury), James Molina (CBNMed), Benoît Offerhaus (CBNMed), Guillaume Papuga (Université de Montpellier), Daniel Pavon (IMBE), Jean-Pierre Roux (CBNMed), Arne Saatkamp (IMBE), John Thompson (CEFÉ-CNRS) et Jérémie Van Es (CBNA), pour leur participation aux réflexions sur l'adaptation de la méthode au contexte régional et aux nouveaux outils disponibles, leur relecture

des résultats et leurs propositions d'amélioration. Les auteurs remercient également Benoît Strauss pour la relecture et la correction du résumé en langue anglaise.

Références

- AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M., THEURILLAT J.P., 2004. - *Flora Alpina*. Belin, Paris: 3 volumes, 2670 p.
- AESCHIMANN D., RASOLOFO N., THEURILLAT J.P., 2011. - Analyse de la flore des Alpes. 1 : historique et biodiversité. *Candollea*, 66 : 27-55.
- BAJJOUK T., GUILLAUMONT B., MICHEZ N., THOUIN B., CROGUENNEC C., POPULUS J., LOUVEL-GLASER J., GAUDILLAT V., CHEVALIER C., TOUROLLE J., HAMON D. et al., 2015a. - *Classification EUNIS, Système d'information européen sur la nature : traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée*. Vol. 1. Habitats Littoraux. IFREMER, Plouzané : 231 p.
- BAJJOUK T., GUILLAUMONT B., MICHEZ N., THOUIN B., CROGUENNEC C., POPULUS J., LOUVEL-GLASER J., GAUDILLAT V., CHEVALIER C., TOUROLLE J., HAMON D. et al., 2015b. - *Classification EUNIS, Système d'information européen sur la nature : traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée*. Vol. 2. Habitats subtidiaux et complexes d'habitats. IFREMER, Plouzané : 237 p.
- BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., QUÉZEL P., 1990. - Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetatio*, 87: 151-173.
- BENSETTITI F., PUISSAUVÉ R., LEPAREUR F., TOUROULT J., MACIEJEWSKI L., 2012. - *Évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire* – Guide méthodologique. SPN, MNHN, Paris : 76 p. + annexes.
- BOUDOURESQUE C.F., 2015. Taxonomy and phylogeny of unicellular eukaryotes. In : BERTRAND J.C., CAUMETTE P., LEBARON P., MATHERON R., NORMAND P., SIME-NGANDO T. (éds.), *Environmental microbiology : Fundamentals and applications. Microbial ecology*. Springer publ.: 191-257.
- CASAZZA G., ZAPPA E., MARIOTTI M.G., MÉDAIL F., MINUTO L., 2008. - Ecological and historical factors affecting distribution pattern and richness of endemic plant species: the case of the Maritime and Ligurian Alps hotspot. *Divers. Distrib.*, 14: 47-58.
- COATES D.J., ATKINS K.A., 2001. - Priority setting and the conservation of Western Australia's diverse and highly endemic flora. *Biol. Conserv.*, 97: 251-263.
- CRAIN B.J., WHITE J.W., 2011. - Categorizing locally rare plant taxa for conservation status. *Biodivers. Conserv.*, 20: 451-463.
- DE LANGE H.J., SALA S., VIGHI M., FABER J.H., 2010. - Ecological vulnerability in risk assessment – a review and perspectives. *Sci. Total Environ.*, 408: 3871-3879.
- FITZPATRICK U., MURRAY E.T.E., PAXTON R.J., BROWN M.J.F., 2007. - Building on IUCN regional red lists to produce lists of species of conservation priority: a model with Irish bees. *Conserv. Biol.*, 21: 1324-1332.
- GAME E.T., KAREIVA P., POSSINGHAM H.P., 2013. - Six common mistakes in conservation priority setting. *Conserv. Biol.*, 27: 480-485.
- GARGOMINY O., TERCERIE S., RÉGNIER C., RAMAGE T., DUPONT P., VANDEL E., DASZKIEWICZ P., PONCET L., 2013. - *TAXREF v7.0, référentiel taxonomique pour la France. Méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. MNHN, Paris : 104 p.

- GASTON K.J., 1994. - *Rarity*. Chapman et Hall, London: 205 p.
- GAUTHIER P., DEBUSSCHE M., THOMPSON J.D., 2010. - Regional priority setting for rare species based on a method combining three criteria. *Biol. Conserv.*, 143: 1501-1509.
- GAUTHIER P., FOULON Y., JUPILLE O., THOMPSON J.D., 2013. - Quantifying habitat vulnerability to assess species priorities for conservation management. *Biol. Conserv.*, 158: 321-325.
- HENLE K., BAUCH B., AULIYA M., KULVIK M., PE'ER G., SCHMELLER D.S., FRAMSTAD E., 2013. - Priorities for biodiversity monitoring in Europe: a review of supranational policies and a novel scheme for integrative prioritization. *Ecol. Indic.*, 33: 5-18.
- HSU C.C., SANDFORD B.A., 2007. - The Delphi technique: making sense of consensus. *Pract. Assess. Res. Eval.*, 12: 1-8.
- JIMÉNEZ-ALFARO J., COLUBI A., GONZALÉZ-RODRÍGUEZ G., 2010. - A comparison of point-scoring procedures for species prioritization and allocation of seed collection resources in a mountain region. *Biodivers. Conserv.*, 19: 3667-3684.
- JOSEPH L.N., MALONEY R.F., POSSINGHAM H.P., 2009. - Optimal allocation of resources among threatened species: a project prioritization protocol. *Conserv. Biol.*, 23: 328-338.
- KRICSFALUSY V.V., TREVISAN N., 2014. - Prioritizing regionally rare plant species for conservation using herbarium data. *Biodivers. Conserv.*, 23: 39-61.
- LAVERGNE S., THOMPSON J.D., GARNIER E., DEBUSSCHE M., 2004. - The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: a comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos*, 107: 505-518.
- LE BERRE M., NOBLE V., PIRES M., CASAZZA G., MINUTO L., MARIOTTI M., ABDULHAK S., FORT N., MÉDAIL F., DIADEMA K., 2018. - Applying a hierarchical method to a biodiversity hotspot: challenges and perspectives in the South-Western Alps flora. *J. Nat. Conserv.*, 42: 19-27.
- LE BERRE M., NOBLE V., PIRES M., MÉDAIL F., DIADEMA K., 2019. - How to hierarchise species to determine priorities for conservation action? A critical analysis. *Biodivers. Conserv.*, 28: 3051-3071.
- LHOTTE A., AFFRE L., SAATKAMP A., 2014. - Are there contrasted impacts of urbanization and land uses on population persistence? The case of *Teucrium pseudo-chamaepitys*, an endangered species in Southern France. *Flora*, 209: 484-490.
- LOUVEL J., GAUDILLAT V., PONCET L., 2013. - *EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats*. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris : 289 p.
- MACIEL E.A., OLIVEIRA-FILHO A.T., EISENLOHR P.V., 2016. - Prioritizing rare tree species of the Cerrado-Amazon ecotone: warnings and insights emerging from a comprehensive transitional zone of South America. *Nat. Conserv.*, 14: 74-82.
- MARSH H., DENNIS A., HINES H., KUTT A., MCDONALD K., WEBER E., WILLIAMS S., WINTER J., 2007. - Optimizing allocation of management resources for wildlife. *Conserv. Biol.*, 21: 387-399.
- MARTÍN J.L., CARDOSO P., ARECHAULETA M., BORGES P.A.V., FARIA B.F., ABREU C., AGUIAR A.F., CARVALHO J.A., COSTA A.C., CUNHA R.T., FERNANDES F.M., GABRIEL R., JARDIM R., LOBO C., MARTINS A.M.F., OLIVEIRA P., RODRIGUES P., SILVA L., TEIXEIRA D., AMORIM I.R., HOMEM N., MARTINS B., MARTINS M., MENDONÇA E., 2010. - Using taxonomically unbiased criteria to prioritize

- resource allocation for oceanic island species conservation. *Biodivers. Conserv.*, 19: 1659-1682.
- MÉDAIL F., DIADEMA K., 2009. - Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *J. Biogeogr.*, 36: 1333-1345.
- MÉDAIL F., MYERS N., 2004. - *Mediterranean Basin*. In: MITTERMEIER R.A., ROBLES GIL P., HOFFMANN M., PILGRIM J., BROOKS T., MITTERMEIER C.G., LAMOREUX J., DA FONSECA G.A.B. (éds.). - *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, Monterrey, Conservation International, Washington, Agrupación Sierra Madre, Mexico: 144-147.
- MÉDAIL F., QUÉZEL P., 1997. - Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 84: 112-127.
- MÉDAIL F., VERLAQUE R., 1997. - Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biol. Conserv.*, 80: 269-281.
- MILLER R.M., RODRIGUEZ J.P., ANISKOWICZ-FOWLER T., BAMBARADENIYA C., BOLES R., EATON M.A., GARDENFORS U., KELLER V., MOLUR S., WALFER S., POLLOCK C., 2006. - Extinction risk and conservation priorities. *Science*, 313: 441.
- MUKHERJEE N., HUGE J., SUTHERLAND W.J., MCNEILL J., OPSTAL M.V., DAHDOUH-GUEBAS F., KOEDAM N., 2015. - The Delphi technique in ecology and biological conservation: applications and guidelines. *Method. Ecol. Evol.*, 6: 1097-1109.
- NOBLE V., DIADEMA K. (coord.), 2011. - *La flore des Alpes-Maritimes et de la Principauté de Monaco. Originalité et diversité*. Naturalia Publications, Turriers : 504 p.
- NOBLE V., VAN ES J., MICHAUD H., GARRAUD L. (coord.), 2015. - *Liste Rouge de la flore vasculaire de Provence-Alpes-Côte d'Azur*. DREAL PACA, Région PACA, Marseille : 14 p.
- NOBLE V., VAN ES J., MICHAUD H., GARRAUD L. (coord.), 2016. - *Catalogue de la flore vasculaire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Version 2.4 - Novembre 2016. CBNMed, CBNA.
- PAPUGA G., 2016. - *Comparative studies of ecological niche variation among central and peripheral populations of mediterranean endemic plants*. Ph.D. Thesis, University of Sassari, Sassari: 231 p. + annexes.
- PÄRTEL M., KAAMELES R., REIER U., TUVI E.L., ROOSALUSTE E., VELLAK A., ZOBEL M., 2005. - Grouping and prioritization of vascular plant species for conservation: combining natural rarity and management need. *Biol. Conserv.*, 123: 271-278.
- PIRES M., DIADEMA K., 2015. - *Plan régional d'actions en faveur de Teucrium pseudo-chamaepitys L. : Aude, Bouches-du-Rhône, Var*. Rapport inédit. CBNMed, Hyères: 49 p. + annexes.
- RODRÍGUEZ J.P., ROJAS-SUÁREZ F., SHARPE C.J., 2004. - Setting priorities for the conservation of Venezuela's threatened birds. *Oryx*, 38: 373-382.
- SCHATZ B., GAUTHIER P., DEBUSSCHE M., THOMPSON J.D., 2014. - A decision tool for listing species for protection on different geographic scales and administrative levels. *J. Nat. Conserv.*, 22: 75-83.
- SCHMELLER D.S., GRUBER B., BAUCH B., LANNO K., BUDRYS E., BABIJ V., JUSKAITIS R., SAMMUL M., VARGA Z., HENLE K., 2008. - Determination of national conservation responsibilities for species conservation in regions with multiple political jurisdictions. *Biodivers. Conserv.*, 17: 3607-3622.

- TISON J.M., JAUZEIN P., MICHAUD H., 2014. - *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Naturalia Publications, Turriers : 2078 p.
- TISON J.M., DE FOUCAULT B., (coord.), 2014. - *Flora Gallica. Flore de France*. Biotope, Mèze: 1196 p.
- UICN FRANCE, 2011. - *Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées - Méthodologie de l'UICN et démarche d'élaboration*. UICN France, Paris : 60 p.
- UICN FRANCE, FCBN, AFB, MNHN., 2018. - *La liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre flore vasculaire de France métropolitaine*. UICN France, Paris : 32 p.
- VIMAL R., GENIAUX G., PLUVINET P., NAPOLEONE C., LEPART J., 2012. - Detecting threatened biodiversity by urbanization at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach: application on the French Mediterranean region. *Landsc. Urb. Plan.*, 104: 343-355.
- VIRELY B., 2017. - *Artificialisation : de la mesure à l'action*. MEEM Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, en charge des relations internationales sur le climat. CGDD, Puteaux : 46 p.
- WILSON K.A., CARWARDINE J., POSSINGHAM H.P., 2009. - Setting Conservation Priorities. *Ann. NY Acad. Sci.*, 1162: 237-264.

Annexe 1

Attribution des scores aux différents habitats EUNIS en fonction de leur note de vulnérabilité calculée comme la moyenne des 5 plus fortes menaces (sur 13 évaluées).

Code EUNIS	Intitulé EUNIS (Louvel et al., 2013 ; Bajjouk et al., 2015, volumes 1 et 2)	Note de vulnérabilité	Score de l'habitat	Nb. de taxons	
				Hab.1	Hab.2
A2	Sédiment intertidal	1,70	3	57	17
A5	Sédiment subtidal	1,68	3	1	1
B1	Dunes côtières et rivages sableux	2,28	5	53	34
B2	Galets côtiers	1,68	3	4	21
B3	Falaises, corniches et rivages rocheux, incluant le supralittoral	1,70	3	25	28
C1	Eaux dormantes de surface	2,20	5	37	9
C2	Eaux courantes de surface	2,00	4	9	34
C3	Zones littorales des eaux de surface continentales	2,13	5	177	102
D1	Tourbières hautes et tourbières de couverture	2,09	5	1	4
D2	Tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbières de transition	2,29	5	25	17
D4	Bas-marais riches en bases et tourbières des sources calcaires	2,20	5	55	40
D5	Roselières sèches et cariçaies, normalement sans eau libre	2,09	5	9	19
E1	Pelouses sèches	1,58	2	942	268
E2	Prairies mésiques	1,73	4	120	138
E3	Prairies humides et prairies humides saisonnières	1,98	4	129	87
E4	Pelouses alpines et subalpines	1,58	2	301	117
E5	Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides	1,48	2	172	186
E6	Steppes salées continentales	1,20	1	14	14
F2	Fourrés arctiques, alpins et subalpins	0,96	1	41	53
F3	Fourrés tempérés et méditerranéo-montagnards	0,93	1	41	52
F4	Landes arbustives tempérées	1,00	1	12	16
F5	Maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens	1,78	4	71	89
F6	Garrigues	1,70	3	89	99
F7	Landes épineuses méditerranéennes (phryganes, landes-hérissées et végétation apparentée des falaises littorales)	1,48	2	11	16

Code EUNIS	Intitulé EUNIS (Louvel et al., 2013 ; Bajjouk et al., 2015, volumes 1 et 2)	Note de vulnérabilité	Score de l'habitat	Nb. de taxons	
F9	Fourrés ripicoles et des bas-marais	1,90	4	17	13
G1	Forêts de feuillus caducifoliés	1,28	1	299	124
G2	Forêts de feuillus sempervirents	1,48	2	18	30
G3	Forêts de conifères	1,50	2	82	119
G5	Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus, stades initiaux de boisements et taillis	1,68	3	8	12
H1	Grottes, systèmes de grottes, passages et plans d'eau souterrains terrestres	1,38	2	4	14
H2	Eboulis	0,98	1	97	116
H3	Falaises continentales, pavements rocheux et affleurements rocheux	0,98	1	176	132
I1	Cultures et jardins maraîchers	1,89	4	175	235
J1	Bâtiments des villes et des villages	1,60	3	10	22

Abréviations : Hab. = habitat, Nb. = nombre

