

**Évaluation de l'état de
conservation des habitats de
falaises littorales
méditerranéennes d'intérêt
communautaire**

Cahiers d'évaluation à l'échelle
des sites Natura 2000

Version 1



Alexia Bicchierai et Margaux Mistarz

Avril 2023

PATRI NAT

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Un service commun de
l'Office français de la biodiversité,
du Muséum national d'Histoire naturelle
du Centre national de la recherche scientifique
et de l'Institut pour la recherche et le développement



Nom du Programme/Projet : Développement de méthodes d'évaluation d'état de conservation pour les sites Natura 2000 (terre et mer)

Responsable du projet : Margaux Mistarz (margaux.mistarz@mnhn.fr)

Vacataire : Alexia Bicchierai

Chef de l'équipe en charge du programme : Stanislas Wroza (stanislas.wroza@ofb.gouv.fr)

Contributeurs et experts mobilisés : Olivier Argagnon (CBNMED), Stéphane Biancucci (Collectivité de Corse), Mathieu Bidat (RUPEA), Anne Breton (DREAL PACA), Karine Buron (OEC), Jérémy Dumoulin (CBNC), Pantelina Emmanouilidou (DREAL PACA), Vincent Gaudillat (PatriNat), Manon Helluy (DREAL PACA), Christine Natali (CPIE Ajaccio), Virgile Noble (CBNMED), Benoît Offerhaus (CBNMED), Mathias Pires (CBNMED), Sophie Raspail (Conservatoire du Littoral), Julien Ugo (CBNMED), Perle Zlotykamien (DREAL Corse)

Relecteurs : Jérémy Dumoulin (CBNC) et Anthony Le Fouler (CBNSA)

Référence du rapport conseillée : Bicchierai, A. & Mistarz, M. (2023). Évaluation de l'état de conservation des habitats de falaises littorales méditerranéennes d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1. PatriNat – OFB/MNHN. 121p.

PatriNat

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel



Dans une unité scientifique associant des ingénieurs, des experts et des spécialistes de la donnée, PatriNat rapproche les compétences et les moyens de ses quatre tutelles que sont l'OFB, le MNHN, le CNRS et l'IRD.

PatriNat coordonne des programmes nationaux d'acquisition de connaissance pour cartographier les écosystèmes, les espèces et les aires protégées, surveiller les tendances de la biodiversité terrestre et marine, répertorier les zones clefs pour la conservation de la nature (Znieff), et produire des référentiels scientifiques et techniques (TaxRef, HabRef, etc.). Ces programmes associent de nombreux partenaires et fédèrent les citoyens à travers des observatoires de sciences participatives (tels que Vigie-Nature, INPN espèces ou Vigie-terre).

PatriNat développe des systèmes d'information permettant de standardiser, partager, découvrir, synthétiser et archiver les données aussi bien pour les politiques publiques (SIB, SINP) que pour la recherche (PNDB) en assurant le lien avec les systèmes internationaux (GBIF, CDDA, etc.)

PatriNat apporte son expertise dans l'interprétation des données pour accompagner les acteurs et aider les décideurs à orienter leurs politiques : production d'indicateurs, notamment pour l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) et des livrets de chiffres clés, élaboration des Listes rouges des espèces et écosystèmes menacés, revues systématiques, préparation des reportages pour les directives européennes, élaboration d'outils de diagnostic de la biodiversité pour les acteurs des territoires, ou encore évaluation de l'efficacité des mesures de restauration. PatriNat organise également l'autorité scientifique CITES pour la France.

L'ensemble des informations (de la donnée brute à la donnée de synthèse) est rendu publique dans les portails NatureFrance, INPN et Compteur BIOM.

En savoir plus : www.patrinat.fr

Direction : Laurent PONCET et Julien TOUROULT

Naturefrance

Le service public d'information sur la biodiversité



Naturefrance représente le service public d'information sur les politiques publiques de biodiversité en France. Il se décline dans plusieurs portails d'information, dont le portail général naturefrance.fr. Destiné à un public aussi large que possible, il propose des clés de lecture des grands enjeux liés à la biodiversité et à son évolution, aux pressions qu'elle subit, et aux réponses de la société. Naturefrance présente des chiffres clés, des indicateurs développés dans le cadre de l'ONB (Observatoire national de la biodiversité), des articles et des publications, issus de l'analyse scientifique des données provenant des politiques publiques de conservation ou d'activités socio-économiques favorables ou défavorables à la biodiversité.

Dans le cadre de cette mission confiée par l'OFB, PatriNat gère ce portail et participe au traitement, à l'analyse et à l'interprétation d'une partie des données versées sur Naturefrance : par exemple, celles provenant du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) ou encore du Système d'information de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (SI CITES).

En savoir plus : naturefrance.fr

Inventaire national du patrimoine naturel

Le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises,
de métropole et d'outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) est le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer (www.inpn.fr). Il regroupe et diffuse les informations sur l'état et les tendances du patrimoine naturel français terrestre et marin (espèces animales, végétales, fongiques et microbiennes actuelles et anciennes, habitats naturels, espaces protégés et géologie) en France métropolitaine et ultramarine.

Les données proviennent du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) et de l'ensemble des réseaux associés. PatriNat organise au niveau national la gestion, la validation, la centralisation et la diffusion de ces informations. L'inventaire consolidé qui en résulte est l'aboutissement d'un travail associant scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse régulièrement mise à jour du patrimoine naturel en France.

L'INPN est un dispositif de référence français pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel. L'ensemble de ces informations sont mises à la disposition de tous, professionnels, amateurs et citoyens.

En savoir plus : www.inpn.fr

Compteur Biodiversité Outre-mer

Le portail des indicateurs, des enjeux et des initiatives
sur la biodiversité en outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, le Compteur de la biodiversité Outre-mer (BiOM) développe une entrée dédiée aux territoires ultramarins français qui abritent une part importante de la biodiversité mondiale. Portail accessible, actualisé et pérenne, il favorise la rencontre des citoyens et des acteurs de la biodiversité, autour de trois objectifs : partager la connaissance scientifique, valoriser les actions des territoires ultramarins, et encourager chacun à agir. Cette démarche vise à relater les contextes culturels et mettre en avant des enjeux spécifiques de chaque territoire, pour répondre à un engagement du Livre bleu des Outre-mer.

Des études auprès des citoyens viennent compléter l'initiative : par exemple le premier panorama des programmes de sciences participatives dans les territoires, et une enquête sur la perception de la nature et l'utilisation des outils numériques.

PatriNat assure la mise en œuvre du projet et avec la participation des acteurs des outre-mer, suivant trois axes : production d'indicateurs de biodiversité (connaissances, espèces menacées, espaces protégés, etc.), relai des actions de mobilisation et de sciences participatives (écogestes, inventaires participatifs, etc.) et gestion technique du portail

En savoir plus : biodiversite-outre-mer.fr

Sommaire

Préambule.....	2
1. Évaluer l'état de conservation, une obligation dans le droit européen et le droit français.....	4
1.1. Au niveau européen	4
1.2. Au niveau national.....	6
2. Définition des habitats et des états de référence.....	8
2.1. Typologie et réflexions sur la notion d'habitat.....	8
2.2. Choisir les états de conservation favorables d'un habitat à l'échelle du site Natura 2000	10
2.3. ... et les états de référence	11
3. Principe méthodologique de l'évaluation à l'échelle du site Natura 2000	12
3.1. D'une évaluation à l'échelle du polygone.....	12
3.2. ... à une évaluation à l'échelle du site Natura 2000	16
3.2.1. Proportions des placettes en différents états de conservation	16
3.2.2. Moyenne des notes de l'ensemble des placettes	17
3.2.3. Distribution des placettes sur le gradient d'état de conservation	18
3.2.4. Diagramme en étoile	19
3.2.5. Répartition des placettes par indicateur	19
3.2.6. Cartographie des placettes.....	20
3.3. Trouver le bon compromis entre coûts et efficacité	20
4. Processus d'élaboration des grilles d'évaluation, concept et application aux habitats de falaises littorales méditerranéennes	22
4.1. Phase préparatoire	22
4.1.1. Choix des critères et des indicateurs.....	22
4.1.2. Choix des sites tests.....	25
4.2. Phase de test des indicateurs sur le terrain	26
4.2.1. Objectifs.....	26
4.2.2. Le relevé phytosociologique, un outil efficace car synthétique	28
4.2.3. Biais observateur	30
4.3. Analyses des données et validation.....	30
4.3.1. Conversion des données brutes	30
4.3.2. Analyses statistiques.....	31
5. Discussion générale	33
5.1. Des méthodes simples pour une réalité complexe	33
5.2. Des méthodes évolutives et adaptables.....	34
5.3. Le choix des états de référence aux échelles nationale et de l'habitat générique	35
5.4. La stratégie de l'Union européenne en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 et le projet de règlement européen sur la restauration de la nature.....	36
6. Conclusion	37
Bibliographie	38
Guide « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec <i>Limonium</i> spp. endémiques » (UE 1240)....	49
Guide « Formations basses d'euphorbes près des falaises » (UE 5320) et « Phryganes ouest-méditerranéennes des sommets de falaises » (UE 5410)	82

Préambule

L'érosion de la biodiversité et la perte d'habitats naturels sont au cœur des préoccupations mondiales. Les activités anthropiques sont, en partie, responsables des différents types de pressions qui pèsent sur la faune, la flore ainsi que sur les habitats naturels (Ehrlich 1995 ; Brooks *et al.* 2002 ; Hanski 2011 ; Collen *et al.* 2012 ; Ceballos *et al.* 2015 ; ter Steege *et al.* 2015 ; Thomas 2016 ; Ceballos *et al.* 2017). La fragmentation des habitats, causée par l'artificialisation des terres ou encore par l'agriculture intensive, agit négativement sur la richesse spécifique (Wettstein et Schmid 1999 ; Steffan-Dewenter *et al.* 2002), l'abondance et la répartition des populations (ter Steege *et al.* 2015 ; Ceballos *et al.* 2017), la diversité génétique (Gibbs 2001), les interactions entre espèces (Taylor et Merriam 1996), le succès reproducteur (Kurki *et al.* 2000), le succès de dispersion (Bélisle *et al.* 2001) et le taux de prédation (Bergin *et al.* 2000). Les habitats côtiers (dunes, falaises, plages de galets, etc.) font partie des habitats les plus menacés car ils sont soumis à de fortes pressions naturelles (érosions marine et éolienne, embruns, etc.), mais également anthropiques (changement climatique, urbanisation, tourisme, introduction d'espèces invasives, pollution, etc.) (Affre *et al.* 2015 ; Delbosc *et al.* 2021 ; Heckenroth *et al.* 2022).

Pour faire face aux pressions qui agissent sur les habitats et la biodiversité, des conventions et des directives ont successivement vu le jour (Mauz et Granjou 2010 ; Mistarz 2021). La Convention sur la diversité biologique (Nations Unies 1992) est la première convention internationale en matière de protection de la biodiversité. Elle a pour but de concilier conservation de la diversité biologique et utilisation durable des ressources. À l'échelle européenne, la directive « Habitats-Faune-Flore » (DHFF) (Conseil de la CEE, 1992) vise la préservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages. Un outil européen de conservation des habitats, de la faune et de la flore a été créé suite à cette démarche, le réseau Natura 2000. Au sein du réseau, l'évaluation de l'état de conservation (EC) des espèces et des habitats d'intérêt communautaire est devenue une obligation à l'échelle du territoire métropolitain (article R.414-11 du Code de l'environnement) (Anonyme, 2008), suite à la transposition de la DHFF dans le Droit français. Enfin, la loi littoral (Anonyme, 1986) relative à l'aménagement et à la protection du littoral, vise la préservation des habitats et de l'ensemble de la biodiversité qui s'y trouvent.

Afin de répondre aux objectifs de la DHFF, PatriNat met en place des méthodes d'évaluation de l'EC de tous les habitats d'intérêt communautaire (HIC) présents sur le territoire à l'échelle des sites Natura 2000. Depuis 2008, plusieurs méthodologies ont été proposées pour évaluer les habitats forestiers (Carnino 2009 ; Maciejewski 2016a ; Maciejewski 2016b), les dunes non boisées (Goffé 2011), les habitats marins (Lepareur 2011), les habitats agropastoraux (Maciejewski 2012 ; Maciejewski *et al.* 2013 ; Maciejewski *et al.* 2015), les lagunes côtières (Richeux 2012 ; Lepareur *et al.* 2013 ; Lepareur *et al.* 2018), les habitats des eaux courantes (Viry 2013a ; Viry 2013b), les habitats tourbeux et de sources pétrifiantes (Epicoco 2014 ; Epicoco et Viry 2015 ; Clément 2017 ; Garcin 2018 ; Reich 2019 ; Clément *et al.* 2020 ; Botcazou 2020 ; Clément *et al.* 2021 ; Crouzeix 2021 ; Clément *et al.* 2022), les estuaires (Le Floc'h 2015), les habitats des eaux dormantes (Charles 2013 ; Charles et Viry 2015 ; Mistarz 2016 ;

Miedziejewski 2017 ; Latour 2018 ; Mistarz et Latour 2019) et les landes humides (Grivel 2019 ; Mistarz et Grivel 2020). L'outil d'évaluation est une aide aux opérateurs afin de définir les priorités d'intervention et les paramètres sur lesquels agir, de s'assurer de l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre et de définir le bon EC. Les résultats des diagnostics locaux de l'EC des habitats et espèces de chaque site Natura 2000 sont inclus dans le Document d'objectifs (DOCOB), qui permet de fixer les objectifs de conservation de la biodiversité et de gestion de chaque site.

L'évaluation de l'EC des habitats côtiers est un sujet d'étude récent. Il existe par ailleurs une forte disparité entre les milieux étudiés à travers l'Europe. En effet, 80 % des habitats côtiers qui font l'objet de réflexions appartiennent aux systèmes dunaires (Delbosc *et al.* 2021). Face à ce constat, le présent travail, qui résulte de recherches bibliographiques et de tests sur le terrain, vise à proposer un cadre méthodologique pour l'évaluation de l'EC de trois habitats de falaises littorales méditerranéennes :

- Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques (UE 1240) ;
- Formations basses d'euphorbes près des falaises (UE 5320) ;
- Phryganes ouest-méditerranéennes des sommets des falaises (UE 5410).

Les espèces présentes au niveau des falaises littorales méditerranéennes doivent faire face à des conditions environnementales extrêmes (sécheresse intense, embruns salés, vent violent, etc.) (Ciccarelli *et al.* 2016 ; Gaudillat *et al.* 2018 ; deCastro-Arrazola *et al.* 2021). La plupart du temps, ces habitats abritent un grand nombre d'espèces endémiques, menacées et/ou protégées (Larson *et al.* 2000 ; Lavergne *et al.* 2003) et sont caractérisés par une faible couverture végétale (Panitsa et Kontopanou 2017). Des menaces d'origine anthropique pèsent sur ces habitats côtiers dont certaines diffèrent en intensité selon l'accessibilité des sites. Certaines falaises difficiles d'accès ne sont que peu impactées par les activités anthropiques avoisinantes (urbanisation, escalade, activités golfiques, etc.), alors que les plus accessibles ont plus de risque d'être soumises à des altérations (artificialisation, introduction d'espèces exotiques envahissantes, piétinement, etc.) (Larson *et al.* 2000 ; Strumia *et al.* 2020 ; deCastro-Arrazola *et al.* 2021).

Ce document vise à exposer les concepts et définitions propres à l'évaluation de l'EC des habitats de falaises littorales méditerranéennes d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. Cette première partie a également pour but de mettre en exergue les perspectives et orientations à donner aux travaux futurs. Dans une seconde partie, sont proposés des guides méthodologiques pour l'évaluation de l'EC de chaque habitat précédemment cité (Figure 1). Ce document s'adresse aux opérateurs de site Natura 2000 et à toute personne désireuse de mener une réflexion sur cette thématique.

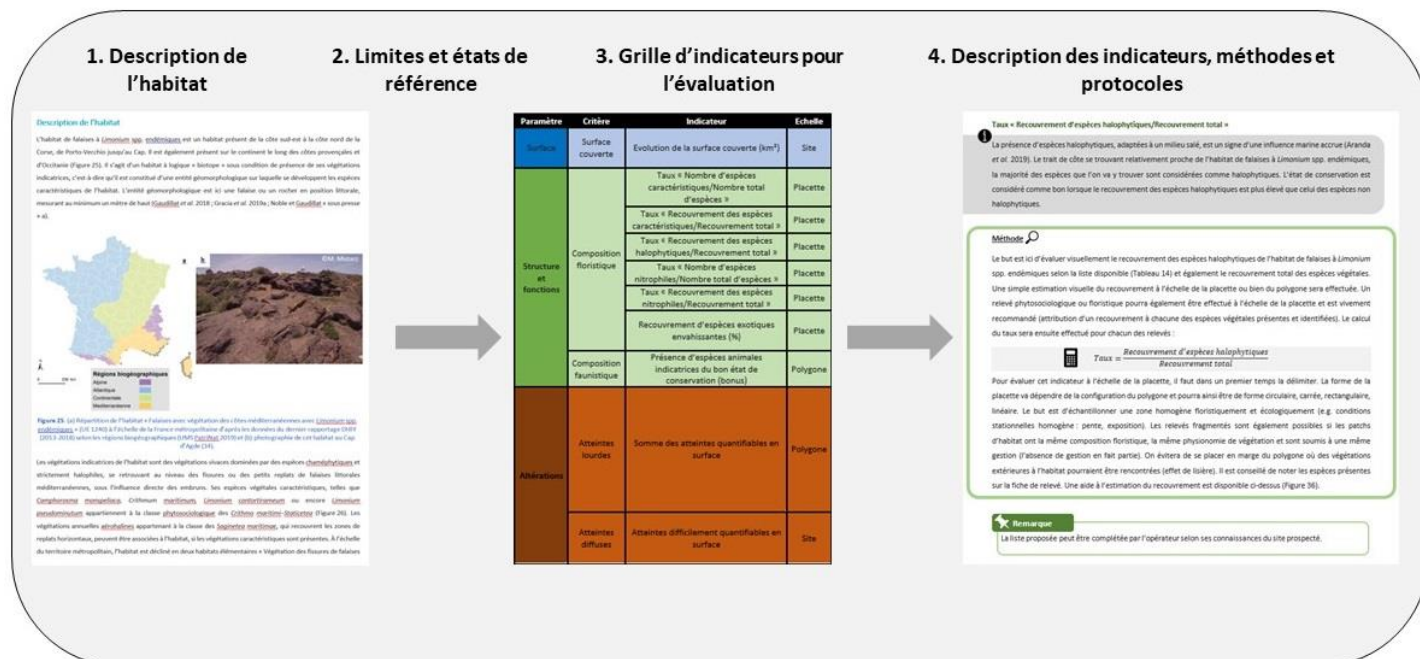


Figure 1. Architecture des guides proposés pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats de falaises littorales méditerranéennes.

1. Évaluer l'état de conservation, une obligation dans le droit européen et le droit français

1.1. Au niveau européen

À l'échelle européenne, la convention de Berne de 1979 fixe les bases de la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels (Conseil de l'Europe 1979). Suite à cette première convention, la DHFF a été adoptée le 21 mai 1992 (Conseil de la CEE 1992). Elle vise à préserver les habitats naturels, la faune et la flore sauvages et s'inscrit dans une démarche de développement durable en protégeant l'environnement tout en prenant en compte les aspects socio-économiques propres à chaque région (art. 2). Elle vient ainsi s'ajouter à la Directive « Oiseaux » (DO) de 1979 (Conseil de la CEE 1979), dont l'objectif est la conservation des oiseaux sauvages. Un outil européen de conservation des habitats, de la faune et de la flore a été créé suite à la DHFF, le réseau Natura 2000. Celui-ci vise à empêcher la perte de biodiversité, tout en considérant l'homme à part entière dans l'écosystème. En effet, la protection des aires est une politique de conservation classique s'appuyant sur le postulat qu'une aire protégée permet de conserver les habitats et les espèces menacés qui lui sont associés (Bartula *et al.* 2011). Le réseau Natura 2000 est ainsi composé de Zones de Protection spéciale (ZPS) au titre de la DO et de Zones spéciales de conservation (ZSC) au titre de la DHFF. Le réseau couvre actuellement 18,5 % de la surface du territoire de l'Union européenne (UE) et 8,9 % de la surface marine associée (MTECT 2022). Les ZSC, désignées de façon réglementaire, administrative et/ou contractuelle à partir de sites d'importance communautaire, sont des zones sur lesquelles s'appliquent des mesures de gestion conservatoires en vue du maintien ou de la restauration dans un EC favorable des habitats et

des populations d'espèces (art. 1, DHFF) listés en Annexes I, II, IV et V de la DHFF, soit 231 types d'habitats naturels, 1 563 espèces animales et 966 espèces végétales.

Les habitats naturels sont définis dans la DHFF comme étant « *des zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles* » (art. 1) (Conseil de la CEE 1992). Les habitats listés en Annexe I de la DHFF sont dits d'intérêt communautaire. Ce sont des habitats qui :

- « *sont en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle*
- *ou ont une aire de répartition naturelle réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement restreinte*
- *ou constituent des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou à plusieurs des neuf régions biogéographiques suivantes : alpine, atlantique, de la mer Noire, boréale, continentale, macaronésienne, méditerranéenne, pannonique et steppique* ».

Une région biogéographique peut être définie comme une zone géographique climatiquement et écologiquement homogène du point de vue de l'occurrence des espèces, des écosystèmes, de l'environnement et de la biodiversité (Udvardy 1975). Parmi ces HIC, se distinguent des HIC dits prioritaires (dont l'intitulé et le code sont marqués d'un astérisque à l'Annexe I de la DHFF), particulièrement en danger de disparition. Les États membres concernés par ces HIC prioritaires portent une responsabilité forte en raison de l'importance de leur aire de répartition sur leur territoire (art. 1).

Tous les six ans, les États membres doivent réaliser l'évaluation de l'EC des HIC et celle des espèces d'intérêt communautaire (EIC) (Annexes II, IV et V), à l'échelle biogéographique sous forme d'un rapport (rapportage) rendu à la Commission européenne (art. 17, DHFF). L'EC d'un habitat est défini dans la DHFF comme « *l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques* » (art. 1). L'EC d'un HIC est considéré comme « favorable » lorsque « *son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension, et la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible, et l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable* » (art. 1). Aujourd'hui, seuls 14 % des HIC sont dans un EC favorable (sur les 800 évaluations réalisées aux échelles biogéographiques et par État membre) (EEA, 2020). Enfin, les États membres doivent également assurer la surveillance des HIC présents sur leur territoire (art. 11) (Conseil de la CEE 1992).

1.2. Au niveau national

La France métropolitaine possède quatre régions biogéographiques terrestres (alpine, atlantique, continentale et méditerranéenne) et deux régions biogéographiques marines (atlantique et méditerranéenne). Elle recense 132 HIC listés en Annexe I de la DHFF (soit 57 % des HIC), et 308 EIC listées en Annexes II, IV et V (soit 12 % des EIC) (Bensettiti et Gazay 2019). En 2019, seul un HIC sur cinq et une EIC sur quatre étaient en EC favorable au niveau biogéographique. En 2022, le réseau Natura 2000 représentait 13 % de la surface terrestre du territoire métropolitain, soit sept millions d'hectares et 1 756 sites (MTECT 2022) (Figure 2). La France est l'un des pays les plus riches d'Europe au niveau de la diversité biologique.

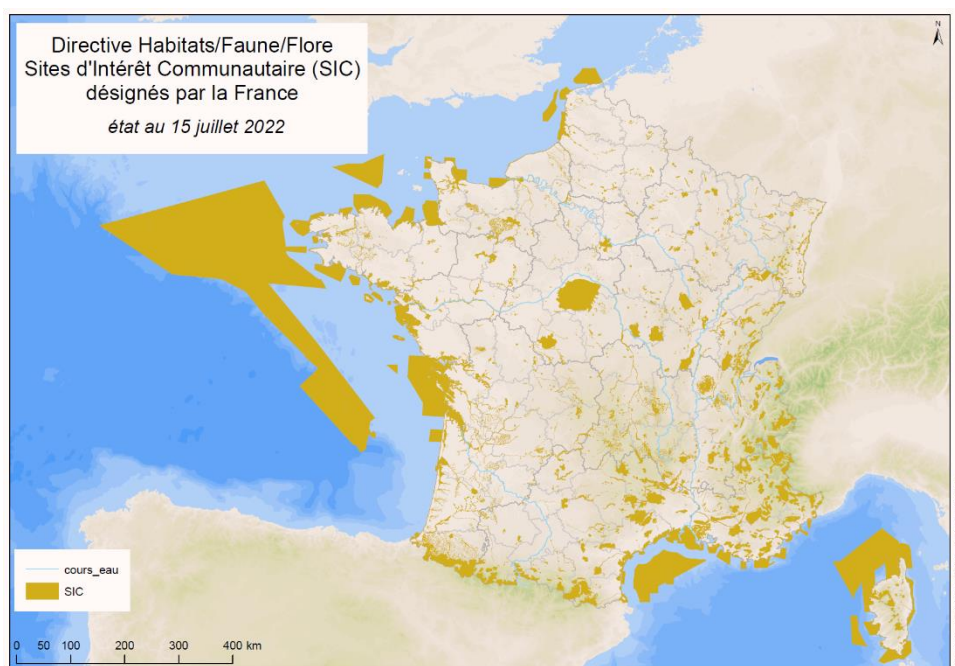


Figure 2. Cartographie des sites d'intérêt communautaire présents sur le territoire métropolitain.

C'est dans ces contextes écologique, réglementaire et historique, qu'en 2005, les premiers livres du Code de l'environnement français sont publiés. L'article R414-11 (Anonyme 2008) notifie l'évaluation de l'EC des HIC et EIC pour chaque site Natura 2000. Il constitue une transposition de la DHFF dans le Droit français (Figure 3). Les résultats de l'évaluation doivent notamment être retranscrits dans le DOCOB. En 2017, 97 % des sites étaient dotés d'un DOCOB et 83 % étaient dotés d'un animateur en charge de la coordination des actions de préservation, de gestion et de valorisation au quotidien (Peters et von Unger 2017). Chaque site Natura 2000 désigné devrait normalement être doté de ce document, qui constitue le plan de gestion du site. Toutes les décisions politiques (attributions des aides agricoles et forestières, urbanisme, aménagement du territoire, etc.) s'appliquant sur un site Natura 2000 peuvent s'appuyer sur le DOCOB, qui doit présenter, notamment :

- l'EC et les exigences écologiques des habitats et des espèces ayant justifié la désignation du site (HIC et/ou EIC)
- les objectifs de développement durable permettant d'assurer la conservation des habitats et des espèces et, si besoin, leur restauration

- les modalités de suivi des mesures projetées, ainsi que les méthodes de surveillance des habitats et des espèces en vue de l'évaluation de leur EC
- des propositions de mesures permettant d'atteindre ces objectifs (Anonyme 2008).

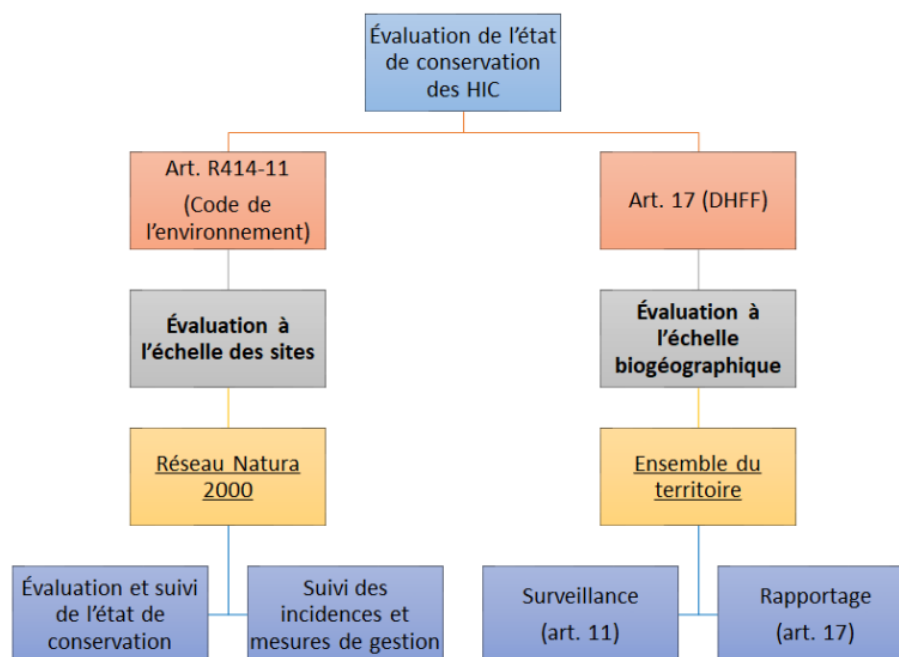


Figure 3. Démarche globale d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, aux échelles biogéographiques et des sites Natura 2000 (Clément *et al.* 2022).

Afin de répondre aux objectifs réglementaires, PatriNat œuvre à la mise en place de méthodes standardisées permettant l'évaluation de l'EC des HIC à l'échelle des sites Natura 2000, sur l'ensemble du territoire métropolitain, depuis 2008. Les données recueillies à l'échelle des sites peuvent également participer à l'évaluation à l'échelle biogéographique. En 2023, 49 % des HIC recensés sur le territoire métropolitain sont couverts par une méthode d'évaluation ou ont fait l'objet d'une première approche méthodologique (Carnino 2009 ; Goffé 2011 ; Lepareur 2011 ; Lepareur 2012 ; Maciejewski 2012 ; Richeux 2012 ; Charles 2013 ; Lepareur *et al.* 2013 ; Maciejewski *et al.* 2013 ; Viry 2013a ; Viry 2013b ; Epicoco 2014 ; Charles et Viry 2015 ; Epicoco et Viry 2015 ; Le Floc'h 2015 ; Maciejewski *et al.* 2015 ; Maciejewski 2016a ; Maciejewski 2016b ; Mistarz 2016 ; Clément 2017 ; Miedziejewski 2017 ; Garcin 2018 ; Latour 2018 ; Lepareur *et al.* 2018 ; Grivel 2019 ; Mistarz et Latour 2019 ; Reich 2019 ; Botcazou 2020 ; Clément *et al.* 2020 ; Mistarz et Grivel 2020 ; Clément *et al.* 2021 ; Crouzeix 2021 ; Bicchierai 2022 ; Clément *et al.* 2022). Le but recherché est la mise en place de méthodes facilement reproductibles et accessibles à tous les opérateurs. Elles doivent fournir des éléments écologiques pertinents afin d'alimenter les débats concernant la gestion des sites (Maciejewski *et al.* 2016). Le fait que l'évaluation de l'EC des habitats soit effectuée par différents experts implique la production d'une méthode standardisée si l'on veut diminuer le risque d'interpréter la notion d'EC de différentes manières (Bottin *et al.* 2005). Chaque type d'habitat est évalué selon un cadre méthodologique

commun mais adapté, car les indicateurs attestant de son EC diffèrent en fonction des caractéristiques structurales et fonctionnelles qui lui sont propres, mais aussi du type d'altérations qu'il subit.

2. Définition des habitats et des états de référence

2.1. Typologie et réflexions sur la notion d'habitat

L'habitat se compose essentiellement d'un compartiment stationnel (climat, physico-chimie, géologie, etc.), non dissociable d'une communauté d'organismes (faune, flore et fonge). Le travail de réflexion sur la méthodologie d'évaluation de l'EC des habitats de falaises littorales méditerranéennes d'intérêt communautaire requiert une définition précise des objets évalués. À des fins conservatoires, il est nécessaire de positionner ces habitats au sein d'une typologie, accompagnée d'une diagnose permettant de les identifier précisément sur le terrain. Utiliser/créer une typologie permet de fixer les limites des habitats étudiés, objets d'étude sur lesquels vont s'appliquer les politiques de conservation. Cette simplification nécessite de faire des choix qui ont des conséquences pour l'opérateur.

Les objets évalués sont des HIC listés en Annexe I de la DHFF (Conseil de la CEE 1992) et décrits dans l'« *Interpretation manual of European habitats* » (CE 2013). Ils sont qualifiés d'habitats génériques. En France, les habitats génériques de falaises littorales méditerranéennes ont été déclinés en habitats élémentaires dans les Cahiers d'habitats côtiers (Bensettiti *et al.* 2004). Ces habitats élémentaires traduisent la diversité écologique de l'habitat générique et donnent des informations sur les modes de gestion qui s'y appliquent. Cette démarche vise à préciser la classification liée aux variations des habitats à l'échelle du territoire métropolitain et permet ainsi une adaptation des modes de gestion conservatoires.

Rameau *et al.* (2000) font le lien entre « végétation » et « habitat » en précisant que « *la végétation par son caractère intégrateur permet de déterminer l'habitat, en lien avec les unités de végétation du système phytosociologique* ». Ainsi, la végétation permet de définir un habitat puisqu'elle est dépendante des conditions stationnelles. Cette définition permet également de reconnaître le rôle de la phytosociologie dans la caractérisation des habitats terrestres (Maciejewski *et al.* 2016 ; Maciejewski *et al.* 2020). La phytosociologie est la science des groupements végétaux, c'est-à-dire des syntaxons (Meddour 2011), qui sont des unités de classification hiérarchiques emboîtées où l'association végétale est la plus petite unité élémentaire (Figure 4). Le postulat de base de la phytosociologie repose sur le fait que l'espèce végétale, voire mieux, l'association végétale, est considérée comme le meilleur intégrateur de toutes les composantes écologiques (climat, pédologie, activités humaines, etc.). Les habitats de la DHFF correspondent à des unités syntaxonomiques. Ils sont identifiés et délimités spatialement par les communautés végétales, souvent décrites au rang de l'alliance (Angiolini *et al.* 2016).

Il est reconnu que les communautés basales peuvent être rattachées à des HIC si elles y sont phytosociologiquement rattachées. Selon Beslin *et al.* (2012), une communauté basale est « [...] une végétation dont la composition ne permet pas son rattachement à un syntaxon élémentaire (association ou sous-association) car elle n'en possède pas la combinaison caractéristique. Elle est alors rattachée à une unité supérieure du synsystème qui sera, selon la spécificité du cortège floristique au niveau de l'alliance, l'ordre voire la classe ». Ces communautés peuvent alors être considérées comme très jeunes, ou comme de mauvais EC de l'habitat car très perturbées (Choisnet *et al.* 2017). Si les informations phytosociologiques sont insuffisantes, ces communautés ne peuvent être rattachées à un HIC.

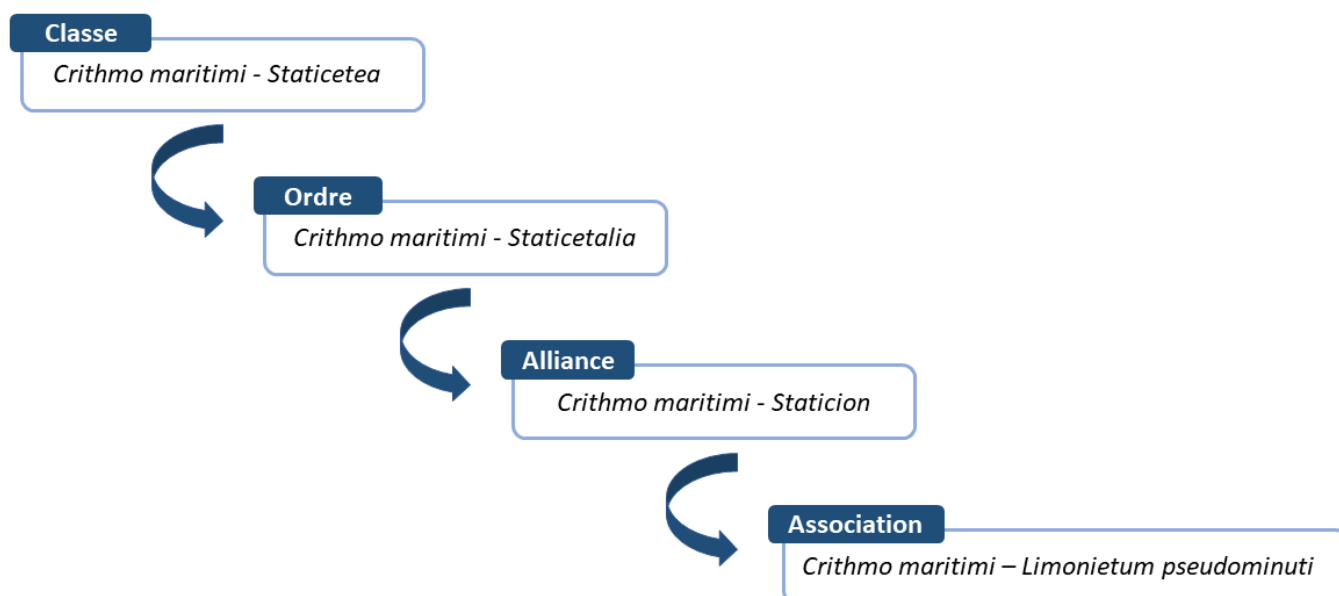


Figure 4. Hiérarchisation simplifiée des unités syntaxonomiques, de la classe à l'association, illustrée par un exemple d'association de l'habitat « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques » (UE 1240).

Bien que définie dans la DHFF, la notion d'habitat reste difficile à appréhender sur le terrain de par sa dynamique à la fois spatiale et temporelle. La définition peut aussi parfois conduire à certaines imprécisions au niveau local du fait d'une vision à la fois nord-européenne et centrale-européenne de la DHFF (Angiolini *et al.* 2016). Aussi, depuis la publication des Cahiers d'habitats côtiers (Bensettiti *et al.* 2004), des problèmes d'interprétation et de définition des habitats sur le terrain ont été soulevés aux échelles locales (exceptions non décrites, habitats possédant les caractéristiques de plusieurs habitats génériques, erreurs d'interprétation, etc.). Pourtant, une identification précise des habitats sur le terrain est un prérequis indispensable à l'application d'une méthodologie d'évaluation de l'EC adaptée. Une réactualisation de l'interprétation des HIC est en cours (Gaudillat *et al.* 2018) afin de pallier aux difficultés d'identification. Par ailleurs, plusieurs outils sont disponibles aux échelles régionales tels que les catalogues de végétations (Noble et Baret 2019). Ces derniers ont pour but d'aider à l'identification des habitats et à leur rattachement à un code dans la typologie EUR28 (CE 2013).

2.2. Choisir les états de conservation favorables d'un habitat à l'échelle du site Natura 2000

L'évaluation de l'EC d'un habitat nécessite l'évaluation de ses composantes, mais aussi des interactions entre ses composantes et l'environnement (Maciejewski *et al.* 2016). Au titre de la DHFF, l'EC d'un habitat naturel est favorable lorsque son aire de répartition et la surface couverte par l'habitat au sein de cette aire sont stables ou en extension, lorsque les structures et fonctions nécessaires à son existence sont susceptibles de se maintenir dans le temps, et lorsque ses espèces typiques sont en bon état (Conseil de la CEE 1992). Cette définition reste vague et générale, tout comme celle de l'EC (cf. 1.1). Si elle ne paraît pas directement applicable à l'échelle du site, elle est pourtant valable à l'échelle biogéographique.

On considèrera que l'EC peut se situer le long d'un gradient allant des états défavorables aux états favorables (Figure 5). En effet, différents EC défavorables peuvent être envisagés, notamment s'ils sont issus de pressions différentes. Plusieurs expressions de l'EC favorable peuvent également être considérées, notamment du point de vue de la composition spécifique, qui peut être variable à l'échelle de l'habitat générique. Il s'agit alors de définir une valeur seuil à partir de laquelle l'habitat est considéré comme étant en état favorable. Cette valeur seuil correspond aux états favorables choisis, c'est-à-dire à une des cibles opérationnelles pour le gestionnaire. Ce seuil est un objectif à atteindre à court terme avec les moyens dont il dispose à l'échelle locale. Il semble opportun ici de préciser qu'EC favorable ne signifie pas systématiquement richesse spécifique élevée. C'est particulièrement le cas pour les habitats paucispécifiques (falaises à *Limonium* spp., sources pétifiantes, landes humides, etc.), où une augmentation de la richesse spécifique est souvent liée à l'apparition d'une perturbation. À titre d'exemple, cette perturbation peut correspondre à une eutrophisation du milieu favorisant l'apparition d'espèces moins exigeantes et plus compétitives, à un assèchement provoquant l'apparition d'espèces prairiales capables de croître sur des sols moins engorgés, ou encore à l'apparition d'espèces exotiques envahissantes (EEE).

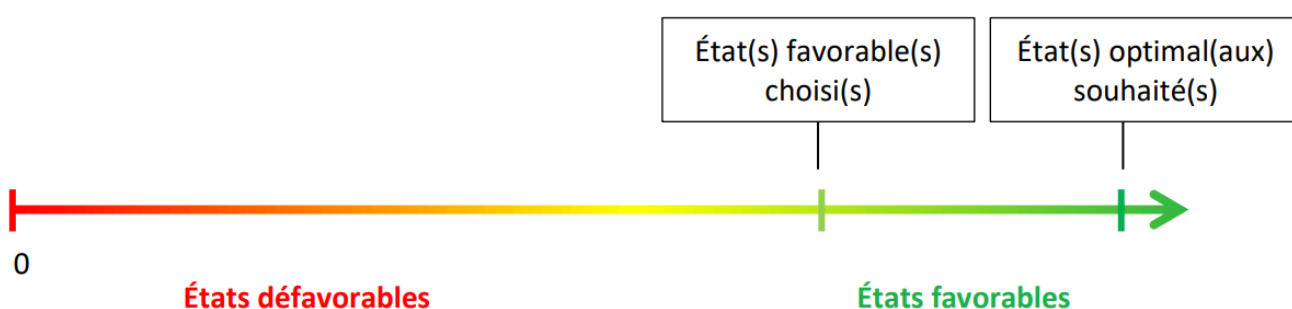


Figure 5. Gradient d'état de conservation utilisé dans les méthodes d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle des sites Natura 2000 proposées par PatriNat (Maciejewski *et al.* 2016).

La méthode consiste à comparer l'habitat, soit l'entité observée, à un état optimal souhaité pour ce type d'habitat. À l'instar des états favorables, il peut exister plusieurs états optimaux pour un habitat donné, en fonction des différentes configurations de l'habitat rencontrées sur l'ensemble du territoire métropolitain (domaines

biogéographiques, types biologiques différents selon les cortèges floristiques, altitude, etc.). Ce sont des états où l'habitat est non perturbé. Ils correspondent aux objectifs à atteindre sur le long terme par le gestionnaire.

2.3. ... et les états de référence

Atteindre l'EC favorable implique de mettre en place des valeurs seuils basées sur des faits scientifiques, notamment écologiques (Louette *et al.* 2015). Des données historiques, la littérature scientifique, la modélisation et l'expérience de terrain peuvent aider à choisir les états favorables et/ou à statuer sur les différents états, que l'on appellera « états de référence », pour chaque habitat. Une part importante de la définition des différents états est principalement due aux avis d'expert et données récoltées sur le terrain, qui permettent de construire des états de référence sur la base de la connaissance d'un large panel d'habitats rencontrés, en EC jugés « bon-optimal », « bon-correct », « altéré » ou « dégradé ». C'est la démarche utilisée ici afin d'établir des listes de descripteurs visant à aider les gestionnaires à construire les différents états de référence des habitats à l'échelle de leur site Natura 2000 (Tableau 1).

Tableau 1. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques » (UE 1240) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<i>Saginetea maritima</i> : Végétations annuelles halophiles à subhalophiles du littoral <i>Cisto ladaniferi-Lavanduletea stoechadis</i> : Landes méditerranéennes sur substrat acide <i>Rosmarinetea officinalis</i> (UE 5210, UE 5320, UE 5410) : Garrigues et formations chaméphytiques méditerranéennes à méditerranéo-atlantiques Habitats dunaires méditerranéens (UE 22XX) et des plages de galets Habitats marins méditerranéens (UE 11XX)	Les taux « nombre d'espèces caractéristiques/ nombre total d'espèces » et « recouvrement d'espèces caractéristiques/ recouvrement total » sont, respectivement, inférieurs à 0,6 et à 0,7 Le taux « recouvrement d'espèces halophytiques/ recouvrement total » est inférieur à 0,7 Les taux « nombre d'espèces nitrophiles/ nombre total d'espèces » et « recouvrement d'espèces nitrophiles/ recouvrement total » sont supérieurs à 0,1 Le recouvrement d'EEE est supérieur à 10 % Des atteintes sont observables	Les taux « nombre d'espèces caractéristiques/ nombre total d'espèces » et « recouvrement d'espèces caractéristiques/ recouvrement total » peuvent être respectivement, inférieurs à 0,6 et à 0,7 Le taux « recouvrement d'espèces halophytiques/ recouvrement total » peut être inférieur à 0,7 Les taux « nombre d'espèces nitrophiles/ nombre total d'espèces » et « recouvrement d'espèces nitrophiles/ recouvrement total » peuvent être supérieurs à 0,1 Le recouvrement d'EEE est compris entre 1 et 10 % Des atteintes sont observables	Le cortège floristique est dominé par les espèces caractéristiques de l'habitat et par des espèces halophytiques Aucune espèce nitrophile n'est présente Aucune EEE n'est présente Aucune atteinte n'est observable	L'habitat est stable ou en progression Le cortège floristique est dominé par les espèces caractéristiques de l'habitat et par des espèces halophytiques Aucune espèce nitrophile n'est présente Aucune EEE n'est présente Aucune atteinte n'est observable

La notion « bon-optimal » définit les habitats qui maintiennent leurs fonctionnalités et leur équilibre dans le temps (habitats généralement stables). La notion « bon-correct » correspond aux habitats qui fonctionnent et se maintiennent dans le temps malgré une légère altération, c'est-à-dire une altération dont l'intensité est jugée suffisamment faible pour ne pas avoir à intervenir dans l'immédiat. Un état « altéré » est associé aux milieux qui subissent une détérioration ayant de lourdes répercussions sur leurs fonctionnalités, mais qui, par des mesures de gestion adaptées, peuvent être restaurés à un état « bon-correct ». Enfin, l'état « dégradé » est attribué aux habitats profondément détériorés qui, même par des mesures de gestion, ne pourraient pas se rétablir à l'un des niveaux supérieurs, ou bien, si les mesures de restauration/gestion envisageables ne semblent pas réalistes à mettre en œuvre pour atteindre ces niveaux (coûts trop élevés). Il est important de noter que les états de référence sont à fixer par l'opérateur le long du gradient d'EC à l'échelle de son site Natura 2000.

3. Principe méthodologique de l'évaluation à l'échelle du site Natura 2000

3.1. D'une évaluation à l'échelle du polygone...

Il existe un lien entre l'évaluation de l'EC à l'échelle biogéographique et son évaluation à l'échelle du site. En effet, les méthodes nationales peuvent apporter des éléments de réflexion dans la mise en relation des programmes de surveillance (art. 11) et des évaluations à plus large échelle en lien avec le rapportage (art. 17) (Conseil de la CEE 1992). C'est pourquoi les grandes lignes de la démarche européenne pour l'évaluation de l'EC imposée par l'article 17 de la DHFF sont ici conservées. Dans le cadre du rapportage, la méthode communautaire prend en compte quatre paramètres pour l'évaluation de l'EC des habitats à l'échelle biogéographique. Il s'agit de l'aire de répartition naturelle de l'habitat, la surface couverte par l'habitat, sa structure et ses fonctions, ainsi que les perspectives futures (Evans et Arvela 2011 ; CE 2017).

L'évaluation à l'échelle du site impose de manière intrinsèque une adaptation des paramètres précédents, tout en répondant en partie au cadre de la démarche européenne. Ainsi, sont proposés trois paramètres pour l'évaluation de l'EC à l'échelle du site que sont la surface, les structures et fonctions, et les altérations (Figure 6). Ces paramètres sont repris dans l'ensemble des méthodes précédemment mises en place par PatriNat. Un paramètre peut être défini comme un ensemble de critères permettant d'évaluer une même composante de l'EC. Ces critères constituent l'ensemble des processus et éléments clés qui vont influencer l'EC d'un habitat (composition floristique, dynamique hydromorphologique, atteintes lourdes, etc.). Parmi les paramètres évalués à l'échelle du site, la surface est une composante spatiale, en deux dimensions. Les structures et fonctions correspondent aux structures et composition traduisant l'ensemble des processus intrinsèques nécessaires au maintien de l'habitat. Les altérations traduisent l'impact des facteurs externes, souvent d'origine anthropique.

Dans un souci de cohérence et d'harmonisation des méthodologies, il est envisagé de conserver l'approche de notation graduelle et dégressive appliquée à l'évaluation de l'EC des habitats forestiers (Carnino 2009). Celle-ci permet de mettre en avant les critères jugés bons ou mauvais, et de les hiérarchiser. Les critères sont évalués grâce à des indicateurs. Un indicateur peut être considéré comme un élément observable prenant soit une valeur qualitative, soit une valeur quantitative (recouvrement d'espèces eutrophiles, présence de piétinement dû à la fréquentation, etc.). Les indicateurs pris en compte dans l'évaluation de l'EC d'un habitat seront jugés « favorables » ou « défavorables », et hiérarchisés en fonction de l'importance de leur rôle dans la modification de l'EC de l'habitat (Maciejewski *et al.* 2016). L'ensemble des indicateurs permet ainsi d'indiquer le « bon » ou le « mauvais » état de l'habitat en question. Cette évaluation permet aux gestionnaires de prioriser les actions de restauration et/ou de gestion grâce à l'identification d'indicateurs importants pour la bonne caractérisation du fonctionnement de l'habitat. Les relevés d'indicateurs peuvent être effectués à plusieurs échelles (écocomplexe, polygone, placette, site, tronçon, etc.) (Figure 7).

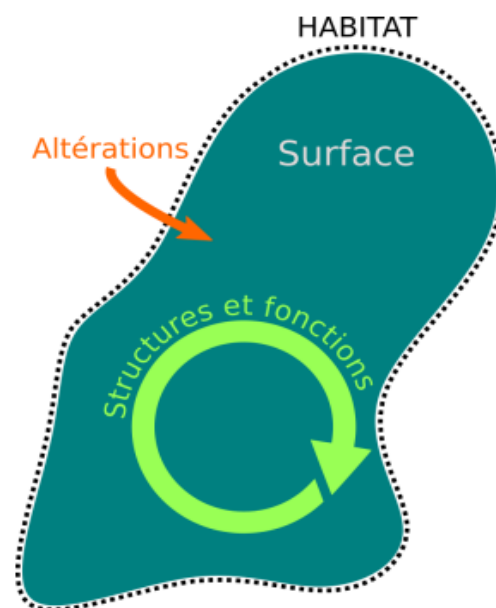


Figure 6. Schéma des trois paramètres pris en compte dans l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site Natura 2000 (Clément *et al.* 2022).

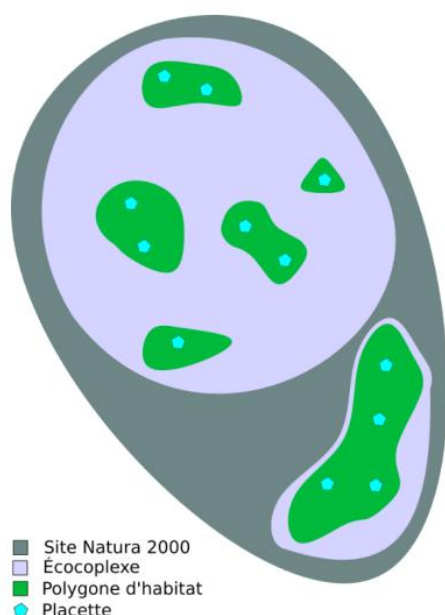


Figure 7. Différentes échelles de relevé des indicateurs issus de la méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (PatriNat) (Clément *et al.* 2022).

On entend par écocomplexe, un ensemble d'écosystèmes interdépendants (Blandin et Lamotte 1985). Cette notion constitue parfois l'échelle d'évaluation préférentielle de certains indicateurs, notamment celle de certains indicateurs de composition faunistique basés sur les espèces mobiles, traduisant ainsi les interactions de l'habitat avec son environnement. Le polygone d'habitat, quant à lui, est une entité relativement homogène sur le plan floristique, rattachée à l'habitat. Il est délimité par un changement dans la topographie, ou bien par l'existence de communautés végétales adjacentes, différentes de l'habitat, situées sur le même niveau topographique. L'ensemble du polygone est soumis à une même gestion (ou à l'absence de gestion). Le polygone cartographique peut être considéré comme un polygone sur lequel s'appliquera l'évaluation. La placette, enfin, est une entité représentative du polygone d'habitat, lorsqu'elle regroupe l'ensemble des caractéristiques majeures observables à l'échelle du polygone (composition, conditions stationnelles, etc.).

Les valeurs des indicateurs obtenues lors de la phase de terrain sont comparées aux valeurs seuils définies suite aux recherches bibliographiques, aux dires d'experts ou aux analyses statistiques menées suite au test des indicateurs sur le terrain (Figure 8). Chaque indicateur obtient une note, nulle ou négative. La somme des notes attribuées est additionnée à la note de 100. Ainsi, moins l'habitat est dégradé, plus la note sera élevée. La note finale du polygone est alors placée le long du gradient d'EC.

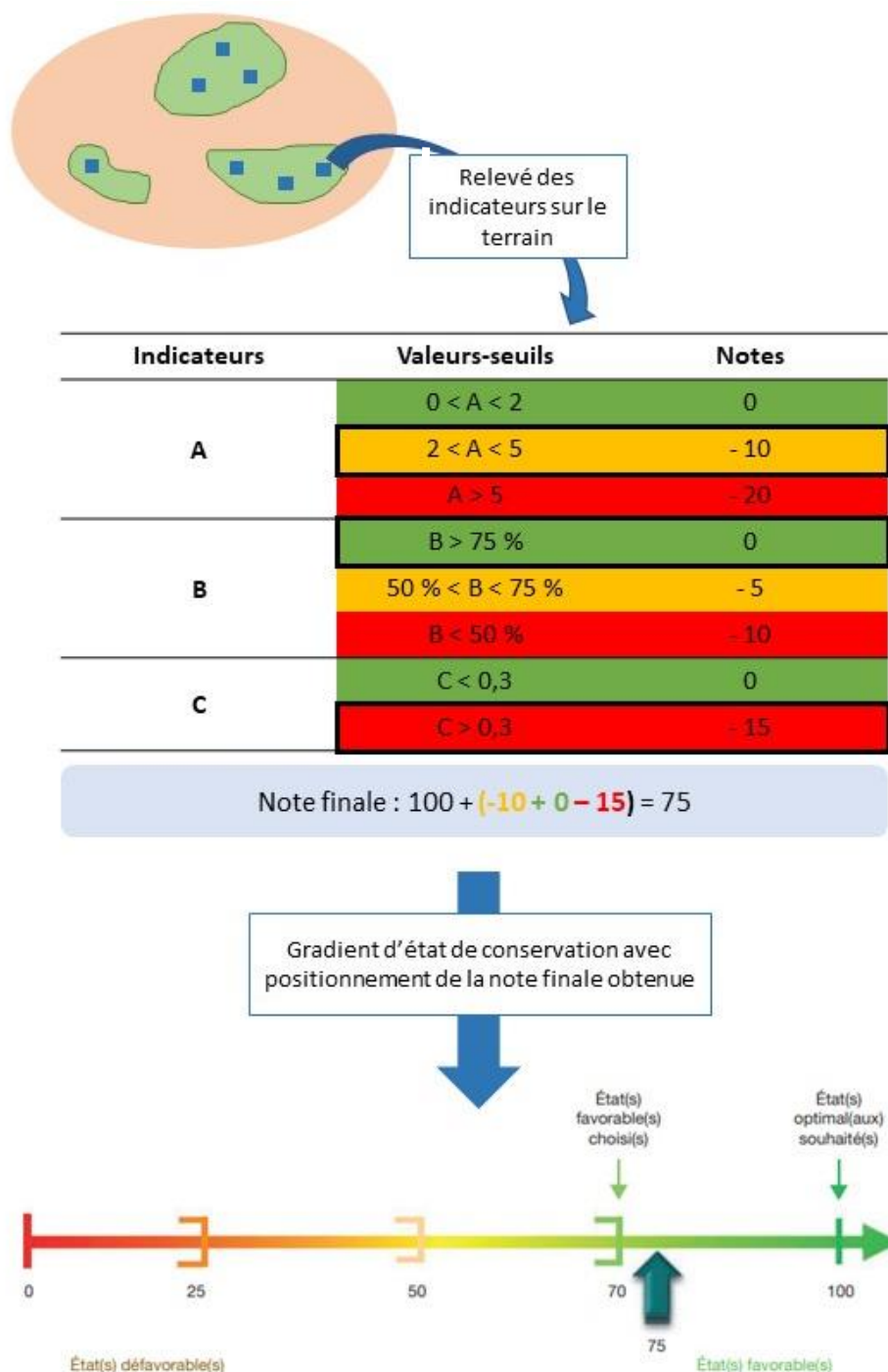


Figure 8. Exemple de calcul et de positionnement de la note sur le gradient d'état de conservation à partir de données récoltées sur une placette (d'après Latour 2018).

Des notes positives peuvent être attribuées à certains indicateurs sous forme de bonus. On considère alors que l'indicateur, lorsqu'il est favorable, augmente la note d'EC de l'habitat. En revanche, l'indicateur, s'il est défavorable, n'est pas pénalisant pour l'état de l'habitat (aucun point n'est retiré). Cela peut, par exemple, correspondre à des indicateurs liés à la présence d'espèces faunistiques. L'idée est de considérer que l'absence des espèces faunistiques ciblées par la méthode n'indique pas systématiquement un mauvais état de l'habitat. Puisque ce sont des espèces mobiles, elles peuvent être présentes sans être observées. En revanche, la présence d'espèces faunistiques inféodées à l'habitat indique que l'habitat assure ses fonctions de support pour la faune (reproduction, alimentation, etc.).

À noter que le seuil de 70 (passage des états altérés aux états favorables choisis) est un seuil ici fictif. Ce dernier doit être recontextualisé par l'opérateur à l'échelle de son site Natura 2000. Outre la définition des états de référence à partir des descripteurs proposés (cf. 2.3), l'opérateur peut choisir arbitrairement de conserver les seuils de 70/100 pour les états favorables et 25/100 pour les états altérés. Une autre solution consiste à fixer ces seuils à partir de l'analyse de l'ensemble des notes obtenues à l'échelle du site Natura 2000, sur la base de la détermination des quartiles. Un cas pratique fictif est présenté ci-dessous.

Supposons qu'un opérateur de site ait appliqué la grille d'évaluation sur 10 placettes. Il obtient ainsi 10 notes : 45, 55, 70, 90, 80, 30, 20, 40, 80 et 90. La première étape consiste à trier les notes obtenues par ordre croissant. On obtient ainsi la série de notes : 20, 30, 40, 45, 55, 70, 80, 80, 90, 90. En statistique, un quartile est une valeur du jeu de données correspondant à un quart du nombre de données récoltées. Le premier quartile correspond à la valeur du jeu de données qui contient au moins 25 % des notes les plus basses, soit les trois premiers relevés ici. Il correspond donc à la note du troisième relevé, c'est-à-dire 40. Ce seuil de 40 peut représenter le seuil du passage des états dégradés aux états altérés. Le deuxième quartile, appelé médiane, correspond à la valeur du jeu de données qui contient au moins 50 % des notes les plus basses, soit les cinq premiers relevés. La médiane correspond donc ici à 55, qui peut représenter le seuil du passage des états altérés aux états favorables choisis. Enfin, le troisième quartile correspond à la valeur du jeu de données qui contient au moins 75 % des notes les plus basses, soit les huit premiers relevés. Il correspond donc ici à 80, qui peut représenter le seuil du passage des états favorables choisis aux états optimaux souhaités (Tableau 2). Cette méthode n'est bien entendu valable que si les notes sont plus ou moins équitablement réparties le long du gradient d'EC et si le nombre de polygones d'habitat à l'échelle du site est suffisant, l'idée étant de fixer des seuils relativement peu éloignés des seuils fictifs proposés.

Tableau 2. Attribution statistique des états de conservation du gradient aux notes relevées sur le terrain à partir d'un jeu de données de 10 placettes fictives.

Notes obtenues par placette	20	30	40	45	55	70	80	80	90	90
Quartiles (Q)			Q1		Médiane (Q2)			Q3		
État de conservation	Dégradé		Altéré		Favorable			Optimal		

3.2. ... à une évaluation à l'échelle du site Natura 2000

Une fois les polygones d'habitat évalués, on dispose d'un certain nombre d'évaluations stationnelles sur l'ensemble du site Natura 2000 (réalisées à l'échelle du polygone et/ou de la placette représentative du polygone). En ajoutant les indicateurs à évaluer à l'échelle du site aux « n » évaluations effectuées au niveau des polygones, on obtient une évaluation globale à l'échelle du site (Figure 9).

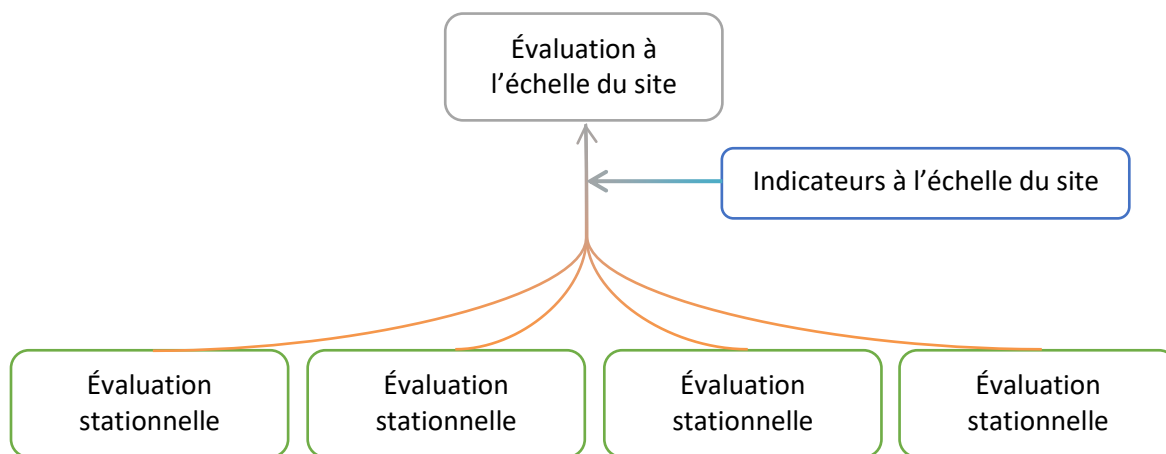


Figure 9. Les évaluations stationnelles (placette ou polygone) et les indicateurs relevés à l'échelle du site permettent l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site (Clément *et al.* 2022).

Il existe plusieurs méthodes pour passer de « n » évaluations stationnelles à une évaluation à l'échelle du site. Six d'entre elles sont présentées ci-dessous. Chacune possède des avantages et des inconvénients. Le choix de la méthode d'évaluation est laissé au gestionnaire selon ses préférences et ses besoins. L'utilisation d'une même méthode à chaque évaluation permet, cependant, d'effectuer une comparaison de l'EC de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000.

3.2.1. Proportions des placettes en différents états de conservation

Cette méthode, proposée par Lepareur *et al.* (2013), vise à calculer la proportion de placettes dont l'EC est favorable ou défavorable. Chaque placette ou polygone obtient une note d'EC. Ces notes sont réparties sur le gradient (Figure 10). Afin de transposer ces données à l'échelle du site, il suffit d'additionner la note obtenue en fonction de l'état général des placettes (pourcentage de placettes en état favorable/défavorable) aux notes des indicateurs relevés à l'échelle du site (surface couverte et atteintes diffuses). Cette somme est ajoutée à la note de 100. La note obtenue correspond alors à l'EC de l'habitat évalué à l'échelle du site Natura 2000 (Figure 11).

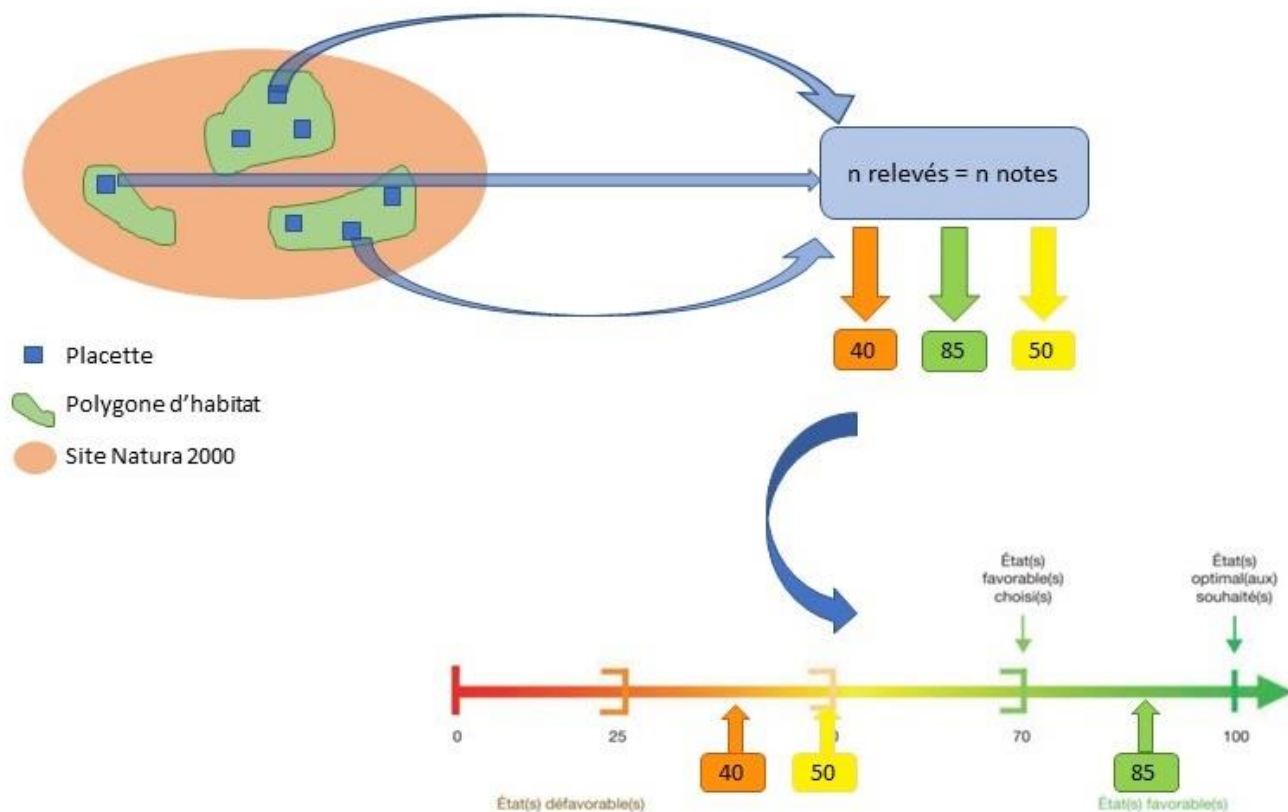


Figure 10. Les notes des placettes sont réparties le long du gradient d'état de conservation.

3.2.2. Moyenne des notes de l'ensemble des placettes

Cette méthode consiste à calculer la moyenne arithmétique de l'ensemble des notes obtenues sur chaque placette échantillonnée,

$$\frac{\sum \text{notes par placettes}}{n} = \text{moyenne des notes sur les } n \text{ placettes}$$

puis, d'y ajouter les notes relatives aux indicateurs relevés à l'échelle du site. La note globale est alors positionnée le long du gradient d'EC. Cette méthode permet d'observer l'évolution dans le temps de l'EC global de l'habitat à l'échelle du site (Maciejewski *et al.* 2015). En revanche, elle ne permet pas de mettre en évidence les disparités au sein du site.

Si les deux méthodes présentées ci-dessus permettent d'obtenir une évaluation de l'EC global à l'échelle du site Natura 2000, d'autres types de rendus peuvent être envisagés.

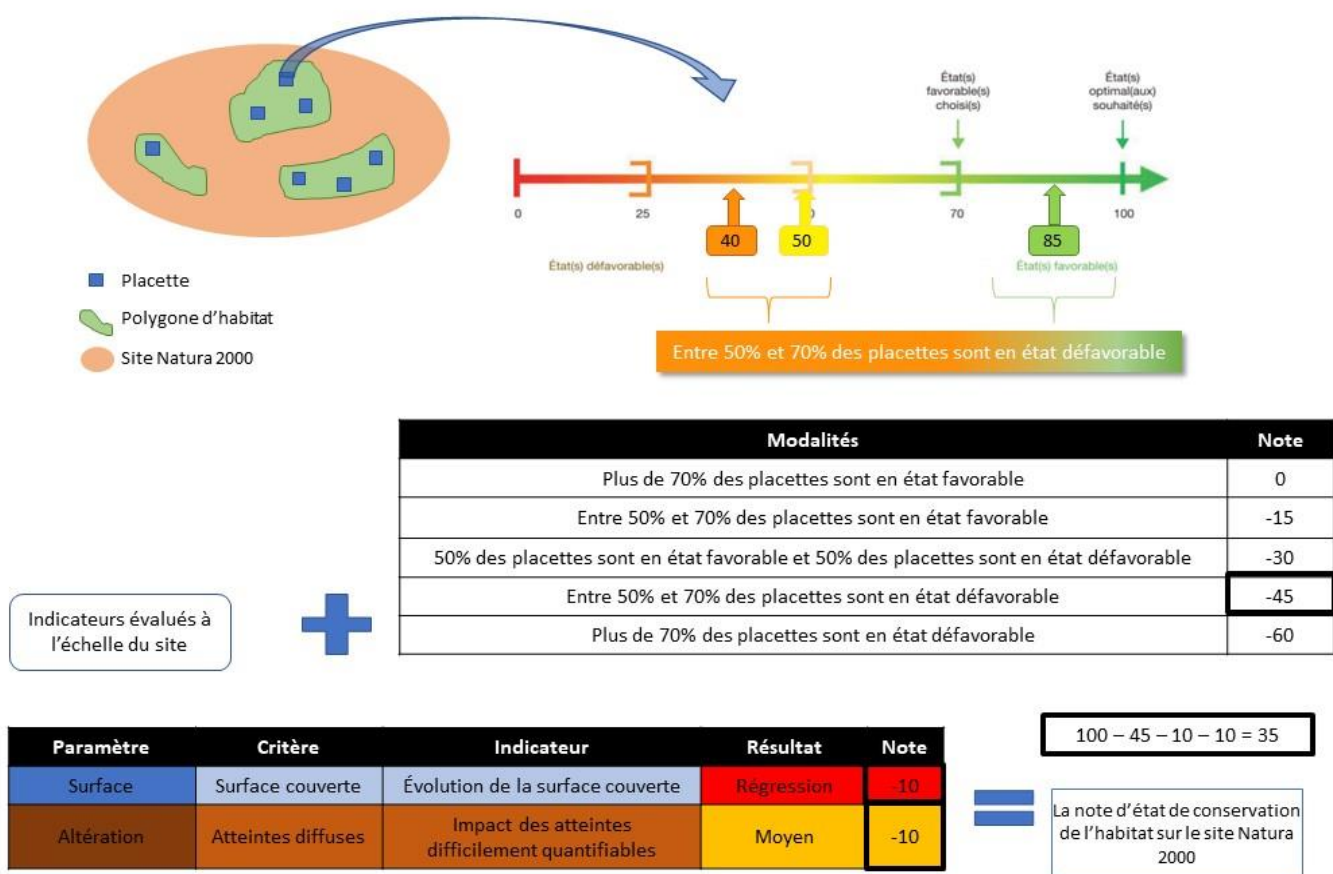


Figure 11. Les notes des indicateurs relevés à l'échelle du site sont ajoutées à la note correspondant à l'état général des placettes.

3.2.3. Distribution des placettes sur le gradient d'état de conservation

Cette méthode vise à répartir les placettes sur le gradient d'EC (Figure 12). Elle permet de visualiser l'hétérogénéité des EC des placettes à l'échelle du site, mais ne permet pas de comparaisons interannuelles fines (Maciejewski *et al.* 2015).

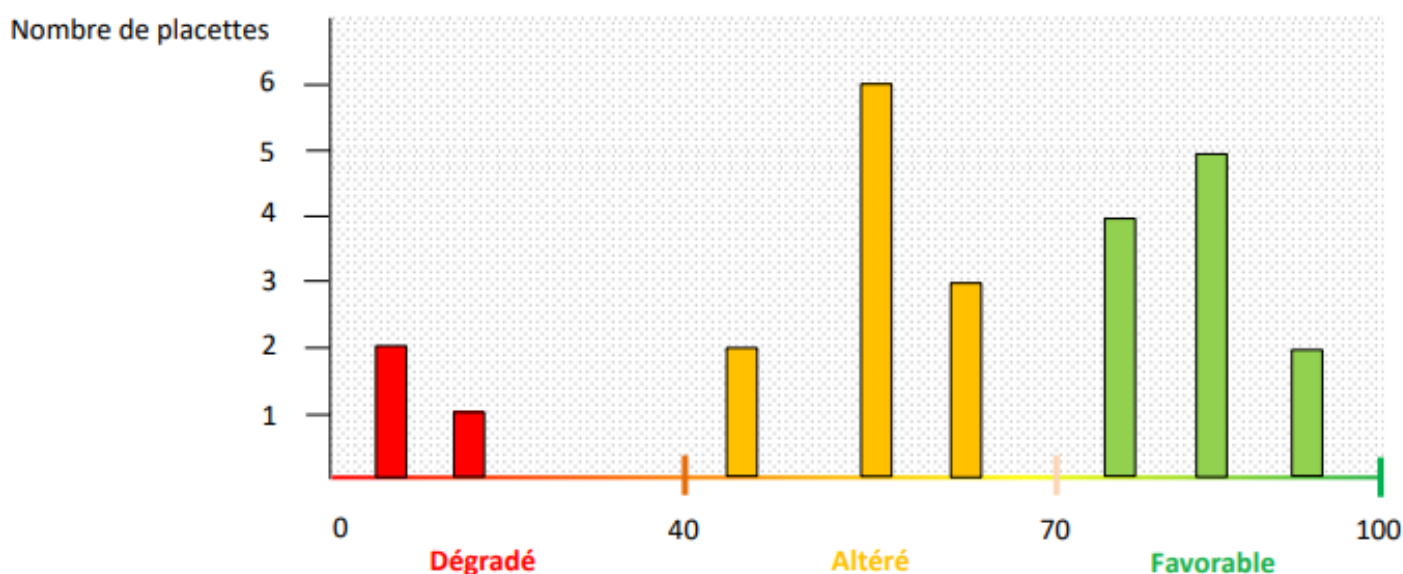


Figure 12. Répartition des placettes le long du gradient d'état de conservation (Clément *et al.* 2022).

3.2.4. Diagramme en étoile

Cette méthode consiste à créer un diagramme en étoile (aussi appelé radar), via un logiciel tableur, pour chaque polygone d'habitat échantillonné. Cette représentation graphique permet de visualiser l'état des différents indicateurs à l'échelle de la placette (1, « favorable » ; 2, « altéré » ; 3, « dégradé ») et ainsi de dégager le ou les points sur lesquels agir par polygone (Figure 13). L'inconvénient de ce type de rendu est qu'il ne prend pas en compte le poids des indicateurs les uns par rapport aux autres.

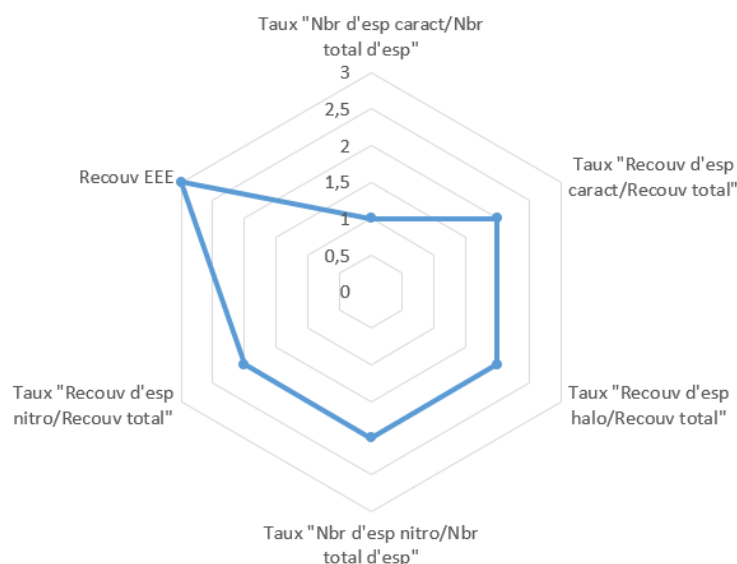


Figure 13. Exemple de diagramme en étoile pour une placette de falaise littorale méditerranéenne (UE 1240).

3.2.5. Répartition des placettes par indicateur

Cette méthode permet de visualiser le nombre de placettes par résultat attendu de chaque indicateur (Figure 14). L'avantage de la méthode est de pouvoir cibler les indicateurs les plus alarmants à l'échelle du site. L'inconvénient est que l'on ne peut distinguer chaque placette.

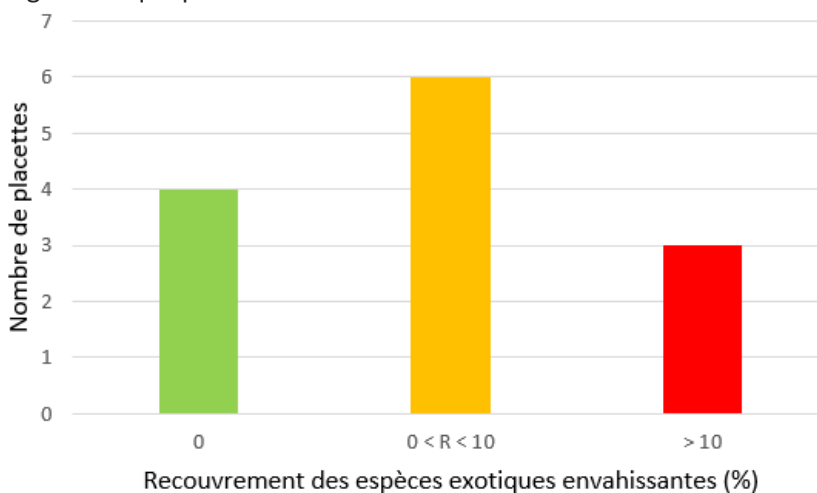


Figure 14. Nombre de placettes échantillonnées au sein d'un site Natura 2000 selon les résultats de l'indicateur « Recouvrement des espèces exotiques envahissantes » pour un habitat de falaise littorale méditerranéenne (UE 1240).

3.2.6. Cartographie des placettes

Cette dernière méthode consiste à attribuer un code couleur à chaque polygone cartographique selon son EC « dégradé », « altéré » ou « favorable » (Figure 15). Elle permet de localiser précisément les polygones sur lesquels une action est requise, mais ne permet pas de définir le type d'intervention nécessaire.



Figure 15. Exemple de cartographie des états de conservation des placettes de phryganes sur un secteur du site « Calanques et îles marseillaises – Cap Canaille et Massif du Grand Caunet » (FR9301602).

3.3. Trouver le bon compromis entre coûts et efficacité

L'EC est la résultante de la gestion, mais aussi de l'historique, de la dynamique de l'habitat à l'échelle du site et des impacts à plus large échelle. Évaluer l'EC d'un habitat est la première étape à réaliser en vue d'actions de gestion ou de restauration visant au maintien ou au rétablissement de l'habitat dans un EC favorable (Figure 16). L'évaluation doit être facile à réaliser, peu coûteuse et amener à la prise de mesures opérationnelles rapides et peu coûteuses.

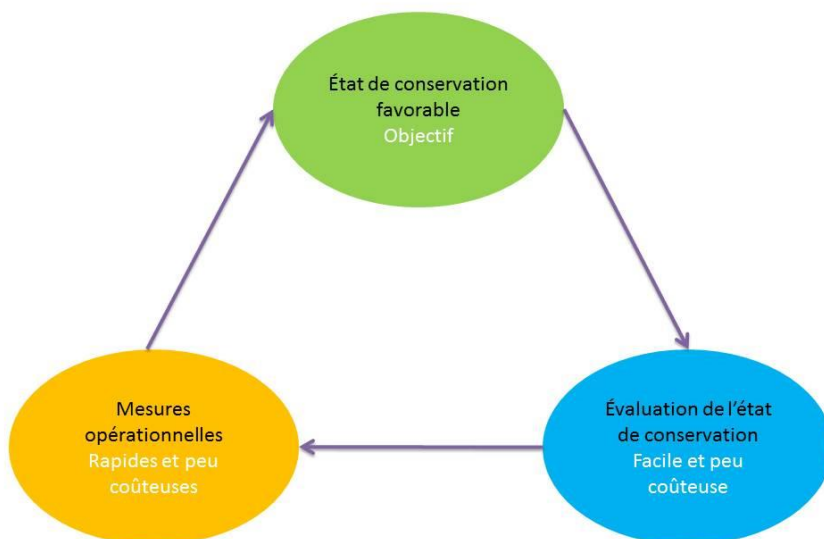


Figure 16. Processus cyclique mettant en avant la démarche scientifique (en noir) et les ambitions opérationnelles (en blanc) dans la mise en œuvre de la Directive Habitats-Faune-Flore (Clément *et al.* 2022).

De manière générale, l'évaluation vise à améliorer les plans de gestion des aires protégées (Bartula *et al.* 2011). Elle permet d'adapter les efforts à fournir. Les discussions entre gestionnaires, opérateurs, experts et chercheurs doivent contribuer à la mise en place de méthodes répondant aux attentes des opérateurs de site, telles que des méthodes peu coûteuses en temps et compétences. Puisque le contrôle de toutes les variables écologiques pouvant influencer l'EC de l'habitat dans toutes ses configurations est impossible pour des raisons financières, des choix doivent être faits (Louette *et al.* 2015). Au lieu d'effectuer des analyses coûteuses des caractéristiques environnementales, des alternatives telles que l'évaluation d'espèces indicatrices et des proxy biologiques peuvent apporter des informations similaires. L'évaluation de l'EC de l'habitat, telle que présentée ici, est une évaluation à un instant t. Les méthodes proposées se veulent à l'interface entre avis d'expert et suivi, entre évaluations qualitative et quantitative.

Préalablement à l'évaluation, il est nécessaire de se poser plusieurs questions qui permettront d'adapter l'échantillonnage en fonctions des moyens alloués :

- Existe-t-il une cartographie des habitats sur le site Natura 2000 ? Si oui, est-elle ancienne ou récente ? Quelle typologie est utilisée ? L'idéal étant ici de disposer d'une cartographie relativement récente des HIC à l'échelle du site Natura 2000 en typologie EUR28 (CE 2013)
- Existe-t-il des données fiables, disponibles et valorisables ? Ces dernières pourront intégrer l'évaluation. Par exemple, des relevés phytosociologiques effectués dans le cadre d'une cartographie des habitats récente pourront permettre de calculer un certain nombre d'indicateurs
- De quels moyens dispose-t-on pour effectuer l'évaluation (matériel, temps, compétences) ?

À partir de ces questionnements, on pourra réfléchir à la stratégie d'échantillonnage à adopter à l'échelle du site Natura 2000. Selon les habitats, leur configuration à l'échelle des sites et les coûts alloués à l'évaluation, différentes stratégies d'échantillonnage peuvent être réalisées (Figure 17). De manière générale, la mise en place d'une stratégie pertinente implique d'effectuer un compromis entre qualité de l'évaluation et ressources disponibles. Cela suppose que l'évaluation de l'EC des polygones échantillonnés témoigne de la situation globale à l'échelle du site. Les indicateurs qui en découlent sont alors des miroirs de la situation et des variations de l'habitat. L'échantillonnage ne pouvant pas toujours être réalisé sur l'ensemble de la surface couverte par l'habitat, il s'agit de trouver le bon compromis entre les coûts alloués à l'évaluation de l'EC (humain et matériel) et la précision de l'évaluation. Lorsque le nombre de polygones d'habitat sur le site est restreint, il est possible d'appliquer la méthode sur chacun d'eux en sélectionnant une placette par polygone (échantillonnage en plein). Les relevés fragmentés sont également possibles (équivalents à une placette) si l'on estime que deux patches d'habitat peuvent être rattachés au même polygone (même physionomie, même composition floristique et même gestion). Lorsque le nombre de polygones d'habitats est important, il est possible de sélectionner aléatoirement les polygones à échantillonner. Il sera néanmoins demandé de veiller à la représentativité de l'échantillon à l'échelle du site. De

manière générale, plus il y aura de placettes échantillonnées, plus l'échantillonnage sera représentatif de l'EC de l'habitat sur le site Natura 2000, meilleure sera la qualité de la représentation de l'EC global de l'habitat.

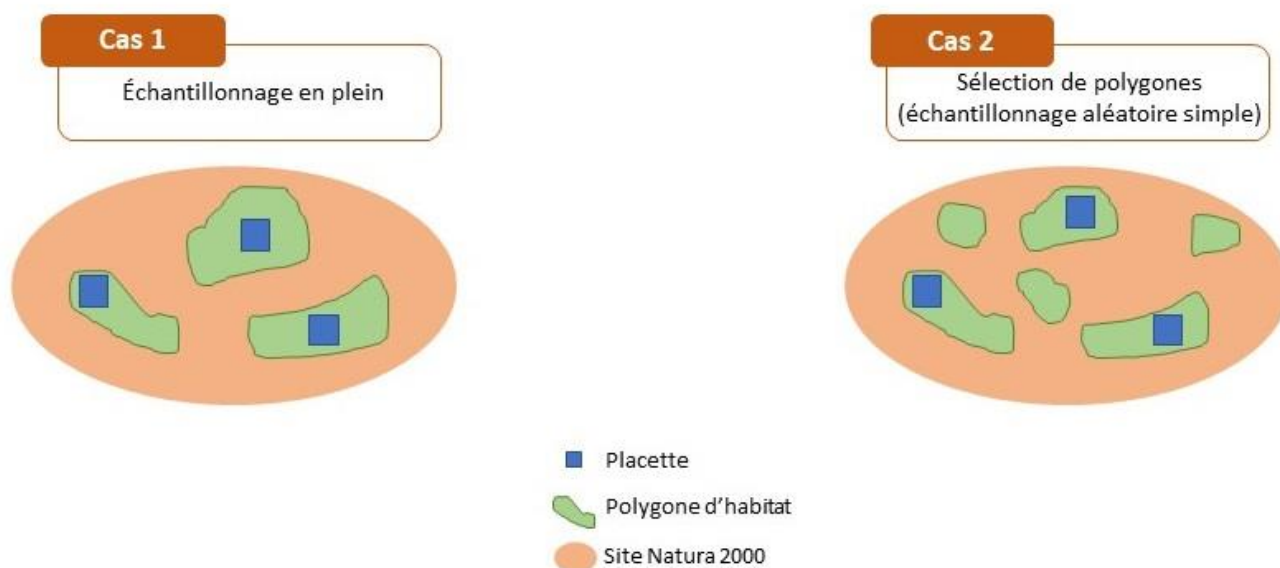


Figure 17. Stratégies d'échantillonnage possibles pour évaluer l'état de conservation des habitats de falaises littorales méditerranéennes à l'échelle du site Natura 2000.

4. Processus d'élaboration des grilles d'évaluation, concept et application aux habitats de falaises littorales méditerranéennes

La méthode est standardisée au niveau de l'habitat générique basé sur le manuel d'interprétation EUR28 (CE 2013) sur tout le territoire métropolitain. Elle doit s'appuyer sur un certain nombre d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Un indicateur doit être simple à mesurer et relié au maintien des processus essentiels de l'habitat (Woodley et Kay 1993). Dans le contexte de l'étude, il doit répondre rapidement à un facteur de dégradation. La récolte des données doit être peu coûteuse en temps et demander peu de compétences. Tous ces facteurs sont primordiaux si l'on veut mettre en place une méthode applicable sur le terrain et facilement reproductible. Les étapes d'élaboration d'une grille d'indicateurs pour évaluer l'EC des habitats sont résumées ci-dessous (Figure 18).

4.1. Phase préparatoire

4.1.1. Choix des critères et des indicateurs

Dans un premier temps, une recherche bibliographique approfondie a permis de sélectionner une large liste d'indicateurs potentiels pour évaluer l'EC des habitats de falaises littorales méditerranéennes. Les objectifs étaient, d'une part, d'établir une première liste non exhaustive d'indicateurs susceptibles d'évaluer les paramètres « Surface », « Structures et fonctions » et « Altérations ». D'autre part, elle devait permettre de préétablir des seuils pour chaque indicateur présélectionné, c'est-à-dire les valeurs à partir desquelles l'indicateur passe de « favorable » à «

non favorable ». Le maximum de littérature disponible sur les habitats côtiers, les habitats de falaises littorales et les méthodes d'évaluation déjà mises en place dans d'autres pays et aux échelles locales en France a été étudié. La plupart des indicateurs listés proviennent de références bibliographiques grecque (Kontopanou et Panitsa 2020), bulgare (Tashev *et al.* 2018), portugaise (Caperta *et al.* 2014), italiennes (Angelini *et al.* 2016 ; Del Vecchio *et al.* 2016 ; Lazzaro *et al.* 2020 ; Strumia *et al.* 2020) et espagnoles (Tomasella *et al.* 2007 ; Rodriguez-Pérez et Traveset 2009 ; Donat et Martínez Fort 2011 ; Perena Ortiz 2018 ; Aranda *et al.* 2019 ; Gracia *et al.* 2019a ; Gracia *et al.* 2019b ; Pescador *et al.* 2019 ; deCastro-Arrazola *et al.* 2021). Pour la France, les différents DOCOB des sites Natura 2000 et divers travaux de recherche (CERCIS et Andromède océanologie 2011 ; Algoët et Roux 2012 ; Ville d'Antibes Juan-les-Pins 2014 ; Endemys 2015 ; Parc national des Calanques 2016 ; Debize *et al.* 2017 ; Sirvent et Argagnon 2018 ; Parc national de Port-Cros 2020a ; Parc national de Port-Cros 2020b) ont permis la création de cette grille (Tableau 3).

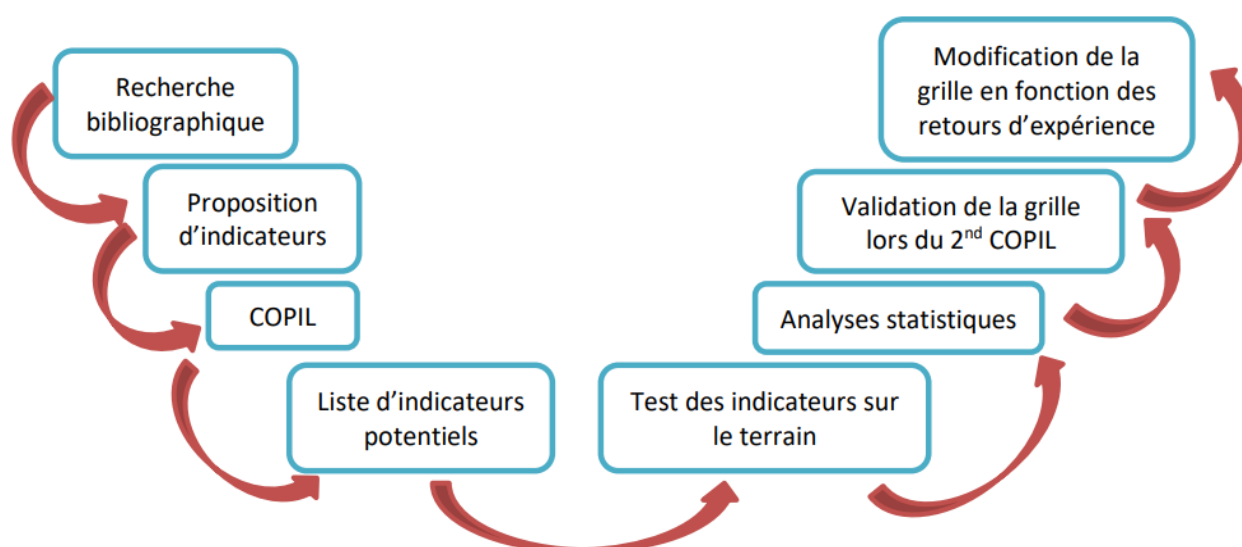


Figure 18. Étapes du processus d'élaboration des grilles d'indicateurs permettant d'évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (d'après Mistarz et Grivel 2020).

Tableau 3. Pré-grille d'indicateurs potentiels pour évaluer l'état de conservation des habitats de falaises littorales méditerranéennes issue des recherches bibliographiques (année 1).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte	Site	Stabilité, progression	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Qualité de l'eau	Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces indicatrices d'une pollution	Placette	-	-
	Composition floristique	Richesse spécifique	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces caractéristiques	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) de chasmophytes – UE 1240	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces exotiques envahissantes	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces nitrophiles	Placette	-	-

		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces halophytiques	Placette	-	-
	Dynamique sédimentaire	Indicateur national de l'érosion côtière	Site	-	-
		Indice d'érosion (estimation visuelle)	Site	-	-
	Couverture du sol	Couverture de litière (%) – UE 5320 & 5410	Placette	-	-
		Recouvrement végétation/rochers (%) – UE 5320 & UE 5410	Placette	-	-
	Composition faunistique	Présence d'espèces animales indicatrices du bon état de conservation (bonus)	Polygone	Présence	+10
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-
				Somme des points = 2	-
				Somme des points = 3	-
				Somme des points ≥ 4	-
	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Site	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

Les pré-grilles d'indicateurs issues des recherches bibliographiques ont été présentées à des experts et gestionnaires, issus de diverses structures (Conservatoires botaniques nationaux, Rupea, Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement, Collectivités, Office de l'environnement de la Corse, etc.) lors d'un premier comité de pilotage (COPIL). Les COPIL permettent d'échanger sur la pertinence et l'utilisation de certains indicateurs dans le cadre de l'évaluation de l'EC des habitats, leurs modalités d'application sur le terrain et les seuils potentiels. Ces échanges ont abouti à des modifications des grilles proposées initialement avec l'ajout, la suppression et/ou le remaniement d'indicateurs. Les nouvelles grilles proposées ont servi de base au test des indicateurs sur le terrain (Tableau 4).

Tableau 4. Grille d'indicateurs sélectionnés en comité de pilotage, à tester sur le terrain sur les habitats de falaises littorales méditerranéennes (année 1).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte	Site	Stabilité, progression	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Qualité de l'eau	Indice d'état global des plantes	Placette	-	-
	Composition floristique	Richesse spécifique	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces caractéristiques et taux (nombre ou recouvrement d'espèces caractéristiques/nombre ou recouvrement total)	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) de chasmophytes et taux (nombre ou recouvrement de chasmophytes/nombre ou recouvrement total) – UE 1240	Placette	-	-

		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'EEE et taux (nombre ou recouvrement d'EEE/nombre ou recouvrement total)	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces nitrophiles et taux (nombre ou recouvrement d'espèces nitrophiles/nombre ou recouvrement total)	Placette	-	-
		Présence/Nombre/Recouvrement (%) d'espèces halophytiques et taux (nombre ou recouvrement d'espèces halophytiques/nombre ou recouvrement total)	Placette	-	-
	Couverture du sol	Recouvrement végétation/rochers (%) – UE 5320 & UE 5410	Placette	-	-
	Composition faunistique	Présence d'espèces animales indicatrices du bon état (bonus)	Polygone	Présence	+10
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-
				Somme des points = 2	-
				Somme des points = 3	-
				Somme des points ≥ 4	-
	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Site	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

L'intégration d'indicateurs floristiques et faunistiques dans les méthodes d'évaluation de l'EC des habitats ouverts est un véritable enjeu (Carboni *et al.* 2015). Bien souvent, les indicateurs biologiques (faune, flore) sont privilégiés dans les méthodes élaborées par PatriNat. Ils intègrent les effets des variations des teneurs en nutriments sur de longues périodes, sont économiques et demandent un moindre effort de prospection que la mesure des paramètres physico-chimiques, qui ne fournit qu'une vision à un instant t. Ce choix implique toutefois que l'utilisateur ait un minimum de connaissances naturalistes.

4.1.2. Choix des sites tests

Afin de tester les indicateurs retenus lors du premier COPIL, des sites d'expérimentation ont été choisis. L'objectif du choix des sites était de pouvoir tester les indicateurs sur l'ensemble de l'aire de répartition des habitats ciblés (Figure 19). Le but est de produire une méthode pour évaluer l'EC des habitats se retrouvant dans différents contextes géographique, écologique et de gestion, et d'avoir suffisamment de recul pour proposer des méthodes avec les indicateurs les plus pertinents aux échelles nationale et de l'habitat générique. Les sites choisis pour tester la méthode sont des sites Natura 2000 (certains tests ont pu être effectués hors site Natura 2000), disposant d'informations suffisantes sur les habitats d'intérêt, généralement présentes dans le DOCOB. Étant donné leur

connaissance du terrain, les partenaires ont été missionnés afin d'identifier les sites les plus adaptés. Idéalement, un site test devait présenter :

- un ou plusieurs DOCOB (données surfaciques, cartographies, activités et leurs impacts sur l'ensemble du site)
- des polygones d'habitat en différents EC afin de calibrer la méthode sur l'ensemble des états rencontrés
- des associations végétales différentes pour un même habitat afin de pouvoir produire une méthode applicable à l'échelle de l'habitat générique
- des polygones d'habitat relativement accessibles afin de maximiser le temps imparti à l'étude.

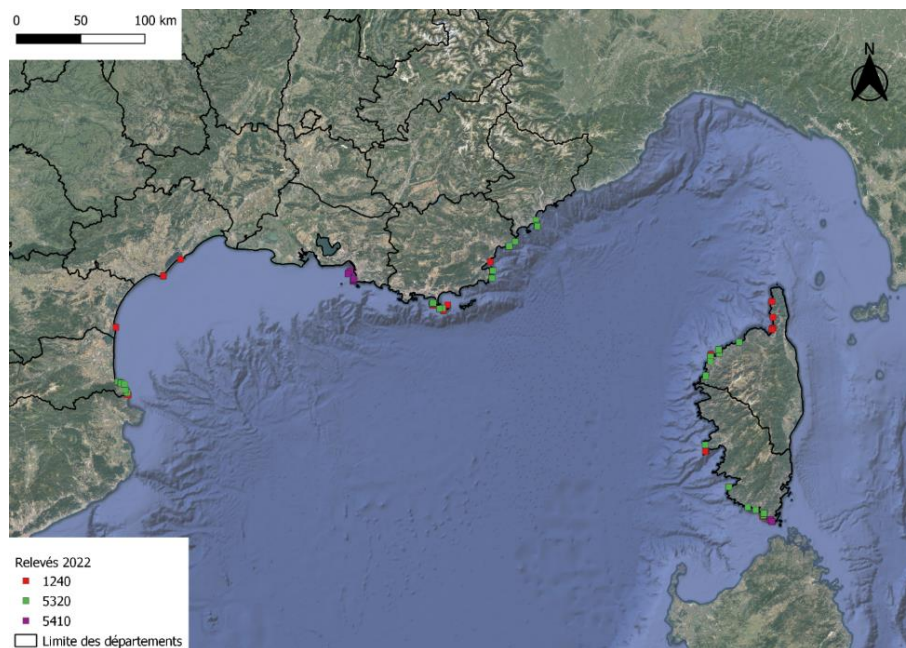


Figure 19. Localisation des campagnes de relevés effectués en 2022 sur les habitats de falaises littorales méditerranéennes.

4.2. Phase de test des indicateurs sur le terrain

4.2.1. Objectifs

Les objectifs des différentes phases de terrain étaient de :

- tester les indicateurs retenus lors du COPIL en les confrontant aux dires d'experts sur l'EC des habitats de falaises littorales méditerranéennes échantillonnés
- relever les atteintes et les données nécessaires à la mise en évidence des informations apportées par les indicateurs
- mettre en évidence les corrélations et les redondances entre indicateurs
- proposer des valeurs seuils pour les indicateurs.

Les Conservatoires botaniques nationaux, la Collectivité de Corse et l'Office de l'environnement de la Corse ont été sollicités afin d'apporter leurs connaissances et aide sur le terrain. Ils ont permis d'identifier les placettes représentatives de différents EC des habitats de falaises littorales méditerranéennes à l'échelle des sites Natura

2000 sur leur territoire d'agrément. La présence d'experts sur les sites prospectés a permis de confirmer la présence des habitats et de fournir un maximum d'informations sur leur EC, les atteintes et leur dynamique. Ont ainsi été réalisés sur les sites prospectés (Figure 20) :

- une délimitation précise de l'habitat, ainsi qu'une géolocalisation des points de relevés
- des photographies
- des relevés phytosociologiques
- des relevés d'indicateurs autres que ceux relatifs à la composition floristique
- l'évaluation de l'EC de l'habitat à dire d'expert
- un relevé des atteintes, le cas échéant.

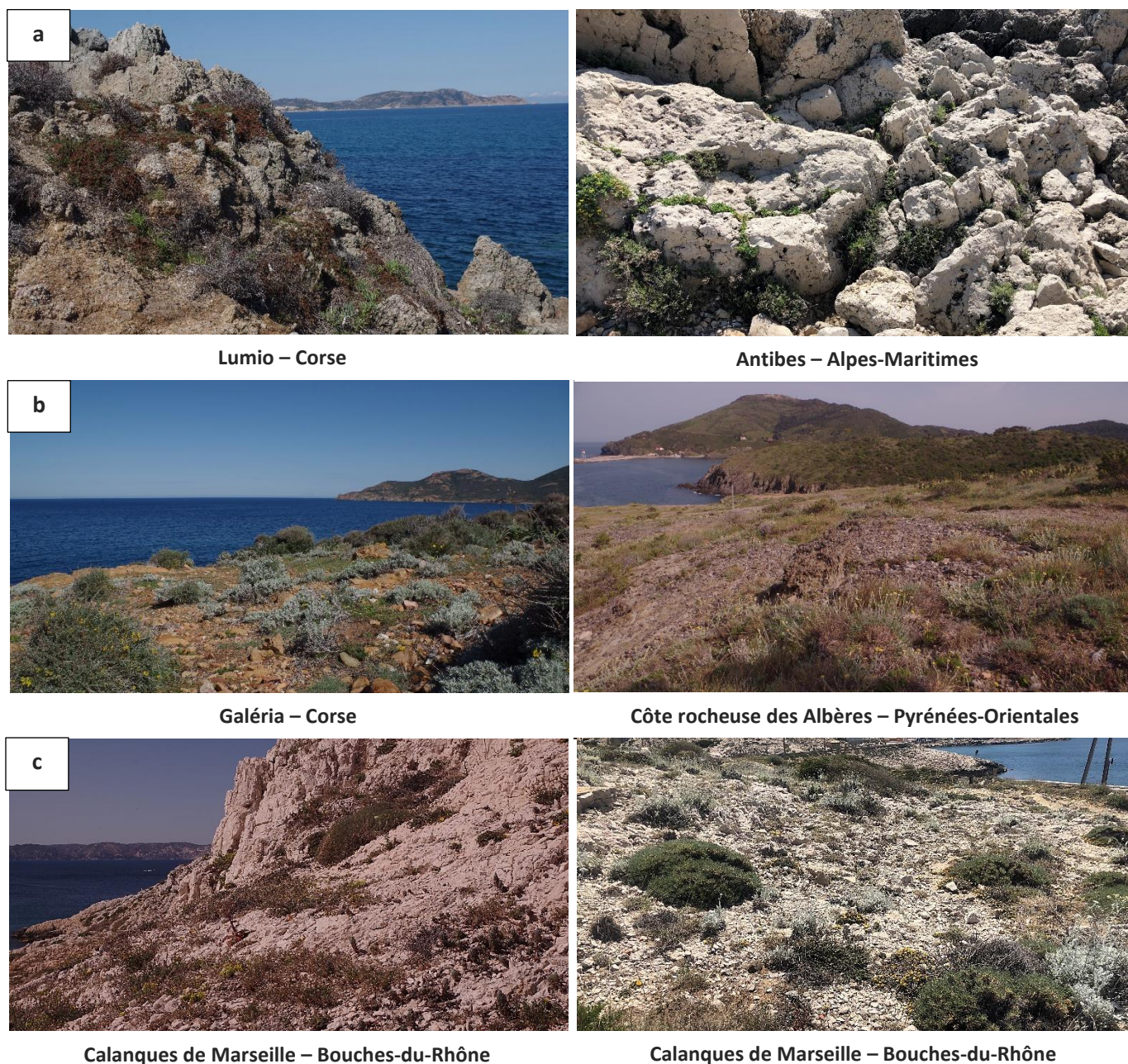


Figure 20. Exemples de sites où ont été effectués les tests sur les (a) « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques », (b) « Formations basses d'euphorbes près des falaises » et (c) « Phryganes ouest-méditerranéennes des sommets des falaises » (photos : M. Mistarz et A. Bicchierai).

Les experts ont renseigné l'EC de chaque polygone d'habitat comme étant « bon-optimal », « bon-correct », « altéré » ou « dégradé ». Tous les commentaires et descripteurs de l'EC ont été notés. Ces derniers ont permis d'affiner l'état de chaque polygone prospecté sous la forme « bon-correct + », « bon-correct » ou « bon-correct - », afin d'avoir un large panel d'EC. Ainsi, la mise en évidence des relations entre indicateurs et avis d'expert n'en a été que plus précise. L'avis d'expert a également permis de fournir des descripteurs des états de référence de l'habitat à l'échelle d'un site (états optimaux souhaités, favorables choisis, altérés et dégradés).

4.2.2. Le relevé phytosociologique, un outil efficace car synthétique

La phytosociologie permet une classification des groupements végétaux, mais aussi une mise en évidence de leur dynamique et de la relation des espèces avec leur environnement. En d'autres termes, cette science correspond à l'explication de l'évolution et de la genèse des associations végétales (Meddour 2011). Selon Lahondère (1997), ces dernières résultent des conditions du milieu en un point donné, des facteurs climatiques et édaphiques qui leur sont associés.

Les relevés phytosociologiques correspondent à des relevés « *d'informations variées permettant de décrire la communauté végétale en place et son contexte* », c'est-à-dire des « *informations sur la composition floristique, sur la structure de la végétation, sur l'abondance des différents taxons au sein de la végétation étudiée, sur la physionomie et le périmètre du relevé, etc.* » (Delassus 2015). Ils permettent d'obtenir un grand nombre d'informations dans un temps limité au sein d'une station homogène, dans une aire donnée. Cette surface donnée doit correspondre à l'aire minimale, autrement dit à la surface à partir de laquelle le nombre d'espèces n'augmente plus pour un effort de prospection constant. Cette aire est fonction de l'espace vital occupé par les espèces au sein de la communauté végétale étudiée, mais aussi du recouvrement total de la végétation et de l'abondance-dominance de l'espèce dominante. Les espèces volumineuses, le faible recouvrement total de la végétation et la dominance d'une espèce au sein du relevé sont autant de facteurs qui contribueront à augmenter l'aire minimale (Catteau 2019).

De par le choix des indicateurs à tester sur le terrain, les relevés phytosociologiques se sont avérés idéaux en terme informatif. En effet, ils permettent d'obtenir les informations nécessaires à l'analyse de l'ensemble des indicateurs liés à la composition floristique (Meddour 2011 ; Delassus 2015). Les relevés sont généralement effectués au sein de placettes de forme variable (circulaire, carrée, linéaire, etc.) ou le long de transects, de manière à être représentatifs de la végétation de l'habitat. La forme du relevé est toujours adaptée à la forme du polygone d'habitat dont on veut rendre compte de la composition floristique. La taille du relevé et leur nombre par polygone d'habitat ont été adaptés en fonction de la physionomie des sites prospectés et du temps disponible sur le terrain (Figure 21).

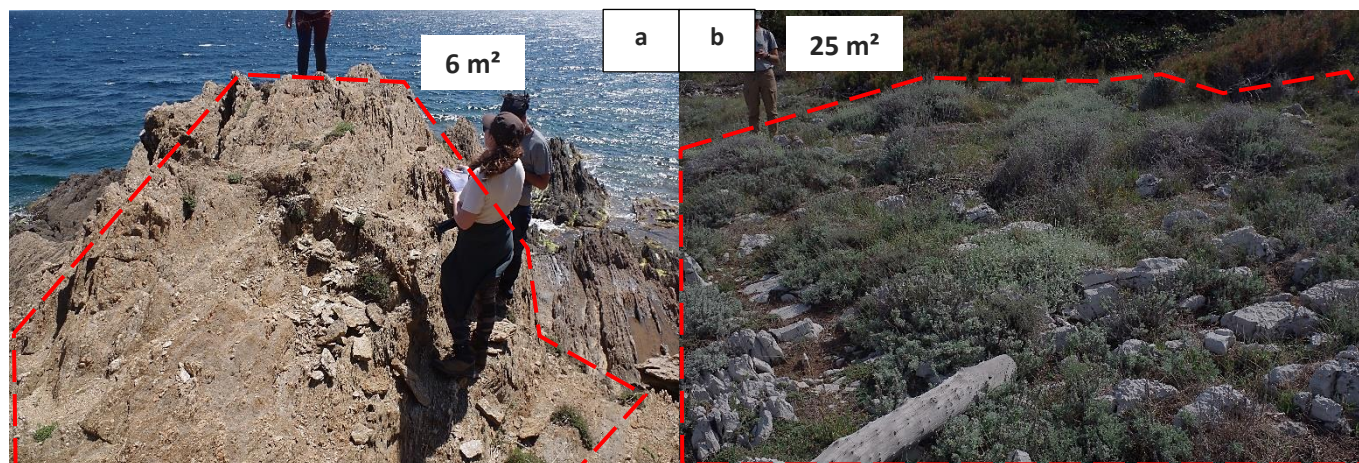


Figure 21. Délimitation de relevés phytosociologiques (a) sur l'habitat « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques » (UE 1240) situé sur le site « Corniche varoise » (FR9301624) et (b) sur l'habitat « Formations basses d'euphorbes près des falaises » (UE 5320) situé sur le site Natura 2000 « Baie et Cap d'Antibes » (FR9301573) (photos : M. Mistarz).

De manière générale, le choix de l'emplacement du relevé phytosociologique est une étape importante si l'on veut rendre compte fidèlement de la composition floristique en un point donné. L'homogénéité floristique de la station est obtenue lorsque la répétition de combinaison d'espèces végétales est observée. L'homogénéité écologique nécessite l'homogénéité structurale et physionomique de la station. La placette doit également être homogène du point de vue des conditions du milieu (exposition, pente, microtopographie, etc.).

Sur chaque placette, le recouvrement de l'ensemble des espèces végétales a été estimé visuellement. Diverses méthodes d'estimation des recouvrements peuvent être utilisées. Ici, un coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1964) a pu être appliqué à chaque espèce relevée (Tableau 5). Les espèces végétales ont toutes été identifiées sur le terrain ou ultérieurement (photographies et/ou prélèvements d'individus lorsque cela était autorisé).

Tableau 5. Échelle de Braun-Blanquet (1964) (coefficients d'abondance-dominance), correspondance en six classes de recouvrement (%) et médianes associées.

Coefficient	Classe de recouvrement (%)	Médiane pour analyses (%)
+	$R < 1$	0,5
1	$1 < R < 5$	2,5
2	$5 < R < 25$	15
3	$25 < R < 50$	37,5
4	$50 < R < 75$	62,5
5	$R > 75$	87,5

Chaque espèce considérée de manière isolée apporte de nombreuses informations (Meddour 2011). Les espèces herbacées possèdent un haut pouvoir de résolution vis-à-vis des conditions écologiques du milieu. De manière générale, les relevés phytosociologiques peuvent également permettre de tester l'échantillonnage en répondant à différentes questions. Par exemple, est-ce que l'altitude est corrélée à l'EC émis par avis d'expert ? Est-ce que le type de substrat est lié au nombre d'espèces nitrophiles relevées sur cet habitat ?

En conclusion, l'avantage du relevé phytosociologique est d'être moins coûteux en temps qu'un relevé floristique exhaustif du polygone d'habitat. Il apporte également plus d'informations. Les difficultés principales résident dans le choix de l'emplacement du relevé représentatif du polygone d'habitat et dans l'estimation des recouvrements.

4.2.3. Biais observateur

La validation des indicateurs passe par l'analyse de leur applicabilité sur le terrain, leur champ d'application et le degré de corrélation avec le type d'informations qu'ils sont supposés apporter (Paillet *et al.* 2015). Pour ce faire, l'évaluation du biais observateur est une étape essentielle de ce processus, surtout si les relevés de terrain sont effectués par des non spécialistes. Un indicateur peut être jugé pertinent lorsque le biais observateur est minimal, autrement dit s'il est facilement reproductible et que l'estimation de sa valeur est certaine. Les phases de test des indicateurs sur le terrain ont également permis de mettre en exergue les difficultés relatives à l'application de certains indicateurs et les biais relatifs à l'approche méthodologique utilisée. Entre autres :

- l'estimation visuelle des recouvrements varie d'une personne à une autre, parfois significativement. Cela crée un biais observateur, non négligeable
- le fait que les avis d'expert ne viennent pas du même expert en fonction de la région crée un biais de différence de notation.

4.3. Analyses des données et validation

4.3.1. Conversion des données brutes

La mise en forme du jeu de données a été faite sur le logiciel Excel (version 1808). Une fois les phases de terrain achevées, pour permettre l'exploitation des relevés phytosociologiques, les recouvrements des espèces sous forme de coefficients de Braun-Blanquet (1964) ont été transformés en pourcentages de recouvrement (Tableau 5). L'avis d'expert a été transposé en variable qualitative ordinale (Figure 22), c'est-à-dire une variable qualifiant un état mais qui contient un ordre, ici lié à l'EC de l'habitat (bon-optimal, bon-correct, altéré, dégradé). Les stations échantillonnées ont été ainsi finement hiérarchisées.

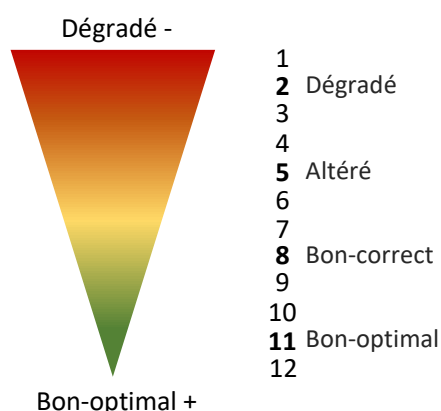


Figure 22. Correspondance entre l'avis d'expert émis sur le terrain et les 12 notes d'état de conservation utilisées pour les analyses.

Les pourcentages de recouvrement de toutes les espèces pour chaque relevé sont sommés pour obtenir le recouvrement total effectif (%). Les pourcentages de recouvrement de chaque relevé pour les espèces chasmophytiques, caractéristiques, nitrophiles, halophytiques et exotiques envahissantes sont sommés. Les listes des espèces nitrophiles et halophytiques ont été dressées à partir des valeurs d'indices trophiques et de salinité de Saatkamp (2022), associées à chaque espèce. Toutes les espèces de l'habitat de falaises à *Limonium* spp. endémiques dont l'indice N est supérieur à 6,32, celles de l'habitat à euphorbes dont l'indice N est supérieur à 6,37 et celles de l'habitat de phryganes dont l'indice N est supérieur à 6,24 ont été considérées comme nitrophiles. Pour l'habitat de falaises à *Limonium* spp. endémiques, toutes les espèces dont l'indice S est supérieur à 5,71 ont été considérées comme halophytiques. Les seuils précédents ont été choisis à partir de la classe maximale associée à chaque indice des espèces caractéristiques de chaque habitat. Pour l'indice N de l'habitat de falaises à *Limonium* spp. endémiques, le seuil a été déterminé en calculant la moyenne des valeurs de l'indice N des espèces caractéristiques. À partir de ces listes, le nombre, le recouvrement et les taux associés aux espèces nitrophiles et halophytiques ont pu être calculés. Enfin, pour chaque atteinte quantifiable en surface, une note a été attribuée (Clément *et al.* 2020) et leur somme pour chaque relevé a été calculée.

4.3.2. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels R version 4.1.3 (The R Foundation 2020) et RStudio version 2022.02.3 (RStudio 2022), sur le jeu de données de l'habitat de falaises à *Limonium* spp. endémiques puis sur la fusion des jeux de données des habitats à euphorbes et de phryganes.

Dans un premier temps, des analyses statistiques exploratoires ont été réalisées afin de rendre compte de la variabilité et de l'amplitude écologique des habitats, ainsi que de faire un bilan de l'échantillonnage (Tableau 6).

Tableau 6. Nombre de relevés effectués en 2022 par catégorie d'état de conservation pour les habitats d'intérêt communautaire « Falaises avec végétation des côtes méditerranéennes avec *Limonium* spp. endémiques » (UE 1240), « Formations basses d'euphorbes près des falaises » (UE 5320) et « Phryganes ouest-méditerranéennes des sommets des falaises » (UE 5410).

	UE 1240	UE 5320	UE 5410
Dégradé	8	8	3
Altéré	7	11	5
Bon-correct	19	21	5
Bon-optimal	26	8	5
Nombre total de relevés	60	48	18

Des tests de corrélations de Pearson, des Analyses en Composantes Principales (ACP) et des modèles linéaires ont permis de mettre en évidence les informations apportées par les indicateurs testés sur le terrain. Le package « Performance Analytics » (Peterson *et al.* 2020) a été utilisé pour produire les matrices de corrélation de Pearson. Le coefficient de corrélation (r) permet de calculer la dépendance entre deux variables quantitatives qui suivent une distribution normale. L'hypothèse nulle (H0) est l'absence de corrélation entre deux variables testées et l'hypothèse alternative (H1) est la présence de corrélation, avec un intervalle de confiance à 95 %. La matrice a

permis de cibler les variables dont le r est supérieur à 0,7. Ce seuil a été utilisé seulement pour cibler les variables fortement corrélées entre elles. Ensuite, une ACP a été réalisée. Si la contribution d'un indicateur à un des trois axes de l'ACP était supérieur à la moyenne des contributions, celui-ci était sélectionné pour être testé dans un modèle linéaire. Lorsque l'Akaike Information Criterion (AIC) d'un modèle linéaire est plus faible que celui des autres modèles, ce modèle est le meilleur d'entre eux (Sakamoto *et al.* 1986). La parcimonie du modèle a également été prise en compte. Le meilleur modèle est donc le plus parcimonieux et dont l'AIC est le plus faible. L'objectif final était de déterminer quelle combinaison d'indicateurs était la mieux corrélée à l'avis d'expert.

Les résultats obtenus via analyses des données ont fait l'objet d'une validation lors d'un second COPIL. Ces analyses ont aussi permis de mettre en évidence des valeurs seuils pour les indicateurs qui n'en possédaient pas suite aux recherches bibliographiques et aux phases de terrain. Une fois les indicateurs et les valeurs seuils sélectionnés pour intégrer la grille finale, une note a été obtenue par placette grâce à un calcul automatique. Cette note a été confrontée à la note de l'avis d'expert par régression linéaire (Figure 23). Une boucle a permis d'attribuer des notes associées aux différentes valeurs seuils pour chaque indicateur. Les notes qui correspondaient au meilleur coefficient de détermination, c'est-à-dire à la meilleure prédiction entre la note de la méthode calculée par placette et la note de l'avis d'expert, ont été retenues.

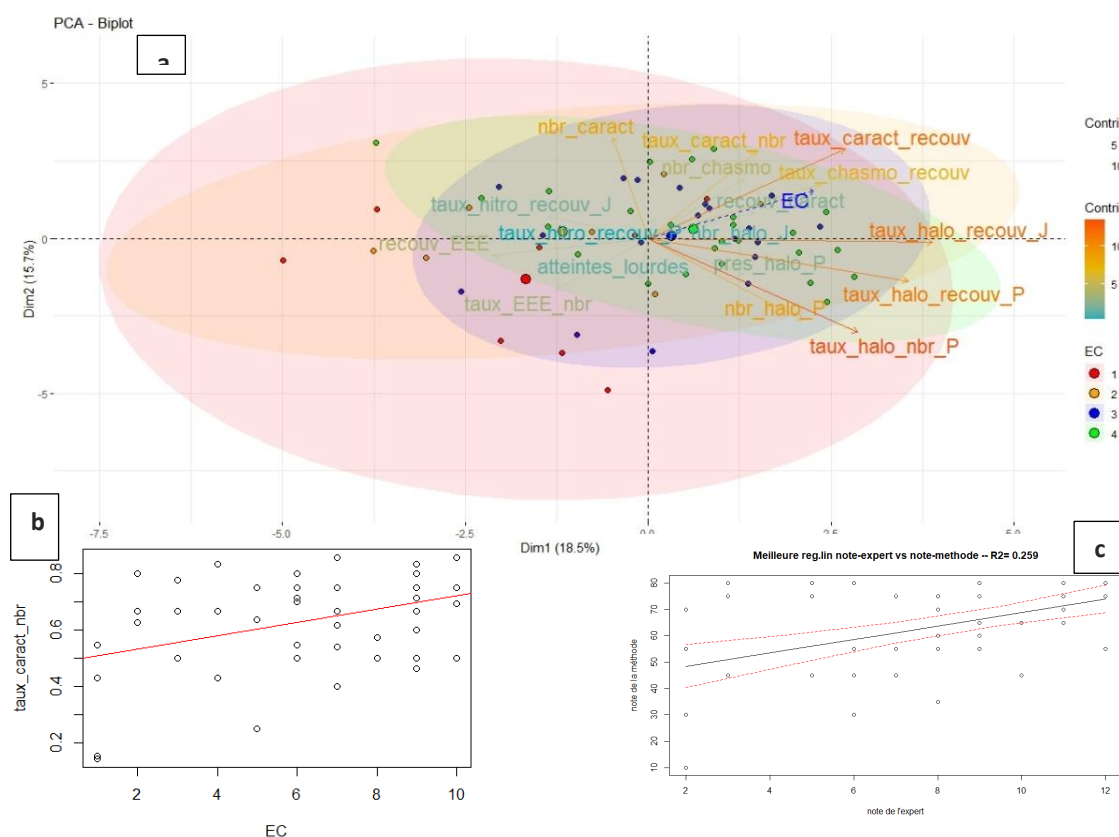


Figure 23. Différentes analyses statistiques : (a) analyses en composantes principales sur les indicateurs quantitatifs, (b) corrélation positive entre l'avis d'expert et le taux « nombre d'espèces caractéristiques/nombre total d'espèces » et (c) régression entre la note modélisée et la note de l'avis d'expert, sur les falaises à *Limonium* spp. endémiques.

Les étapes des analyses statistiques sont résumées ci-dessous (Figure 24).

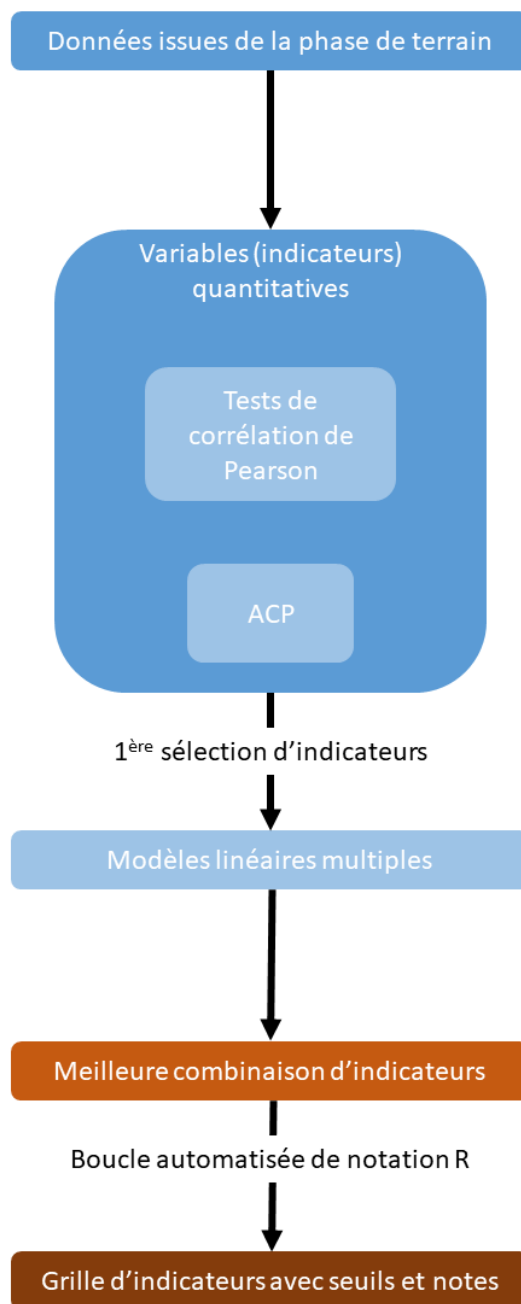


Figure 24. Étapes des analyses statistiques pour obtenir une grille d'indicateurs permettant l'évaluation de l'état de conservation des habitats de falaises littorales méditerranéennes.

5. Discussion générale

5.1. Des méthodes simples pour une réalité complexe

La création de grilles d'indicateurs permettant l'évaluation standardisée des habitats de falaises littorales méditerranéennes sur l'ensemble du territoire métropolitain est essentielle afin de rendre compte de l'évolution de ces milieux. Ces grilles permettent de cibler les paramètres sur lesquels agir pour maintenir ou restaurer dans

un EC favorable les HIC évalués. Elles s'adressent à des opérateurs de site Natura 2000 disposant de moyens réalistes. En effet, l'application de ces méthodes doit minimiser les moyens nécessaires aux relevés et aux analyses. Il s'agit également de minimiser les compétences requises en proposant des alternatives entre des indicateurs très simples et des indicateurs demandant des connaissances expertes. Les listes d'espèces à prendre en compte dans l'évaluation se veulent également limitées. Ces méthodes constituent donc un compromis entre coûts (temps et compétences) et efficacité. En revanche, l'évaluation des habitats à l'échelle des sites reste un exercice difficile et réducteur de la complexité des interactions entre les habitats et les composantes physiques du milieu dans lesquels ils se trouvent, ainsi qu'entre les habitats eux-mêmes (Hardegen 2015). Par ailleurs, les mosaïques et superpositions d'habitats peuvent poser des problèmes d'identification et de délimitation de l'habitat sur le terrain. Il n'est pas non plus aisé d'allier des indicateurs demandant peu de compétences naturalistes souhaités par les opérateurs à la précision scientifique requise pour évaluer l'EC des habitats au titre de la DHFF. Le budget et le temps souvent limités des opérateurs participant à cette évaluation éliminent d'office certains indicateurs pourtant jugés pertinents, mais nécessitant du matériel coûteux pour leur mesure et beaucoup de temps pour les relever (détermination, analyse, etc.). Par exemple, peu d'indicateurs faunistiques intègrent encore ces méthodes d'évaluation, la définition des habitats au titre de la DHFF étant basée sur la phytosociologie. Les groupes faunistiques liés à l'EC de certains habitats peuvent être difficiles à appréhender sur le terrain, notamment sur les falaises (Chiroptères, invertébrés, etc.). Ce point semble contraire à la philosophie des méthodes proposées qui se veulent simples à mettre en œuvre et accessibles à l'ensemble des opérateurs. Pourtant, les indicateurs faunistiques apparaissent essentiels pour traduire les interactions des habitats avec leur environnement, mais aussi pour qualifier l'état des processus intrinsèques aux habitats (rappelons que la notion d'habitat se rapporte à un biotope et une biocénose, laquelle est composée d'espèces végétales, mais aussi d'espèces animales). Les travaux sur le lien espèces-habitats pourraient, à l'avenir, permettre de cibler des groupes faunistiques simples à prospecter et à déterminer, dans le cadre de l'évaluation de l'EC des habitats.

Bien que certains opérateurs estiment que ces méthodes soient complexes à mettre en œuvre (Galli 2015), les guides d'évaluations ci-après essaient, dans la mesure du possible, de mettre en avant des indicateurs répondant aux critères de temps, coût et compétences réduits, tout étant à l'interface entre l'avis d'expert et le suivi.

5.2. Des méthodes évolutives et adaptables

Ces méthodes sont standardisées et applicables sur l'ensemble du territoire métropolitain, à l'échelle de l'habitat générique. Elles présentent les avantages d'être accessibles à toutes et tous, d'être reproductibles dans le temps et dans l'espace, de fournir des éléments de comparaison entre sites et d'identifier les efforts de gestion à fournir. À chaque nouveau jeu de données récoltées sur le terrain, les indicateurs, valeurs seuils et notes sont recalibrés. La littérature récente permet aussi de faire évoluer les grilles d'indicateurs proposées. Ces dernières doivent

cependant être affinées par l'expérience de terrain et le retour des opérateurs. En effet, l'application de la méthode par les gestionnaires doit permettre de répondre à plusieurs questions :

- La méthode est-elle simple à mettre en œuvre ? Est-elle adaptée à tous les contextes ?
- Les listes d'espèces proposées sont-elles réalistes ? En est-il de même pour les unités et les plans d'échantillonnage ?
- Est-ce que la méthode peut facilement être couplée à d'autres projets ? Avec les objectifs et le plan de gestion du site ?

Clarifier les objectifs et les moyens permet de choisir l'outil adéquat. Ces grilles d'évaluation constituent une base de réflexion, que l'opérateur doit mener en amont de son application. Il s'agit de recontextualiser les indicateurs proposés à l'échelle de chaque site Natura 2000, car il est parfois nécessaire d'adapter les méthodes proposées à l'échelle locale. Cela peut passer, par exemple, par l'ajout d'espèces au sein des listes prises en compte dans les différents indicateurs. En effet, une espèce considérée comme nitrophile à l'échelle locale peut ne pas être prise en compte dans un indicateur à l'échelle nationale. Par ailleurs, il s'agit toujours de vérifier s'il n'existe pas de méthodes locales pour évaluer l'EC des HIC ciblés. En revanche, l'opérateur devrait prendre des précautions, si désireux soit-il d'élaborer une nouvelle grille d'évaluation à partir de méthodes existantes, en se posant quelques questions préalables :

- Ai-je un réel besoin d'élaborer une nouvelle méthode ?
- Si oui, est-ce que mes nouveaux indicateurs sont toujours complémentaires ?
- À recréer une nouvelle méthode au bureau, aurais-je toujours autant de temps à allouer à l'évaluation sur le terrain ?

5.3. Le choix des états de référence aux échelles nationale et de l'habitat générique

La démarche globale de l'évaluation de l'EC des habitats repose sur la comparaison de l'habitat étudié à une entité dont l'état est jugé optimal par l'opérateur pour ce type d'habitat. Il s'agit donc de choisir les états de référence, à partir desquels on considère que l'habitat est en EC favorable, altéré ou dégradé. Si la littérature scientifique peut aider à construire ces différents états en se basant sur un certain nombre de critères et d'indicateurs, le nombre de travaux et publications sur le sujet n'en reste pas moins limité. Les phases de test des indicateurs sur le terrain peuvent alors aider à construire ces différents états. Ceci implique de visiter une grande diversité de sites où les habitats génériques sont bien identifiés, afin d'avoir un jeu de données représentatif de leur variabilité géographique, et des communautés qui les composent au sein du territoire. Cependant, certains habitats génériques présentent de très fortes variabilités entre les habitats élémentaires. Ces variations posent des difficultés quant à la mise en place d'une grille par habitat générique comprenant des indicateurs et seuils applicables à l'ensemble des végétations rattachées à celui-ci, sur l'ensemble du territoire métropolitain. Des exceptions non décrites ou des configurations rares des habitats, uniquement présentes sur un territoire très

restreint, peuvent aussi exister et ainsi complexifier l'élaboration des grilles d'évaluation, voire ne pas être prises en compte dans les méthodes proposées. C'est pourquoi plusieurs descripteurs sont proposés pour décrire les états de référence de chaque habitat. Il s'agit de garder à l'esprit que les états de référence doivent être établis par l'opérateur à l'échelle du site Natura 2000. À partir de l'établissement de ces états de référence à l'échelle du site, le seuil à partir duquel l'habitat passe d'un état altéré à favorable pourra être ajusté. Au sein d'un même site, plusieurs états favorables pourront être envisagés pour un même habitat générique.

5.4. La stratégie de l'Union européenne en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 et le projet de règlement européen sur la restauration de la nature

En France, le réseau Natura 2000 ne constitue pas à un réseau de sites de protection stricte. Aujourd'hui, on estime que seulement 3 % des terres de l'UE sont strictement protégées (CE 2020). D'ici 2030, la Commission européenne propose qu'un tiers des zones protégées le deviennent strictement, soit 10 % des terres de l'UE. La protection et la restauration des écosystèmes, notamment côtiers, sont essentielles pour réduire les émissions et s'adapter au changement climatique. Au moins 30 % des habitats actuellement en état défavorable devront être en état favorable ou présenter une tendance nettement positive d'ici 2030. Pour rappel, les HIC côtiers font aujourd'hui partie des habitats dont la tendance est à la dégradation. Concernant le réseau Natura 2000, les objectifs sont son achèvement et la mise en place d'une gestion efficace sur chacun des sites, notamment de dispositions relatives aux habitats dont la tendance est au déclin.

Dans un contexte de dégradation continue des écosystèmes malgré l'existence des Directives nature, eau et milieux marins, un projet de règlement européen sur la restauration de la nature est en cours de négociation au niveau européen. Il s'inscrit dans un des volets du pacte vert européen, « Protéger et restaurer la nature ». L'objectif principal vise la mise en place de mesures de restauration sur 20 % des zones terrestres et marines de l'UE. Concernant les habitats, il s'agirait notamment pour chaque État membre :

- de mettre en place des mesures de restauration sur 30 % de la surface en mauvais état des habitats listés dans le règlement (HIC) du point de vue des structure et fonctions d'ici 2030 (60 % de la surface en mauvais état d'ici 2040 et 90 % d'ici 2050)
- d'atteindre la surface de référence favorable (SRF) pour chaque HIC dans chaque région biogéographique
- de recréer de la surface d'HIC perdue, c'est-à-dire de rétablir les habitats potentiellement HIC mais très dégradés, afin d'atteindre la SRF pour chaque HIC
- de conserver les surfaces d'HIC en bon état.

L'adoption du règlement par les États membres est prévue pour 2023. Chaque État aura alors deux ans pour préparer des plans nationaux de restauration, pour une mise en œuvre dès 2026. Les travaux sur les méthodes d'évaluation à l'échelle des sites, notamment celui sur les falaises littorales méditerranéennes, pourront participer à l'atteinte des objectifs précédemment cités.

6. Conclusion

Le travail sur les habitats de falaises littorales méditerranéennes constitue une première approche de mise en place et d'application de méthodes standardisées d'évaluation de l'EC de ces HIC à l'échelle du territoire métropolitain (Bicchierai 2022). L'analyse de la littérature, les COPIL, ainsi que les phases de terrain successives ont permis de mettre en avant des indicateurs potentiellement pertinents dans une démarche d'évaluation nationale. Les versions des grilles proposées aujourd'hui sont jugées tout à fait valides et pertinentes par les différentes parties prenantes ayant participé à leur réalisation. Néanmoins, ces méthodes d'évaluation se veulent évolutives et les grilles proposées ci-après seront remaniées après chaque retour d'expérience des utilisateurs, si jugé pertinent. Un équilibre entre précision scientifique et faisabilité est primordial pour que ces méthodes soient à la fois valides et applicables par les opérateurs Natura 2000. Ce travail n'en reste pas moins essentiel si l'on souhaite rendre compte de l'évolution des habitats français au sein du réseau européen et atteindre les objectifs fixés par la Commission européenne à l'horizon 2030, notamment ceux du futur règlement européen sur la restauration de la nature.

Bibliographie

- Affre, L., Dumas, P.J., Dumas, E., Laffont-Schwob, I. & Tatoni, T. (2015). Regard écologique sur le recul stratégique : Atouts et risques pour la diversité végétale péri-urbaine marseillaise. *VertigO*, Hors-série 21, 14p.
- Algoët, B. & Roux, M. (2012). Document d'Objectifs du site Natura 2000 FR9301610 « Cap Sicié – Six-Fours » – Tome 1 : Diagnostics, enjeux et objectifs de conservation. 207p.
- Angelini, P., Casella, L., Grignetti, A. & Genovesi, P. (2016). Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia : Habitat. ISPRA. Serie Manuali e linee guida. 142p.
- Angiolini, C., Viciani, D., Bonari, G. & Lastrucci, L. (2016). Habitat conservation prioritization: A floristic approach applied to a Mediterranean wetland network. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 15p.
- Anonyme (1986). LOI n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. *Journal Officiel de la République Française*, 4 janvier 1986.
- Anonyme (2008). Article R414-11 du Code de l'environnement modifié par décret n°2015-959 du 31 Juillet 2015 - Art. 1. <http://www.legifrance.gouv.fr>. Consulté le 10 août 2022.
- Aranda, M., Gracia, F. J., & Pérez-Alberti, A. (2019). Selección y descripción de variables que permitan diagnosticar el estado de conservación de la « estructura y función » de los diferentes tipos de hábitat costeros. Serie « Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat ». 132p.
- Bartula, M., Stojšić, V., Perić, R. & Kitnæs, K.S. (2011). Protection of Natura 2000 Habitat Types in the Ramsar Site « Zasavica Special Nature Reserve » in Serbia. *Natural Areas Journal*, 31(4), 349-357.
- Bensettiti, F., Bioret, F., Roland, J. & Lacoste, J.P. (2004). *Cahiers d'habitats - Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. La Documentation française, Paris. 399p.
- Bensettiti, F. & Gazay, C. (2019). Biodiversité d'intérêt communautaire en France : un bilan qui reste préoccupant. Résultats de la troisième évaluation des habitats et espèces de la DHFF (2013-2018). UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN. 4p.
- Bergin, T. M., Best, L. B., Freemark, K. E. & Koehler, K. J. (2000). Effects of landscape structure on nest predation in roadsides of a midwestern agroecosystem: a multiscale analysis. *Landscape Ecology*, 15, 13131– 13143.
- Beslin, O., Pujol, D., Causse, G., Cordier, J., Bressaud, H. & Monticolo, J. (2012). Typologie des végétations de dalles et de pelouses calcaires sèches en région Centre. *Mesobromion, Xerobromion et Alysso-Sedion*. CBNBP – MNHN. 113p.
- Bicchierai, A. (2022). Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats de falaises littorales

méditerranéennes d'intérêt communautaire (UE 1240, UE 5320 & UE 5410) à l'échelle du site Natura 2000. PatriNat – OFB/CNRS/MNHN, Université d'Aix-Marseille. 25p.

Blandin, P. & Lamotte, M. (1985). Écosystèmes et évolution. *Le Courrier du C.N.R.S.*, 59, 25-33.

Botcazou, F. (2020). Les sources pétrifiantes avec formations de travertins (*Cratoneurion*), UE 7220*, Méthode d'évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN, Université de Bretagne Occidentale. 52p.

Bottin, G., Etienne, M., Verté, P. & Mahy, G. (2005). Methodology for the elaboration of Natura 2000 sites designation acts in the Walloon Region (Belgium): calcareous grasslands in the Lesse-and-Lomme area. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 9(2), 101–110.

Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. 3e éd., Springer, Wien-New York. 866p.

Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Rylands, A.B., Konstant, W.R., Flick, P., Pilgrim, J., Oldfield, S., Magin, G. & Hilton-Taylor, C. (2002). Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology*, 16(4), 909–923.

Caperta, A.D., Espírito-Santo, M.D., Silva, V., Ferreira, A., Paes, A.P., Róis, A.S., Costa, J.C., & Arsénio, P. (2014). Habitat specificity of a threatened and endemic, cliff-dwelling halophyte. *AoB Plants*, 6, 13p.

Carboni, M., Dengler, J., Mantilla-Contreras, J., Venn, S. & Török, P. (2015). Conservation value, management and restoration of Europe's semi-natural open landscapes. *Hacquetia*, 14(1), 5-17.

Carnino, N. (2009). État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site, Méthode d'évaluation des habitats forestiers. SPN – MNHN. 49p.

Catteau, E. (2019). Proposition de reformulation de l'aire minimale des relevés phytosociologiques. *Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France*, 72(1-3), 137-141.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1, 5p.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R. & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 6089-6095.

CERCIS & Andromède océanologie (2011). Document d'objectifs du site Natura 2000 FR9301609 « La Pointe fauconnière », Directive Habitats. Note de synthèse. 47p.

Charles, M. (2013). Mise en place d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire, au niveau d'un site Natura 2000. SPN – MNHN, Université de Strasbourg. 25p.

- Charles, M. & Viry, D. (2015). État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport d'étude. Version 1. SPN – MNHN. 76p.
- Choisnet, G., Bellenfant, S., Millet, J., Catteau, E. & Causse, G. (2017). Cartographie de la végétation à l'échelle des unités paysagères. Volume 1 - Principes et finalités. Collection Guides et protocoles. AFB. 30p.
- Ciccarelli, D., Picciarelli, P., Bedini, G. & Sorce, C. (2016). Mediterranean sea cliff plants: Morphological and physiological responses to environmental conditions. *Journal of Plant Ecology*, 9, 153–164.
- Clément, H. (2017). Évaluation de l'état de conservation des tourbières basses alcalines (UE 7230), habitats d'intérêt communautaire. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN, Université Claude Bernard Lyon. 64p.
- Clément, H., Reich, M., Botcazou, F., Crouzeix, B., Mistarz, M. & Garcin, J. (2022). Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 3. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN. 185p.
- Clément, H., Reich, M., Botcazou, F., Mistarz, M. & Garcin, J. (2021). Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 2. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN. 185p.
- Clément, H., Reich, M., Mistarz, M. & Garcin, J. (2020). Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN. 183p.
- Collen, B., Böhm, M., Kemp, R. & Baillie, J.E.M. (2012). Spineless: Status and trends of the world's invertebrates. IUCN. 86p.
- Commission européenne (2013). Interpretation manual of European Union habitats. EUR28. 144p.
- Commission européenne (2017). Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. 187p.
- Commission européenne (2020). Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions. Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030. Ramener la nature dans nos vies. 27p.
- Conseil de l'Europe (1979). Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Série des traités européens n°104. Berne, 19 septembre 1979.
- Conseil des communautés européennes (1979). Directive 79/409/CEE du Conseil concernant la conservation des oiseaux sauvages. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, **L103**, 25 avril 1979.
- Conseil des communautés européennes (1992). Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 Mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Journal Officiel de l'Union

Européenne, **L206**, 27 juillet 1992.

- Crouzeix, B. (2021). Méthode d'évaluation de l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins, Cratoneurion (UE 7220*), de basses et moyennes altitudes, à l'échelle des sites Natura 2000. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN, Université de Lorraine. 47p.
- Debize, E., Frachon, N., Le Mire-Pecheux, L. & Syx, A. (2017). Document d'objectifs du site Natura 2000 FR9301602 « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet ». Note de synthèse. 35p.
- deCastro-Arrazola, I., March-Salas, M. & Lorite, J. (2021). Assessment of the potential risk of rock-climbing for cliff plant species and natural protected areas of Spain. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 9p.
- Del Vecchio, S., Slaviero, A., Fantinato, E. & Buffa, G. (2016). The use of plant community attributes to detect habitat quality in coastal environments. *AoB Plants*, 8, 14p.
- Delassus, L., 2015. Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. CBNB. 25p.
- Delbosc, P., Lagrange, I., Rozo, C., Bensettiti, F., Bouzillé, J.B., Evans, D., Lalanne, A., Rapinel, S. & Bioret, F. (2021). Assessing the conservation status of coastal habitats under Article 17 of the EU Habitats Directive. *Biological Conservation*, 254(108935), 27p.
- Donat, M. P. & Martínez Fort, J. (2011). Evaluación de la vegetación en un área del litoral mediterráneo en Alicante (España). *Fitosociologia*, 48, 55–66.
- Ehrlich, P.R. (1995). The scale of the human enterprise and biodiversity loss. *Extinction Rates*, 214–226.
- Endemys (2015). Document d'objectifs du site Natura 2000 FR9400592 « Ventiligne - La Trinite de Bonifacio - Fazzio ». 179p.
- Epicoco, C. & Viry, D. (2015). État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. SPN – MNHN. 76p.
- Epicoco, C. (2014). Mise en place d'une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des tourbières acides à Sphaignes, habitats d'intérêt communautaire, à l'échelle d'un site Natura 2000. SPN – MNHN, Université Paris sud. 52p.
- European Environment Agency (2020). State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013-2018. EEA Report No 10/2020. 142p.
- Evans, D. & Arvela, M. (2011). Assessment and reporting under article 17 of the Habitats Directive. Explanatory notes & guidelines for the period 2007-2012. Final version. 123p.
- Galli, A. 2015. Évaluation du Document d'Objectifs du site Natura 2000 de la baie de Saint-Brieuc. Communauté d'Agglomération de Saint-Brieuc, Agrocampus Ouest. 65p.
- Garcin, J. (2018). Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire, Méthode

d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. UMS PatriNat-AFB/CNRS/MNHN, Université Paul Sabatier – Toulouse III. 77p.

Gaudillat, V., Argagnon, O., Bensettiti, F., Bioret, F., Boulet, V., Causse, G., Choynet, G., Coignon, B., de Foucault, B., Delassus, L., Duhamel, F., Fernez, T., Herard, K., Lafon, P., Foullet, A. L., Panaïotis, C., Poncet, R., Prud'homme, F., Rouveyrol, P. & Villaret, J.C. (2018). Habitats d'intérêt communautaire : Actualisation des interprétations des Cahiers d'habitats. Version 1. Rapport UMS PatriNat 2017-104. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN, FCBN, MTES. 62p.

Gibbs, J. P. (2001). Demography versus habitat fragmentation as determinants of genetic variation in wild populations. *Biological Conservation*, 100, 15–20.

Goffé, L. (2011). État de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique. SPN – MNHN, ONF, CBNB. 67p.

Gracia, F. J., Aranda, M. & Pérez-Alberti, A. (2019a). Descripción de métodos para estimar las tasas de cambio del parámetro « Superficie ocupada » por los diferentes tipos de hábitat costeros. Serie « Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat ». 87p.

Gracia, F. J., Aranda, M. & Pérez-Alberti, A. (2019b). Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan al estado de conservación de cada tipo de hábitat costero. Serie « Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat ». 35p.

Grivel, L. (2019). Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 « Landes humides atlantiques septentrionales à *Erica tetralix* (UE 4010) » et « Landes humides atlantiques tempérées à *Erica ciliaris* et *Erica tetralix* (UE 4020*) ». UMS PatriNat-AFB/CNRS/MNHN, AgroParistech, ENGEES. 58p.

Hanski, I. (2011). Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *AMBIO - A Journal of Environment and Society*, 40, 248– 255.

Hardegen, M. (2015). Natura 2000 en Bretagne : Habitats d'intérêt communautaire terrestres et d'eau douce. Bilan des connaissances : interprétation, répartition, enjeux de conservation. DREAL Bretagne, CBNB. 242p.

Heckenroth, A., Laffont-Schwob, I., Baumberger, T., Prudent, P., Le Mire-Pêcheux, L., Keller, L., Baumel, A., Dumas, E., Miché, L., Tatoni, T., Mirleau, P. & Affre, L. (2022). Comment allier stabilisation des sols contaminés et préservation d'*Astragalus tragacantha* L. sur le littoral remarquable du Parc national des Calanques ? *Natureae*, 3, 31–41.

Kontopanou, A. & Panitsa, M. (2020). Habitat islands on the Aegean Islands (Greece): Elevational gradient of chasmophytic diversity, endemism, Phytogeographical patterns and need for monitoring and conservation. *Diversity*, 12(33), 20p.

Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. (2000). Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse

breeding success in boreal forests. *Ecology*, 81(7), 1985–1997.

Lahondère, C., 1997. Initiation à la phytosociologie stigmatiste. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, 47(16).

Larson, D. W., Matthes, U. & Kelly, P.E. (2000). *Cliff ecology: Pattern and Process in Cliff Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge. 340p.

Latour, M. (2018). Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 : « Eaux oligotrophes très peu minéralisées sur sols généralement sableux de l'ouest méditerranéen à *Isoetes* spp. » (UE 3120) et « Mares temporaires méditerranéennes » (UE 3170*). UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN, Università di Corsica – Pasquale Paoli. 62p.

Lavergne, S., Garnier, E. & Debussche, M. (2003). Do rock endemic and widespread plant species differ under the Leaf-Height-Seed plant ecology strategy scheme? Functional traits of endemic plant species. *Ecology Letters*, 6(5), 398–404.

Lazzaro, L., Bolpagni, R., Buffa, G., Gentili, R., Lonati, M., Stinca, A., Acosta, A. T. R., Adorni, M., Aleffi, M., Allegrezza, M., Angiolini, C., Assini, S., Bagella, S., Bonari, G., Bovio, M., Bracco, F., Brundu, G., Caccianiga, M., Carnevali, L., et al. (2020). Impact of invasive alien plants on native plant communities and Natura 2000 habitats: State of the art, gap analysis and perspectives in Italy. *Journal of Environmental Management*, 274, 13p.

Le Floc'h, M. (2015). Phase préliminaire de l'élaboration d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire « Estuaires » (UE 1130) de la façade Manche/Atlantique. SPN – MNHN. 69p.

Lepareur, F. (2011). Évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle des sites Natura 2000. Guide méthodologique. Version 1. SPN – MNHN. 55p.

Lepareur, F., Bertrand, S., Morin, E., Le Floc'h, M., Barré, N., Garrido, M., Riera, L. & Mauclert, V. (2018). État de conservation des « Lagunes côtières » d'intérêt communautaire (UE 1150*), Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2. SPN – MNHN, Pôle-relais lagunes méditerranéennes. 73p.

Lepareur, F., Bertrand, S., Papuga, G. & Richeux, M. (2013). État de conservation de l'habitat 1150 « Lagunes côtières », Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 1. SPN – MNHN, Pôle-relais lagunes méditerranéennes, CEN Languedoc-Roussillon. 107p.

Louette, G., Adriaens, D., Paelinckx, D. & Hoffmann, M. (2015). Implementing the Habitats Directive: How science can support decision making. *Journal for Nature Conservation*, 23, 27–34.

Maciejewski, L. (2012). État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 1. SPN – MNHN. 64p.

Maciejewski, L. (2016a). État de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire, Évaluation à

- l'échelle du site Natura 2000, Version 2. Tome 1 : définitions, concepts et éléments d'écologie. SPN – MNHN. 82p.
- Maciejewski, L. (2016b). État de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire, Évaluation à l'échelle du site Natura 2000, Version 2. Tome 2 : Guide d'application. SPN – MNHN. 62p.
- Maciejewski L., Pinto P., Wurrpillot S., Drapier J., Cadet S., Muller S., Agou P., Renaux B. & Gégout J-C. (2020). Vegetation unit assignments: phytosociology experts and classification programs show similar performance but low convergence. *Applied Vegetation Science*, 12p.
- Maciejewski, L., Seytre, L., Dupont, P., Ben-Mimoun, K. & Van Es, J. (2013). État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2. SPN – MNHN. 179p.
- Maciejewski, L., Seytre, L., Van Es, J. & Dupont, P. (2015). État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 3. SPN – MNHN. 194p.
- Mauz, I. & Granjou, C. (2010). La construction de la biodiversité comme problème politique et scientifique, premiers résultats d'une enquête en cours. *Sciences Eaux & Territoires*, 3(3), 10–13.
- Meddour, R. (2011). La méthode phytosociologique sigmatiste Braun-Blanqueto-Tüxenienne. 40p.
- Miedziejewski, A. (2017). Évaluation de l'état de conservation des eaux dormantes d'intérêt communautaire. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN, Université Paris-Saclay. 50p.
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (2022). Réseau européen Natura 2000. <https://www.ecologie.gouv.fr/reseau-europeen-natura-2000-0>. Consulté le 28 mars 2023.
- Mistarz, M. (2016). État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Rapport préliminaire. SPN – MNHN. 76p.
- Mistarz, M. (2021). Des méthodes pour évaluer l'état de conservation des habitats humides sur l'ensemble du territoire métropolitain. *Naturae*, 7, 79–90.
- Mistarz, M. & Grivel, L. (2020). Évaluation de l'état de conservation des landes humides d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 1. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN. 88p.
- Mistarz, M. & Latour, M. (2019). État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Cahiers d'évaluation. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN. 252p.
- Nations Unies (1992). Convention sur la diversité biologique. Conférence des Nations Unies. Rio, 5 juin 1992. 30p.
- Noble, V. & Baret, J. (2019). Catalogue des végétations du département des Bouches-du-Rhône. CBNMED. 282p.

- Paillet, Y., Coutadeur, P., Vuidot, A., Archaux, F. & Gosselin, F. (2015). Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest. *Ecological Indicators*, 49, 14–23.
- Panitsa, M. & Kontopanou, A. (2017). Diversity of chasmophytes in the vascular flora of Greece: Floristic analysis and phytogeographical patterns. *Botanica Serbica*, 41(2), 199–211.
- Parc national de Port-Cros (2020a). Document d'objectifs des sites Natura 2000 FR9301613 « Rade d'Hyères », FR9310020 « Îles d'Hyères » et FR9312008 « Salins d'Hyères et des Pesquiers ». Tome 1 : Diagnostic, enjeux et objectifs de conservation. 285p.
- Parc national de Port-Cros (2020b). Document d'objectifs des sites Natura 2000 FR9301613 « Rade d'Hyères », FR9310020 « Îles d'Hyères » et FR9312008 « Salins d'Hyères et des Pesquiers ». Tome 1 : Diagnostic, enjeux et objectifs de conservation. Fiche descriptive des espèces et des habitats terrestres d'intérêt communautaire. 202p.
- Parc national des Calanques (2016). Document d'objectifs du site Natura 2000 FR9301602 « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet ». Annexe 1 : Fiches descriptives des habitats et espèces d'intérêt communautaire. 324p.
- Perena Ortiz, J.F.P. (2018). Valor patrimonial y estado de conservación de hábitats litorales en espacios naturales protegidos del Sur de España. Modelos de gestión. Université de Malaga. 135p.
- Pescador, D.S., Chacón-Labela, J., Vayreda, J., Escudero, A. & Lloret, F. (2019). Identificación de tipos de hábitat de bosque y matorral no representados en las parcelas del Inventario Forestal Nacional y descripción de procedimientos para evaluar su estado de conservación. Serie « Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat ». 31p.
- Peters, J., & von Unger, M. (2017). Peatlands in the EU Regulatory Environment. Federal Agency for Nature Conservation. 103p.
- Peterson, B.G., Carl, P., Boudt, K., Bennett, R., Ulrich, J., Zivot, E., Cornilly, D., Hung, E., Lestel, M., Balkissoon K., Wuertz, D., Christidis, A.A., Martin, R.D., Zhou, Z.Z. & Shea, J.M. (2020). PerformanceAnalytics: Econometric tools for performance and risk analysis. <https://cran.rproject.org/web/packages/PerformanceAnalytics/index.html>. Consulté le 1 août 2022.
- Rameau, J.C., Gauberville, C. & Drapier, N. (2000). Gestion forestière et diversité biologique. Identification et gestion intégrée des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. France (Domaine atlantique). ENGREF, ONF, IDF. 119p.
- Reich, M. (2019). Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire, à l'échelle des sites Natura 2000 : « Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* » (UE 7210*) et « Formations pionnières alpines du *Caricion bicoloris - atrofuscae* » (UE 7240*). UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN, Université Grenoble-Alpes. 44p.

- Richeux, M. (2012). État de conservation des lagunes de la façade atlantique française. SPN – MNHN, Université de La Rochelle. 58p.
- Rodriguez-Pérez, J. & Traveset, A. (2009). 5320 : Formaciones bajas de *Euphorbia pythusa* próximas a acantilados. 56p.
- RStudio (2022). RStudio Desktop. <https://www.rstudio.com>. Consulté le 10 août 2022.
- Saatkamp, A., Falzon, N., Argagnon, O., Noble, V., Dutoit, T. & Meineri, E. (2022). Calibrating ecological indicator values and niche width for a Mediterranean flora. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 1–11.
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M. & Kitagawa, G. (1986). *Akaike Information Criterion Statistics*. D. Reidel Publishing Company. 290p.
- Sirvent, L. & Argagnon, O. (2018). Indicateurs de l'état de conservation des habitats dunaires méditerranéens. Rapport d'étude. CBNMED. 115p.
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C. & Tschardtke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83(5), 1421–1432.
- Strumia, S., Buonanno, M., Aronne, G., Santo, A. & Santangelo, A. (2020). Monitoring of plant species and communities on coastal cliffs: Is the use of unmanned aerial vehicles suitable? *Diversity*, 12, 16p.
- Tashev, A. N., Vitkova, A.A. & Alexandrova, A.V. (2018). Floristic composition and current state of non-forest natural habitats in Natura 2000 protected sites « Kamchia » (BG0000116) and « Shkorpilovtsi Beach » (BG0000100). *Acta Zoologica Bulgarica Suppl.* 11, 75–80.
- Taylor, P. D. & Merriam, G. (1996). Habitat fragmentation and parasitism of a forest damselfly. *Landscape Ecology*, 11(3), 181–189.
- ter Steege, H., Pitman, N.C.A., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Peres, C.A., Guevara, J.E., Salomão, R.P., Castilho, C.V., Amaral, I.L., de Almeida Matos, F D., de Souza Coelho, L., Magnusson, W.E., Phillips, O.L., de Andrade Lima Filho, D., de Jesus Veiga Carim, M., Irueme, M.V., Martins, M.P., Molino, J.F., Sabatier, D., & al. (2015). Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Science Advances*, 10p.
- The R Foundation (2020). The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>. Consulté le 10 août 2022.
- Thomas, J.A. (2016). Butterfly communities under threat. *Science*, 353, 216–218.
- Tomasella, M., Vidali, M., Oriolo, G., Poldini, L., Comin, S., & Giorgi, R. (2007). Valutazione della qualità degli habitat della costa sedimentaria (Laguna di Marano e Grado) e della costa a falesie (Costiera triestina) : Applicazione del metodo EsAmbl. *Fitosociologia*, 44(1), 17–31.

- Udvardy, M., D., F. (1975). A Classification of the Biogeographical Provinces of the World. *IUCN Occasional Paper* 18, 48p.
- UMS PatriNat (2019). Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne.
- Ville d'Antibes Juan-les-Pins (2014). Document d'objectifs du site Natura 2000 FR9301573 « Baie et Cap d'Antibes - Iles de Lérins ». Tomes 1 et 2 : « Note de synthèse ». 44p.
- Viry, D. (2013a). État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. SPN – MNHN. 83p.
- Viry, D. (2013b). État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 1. SPN – MNHN. 33p.
- Wettstein, W. & Schmid, B. (1999). Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: Effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology*, 36(3), 363–373.
- Woodley, S. & Kay, J. (1993). *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. Ed. Taylor & Francis. 221p.

PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel
Jardin des Plantes
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris
www.patrinat.fr

