

Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude

Le cas de la réserve naturelle nationale de Nohèdes



Mémoire de fin d'études

Claire Binnert

19^e promotion, 2008 – 2012

Août 2012

PAGE DE CONVERTURE : illustration personnelle.

Sauf mention contraire, toutes les photographies du mémoire sont de l'auteur.

Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude.

Le cas de la réserve naturelle nationale de Nohèdes.

Mémoire de fin d'études

Responsable du stage : Maria Martin

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-ENGREF	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude. Le cas de la réserve naturelle nationale de Nohèdes.	Mots clés : zones humides, état de conservation, réserve naturelle de Nohèdes
AUTEUR(S) : Claire Binnert	Promotion : 19 ^e
Caractéristiques : 1 volume ; 110 pages ; 20 figures ; 8 annexes dont 3 cartes ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Réserve naturelle nationale de Nohèdes 66500 Nohèdes Nom du responsable : Maria Martin Fonction : technicienne		
Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long) : Damien Marage		
Tronc commun <input type="checkbox"/> Option <input type="checkbox"/> D. d'approfondissement <input checked="" type="checkbox"/>	Stage en entreprise <input type="checkbox"/> Stage à l'étranger <input type="checkbox"/> Stage fin d'études <input checked="" type="checkbox"/> Date de remise : 31/08/2012	Autre <input type="checkbox"/>

SUITE À DONNER (réservé au service des études)

- Consultable et diffusable
- Confidentiel de façon permanente
- Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

Résumé

Les zones humides d'altitude abritent un patrimoine naturel d'une richesse exceptionnelle. La réserve naturelle nationale de Nohèdes a souhaité mettre en place une stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des complexes tourbeux de son territoire afin de mieux comprendre leur évolution face aux pressions qu'elles subissent. Ce mémoire présente une méthode d'évaluation et de suivi adaptée aux particularités des zones humides de montagne ainsi qu'aux objectifs de la réserve naturelle en terme d'évaluation des milieux qu'elle protège. La méthode a été construite à partir des données récoltées à Nohèdes, mais reste néanmoins très modulable et peut s'adapter à d'autres contextes.

Summary

Mountain wetlands are home of an extraordinary richness of species. The *réserve naturelle nationale* of Nohèdes wants to build a tool, in order to better understand their natural dynamics and the environmental constraints. A strategy on state of conservation assessment and monitoring for wetlands in its territory has thereby been built. This report presents a suitable method for an assessment and a monitoring of mountain wetlands, in a natural reserve. The method has been built based on Nohèdes data, however it remains suitable for other type of wetlands or other geographical contexts.

Remerciements

Ces six mois de stage ont été l'occasion de rencontres et d'échanges très enrichissants. Je tiens à remercier sincèrement...

... Maria Martin, responsable de mon stage, toujours disponible et de bonne humeur, elle m'a soutenue et guidée tout au long du stage ;

... Alain Mangeot, Olivier Salvador et Jeanet Decker, qui m'ont accueillie chaleureusement à la réserve naturelle de Nohèdes et qui par leur attention ont rendu agréable le quotidien à la maison de la réserve ;

... Damien Marage, correspondant de stage pour l'école, qui m'a suivie d'un peu plus loin, mais qui, malgré cela, a répondu à mes interrogations techniques ;

... les experts et gestionnaires, Olivier Argagnon, Jérémy Beaumes, Jacques Borrut, Romain Bouteloup, Karine Chevrot, Pascal Gaultier, Pierre Goubet, Tatiana Guionnet, Vincent Hugonnot, Sandra Mendez, David Morichon, Céline Quélenec, Sergi Riba et Antoine Ségalen, qui m'ont accompagnée sur le terrain, et qui m'ont fait profiter, par leurs conseils et remarques avisés, de leur expérience ;

... tout le personnel des réserves naturelles catalanes, toujours disponible, qui m'a permis de faire ce stage dans de bonnes conditions et de découvrir les multiples missions des réserves ;

... mes collègues stagiaires, Adeline, Aliénor, David, Lucile et Nina, compagnons de terrain ou de galère devant l'ordinateur, avec qui j'ai profité du petit bout de paradis qu'est Nohèdes, toujours autour de brioches, cannelés ou autres gourmandises ;

... tous ceux qui ont relu ce rapport, leur regard acéré et leur sens de la perfection ont contribué à éliminer bon nombre d'erreurs et à éclaircir mes propos ;

... tous ceux, enfin, que je n'ai pas nommés, mais qui m'ont accompagnée de près ou de loin pendant le stage et qui ont, eux aussi, contribué à sa réussite.

Table des matières

Index des sigles	8
Introduction	9
A. Contexte et objectifs de l'étude	11
A.1. La réserve naturelle nationale de Nohèdes	11
1.1. Une réserve naturelle au cœur des Pyrénées-Orientales	11
1.2. Histoire de la création de la réserve	11
1.3. L'AGRNN et la FRNC, une gestion commune de la réserve	12
1.4. Un climat aux influences variées	12
1.4.1. Un climat départemental méditerranéen	12
1.4.2. Des caractéristiques montagnardes périméditerranéennes à Nohèdes	12
1.5. Une géologie diversifiée, résultat d'une histoire mouvementée	12
1.6. Une réseau hydrologique au fonctionnement complexe	13
1.7. Un patrimoine naturel exceptionnel	13
A.2. L'évaluation de l'état de conservation, un grand chantier en cours	14
2.1. Une évaluation réglementaire à l'échelle européenne	14
2.2. Des méthodologies testées ou en cours d'élaboration	14
2.2.1. Au sein du réseau Natura 2000	14
2.2.2. Dans le réseau des réserves naturelles	14
2.2.3. Du côté du conservatoire des espaces naturels	15
2.2.4. RhoMéO, programme de préfiguration d'un observatoire des zones humides	15
2.2.5. Et à Nohèdes...	15
A.3. Des besoins spécifiques à la RN de Nohèdes motivant la réalisation d'une étude particulière	15
3.1. Les zones humides, des milieux à forts enjeux	15
3.1.1. Qu'est-ce qu'une zone humide ?	15
3.1.2. Des zones sensibles soumises à de fortes contraintes	17
3.1.3. Des lois pour protéger ce patrimoine	18
3.2. Les zones humides de la réserve de Nohèdes	18
3.2.1. Inventaires existants	18
3.2.2. Des complexes tourbeux d'altitude peu soumis aux pressions anthropiques	19
3.3. État actuel de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides à Nohèdes	20
3.4. Objectifs de l'étude	20
3.5. Une stratégie pour la mise au point du suivi	21
A.4. Les étapes de l'étude	22
B. Élaboration du protocole d'évaluation et de suivi de l'état de conservation	22
B.1. Définitions des concepts de l'évaluation	22
1.1. État de conservation d'un habitat naturel	22
1.1.1. Définitions	22
1.1.2. État initial ou état de référence	23
1.2. La typicité des espèces, une notion discutée	24
B.2. Mise en place du jeu d'indicateurs	25
2.1. Définition de « l'indicateur »	25
2.1.1. Caractéristiques d'un bon indicateur	25
2.1.2. Trois paramètres essentiels : composition, structure, fonctions	26
2.1.3. Une étude de l'écosystème à différentes échelles	26
2.2. Des indicateurs à tester	27
2.2.1. Indicateurs de composition	28
2.2.2. Indicateurs de structure	30
2.2.3. Indicateurs de processus	32

2.2.4. Des indicateurs parfois utilisés mais non retenus dans ce travail	33
2.2.5. Synthèse des indicateurs relevés sur le terrain	33
2.3. Les données de contexte, précieux renseignements sur les causes de modifications du milieu	34
2.3.1. Les données météorologiques, variables explicatives potentielles de l'assèchement de zones humides	34
2.3.2. Une veille à assurer autour des activités humaines	34
2.3.3. La reconquête de la forêt sur des milieux en déprise	35
B.3. Première phase terrain : caractérisation des zones humides.....	35
3.1. Plan d'échantillonnage et saison de terrain	35
3.1.1. Choix des zones à enjeux sur lesquelles baser l'étude	35
3.1.2. Une saison de terrain dépendante de l'enneigement tardif de la haute vallée	37
3.2. Collecte des données	37
3.2.1. Délimitation de la zone humide	37
3.2.2. Fiches de relevé	38
3.2.3. Nouvel inventaire des zones humides de la haute vallée	39
B.4. Méthode d'analyse des données.....	39
4.1. Des outils statistiques pour faciliter l'interprétation des données	39
4.2. Étude des valences écologiques	40
4.2.1. Tri des données floristiques	40
4.2.2. Établissement des correspondances taxonomiques	40
4.3. Méthode de détermination des valeurs seuils	40
B.5. Des indicateurs à valider et conforter par des études spécifiques.....	41
5.1. Synthèse des caractéristiques de chaque indicateur	41
5.2. Études particulières à envisager pour valider les indicateurs retenus	41
C. Évaluation de l'état de conservation des zones humides de Nohèdes.....	42
C.1. L'état des zones humides de Nohèdes.....	42
1.1. Type de formations et dynamiques rencontrées	43
1.1.1. Typologie des zones humides	43
1.1.2. Position au sein de la dynamique des tourbières	45
1.2. Définition des valeurs seuils à partir des gradients couverts par les indicateurs	46
1.3. Première analyse des valences écologiques des cortèges floristiques	50
1.3.1. La distribution des valences diffère selon les habitats	50
1.3.2. La distribution des valences n'est pas significativement différente selon les zones humides ou leur état de conservation	52
1.4. Grille d'évaluation	52
C.2. Une note synthétique de l'état de conservation des zones humides.....	53
2.1. Un radar pour chaque zone	53
2.2. Attribution d'une note d'état synthétique de l'état de conservation à chaque zone	54
2.2.1. Trois niveaux pour qualifier l'état de conservation	54
2.2.2. Principe de calcul de la note finale	54
C.3. Résultats et analyse.....	55
3.1. L'état de conservation des différentes zones humides	55
3.2. Un calcul cohérent avec l'état de conservation évalué sur le terrain	56
3.2.1. Évaluation de l'état de conservation sur le terrain et analyse	56
3.2.2. Comparaison avec l'état de conservation calculé	56
D. Mise en place de la stratégie de suivi.....	58
D.1. Suivi des zones humides représentatives de la RN de Nohèdes.....	58
1.1. Un échantillonnage représentatif mais aussi adapté aux contraintes du gestionnaire	58
1.2. Des zones choisies pour représenter au mieux la variabilité des situations	58
D.2. Rappel des objectifs du suivi.....	58
D.3. Des protocoles adaptés qui répondent aux attentes du suivi.....	59
3.1. Relevé des données de la zone humide	59

3.2. Inventaire floristique	59
3.3. Relevé des données pédologiques	61
D.4. Gestion des données récoltées.....	61
4.1. Création d'une base de données de saisie et calcul de l'état de conservation	62
4.2. Stockage des données	62
D.5. Fréquence de suivi.....	62
E. Discussion et perspectives.....	62
E.1. Limites et perspectives de l'étude.....	62
1.1. Comment utiliser les valences écologiques ?	62
1.2. L'état de conservation est-il soumis aux objectifs de gestion ?	63
1.3. Quelles sont les perspectives d'application de la méthode dans d'autres contextes ?	64
1.3.1. Application à d'autres contextes géographiques	64
1.3.2. Application à d'autres habitats	64
1.3.3. Potentiels de mise en place de la méthode et du suivi dans les autres structures du territoire	65
1.4. Quelles sont les possibilités pour l'intégration des résultats dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des sites Natura 2000 ?	65
E.2. Sur quels autres bioindicateurs se pencher ?.....	65
2.1. Les Bryophytes, un groupe difficile d'accès mais constituant majeur des zones humides	66
2.2. Les Orthoptères, des indicateurs de structure et d'humidité	66
2.3. Les Rhopalocères, des indicateurs de l'anthropisation et de la fragmentation du milieu	67
2.4. Les Syrphes, un groupe dont l'écologie est bien connue	67
2.5. Les Odonates, des bioindicateurs controversés	67
2.6. La microfaune du sol, un monde plein de promesses encore à explorer	68
Conclusion.....	69
Bibliographie.....	70
Coordonnées des contacts.....	73
Annexe 1. Localisation des zones humides de la RN de Nohèdes.....	77
Annexe 2. Compte-rendu de la journée d'échange technique sur l'évaluation de l'état de conservation des zones humides.....	81
Annexe 3. Signification des valences de Julve.....	87
Annexe 4. Fiches de relevé pour la première phase de terrain.....	91
Annexe 5. Extraits des analyses statistiques sous R.....	95
Annexe 6. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes.....	99
Annexe 7. Localisation des zones humides sélectionnées pour le suivi à long terme de leur état de conservation.....	105
Annexe 8. Extrait de la fiche de relevé par points de contacts.....	109

Table des figures, tableaux et illustrations

Figures

Figure 1. Localisation des réserves naturelles des Pyrénées-Orientales.....	12
Figure 2. Carte de répartition des types dominants de tourbières en Europe	18
Figure 3. Les différentes étapes de la mise au point de la stratégie pour le suivi de l'état de conservation des zones humides de la réserve de Nohèdes.....	23
Figure 4. Système de hiérarchisation écologique : une représentation triangulaire des caractéristiques de composition, structure et fonction.....	28
Figure 5. Délimitation des zones à partir des traces relevées au GPS et d'un lissage sur ArcGIS.....	44
Figure 6. Typologie des différentes formations tourbeuses de montagne.....	55
Figure 7. Répartition des zones selon les types de formations, à gauche, en nombre, à droite en total des surfaces.....	55
Figure 8. Dynamique et diversité de la végétation des tourbières et milieux adjacents de haute montagne	59
Figure 9. Distribution des valeurs de sol nu pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis	61
Figure 10. Distribution des valeurs de proportion de pistes et sentiers pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis.....	61
Figure 11. Distribution des valeurs d'habitats déstructurés pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis	61
Figure 12. Distribution des recouvrements de ligneux bas non typiques pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis.....	63
Figure 13. Distribution des recouvrements de ligneux bas typiques sur les buttes à sphaignes et note d'état selon les seuils définis.....	63
Figure 14. Distribution des valences « humidité édaphique » selon les habitats.....	65
Figure 15. Distribution des valences "nutriments" selon les habitats.....	66
Figure 16 . Exemple d'un radar représentant les notes de chaque indicateur pour la zone EST06.	68
Figure 17 . État de conservation des zones selon le type de formation, en nombre et en surface.....	70
Figure 18. Étude de la cohérence entre l'état de conservation donné à dire d'expert ou calculé selon la méthode proposée.....	72
Figure 19. Schéma de disposition des transects dans une zone ovoïde.....	75
Figure 20. Schéma de disposition des transects dans une zone en forme de croissant.....	76

Tableaux

Tableau 1. Liste des habitats humides cartographiés à ce jour dans la réserve naturelle de nohèdes selon la typologie Corine Biotope.....	19
Tableau 2. Quelques exemples des valences renseignées par Julve.....	29
Tableau 3. Synthèse des indicateurs d'évaluation de l'état de conservation à relever lors de la première phase de terrain de l'étude.....	34
Tableau 4. Synthèse des caractéristiques des indicateurs retenus dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation.....	41
Tableau 5. Grille de notation des indicateurs dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de la RN de Nohèdes.....	53

Illustrations

Illustration 1. Déstructuration des buttes de sphaignes.....	30
Illustration 2. Évolution du recouvrement des pins à crochet au Gorg Blau, de 1995 à 2012.....	31
Illustration 3. Signes d'assèchement sur un tapis de sphaignes.....	33
Illustration 4. Une des zones proches du Gorg Estelat, à peine déneigée le 4 juin, sur laquelle on voit encore la végétation de l'année passée.....	37
Illustration 5. Les trois types de formation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes.....	44
Illustration 6. Réalisation de relevés par points de contact le long d'un transect.....	59
Illustration 7. <i>Stetophyma grossum</i>	66

Index des sigles

AGRNN : association gestionnaire de la réserve naturelle de Nohèdes

CBN : conservatoires botaniques nationaux

CEN L-R : conservatoire des espaces naturels de Languedoc-Roussillon

CREN : conservatoire régional des espaces naturels

DDAF : direction départementale de l'agriculture et de la forêt

DHFF : directive « Habitats, Faune, Flore » (92/43/CEE)

EC : état de conservation

FRNC : fédération des réserves naturelles catalanes

MNHN : Muséum national d'histoire naturelle

PNR : parc naturel régional

RN : réserve naturelle

RNC : réserves naturelles catalanes

RNF : réserves naturelles de France

ZNIEFF : zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Introduction

Les zones humides ont longtemps été perçues comme des milieux hostiles, réservoirs de maladies et abritant les esprits maléfiques. Leur ambiance froide, humide et la brume qui s'y dépose, silencieuse et impénétrable, contribuent à renforcer l'image d'un milieu de désolation et inhospitalier. Au Moyen Âge et jusqu'à la Renaissance, ces milieux sont des symboles de mort et d'engloutissement (Sacca et Porteret, 2012). De nombreux sacrifices ont d'ailleurs eu lieu dans les tourbières du nord de l'Europe, comme en témoignent la découverte de nombreux restes humains. Le ^{xvii}^e siècle a été l'époque de l'assainissement de ces milieux « malsains » qu'il fallait éradiquer. L'intérêt énergétique de la tourbe prévaut au ^{xix}^e siècle, avec la révolution industrielle et ses besoins phénoménaux en sources d'énergie. Depuis 1850 et l'apparition de nouveaux combustibles, cette utilisation diminue progressivement, tandis que l'usage horticole de la tourbe pour l'amendement organique des sols et la production des supports de culture devient alors prépondérant. Aujourd'hui les fonctions associées à ces milieux telles que la régulation des ressources en eau, le stockage de carbone ou encore l'archivage de données paléoclimatiques en renouvellent l'intérêt.

Pourtant, depuis quelques décennies, près de la moitié des tourbières de France a disparu (Manneville *et al.*, 1999). Les causes de dégradation et de destruction sont multiples et de nature variée. Elles peuvent correspondre à des phénomènes naturels tels que les modifications climatiques ou la dynamique de la végétation vers un boisement complet. Elles peuvent aussi correspondre à des causes anthropiques telles que l'abandon d'une activité traditionnelle (fauche, pâturage, etc.), l'apport de fertilisants et de déchets organiques ou encore la modification du fonctionnement hydrologique par détournement de sources ou drainage (Manneville, *opp. cit.*).

À l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques, ces zones abritent un patrimoine naturel remarquable. Leur prise en compte dans les politiques de protection de l'environnement est apparue depuis l'adoption de la convention de Ramsar en 1971, traité international sur la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides. À l'échelle européenne, la plupart des habitats humides sont classés comme habitats d'intérêt communautaire ou habitats prioritaires par la directive Habitats, Faune, Flore de 1992. La directive introduit également la notion d'état de conservation et demande aux États européens de maintenir ou d'améliorer l'état de conservation de ces habitats d'intérêt communautaire. La définition de l'état de conservation n'est cependant pas explicitée par le texte et fait encore débat.

Ainsi, depuis quelques années, différentes structures ont mis en place des groupes de travail sur la question de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides. Différentes méthodologies d'évaluation, répondant à des objectifs variés, sont en cours d'élaboration. Citons par exemple l'équipe du Muséum national d'histoire naturelle qui met au point des méthodologies d'évaluation par grands types d'habitats dans le but de répondre à la demande nationale et européenne d'évaluation de ses sites. Les réseaux de gestionnaires, tels que les conservatoires d'espaces naturels et le réseau Réserves naturelles de France, travaillent également sur le sujet.

La réserve naturelle de Nohèdes, située au cœur des Pyrénées-Orientales, abrite un patrimoine naturel exceptionnel. Les zones humides y sont abondantes : il s'agit de complexes tourbeux, caractérisés par leur petite taille (moins d'un hectare) et localisés de façon fragmentaire dans le paysage. Le contexte particulier de la réserve, située à la croisée de diverses influences climatiques, dont la méditerranéenne, expose les zones humides à de fortes contraintes hydriques et thermiques, d'autant plus que ce type de milieux se trouve, dans les Pyrénées, à la limite méridionale de son aire de répartition. Consciente de sa forte responsabilité vis-à-vis de ces milieux sensibles, la réserve naturelle de Nohèdes a ressenti le besoin de

mettre en place prioritairement une méthode de suivi de l'état de conservation des zones humides présentes sur son territoire. Elle permettra à la fois de fixer une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation de ces milieux, mais aussi de suivre leur évolution.

Ce rapport fait la synthèse des méthodes et des résultats du travail effectué lors d'un stage de fin d'études d'une durée de six mois et dont l'objet est de répondre à la question suivante : quelle stratégie adopter pour l'évaluation et le suivi de l'état de conservation des zones humides à plus forts enjeux de la réserve naturelle de Nohèdes ?

La première partie présente les caractéristiques et particularités des zones humides dans la réserve naturelle de Nohèdes. Elle aborde la notion d'état de conservation et les travaux actuels sur le sujet. Nous nous attacherons par la suite à développer les méthodes sur lesquelles nous nous sommes basés dans l'étude, tant pour le choix des indicateurs à intégrer dans l'évaluation que pour la phase de récolte des données sur le terrain. Les résultats des inventaires de terrain ainsi que l'évaluation de l'état de conservation des zones humides sont analysés dans la partie C, tandis que la partie D présente la mise en place du suivi à long terme de cet état de conservation. Enfin, la dernière partie sera l'occasion d'étudier les perspectives d'intégration d'autres indicateurs à la méthode et de revenir sur les limites de la méthode.

1.3. L'AGRNN et la FRNC, une gestion commune de la réserve

L'organisme de gestion locale de la RN est l'association gestionnaire de la réserve naturelle de Nohèdes (AGRNN). Son conseil d'administration est composé de cinq élus municipaux et six associés, et assure la définition des objectifs de gestion de la RN.

Depuis 1991, les réserves naturelles catalanes (RNC) sont regroupées au sein de la fédération des réserves naturelles catalanes (FRNC) qui assure la définition du schéma de coordination scientifique, du schéma fédéral de communication ainsi que de la charte graphique. Les missions de police et de surveillance, la gestion financière et la gestion cartographique sont mutualisées, garantissant une meilleure cohérence et rationalisation scientifique, l'établissement de bases de données communes et le renforcement de l'image des réserves auprès du public. Le rôle de l'AGRNN est ainsi complémentaire de celui de la FRNC en permettant la prise en compte des contextes social, économique et naturel particuliers à la commune de Nohèdes.

1.4. Un climat aux influences variées

1.4.1. Un climat départemental méditerranéen

Le climat du département des Pyrénées-Orientales est méditerranéen. Il est caractérisé par une forte irrégularité interannuelle en matière de précipitations avec deux maxima, en automne et au printemps, et deux minima, en été et en hiver. Il en résulte une forte sécheresse atmosphérique et un fort ensoleillement (plus de 2 500 heures par an et moins de 90 jours de pluie par an). Le climat présente également un fort contraste dû aux reliefs. Les montagnes sont les zones les plus nuageuses et les plus arrosées avec parfois plus de 1 500 mm par an. Elles restent bien enneigées malgré les redoux fréquents qui rendent le manteau inégal.

1.4.2. Des caractéristiques montagnardes périméditerranéennes à Nohèdes

Les stations de Météo-France relèvent les données de précipitations et températures à Nohèdes (970 m) et Olette (615 m). La réserve naturelle présente un gradient altitudinal important de presque 2 000 m et une grande variété d'expositions. Cette diversité topoclimatique confère à l'ensemble de la réserve une multitude de microclimats qui restent mal connus et difficiles à évaluer.

À Nohèdes, la moyenne des températures moyennes annuelles est de 10,0 °C (période 1985 – 2004). Le nombre moyen annuel de jours de gel est d'une cinquantaine par an. Au village, les précipitations moyennes pour la période 1960 – 2006 s'élèvent à 762 mm par an. Il pleut en moyenne 92,3 jours par an. Les précipitations, parfois abondantes et violentes sur de courtes durées, désignent le climat nohèdois comme un climat montagnard périméditerranéen.

Le diagramme ombrothermique ne montre aucune période de sécheresse. Cependant les conditions d'exposition et de pente accentuent l'évapotranspiration et le ruissellement et on peut admettre qu'une partie de l'adret est soumise à une période de sécheresse d'origine topographique.

1.5. Une géologie diversifiée, résultat d'une histoire mouvementée

La géologie de la réserve naturelle de Nohèdes est particulièrement diversifiée et explique en partie la richesse écologique exceptionnelle de la vallée. Quatre formations principales peuvent être identifiées :

- calcaire du Paléozoïque au sud-est sur le massif du mont Coronat ;
- schistes du Paléozoïque dans la partie centrale ;

- granites et autres formations plutoniques hercyniennes dans la partie sommitale de la réserve ;
- dépôts glaciaires granitiques, qui constituent notamment la moraine de *Montellà*.

Leur coexistence résulte de l'histoire mouvementée de toute la chaîne pyrénéenne qui s'étale sur plus de 500 millions d'années (M.A) et dont les principaux événements structurants sont les orogénèses hercynienne (environ -300 M.A.) et alpine (entre -50 et -40 M.A.). Par ailleurs, le modelé glaciaire est à l'origine des moraines et des verrous de la haute vallée. Ce sont ces derniers qui déterminent la présence des lacs et des zones humides sur le massif.

1.6. Une réseau hydrologique au fonctionnement complexe

La RN s'étend autour d'une vallée principale : la vallée de Nohèdes au fond de laquelle coule la rivière de Nohèdes. Cette dernière prend sa source en amont du *Gorg Blau* et traverse le *Gorg Estelat* et l'*Estany del Clot* au cours de sa descente dans la vallée. Son régime varie selon la topographie qu'elle rencontre : de torrentiel dans les zones raides, la rivière ralentit et présente des anastomoses dans les zones plus plates (*Pla del Gorg, Pla del Mig*). La rivière est en interaction constante avec les zones humides associées, soit en les alimentant directement, soit en profitant de « l'effet éponge » qu'elles induisent.

Le fonctionnement du réseau karstique du mont Coronat est complexe et peu connu. Des sources et résurgences viennent alimenter la rivière en contrebas, certaines de façon permanente, d'autres temporairement, en fonction de la période de l'année.

1.7. Un patrimoine naturel exceptionnel

Plusieurs facteurs sont à l'origine de la richesse exceptionnelle en habitats et en espèces remarquables de la réserve. La vallée est orientée selon un axe est-ouest et présente de fortes pentes ce qui fait qu'elle présente des expositions nord et sud favorables à une grande diversité de milieux. S'ajoutent à cela une diversité de substrats géologiques et un gradient altitudinal important. Enfin, par sa localisation méridionale et montagnarde, la vallée a été une zone refuge durant toute la période glaciaire, puis à l'époque actuelle, pour différentes espèces. La réserve est d'ailleurs incluse dans le site Natura 2000 du Madres-Coronat, qui s'étend lui sur 21 400 ha.

La végétation de la réserve se répartit de la façon suivante :

- la partie sud de la réserve, comprenant le versant nord du mont Coronat et la moraine de *Montellà* est essentiellement forestière et l'on y rencontre d'ailleurs plusieurs types de forêts ainsi que divers étages de végétation : des forêts supra-méditerranéennes aux forêts montagnardes. Elle comprend aussi des éboulis et escarpements rocheux (calcaires sur le mont Coronat, granitiques à *Montellà*)
- La partie nord s'étend du *Coll de Portus-Montellà* aux sommets de la réserve en comprenant les étangs et les cirques. Elle est principalement composée de landes, de pelouses subalpines, d'éboulis et de parois rocheuses granitiques pour la plupart.

Parmi les espèces remarquables de la RN, on note l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*) et le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), le Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*), l'Euprocte des Pyrénées (*Calotriton asper*) ou encore l'Alysson des Pyrénées (*Hormathophylla pyrenaica*), sous-arbrisseau dont l'unique station connue au monde se trouve dans la RN.

Du point de vue des communautés végétales, on constate que quatre habitats humides font partie des dix premiers habitats en termes d'enjeux de conservation cités dans le plan de gestion. Ils sont regroupés sous

l'intitulé « Tourbières hautes actives » 7110* (habitat d'intérêt communautaire prioritaire) dans la nomenclature EUR15. Ces habitats sont fragiles et l'équipe de la RN a souligné l'importance de leur conservation par la mise en place d'une gestion appropriée. Elle a ainsi émis le besoin de mettre en place un suivi de l'état de conservation de ces zones au sein de la réserve.

A.2. L'évaluation de l'état de conservation, un grand chantier en cours

2.1. Une évaluation réglementaire à l'échelle européenne

La publication en 1992 de la directive « Habitats, Faune, Flore » 92/43/CEE (DHFF) confère une valeur juridique à la conservation des milieux naturels. La directive introduit la notion d'état de conservation (EC) et engage chaque État membre à maintenir ou à rétablir les habitats et espèces d'intérêt communautaire dans un état de conservation favorable, afin de garantir le maintien de la biodiversité. Tous les six ans (art. 17), la France doit fournir un rapport de l'EC de ses habitats et espèces d'intérêt communautaire par zone biogéographique, ce dernier est compilé par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN).

2.2. Des méthodologies testées ou en cours d'élaboration

2.2.1. Au sein du réseau Natura 2000

En France, l'évaluation est réalisée par les gestionnaires des sites Natura 2000, puis les données sont intégrées par territoire biogéographique. Afin de garantir la cohérence de l'évaluation, l'équipe du MNHN s'est penchée sur la définition de méthodologies d'évaluation standardisées par grands types d'habitats. Ainsi, il existe aujourd'hui des méthodologies développées pour les habitats forestiers, les habitats marins, les habitats dunaires non boisés du littoral atlantique et les habitats agropastoraux² ; une méthodologie sur les habitats humides est en cours d'élaboration mais les habitats tourbeux n'ont pas encore fait l'objet d'une étude particulière. Déclinées selon les grands types d'habitats, ces nouvelles méthodes restent très générales et peu adaptées à l'échelle locale. Elles répondent à des objectifs européens et nationaux mais n'offrent pas un outil utilisable de façon immédiate par les gestionnaires.

2.2.2. Dans le réseau des réserves naturelles

Par ailleurs, dans une optique de maintien ou de rétablissement de l'état de conservation de leurs habitats, les réserves naturelles ont également ressenti le besoin de mettre au point des méthodes d'évaluation permettant d'assurer le suivi des actions de gestion menées en faveur de la conservation des sites. Depuis quelques années, plusieurs gestionnaires expérimentent des méthodes diverses à l'échelle locale. Toutes ces expériences sont intégrées dans les réflexions autour de l'élaboration d'une méthodologie standardisée à une plus large échelle. Ainsi le réseau Réserves naturelles de France (RNF) a mis en place des groupes de travail sur l'évaluation de l'état de conservation des habitats. Ces derniers regroupent des gestionnaires qui expérimentent diverses méthodes d'évaluation, en partenariat avec les conservatoires régionaux d'espaces naturels (CREN), mais aussi avec les conservatoires botaniques nationaux (CBN) et le MNHN. À terme, l'objectif est de produire des grilles d'évaluation de l'EC à l'échelle de chaque réserve naturelle par grands types de milieux.

² Disponibles sur le site du MNHN : <http://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/natura2000/evaluation>

2.2.3. Du côté du conservatoire des espaces naturels

D'autres organismes travaillent également sur le sujet. Le conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon (CEN L-R) a mis au point une méthode pour le parc national des Cévennes en 2007 (Kleszczewski, 2007). La méthode présente des fiches de notation par groupes d'habitats. Elle a le grand avantage d'être directement utilisable sur le terrain par le gestionnaire et est d'ailleurs appliquée pour l'évaluation des habitats naturels d'intérêt communautaires contractualisés en Lozère. Elle présente malheureusement des limites d'application dans le contexte de la RN de Nohèdes : l'évaluation est réalisée à l'échelle de l'habitat ce qui nous paraît peu adapté au cas des zones humides formant bien souvent des mosaïques d'habitats étroitement imbriqués. De plus, les modalités correspondant au bon ou mauvais EC sont très sensibles aux conditions locales et peu adaptées aux sites de Nohèdes.

2.2.4. RhoMéO, programme de préfiguration d'un observatoire des zones humides

Nous pouvons également citer ici le programme RhoMéO de mise en œuvre d'un observatoire de l'évolution du bon état des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Le programme associe gestionnaires et chercheurs dans le but de construire des méthodes de suivi de l'état des zones humides à l'échelle du bassin. Il a débuté en 2009 dans la région Rhône-Alpes et s'est étendu depuis à tout le bassin jusqu'au Languedoc-Roussillon. Il arrive à terme à la fin de l'année 2012 et un séminaire de présentation des résultats devrait se dérouler début 2013.

2.2.5. Et à Nohèdes...

Ce rapport s'appuie pour une grande partie sur les travaux (en cours ou publiés) présentés précédemment. En effet, il a semblé important de mettre au point une méthode cohérente avec les dernières réflexions menées sur l'évaluation de l'EC. Le stage a ainsi été l'occasion de réunir plusieurs experts et gestionnaires lors d'une journée d'échange technique sur les zones humides dont le compte-rendu est fourni en annexe 2. La participation aux « 2^{es} Rencontres tourbières en Rhône-Alpes » les 4 et 5 juillet 2012 dans l'Ain nous a donné l'occasion de rencontrer les acteurs rhônalpins et les chercheurs s'intéressant au sujet. Enfin, la participation à un relevé floristique et hydrologique selon le protocole RhoMéO avec Romain Bouteloup (CEN L-R) à Formiguères, nous a permis de nous rendre compte précisément des avantages et limites du protocole proposé.

Tous ces échanges ont été riches et nous ont permis d'affiner la méthode de travail, de valider les hypothèses et décisions prises et d'inscrire l'étude dans la continuité des travaux actuels.

A.3. Des besoins spécifiques à la RN de Nohèdes motivant la réalisation d'une étude particulière

3.1. Les zones humides, des milieux à forts enjeux

3.1.1. Qu'est-ce qu'une zone humide ?

Une zone où l'eau est le principal facteur régissant le milieu

Deux dispositifs législatifs français concernant la conservation de ces milieux en donnent chacun une définition :

- « Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (Convention de Ramsar, ratifiée par la France en 1986 [J.O. 26/02/87], art. 1).
- « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (Loi sur l'eau, 1992, [J.O. 04/01/92], art. 2, codifiée au Code de l'Environnement art. L. 211-1, I, 1°).

Les multiples intérêts de la protection de ces milieux

Les zones humides, par leur fonctionnement très particulier, sont des milieux dont les intérêts sont multiples et très divers (Manneville *et al.*, 1999) :

- intérêt écologique : ce sont des milieux souvent frais à froids où l'humidité est une composante majeure, elles abritent de nombreuses espèces et habitats spécialisés et/ou rares et souvent en limite d'aire biogéographique ;
- intérêt historique : par la conservation de la matière organique au cours du temps, ces zones sont comparables à des machines à remonter le temps et sont des témoins du climat, de la végétation et des évolutions des pratiques anthropiques passées, révélés aujourd'hui grâce à la palynologie et l'étude des macro-restes ;
- intérêt fonctionnel : ces zones sont parfois comparées à des éponges car elles ont une capacité très importante à se gorger d'eau. Selon les types de zones humides, elles peuvent jouer un rôle important dans l'étalement des crues et le soutien à l'étiage en période de sécheresse. Elles ont également un rôle de filtration et rétention des polluants par la tourbe ou les roselières.

3.1.2. Des zones sensibles soumises à de fortes contraintes

Les zones humides de la RN de Nohèdes sont majoritairement des complexes tourbeux qui possèdent, par nature, une disjonction de répartition. Par ailleurs, elles se trouvent, dans les Pyrénées-Orientales, en limite d'aire biogéographique. On y retrouve en effet de nombreuses espèces d'affinité boréale ou arctique qui sont des reliques des périodes glaciaires et des espèces eurosibériennes qui sont en limite d'aire de répartition. Actuellement, la répartition des tourbières est liée aux grandes zones climatiques, ce sont les zones boréales et tempérées fraîches et la zone des climats tropical humide et équatorial qui accueillent la majorité des tourbières dans le monde. À l'échelle de l'Europe, les régions méditerranéennes n'ont que de très rares tourbières minérotrophes. Les tourbières trouvent néanmoins refuge dans les régions montagneuses, elles sont alors minérotrophes ou ombrotrophes et d'étendue moyenne à faible (voir la figure 2 ci-contre).

CARTE DE RÉPARTITION DES TYPES DOMINANTS DE TOURBIÈRES EN EUROPE
(d'après R. GOODWILLIE et P. OZENDA).



Figure 2. Carte de répartition des types dominants de tourbières en Europe (source : adapté de Manneville et al. (1999))

Les zones tourbeuses à Nohèdes sont représentées par des habitats fragmentaires qui ponctuent la vallée à proximité des cours d'eau. Ces habitats sont soumis, comme partout, aux effets des changements climatiques, qui se traduisent ici par le réchauffement et la diminution de la pluviométrie. Ces contraintes peuvent s'avérer très néfastes pour des milieux aussi sensibles aux variations de disponibilité en eau et dépendants de la fraîcheur ambiante.

3.1.3. Des lois pour protéger ce patrimoine

La convention de Ramsar, adoptée en 1971 en Iran, a pour objet « la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale ». De portée mondiale, la convention encadre les actions nationales et internationales pour la protection des zones humides. En 1992, la loi sur l'eau est adoptée en France, elle a pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau en assurant la préservation des écosystèmes aquatiques et des zones humides. Plus récemment, la directive cadre sur l'eau (2000/60/CE), transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004, précise qu'il faut « prévenir toute dégradation supplémentaire, préserver et améliorer l'état des écosystèmes aquatiques ainsi que, en ce qui concerne leurs besoins en eau, celui des écosystèmes terrestres et des zones humides ». Enfin, le volet « zones humides », de la loi du 24 février 2005, relative au développement des territoires ruraux, propose des mesures concernant la délimitation des zones humides pour l'application de la police de l'eau, la possibilité d'interdire certaines pratiques ainsi que des mesures d'exonération de la taxe sur le foncier non bâti pour certaines zones humides dans le cas d'une gestion favorable (Michelot, 2005).

Par ailleurs, un grand nombre d'espèces inféodées aux milieux humides ainsi que les habitats eux-mêmes ont des statuts de protection nationale ou régionale, ou encore sont déclarés d'intérêt communautaire ou prioritaires par la DHFF. Par exemple, 55 des 437 plantes vasculaires protégées en France vivent essentiellement dans les tourbières et marais (Manneville *et al.*, 1999), et 27 habitats génériques sont déclarés d'intérêt communautaire ou prioritaire dans le tome 3 « *Habitats humides* » des *Cahiers d'habitats* (Bensettiti *et al.*, 2002), sans compter treize autres habitats de forêts alluviales, milieux humides littoraux et prairies humides qui sont décrits dans d'autres *Cahiers*.

3.2. Les zones humides de la réserve de Nohèdes

3.2.1. Inventaires existants

Dans le cadre d'un inventaire des zones tourbeuses du département, initié par la direction départementale de l'agriculture et de la forêt (DDAF) fin 2001 avec le parc naturel régional (PNR) des Pyrénées catalanes, les zones du site Natura 2000 « Madres-Coronat » dont fait partie la RN de Nohèdes ont été décrites et répertoriées (Guionnet, 2005 ; Thomas, 2007). La localisation d'une grande partie des zones humides de la réserve naturelle est donc connue. En revanche l'inventaire s'est focalisé sur les habitats d'intérêt communautaire et les relevés floristiques ont été limités au relevé des espèces patrimoniales présentes dans ces habitats. Jusqu'à cette année, la RN de Nohèdes était en attente de la mise à jour de la base de données « habitats »³ afin de compléter l'inventaire et la cartographie des habitats humides. Maintenant qu'elle est à nouveau opérationnelle, la cartographie des habitats va pouvoir être mise à jour.

L'état de conservation des habitats a également été évalué lors de la réalisation de la cartographie citée précédemment. Depuis la réalisation de l'inventaire (2002-2003), l'état des zones a certainement évolué, de même que les concepts et méthodes d'évaluation de l'état de conservation. L'évaluation qualitative effectuée alors peut servir de support de réflexion et d'état antérieur, mais elle ne permet pas de réelle comparaison de l'évolution de l'état de conservation des habitats.

3 La Base Habitats, créée par la FRNC, contient la cartographie des habitats des RNC

3.2.2. Des complexes tourbeux d'altitude peu soumis aux pressions anthropiques

Typologie des zones humides de la RN

La typologie utilisée pour décrire les habitats humides est celle de Corine Biotope (Bissardon et Guibal, 1997). Cette dernière a l'avantage d'être utilisée par la plupart des gestionnaires et connue de tous. Les habitats humides présents à Nohèdes sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste des habitats humides cartographiés à ce jour dans la réserve naturelle de Nohèdes selon la typologie Corine Biotope. (NC : non communautaires, * : habitat communautaire d'intérêt prioritaire)

Code Corine	Intitulé Corine	Code EUR 15
22.11	Eaux douces oligotrophes pauvres en calcaires	NC
36.312	Pelouses pyrénéo-alpines hygrophiles à Nard raide	6230
37.312	Prairies à Molinie acidiphiles (<i>Junco-Molinion</i>) (37.312)	6410
37.71	Voiles des cours d'eau	NC
37.83	Mégaphorbiaies pyrénéo-ibériques	6430
44.31	Forêts de Frênes et d'Aulnes des ruisselets et des sources	91EO*
51.111	Buttes colorées de Sphaignes	7110*
51.112	Buttes basses et pelouses de Sphaignes vertes	7110*
51.113	Buttes à buissons nains	7110*
51.12 et 51.121	Tourbières basses (Schlenken) et chenaux et cuvettes profondes	7110*
51.2	Tourbières hautes dégradées	7120
53.5	Jonçaie haute	NC
53.2141	Cariçaie à <i>Carex rostrata</i>	NC
54.111	Sources d'eaux douces à bryophytes	NC
54.424	Bas-marais acides pyrénéens à Laiche noire	NC
54.452	Bas-marais acides pyrénéens à <i>Trichophorum cespitosum</i>	NC
54.46	Bas-marais à <i>Eriophorum angustifolium</i>	NC

Localisation

La plupart des zones humides sont situées dans la moyenne et la haute vallée de la RN. Ce sont souvent des mosaïques d'habitats humides, formant un réseau plus ou moins dense entre *Montellà* et le *Gorg Blau*. Un autre petit complexe de tourbières de pente est localisé sur le versant est du *Roc des Miquelets*. Les versants du mont Coronat sont pauvres en zones humides, certainement à cause de leur nature karstique : le réseau hydrologique est principalement souterrain. Seules quelques mégaphorbiaies et végétations de ripisylve sont présentes aux abords des cours d'eau.

Intérêts et perturbations

D'après le tableau 1, neuf des quinze habitats humides présents en RN sont des habitats d'intérêt communautaire dont cinq prioritaires, la plupart sous l'intitulé Natura 2000 « tourbière haute active » (code EUR15 : 7110*). Ces derniers font d'ailleurs partie des habitats à forte valeur patrimoniale au sein de la réserve (AGRNN, 2011). Du point de vue des mosaïques d'habitats, deux zones tourbeuses remarquables situées au *Pla del Gorg* ont été classées parmi les 57 premières tourbières du site Natura 2000 du Madres-Coronat sur les 619 que compte le site (Guionnet, 2005), selon des critères de patrimonialité et de rareté.

L'inventaire et la cartographie des zones humides ont également été l'occasion de relever les perturbations qui menacent ces zones fragiles. Elles sont néanmoins restreintes car les zones se situent en altitude, dans un espace protégé. Il n'y a en effet aucune activité de culture ou de fauche (qui peuvent être selon les cas perturbatrices ou nécessaires à l'entretien du milieu), mais uniquement du pastoralisme et des sentiers de randonnée. Trois perturbations principales ont donc été relevées (Guionnet, 2005) : la colonisation spontanée par les ligneux qui reflète la fermeture progressive des milieux ouverts en réponse à la diminution des pratiques agropastorales traditionnelles (pastoralisme et fauche), la perturbation par passage de sentiers ou de pistes liés au tourisme, au pastoralisme et aux activités cynégétiques, et enfin le piétinement et le décapage de la végétation causés par le surpâturage de certains secteurs. Citons également l'eutrophisation, qui n'a pas été mentionnée comme facteur principal de dégradation mais qui pourrait néanmoins entrer en jeu dans l'évolution actuelle des habitats de la réserve, ainsi que les effets du changement du climat, difficilement quantifiables mais qui ont un impact certain sur le maintien des zones humides. Les autres menaces répertoriées, qui pèsent sur les zones humides de façon générale mais pas forcément dans le contexte étudié ici, sont l'assèchement par modification du régime hydrique en amont et le comblement des sites par des dépôts divers.

3.3. État actuel de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides à Nohèdes

Une première évaluation de l'état de conservation des zones tourbeuses de la RN de Nohèdes a été réalisée en 2003 dans le cadre de la cartographie des habitats du site Natura 2000 « Madres-Coronat ». L'évaluation s'est basée principalement sur le dire d'expert des phytosociologues qui ont effectué la cartographie. Bien qu'elle ait une valeur certaine, le gestionnaire de la RN regrette le fait qu'elle ne permette pas un suivi dans le temps de l'état de conservation de ces zones par manque de critères quantitatifs dans l'évaluation.

Le gestionnaire a donc exprimé le besoin d'évaluer les états de conservation des habitats selon une méthodologie basée le plus possible sur des critères quantitatifs afin de s'affranchir du dire d'expert et d'assurer le suivi de ces zones ainsi que des effets d'éventuelles actions de gestion. La méthodologie doit consister en un outil directement applicable sur le terrain par le gestionnaire. Son élaboration est un travail conséquent et le choix a été fait de se concentrer sur les zones humides à plus forts enjeux patrimoniaux de la réserve, afin d'avoir un outil utilisable immédiatement pour ces milieux. La méthode a vocation à être élargie par la suite à toutes les zones humides de la réserve, ainsi que dans les autres réserves naturelles catalanes, réunies au sein de la fédération des réserves naturelles catalanes.

3.4. Objectifs de l'étude

Un stage a été proposé dans le but de mobiliser une personne à temps complet sur le sujet et de poser les bases concrètes de l'évaluation de l'état de conservation dans la réserve naturelle de Nohèdes. Les objectifs détaillés de l'étude sont les suivants :

- mener des recherches bibliographiques approfondies concernant l'évaluation de l'état de conservation et le fonctionnement écologique des zones humides ;
- identifier les zones humides à plus forts enjeux patrimoniaux et fonctionnels de la RN afin de cibler les priorités en termes d'évaluation de l'état de conservation ;
- établir une liste d'indicateurs de l'état de conservation à évaluer sur le terrain ;
- inventorier les zones humides sur le terrain et relever les données nécessaires ;

- mettre au point une méthodologie de calibrage des seuils entre les états de conservation ;
- concevoir et développer un outil reproductible pour d'autres types de zones humides, y compris à l'extérieur de la RN de Nohèdes ;
- faire appel à des experts dans le domaine de l'évaluation de l'état de conservation et du fonctionnement écologique des zones humides afin de valider les méthodes proposées.

3.5. Une stratégie pour la mise au point du suivi

Le besoin de mettre en place des suivis de l'état et des changements des écosystèmes est exprimé depuis les années 1980, cependant peu de stratégies globales de suivi ont été proposées (Vos et al., 2000). Vos et al. (*op.cit.*) proposent un schéma permettant l'élaboration d'un système de suivi qui décrit les étapes de sa réalisation. Les étapes envisagées sont présentées ci-dessous. Ce rapport se propose de suivre ce schéma pour la réalisation de la stratégie de suivi de l'état de conservation des zones humides.

- 1) objectifs du suivi : ils doivent être clairs et précis. Des objectifs vagues conduiraient à un relevés de multiples données dont on ne saurait que faire ;
- 2) indicateur : le choix des indicateurs doit permettre de répondre aux objectifs de suivi ;
- 3) plan d'échantillonnage : il doit correspondre à l'échelle et à la précision souhaitée pour le suivi ;
- 4) collecte des données : elle est la plus simple possible afin d'éviter l'interprétation sur le terrain et de garantir l'homogénéité des relevés dans le temps ;
- 5) gestion des données (dont archivage) : elle comprend non seulement la saisie des données, mais aussi l'analyse et la publication des résultats ;
- 6) maintenance du programme et contrôle de qualité : le suivi étant réalisé la plupart du temps par des observateurs différents, il est important d'assurer un contrôle de la qualité des données pour éviter un biais « observateur » ;
- 7) organisation générale : elle est assez simple dans le cas d'une réserve naturelle mais peut s'avérer bien plus complexe dans le cas d'un suivi à l'échelle nationale par exemple.

Plusieurs des étapes (3 à 7) sont soumises à des contraintes extérieures telles que le coût et les compétences des agents destinés à effectuer le suivi. L'auteur préconise la réalisation d'une analyse coûts-bénéfices afin de garantir la faisabilité du suivi et sa pérennité dans le temps tout en s'assurant de la validité statistique des résultats. Sans avoir pu mettre en place d'analyse spécifique coûts-bénéfices au cours de l'étude, la nécessité de garantir la pérennité du suivi par la mise en place d'un protocole simple et correspondant aux moyens du gestionnaire a été intégrée tout au long de la réflexion.

A.4. Les étapes de l'étude

Le déroulement du stage est illustré par la figure 3 ci-dessous :

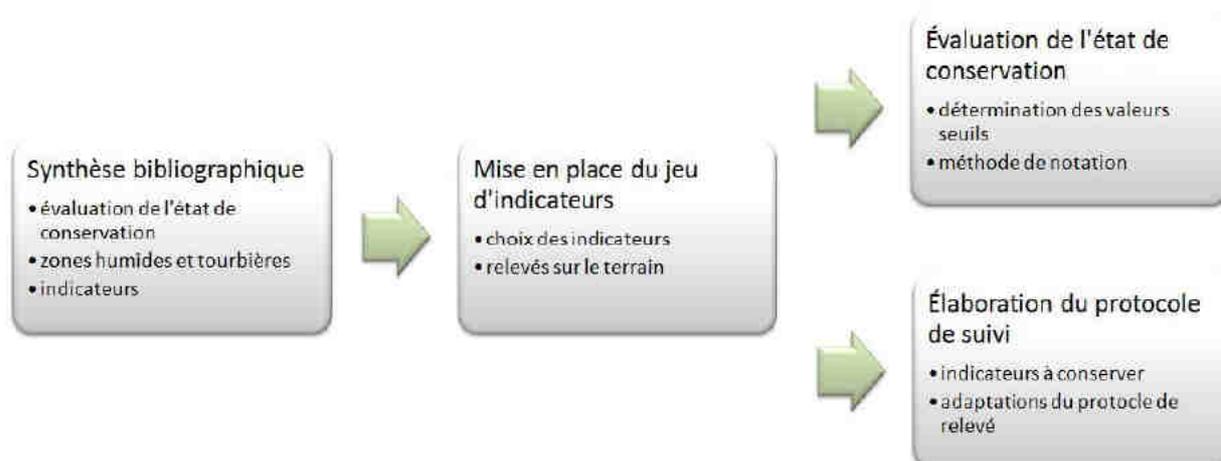


Figure 3. Les différentes étapes de la mise au point de la stratégie pour le suivi de l'état de conservation des zones humides de la réserve de Nohèdes.

B. Élaboration du protocole d'évaluation et de suivi de l'état de conservation

B.1. Définitions des concepts de l'évaluation

1.1. État de conservation d'un habitat naturel

1.1.1. Définitions

La DHFF introduit et définit le concept d'état de conservation en 1992 et précise les conditions de l'état « favorable » (art. 1). Bien que cette définition et son application concrète fassent encore débat, elle reste la référence normative. La définition de la DHFF (art.1) est la suivante :

« *État de conservation d'un habitat naturel* : 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 sur le territoire. »

Les termes « structure et fonctions » mentionnés ont été définis par Evans et Arvela (2011) dans leurs *Notes & Guidelines* au sujet du rapportage mis en place par l'article 17 de la DHFF. La structure correspond aux composantes physiques d'un type d'habitat, qui sont déterminées la plupart du temps par les espèces de l'habitat. Elle décrit les relations de voisinage entre individus et prend en compte autant les dimensions des individus que les relations spatiales entre eux. Les fonctions correspondent aux processus écologiques qui ont lieu à différentes échelles temporelles et spatiales, variant selon les habitats.

Le « *bon état de conservation* »

La DHFF (art. 1) considère que l'EC d'un habitat naturel est « 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. »

Cette définition est adaptée à l'échelle biogéographique à laquelle se place la DHFF mais peu à celle du site. En effet l'aire de répartition naturelle d'un habitat ne peut s'envisager qu'à large échelle (biogéographique). De la même façon, l'évaluation de l'EC des espèces qui lui sont typiques doit également s'envisager à l'échelle biogéographique, voire plus, pour inclure l'ensemble de leurs aires de répartition. Cette évaluation n'est que peu pertinente à l'échelle d'un site Natura 2000 ou d'une RN. D'ailleurs Carnino (2009), qui a travaillé sur la première méthode d'évaluation de l'EC des habitats forestiers pour le MNHN, ne tient pas compte de l'aire de répartition naturelle mais se base sur la présence des structures caractéristiques de l'habitat et des fonctions nécessaires à son maintien, sur l'absence d'atteinte susceptible de nuire à sa pérennité et sur la possibilité pour les espèces typiques de l'habitat de s'exprimer et d'assurer leur cycle biologique. Argagnon (2012) regrette dans sa note que la notion de surface ait totalement disparu de la méthode alors qu'elle est mentionnée de façon systématique dans la littérature scientifique et propose de conserver le critère de surface couverte par l'habitat.

Définition retenue pour ce travail

Le groupe de travail « EC des habitats » du réseau RNF (RNF, 2011) a proposé la définition suivante pour l'état de conservation :

L'évaluation de l'EC d'un habitat naturel est basé sur un état de référence déterminé à partir de :

- la structuration de l'habitat naturel (sa physionomie) et son étendue spatiale ;
- sa composition et en particulier les espèces typiques (faune, flore...) ;
- sa fonctionnalité (lié à la dynamique) : flux de matière et d'espèces.

Ainsi, suivre l'évolution de l'EC revient à mesurer l'ordre de grandeur du changement intervenu dans ce milieu.

Le groupe reprend la notion de surface de l'habitat et insiste sur le critère de fonctionnalité du milieu. C'est sur cette définition que se base mon étude. Elle est en effet au plus proche des préoccupations des gestionnaires locaux et correspond à leurs attentes.

1.1.2. État initial ou état de référence

La démarche d'évaluation fait appel à l'expression d'un écart entre un état actuel et un état normatif (Bouzillé, 2007). L'établissement d'un diagnostic nécessite la connaissance de l'état auquel on se réfère sans quoi l'attribution de qualificatifs (bon, moyen ou défavorable) n'est pas argumentée et ne permet pas de comparaison. La notion d'état de référence permet de positionner une valeur actuelle par rapport à une valeur seuil théorique correspondant au minimum requis pour atteindre un EC favorable. Ce seuil minimum est considéré comme l'état de référence (Bensettiti *et al.*, 2012). Il doit être basé uniquement sur des critères scientifiques et peut évoluer avec l'apport de nouvelles connaissances (Evans et Arvela, 2011). Pourtant, dans sa méthode pour l'évaluation de l'EC des habitats forestiers, Carnino (2009) considère que l'état optimal est une « co-construction entre des principes écologiques et sociaux ». Cette définition de l'état de référence, appliquée à des milieux qui ont souvent vocation de production, est très discutée, notamment dans les espaces protégés.

Les deux sous-groupes du programme RhoMéO s'orientent par exemple vers des définitions différentes. Alors que le groupe RhoMéO-Sud préfère une évaluation absolue (bon, moyen et défavorable) par rapport à

un état parfait, le groupe RhoMéO-Nord envisage plutôt l'évaluation d'une manière relative, par rapport à un état antérieur, ou zéro. Une convergence des points de vue semble toutefois possible en se basant sur la définition d'un état de référence par mesure d'un écart avec des sites considérés comme non altérés à ce jour ou bien par mesure d'un écart avec une composition floristique « idéale » (Pache, 2009). Les discussions des groupes de travail RNF rendent également compte de la difficulté d'établir une définition commune de l'état de référence. Au cours de la réunion du 8 février 2012 les discussions se sont dirigées vers une évaluation relative, car l'idéalisation d'un état passé n'a pas de fondement scientifique solide, bien que les concepts n'aient pas encore été validés officiellement (RNF, 2012a). De plus, si l'on se place d'un point de vue pratique, les systèmes très changeants comme les écosystèmes alluviaux ne permettent pas la définition d'un état de référence. Au contraire, le suivi de l'état de conservation à partir d'un état zéro permet de surveiller d'éventuelles améliorations ou dégradations des processus fonctionnels. L'objectif est alors d'identifier au mieux les flux altérés qui sont eux les véritables leviers d'action du gestionnaire.

La définition, voire même l'existence, d'un état parfait, ou idéal, reste très controversée. La science n'apporte pas de réponse tranchée car il n'existe pas pour le moment de modèle mathématique fiable qui permette de proposer des scénarios capables de définir des états de référence pour des habitats soumis à une gestion (Bouzillé, 2007). Ainsi dans l'attente d'une réponse scientifique à ce problème, nous pouvons nous baser sur un système « souhaité » qui est défini alors par les objectifs de conservation fixés. Il est important toutefois de garder à l'esprit que le but, à terme, est de s'appuyer sur des « systèmes de références qui correspondent à de véritables modèles structuraux et fonctionnels » (Bouzillé, 2007).

Le choix a donc été fait de baser notre étude sur une évaluation relative de l'état de conservation, à la fois temporellement (une zone humide sera en meilleur ou moins bon état qu'au début du suivi), mais aussi spatialement (le gradient actuel d'état de conservation des zones humides de la réserve définit les meilleurs et moins bons EC). Le suivi de l'EC visera ainsi à identifier les modifications des processus fonctionnels intervenus au cours du temps. Il sera de plus modulable : les nouvelles données apportées par l'évaluation de l'EC des zones humides dans les autres RNC viendront enrichir le diagnostic et permettront de positionner les zones de la RN de Nohèdes relativement à celles des autres RNC (ou à plus large échelle encore).

1.2. La typicité des espèces, une notion discutée

Il n'existe pas de définition de la notion de « typicité » dans la DHFF et elle est difficile à établir car elle ne se fonde sur aucune notion scientifique. Pour Bensettiti (2012), les espèces typiques doivent être les plus appropriées pour évaluer l'état de conservation de la structure et des fonctions de l'habitat, elles sont également relativement fréquentes dans l'habitat et facilement identifiables. Le travail de Maciejewski (2010) portait sur l'établissement des listes d'espèces typiques des habitats forestiers. Elle s'est basée sur la définition suivante :

Espèces typiques : espèces dont la « présence maximisera la potentialité de la richesse spécifique pour tous les groupes taxonomiques potentiellement présents et les capacités de résilience de l'habitat. L'objectif étant de maintenir le maximum d'espèces avec la plus grande diversité possible de groupes taxonomiques et d'autécologies différentes pour donner « toutes les chances » à l'habitat de fonctionner correctement, dans le présent et dans l'avenir ».

Elle a tout d'abord ajusté des modèles de distribution d'abondance des espèces, puis sélectionné les espèces afin de maximiser la variabilité de leur traits de vie⁴. L'établissement d'une telle liste requiert des bases de données importantes (la base de données EcoPlant utilisée pour l'étude contient plus de 6 000

4 Les traits de vie sont l'ensemble des caractéristiques d'une espèce impliquées dans sa reproduction et sa survie.

relevés floristiques) ainsi qu'un travail d'analyse statistique conséquent. Ainsi l'établissement de listes est complexe et doit également prendre en compte la variabilité locale. Un des principaux freins à l'utilisation des espèces typiques dans les méthodes d'évaluation est donc la difficulté de la création des listes d'espèces.

Bien que la typicité des espèces paraisse être une piste à creuser, elle ne permet pas aujourd'hui d'établir un lien avec une pression exercée sur le milieu de façon évidente. En effet, que dire d'un habitat qui ne possède pas toute la liste de ses espèces typiques (déterminée par région biogéographique ou régionalement) ? Il peut être dégradé et avoir subi des modifications de son régime trophique ou hydrique, mais les variations de composition floristique peuvent également être dues aux caractéristiques de dispersion et aux capacités de colonisation des espèces visées. Ce travail étant basé sur l'existence de liens identifiés entre pression et indicateurs (voir B. 2.2.), l'indicateur « espèces typiques » ne sera pas utilisé. En revanche, on préférera se baser sur des espèces caractéristiques des processus de modification du milieu, comme l'assèchement ou l'eutrophisation dans le cas des tourbières. Ces dernières seront mises en évidence grâce à l'analyse des optimums de vie des espèces et des listes restreintes d'espèces seront établies si cela s'avère possible.

B.2. Mise en place du jeu d'indicateurs

2.1. Définition de « l'indicateur »

Évaluer l'état de conservation d'un site nécessite d'appréhender de manière globale tous les éléments de bon fonctionnement de l'écosystème. Pour répondre à cette problématique, de nombreux scientifiques se sont penchés sur la notion d'indicateurs écologiques. Ces derniers sont des outils de simplification de l'information, ils devraient permettre de résumer la complexité de la réalité sans toutefois la déformer (Couvét *et al.*, 2004). Ils sont les substituts de données écologiques et correspondent rarement aux données elles-mêmes (Dale et Beyeler, 2001), qui sont la plupart du temps difficiles à mesurer directement.

Par ailleurs, dans l'optique d'adapter la gestion selon les résultats du suivi, il apparaît nécessaire de garantir l'existence d'un lien fort entre chaque indicateur et une pression exercée sur le milieu. Le suivi de l'évolution de l'EC des milieux sera ainsi intégré à la réflexion globale de gestion des milieux et le gestionnaire disposera d'un outil pertinent d'évaluation de ses actions.

Nous nous sommes donc assurés tout au long du travail de l'existence de ce lien. Il est rappelé lors du choix des indicateurs présenté ci-dessous (voir § B.2.2).

2.1.1. Caractéristiques d'un bon indicateur

Les caractéristiques d'un bon indicateur ont été compilées entre autres par Dale et Beyeler (2001), Cantarello et Newton (2008) et repris par Kleszczewki (2010), elles sont les suivantes :

- « réactivité : indique rapidement le changement ;
- universalité : répandu sur une large région géographique ou largement applicable d'une autre façon ; valable sur l'aire de répartition de l'habitat ;
- faisabilité : basé sur des paramètres faciles à renseigner et efficaces d'un point de vue financier ;
- pertinence : il existe un lien direct entre l'indicateur et des actions de gestion réalisables ;
- compréhension : accessible aux non-spécialistes et applicable par eux-mêmes ;

- valeur scientifique et prévisibilité : relié à un phénomène écologique important et bien étudié, la réaction de l'indicateur devenant ainsi prévisible. »

Toutes ces qualités sont rarement réunies en un seul indicateur (Cantarello et Newton, 2008) et on préférera utiliser un jeu d'indicateurs qui répondra de façon globale à ces conditions.

L'objectif final de l'évaluation doit être clairement établi dès le début du travail car il influence directement le choix des indicateurs (Dale et Beyeler, 2001), c'est lui qui donne le sens et les fondements du suivi. La sélection des indicateurs dépend de la formulation de questions spécifiques à la gestion qui doivent trouver une réponse dans le suivi des écosystèmes (Noss, 1990). Les objectifs de l'évaluation de l'EC telle qu'envisagée dans mon travail sont détaillés au paragraphe A.3.4. Le choix et la combinaison des indicateurs choisis dans la stratégie d'évaluation reposent donc sur ces objectifs.

2.1.2. Trois paramètres essentiels : composition, structure, fonctions

Les indicateurs d'état d'un écosystème sont en général regroupés en trois paramètres (Noss, 1990) : la composition, la structure et la fonction, qui ont été repris par la DHFF (voir B.1.1.1). Ces paramètres représentent des niveaux de plus en plus intégrateurs et complexes. Alors que la composition d'un habitat ou d'une unité fonctionnelle est un paramètre relativement simple d'approche par des méthodes d'inventaire connues des gestionnaires, l'appréhension de la structure s'avère déjà plus difficile. Les fonctions ou processus intègrent la composition et la structure en plus de l'hydrologie (dans le cas des milieux humides) et sont, de ce fait, d'autant plus complexes à caractériser avec les outils communément utilisés et nécessitent parfois de faire appel à des spécialistes ou à des techniques très particulières.

Au cours des discussions des groupes de travail RNF, les altérations telles que le piétinement, les dégradations ou l'assèchement ont parfois été proposées comme critères supplémentaires. Cependant, il a été considéré que les altérations sont révélées par les paramètres précédents et que leur ajout pouvait être redondant (RNF, 2012a).

2.1.3. Une étude de l'écosystème à différentes échelles

Afin de prendre en compte toute la complexité d'un écosystème, Noss (1990) a élaboré un schéma conceptuel qui propose une évaluation plaçant les trois attributs essentiels de la biodiversité (composition, structure et fonction) à quatre niveaux d'étude (gène, espèces, communautés et paysages). L'échelle génétique est trop fine et ne sera pas abordée dans ce travail. En revanche les trois autres niveaux sont adaptés à notre problématique et seront étudiés. La figure 4 représente les différents niveaux d'étude retenus. Le jeu d'indicateurs établi pour l'évaluation devrait de plus comprendre des éléments dans chacune des catégories du triangle et couvrir l'ensemble des gradients clés des écosystèmes (sol, type de végétation, température, espace, temps, etc.).

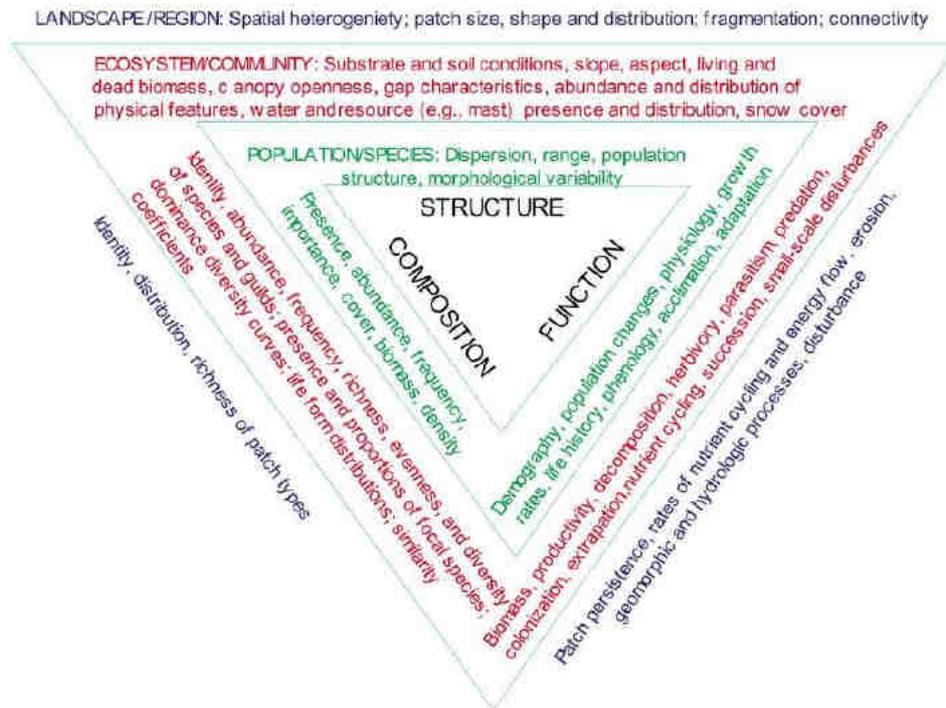


Figure 4. Système de hiérarchisation écologique : une représentation triangulaire des caractéristiques de composition, structure et fonction (Dale et Beyeler, 2001).

- L'échelle de l'individu ou de l'espèce apparaît particulièrement pertinente car elle correspond aux individus concrètement présents sur le site et le rang d'espèce est celui le plus connu et documenté. De plus, les espèces réagissent rapidement aux modifications du milieu.
- L'échelle de la communauté est intéressante car elle est plus intégrative que celle de l'individu. Elle est néanmoins moins étudiée et les nomenclatures restent controversées (par ex. celle des habitats).
- L'échelle du paysage est la plus délicate à appréhender et réagit moins rapidement que les précédentes. Elle est cependant intéressante dans les approches à moyen et long termes (Girardin *et al.*, 2010).

Les indicateurs correspondant aux différents paramètres seront donc choisis dans les trois échelles présentées afin de garantir que toute modification du milieu, qu'elle soit perceptible à l'échelle de l'espèce ou plus générale, soit décelée. L'échelle de l'individu sera abordée lors de l'inventaire des espèces et de l'analyse de leur optimum écologique. L'échelle de la communauté correspond à l'habitat tel que décrit dans la typologie utilisée. Les habitats humides étant souvent imbriqués en mosaïque, l'évaluation de certains critères à l'échelle de la zone humide entière (composée de un ou plusieurs habitats humides) semble pertinente, ce sont d'ailleurs les zones humides qui sont cartographiées et non les habitats eux-mêmes. L'échelle plus vaste, échelle du « site » dans le rapport, sera proposée sans toutefois pouvoir l'aborder en détail par manque de connaissances scientifiques.

2.2. Des indicateurs à tester

Les indicateurs peuvent être biotiques ou abiotiques. L'intérêt des indicateurs biotiques, ou bioindicateurs, réside dans le fait qu'ils sont souvent révélateurs des conditions abiotiques. Les communautés de plantes vasculaires sont couramment utilisées car elles intègrent une grande partie des paramètres stationnels tels

que les caractéristiques du sol, les modes de gestion ou encore la pression des herbivores. Bien que les autres groupes taxonomiques ne doivent pas être oubliés, l'intérêt des espèces végétales en tant que bioindicateurs est évident. Rappelons tout de même que la faune peut également présenter des caractéristiques indicatrices et de nombreuses expérimentations sont en cours afin d'évaluer la pertinence et les modalités du suivi de certains groupes tels que les Syrphes, les Odonates, les Rhopalocères. Il ne faut pas non plus oublier les mousses et lichens qui, par leur sensibilité élevée vis-à-vis des paramètres du milieu et leur cycle biologique court, représentent eux aussi de bonnes espèces indicatrices (Agnello *et al.*, 2004).

Les indicateurs que nous proposons dans la stratégie d'évaluation sont des indicateurs floristiques et abiotiques. En effet l'écologie des espèces végétales est bien documentée et les méthodes d'inventaires sont faciles à mettre en place. Comme nous ne voulions pas nous focaliser sur une seule approche, et au vu de l'importance des paramètres abiotiques et de leur pertinence dans un suivi à long terme, nous les avons également inclus dans l'évaluation. Nous ne perdons cependant pas de vue l'intérêt d'autres groupes taxonomiques, qui peuvent être rajoutés comme indicateurs de l'état de conservation au fur et à mesure de l'avancement des connaissances sur le sujet (voir § E.2).

La liste d'indicateurs présentée ici a vocation à être affinée et certains indicateurs jugés redondants ou peu pertinents lors de la phase terrain seront retirés de la méthodologie finale. De même, quelques modalités de récolte des données seront testées lors de la phase de terrain, toujours dans le but de sélectionner la plus simple et efficace.

2.2.1. Indicateurs de composition

Les pressions susceptibles d'atteindre la composition des milieux sont l'eutrophisation, la modification des conditions d'humidité et l'installation d'espèces allochtones.

Eutrophisation du milieu

L'eutrophisation est abordable de plusieurs manières. Les travaux déjà réalisés sur la question envisagent l'établissement de listes d'espèces rudérales et eutrophiles et les relevés en présence/absence ou bien en pourcentage de recouvrement (CEN L-R, RhoMéO⁵). Le niveau trophique peut également être obtenu grâce aux indices d'Ellenberg (CEN Champagne-Ardennes) ou aux valences écologiques de Julve ou Landolt (voir encadré 1) (RhoMéO). D'autres indicateurs pourraient être le nombre d'espèces oligotrophes ou le nombre d'espèces eutrophes, ou encore le rapport entre les deux.

Avant de chercher à établir une liste d'espèces rudérales et eutrophiles pour chaque habitat, il est proposé d'analyser les valences écologiques de Julve « nutriments du sol » et « réactions du sol » et leur réponse selon les habitats et les situations rencontrées par l'analyse de la distribution et de la variabilité des valences selon les niveaux de dégradation des milieux. L'établissement de listes restreintes pourra venir par la suite dans une optique de simplification et de rapidité du suivi.

Dans un premier temps, un inventaire exhaustif de la flore par habitats permettra l'analyse et le choix de la modalité de l'indicateur (moyenne, pondérée ou non par l'abondance, liste d'espèces etc.) la plus appropriée pour l'évaluation de l'EC. Par ailleurs, le groupe de travail RhoMéO (Pache, 2010) rappelle que les valeurs indicatrices moyennes sont peu sensibles vis-à-vis de l'omission des espèces rares : les espèces les moins abondantes ne modifient que faiblement les valeurs indicatrices du relevé. L'abondance des espèces sera donc relevée afin de valider cette hypothèse et l'analyse s'attachera à déterminer le niveau de précision minimal requis pour les futurs suivis.

5 Les indicateurs proposés sur basent sur les expérimentations des organismes cités entre parenthèses.

Encadré 1. Les valences écologiques de Julve (1998)

Julve a synthétisé les valences écologiques d'environ 6 000 taxons à l'échelle de la France, sur la base des travaux d'Ellenberg en Europe centrale. Il s'est intéressé aux affinités des espèces vasculaires vis-à-vis de la lumière, la température, la continentalité, l'humidité atmosphérique, l'humidité édaphique, de la réaction du sol (espèces hyperacidophile à hyperbasophile), des nutriments du sol, la salinité, la texture du sol et la matière organique (type d'humus). Ces valences sont disponibles sous forme de base de données à l'adresse suivante : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>, un exemple est présenté ci-dessous (tableau 2) :

Tableau 2. Quelques exemples des valences renseignées par Julve, la légende complète est fournie en annexe 3.

Nom	Chorologie	L	T	C	HA	HE	R	N	S	Tx	MO
<i>Carex rostrata</i>	holarctique	7	5	5	9	10	5	3	0	1	9
<i>Trichophorum cespitosum</i>	holarctique	8	3	6	8	8	5	2	0	1	9
<i>Molinia caerulea caerulea</i>	holarctique	5	5	5	7	7	5	2	0	1	9
<i>Nardus stricta</i>	circumboréal	8	5	5	6	5	2	2	0	4	4
<i>Thymus vulgaris vulgaris</i>	méditerranéen occidental	8	8	4	3	1	8	4	0	3	2
<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	holarctique	7	5	5	6	5	7	9	0	2	3
<i>Polygonum aviculare aviculare</i>	cosmopolite	7	5	5	4	5	5	8	0	3	
<i>Galium odoratum</i>	eurasiatique	3	5	5	7	5	5	5	0	3	4

Par l'apport de nutriments qu'elles induisent, la présence de déjections est un indicateur qui pourrait également révéler une dérive trophique (Cholet et Magnon, 2010) de milieux oligotrophes par nature. Une information qualitative au sujet des déjections présentes sur la zone a été relevée selon les quatre modalités suivantes : « absence de déjection », « peu de déjections », « déjections moyennement abondantes », et « déjections très abondantes ».

De la même façon, la présence d'algues filamenteuses (certaines zygothécées) ou de cyanobactéries (de nombreuses espèces sont inféodées aux milieux riches en nitrates) peut être révélatrice de l'eutrophisation d'un milieu (Manneville *et al.*, 1999). L'indicateur est intégré au protocole tout en ayant conscience de l'intérêt d'étudier particulièrement les Algues et les Procaryotes pour leurs propriétés bioindicatrices. Une information qualitative au sujet des algues vertes présentes dans l'eau libre a été relevée selon les quatre modalités suivantes : « absence d'algue verte », « peu d'algues vertes », « algues vertes moyennement abondantes », et « algues vertes très abondantes », dans la perspective d'une étude visant à déterminer ces algues et leur écologie.

Modification des conditions hydrologiques

Diverses causes peuvent être à l'origine d'une modification des conditions hydrologiques d'une zone. Les actions de drainage ou de détournement de sources sont souvent à l'origine de l'assèchement des zones humides. Le réchauffement du climat a également un impact sur le maintien de ces milieux, bien que la relation entre la cause et l'effet soit bien plus délicate à mettre en évidence.

Les travaux existants sur le sujet se basent soit sur la présence d'espèces caractéristiques d'un assèchement (recouvrement d'espèces herbacées « en touffes » ou de la Linaigrette engainante *Eriophorum vaginatum* pour le CEN L-R, *Molinia caerulea* ou *Deschampsia cespitosa* pour RhoMéO), soit sur les valences écologiques (voir encadré 1). De la même façon que précédemment, nous allons tester la

pertinence des valences écologiques « humidité édaphique » principalement, mais aussi « humidité atmosphérique » et étudier par la suite la possibilité de ne garder qu'une ou quelques espèces indicatrices.

Présence d'espèces allochtones

Les espèces allochtones sont citées dans la littérature comme indicatrices et parfois facteur de dégradation du milieu (Ehrenfeld, 2008 ; Zedler et Kercher, 2004). Le CBN Méditerranée a établi une liste noire des espèces exotiques envahissantes en Languedoc-Roussillon. Le croisement de cette liste avec la liste des espèces présentes dans la RN ne met en évidence que quelques taxons sur lesquels les gestionnaires doivent être vigilants. D'après les gestionnaires, il n'y a pas à ce jour de réel problème d'espèces invasives allochtones sur les zones humides tourbeuses de la RN, il est néanmoins important d'assurer une veille sur les espèces susceptibles de s'installer sur ces milieux.

2.2.2. Indicateurs de structure

Les pressions identifiées atteignant l'intégrité de la structure des zones humides sont la destruction du milieu par surfréquentation, la fermeture du milieu et la modification de surface de l'habitat.

Destruction du milieu

La surfréquentation (ou simple fréquentation) par le bétail et parfois par le public en randonnée peut induire la déstructuration du milieu qui devient, dans le pire des cas, un milieu dit « reposoir ». Les habitats les plus fragiles sont les buttes à sphaignes dans lesquels les vaches et chevaux viennent trouver la fraîcheur en été en y plongeant leur museau. Leur déstructuration entraîne souvent leur destruction pure et simple (Cholet et Magnon, 2010). Le recouvrement de buttes ou de zones (tapis ou bas-marais) déstructurées sera donc relevé (RhoMéO) en pourcentage (voir illustration 1). L'échelle du relevé sera l'habitat, certains étant plus fragiles que d'autres. L'indicateur rapporté par la suite à l'échelle de la zone humide correspond à la somme des valeurs relevées pour tous les habitats d'une zone humide, pondérée par le recouvrement respectif de chaque habitat.



Illustration 1. Déstructuration des buttes de sphaignes, de gauche à droite : une butte intacte, une butte présentant des traces de déstructuration, une butte entièrement retournée.

Le passage fréquent ou le stationnement sur certaines zones conduit à la disparition de la végétation, il sera également intéressant de relever le pourcentage de sol nu sur la zone (CEN L-R et RhoMéO). Les faibles perturbations s'exerçant sur les zones étudiées nous permettent de restreindre les possibilités de destruction du milieu, néanmoins il convient de rester vigilant quant à l'apparition de toute nouvelle forme de pression. L'indicateur sera relevé à l'échelle de la zone humide et avec une indication sur la cause probable à l'origine du phénomène, notamment quand cette dernière semblait être la présence d'eau (trous d'eau, suintements, etc.) car elle ne relève pas d'une perturbation extérieure. Ainsi la proportion de sol nu lié à l'eau

peut être soustraite de la valeur totale de sol nu et c'est cette dernière valeur qui a été retenue pour le calcul de l'état de conservation.

Fermeture du milieu

Les habitats se définissent entre autres par une structure verticale particulière. Les habitats humides que nous étudions sont des habitats ouverts qui tendent à disparaître par le boisement progressif des abords que la dynamique naturelle induit (Manneville *et al.*, 1999). L'illustration 2 met en évidence l'installation des pins à crochets en vingt-cinq ans, dans la zone humide voisinant le *Gorg Blau*. Nous nous attacherons donc à surveiller la fermeture du milieu par le relevé des recouvrements des ligneux bas (moins de 50 cm) et « moyens et hauts » (plus de 50 cm) (CEN Champagne-Ardennes, CEN L-R et RhoMéO).



Illustration 2. Évolution du recouvrement des pins à crochet au Gorg Blau, de 1995 à 2012 (source : à gauche, Jacques Borrut, 1995, à droite, David Morichon, 2012).

Le recouvrement des ligneux de la zone a été relevé selon trois catégories regroupant : les ligneux de plus de 50 cm (ligneux hauts), les ligneux de moins de 50 cm (ligneux bas) « typiques » des zones humides tels que *Vaccinium myrtillus* et *V. uliginosum*, *Calluna vulgaris* et *Salix lapponum* et les ligneux bas autres tels que *Pinus uncinata* et *Rhododendron ferrugineum*. Néanmoins, l'interprétation de la présence des arbres en termes d'état de conservation n'est pas évidente puisqu'ils peuvent à la fois, être à l'origine de l'assèchement du milieu en agissant comme une pompe à eau, mais aussi jouer un rôle de protection contre le vent et l'évapotranspiration excessive de la végétation. Sans bibliographie suffisante à ce sujet, il nous est impossible de nous prononcer entre l'une ou l'autre hypothèse, d'autant plus qu'il est fort probable que la dynamique des zones humides de la haute vallée soit dépendante des deux phénomènes.

Lors de l'analyse des résultats nous avons donc choisi de ne pas utiliser toutes les valeurs relevées pour le calcul final de l'EC. À l'échelle de la zone entière, il nous a paru judicieux de conserver l'indicateur « recouvrement des ligneux bas non typiques » car il peut traduire une dynamique de colonisation progressive de la zone par les ligneux. Par ailleurs, l'envahissement des buttes à sphaignes (51.111 et 51.113) est préoccupant et il paraît intéressant de l'inclure dans l'évaluation. Le choix a été fait de ne pas inclure dans l'évaluation le recouvrement des ligneux bas typiques des autres habitats de la zone car les buttes sont considérées comme les plus sensibles aux modifications, elles servent donc de sentinelle et l'intégration des recouvrements sur les autres habitats pourrait introduire un bruit trop important pour permettre l'analyse. Par ailleurs, l'analyse du recouvrement de ligneux bas sur un habitat de butte, ombrotrophe, ou sur un habitat plus minérotrophe ne mènera pas aux mêmes conclusions. L'augmentation du recouvrement pourra être le reflet, pour les premières, d'un assèchement dû à la diminution des apports météoriques, tandis qu'elle pourra traduire pour les secondes un assèchement dû à la diminution de l'eau

disponible dans le sol. Les ligneux bas non typiques ayant déjà été inclus dans l'évaluation et dans le but de ne pas donner plus de poids à un indicateur, seul le « recouvrement des ligneux bas typiques sur les buttes à sphaignes » est retenu.

Surface de l'habitat

La modification de la surface de l'habitat est un paramètre essentiel de qualification de l'EC d'un habitat (Argagnon, 2012). La diminution de la surface d'un habitat est synonyme de disparition du milieu (destruction ou évolution). L'indicateur est néanmoins difficile à appréhender du fait de la taille restreinte des zones sur lesquelles porte l'étude mais aussi du fait de l'imbrication des différents habitats entre eux. Nous relèverons sur le terrain les contours de la zone humide au GPS et une estimation du pourcentage de recouvrement des différents habitats présents sera notée.

Fragmentation

Le relevé de la fragmentation vise à qualifier l'évolution de la connectivité des milieux entre eux. L'indicateur proposé dans le cas des zones humides de la RN de Nohèdes est le linéaire de pistes et de sentes qui traversent la zone humide. Le cas ne se pose pas à Nohèdes, mais l'évaluation de l'indicateur à l'échelle du site peut être envisagée dans le cas de présence de routes ou pistes (modifiant fortement les écoulements) en amont des zones humides.

Cet indicateur a tout d'abord été retenu pour évaluer la fragmentation du milieu. Il s'avère que la présence de sentes ou sentiers dans la zone est synonyme la plupart du temps de présence sol nu aux abords. Cet indicateur peut donc être en partie redondant avec l'indicateur « sol nu », mais il semble intéressant de le garder dans l'impossibilité d'évaluer autrement la connectivité et l'isolement de la zone.

Sur le terrain, les valeurs de longueur et largeur de l'emprise de la trace (sente, sentier ou piste) ont été relevés. Le calcul de la surface absolue de la trace (longueur x largeur relevées) dans la zone a alors été rapportée à la surface totale de la zone. La valeur ainsi retenue correspond à la proportion de sentier dans la zone humide.

2.2.3. Indicateurs de processus

Les indicateurs de processus sont importants mais peu évidents à mettre en place du fait des faibles connaissances actuelles sur la dynamique de ces habitats. Des indicateurs abiotiques comme ceux offerts par la pédologie pourraient nous permettre de quantifier la dynamique de turfigénèse ou minéralisation en cours. Le groupe nord du programme RhoMéo a récemment mis au point une grille d'analyse du sol à partir d'un relevé pédologique. Cette méthode ne nous permettant pas encore l'analyse des données mais seulement la caractérisation pédologique des zones, nous ne l'utiliserons que dans la mise en place du suivi afin de disposer de données initiales sur l'état des sols des zones suivies.

De même, une analyse piézométrique fine mettrait à disposition des données de battement de nappe. Une étude de ce genre a d'ailleurs été mise en place dans une tourbière du *Pla del Gorg* après une opération de déboisement de la zone. L'étude, très contraignante car les relevés doivent être effectués tous les quinze jours, a été abandonnée par manque de moyens. Une des solutions serait l'utilisation de sondes à enregistrement automatique car cela permettrait d'éviter la contrainte de fréquence de passage. En revanche l'achat de telles sondes représente un investissement important qui ne pourrait être envisagé que sur un ou deux sites pilotes, à hauteur de deux à cinq piézomètres selon la taille de la zone, sa conformation, etc. Une telle étude n'a pas été mise en place lors du stage, mais il serait intéressant de le faire à l'avenir sur quelques sites pilotes.

L'assèchement n'est pas un indicateur retenu au départ. Le phénomène a été cependant cité dans quasiment toutes les remarques faites sur les fiches de terrain (voir Illustration 3). Ainsi même s'il n'a pas été possible de quantifier l'assèchement observé dans la zone, chaque fiche contient une indication sur l'impression de sécheresse ressentie lors du relevé. Il est donc intéressant de rajouter cet indicateur qui se présente sous trois modalités : « absence de mention du phénomène d'assèchement », « mention du phénomène », « mention de l'importance du phénomène sur l'état de la zone ».



Illustration 3. Signes d'assèchement sur un tapis de sphaignes.

Notons que la période de passage (en début de saison, ou à la fin du mois de juillet) ainsi que la pluviométrie des jours précédant les relevés peuvent induire un biais dans l'évaluation de cet indicateur. Le passage à plusieurs reprises sur les différentes zones permet néanmoins de relativiser ce biais. Par exemple, le dernier passage sur les zones du *Pla del Mig* le 8 août n'a pas révélé de sécheresse excessive (sphaignes uniquement blanchies en surface, de façon discontinue), tandis que les zones entre le *Gorg Estelat* et le *Gorg Blau* présentaient déjà le 20 juillet des signes importants de sécheresse, notamment des tapis de sphaignes entièrement blanchies.

2.2.4. Des indicateurs parfois utilisés mais non retenus dans ce travail

La diversité spécifique (nombre d'espèces) est parfois utilisée comme indicateur de l'état de conservation (CEN Champagne-Ardenne). Cet indicateur peut être relié à la banalisation éventuelle du milieu. Le lien entre la pression subie et l'indicateur reste néanmoins faible. Différentes causes peuvent être à l'origine d'une faible proportion d'espèces végétales au sein d'un habitat. Tout d'abord, la variabilité d'expression de l'habitat selon les conditions locales peut être forte. L'indicateur est également délicat à utiliser car certains habitats sont définis par le caractère dominant d'une espèce, ce qui va à l'encontre d'une diversité maximale en espèces. Ainsi, nous pouvons émettre l'hypothèse que les tourbières des Pyrénées sont moins riches sur le plan floristique que les mêmes habitats dans les Alpes car les Pyrénées se situent en limite méridionale de l'aire de répartition de ces habitats, elles n'en sont pas moins bien conservées pour autant.

Le recouvrement des différents habitats par la litière peut avoir un impact par l'apport de nutriments dans des milieux caractérisés par leur oligotrophie. L'indicateur « pourcentage de recouvrement de litière » est d'ailleurs intégré à la méthode du CEN L-R. Il a tout d'abord été intégré aux relevés pour être abandonné par la suite car il a particulièrement posé problème sur le terrain. En effet, selon les habitats, la litière se voit difficilement, l'œil repère le plus facilement les aiguilles de pins, qui se trouvent souvent en limite de l'habitat, ou bien sont déjà comptabilisés dans le recouvrement des ligneux. Enfin il est parfois difficile d'estimer une valeur moyenne par habitat, notamment dans les zones les plus grandes.

2.2.5. Synthèse des indicateurs relevés sur le terrain

Le tableau 3 présente la synthèse des indicateurs à relever sur le terrain dans le cadre de la première phase de terrain ainsi que l'échelle à laquelle ils s'évaluent.

Tableau 3. Synthèse des indicateurs d'évaluation de l'état de conservation à relever lors de la première phase de terrain de l'étude.

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle de relevé
Composition	Eutrophisation du milieu	Déjections (modalités : absence, peu, moyen, fort)	ZH
		Algues vertes (modalités : absence, peu, moyen, fort)	Habitat
		Valences écologiques de Julve (relevé exhaustif en recouvrement)	Habitat
	Modification des conditions hydrologiques	Valences écologiques de Julve (relevé exhaustif en recouvrement)	Habitat
	Présence d'espèces allochtones	Relevés en recouvrement	ZH
Structure	Destruction du milieu (par fréquentation ou piétinement)	Pourcentage d'habitat déstructuré (%) (buttes, ou tapis etc.)	Habitat
		Pourcentage de sol nu (%)	ZH
	Fermeture du milieu	Recouvrement par ligneux bas (< 50 cm) (%) (séparé en 1° callune, myrtille et saule des lapons et 2° autres = pins, rhododendrons, genévrier...)	Habitat
		Recouvrement ligneux moyens et hauts (> 50 cm) (%)	Habitat
	Morcellement ou isolement	Linéaire de pistes ou sentes qui traversent la ZH	ZH
Processus	Assèchement	Signes d'assèchement sur la zone (modalités : absence, peu, assèchement important)	ZH

2.3. Les données de contexte, précieux renseignements sur les causes de modifications du milieu

2.3.1. Les données météorologiques, variables explicatives potentielles de l'assèchement de zones humides

Afin de comprendre et de proposer des hypothèses solides de l'évolution des milieux suivis, il est important de garder une trace de l'évolution de leur environnement. Les relevés météorologiques de la station située à la microcentrale électrique, à 2 km du village, offrent de conserver des données de température, de pluviométrie, de nébulosité, etc., utiles à l'interprétation des modifications des milieux étudiés. La station est située à 970 m d'altitude, bien en dessous des sites étudiés et certainement soumise à un régime météorologique plus sec et plus chaud. En revanche, on peut dans un premier temps faire l'hypothèse que les variables sont corrélées et varient sensiblement de la même façon. Ainsi une tendance au réchauffement ou à l'assèchement enregistrée par la station pourra présager d'un réchauffement ou d'un assèchement dans la haute vallée.

2.3.2. Une veille à assurer autour des activités humaines

Bien que la haute vallée de Nohèdes soit relativement préservée des pressions anthropiques, une attention particulière doit être portée à l'implantation d'activités susceptibles d'avoir un impact sur les zones humides. Les sentiers, pistes, drainages ou l'installation d'un captage, le changement d'affectation d'un pâturage (des ovins aux bovins par ex.), dans ou en amont des complexes humides sont autant d'exemples de menaces potentielles dont il faudrait évaluer les conséquences préalablement à leur installation. Le contexte de la RN confère toutefois une certaine garantie de préservation de ces zones fragiles et facilite la prise de décision en faveur de la biodiversité.

2.3.3. La reconquête de la forêt sur des milieux en déprise

Les versants du mont Coronat et de la haute vallée ont été reboisés naturellement depuis la fin de l'activité minière et charbonnière au milieu du xx^e siècle. L'évapotranspiration des peuplements de pin pourrait être un facteur de diminution du ruissellement des eaux et donc de la quantité d'eau disponible en fond de vallée pour les zones humides. En effet, le bilan hydrique d'un bassin versant est fonction des précipitations, des débits et de l'évaporation. Depuis plus d'un siècle maintenant, de nombreuses études tendent à caractériser les conséquences du boisement ou du déboisement sur le comportement hydrique des bassins versants. Il apparaît que le boisement a un impact certain sur le régime hydrique d'un bassin, sans toutefois pouvoir émettre de conclusions générales quant à la nature de cet impact (Andréassian, 2004). Il peut en réalité être de deux sortes : d'une part le boisement peut diminuer la quantité d'eau disponible dans le sol, d'autre part, la déforestation pourrait provoquer un assèchement climatique et une diminution des précipitations.

Notons toutefois que l'impact est plus important pour les habitats dont l'approvisionnement en eau se fait par apports latéraux ou par la nappe (elle-même alimentée par son bassin versant). Il serait donc intéressant d'étudier de façon plus précise l'impact du boisement des sous-bassins versants des zones humides afin de comprendre quelles sont les conséquences du reboisement naturel sur les zones sous influence directe des apports en eau, sur un territoire soumis à de fortes contraintes hydriques actuellement.

B.3. Première phase terrain : caractérisation des zones humides

3.1. Plan d'échantillonnage et saison de terrain

3.1.1. Choix des zones à enjeux sur lesquelles baser l'étude

Les zones humides de la RN sont nombreuses et de nature variée. Le travail effectué dans le cadre du stage ne pourra pas toutes les traiter. Le gestionnaire a donc décidé de ne s'attacher qu'aux zones humides à plus forts enjeux afin d'élaborer une méthodologie d'évaluation rapidement opérationnelle pour ces milieux, les zones ayant un intérêt moins important seront traitées par la suite seulement. Un premier travail de hiérarchisation des zones humides selon les priorités de la RN a été entrepris.

Par sa fonction, le gestionnaire de la réserve naturelle a une responsabilité forte vis-à-vis de la conservation des espèces et habitats rares et protégés qu'elle héberge. Il accorde un intérêt particulier à la patrimonialité des espèces et des habitats. Malgré la difficulté à l'appréhender simplement, l'aspect fonctionnel des zones humides a également été désigné comme critère important, notamment à cause des dépendances fortes existant entre les zones d'un même réseau hydrologique. Le choix se portera donc sur les zones humides à plus forts enjeux patrimoniaux et fonctionnels.

Analyse des enjeux patrimoniaux

Les données d'inventaire disponibles sont les espèces patrimoniales des habitats tourbeux, relevées lors de l'inventaire des zones tourbeuses. L'intérêt patrimonial peut donc être évalué à partir de la rareté et du niveau de protection des espèces et des habitats. Les références utilisées pour déterminer les statuts de rareté et de protection sont la DHFF, les lois de protection, le *Livre rouge* des espèces en France et les listes ZNIEFF.

Les espèces rares ou protégées rencontrées sur les zones étudiées sont *Drosera rotundifolia*, *Potentilla fruticosa*, *Juncus pyrenaicus*, *Salix lapponum* (toutes « espèces protégées sur l'ensemble du territoire

national » art.1 ou art.2 et « espèces à surveiller du *Livre rouge* en France ») et *Eriophorum vaginatum* (espèce déterminante ZNIEFF dans les Pyrénées-Orientales).

La plus grande importance est accordée aux zones où l'on retrouve une ou plusieurs des espèces protégées ou rares et des habitats prioritaires. Les zones qui n'abritent par d'habitat d'intérêt communautaire et sur lesquelles aucune espèce listée n'a été inventoriée sont classées en zone de moindre importance.

Analyse des enjeux fonctionnels

Du point de vue fonctionnel, les enjeux importants portent sur la taille des zones, leur position dans le réseau hydrologique, leur connexion avec le réseau. *A priori*, les zones les plus grandes auraient un intérêt plus important car leur rôle (par ex. de stockage d'eau) est amplifiée par leur taille. De même, les zones situées en amont du réseau auraient un intérêt plus élevé que celles en aval car les premières ont une influence directe sur les suivantes. Certains de ces sous-critères sont néanmoins délicats à appréhender ou peu pertinents à l'échelle de la RN de Nohèdes.

En effet, l'emploi d'un indicateur de superficie du site nous a semblé intéressant au premier abord. Cependant les zones humides sont de nature très diverse et il est délicat de comparer un habitat de source, souvent de surface très restreinte mais à fort intérêt fonctionnel avec des habitats plus vastes. De plus, les polygones représentant les habitats correspondent la plupart du temps à plusieurs habitats imbriqués car leur faible superficie et la mosaïque qu'ils forment empêchent le découpage fin selon les habitats. Nous préférons donc l'utilisation d'un indicateur fonctionnel basé sur le regroupement des zones humides selon des critères topographiques.

Il aurait également été intéressant d'accorder plus d'importance aux zones situées « en tête de bassin » et moins à celles situées en aval car l'état des premières va directement influencer les suivantes. Ce critère est applicable avec les zones situées sur un même linéaire mais il ne permet pas de comparer des zones à même altitude et situées sur des versants différents (par exemple des zones entre les lacs et les zones du *Roc dels Miquelets*). Le sous-critère n'est pas retenu ici malgré son intérêt. De même, la connectivité des zones entre elles est un paramètre délicat à mesurer et même qualifier et on peut quasiment considérer que toutes les zones (le long de la rivière principale en tout cas) sont connectées entre elles et au réseau. On n'utilise donc pas le critère dans la hiérarchisation.

L'indicateur retenu pour évaluer l'intérêt fonctionnel est l'appartenance à un groupe de zones humides important (en nombre) au sein du bassin versant, les groupes étant délimités grâce à des critères topographiques. Les zones humides les mieux notées sont celles situées dans un groupe possédant de nombreuses zones humides, à l'inverse une toute petite zone humide isolée aura une note faible.

Choix des zones sur lesquelles baser l'étude

La hiérarchisation s'est basée sur l'inventaire des zones tourbeuses de la réserve (Guionnet, 2005) qui a recensé les espèces floristiques d'intérêt patrimonial ainsi que les habitats d'intérêt communautaire et prioritaires. Ces derniers ne correspondent pas exactement aux zones humides à étudier car le travail porte sur tous les complexes humides comprenant des habitats d'intérêt communautaire ou non. Le précédent inventaire constitue néanmoins une base sur laquelle reposer la hiérarchisation des zones humides de Nohèdes.

La mise au point de la stratégie d'évaluation de l'état de conservation va ainsi se baser sur les zones humides de la haute vallée de Nohèdes, du *Pla del Gorg* jusqu'au *Gorg Estelat* de façon prioritaire. Les zones du *Gorg Estelat* jusqu'au *Gorg Blau* seront également prises en compte afin de disposer d'un échantillon assez important de zones sur lesquelles travailler. Par ailleurs, un complément d'inventaire sera

réalisé au *Pla del Mig*. Ce site étant le plus bas en altitude (1 880 m), le développement de la végétation y est précoce par rapport aux autres zones humides de la haute vallée, il nous a permis de tester et mettre au point les protocoles au cours des mois de mai et juin, avant l'expression plus tardive de la végétation des zones supérieures, aux alentours de 2 000 m d'altitude. Enfin le *Pla del Mig* est le lieu de repos des ovins en estive, les zones humides s'y trouvant sont *a priori* les plus soumises aux contraintes pastorales. Leur étude et leur suivi apporteront donc des informations importantes quant à l'impact du surpâturage, du piétinement et des éventuelles mesures de gestion à mettre en place à l'issue de ce travail.

3.1.2. Une saison de terrain dépendante de l'enneigement tardif de la haute vallée

La première phase de terrain a consisté en un inventaire de toutes les zones humides de la haute vallée de Nohèdes, du *Pla del Mig* au *Gorg Blau* à partir du travail de cartographie des zones tourbeuses de 2003 (Guionnet, 2005), ainsi qu'un relevé des indicateurs présentés ci-haut.

Les inventaires sur le terrain ont réellement débuté aux alentours de la mi-mai sur les zones les plus basses en altitude, au *Pla del Mig*, qui ont été déneigées dès la fin avril et où la végétation a poussé le plus tôt. Ils ont pris fin le 8 août avec un passage de vérification de l'impact des troupeaux ovins et bovins en estive. Du fait de la neige tardive (les dernières neiges ont fondu à la fin du mois de mai à 2 000 m) (voir illustration 4), l'inventaire des zones autour du *Gorg Estelat* et du *Gorg Blau* n'a été possible qu'à partir du début du mois de juillet. En revanche les plantes ont poussé et fleuri plus rapidement dans ces zones : tandis que les multiples passages au *Pla del Mig* ont révélé à chaque fois de nouveaux cortèges et ont permis de suivre l'évolution de la végétation, l'inventaire des espèces des zones plus haut en altitude a souligné l'adaptation de la végétation à la fugacité de la saison estivale par la rapidité de leur développement.

Plusieurs passages par zone ont été prévus au cours de la saison de végétation afin de rencontrer tout le cortège, des espèces vernalles (*Erythronium dens-canis*, *Ranunculus pyrenaicus*...) aux espèces plus tardives (*Swertia perennis*, *Parnassia palustris*...) et ainsi obtenir des relevés de végétation proches de l'exhaustivité.

3.2. Collecte des données

3.2.1. Délimitation de la zone humide

La délimitation de chaque zone humide s'est faite avec un GPS (Garmin, GPSMAP 62s) après avoir repéré les contours visuellement en nous basant sur des critères de végétation et de microtopographie. Il nous a semblé important qu'une zone humide représente un ensemble fonctionnel non fragmenté, et de préférence avec un fonctionnement homogène. Souvent cependant, on observe une continuité physique entre des milieux au fonctionnement différent (groupements de sources voisins de dépressions), ces milieux ont été regroupés dans l'impossibilité de déterminer une limite nette entre les deux.



Illustration 4. Une des zones proches du *Gorg Estelat*, à peine déneigée le 4 juin, sur laquelle on voit encore la végétation de l'année passée.

Nous avons donc considéré comme faisant partie de la zone humide, tous les habitats humides en continuité spatiale ainsi que les habitats moins ou non humides tels que la nardaie ou la pinède à crochets mais qui liaient en quelque sorte des habitats humides très proches (le long du même ruisseau, dans la même dépression...). En revanche nous avons exclu du périmètre la nardaie plus sèche quand elle ne reliait pas deux habitats humides.

Malgré un déplacement lent lors du levé du périmètre des zones humides, la trace brute relevée par le GPS est d'aspect assez anguleux et révèle un certain manque de précision du relevé. Ces défauts ont été corrigés par lissage sur ArcGIS en utilisant l'orthophotographie comme support (voir figure 5).



Figure 5. Délimitation des zones à partir des traces relevées au GPS et d'un lissage sur ArcGIS.

3.2.2. Fiches de relevé

Après avoir délimité la zone, ses caractéristiques peuvent être relevées. Un exemple de fiche de relevé remplie est fourni en annexe 4. Elle permet de relever les informations générales du relevé (auteurs, date), les informations sur la zone humide en elle-même (identifiant, ancien identifiant extrait de la base de données, type de formation) ainsi que tous les indicateurs retenus.

Les indicateurs relevés à l'échelle de la zone humide sont :

- le sol nu ;
- la présence de sentiers et/ou pistes ;
- la présence de déjections ;
- la présence d'espèces allochtones.

Les indicateurs relevés à l'échelle de l'habitat sont :

- la déstructuration de l'habitat ;
- la présence d'algues vertes ;

- la présence et le recouvrement des ligneux hauts et bas.

Une deuxième fiche permet l'inventaire de la flore globale par habitat, en abondance-dominance. Une notice explicative (voir également l'annexe 4) détaille le protocole de relevé de chaque donnée.

Enfin une remarque sur l'état de conservation que nous pressentions a été rajoutée afin de pouvoir comparer les valeurs des différents indicateurs avec une évaluation de l'EC à dire « d'expert ».

Encadré 2. Redécouvertes intéressantes

Les inventaires botaniques ont été l'occasion de nous pencher de près sur la flore des zones humides. Lors de nos prospections, nous avons ainsi pu découvrir une petite population de *Listera cordata*. Les conditions stationnelles lui étant favorable, cette orchidée avait été minutieusement recherchée il y a une dizaine d'années, sans succès. L'*Empetrum nigrum* a été retrouvé vers la mi-juin. C'est une espèce qui avait été signalée dans les archives mais qui n'avait pas été retrouvée dans la réserve depuis presque une centaine d'années. Enfin, quelques pieds de *Narthecium ossifragum* ont été observés sur une des zones de la haute vallée, menant à trois le nombre de station de l'espèce dans la réserve.

3.2.3. Nouvel inventaire des zones humides de la haute vallée

L'inventaire des zones humides s'est basé sur la cartographie des habitats humides d'intérêt communautaire décrite partie A.3.2.1, tout en élargissant les périmètres des zones aux habitats non communautaires mais faisant partie du complexe humide. Le parcours du terrain a également été l'occasion de trouver de nouvelles zones qui n'avaient pas été répertoriées lors des précédents passages. Un important travail préliminaire de recherche, de délimitation des zones et d'inventaire des habitats a ainsi été effectué.

B.4. Méthode d'analyse des données

4.1. Des outils statistiques pour faciliter l'interprétation des données

Les zones humides inventoriées lors de l'étude sont au nombre de 42, de trois types différents, et de trois « états de conservation » différents. Le nombre d'échantillons est donc restreint et ne permet pas d'émettre l'hypothèse de normalité de la distribution des variables (possible lorsque les différents échantillons ont plus de 30 entités). Les tests statistiques que nous pouvons alors utiliser sont des tests non paramétriques.

L'analyse des données requiert de comparer plusieurs moyennes entre elles en fonction d'une variable qualitative (EC, type de formation, etc.). Le test H de Kruskal-Wallis est l'équivalent non paramétrique de l'ANOVA (analyse de la variance) et sera utilisé ici. Il compare en réalité les médianes des échantillons et permet de valider ou non l'hypothèse d'égalité des médianes.

Certains indicateurs (déjections, algues, etc.) sont des variables qualitatives. Le test de leur indépendance avec d'autres variables qualitatives (EC, type de formation, etc.) fait appel au test exact de Fisher. En effet une des conditions d'utilisation du test du χ^2 d'indépendance (effectifs théoriques ≥ 5) n'est pas respectée, et la règle de Cochran (pas plus de 20 % des effectifs théoriques < 5) n'est pas applicable non plus. Le test exact de Fisher n'exige quant à lui aucune condition sur la taille de l'échantillon. Il consiste à générer de très nombreux tableaux (avec les totaux de nos données) de façon aléatoire et de comparer la probabilité d'obtenir, sous le seul effet du hasard, des résultats encore plus éloignés que ceux des données de l'hypothèse « le tableau est équilibré ». Si la cette probabilité est faible, l'effet de la variable est réel.

Tous les tests statistiques sont effectués avec le logiciel libre R (R Development Core Team, 2008).

4.2. Étude des valences écologiques

L'inventaire des espèces végétales par habitats dans chaque zone humide a permis de totaliser 2 120 enregistrements. Malheureusement tous les enregistrements n'ont pas pu être utilisés dans le calcul des valences écologiques des habitats ; pour de multiples raisons il a fallu procéder à un tri important des données avant de les analyser via leurs valences.

4.2.1. Tri des données floristiques

Tout d'abord, 14 des enregistrements ne sont que des notes partielles d'espèces inconnues qui ont été identifiées par la suite lors d'autres passages pendant la floraison, ces notes ont été éliminées. Ensuite, certaines plantes n'ont pu être déterminées qu'au genre : 196 enregistrements (9 %), correspondants à 17 mentions, font référence majoritairement aux sphaignes et aux autres bryophytes pour lesquels nos connaissances étaient trop limitées pour une détermination à l'espèce, aux joncs et cirses ensuite qui ne se sont développés que très tardivement, les autres mentions, minoritaires, correspondent aux trèfles, agrostis, alchémilles, fétuques et dactyloporhizes.

Ainsi, 1910 enregistrements sont des plantes déterminées à l'espèce réellement utilisables.

4.2.2. Établissement des correspondances taxonomiques

Il est important de noter que la base des valences écologiques de Julve s'appuie sur le référentiel taxonomique BDNFF (v5, 2010) tandis que la RN travaille avec le référentiel du MNHN (TAXREF). De plus la base de Julve détaille les valences des sous-espèces, qui n'ont pas toutes été identifiées lors des inventaires, et certains des taxons présents à Nohèdes ne figurent pas dans la base.

Ainsi, 1 197 enregistrements, correspondant à 57 taxons, ont leur équivalent strict dans la base. 537 enregistrements (35 taxons) ont un équivalent qui leur a été attribué parce qu'il n'y avait qu'une seule possibilité dans la base, ou que les valences étaient égales, ou encore qu'il correspondait à l'espèce la plus probable au vu de sa chorologie et son écologie. Enfin, 102 enregistrements (6 taxons) sont absents de la base de Julve, ou bien leurs valences n'y sont pas renseignées.

Au final, le calcul des valences des habitats s'est basé sur 1 734 (= 1 197 + 537) enregistrements.

4.3. Méthode de détermination des valeurs seuils

L'attribution d'une note finale de l'état de conservation de chaque zone nécessite de qualifier chaque indicateur selon trois modalités (la méthode de notation est explicitée au paragraphe C.2.2). Les valeurs seuils entre chaque modalité sont définies à partir de la distribution de toutes les valeurs de l'indicateur selon les terciles (« trois-quantiles »). Ainsi le premier tiers des valeurs sera « bon », le deuxième tiers « moyen » et le dernier tiers « défavorable ». Pour certains indicateurs, la séparation par quantiles n'étant pas la plus judicieuse, les seuils ont été définis grâce aux seuils « naturels » que l'on détecte visuellement. La méthode de détermination des seuils est importante à garder à l'esprit car c'est elle qui détermine les résultats qui vont par la suite être communiqués.

La définition des états de conservation n'est ainsi que relative aux zones de la RN de Nohèdes puisque les données n'ont été récoltées que dans cette réserve. Notons que le MNHN emploie une autre méthode en maximisant la corrélation entre la note et l'EC selon les experts par régression linéaire (Maciejewski, 2012). Ceci n'a pas été possible au vu des conditions de l'étude : territoire restreint, nombre restreint d'échantillons,

faible expérience de « l'expert », etc. Ainsi, notre méthode n'est pas entièrement basée sur les dires d'expert et peut parfois donner des résultats différents. Elle constitue en revanche une solide base de suivi de l'EC en quantifiant les différents critères et propose une façon de qualifier l'EC qui est amenée à évoluer avec la récolte de données dans les massifs alentours et avec l'avancée des connaissances.

B.5. Des indicateurs à valider et conforter par des études spécifiques

5.1. Synthèse des caractéristiques de chaque indicateur

Les différents indicateurs choisis doivent répondre aux caractéristiques présentés dans le paragraphe B.2.1.1. Le tableau 4 présente notre avis sur la pertinence du choix des indicateurs.

Tableau 4. Synthèse des caractéristiques des indicateurs retenus dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation (1 : pertinence forte, 2 : pertinence faible).

Paramètres	Indicateurs	Réactivité	Universalité	Faisabilité	Pertinence	Compréhensible	Valeur scientifique
Composition	Valences des espèces présentes	1	1	1	1	1	2
	Présence de déjections animales	1	1	1	1	1	2
	Présence d'algues vertes	1	1	1	2	1	2
	Présence d'espèces allochtones	1	1	1	1	1	1
Structure	Recouvrement de sol nu (%)	1	1	1	1	1	1
	Proportion de sentier (%)	1	1	1	1	1	1
	Proportion d'habitat déstructuré (%)	1	1	1	2	1	2
	Recouvrement des ligneux bas "non typiques" (%)	2	1	1	1	1	2
	Recouvrement des ligneux bas typiques des buttes à sphaignes (%)	2	1	1	1	1	2
Processus	Signes d'assèchement	2	1	1	1	1	2

Tous les indicateurs sont largement applicables sur l'aire de répartition des habitats, basés sur des paramètres faciles à renseigner et compréhensibles par des non-spécialistes. En revanche, le tableau met en évidence des manques dans les connaissances liées à la réactivité des indicateurs vis-à-vis du changement, ainsi que dans les liens existants entre les pressions exercées et la réaction du milieu.

5.2. Études particulières à envisager pour valider les indicateurs retenus

En parallèle du suivi mis en place à l'issue de ce travail (voir la partie C), certaines études pourraient être menées de façon à valider les indicateurs utilisés et à mieux comprendre les dynamiques en jeu. Elles offriraient également la possibilité de mieux comprendre les variations inter- et intra-annuelles des paramètres étudiés, et ainsi de mieux discerner les tendances. Les études présentées ci-dessous sont des propositions qui sont complémentaires à la mise en place du suivi de l'état de conservation des zones humides. Elles pourront être développées et mises en place par la RN de Nohèdes, la fédération des réserves naturelles catalanes, le PNR des Pyrénées catalanes ou bien mises en œuvre par des partenaires extérieurs tels que des universitaires selon les intérêts, les priorités et les moyens de chacun.

Quel est l'impact de la déstructuration des habitats sur le cortège floristique ?

La déstructuration des habitats est visible rapidement, mais est-elle synonyme de dégradation de l'habitat à long terme ? À partir de quel moment la déstructuration traduit-elle une dérive dans la composition floristique des habitats ? Les habitats ne réagissent pas de la même façon, certains présentent une structure plus fragile que d'autres et ont des capacités de régénération en général plus faibles : quelle est la résilience des différents habitats vis-à-vis de leur déstructuration ? Une étude comparant des zones plus ou moins déstructurées ou un suivi après une mise en défens permettrait certainement de répondre à ces questions et de mettre en évidence une éventuelle modification de la composition floristique.

Quel est l'impact de la fermeture du milieu sur la quantité d'eau disponible pour les espèces des complexes tourbeux ?

Les zones humides d'altitude sont dans les Pyrénées-Orientales en limite sud de leur aire de répartition, les climats plus chauds et secs ne leur sont pas favorables. Le réchauffement et l'assèchement du milieu engendré par les changements climatiques les ont probablement déjà affectées et l'état actuel des zones en est le reflet. La présence de ligneux, par leur évapotranspiration, peut exacerber la contrainte hydrique dans un contexte déjà peu favorable. Cependant ces mêmes ligneux peuvent avoir un effet protecteur contre le dessèchement des sphaignes en particulier, en formant un abri contre le vent et le soleil. Selon les zones et les expositions, il est probable que les deux phénomènes jouent un rôle dans la dynamique des zones humides du territoire. L'objectif d'une étude sur le sujet serait de comprendre dans quelle mesure la colonisation par les ligneux modifie les apports hydriques, du sol et météoriques, en direction des complexes tourbeux.

Quelle est la relation entre la présence de déjections et l'eutrophisation du milieu ?

La présence de déjections animales traduit la présence de troupeaux venant ponctuellement ou régulièrement sur la zone. Les apports azotés qu'ils induisent peuvent être à l'origine d'une dérive trophique du milieu souvent caractérisé par son oligotrophie. Un indicateur spécifique a d'ailleurs été créé pour relever la présence de déjections. En revanche le seuil au-dessus duquel l'apport en nutriment a un impact réel n'est pas connu. Des renseignements à ce sujet pourront être obtenus grâce au suivi de l'évolution de la flore, mais l'absence de conditions contrôlées par ailleurs pourra empêcher une interprétation précise des impacts.

Quelle est la relation entre la présence d'algues vertes et l'eutrophisation du milieu ?

Les algues filamenteuses apparaissent dans les cours d'eau lors de l'eutrophisation du milieu et sont souvent signes de forts apports azotés et phosphatés. Nous avons remarqué lors de la phase terrain la présence d'algues dans l'eau libre de nombreuses zones. La mise en place d'une étude spécifique visant à identifier ces algues et leur écologie ainsi que les paramètres chimiques de l'eau, permettrait de valider ou non la pertinence de l'indicateur dans l'évaluation de l'état de conservation. Notons que deux réserves catalanes (Nohèdes et Prats-de-Mollo-la-Preste) souhaitent étudier ce sujet.

C. Évaluation de l'état de conservation des zones humides de Nohèdes

C.1. L'état des zones humides de Nohèdes

L'inventaire des zones humides de la haute vallée de Nohèdes a permis d'en recenser quarante-deux, de surface très variée puisque les plus petites font moins d'une dizaine de m² et la plus grande s'étend sur près d'un hectare. D'une moyenne de 0,009 ha, ces zones humides sont relativement petites comparées aux

tourbières de l'ensemble du massif du Madres dont la surface moyenne a été évaluée à 0,641 ha (Guionnet, 2005). La phase de terrain nous a amenés à parcourir une grande partie de la haute vallée sans se restreindre aux zones préalablement inventoriées. Nous pouvons ainsi estimer que notre inventaire frôle l'exhaustivité et a localisé l'ensemble des zones humides de la haute vallée de la RN de Nohèdes.

1.1. Type de formations et dynamiques rencontrées

1.1.1. Typologie des zones humides

Différents critères sont utilisés pour classer les tourbières. Leur origine ainsi que leur fonctionnement hydrologique sont à la base de la classification actuelle des tourbières. On retrouve à Nohèdes les types de zones suivantes (Manneville *et al.*, 1999) :

- des zones soligènes, qui dépendent de sources et suintements ;
- des zones dites topogènes, formées par une nappe affleurante stagnante dans une dépression topographique.

Les termes ombrotrophes et minérotrophes se rapportent aux conditions d'alimentation en eau. Les complexes tourbeux de la haute vallée de Nohèdes sont en général formés d'une juxtaposition de milieux :

- ceux dont l'alimentation en eau est presque uniquement sous l'influence des eaux météoriques (pluie et neige), dits milieux ombrotrophes ;
- ceux alimentés par des eaux ayant circulé au contact du substrat minéral, dits minérotrophes.

À l'échelle de la RN de Nohèdes, ces grands types de formations ne permettent pas de distinguer clairement différentes zones car elles sont globalement de même nature. Thomas (2007) a mis au point une typologie des formations tourbeuses, dans le cadre de leur inventaire dans les Pyrénées-Orientales, qui offre la possibilité de distinguer les différentes formations selon des critères établis dans le même contexte local : nous l'avons utilisé dans le cadre de cette étude.

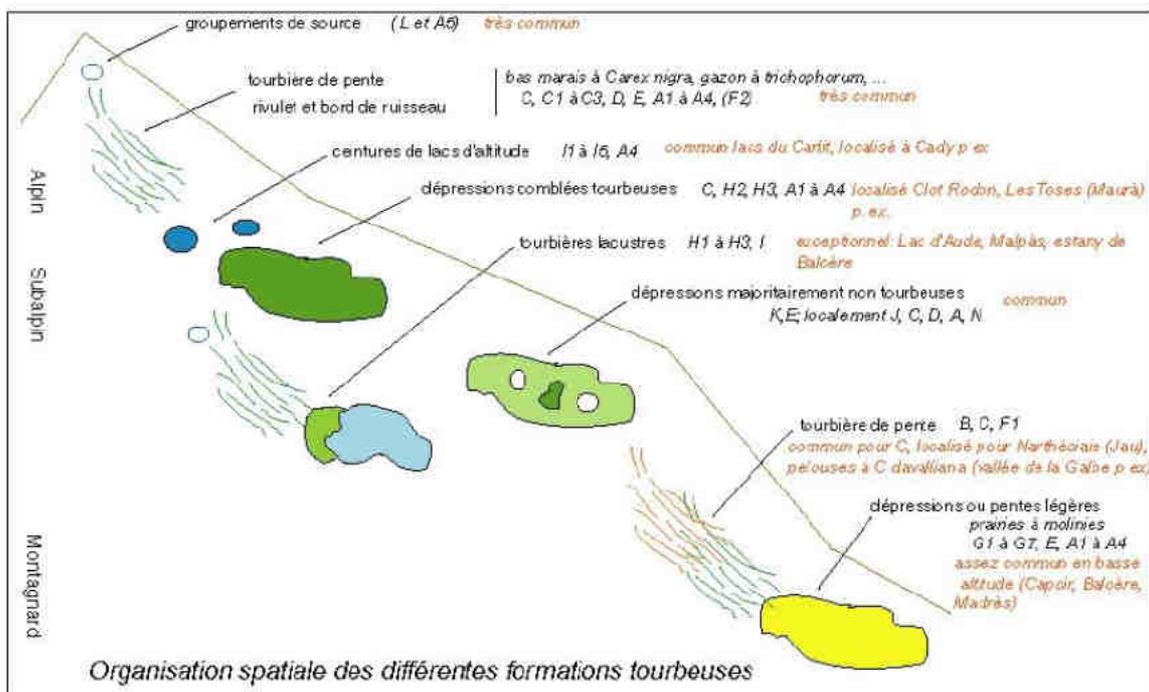


Figure 6. Typologie des différentes formations tourbeuses de montagne (source : Thomas (2007))

Seuls trois des types de formations humides selon Thomas ont été identifiés dans la haute vallée de Nohèdes (illustration 5) :

- les dépressions majoritairement non tourbeuses, qui sont situées dans des zones concaves et sont composées d'une juxtaposition de milieux plus ou moins tourbeux tels que les pelouses à Nard (Code Corine Biotope 36.31), les buttes à sphaignes (51.111,51.113) et bas-marais à *Carex nigra* (54.424) ou *Trichophorum cespitosum* (54.452), très localisés ;
- les tourbières de pente, rivulets et bords de ruisseaux, qui sont situées sur pente, soumises à des expositions diverses et s'étendent autour des rivulets ou ruisseaux sans, pour autant, que les habitats typiques des sources (54.11) s'expriment de façon majoritaire. Elles abritent également des bas-marais à *Carex nigra* (54.424) ou *Trichophorum cespitosum* (54.452), ainsi que des buttes et tapis de sphaignes (51.111, 51.112,51.113) ;
- les groupements de source, qui abritent principalement des habitats de sources à Cardamine ou bryophytes (54.11) et contiennent souvent des tapis de sphaignes (51.112) s'exprimant le long du cours d'eau.

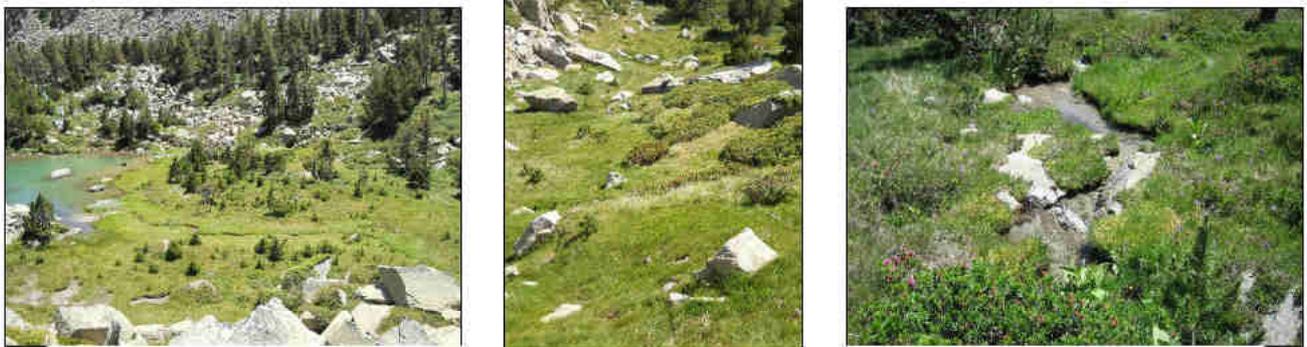


Illustration 5. Les trois types de formation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes, de gauche à droite : "dépression majoritairement non tourbeuse", "tourbière de pente, rivulet, bord de ruisseau" et "groupement de source" (source : première et deuxième : Aliénor Quiblier, dernière : Claire Binnert)

Nous n'avons pas relevé de zone tourbeuse (type : dépressions majoritairement tourbeuses) au sens strict. Seule la « grande tourbière » du *Pla del Gorg* présente un habitat réel (et non fragmentaire) de haut-marais mais comme le périmètre de la zone englobe également une grande partie de nardaie et des fragments de lande à Rhododendron ferrugineux, nous avons considérée qu'elle avait les mêmes caractéristiques que les « dépressions majoritairement non tourbeuses ».

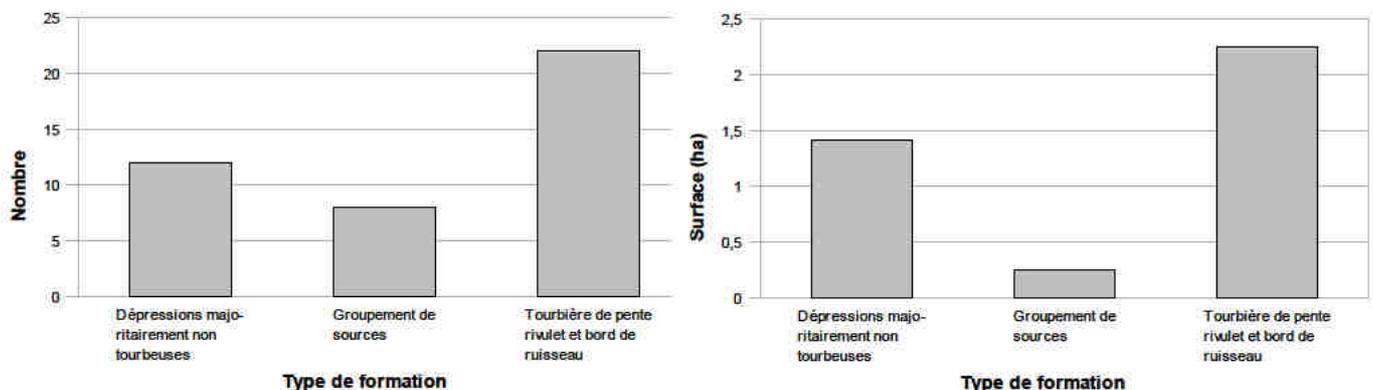


Figure 7. Répartition des zones selon les types de formations, à gauche, en nombre, à droite en total des surfaces.

Les formations majoritaires (en nombre et en surface) sont les tourbières de pente, rivulets et bords de ruisseau avec presque 60 % de la surface totale des zones inventoriées (voir figure 7), tandis que les groupements de sources ne représentent que 7 % de la surface inventoriée pour huit zones au total. En effet, ces dernières sont localisées à proximité directe d'une source et ne s'étendent jamais bien au-delà du rivulet, ce qui leur confère une forme très allongée et une taille limitée. Par ailleurs les groupements de sources sont très localisés dans la haute vallée, on les retrouve essentiellement sur les berges nord et est du *Gorg Estelat*. Les tourbières de pente, rivulets et bord de cours d'eau sont dispersées au contraire dans toute la haute vallée, et alternent avec les dépressions majoritairement non tourbeuses qui se situent sur des zones plus plates entre les décrochements de pente.

Il est arrivé que certaines zones (au nombre de huit) recourent deux types de formations différents. Par exemple des zones se situant le long de ruisselets comportent parfois une grande proportion d'habitats de sources (à cardamines et bryophytes) mais elles s'étendent bien autour des ruisseaux et peuvent alors constituer des « tourbières de pente, rivulets et bords de ruisseaux ». L'affectation finale d'un type particulier s'est faite grâce au recouvrement majoritaire de l'une ou l'autre formation.

1.1.2. Position au sein de la dynamique des tourbières

Tout en restant prudents dans l'interprétation du fonctionnement, nous pouvons replacer les habitats constituant les zones humides de la haute vallée de Nohèdes au sein du contexte, plus large, des tourbières de haute montagne, représentés en figure 8.

Les groupements végétaux qu'on retrouve à Nohèdes se situent pour l'essentiel vers le pôle acide, plus ombrotrophe, d'eau stagnante. Des groupements appartenant aux stades pionniers (groupements semi-aquatiques à *Carex rostrata*) coexistent souvent au sein de la même zone avec des groupements dont le stade est plus évolué (buttes à *Sphagnum magellanicum* et *Sphagnum capillifolium*, etc.).

Notons que le modèle proposé place les buttes à sphaignes vers un pôle relativement stable, alors les observations sur le terrain nous amènent à faire l'hypothèse de l'évolution quasi globale des buttes à sphaignes vers des groupements de landes à éricacées. Il serait donc intéressant d'étudier plus particulièrement la dynamique actuelle des buttes à sphaignes, mais aussi l'histoire des « buttes » de landes à éricacées.

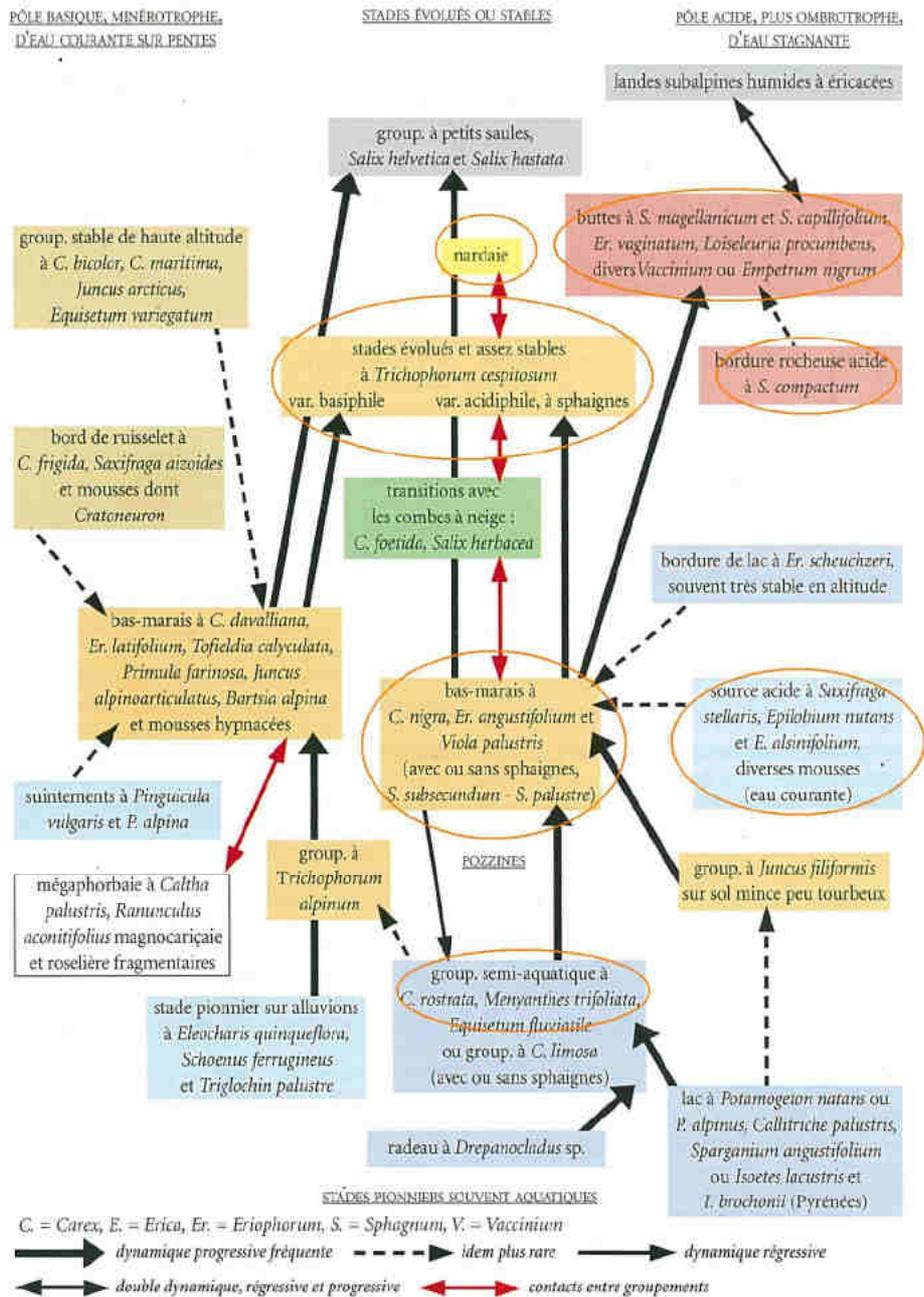


Figure 8. Dynamique et diversité de la végétation des tourbières et milieux adjacents de haute montagne (étage subalpin à alpin) (source : tiré de Manneville et al. (1999))

1.2. Définition des valeurs seuils à partir des gradients couverts par les indicateurs

Recouvrement de sol nu dans la zone humide

Les valeurs de sol nu relevées vont de 0 à 30 % au maximum pour deux des zones relevées. La majorité des valeurs sont égales ou inférieures à 10 % (voir figure 9).

Proportion d'habitats déstructurés dans la zone humide

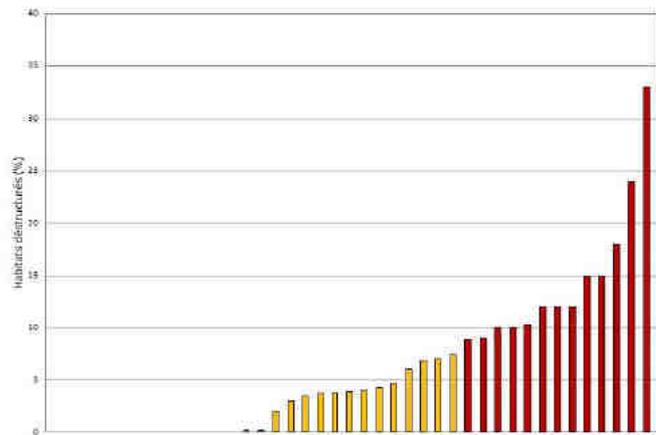


Figure 11. Distribution des valeurs d'habitats déstructurés pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis (orange = état moyen, rouge = état défavorable).

Treize des zones humides ne sont pas déstructurées, la plupart des autres le sont à moins de 20 %. Seules quelques valeurs dépassent les 20 %, ce qui dénote une forte pression sur ces milieux (voir figure 11).

Les modalités définies avec la méthode des terciles sont les suivants : « pas d'habitat déstructuré sur la zone » (douze valeurs), « pourcentage de déstructuration inférieur ou égal à 7,5 % » (quinze valeurs), « pourcentage de déstructuration supérieur à 7,5 % » (quatorze valeurs). La méthode visuelle amènerait plutôt à placer le dernier seuil à 12 %, mais cela conduit à mettre un accent plus important sur les valeurs extrêmes tout en augmentant le nombre de valeurs dans la catégorie moyenne. Les premiers seuils présentés sont donc retenus.

Remarque : Les buttes et tapis de sphaignes sont les habitats les plus sensibles à la déstructuration, ils portent rapidement la marque d'un piétinement, même léger, et sont peu résilients vis-à-vis de la perturbation.

Proportion de ligneux dans la zone

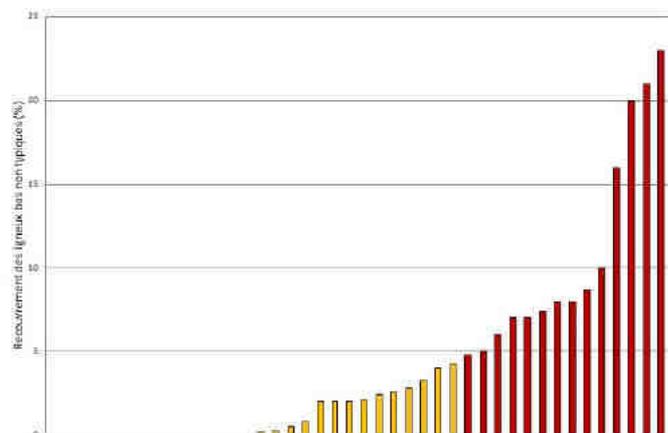


Figure 12. Distribution des recouvrements de ligneux bas non typiques pour les différentes zones et note d'état selon les seuils définis (orange : état moyen, rouge : état défavorable).

La distribution des valeurs des ligneux bas non typiques est relativement semblable à celle des autres indicateurs. Quatorze des zones humides n'ont pas de ligneux bas non typiques et seules quatre zones sont recouvertes à plus de 10 % de ligneux bas (voir figure 12).

Malgré le petit décrochement observé entre les valeurs 10 et 16 %, il semble préférable de définir les seuils plutôt grâce aux terciles de la distribution qu'avec une méthode visuelle pour rester cohérent avec les indicateurs précédents (voir « habitats déstructurés »). Ainsi les seuils retenus sont : « absence de ligneux bas non typiques » (quatorze valeurs), « recouvrement inférieur à 4,5 % sur toute la zone » (quatorze valeurs), et « recouvrement supérieur à 4,5 % sur toute la zone » (quatorze valeurs).



Figure 13. Distribution des recouvrements de ligneux bas typiques sur les buttes à sphaignes et note d'état selon les seuils définis (vert = bon état, orange = état moyen).

Aucune des buttes à sphaignes n'est exempte de ligneux bas « typiques » (voir figure 13). Il n'est d'ailleurs pas question de condamner la présence de ces espèces qui font partie intégrante du cortège de ces habitats. Il est donc délicat de fixer des seuils, même avec une méthode « objective » comme celle des terciles. Préalablement à l'analyse des données, nous nous étions basés sur une transition vers un état moyen lors d'un recouvrement de plus de 50 %. Nous pouvons l'utiliser ici et ne choisir de fixer que deux modalités : une bonne note pour « des buttes à sphaignes recouvertes à moins de 50 % de ligneux bas typiques » (quatorze valeurs) et une note défavorable pour « des buttes à sphaignes recouvertes à 50 % ou plus de ligneux bas typiques » (sept valeurs). Le calcul de l'état de conservation final (explicité par la suite, voir C.3) n'a pas révélé de grande différence dans l'attribution de la note finale en utilisant l'une ou l'autre des méthodes, une seule zone passe de « bon » (méthode retenue) à « moyen » (méthode des terciles, abandonnées pour cet indicateur).

Remarque : Comme nous pouvons l'imaginer, il y a une corrélation légère entre le pourcentage de recouvrement des ligneux bas typiques et non typiques dans la zone humide (en entier). En revanche, la comparaison des recouvrements de ligneux bas non typiques dans la zone humide et des recouvrements de ligneux bas typiques sur les buttes à sphaignes ne mettent pas en évidence de corrélation particulière. Nous pouvons donc utiliser les deux indicateurs de façon complémentaire.

Déjections

Les relevés étant effectués selon des modalités fixées, il est plus facile de placer les seuils entre les états de conservation. Pour l'indicateur « présence de déjections », quatre modalités ont pu être relevées, mais seule une zone présente des déjections très abondantes, elle a donc été classée avec les zones à « déjections moyennement abondantes ». Les trois modalités ainsi retenues pour l'évaluation sont :

« absence de déjection » (quinze valeurs), « peu de déjections » (vingt et une valeurs) et « déjections moyennement à très abondantes » (six valeurs).

Algues vertes

De la même façon que précédemment, les algues vertes ont été relevées selon quatre modalités, mais la dernière (« algues très abondantes ») n'a été mentionnée qu'une seule fois. Elle a donc été incluse avec la modalité moyenne. Les trois modalités retenues pour l'évaluation sont : « absence d'algue verte » (trente valeurs), « peu d'algues vertes » (six valeurs) et « déjections en proportions moyennes ou abondantes » (six valeurs).

Assèchement

Les trois modalités relevées sont les mêmes que celles retenues pour l'évaluation de l'état de conservation : « absence de mention du phénomène d'assèchement » (quatorze valeurs), « mention du phénomène » (quinze valeurs), « mention d'un assèchement important sur la zone » (treize valeurs).

Espèces allochtones

Les espèces allochtones s'installent sur des milieux perturbés, en fonction de leur capacité de dispersion. Pour le moment, mis à part un envahissement par le Sénéçon du Cap (*Senecio inaequidens*) des milieux ouverts, mais non des zones humides, et dont la présence semble naturellement se réguler, la RN de Nohèdes est particulièrement protégée des espèces allochtones envahissantes. Aucune d'elles n'a été retrouvée sur les zones étudiées. L'indicateur est donc conservé car sa prise en compte dans l'évaluation de l'EC est important mais aucune modalité ne peut être fixée si ce n'est que le bon état consiste en l'absence de ces espèces.

1.3. Première analyse des valences écologiques des cortèges floristiques

L'analyse des valences écologiques réalisée au cours de l'étude est une première base de travail qui a pour but de mettre en évidence l'intérêt de leur prise en compte dans une méthode d'évaluation et les différentes possibilités de traitement des données. Les résultats n'ont pas été inclus dans l'évaluation de l'état de conservation car les données récoltées ne permettent pas encore une analyse fine et assez précise et il semble plus pertinent d'analyser les tendances et les évolutions que l'état initial en lui-même.

1.3.1. La distribution des valences diffère selon les habitats

Le test statistique de Kruskal-Wallis montre que la distribution des médianes est différente selon les habitats pour toutes les variables (humidité édaphique, humidité atmosphérique, nutriments, température, lumière, réaction du sol, texture du sol et matière organique) à l'exception de la continentalité. Il est donc possible de faire une distinction entre les habitats selon la distribution des valences.

Les tests de tous les habitats deux à deux, pour identifier les différences et les regroupements possibles, ont été réalisés pour les variables « humidité édaphique » et « nutriments » à l'aide du test de Mann-Whitney-Wilcoxon.

Résultats pour l'humidité édaphique

Bien que les médianes des valences soient significativement différentes les unes des autres, il n'est pas possible de distinguer de façon stricte des groupes d'habitats qui réagiraient de la même façon. La figure 14 présente les habitats triés de la plus faible à la plus forte affinité pour l'eau de leurs cortèges floristiques. L'annexe 5 présente les tableaux de résultats des tests et les regroupements possibles.

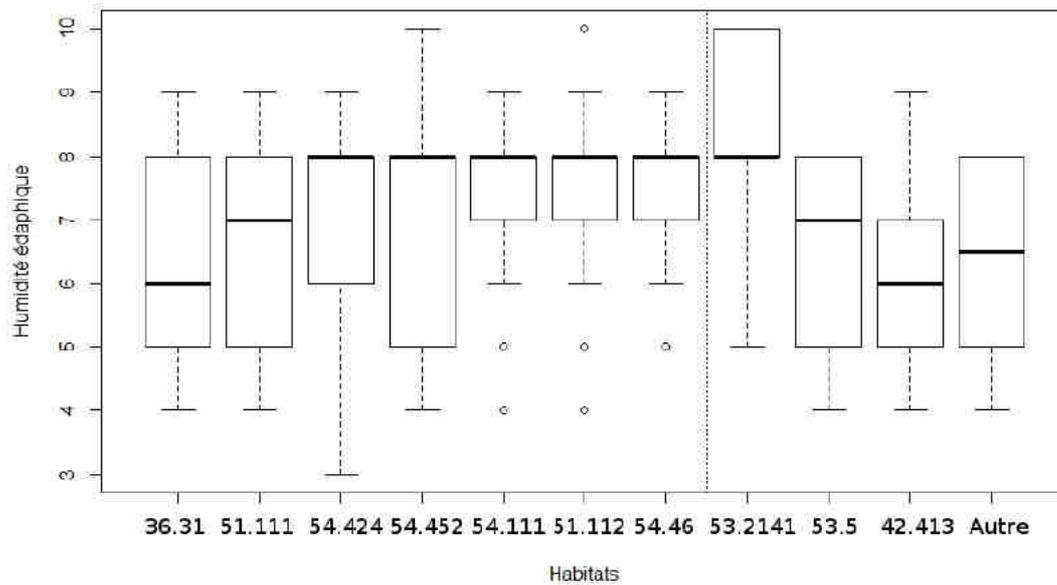


Figure 14. Distribution des valences « humidité édaphique » selon les habitats. Le trait épais représente la médiane des valeurs, le rectangle représente la position des premier et troisième quartiles et les extensions en pointillés vont jusqu'aux premier et neuvièmes déciles de la distribution ; les valeurs exceptionnelles sont signifiées par des cercles vides.

Nous pouvons tout de même distinguer des pôles plus secs dans les cortèges des habitats de nardaie (36.31), de buttes de sphaignes colorées et à buissons nains (51.111 et 51.113), et à la limite avec un pôle hygrophile à hydrophile, les bas-marais acides pyrénéens à Laïche noire (54.424). Le pôle hygrophile à hydrophile est caractérisé par les habitats de sources d'eau douces à Bryophytes (54.111), de bases des buttes et pelouses de sphaignes vertes (51.112) et de bas-marais à *Eriophorum angustifolium* (54.46) ; le bas-marais acide pyrénéen à *Trichophorum cespitosum* (54.452) est à la limite basse de ce dernier groupe.

Résultats pour la variable « nutriments »

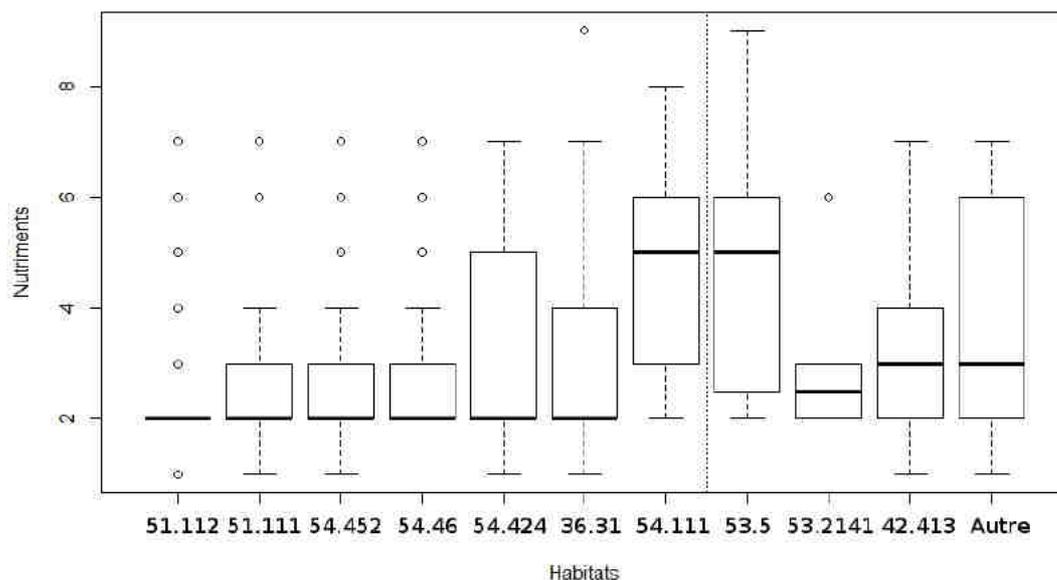


Figure 15. Distribution des valences "nutriments" selon les habitats. Le trait épais représente la médiane des valeurs, le rectangle représente la position des premier et troisième quartiles et les extensions en pointillés vont jusqu'aux premier et neuvièmes déciles de la distribution ; les valeurs exceptionnelles sont signifiées par des cercles vides.

La variable « nutriments » (voir figure 15) permet quant à elle la distinction de plusieurs groupes d'habitats. En effet d'après le tableau des résultats des tests (voir annexe 5), les habitats oligotrophes 51.111, 51.112, 54.452 se distinguent clairement d'un autre groupe (36.31 et 54.424) qui présente des valeurs plus étalées vers des affinités méso-oligotrophes voire mésotrophes. L'habitat de source 54.111 est significativement différents des autres, sans surprise il est caractérisé par un cortège mésotrophile. Enfin l'habitat 54.46 est à la limite entre les deux premiers groupes.

Remarque

Les habitats de cariçaias à *Carex rostrata* (53.2141), jonçaias hautes (53.5), les forêts pyrénéennes de pins de montagne à rhododendrons (42.413) et les habitats notés autres, mélanges de nardaie et de pinède à crochets ne sont présents que rarement dans les zones humides puisqu'ils n'ont que deux à quatre réplicats en tout. Les tests statistiques ne les ont pas différenciés des autres habitats et ils auraient pu appartenir à tous les groupes, nous les avons donc mis de côté car leurs résultats ne sont pas interprétables au même titre que les autres.

1.3.2. La distribution des valences n'est pas significativement différente selon les zones humides ou leur état de conservation

De la même façon, les valences ont été passées au crible pour mettre en évidence une éventuelle influence de la zone humide ou de l'état de conservation (EC expert) sur la composition floristique des habitats. Aucun des tests ne donne de résultat significatif, quelle que soit la variable testée. Cela peut être dû à plusieurs facteurs :

- localisées dans la haute vallée de Nohèdes, les zones humides ne présentent pas de grandes différences en termes de composition floristique ;
- les cortèges floristiques inventoriés ont souvent la même composition, les différents habitats se distinguant sur le terrain grâce aux abondances relatives. Or l'estimation de ces dernières sur des grandes surfaces apparaît comme peu précise. Les calculs présentés ici ne tiennent pas compte des mentions d'abondance pour chaque habitat, mais la fréquence générale des espèces est incluse car chaque espèce a été comptabilisée le nombre de fois qu'elle est présente dans une zone humide ;
- les valeurs des valences elles-mêmes peuvent induire un certain bruit par leur précision et domaine de validité et masquer les faibles différences existantes.

La méthode d'inventaire global de la végétation par habitat dans chaque zone humide peut être également une source d'imprécision. Dans le cadre de la mise en place du suivi de l'état de conservation, une méthode d'inventaire par points contacts est proposée en complément d'un inventaire global. Elle est présentée paragraphe D.3.2.

1.4. Grille d'évaluation

Les différentes modalités de chaque indicateur, résultant de l'analyse des données (voir § C.1.2) sont synthétisées dans le tableau 5.

Tableau 5. Grille de notation des indicateurs dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de la RN de Nohèdes.

Paramètres	Indicateurs	Modalités		
		Bon	Moyen	Mauvais
Composition	Présence de déjections animales	absence	peu	moyen à beaucoup
	Présence d'algues vertes	absence	peu	moyen à beaucoup
	Présence d'espèces allochtones	absence	X	présence
Structure	Recouvrement de sol nu (%)	égal à 0	inf. ou égal à 5	sup. à 5
	Proportion de sentier (%)	égal à 0	inf. ou égal à 5	sup. à 5
	Proportion d'habitat déstructuré (%)	égal à 0	inf. ou égal à 7,5	sup. à 7,5
	Recouvrement des ligneux bas "non typiques" (%)	égal à 0	inf. ou égal à 4,5	sup. à 4,5
	Recouvrement des ligneux bas typiques des buttes à sphaignes (%)	inf. à 50	sup. ou égal à 50	X
Processus	Signes d'assèchement	absence	peu	forts

C.2. Une note synthétique de l'état de conservation des zones humides

L'attribution d'une note finale caractérisant l'état de conservation des zones humides (et synthétisant l'ensemble des indicateurs) est nécessaire car elle fournit un résultat synthétique utile pour rendre compte de l'état des sites (entre autres, dans le cadre de Natura 2000) ou encore à la communication des résultats des actions de gestion. Néanmoins, la note synthétique seule n'est pas suffisamment lisible et claire pour le gestionnaire qui a besoin de connaître les causes de dégradation afin d'y remédier éventuellement par des actions ciblées. Le recours à la représentation de la valeur de chaque indicateur pour chacune des zones, combinée au calcul d'une note totale pour la zone humide permettra de répondre aux deux attentes en identifiant rapidement les zones les plus dégradées et la cause de dégradation.

2.1. Un radar pour chaque zone

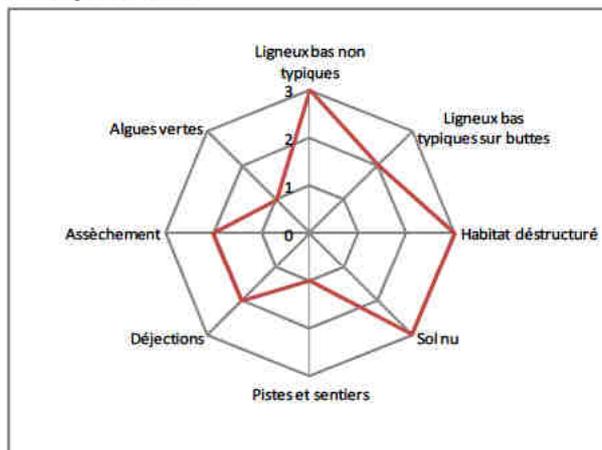


Figure 16 . Exemple d'un radar représentant les notes de chaque indicateur pour la zone EST06. La valeur 1 correspond à la meilleure des modalités en termes d'état de conservation, la valeur 3 à la moins bonne. Ainsi plus la zone entourée de rouge est petite, mieux c'est, et vice versa.

La présentation en radar présente l'avantage de placer sur un même graphique des variables différentes (les indicateurs) et de mettre en évidence les moins bonnes valeurs. La figure 16 en donne un exemple : pour la zone EST06, aucune algue ni trace de sentier ne sont observées. En revanche, la zone présente un fort recouvrement en ligneux bas tels que les Pins à crochets ou le Rhododendron ferrugineux et une part importante d'habitats déstructurés et de sol nu. Enfin, elle a des notes moyennes concernant l'assèchement, la présence de déjections et le recouvrement des ligneux bas typiques sur les buttes à sphaignes.

L'annexe 6 présente les résultats pour toutes les zones humides.

2.2. Attribution d'une note d'état synthétique de l'état de conservation à chaque zone

Tout en ayant conscience de la nature intégrative de la note, nous pouvons attribuer une note d'état de conservation à chaque zone étudiée à partir des indicateurs relevés.

2.2.1. Trois niveaux pour qualifier l'état de conservation

Les textes européens proposent trois niveaux pour qualifier l'état de conservation : « excellent, bon, significatif ». Ces intitulés ont varié quelque peu par la suite pour devenir « favorable, défavorable-inadéquat, défavorable-médiocre » à l'échelle nationale (Bensettiti *et al.*, 2012), mais les trois niveaux « bon, moyen, défavorable » sont la plupart du temps utilisés à l'échelle des sites, ce qui permet également de différencier les échelles d'évaluation. Nous nous appuyerons donc sur ces trois dernières modalités.

2.2.2. Principe de calcul de la note finale

Il existe trois méthodes principales de calcul d'une note finale d'état de conservation d'un site :

- la méthode dite « communautaire », proposée par les textes européens, attribue à l'habitat la note de l'indicateur le moins bien noté ;
- une méthode basée sur les moyennes des valeurs des indicateurs qui attribue une valeur moyenne à l'état de conservation ;
- la méthode du MNHN attribue à chaque indicateur des points (positifs ou négatifs selon l'effet bonifiant ou dégradant). Le total des points (entre 0 et 100) est placé sur une échelle et une classe lui est attribuée selon sa position ;

La première a été comparée à un équivalent de la deuxième méthode (méthode allemande et autrichienne de pondération des valeurs entre les trois paramètres composition, structure et fonction) dans le but de mettre en évidence la méthode la plus pertinente (Kluszczewski *et al.*, 2010). Il apparaît que la deuxième méthode mène le plus souvent à la note moyenne, les catégories s'équilibrant entre elles. Les auteurs portent donc leur préférence sur l'attribution de la plus mauvaise des notes au final. Cependant O. Argagnon (comm. pers.) met en garde contre ce choix qui est très mal vécu par les acteurs du territoire et préfère une méthode qui permet de souligner les points de défaillance à améliorer. Enfin la méthode du MNHN demande de hiérarchiser les différents indicateurs, ce que nous avons voulu éviter (voir ci-dessous).

Dans le cadre de notre étude, les deux méthodes ont été testées. La méthode « communautaire » nous semble trop pénalisante en déclassant très rapidement de nombreuses zones. Nous avons donc opté pour le calcul d'une note moyenne, méthode qui distingue bien les zones humides dans la RN, et qui permet de créer trois groupes (de taille identique) correspondant aux zones en meilleur état, en état moyen, et en moins bon état dans la réserve.

Hiérarchisation

Certaines méthodes d'évaluation proposent de hiérarchiser les indicateurs en fonction de leur importance vis-à-vis des conséquences occasionnées sur la conservation des habitats. Par exemple, la méthode du MNHN pondère chaque indicateur grâce au nombre de points affectés pour les valeurs de bon ou mauvais état. Ces pondérations sont toutefois déterminées à dire d'expert, les connaissances actuelles sur la dynamique des habitats et leur évolution face aux pressions anthropiques ne permettent pas la hiérarchisation des facteurs selon les types de milieu.

Nous pouvons imaginer qu'à moyen et long terme, les connaissances du fonctionnement des milieux auront évolué et que nous serons capables d'attribuer un poids plus important à tel ou tel facteur déterminant dans le maintien des habitats. En revanche, actuellement, la seule pondération que nous pourrions introduire serait définie par les objectifs de conservation de la structure gestionnaire. Dans ce cas, l'évaluation de l'EC ne serait alors plus objective par rapport au maintien ou non de l'habitat, mais sous-tendue par les priorités du gestionnaire, ce qui n'est pas l'objet de cette étude.

C.3. Résultats et analyse

3.1. L'état de conservation des différentes zones humides

L'état de conservation calculé (noté EC calculé), par opposition à l'EC donné à dire d'expert (noté EC expert), correspond à la moyenne des notes de tous les indicateurs. Les moyennes ont ensuite été regroupées en trois catégories comme expliqué précédemment (voir § C.2.2.2). L'état de conservation des zones humides est présenté dans les graphes ci-dessous (figure 17).

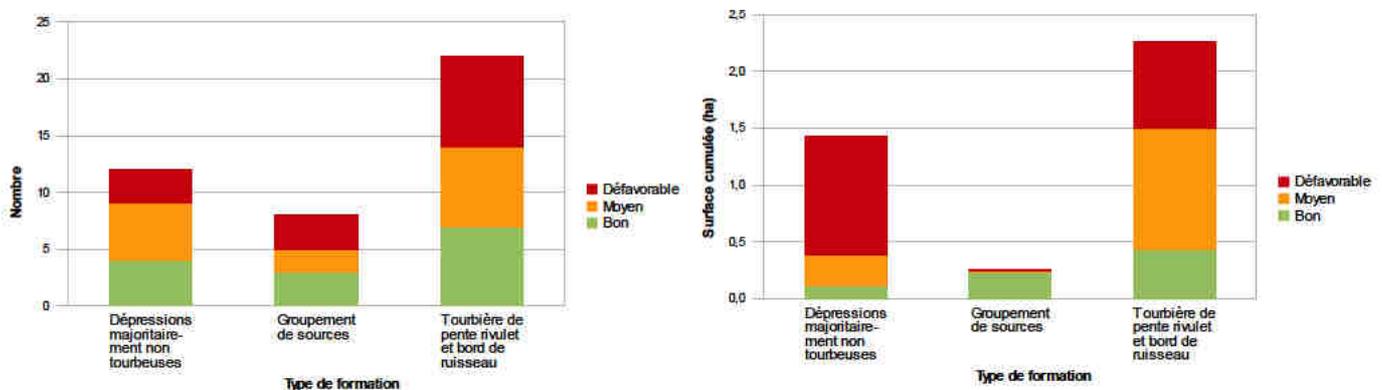


Figure 17 . État de conservation des zones selon le type de formation, en nombre (à gauche) et en surface (à droite).

De manière générale, aucun type de formation ne se distingue particulièrement quant au nombre de zones en meilleur ou moins bon état. En revanche, vis-à-vis des surfaces occupées par chaque type de formation, on constate le relativement bon état des groupements de sources par rapport aux dépressions majoritairement non tourbeuses, dont près de 60 % de la surface est en état « défavorable ». Une carte de l'état de conservation de toutes les zones humides étudiées est présentée annexe 6.

Les zones entre le *Gorg Estelat* jusqu'au *Gorg Blau* sont globalement en moins bon état que les zones entre le *Pla del Gorg* et le *Gorg Estelat*. Différentes hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette différence : le couvert végétal et l'exposition des zones varient selon leur localisation, et les conditions d'alimentation en eau par la nappe et la rivière ne sont pas identiques. Tandis que les premières zones sont en milieu totalement ouvert et sur un versant orienté à l'est, les secondes sont protégées des rayonnements

(et des trop fortes chaleurs certainement) par un couvert forestier parsemé, et située dans le fond de vallon sans exposition particulière. Les groupements de sources, regroupés sur les berges du *Gorg Estelat*, présentent un léger gradient d'état de conservation, les zones en meilleur état étant situées plus à l'est.

3.2. Un calcul cohérent avec l'état de conservation évalué sur le terrain

3.2.1. Évaluation de l'état de conservation sur le terrain et analyse

Les inventaires ont également été l'occasion d'attribuer un état de conservation selon notre ressenti sur le terrain dans le but d'avoir un élément de comparaison pour le calcul de l'EC.

Remarquons tout d'abord que seules quatre des zones humides sont classées « défavorables », tandis que les autres sont réparties de façon équivalente dans les deux autres catégories. Une analyse statistique des relations entre les valeurs des indicateurs et l'EC expert permet par la suite de déterminer les indicateurs qui ont le plus d'influence sur la notation à dire d'expert. Des tests exacts de Fisher (voir annexe 5) mettent en évidence un effet de la sécheresse et de la présence de déjections sur l'évaluation de l'EC expert, tandis que des tests de Kruskal-Wallis montrent que l'évaluation de l'EC expert est différente selon les valeurs d'habitat déstructuré et de sol nu. L'évaluation de l'EC est indépendante du type de formation et ne semble pas non plus être très influencée par la présence d'algues vertes. L'influence de la présence de sentier n'est pas non plus significative : l'indicateur n'agit pas sur l'évaluation de l'EC expert. De façon étonnante, on remarque que c'est moins le recouvrement des ligneux typiques des buttes à sphaignes, que le recouvrement des ligneux non typiques sur toute la zone, qui influe sur l'évaluation.

3.2.2. Comparaison avec l'état de conservation calculé

Le relevé de l'état de conservation sur le terrain permet la comparaison des deux notes, l'une issue du calcul, l'autre d'un dire d'expert (voir figure 18). Les calculs et le dire d'expert sont cohérents entre eux, bien que le premier décale les zones vers les moins bonnes catégories (bon vers moyen, moyen vers défavorable). Le calcul est donc plus sévère que le dire d'expert. Quelques écarts à la distribution initiale sont toutefois observés. Par exemple, une zone donnée en bon état sur le terrain est classée en état défavorable par le calcul. Il s'agit en réalité d'une zone pour laquelle l'EC expert était à la limite entre « bon » et « moyen », elle n'est donc pas très éloignée de la classe moyenne, que ce soit avec l'EC expert ou l'EC calculé. Ce sont de plus les notes de recouvrement en sol nu et de présence d'algues vertes qui baissent la moyenne, et on a vu que ce dernier indicateur n'est que peu pris en compte dans l'évaluation sur le terrain. De la même façon, les zones notées en bon état sur le terrain mais classées dans la catégorie moyenne par le calcul sont souvent en réalité à la limite entre les deux classes, ou bien les notes sont globalement moyennes pour tous les critères. Enfin la seule zone mieux classée par le calcul que sur le terrain a des notes moyennes pour les indicateurs « présence de déjections », « recouvrement de sol nu » et « habitats déstructurés », tandis qu'elle a des bonnes notes pour les indicateurs « présence de pistes et sentiers », « assèchement », « présence d'algues vertes » et « recouvrement en ligneux bas non typiques ».

	EC expert bon	EC expert moyen	EC expert défavorable
EC calculé bon	13	1	0
EC calculé moyen	5	12	1
EC calculé défavorable	1	6	3

Figure 18. Étude de la cohérence entre l'état de conservation donné à dire d'expert ou calculé selon la méthode proposée.

Tout en étant cohérent avec les remarques faites sur le terrain, le calcul d'une note finale pour l'évaluation de l'état de conservation des zones humides fournit une référence normalisée d'évaluation et rend possible le suivi dans le temps de l'état de conservation, quel que soit l'opérateur sur le terrain.

Encadré 3. Propositions de gestion

Suite à l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de la RN de Nohèdes, certaines propositions de gestion peuvent être émises :

- les sentiers très fréquentés ou peu marqués engendrent une divagation du public aux alentours et un piétinement important, dommageables aux milieux fragiles : la simple pose de gros cailloux qui permettent une traversée au sec des zones les plus humides, la pose de piquets de balisage ou le détour du sentier seraient des actions relativement faciles à entreprendre qui allègeraient rapidement la pression sur le milieu. Citons par exemple la zone au sud-ouest du *Gorg Estelat*. Un sentier la traverse mais il est mal délimité car la présence d'eau empêche la création d'une trace nette. La divagation des randonneurs, cherchant le meilleur chemin et s'approchant du lac, affecte grandement la zone. Une action particulière de canalisation des marcheurs serait bienvenue ;
- le pâturage des troupeaux est dommageable principalement lorsqu'ils restent sur certaines zones ou bien aux abords des ruisseaux aux endroits les plus accessibles pour s'abreuver ou traverser. Une action menée de concert avec le berger permettrait de mener le troupeau vers des zones moins fragiles, mais cela reste impossible sur la zone principale de couchage du *Pla del Mig*. La présence de bovins sur les zones est à éviter car leur présence entraîne une dégradation rapide du milieu, mais d'après les partages des zones d'estives entre ovins et bovins, elles ne devraient pas se retrouver dans les zones humides de la haute vallée, ou leur présence est accidentelle. Enfin, la zone la plus abîmée par surpiétinement est située au sein d'un enclos équin, la concertation avec les éleveurs afin d'alléger la pression sur le milieu tout en gardant une source d'eau et de fraîcheur pourrait être entreprise.

Au vu des faibles connaissances que l'on a sur la réaction des zones aux différentes pressions, il est important de mettre en place un suivi spécifique pour chaque action entreprise afin d'évaluer la réussite de l'action, mais aussi de mieux comprendre les dynamiques en jeu.

D. Mise en place de la stratégie de suivi

D.1. Suivi des zones humides représentatives de la RN de Nohèdes

1.1. Un échantillonnage représentatif mais aussi adapté aux contraintes du gestionnaire

Les zones humides de la réserve peuvent être regroupées en trois types de formation (voir § C.1.1.1) et l'état de conservation est séparé en trois niveaux. Le suivi devrait donc être réalisé sur ces neuf modalités (3 x 3), avec des réplicats de chaque modalité. Si l'on retient que trois réplicats pourraient permettre une analyse statistique des résultats, un total de 27 zones humides devraient être suivies dans la RN de Nohèdes.

La mise en place du protocole est estimée à une demi-journée pour l'installation et 1 h 30 à 2 h pour le suivi en tant que tel par zone équipée. Bien que l'AGRNN ait inscrit le suivi de l'état de conservation des zones humides dans son plan de gestion (AGRNN, 2011), équiper et suivre vingt-sept zones tous les cinq ans ne semble pas envisageable du point de vue des ressources humaines, car ce serait trop coûteux en temps (mobilisation d'un agent durant quatorze jours pour l'installation et huit jours tous les cinq ans).

Il serait en revanche intéressant de s'appuyer sur le réseau des réserves naturelles catalanes et de mettre également en place le suivi sur certaines des zones humides des autres réserves naturelles catalanes. La mutualisation des données et des compétences aurait un double impact positif : d'une part cela allégerait le poids du suivi pour la RN de Nohèdes, le suivi serait également assuré dans d'autres espaces protégés, d'autre part le domaine de validité de la méthode pourrait être alors élargie aux massifs voisins du *Canigò* et du *Puigmal*.

1.2. Des zones choisies pour représenter au mieux la variabilité des situations

Dans un souci de cohérence avec les moyens de la structure gestionnaire, il a été choisi d'installer le suivi sur neuf zones seulement.

Les zones ont été sélectionnées selon les critères suivants :

- les zones suivies sont représentatives des trois types de formations identifiées dans la haute vallée, ainsi que des trois états de conservation calculés ;
- tout le gradient altitudinal est représenté, du *Pla del Mig* (1 900 m) au *Gorg Blau* (2 100 m) ;
- les zones suivies sont affectées par les différentes pressions identifiées (passage de sentier de randonnée, stationnement des troupeaux, assèchement) ;
- les zones sont de taille moyenne pour éviter les grandes variations de contexte au sein même des zones de grande taille et de la même façon éviter la trop grande disparité avec les zones très petites.

La carte présentée annexe 7 localise les neuf zones suivies dans la RN de Nohèdes.

D.2. Rappel des objectifs du suivi

Le suivi a pour but de répondre aux interrogations suivantes :

- La composition floristique de la zone est-elle stable ou en évolution ? L'évolution du cortège floristique, si elle est constatée, traduit-elle une dérive trophique ou un changement dans les conditions d'humidité de la zone ?

- Comment évolue la structure (végétale et physique) de la zone ? Les habitats déstructurés se régénèrent-ils ? La proportion de sol nu évolue-t-elle ?
- Quelle est la dynamique actuelle de la zone du point de vue de la turfigenèse ? Est-elle en voie de minéralisation ?

Le protocole présenté ci-dessous a été élaboré dans le but de répondre au mieux à ces interrogations.

D.3. Des protocoles adaptés qui répondent aux attentes du suivi

À la suite des inventaires de la première phase de terrain, le protocole de relevé des indicateurs a connu quelques modifications, nous avons notamment opté pour une autre méthode d'inventaire floristique plus adaptée. Un extrait des fiches de relevé est présenté en annexe 8.

3.1. Relevé des données de la zone humide

Les informations relevées à l'échelle de la zone humide sont identiques à celles de la première phase terrain :

- informations générales sur le relevé : identifiant de la zone, auteurs, date ;
- informations sur la zone humide : type de formation, état de conservation « à dire d'expert » ;
- indicateurs d'EC : pourcentage de recouvrement de sol nu, longueur et largeur de piste ou sentier, présence de déjections, présence d'espèces allochtones ;
- informations sur les habitats : nom des habitats (selon la nomenclature Corine Biotope et les correspondances EUR27 le cas échéant) estimation de leur proportion dans la zone, présence d'algues vertes, recouvrement des ligneux hauts et bas typiques et non typiques ;

3.2. Inventaire floristique

Les données floristiques recueillies lors de la première phase de terrain n'ont pas donné les résultats attendus lors de l'analyse de leurs valences (voir § C.1.3), il apparaît de plus que la méthode est difficilement utilisable dans le cadre d'un suivi à long terme.

Une méthode basée sur la mise en place de transects permanents le long desquels sont effectués des relevés ponctuels a ainsi été choisie. La méthode des points de contacts (Fiers, 2004) consiste à effectuer 100 relevés dans une zone homogène du point de vue de la végétation. Les relevés sont des points disposés tous les 10 cm le long d'un (ou plusieurs) transects. L'espacement entre les points dépend en réalité de la structure de la végétation. Dans le cas des zones humides étudiées, la végétation reste relativement basse : un intervalle de 10 cm est adapté. À chaque point, l'opérateur relève le nom des espèces situées à la verticale du point d'observation (verticale que l'on peut matérialiser par une aiguille). Cette méthode a l'avantage d'être relativement



Illustration 6. Réalisation de relevés par points de contact le long d'un transect.

simple à mettre en place et permet des traitements statistiques éprouvés. Elle peut néanmoins omettre les espèces rares qui ont peu de chances de se trouver à la verticale d'un point de contact. Une des solutions

pour y remédier est d'effectuer un relevé global de la zone, comme nous l'avons fait lors des premiers relevés.

La microtopographie le long des transects pouvant apporter des éléments pour l'interprétation des résultats futurs, elle a été intégrée à la fiche de relevé.

Protocole d'installation des transects dans les zones de forme ovoïde

- 5 transects, de 2 m chacun (points de contacts espacés de 10 cm) ;
- 2 lignes directionnelles parallèles sont placées dans la grande longueur de la zone, à une distance équivalent à la moitié de la largeur de la zone ;
- la longueur maximale de la zone est divisée par le nombre de transects à placer, le résultat correspondra à l'intervalle entre 2 transects ;
- les transects sont placés en quinconce le long des 2 lignes directionnelles, espacés de l'intervalle calculé ci-dessus ;
- on laisse le choix du positionnement du cinquième transect pour adapter l'installation à la conformation particulière d'une zone ou pour inventorier une partie d'intérêt particulier.

La figure 19 ci-dessous illustre le positionnement des transects dans une telle zone.

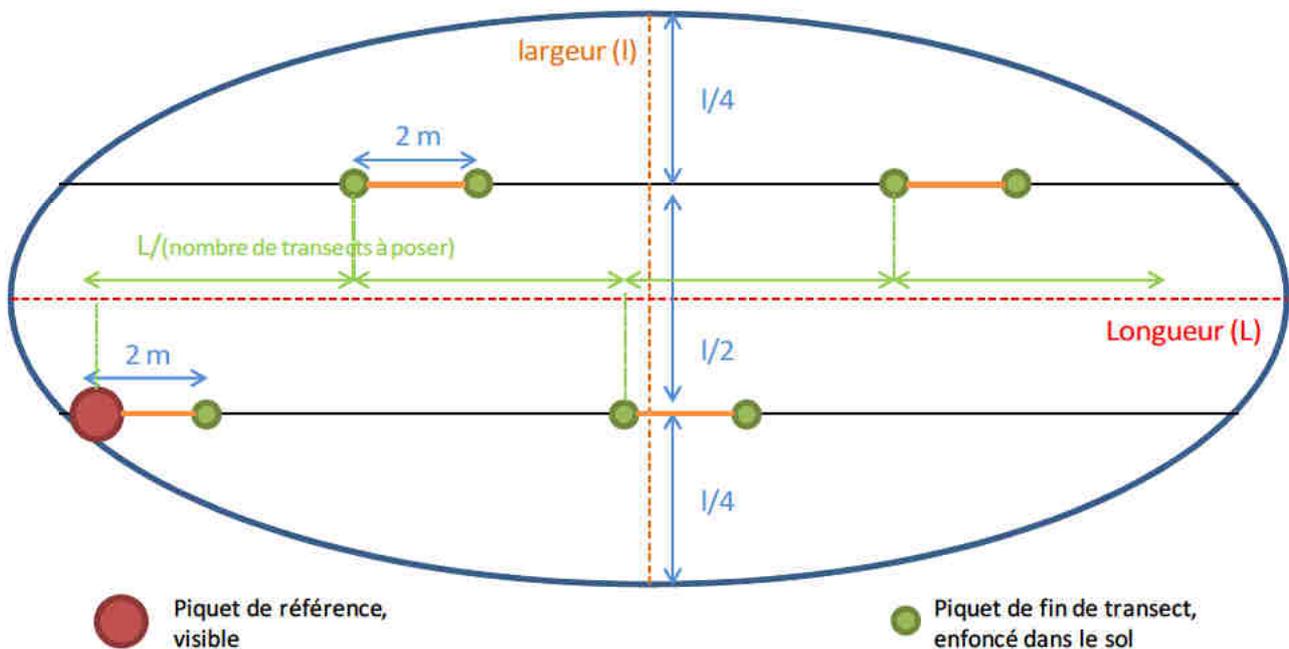


Figure 19. Schéma de disposition des transects dans une zone ovoïde, ici quatre transects sont placés (orange), laissant le choix dans le placement du cinquième transect.

Protocole d'installation des transects dans les zones en forme de croissant

Le protocole est de même nature que précédemment, en revanche les lignes directionnelles ne sont plus parallèles mais débutent au même point de repère et sont placées dans deux directions permettant de couvrir au maximum la zone.

La figure 20 complète le schéma précédent et présente la position des transects dans une telle zone.

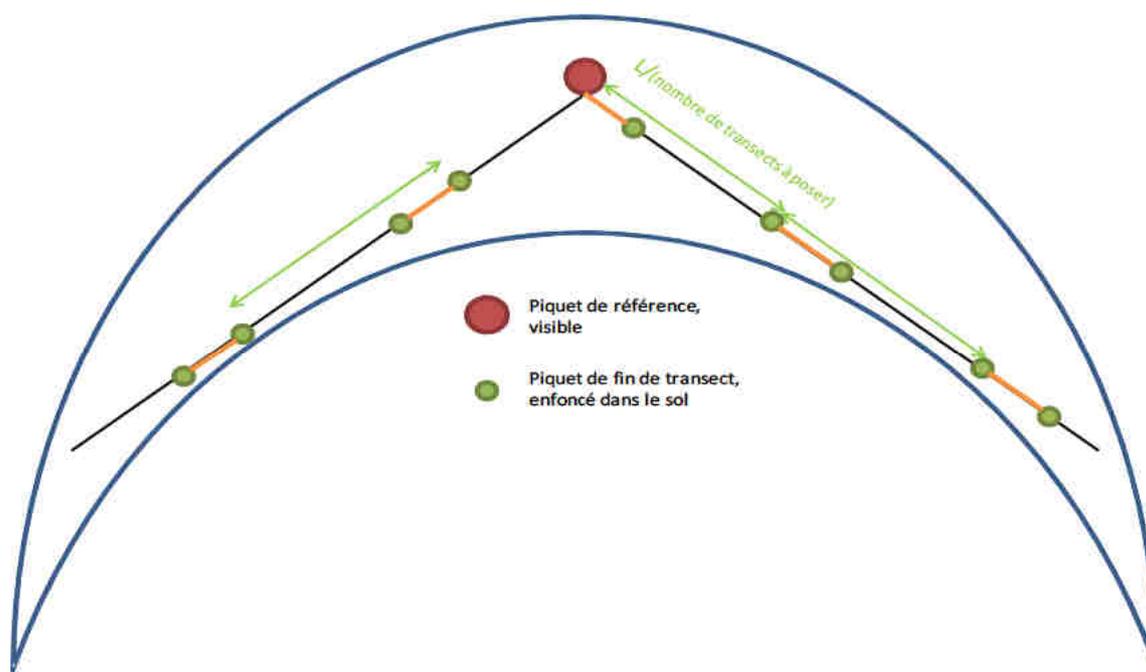


Figure 20. Schéma de disposition des transects dans une zone en forme de croissant.

L'installation des piquets est complétée par la réalisation d'un schéma de positionnement précisant les orientations (relevées à la boussole) des lignes directionnelles, et les distances exactes entre chaque piquet. Le détail du dessin et des informations est essentiel car il permettra de retrouver facilement les emplacements des transects cinq ans après leur mise en place.

3.3. Relevé des données pédologiques

En l'absence d'informations suffisantes, nous n'avons pas fait de sondage pédologique lors de la première phase de terrain. La caractérisation du sol est néanmoins indispensable à l'étude des zones humides. Nous nous baserons donc sur le protocole du groupe de travail Hydrologie du programme RhoMéO pour établir une caractérisation initiale des zones suivies. Cela permettra dans un premier temps d'avoir des données brutes, dont l'analyse se fera par la suite.

Un sondage pédologique à la tarière de un mètre de profondeur sera effectué à chaque changement de faciès (microtopographique ou de végétation) rencontré le long des transects. Le sondage doit être localisé dans le même faciès que celui rencontré sur le transect, mais éloigné de ce dernier (1 m dans la mesure du possible) dans le but de ne pas perturber les relevés futurs.

D.4. Gestion des données récoltées

La mise en place d'un suivi nécessite le stockage propre et explicite des données, d'autant plus qu'elles ont vocation à être utilisées dans cinq ou dix ans et par d'autres structures. Il est également important de conserver toutes les données brutes (RNF, 2012a) afin de pouvoir y revenir et s'en servir même si les modalités des indicateurs évoluent avec le temps. Une base de données et un dossier spécifique ont été créés dans cette optique.

4.1. Création d'une base de données de saisie et calcul de l'état de conservation

La saisie des données sera effectuée sur une base de données créée dans ce but sur OpenOffice Base. Elle permet de :

- saisir sur format informatique les données récoltées sur le terrain ;
- coupler ces relevés aux valences de Julve ;
- évaluer l'état de conservation grâce aux indicateurs présentés partie C.

4.2. Stockage des données

Un dossier a été créé sur le serveur de la RN de Nohèdes, il est également copié sur le réseau des RNC. Il permet le stockage de la base de données contenant les données brutes récoltées sur le terrain, ainsi que des données annexes, notamment les données météorologiques, à récolter régulièrement auprès de Météo-France.

D.5. Fréquence de suivi

La fréquence de récolte des données dépend de plusieurs facteurs tels que la vitesse de réponse de la végétation aux modifications du milieu, les variations interannuelles des paramètres mesurés ainsi que les moyens du gestionnaire. Une période de cinq ans entre chaque relevé paraît pertinente pour un suivi à long terme tel que celui-ci. Elle pourrait permettre de déceler une éventuelle évolution de la composition et de la structure du milieu. On choisira une période plus grande (dix ans) pour les relevés pédologiques car les processus en jeu évoluent de façon beaucoup plus lente. Notons que chaque passage engendre un impact dû au parcours de ces zones fragiles : une fréquence de passage faible en limite les conséquences.

Il est important toutefois de rappeler que des études spécifiques, s'intéressant à la réponse de tel ou tel indicateur en particulier pourraient être mises en place de manière à mettre en évidence les variations interannuelles des indicateurs et éventuellement ajuster la fréquence de passage.

E. Discussion et perspectives

Le concept même d'état de conservation n'ayant pas de définition partagée par tous, l'étude présentée dans ce rapport s'est basée sur des notions pertinentes dans l'évaluation de l'état de conservation dans le contexte d'une réserve naturelle. Cela a entraîné des choix (plus ou moins contraints) dont la pertinence peut être discutée selon les différents objectifs de la mise en place de l'évaluation de l'état de conservation. Ils sont discutés et mis en perspectives dans les paragraphes suivants.

E.1. Limites et perspectives de l'étude

1.1. Comment utiliser les valences écologiques ?

Les bases de données des valences écologiques (Ellenberg, Landolt et Julve), basées sur les optimums de vie des plantes vasculaires, sont des mines d'informations précieuses dans l'analyse de la répartition des espèces et des communautés végétales. Ces bases sont établies à partir d'une documentation importante et complétée par les expériences personnelles des auteurs et contributeurs. Notre étude s'est appuyée sur la base de Julve dont le domaine de validité s'étend à toute la France. La RN de Nohèdes est toutefois située dans un contexte particulier, non seulement en limite sud du domaine de validité, mais aussi dans un contexte climatique soumis à des influences variées (méditerranéennes à océaniques et montagnardes). La

précision des valences peut s'en trouver diminuée, sans que l'on puisse quantifier la marge d'erreur induite. Par ailleurs, les bases de valences ne contiennent pas de données sur les mousses, éléments pourtant essentiels des milieux humides sur lesquels porte l'étude. Leur omission dans le calcul des valences constitue un biais important.

Les CBN ont débuté un travail d'adaptation des valences aux contextes de leur zone de compétence (Argagnon, comm. pers.). L'adaptation des valences est basée sur les valences fournies par Landolt et ne concernent pour le moment que l'affinité à l'humidité du sol (codé de 1 : très sec à 5 : sol mouillé à détrempé). Dans le cadre de notre étude, nous ne pouvons pas les utiliser pour comparer les résultats à ceux présentés ci-haut car le gradient d'affinité est trop différent (codes de 1 à 9 pour Julve). L'adaptation des valences de Landolt pourra donc être intéressante dans le cadre de comparaison des distributions des valences entre des milieux très différents dans le but de caractériser ces milieux ou à plus large échelle géographique, notre zone d'étude étant trop restreinte pour présenter des différences significatives.

Enfin, comme l'a déjà fait remarquer le groupe flore / habitats de RhoMéO (Pache, 2010), une bonne espèce indicatrice doit présenter un optimum, mais aussi une amplitude la plus faible pour un facteur donné. Les bases des valences écologiques ne présentant pas de notion d'amplitude, les informations sont lacunaires sur cet aspect et peuvent être à l'origine de la difficulté d'interprétation des résultats.

1.2. L'état de conservation est-il soumis aux objectifs de gestion ?

Deux visions différentes de la notion même d'évaluation de l'état de conservation se côtoient. Sans être totalement opposées, elles ne se placent pas tout à fait dans la même optique.

D'un côté, l'évaluation de l'état de conservation est considérée comme indiquant si l'habitat ou le complexe va se maintenir en tant que tel dans le temps. La note obtenue sera donc le reflet de l'évolution des milieux. Par la suite, le gestionnaire pourra interpréter cette note selon ses objectifs de gestion (Argagnon, comm. pers.). Par exemple une prairie qui s'embroussaille est en mauvais état de conservation, mais si l'objectif de la structure est de favoriser les passereaux inféodés aux milieux semi-ouverts, le gestionnaire ne s'attachera pas à améliorer l'état de conservation de la prairie, au contraire.

Une autre vision consiste à séparer d'une part les indicateurs de suivi de l'état d'une zone (ses caractéristiques) de la grille d'évaluation de l'EC, et à considérer que cette grille est déjà le reflet des objectifs de gestion par le choix des indicateurs et des modalités (Goubet, comm. pers.). La méthode d'évaluation des habitats forestiers du MNHN (Camino, 2009) affiche clairement cette position en considérant que les seuils entre les différentes notes d'état de conservation sont fonction des objectifs socio-économiques fixés.

La différence entre les deux points de vue exposés correspond essentiellement au positionnement de la séparation entre objectivité (scientifique) et subjectivité (choix du gestionnaire) à des niveaux différents. La dernière vision étant débattue, en partie par les structures gestionnaires d'espaces protégés, nous avons opté pour nous diriger dans la première direction car il semble plus adapté au contexte d'une réserve naturelle, tout en étant conscients du fait de la difficulté à interpréter les phénomènes observés en termes de maintien ou non du milieu dans son état, sans connaître finement son fonctionnement.

Par ailleurs, la méthode mise au point n'a cherché à aucun moment à mettre en évidence un état de référence, les zones étudiées étant pour le moment encore peu connues et l'emprise de l'étude étant trop restreinte. En revanche, la relativité de la note permet de parer à ce problème en étant très modulable. Elle offre la possibilité à la fois de distinguer les zones humides de la RN, mais aussi d'intégrer d'autres données récoltées sur une emprise plus large et ainsi augmenter sa validité au cours du temps, ainsi que les

avancées des recherches et leur application à la gestion. Elle ne permet pas de déceler des modifications antérieures si le milieu se situe dans une phase de stabilisation, après une dégradation par exemple.

La méthode correspond ainsi à un suivi des évolutions à partir d'un état initial, et, sans avoir la prétention de prédire le fonctionnement des zones, jouera un rôle de sentinelle en cas de changement et aura déjà permis d'emmagasiner une grande quantité de données. Elle se place en amont d'une réflexion permettant de comprendre quels facteurs agissent sur le milieu, de quelle manière, avec quelle intensité et, dans l'idéal, comment ils se combinent.

1.3. Quelles sont les perspectives d'application de la méthode dans d'autres contextes ?

Le travail présenté dans ce rapport a été mis au point et calibré pour les zones humides de la haute vallée de Nohèdes. Les méthodes d'évaluation et de suivi ont cependant vocation à être appliquées à d'autres sites et d'autres types de zones humides dans les limites de leur domaine de validité ou à condition de quelques adaptations au contexte local.

1.3.1. Application à d'autres contextes géographiques

La méthode d'évaluation de l'état de conservation a été élaborée à partir des données récoltées uniquement dans la haute vallée de Nohèdes, à l'aide d'une méthode adaptable. L'emploi de la méthode sur les mêmes types de zones dans les massifs voisins du *Canigò*, *Carlit* et *Puigmal* devrait s'avérer efficace puisque les contextes géographiques et climatiques sont proches. Cela permettrait dans un premier temps de collecter un grand nombre de données et de renforcer les hypothèses de la méthode. Les contextes, notamment humains, des différentes zones, peuvent varier et il est important de bien identifier les pressions qui s'y exercent (Thomas, 1999) pour vérifier que la méthode est exhaustive dans leur prise en compte. À terme, l'évaluation de l'état des zones humides devrait être envisagé à l'échelle d'un réseau plus vaste tels que celui des tourbières pyrénéennes (Manneville, comm. pers.).

1.3.2. Application à d'autres habitats

Habitats humides

La période de six mois durant laquelle s'est déroulé le stage n'a pas permis de prendre en compte toutes les zones humides de la RN de Nohèdes, notamment celles situées plus bas, à l'étage montagnard : elles possèdent des enjeux patrimoniaux un peu plus faibles pour la réserve, mais présentent néanmoins des intérêts multiples en termes de fonctionnalité du réseau hydrographique, de source de fourrage et de fraîcheur pour les troupeaux en hiver et demi-saison. Ces zones humides sont donc davantage soumises aux pressions pastorales et touristiques. Moyennant des adaptations mineures telles que l'augmentation de la distance entre deux points de contacts, la méthode d'évaluation ainsi que le protocole de suivi peuvent facilement s'appliquer dans les autres types de zones humides de la réserve.

Autres types d'habitats

Les zones humides étant très particulières en raison de leur fonctionnement influencé en majeure partie par les flux hydriques, les indicateurs d'état de conservation ont été élaborés spécifiquement pour ces milieux. Les grands principes de la méthode peuvent en revanche être repris pour l'étude de l'évaluation de l'état de conservation de tous les habitats, en complément d'une étude spécifique pour déterminer les indicateurs les plus pertinents. De la même façon que pour les habitats humides, les réseaux de

gestionnaires (RNF, CEN) et le MNHN travaillent sur l'élaboration de méthodologies d'évaluation pour autres types d'habitats et une adaptation de la méthode présentée dans ce rapport pourra se baser sur ces travaux.

1.3.3. Potentiels de mise en place de la méthode et du suivi dans les autres structures du territoire

Le groupe Habitats de la FRNC se penche, depuis plusieurs années déjà, sur la question de l'évaluation de l'état de conservation des habitats des réserves catalanes. L'étude présentée dans ce rapport s'inscrit d'ailleurs dans la continuité de cette réflexion. Les méthodes proposées pourront donc être intégrées à une réflexion globale au sein de la fédération et, à terme, mises en œuvre dans les réserves qui hébergent le même type de milieux.

Le parc naturel régional des Pyrénées catalanes, dont Nohèdes fait partie, a également identifié les zones humides comme un enjeu fort sur son territoire (Thomas, 2007), et la mise en place d'un suivi permettrait d'approfondir la connaissance de leur fonctionnement. Ce suivi pourrait se baser sur le protocole déjà en place à la RN de Nohèdes (Ségalen, comm. pers.).

1.4. Quelles sont les possibilités pour l'intégration des résultats dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des sites Natura 2000 ?

La RN de Nohèdes est située dans le site Natura 2000 du Madres-Coronat et doit dans ce cadre rendre compte de l'état de conservation de ses habitats, par le biais du PNR des Pyrénées catalanes, opérateur du site. Ainsi la méthode d'évaluation, même si elle n'a pas été élaborée dans cet objectif précis, devra permettre de fournir des résultats dans le cadre de l'évaluation de Natura 2000. Le principe d'élaboration de la méthode, relative aux seuls sites de Nohèdes, entraîne certainement une sous-estimation de l'état de conservation relativement aux autres zones du site, mais le calcul de la moyenne de l'EC des zones humides de la haute vallée de Nohèdes peut déjà être une première base de réflexion. La méthode ne sera que renforcée par son utilisation dans les contextes environnants, dans les sites Natura 2000 voisins.

Par ailleurs, le rapportage Natura 2000 requiert une évaluation par habitat. Ceux-ci étant étroitement imbriqués et de fonctionnement complexe, nous avons fait le choix d'évaluer la zone dans sa totalité. Une des solutions serait de reporter la note de la zone humide sur chaque habitat la composant, car l'évolution de la zone entraîne logiquement une évolution de ses constituants.

Bien qu'elle n'ait pas été créée dans cet objectif, l'utilisation de la méthode mise au point pour rendre compte de l'état de conservation des sites au titre du dispositif Natura 2000 est envisageable. Elle pourra être comparée et complétée par la méthodologie d'évaluation des habitats humides actuellement en projet au MNHN.

E.2. Sur quels autres bioindicateurs se pencher ?

Plusieurs groupes taxonomiques très différents présentent un bon potentiel indicateur en termes d'état de conservation de leurs milieux de vie. Les structures s'intéressant à l'évaluation de l'EC en ont d'ailleurs intégré dans leurs méthodes. Parmi les différents groupes testés, nous pouvons citer par exemple les Rhopalocères (lépidoptères diurnes), les Odonates, les Orthoptères ou encore les Syrphes.

Le choix de mettre en place le suivi d'autres indicateurs se justifie par l'augmentation de la connaissance des différents groupes taxonomiques, les enjeux de gestion ainsi que les compétences à disposition. Enfin, si l'étude distincte de chacun de ces groupes n'apporte pas un grand nombre d'informations nouvelles par

rapport à une stricte étude floristique, il s'agit d'un regard croisé susceptible d'enrichir la description de la fonctionnalité des milieux, donc d'en permettre une description écologique plus complète.

2.1. Les Bryophytes, un groupe difficile d'accès mais constituant majeur des zones humides

Les Bryophytes sont les composantes principales de nombreux types de tourbières et zones humides (Manneville *et al.*, 1999), et les sphaignes (*Sphagnum sp.*) en sont les occupantes les plus importantes et emblématiques. Elles peuvent, par ailleurs, apporter des informations complémentaires à celles des plantes vasculaires, par leur sensibilité importante à la microtopographie, aux variations hydrologiques et à la chimie de l'eau. Elles sont des indicatrices fines des facteurs météorologiques tels que la pluie, la lumière et le vent et sont peu dépendantes du sous-sol du fait de l'absence de racines (Agnello *et al.*, 2004).

En revanche, leur grande plasticité morphologique ainsi que l'absence de réel consensus taxonomique du genre *Sphagnum* rend leur approche difficile aux non-spécialistes. La plupart des agents de terrain ne sont pas autant formés à la bryologie qu'à la connaissance des plantes vasculaires. D'ailleurs, selon un sondage réalisé auprès des gestionnaires du réseau RNF concernant leurs connaissances au sujet des Bryophytes, Lichens et Champignons, seuls 25 % des organismes déclarent avoir des compétences en bryologie et plus de 80 % souhaitent acquérir des compétences dans ces domaines (RNF, 2012b). Dans le cadre du programme RhoMéO, une méthode d'évaluation de l'EC par les Bryophytes est en cours d'élaboration (Hugonnot, comm. pers.). Seuls les bas-marais alcalins ont été traités mais la méthode a vocation à être étendue par la suite aux autres types de zones humides.

N'ayant pas de compétences particulières dans ce domaine, nous n'avons pas pu tenir compte de la diversité bryophytique des zones étudiées, ce qui constitue un biais important de l'étude.

2.2. Les Orthoptères, des indicateurs de structure et d'humidité

Les Orthoptères s'avèrent également avoir un bon potentiel indicateur par leur cycle vital et leur sensibilité aux modifications de leur habitat. Deux types de suivi sont envisageables : l'observation de la stabilité des populations d'espèces ciblées dans les différents milieux ou bien une approche cénotique qui analyse la composition orthoptérique et peut révéler des « changements d'ambiance » des zones humides tels que l'assèchement ou la fermeture.

Lors de l'étude, nous avons eu l'occasion de faire des relevés orthoptériques sur quelques zones où sera implanté le suivi. Certaines des zones montrent une composition orthoptérique « hybride », les espèces typiques des zones humides, comme *Stethophyma grossum*, *Oecanthus viridulus*, *Chorthippus parallelus*, voisinent avec des espèces qui relèvent plutôt des zones pelousaires voisines. Elles sont « allochtones ». Il peut ne s'agir que d'individus isolés, ou qui se tiennent en marge de la zone humide proprement dite. Par contre, si on constate une population importante, par exemple de *Chorthippus apricarius*, cela montre bien que les conditions stationnelles (probablement en fin



Illustration 7. *Stethophyma grossum* (source : David Sannier)

de saison, lorsque les zones humides s'assèchent) deviennent favorables à cette espèce. Il en va de même avec *Cophopodisma pyrenaica* ou *Gomphoceridius brevipennis*. Il serait intéressant d'étudier le cycle annuel de vie de la zone humide : ce niveau d'assèchement qui permet le débordement des espèces environnantes

est-il une chose « normale » ou pas ? *A priori*, des relevés orthoptériques composites ne sont pas très bon signe (Morichon, comm. pers.).

L'intérêt d'un suivi serait d'apprécier la présence pérenne de certaines espèces : on pourrait constater leur raréfaction progressive à l'échelle de quelques années (sur un pas de temps suffisamment long pour lisser les effets des aléas climatiques), et l'installation croissante des espèces allochtones. Ce scénario serait bien sûr le signe d'une transformation du milieu. L'intérêt annexe, et non négligeable pour une réserve naturelle, serait de permettre un suivi d'espèces qui présentent un intérêt patrimonial, comme *Chorthippus parallelus erythropus*.

2.3. Les Rhopalocères, des indicateurs de l'anthropisation et de la fragmentation du milieu

Les Lépidoptères diurnes (ou Rhopalocères) ont des cycles de vie courts et réagissent rapidement aux changements environnementaux. Des méthodes d'évaluation de l'EC, particulièrement des habitats de pelouses ou prairies, s'appuient sur la capacité de certains lépidoptères à réagir à l'anthropisation du milieu, et à la surface et à l'isolement des milieux favorables en général. La méthode d'évaluation des habitats agropastoraux du MNHN (Maciejewski, 2012) propose par exemple un indicateur basé sur la couleur des papillons observés, relativement simple à relever. Il propose également un indicateur de présence des espèces typiques des cortèges des milieux étudiés qui compare la liste des espèces observées à une liste théorique d'espèces caractéristiques du bon état des milieux. Le programme RhoMéO ainsi que le réseau RNF (en particulier la RNN du Lac de Remoray) testent eux aussi ce dernier indicateur. Dans tous les cas, l'établissement des listes est complexe et nécessite au préalable une synthèse, une récolte de données importante et une connaissance fine de la biologie et l'écologie des espèces ciblées.

L'application aux zones humides de Nohèdes n'est pas envisagée pour le moment car cela nécessiterait d'établir des listes de référence et peu d'espèces d'altitude sont inféodées en particulier aux zones humides rencontrées à Nohèdes. En revanche l'intégration de cet indicateur dans l'évaluation des habitats agropastoraux semble plus pertinente.

2.4. Les Syrphes, un groupe dont l'écologie est bien connue

Les Syrphes représentent un groupe très intéressant du point de vue de l'évaluation de l'EC des milieux car leur écologie est très documentée, notamment grâce à la base de données *Syrph the Net*⁶. En effet cette dernière liste l'ensemble des espèces européennes et décrit leur affinité par rapport aux habitats, elle est actualisée chaque année au regard des nouveaux inventaires et des nouvelles connaissances. C'est un outil participatif dont l'intérêt réside dans la quantité d'informations qu'elle contient et dans son amélioration continue. Elle permet ainsi d'établir facilement une liste d'espèces potentiellement présentes sur un site et de comparer, toujours sur le même principe, la proportion d'espèces observées sur les espèces prédites. Les espèces de syrphes sont néanmoins difficiles à déterminer, le recours à un spécialiste est souvent utile. L'intégration du groupe dans une méthode d'évaluation suppose donc de connaître les compétences naturalistes à disposition (Vanappelghem, 2011).

2.5. Les Odonates, des bioindicateurs controversés

La pertinence de l'utilisation des Odonates dans l'évaluation est testée par le programme RhoMéO et ces insectes sont suivis depuis longtemps dans certaines réserves naturelles. Le taxon a un bon potentiel de

6 Disponible à l'adresse suivante : www.iol.ie/~millweb/syrph/syrphid.htm

bioindication notamment en termes d'évaluation de la biodiversité, de la qualité des cours d'eau, des actions de restauration et des impacts des changements climatiques. Cependant la seule utilisation des Odonates comme indicateurs présente des limites (Oertli, 2008). En effet, les habitats odonatologiques sont bien plus vastes que les habitats au sens phytosociologique et les adultes peuvent être retrouvés à une grande distance de leur lieu d'émergence. La recherche d'exuvies permet une plus grande précision et confirme la reproduction des insectes sur le site. De plus, le nombre d'espèces est faible et toutes ne sont pas sténoèces (à faible amplitude écologique). L'utilisation de ces insectes en tant que bioindicateurs dans l'évaluation de l'état de conservation est donc controversé (Sannier, comm. pers.), mais leur étude peut néanmoins apporter des informations : ils peuvent jouer un rôle de sentinelle de dégradation de milieu sans pouvoir forcément lier la dégradation à une cause particulière. Les groupes de travail dédiés à l'étude de leur potentiel bioindicateur (RNF et RhoMéO) pourront apporter plus de précisions avec l'augmentation des connaissances. Les Odonates étant suivis depuis plusieurs années selon des protocoles standardisés, de nombreuses données pourraient être utilisées s'il s'avérait intéressant de les inclure dans une méthode d'évaluation de l'EC.

2.6. La microfaune du sol, un monde plein de promesses encore à explorer

Déterminer et comprendre l'écologie de la faune du sol ouvre des perspectives intéressantes du point de vue de la compréhension des mécanismes de turfigenèse ou de minéralisation des sols. Le sol contient une richesse spécifique élevée que les scientifiques ne font que découvrir. Afin de pallier la difficulté de récolte et de détermination de ces organismes microscopiques, de nombreuses recherches portent sur la reconnaissance par séquençage systématique des fragments d'ADN présents dans un échantillon de sol et ainsi inventorier toutes les espèces présentes. Ces études en sont pour le moment à des étapes de recherche, elles pourraient néanmoins apporter de précieuses informations à moyen ou long terme (Destombes, 2012).

Conclusion

Les zones humides de la haute vallée de Nohèdes abritent une richesse patrimoniale exceptionnelle. Leur protection passe inévitablement par la compréhension de leur fonctionnement et le suivi de leur évolution. Ce rapport propose un outil d'évaluation et de suivi qui permettra de répondre à une partie des questions soulevées sur l'état de conservation des zones humides. D'autres études, menées à des échelles plus fines et sur des thématiques ciblées, pourraient alimenter la réflexion autour des facteurs qui agissent sur le milieu et de leurs interactions. Ainsi, la mise en place du suivi aura un rôle de sentinelle vis-à-vis des modifications des conditions du milieu, bien qu'elle ne permette pas d'expliquer entièrement le fonctionnement très complexe de ces zones, sur lequel il faudra se pencher de façon plus détaillée.

La méthode s'est voulue très modulable en fonction des différents contextes sur lesquels elle a vocation à être implantée. En effet, elle a été construite et calibrée pour les zones humides de la haute vallée de Nohèdes, mais de nouvelles données récoltées sur un territoire plus vaste ou sur d'autres habitats humides pourront être intégrées et viendront même renforcer la méthode. De plus, bien que n'ayant pas été élaborée pour répondre aux mêmes objectifs, elle pourra servir de base pour rendre compte de l'état des sites, que ce soit dans le cadre de Natura 2000 ou vis-à-vis d'autres types d'évaluations.

Les définitions et les modalités d'évaluation de l'état de conservation font encore débat dans les différents groupes de travail qui se penchent actuellement sur la question. L'évaluation des zones humides pose des difficultés particulières car le fonctionnement hydrologique est complexe et peu d'outils existent actuellement pour guider le gestionnaire sur ce sujet. Les nombreuses expériences et études menées sur le sujet sont donc essentielles pour l'amélioration progressive des connaissances. De même, la collaboration avec le monde de la recherche apparaît indispensable, tant pour avoir un appui scientifique que des moyens supplémentaires. En effet, mettre en place ce type d'évaluation est complexe. Elle relève presque du domaine de la recherche et se place donc à la limite des missions confiées aux gestionnaires des réserves naturelles. Une équipe du Muséum national d'histoire naturelle est d'ailleurs en train d'élaborer une synthèse sur la convergence des besoins opérationnels des gestionnaires et des travaux scientifiques sur les tourbières. Celle-ci permettra d'identifier les acquis scientifiques et les insuffisances dans l'application concrète des recherches pour les gestionnaires.

De manière plus générale, la prise en compte des connaissances de diverses spécialités offrira, à terme, une vision intégrative du fonctionnement écologique des écosystèmes. C'est ce vers quoi scientifiques et gestionnaires doivent s'orienter pour mettre en œuvre une gestion pertinente en faveur de la biodiversité. De même, la politique de protection et la conservation des milieux naturels ne sera cohérente et efficace que si la portée des études dépasse les expérimentations isolées et s'inscrit dans un cadre plus large, peut-être même celui du domaine biogéographique ou national. Enfin, la protection ne pourra s'avérer effective que dans le cadre d'une concertation réunissant tous les acteurs du territoire, gestionnaires mais aussi propriétaires, usagers et décideurs politiques. Leur implication dans la gestion et la protection de la biodiversité est ainsi garante de la pérennité des actions, elle est le moteur d'un développement conciliant tous les enjeux d'un territoire.

Bibliographie

- Agnello (G.), Manneville (O.), et Asta (J.). 2004 – Mousses et lichens, bioindicateurs (SL) de l'état des zones humides: Exemples de quatre sites protégés du département de l'Isère (France). – *Revue d'écologie* vol. 59, n° 1-2, p. 147-162.
- AGRNN. 2011 – Plan de gestion 2012-2016. – Association de gestion de la Réserve Naturelle de Nohèdes - Fédération des réserves naturelles catalanes.
- Andréassian (V.). 2004 – Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. – *Journal of Hydrology* vol. 291, n° 1, p. 1-27.
- Argagnon (O.). 2012 – *Note sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000.* – Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles Antenne Languedoc-Roussillon. 13 p.
- Bensettiti (F.), Gaudillat (V.), et Haury (J.). 2002 – « Cahiers d'habitats » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides.* – Paris. (La Documentation française) MATE/MAP/ MNHN. 457 p. + cédérom.
- Bensettiti (F.), Puissauve (R.), Lepareur (F.), Touroult (J.), et Maciejewski (L.). 2012 – *Évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – Guide méthodologique – DHFF article 17, 2007-2012. Version 1 – Février 2012.* – Paris: MNHN-SPN. 76 p. + annexes.
- Bissardon (M.), et Guibal (L.). 1997 – *Corine biotopes. Version originale. Types d'habitats français.* – Nancy. (ENGREF).
- Bouzillé (J.B.). 2007 – *Gestion des habitats naturels et biodiversité: concepts, méthodes et démarches.* – Editions Tec & Doc Lavoisier. 331p.
- Cantarello (E.), et Newton (A.C.). 2008 – Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites. – *Forest Ecology and Management* vol. 256, n° 4, p. 815-826.
- Carnino (N.). 2009 – *État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site – Méthode d'évaluation des habitats forestiers.* – Muséum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts. 49p. + annexes.
- Cholet (J.), et Magnon (G.). 2010 – *Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion.* – Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels. 188 p.
- Couvet (D.), Jiguet (F.), Julliard (R.), et Levrel (H.). 2004 – *Les indicateurs de biodiversité.* In *Biodiversité et changements globaux: enjeux de sociétés et défis pour la recherche* – Paris : ADPF, ministère des Affaires étrangères. p.40-46.

- Dale (V.H.), et Beyeler (S.C.). 2001 – Challenges in the development and use of ecological indicators. – *Ecological indicators* vol. 1, n° 1, p. 3-10.
- Destombes (A.). 2012 – L'étude de l'ADN pour inventorier la biodiversité d'un sol. – *Espaces Naturels* – n° 38, p. 32.
- Ehrenfeld (J.G.). 2008 – Exotic invasive species in urban wetlands: environmental correlates and implications for wetland management. – *Journal of Applied Ecology* vol. 45, n° 4, p. 1160-1169.
- Evans (D.), et Arvela (M.). 2011 – *Assessment and reporting under Article 17 of the habitats Directive - Explanatory note and guidelines for the period 2007-2012. Final Draft.* CTE/BD. 123p.
- Fiers (V.). 2004 – *Guide Pratique. Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité.* – RNF. 263p.
- Girardin (S.), Kleszczewski (M.), et Quelin (L.). 2010 – *Mise en oeuvre : observatoire de l'état des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée (RhoMéO) – Étude de préfiguration régions PACA et Languedoc-Roussillon (RhoMéO-Sud) – Rapport final mars 2010 – Études des Ecosystèmes de Provence/Alpes du Sud - Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon.* 144p.
- Guionnet (T.). 2005 – Les Tourbières du site Natura 2000 Madres-Coronat. – Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes. 24p. + annexes.
- Julve (P.). 1998 – Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Programme Catminat. Version du 8 septembre 2011.
<http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>
- Kleszczewski (M.). 2007 – *Élaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du parc national des Cévennes.* – CEN L-R et CDSL. 63p.
- Kleszczewski (M.), Barret (J.), Baudot (C.), et Fleury (J.). 2010 – Évaluer l'état de conservation des habitats naturels à l'échelle du terrain: approches dans le Languedoc-Roussillon. – *Revue forestière française* vol. 62, n° 3-4, p. 417-427.
- Maciejewski (L.). 2010 – *Méthodologie d'élaboration des listes d'« espèces typiques » pour des habitats forestiers d'intérêt communautaire en vue de l'évaluation de leur état de conservation.* – Paris : MNHN-SPN. 48p. + annexes.
- . 2012 – *État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1 - Février 2012.* – Paris : Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle. 119p.
- Manneville (O.), Vergne (V.), et Villepoux (O.). 1999 – Le monde des tourbières et des marais. – *France, Suisse, Belgique et Luxembourg. Coll. Bibliothèque du naturaliste, Delachaux & Niestlé, Lausanne-Paris.* 320p.
- Michelot (J.-L.). 2005 – Caractérisation des zones humides. Cahier thématique. – Programme National

de Recherche sur les Zones Humides.

- Noss (R.F.). 1990 – Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. – *Conservation biology* vol. 4, n° 4, p. 355-364.
- Oertli (B.). 2008 – *The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats*. In *Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*.
- Pache (G.). 2009 – Compte rendu de la réunion du groupe Habitat / Flore du 05/10/09. – RhoMéO, 5 octobre 2009.
- . 2010 – *Méthodes et protocoles pour l'évaluation écologique des zones humides utilisant la flore et la végétation. Étude bibliographique et propositions*. – Groupe flore / habitats - RhoMéO, 14 avril 2010.
- R Development Core Team. 2008 – R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RNF. 2011 – Séminaire de la commission scientifique de RNF. Groupe de réflexion « état de conservation des habitats ». Compte-rendu. – 8 juin 2011.
- . 2012a – Discussion sur une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des zones humides. Commission scientifique de Réserves Naturelles de France (RNF). Compte rendu. – 8 février 2012.
- . 2012b – Groupe de réflexion « cryptoflore ». Commissions scientifique de Réserves Naturelles de France (RNF). Compte rendu. – 5 avril 2012.
- Sacca (C.), et Porteret (J.). 2012 – Pourquoi et comment réinvestir le passé des tourbières, des exemples rhonâlpins. Présentation lors des 2e rencontres tourbières en Rhône-Alpes. – 4 juillet 2012.
- Thomas (J.). 1999 – *Les tourbières de Midi-Pyrénées - Comment les conserver ?* – Conservatoires des Espaces Naturels de Midi-Pyrénées, Programme Life Nature « Tourbières de Midi-Pyrénées ». 116p.
- . 2007 – Inventaire des zones tourbeuses des Pyrénées-Orientales 2002-2006. Rapport technique de la SCOP SAGNE - PNR des Pyrénées Catalanes. 57p.
- Vanappelghem (C.). 2011 – Inventorier les syrphes pour évaluer l'état de conservation d'un milieu. – *Espaces Naturels*, n° 33, p. 40-41.
- Vos (P.), Meelis (E.), et Ter Keurs (WJ). 2000 – A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. – *Environmental monitoring and assessment* vol. 61, n° 3, p. 317-344.
- Zedler (J.B.), et Kercher (S.). 2004 – Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. – *critical Reviews in Plant sciences* vol. 23, n° 5, p. 431-452.

Coordonnées des contacts

- MARIA MARTIN :** Technicienne, responsable du stage
Réserve naturelle de Nohèdes
Le village
66500 Nohèdes
04.68.05.22.42
maria.martin@espaces-naturels.fr
- OLIVIER ARGAGNON :** Botaniste
CBN méditerranéen de Porquerolles, antenne Languedoc-Roussillon
Institut de Botanique
163 rue Auguste Broussonnet
34090 Montpellier
04 99 23 22 11
o.argagnon@cbnmed.fr
- ROMAIN BOUTELOUP :** Chargé de gestion Flore et Habitats naturels
Secteur Pyrénées-Orientales
Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon
474 Allée Henri 2 de Montmorency
34000 Montpellier
04 67 02 21 28
romain.bouteloup@cenlr.org
- PIERRE GOUBET :** Expert
Cabinet Pierre Goubet
2, rue des Compoints
03 800 Jenzat
04 70 56 84 21
pierre.goubet@sphagnum.fr
- ANTOINE SÉGALEN :** Responsable de pôle
Chargé de mission Espaces naturels, Eau et milieux humides
Parc naturel régional des Pyrénées catalanes
1, rue Dagobert
66210 MONT-LOUIS
04 68 04 97 60
antoine.segalen@parc-pyrenees-catalanes.fr
- PERSONNEL DES RÉSERVES NATURELLES CATALANES :**
Fédération des réserves naturelles catalanes
24, rue Jean Jaurès
66500 Prades
04 68 05 38 20
conf.reserves.catalanes@espaces-naturels.fr

Table des Annexes

Annexe 1. Localisation des zones humides de la RN de Nohèdes.....	77
Annexe 2. Compte-rendu de la journée d'échange technique sur l'évaluation de l'état de conservation des zones humides.....	81
Annexe 3. Signification des valences de Julve.....	87
Annexe 4. Fiches de relevé pour la première phase de terrain.....	91
Annexe 5. Extraits des analyses statistiques sous R.....	95
Annexe 6. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes.....	99
Annexe 7. Localisation des zones humides sélectionnées pour le suivi à long terme de leur état de conservation.....	105
Annexe 8. Extrait de la fiche de relevé par points de contacts.....	109

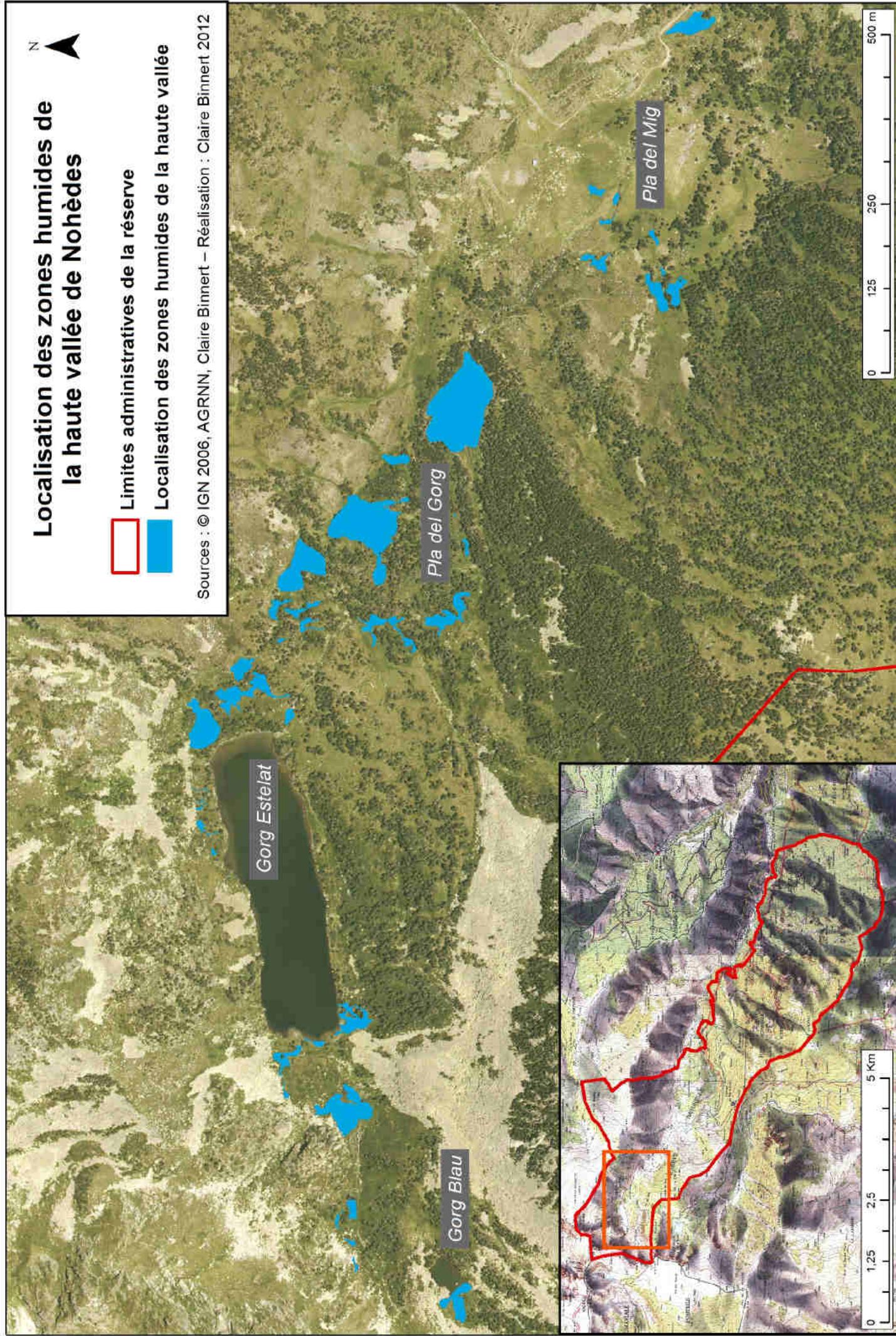
Annexe 1. Localisation des zones humides de la RN de Nohèdes

Localisation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes



-  Limites administratives de la réserve
-  Localisation des zones humides de la haute vallée

Sources : © IGN 2006, AGRNN, Claire Binnert – Réalisation : Claire Binnert 2012



Annexe 2. Compte-rendu de la journée d'échange technique sur l'évaluation de l'état de conservation des zones humides

**Journée d'échange technique
sur les zones humides et l'évaluation
de leur état de conservation**
20 juin 2012 – RNN de Nohèdes

Participants : Bruno Abrant (RNN de Mantet), Olivier Argagnon (CBN Méditerranéenne), Jérémy Beaumes (RNN de Py), Claire Binnert (RNN de Nohèdes), Romain Bouteloup (CEN L-R), Jacques Borrut (Botaniste bénévole à la RNN de Nohèdes), Karine Chevrot (RNN de Mantet), Pascal Gaultier (RNN de Prats de Mollo), Christine Goubet (Cabinet Pierre Goubet), Pierre Goubet (Cabinet Pierre Goubet), Maria Martin (RNN de Nohèdes), Sandra Mendez (RNN de la vallée d'Eyne), Lucile Mullier (RNN de Nohèdes), Céline Quéinnec (FRNC), Sergi Ribá (PN de Sorteny, Andorre), Adeline Rolin (RNN de Nohèdes), David Sannier (RNN de Nohèdes), Antoine Segalen (PNR des Pyrénées Catalanes).

Déroulement de la journée

Après une présentation rapide de la RNN de Nohèdes, du contexte de l'étude et des participants, nous nous sommes dirigés vers le *Gorg Estelat*.

Le premier arrêt, en surplomb de l'ouest du lac, nous a permis d'échanger les différentes visions sur les notions d'état de conservation et de fonctionnement des zones humides, et de présenter la méthode d'évaluation en cours d'élaboration à la réserve de Nohèdes.

Les échanges se sont poursuivis au cours de la descente le long des zones humides situées entre le *Gorg Estelat* et la grande tourbière du *Pla del Gorg*.

Le dernier arrêt à la grande tourbière du *Pla del Gorg* nous a permis de détailler des connaissances scientifiques encore à acquérir afin de mieux comprendre le fonctionnement des zones humides : celles-ci restent indispensables afin de mieux évaluer l'état de conservation de ce type de milieux et de mieux appréhender les perspectives d'évolution avant toute opération de gestion.



Illustration de David Sannier

Thématiques abordées

Définitions des concepts de l'évaluation de l'état de conservation

Maria Martin présente le contexte de l'étude : l'évaluation de l'état de conservation dans la Réserve de Nohèdes a un **double objectif**, celui de répondre aux attentes de la Directive car la RNN est inscrite dans un site Natura 2000 (via une méthodologie qui s'**affranchisse au maximum du dire d'expert**), et celui d'évaluer l'**ensemble des habitats** constituant les zones humides à Nohèdes (habitats non communautaires inclus) en vue de faire ressortir des préconisations de gestion.

Rappel des travaux du groupe habitats de RNF

Le groupe habitats de RNF propose deux manières de définir l'évaluation de l'EC :

- Soit l'évaluation de l'EC est basée sur un état de référence déterminé à partir de :
 - La structure de l'habitat (physionomie) et son étendue spatiale ;
 - Sa composition, en particulier les espèces typiques (faune et flore) qui le caractérisent ;
 - Sa fonctionnalité (liée à la dynamique) : flux de matière et d'espèces.
- Soit suivre l'évolution de l'état de conservation d'un habitat revient à mesurer l'ordre de grandeur du changement intervenu dans ce milieu (mesure des variations d'abondance et du turn-over des espèces, par exemple).

Pour Pierre Goubet, il est nécessaire de se mettre d'accord sur une **définition de l'état de conservation commune** et de mettre en place un **stratégie de suivi**, selon les objectifs fixés au préalable.

Pour lui, il est important de bien positionner les différentes unités fonctionnelles qui constituent la ZH dans le paysage, afin de pouvoir définir le modèle de fonctionnement qui les régit.

Pour l'ensemble des participants, il semble donc tout aussi important de bien caractériser la zone du point de vue de son fonctionnement hydrique (bien souvent difficile à appréhender), que du point de vue de sa composition et de sa structure.

Olivier Argagnon exprime une idée quelque peu différente : l'évaluation de l'EC est dépendante de la **définition de l'objet** que l'on évalue : qu'est-ce qui fait qu'un habitat est cet habitat ? Qu'est-ce qui fait qu'il se maintient dans le temps ? Il faudrait également pouvoir savoir quelle est la surface minimale que devrait avoir un habitat pour fonctionner correctement et être maintenu... C'est à partir de ces informations que l'on peut évaluer l'EC d'un habitat. La **caractérisation** doit être menée de façon **objective** (autrement dit, celle-ci ne doit pas dépendre d'objectifs de gestion) : on évalue si l'habitat réunit les conditions pour se maintenir ou non.

La note de l'EC est donc un **indicateur pour le gestionnaire, qui l'interprète ensuite en fonction de ses propres objectifs de gestion**.

La question de l'échelle à laquelle fixer les objectifs de gestion s'est posée : peut-on fixer des objectifs cohérents à l'échelle de toute une région ? Le groupe s'est plutôt prononcé pour une définition des **objectifs à l'échelle des différentes structures**, ce qui garantit une hétérogénéité de gestion (et donc de résultats) à l'échelle du territoire.

Serge Ribá présente le fonctionnement de la caractérisation des habitats en Andorre, où la Directive Habitats, Faune, Flore et la Directive Oiseaux ne s'appliquent pas (car hors UE).

En ce qui concerne l'étude des zones humides et l'analyse de leur état de conservation, son approche se situe à différents niveaux d'intégration écologique. Au niveau supérieur d'intégration écologique des complexes d'habitats d'une part, d'un point de vue caténel, les habitats étant juxtaposés en disposition dite caténelale, le long d'un gradient de facteurs écologiques combinés (géopermaséries, phytosociologie caténelale ou géosymphytosociologie - Lazare, 2005), on analyse alors la structure paysagère végétale située sur un ensemble de complexes tessellaires; d'autre part d'un point de vue dynamique (permaséries, suivant la phytosociologie sériale ou symphytosociologie) sur chacune des tessellés.

Dans le cadre du complexe d'habitats, on se réfère à une typologie des complexes d'habitats (Lazare, 2008 et Lazare & Ribba, 2010).

Ensuite, on considère le niveau d'intégration écologique des individus d'associations (assimilable aux habitats) qui sont déterminés par la méthode signaliste et l'on suit tout particulièrement les habitats d'intérêt communautaire.

Enfin, on suit les espèces et en particulier les espèces patrimoniales – Liste Rouge de la flore d'Andorre (Empar Carillo & Al., GRGCV, Universitat de Barcelona, 2008).

Pour l'étude et l'inventaire des sites, la démarche est évidemment inversée (espèces, habitats et complexe d'habitats).

Des changements dans la composition floristique (au niveau de chaque individu d'association végétale) sur une ou plusieurs tessellae comme dans la structure du complexe tessellaire, peuvent signifier un changement d'un ou plusieurs facteurs écologiques (intégration écologique). Dans certains cas, des analyses écologiques plus fines seront nécessaires afin de comprendre la genèse de ces changements et de pouvoir y remédier s'il y a lieu, suivant la stratégie de conservation de l'espace protégé et ses limitations budgétaires.

Construction d'une grille d'évaluation de l'EC pour les zones humides

Claire Bimmet et Maria Martin expliquent la méthode en cours de suivi pour les ZH de la RNN de Nohèdes et présentent un tableau synthétique avec différents critères et indicateurs.

Le travail de comparaison pour évaluer l'état de conservation en terme de composition floristique est basée sur les valences écologiques (selon Julve) des espèces rencontrées.

Les valences écologiques de Julve (1998)

Julve a synthétisé les valences écologiques d'environ 6 000 taxons à l'échelle de la France, sur la base des travaux d'Eilenberg en Europe centrale. Il s'est intéressé aux affinités des espèces vasculaires vis-à-vis de la lumière (L), la température (T), la continentalité (C), l'humidité atmosphérique (HA), l'humidité édaphique (HE), de la réaction du sol (R) (espèces hyperacidophile à hyperbasophile), des nutriments du sol (N), la salinité (S), la texture du sol (Tx) et la matière organique (MO). Ces valences sont disponibles sous forme de base de données à l'adresse suivante : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>, un exemple est présenté ci-dessous :

Tableau : quelques exemples des valences renseignées par Julve.

Nom	Chorologie	L	T	C	HA	HE	R	N	S	Tx	MO
<i>Carex rostrata</i>	holarctique	7	5	5	9	10	5	3	0	1	9
<i>Trichoplorum cespitosum</i>	holarctique	8	3	6	8	8	5	2	0	1	9
<i>Molinia caerulea caerulea</i>	holarctique	5	5	5	7	7	5	2	0	1	9
<i>Nardus stricta</i>	circumboréal	8	5	5	6	5	2	2	0	4	4
<i>Thymus vulgaris vulgaris</i>	méditerranéen occidental	8	8	4	3	1	8	4	0	3	2
<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	holarctique	7	5	5	6	5	7	3	0	2	3
<i>Polygonum aviculare aviculare</i>	cosmopolite	7	5	5	4	5	5	6	0	3	
<i>Galium odoratum</i>	eurasiatique	3	5	5	7	5	5	5	0	3	4

Sandra Mendez rappelle qu'un tableau d'indicateurs a été acté lors du dernier séminaire RNF et souligne l'importance de ne pas confondre les pressions subies par le milieu et les paramètres qui caractérisent le milieu. Il faudrait revoir la terminologie et le classement en pressions, critères, indicateurs qui seraient plutôt **paramètres, critères, indicateurs**.

Pierre Goubet signale qu'il faut bien différencier les types d'indicateurs utilisés. Certains permettront de faire des suivis de différents paramètres qui régissent le système de la ZH

(hydrologie : composition floristique, structure...) et d'autres seront des indicateurs de pression en relation avec les perturbations anthropiques ou naturelles que subit le système et les éventuels impacts qu'il peut y avoir dans le futur.

Il lui semble donc important de **séparer le protocole de suivi d'une part, et la grille d'évaluation de l'EC d'autre part**. Tandis que le premier permet de donner l'état dans lequel se trouve le système (état des lieux selon les objectifs du suivi et ce, via une démarche scientifique), la seconde donne un jugement de valeur (bon, moyen ou mauvais) qui peut être, lui, plus subjectif et fonction des objectifs de gestion à atteindre.

Par ailleurs, Pierre Goubet rappelle que la composition, la structure et les fonctions représentent des **niveaux de plus en plus intégrateurs et complexes**. Alors que la composition d'un habitat ou d'une unité fonctionnelle est un paramètre relativement simple d'approche, l'appréhension de la structure s'avère déjà plus difficile. Les fonctions ou processus intègrent la composition et la structure en plus de l'hydrologie (pour ce type de milieu) et sont, de ce fait, d'autant plus complexes à caractériser.

Programme RhoMéO : mise en place d'un observatoire des zones humides à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranéen

Le but du programme est de mettre en évidence des indicateurs simples permettant d'évaluer le **bon fonctionnement** des zones humides (à noter que l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, commanditaire de RhoMéO, n'évoque pas le concept d'état de conservation). Le programme vise à récolter de nombreuses données sur un réseau de sites pilotes, représentatifs de l'ensemble des types de zones humides du bassin Rhône-Méditerranéen, puis de ne retenir que des **indicateurs à la fois simples à mettre en place et pertinents**.

Dans les Pyrénées Orientales, Romain Bouteiloup du CEN L-R est en charge des relevés. RhoMéO s'articule autour de plusieurs axes et groupes de travail : hydrologie, faune, flore / habitats,.... Il a, par exemple, comparé différentes méthodes d'échantillonnage floristiques et mis en évidence que l'utilisation des **transacts** permet d'inventorier entre 50 et 80 % des espèces floristiques présentes sur un site.

Les **indicateurs pédoécologiques** demeurent, quant à eux, une description des horizons histologiques et de la production de tourbe. Cette approche vient renforcer les informations collectées via les autres types de données (relevés d'espèces végétales, notamment) mais elle est difficile à utiliser pour évaluer le bon état des ZH par des non spécialistes.

Autres groupes bioindicateurs

Il semble intéressant d'intégrer certains groupes faunistiques dans les méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats.

Le programme, RhoMéO intègre les amphibiens, les rhopalocères ou encore les odonates. La méthodologie se base sur la comparaison entre une liste théorique d'espèces attendues (suivant les types d'habitats présents sur la zone) et le peuplement observé. L'écart entre les deux indiquerait l'écart entre l'état actuel de l'habitat et celui supposé de référence.

David Sannier, qui inventorie actuellement les **odonates** dans les RNC, nous fait part de la **controverse** qu'il y a autour de l'utilisation des ces insectes en tant que bioindicateurs (adultes pouvant parcourir de grandes distances, habitats odonatalogiques englobant plusieurs habitats au sens phytosociologique, ...).

David Monichon, n'ayant pas pu participer à la journée, a néanmoins attiré notre attention sur différents points dans son courriel daté du 22 mai : « quant au rôle indicateur de [certaines espèces] **d'orthoptères** sur l'état de santé des zones humides à Nohèdes. Le cycle vital des orthoptères, leur sensibilité aux modifications de leurs habitats, la relative facilité d'établir des évaluations densitaires, tout cela permettrait d'enrichir un suivi à moyen et long terme des zones humides. Pour peu qu'on prête attention aux paramètres climatiques annuels, il doit être possible de distinguer à terme les aléas des tendances (...) ».

Par exemple il cite *Chrysochraon dispar*, espèce eurosibérienne en limite d'aire et mise en péril par l'assèchement des habitats qu'elle occupe et le changement de leur physionomie végétale.

« Il en va probablement de même de tout un cortège d'animaux ou de végétaux avec les mêmes affinités eurosibériennes qui se trouvent à Nohèdes **en limite d'aire ou en isolat**, pour lesquels les conditions écologiques ne sont pas nécessairement optimales et qui peuvent, les premières, manifester un stress en cas de déséquilibre ».

Pierre Goubet indique que d'autres groupes s'avèrent être de bons indicateurs, comme ceux se trouvant dans la **faune du sol** (macro- ou microfaune). Des études se penchent actuellement sur la description de la composition faunistique du sol par séquençage génomique. En revanche les applications à la gestion de telles méthodes ne sont envisagées qu'à l'échelle d'une trentaine d'années. Sandra Mendez évoque également les bactéries minéralisatrices et la macrofaune décomposeurs du sol qui pourraient s'avérer de bon bioindicateurs mais dont l'étude demande beaucoup de moyens (notamment pour les bactéries et achaebactéries).

Céline Quéliennec évoque le groupe des **syrrhes** dont l'écologie est très bien connue et qui constitueraient d'excellents bioindicateurs (ils se déplacent peu, sont infodés à des habitats restreints...).

En revanche, elle souligne le **manque de connectivité des milieux** ; si une zone dégradée voit son état s'améliorer par la suite, les cortèges vont-ils pouvoir revenir à leur état original ? Cela est possible seulement s'il existe à proximité des des populations sources qui peuvent recoloniser le milieu anciennement perturbé.

Les indicateurs faunistiques permettraient de déceler la dégradation des habitats, sans forcément être très performants quant à la caractérisation de l'amélioration de l'état de conservation de ces derniers. Cela souligne l'importance du choix des indicateurs dans la méthode d'évaluation.

Quelle gestion... ?

1. Coupe forestière à la tourbière du Pla del Gorg

Dans les années 2000, des travaux de réouverture ont eu lieu à la tourbière du *Pla del Gorg* suite à l'observation d'importants signes d'assèchement, et la présence de nombreux pins à crochets. Maria Martin et Jacques Borrut expliquent la problématique et l'histoire du projet : craignant de voir la zone s'assécher complètement par la présence des ligneux, le RN dans le cadre de Natura 2000 et l'ONF ont décidé d'engager des travaux de bûcheronnage afin de réouvrir le milieu (abattages d'arbres, écorçages, etc.).

Lors de l'arrêt du groupe sur ce site, la question de l'interventionnisme s'est posée : dans quels cas et sous quelles modalités est-il nécessaire d'intervenir pour améliorer l'état de conservation des zones humides... ?

Actuellement, cette zone (notamment au niveau des tapis et buttes de sphaignes) présente toujours des signes d'assèchement.

Nombreux échanges ont donc eu lieu sur les causes possibles de cet assèchement : présence passée des ligneux ? diminution générale au cours des dernières décennies de la pluviométrie / enneigement ? zone ayant pu être drainée par élargissement de l'exutoire en aval (Pascal Gauthier nous fait part en aparté du fait qu'il connaît des sites tourbeux qui, bien que n'ayant plus l'air actuellement, ont été drainés dans le passé à des fins pastorales ; Jacques Borrut nous fait part du fait que cette zone était bien pâturée jusque dans les années 60 / 70) ? zone dans l'axe de la vallée E / W, très exposée au vent ? (dans ce dernier cas de figure, les arbres auraient pu avoir, au contraire, un rôle de protection des milieux contre le vent).

Il reste très difficile de définir quel milieu naturel était là « en premier » : la forêt ou la tourbière ?

Pierre Goubet souligne à ce propos l'intérêt des études palynologiques et des macrorestes : celles-ci peuvent en effet constituer un important outil d'aide à la décision en terme de gestion.

Il en ressort qu'il est en tout cas primordial dans ce type de projets de bien cerner les paramètres hydrologiques de la zone d'étude, avant d'envisager toute opération de gestion : des suivis pluviométriques, des analyses de qualité des eaux (acidification par accumulation d'aiguilles, eutrophisation en aval...) permettent de mieux comprendre le fonctionnement d'une ZH et d'en définir les conditions abiotiques qui la régissent.

1. Réhabilitation de la source en abreuvoirs au Pla d'Avall

Depuis quelques années, les troupeaux (notamment, une cinquantaine de vaches *Aubrac*) venaient régulièrement pâturer la zone et s'abreuver à cette source.

Avec un chargement raisonné, la fréquentation des zones humides par les troupeaux ne représente pas une menace notable et peut être un outil de gestion (lutte contre la fermeture du milieu par les ligneux, par exemple). Cependant, le cas des sources du Pla d'Avall est particulier car elles sont très diffusées dans la mouillère. Les animaux (nombreux à certaines périodes de l'année), n'ayant pas accès à un point d'eau

clairement localisé, devaient traverser le milieu pour s'abreuver dans de nombreuses petites vasques. La zone s'en voyait inévitablement surpluée.

En 2010, le CG66 a lancé un « Programme départemental d'aide à la rénovation de sources », qui s'adressait aux communes. La mairie de Nohères a souhaité restaurer cette source. Le dossier préparé par la Mairie et par l'équipe de la RN ayant été retenu, la source a été restaurée l'automne dernier. Afin de limiter le pléinement, une partie de son débit alimente un abreuvoir composé de trois troncs, aménagé à l'extérieur de la mouillère.

Le suivi annuel de cette source et de la mouillère en contrebas (des relevés ont été effectués avant travaux) permettra d'évaluer l'impact de cet aménagement sur le long terme (composition et structure des habitats présents, dégradation du sol) et éventuellement d'en ajuster les modalités (nécessité d'une mise en défens?). Il n'a pas été question ici d'évaluer l'EC « en toutes normes » mais il est question de comparatifs de relevés floristiques et du niveau d'érosion ou de déstructuration de la zone humide.

Jérémy Beaumes propose d'équiper les abreuvoirs en rampes de sortie afin de permettre aux amphibiens ou reptiles d'en ressortir (proposition retenue !).

Au fil de la rencontre

Au cours des discussions, les gestionnaires ont souligné le **manque de connaissances en matière de fonctionnement des zones humides** ainsi que le **besoin d'études** particulières avec l'aide indispensable de la recherche.

Cette dernière avance dans ce domaine (Pierre Goubet fait part du fait qu'actuellement de nombreuses publications scientifiques voient le jour à ce sujet) et elle devrait, à terme, fournir aux gestionnaires des outils pertinents pour le suivi de ce type de milieu.

Par exemple, le lien entre pression (pâturage, piétinement...) et indicateurs (sol nu, habitats déstructurés...) mériterait d'être caractérisé de façon formelle afin de garantir une validité scientifique aux suivis. De la même façon les seuils qui distinguent un bon et mauvais état ne sont pas connus et sont souvent fixés à dire d'expert. Il est proposé de mettre en place des suivis sur des **sites pilotes, en accord avec les missions des espaces protégés de servir de site d'expérimentation dans la gestion conservatoire**.

La question de la notation des différents critères, et donc celle de l'attribution d'une note « globale » aux sites étudiés, a été abordée très succinctement.

Olivier Argagnon a tout de même précisé que les méthodes existantes sont nombreuses et variées et qu'il faut s'y pencher de près ; par exemple, il rappelle que le principe selon lequel la note finale correspondrait à la pire des notes obtenue par les indicateurs est souvent vécu comme une sanction par les acteurs de terrain. La notation finale doit donc permettre de distinguer les zones en mauvais état sans stigmatiser les gestionnaires mais plutôt en mettant en évidence les défaillances et en proposant les moyens d'y remédier.

Conclusion

Il est important de bien caractériser les habitats naturels qui constituent une zone humide ainsi que leur mode de fonctionnement, avant de pouvoir en mesurer l'EC.

La compréhension de son fonctionnement tant du point de vue de son alimentation en eau que de l'influence des multiples facteurs environnementaux (type de sol, pluviométrie, vent, etc.) est donc essentielle pour ne pas biaiser l'évaluation.

Le suivi se veut un outil tant pour la caractérisation des habitats d'une zone humide à fonctionnement complexe que pour la définition d'indicateurs de paramètres essentiels au maintien de certains habitats.

En l'état actuel des connaissances, donner un état de conservation aux zones humides paraît ambitieux et reste encore soumis au dire d'expert.

Les avancées de la recherche autour du fonctionnement de ces zones et de l'évaluation de leur état de conservation permettront donc, avec le temps, d'affiner ce type d'évaluation.

Annexe 3. Signification des valences de Julve

Signification des valeurs de Julve

<p style="text-align: center;">Lumière (L)</p> <p>1 : hypersciaphiles 2 : sciaphiles 3 : intermédiaires 4 : hémisciaphiles 5 : intermédiaires 6 : hémihéliophiles 7 : intermédiaires 8 : héliophiles 9 : hyperhéliophiles</p>	<p style="text-align: center;">Température (T)</p> <p>1 : alpines à nivales, altiméditerranéennes 2 : subalpines, oroméditerranéennes 3 : montagnardes 4 : collinéennes, psychroatlantiques 5 : planitiales à montagnardes 6 : planitiales thermophiles, thermoatlantiques, thermocontinentales, subméditerranéennes, supraméditerranéennes 7 : euryméditerranéennes, méditerranéo-atlantiques 8 : mésoméditerranéennes 9 : thermoméditerranéennes à subdésertiques</p>	<p style="text-align: center;">Continentalité (C)</p> <p>1 : marines à maritimes 2 : hyperocéaniques 3 : océaniques 4 : subocéaniques 5 : intermédiaires 6 : précontinentales 7 : subcontinentales 8 : continentales 9 : hypercontinentales</p>
<p style="text-align: center;">Humidité atmosphérique (HA)</p> <p>1 : aéroxérophiles 2 : intermédiaires 3 : aéromésoxérophiles 4 : intermédiaires 5 : aéromésohydriques 6 : intermédiaires 7 : aéromésohygrophiles 8 : intermédiaires 9 : aérohydrophiles</p>	<p style="text-align: center;">Humidité édaphique (HE)</p> <p>1 : hyperxérophiles (sclérophiles, ligneuses microphylls, révisiscentes) 2 : perxérophiles (caulocrassulescentes subaphylles, coussinets) 3 : xérophiles (velues, aiguillonnées, cuticule épaisse) 4 : mésoxérophiles 5 : mésohydriques 6 : mésohygrophiles 7 : hygrophiles (courtement inondables, en semaines) 8 : hydrophiles (longuement inondables, en mois) 9 : amphibies saisonnières (hélrophytes exondés une partie minoritaire de l'année) 10 : amphibies permanentes (hélrophytes semiémergés à base toujours noyée) 11 : aquatiques superficielles (0-50cm) 12 : aquatiques profondes (1-3m)</p>	<p style="text-align: center;">Réaction du sol (pH) (R)</p> <p>1 : hyperacidophiles 2 : acidophiles 3 : intermédiaires 4 : acidoclines (pH<5,5) 5 : intermédiaires 6 : neutroclines (pH>5,5) 7 : neutrophiles 8 : basophiles 9 : hyperbasophiles</p>
<p style="text-align: center;">Nutriments du sol (N)</p> <p>1 : hyperoligotrophiles 2 : oligotrophiles 3 : intermédiaires 4 : mésooligotrophiles 5 : mésotrophiles 6 : mésoeutrophiles 7 : intermédiaires 8 : eutrophiles 9 : polytrophiles</p>	<p style="text-align: center;">Texture du sol (Tx)</p> <p>1 : argile 2 : intermédiaire 3 : limon 4 : sable fin 5 : sable grossier 6 : graviers 7 : galets 8 : blocs, fentes des parois 9 : dalle</p>	<p style="text-align: center;">Matière organique du sol et type d'humus (MO)</p> <p>1 : lithosol, arénosol 2 : mull carbonaté 3 : mull actif 4 : mull acide 5 : moder 6 : mor, hydromor, xéromor 7 : ranker, tangel 8 : anmoor, gyttja 9 : tourbe</p>

Annexe 4. Fiches de relevé pour la première phase de terrain

ID zh : Gorg 04

Ancien ID : 243

Auteurs : BINNERT et MARTIN

Date : 11/07/2012

Typo formation : Tourbière de pente, rivulet

EC « expert » : Moyen

Sol nu (%)	gouilles 10%	Esp alloc. (%)	
Sente/piste (L*I)	/	nom(s) :	
Crottes (pas, peu, moy, abdt)	peu	-	

Coefficient d'abondance/dom.
 + éfts peu ou très peu abdts, rec inf à 5%
 1 éfts assez abdts, rec inf à 25%
 2 éfts très abdts, rec inf à 25%
 3 25% < rec < 50%, abdce qcqe
 4 50% < rec < 75%, abdce qcqe
 5 75% < rec < 100%, abdce qcqe
 Modalités pr crottes et algues
 absence
 peu
 moyen
 très abondantes

Nom habitat : Bas-marais à *Tricho. asp.*

Recouvrement : 40 %

Habitat destructuré (%)	10
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	20
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	10
- autres (%)	10

Nom habitat : Buttes à sphaignes

Recouvrement : 10 %

Habitat destructuré (%)	10
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	20
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	70
- autres (%)	30

Nom habitat : Nardais

Recouvrement : 20 %

Habitat destructuré (%)	/
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	10
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	10
- autres (%)	/

Nom habitat : Tapis de sphaignes

Recouvrement : 15 %

Habitat destructuré (%)	10
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	/
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	20
- autres (%)	/

Nom habitat : Bas-marais à *C. nigra*

Recouvrement : 10 %

Habitat destructuré (%)	10
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	10
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	/
- autres (%)	/

Nom habitat : Bas-marais à *Erioph. aug.*

Recouvrement : 5 %

Habitat destructuré (%)	/
Algues vertes	/
Ligneux >50cm (%)	/
Ligneux <50cm	
- <i>Call vulg</i> , <i>Vacc ul Sal. lapp</i> (%)	/
- autres (%)	/

Remarques, état global / impression générale sur l'EC de la zone humide

Assèchement général des buttes à sphaignes et de certains tapis

IDzh : *Gazgob*

Nom hab : *Caucasie à l'axe nigra* Nom hab : *Tapis de sphagnes* Nom hab : *Batilles de sph.* Nom hab : *Trichoperebms*

Espèces	Ab.dom
<i>Carex nigra</i>	4
<i>Selinum pup.</i>	1
<i>Nard</i>	1
<i>Polygonum hist.</i>	1
<i>Carex edinata</i>	1
<i>Pedicularis mixta</i>	
<i>Viola palustris</i>	
<i>Ranunc. pup.</i>	
<i>Erioph. angustif.</i>	
<i>Leontod. dub.</i>	
<i>Vaccinium ulig.</i>	
<i>Calluna vulgaris</i>	
<i>Phleum alpinum</i>	
<i>Festuca sp.</i>	1
<i>Trichophorum cesp.</i>	
<i>Vesicularum album</i>	
<i>Cardamine prat. verica.</i>	
<i>Triplium (repens) a. veric.</i>	+

Espèces	Ab.dom
<i>Erioph. angust.</i>	+
<i>Sph. sp.</i>	5

Espèces	Ab.dom
<i>Sphagnum sp.</i>	5
<i>Vaccinium uliginosa.</i>	2
<i>Trichoph.</i>	+
<i>Eriophorum</i>	1
<i>Nardus st.</i>	+
<i>Selinum pup.</i>	+
<i>Viola palustr.</i>	+
<i>Calluna vulgaris</i>	2
<i>Pinus uncinata</i>	+
<i>Pentagona pup.</i>	+
<i>Primula integr.</i>	+

Espèces	Ab.dom
<i>Trichophorum cesp.</i>	5
<i>Pinguicula v.</i>	
<i>Primula integrif.</i>	
<i>Carex edinata</i>	
<i>Pedicularis mixta</i>	
<i>Selinum pup.</i>	
<i>Viola palustris</i>	
<i>Alchemilla pup.</i>	
<i>Leontodon</i>	

Annexe 5. Extraits des analyses statistiques sous R

Les tableaux et cadres ci-dessous présentent les commandes utilisées pour l'analyse statistique des résultats commentés dans le texte, ainsi que des exemples de résultats fournis par la logiciel.

Comparaison multiples de moyennes avec le test de Kruskal-Wallis (§C. 1.3. , C. 3.2.1.).

Commande sous R

```
>kruskal.test(valences$HE,g=valences$CodeCB)
```

Exemple de résultat

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: valences$HE and valences$CodeCB
Kruskal-Wallis chi-squared = 132.6421, df = 10, p-value < 2.2e-16
```

Comparaison de deux moyennes avec le test de Mann-Whitney-Wilcoxon (§ C. 1.3.1.).

Commande sous R

```
>hab36.31.51.111 <- valences[valences$CodeCB=="36.31" |
valences$CodeCB=="51.111", ]
>wilcox.test(HE ~ CodeCB, data = hab36.31.51.111)
```

Exemple de résultat

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: HE by CodeCB
W = 17948, p-value = 0.01485
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Les Tableaux 1 et 2 ci-dessous présentent les résultats des comparaisons deux à deux par le test de Mann-Whitney-Wilcoxon.

Code Habitat	54.46	51.112	54.111	54.452	54.42	51.111	36.31	Autre	42.41	53.5	53.2141
54.46		0,06731	0,01886	0,00064	0,00005	0,00000	0,00000	0,00015	0,00037	0,00052	0,30760
51.112	0,06731		0,25400	0,02046	0,00058	0,00001	0,00000	0,00022	0,00056	0,00101	0,13870
54.111	0,01886	0,25400		0,28750	0,02076	0,00009	0,00000	0,00018	0,00023	0,00189	0,10240
54.452	0,00064	0,02046	0,28750		0,17530	0,00148	0,00000	0,00427	0,00770	0,01696	0,08647
54.424	0,00005	0,00058	0,02076	0,17530		0,02168	0,00000	0,01548	0,02216	0,05962	0,06771
51.111	0,00000	0,00001	0,00009	0,00148	0,02168		0,01485	0,24100	0,32730	0,45950	0,04448
36.31	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01485		0,91620	0,94880	0,59580	0,01000
Autre	0,00015	0,00022	0,00018	0,00427	0,01548	0,24100	0,91620		1,00000	0,64820	0,02406
42.413	0,00037	0,00056	0,00023	0,00770	0,02216	0,32730	0,94880	1,00000		0,63710	0,03108
53.5	0,00052	0,00101	0,00189	0,01696	0,05962	0,45950	0,59580	0,64820	0,63710		0,03394
53.2141	0,30760	0,13870	0,10240	0,08647	0,06771	0,04448	0,01000	0,02406	0,03108	0,03394	

Tableau 1. Résultats des comparaison des moyennes deux à deux pour la variable « humidité édaphique ». Le test est significatif quand la p-value est inférieure à 0.00091 (en couleur).

Code Habitat	51.112	51.111	54.452	54.46	54,42	36.31	54.111	53.5	53.2141	42,41	Autre
51.112	0,54760	0,02895	0,00216	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,07908	0,00315	0,00150
51.111	0,54760	0,21090	0,02009	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,16420	0,01215	0,00550
54.452	0,02895	0,21090	0,08842	0,00005	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,21820	0,02053	0,00984
54.46	0,00216	0,02009	0,08842	0,29350	0,10130	0,00000	0,00005	0,51060	0,19000	0,11160	
54.424	0,00000	0,00002	0,00005	0,29350	0,40170	0,00000	0,00035	0,77460	0,40330	0,25170	
36.31	0,00000	0,00000	0,00000	0,10130	0,40170	0,00000	0,00097	0,96900	0,58520	0,35280	
54.111	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,94010	0,04602	0,01579	0,09659	
53.5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00005	0,00035	0,00097	0,94010	0,09160	0,07177	0,19960	
53.2141	0,07908	0,16420	0,21820	0,51060	0,77460	0,96900	0,04602	0,09160	0,77130	0,64680	
42.413	0,00315	0,01215	0,02053	0,19000	0,40330	0,58520	0,01579	0,07177	0,77130	0,74620	
Autre	0,00150	0,00550	0,00984	0,11160	0,25170	0,35280	0,09659	0,19960	0,64680	0,74620	

Tableau 2. Résultats des comparaisons des moyennes deux à deux pour la variable « nutriments ». Le test est significatif quand la p-value est inférieure à 0.00091 (en couleur).

Test de l'indépendance de facteurs avec le test de Fisher-exact (§ C. 3.2.1.).

	État de conservation		
	bon	moyen	défavorable
Dépressions majoritairement non tourbeuses	4	8	0
Groupements de source	4	2	2
Tourbières de pente	11	9	2

	État de conservation		
	bon	moyen	défavorable
Pas de signe d'assèchement	9	4	1
Peu de signes d'assèchement	9	6	0
Beaucoup de signes d'assèchement	1	9	3

	État de conservation		
	bon	moyen	défavorable
Absence de déjections	10	5	0
Peu de déjections	9	9	3
Déjections abondantes	0	5	0
Déjections très abondantes	0	0	1

	État de conservation		
	bon	moyen	défavorable
Absence d'algues vertes	16	13	1
Peu d'algues vertes	1	3	2
Algues vertes moyennement abondantes	2	2	1
Algues vertes très abondantes	0	1	0

Tableau 3. Tableaux de contingence des indicateurs qualitatifs en fonction de l'état de conservation « à dire d'expert ».

Commande sous R

```
> peu=c(9, 6, 0)
> bcp=c(1, 9, 3)
> tableau=rbind(pas,peu,bcp)
> fisher.test(tableau)
```

Exemple de résultat

```
Fisher's Exact Test for Count Data

data: tableau

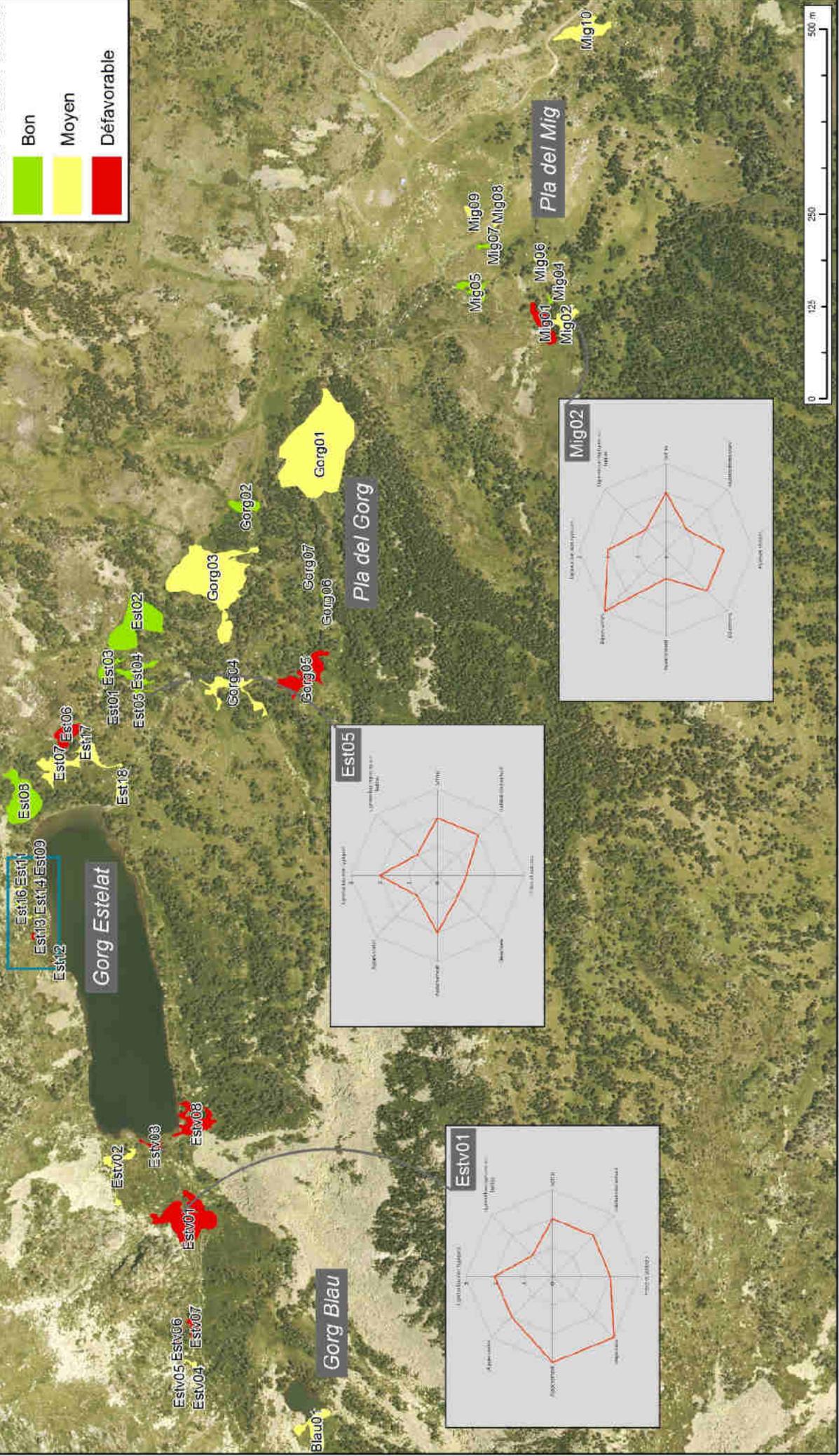
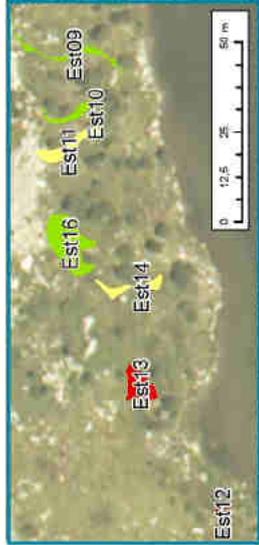
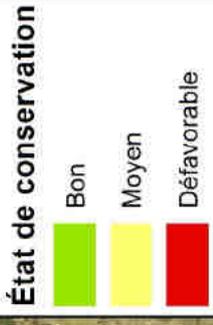
p-value = 0.005868

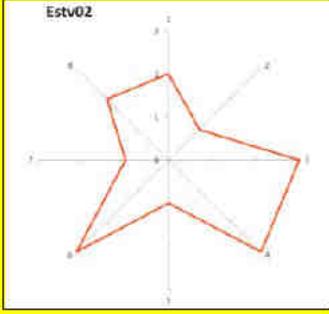
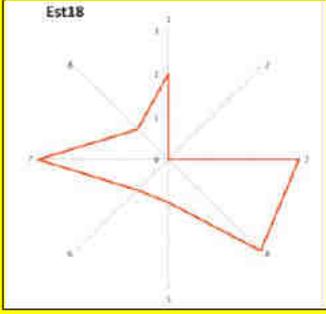
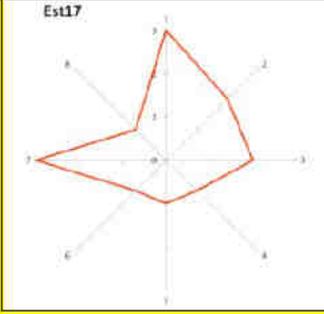
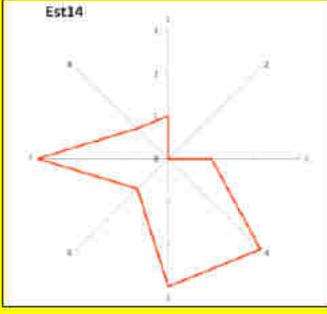
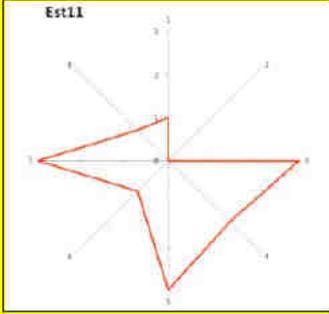
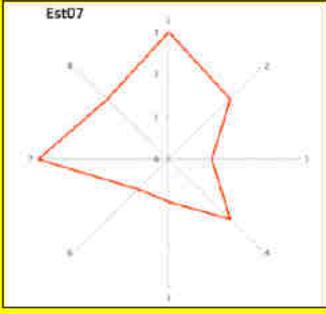
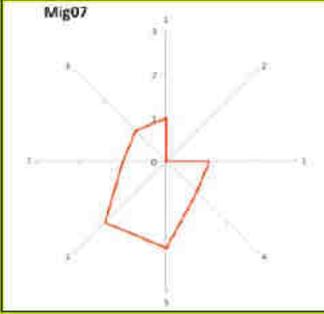
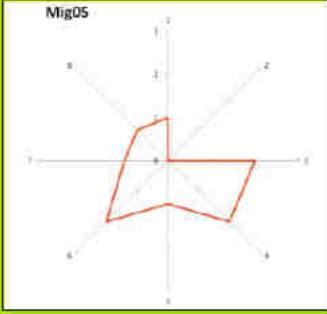
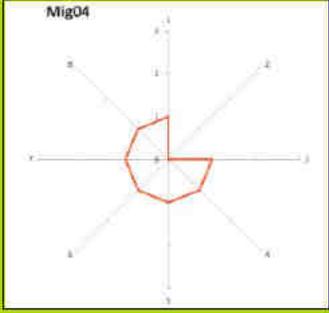
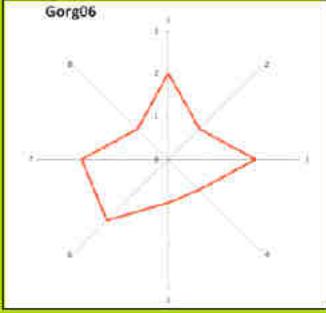
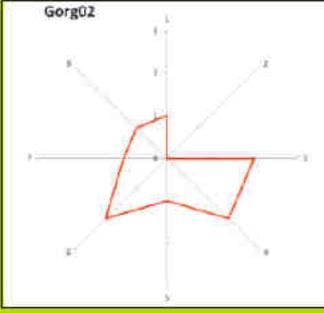
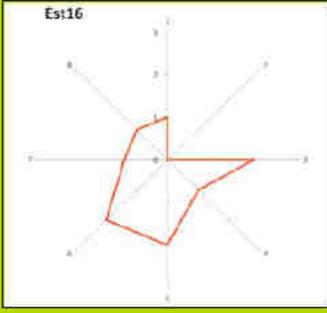
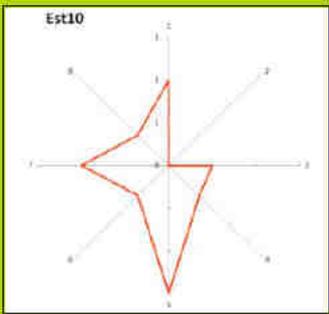
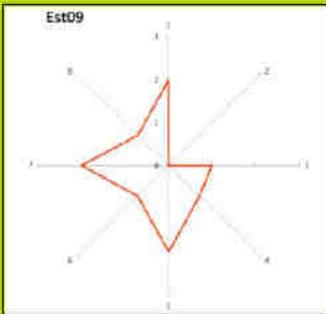
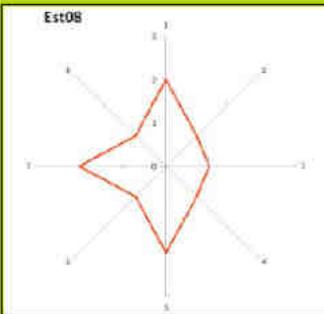
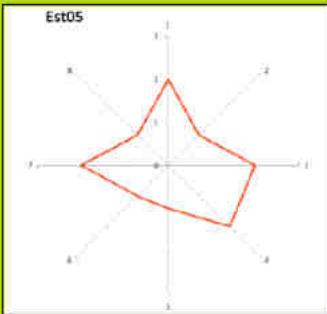
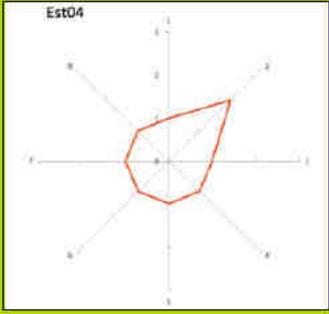
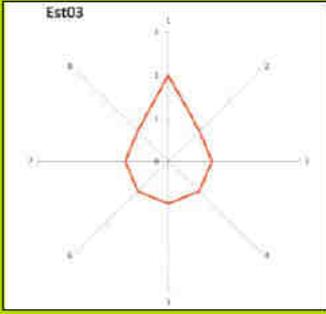
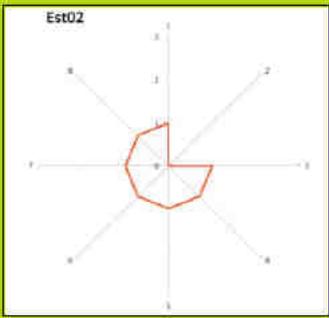
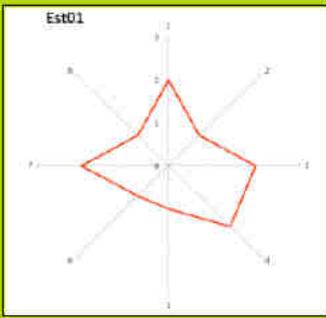
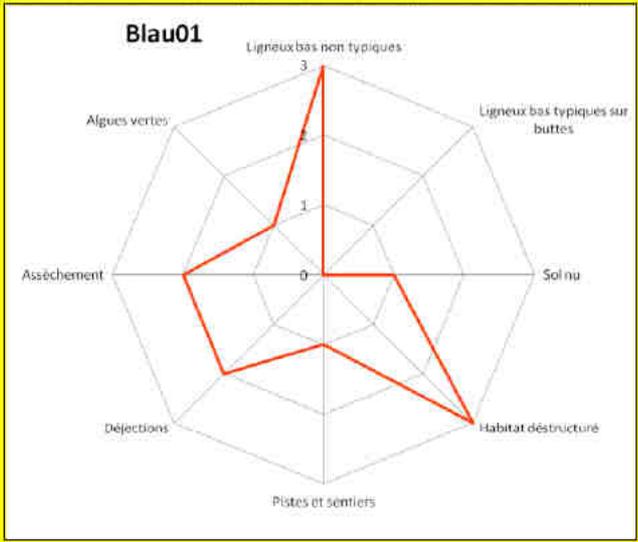
alternative hypothesis: two.sided
```

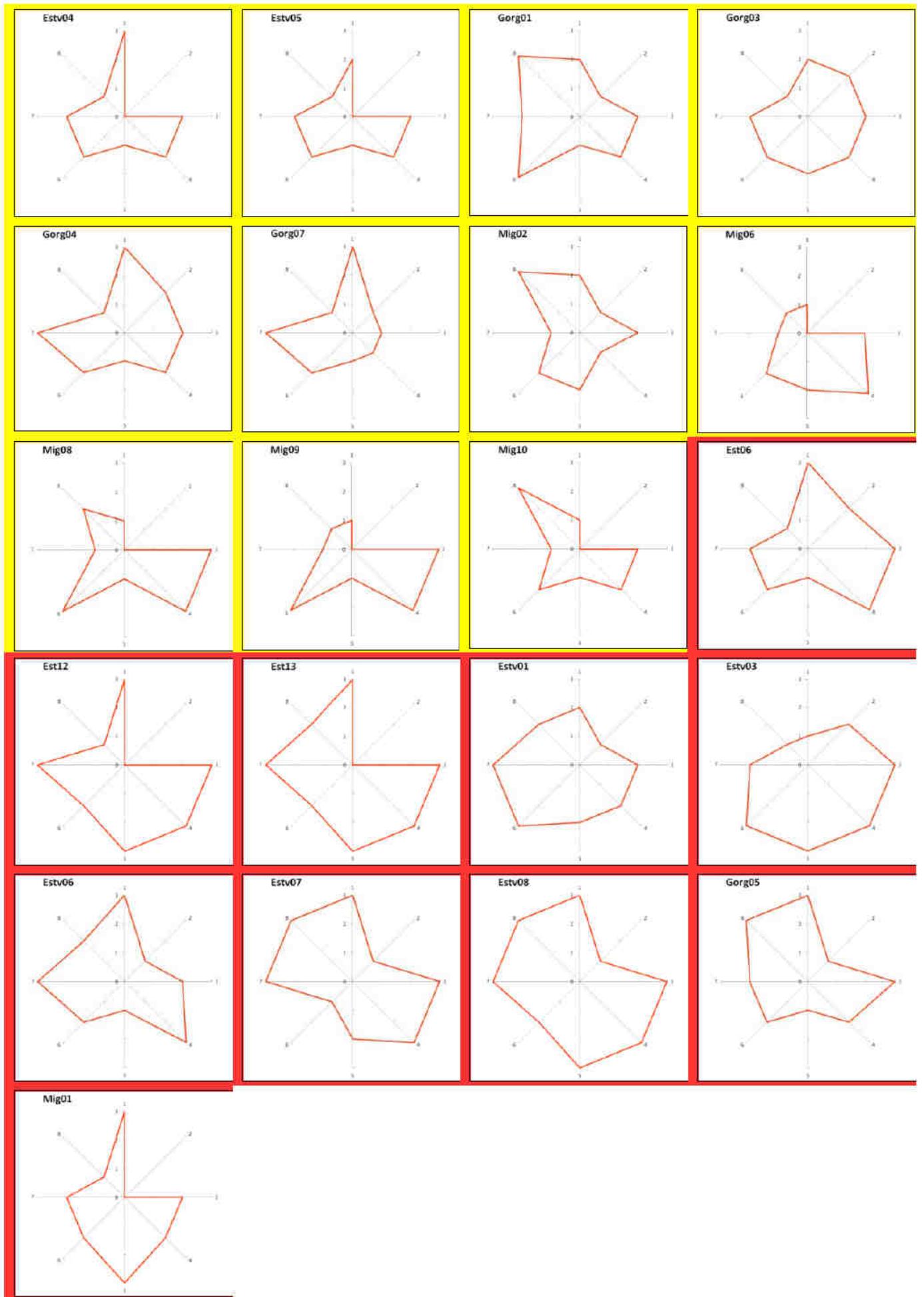
Annexe 6. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des zones humides de la haute vallée de Nohèdes

État de conservation des zones humides de la haute vallée de la réserve de Nohèdes

Sources : © IGN 2009, AGRNN, Claire Binnert – Réalisation : Claire Binnert 2012



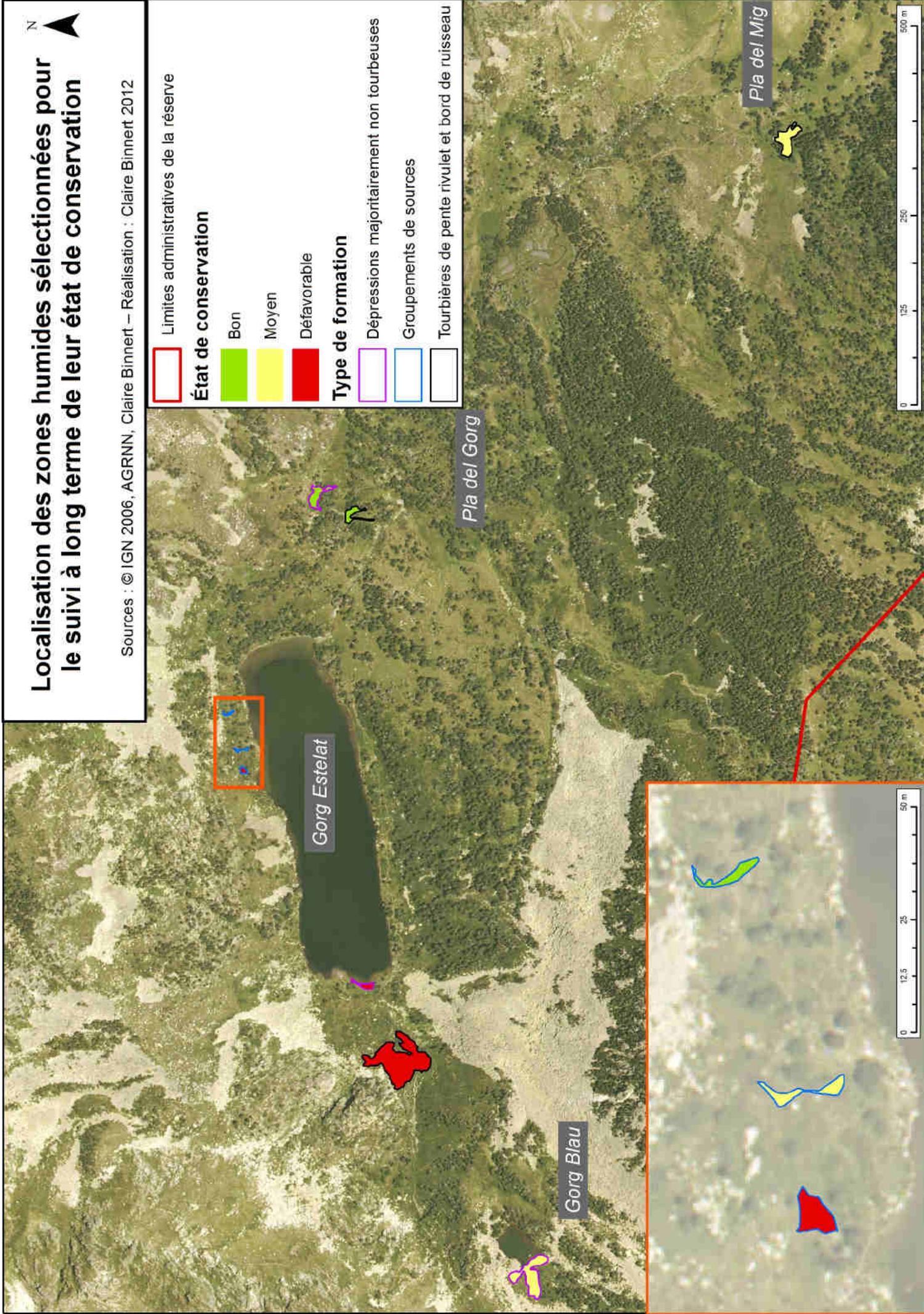
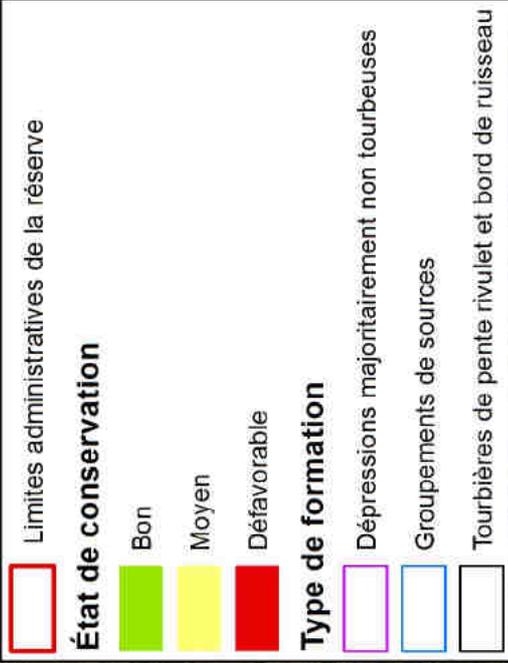




Annexe 7. Localisation des zones humides sélectionnées pour le suivi à long terme de leur état de conservation

Localisation des zones humides sélectionnées pour le suivi à long terme de leur état de conservation

Sources : © IGN 2006, AGRNN, Claire Binnert, Claire Binnert – Réalisation : Claire Binnert 2012



Annexe 8. Extrait de la fiche de relevé par points de contacts

Les zones humides d'altitude abritent un patrimoine naturel d'une richesse exceptionnelle. La réserve naturelle nationale de Nohèdes a souhaité mettre en place une stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des complexes tourbeux de son territoire afin de mieux comprendre leur évolution face aux pressions qu'elles subissent. Ce mémoire présente une méthode d'évaluation et de suivi adaptée aux particularités des zones humides de montagne ainsi qu'aux objectifs de la réserve naturelle en termes d'évaluation des milieux qu'elle protège. La méthode a été construite à partir des données récoltées à Nohèdes, mais reste néanmoins très modulable et peut s'adapter à d'autres contextes.