Monitoring de la flore et de la végétation 2013-2021

Synthèse de la première étape

Étang à Utriculaire commune (Utricularia vulgaris aggr.) dans la réserve de Cheyres (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

Association de la GRANDE CARIÇAIE

Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Suisse

T +41 24 425 18 88
info@grande-caricaie.ch
www.grande-caricaie.ch

Rédaction

Christian Clerc, collaborateur scientifique

Silvana Manzocchi, stagiaire scientifique

28 janvier 2022

Table des matières

1 Introduction ... 5
2 Méthodes ... 11
2.1 Modules appliqués ... 11
2.1.1 Module 1 : Monitoring de la couverture du sol ... 11
2.1.2 Module 2 : Monitoring des éléments bâtis ... 12
2.1.3 Module 3 : Monitoring des espèces végétales dominantes ... 12
2.1.4 Module 4 : Monitoring des espèces végétales prioritaires ... 12
2.1.5 Module 5 : Monitoring des néophytes envahissantes ... 14
2.1.6 Module 6 : Monitoring de la biodiversité végétale ... 15
2.2 Réseau des mailles prospectées ... 15
2.3 Travail de terrain ... 16
2.4 Traitement des données ... 17
2.4.1 Traitement des données au niveau des groupes de milieux naturels ... 18
2.4.2 Traitement des données au niveau des milieux naturels ... 20
2.4.3 Traitement des données au niveau des périmètres composant les échelles territoriales ... 22
2.4.4 Traitement des données au niveau de la dualité « surfaces entretenues – surfaces non-entretenues » ... 23
2.4.5 Analyses de variance ... 24
3 Résultats ... 25
3.1 Module 1 : Monitoring de la couverture du sol ... 26
3.1.1 Couverture du sol du groupe des milieux naturels lacustres ... 26
3.1.2 Couverture du sol du groupe des milieux naturels des marais non-boisés ... 27
3.1.3 Couverture du sol du groupe des milieux naturels forestiers ... 28
3.2 Module 2 : Monitoring des éléments bâtis ... 29
3.2.1 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels lacustres ... 29
3.2.2 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels des marais non-boisés ... 30
3.2.3 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels forestiers ... 31
3.3 Module 3 : Monitoring des espèces végétales dominantes ... 32
3.4 Module 4 : Monitoring des espèces végétales prioritaires ... 32
3.4.1 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels lacustres ... 33
3.4.2 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels des marais non-boisés ... 35
3.4.3 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels forestiers ... 41
3.5 Module 5 : Monitoring des néophytes envahissantes ... 44
3.5.1 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels lacustres ... 44

3.5.2 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels des marais non-boisés ... 46
3.5.3 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels forestiers ... 47
3.6 Module 6 : Monitoring de la biodiversité végétale ... 48
3.6.1 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels lacustres ... 48
3.6.2 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels des marais non-boisés ... 50
3.6.3 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels forestiers ... 50
3.7 Synthèses ... 51
3.7.1 Synthése à l'échelle globale ... 52
3.7.2 Synthèse à l'échelle cantonale ... 55
3.7.3 Synthèse à l'échelle des réserves naturelles ... 57
3.7.4 Espèces prioritaires ... 62
3.7.5 Néophytes envahissantes ... 76
4 Discussion ... 79
4.1 Résultats du monitoring et objectifs du plan de gestion pour le domaine « Connaissance » ... 79
4.1.1 Connaissance des groupes de milieux naturels et des milieux naturels ... 79
4.1.2 Connaissance des groupes de milieux naturels et des milieux naturels prioritaires ... 82
4.1.3 Connaissance de la biodiversité ... 85
4.1.4 Connaissance des espèces prioritaires ... 86
4.1.5 Connaissance des néophytes envahissantes ... 88
4.2 Résultats du monitoring et objectifs du plan de gestion pour le domaine « Entretien ». 89
4.2.1 Conservation des espèces prioritaires ... 90
4.2.2 Régulation des néophytes envahissantes ... 92
5 Conclusion ... 93
6 Perspectives ... 94
6.1 Monitoring ... 94
6.2 Cartographie de la végétation ... 95
7 Références ... 97

Annexes

ANNEXE 1 Liste des espèces du Module 4 et changements apportés pendant les années du monitoring

ANNEXE 2 Liste des espèces du Module 5 et changements apportés pendant les années du monitoring

ANNEXE 3 Tableaux des résultats du Module 3 du monitoring

1 INTRODUCTION

La rive sud du lac de Neuchâtel abrite de vastes étendues de marais et de forêts alluviales formant un paysage marécageux unique en Suisse, traditionnellement reconnu sous le nom vernaculaire de « Grande Cariçaie » (Figure 1). Cette ceinture marécageuse résulte des travaux de la première correction des eaux du Jura (1ère CEJ) réalisés à la fin du 19ème siècle (1862-1893) qui ont conduit à l'abaissement d'environ 2.7 m du niveau du lac de Neuchâtel. Cet abaissement a permis l'émergence d'un large littoral sableux sur la rive sud de ce lac, littoral qui s'est rapidement végétalisé (https://fr.wikipedia.org/wiki/Correction_des_eaux_du_Jura).

Figure 1 : Entre lac et arrière-pays agricole, un secteur de la Grande Cariçaie dans la région de Gletterens (FR) (© Paysagestion).

Couvrant plusieurs milliers d'hectares et abritant une diversité élevée de milieux naturels et d'espèces rares et menacés au niveau national (Figure 2), ces surfaces ont d'abord été inscrites dans plusieurs inventaires d'objets naturels d'importance nationale et internationale au cours des années 1980 et 1990 puis instituées, pour la majorité d'entre-elles, en réserves naturelles en 2001 et 2002 (Département de la sécurité et de l'environnement, Canton de Vaud, 2001, 2002; Etat de Fribourg, 2002), exceptée la zone naturelle du Bois des Vernes (Figure 3). Elles sont gérées par l'Association de la Grande Cariçaie (AGC), structure créée en 2010 et réunissant les partenaires responsables de leur conservation (https://grande-caricaie.ch/fr/accueil/).

Soumises notamment à divers phénomènes naturels susceptibles de menacer leur intégrité (érosion, enforestation), ces surfaces ont fait l'objet, dès la fin des années 1970, de mesures de gestion conservatoire elles-mêmes accompagnées, depuis le début de leur application, par diverses actions de cartographie, d'inventaire, de suivi scientifique et de monitoring. Ces actions devaient permettre aux gestionnaires de mieux connaître le site qu'ils avaient l'ambition de

conserver, de fixer des objectifs en matière de conservation de la nature, de planifier les mesures d'entretien visant à concrétiser ces mesures et d'évaluer leur efficience en regard des objectifs fixés.

Figure 2 : Milieux naturels et espèces rares et menacés au niveau national. En haut à gauche : Prairie à choin (Réserve naturelle de Cudrefin, 2016) ; en haut à droite : Orchis des marais (Orchis palustris Jacq.) (Réserve naturelle des Grèves de la Corbière, 2020). En bas à gauche : Etang à nymphea (Réserve naturelle de des Grèves d'Ostende, 2017); en bas à droite : Utriculaire commune (Utricularia vulgaris L.) (Réserve de Cheyres, 2015). (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

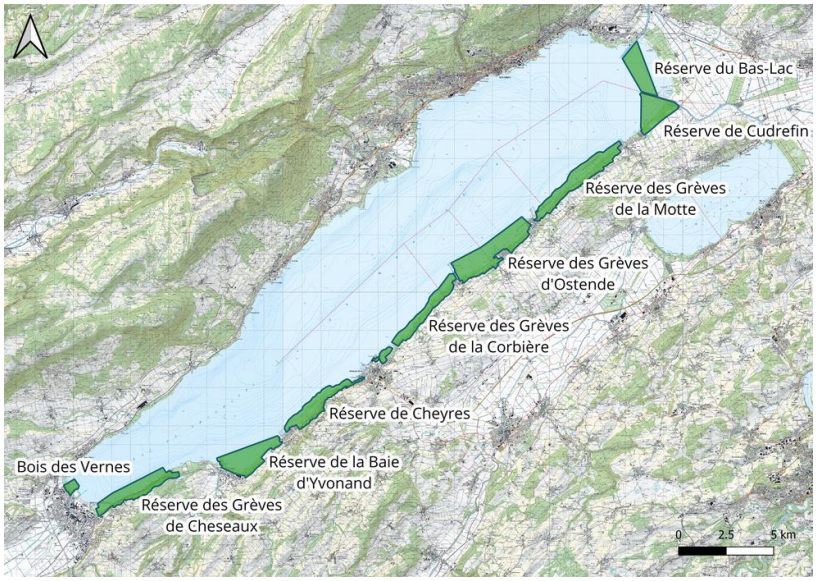


Figure 3 : Carte des Réserves naturelles de la Grande Cariçaie instituées en 2001 et 2002, à l'exception de la zone naturelle du Bois des Vernes (fond de carte : Swisstopo).

Pour le domaine de la flore et de la végétation, ces actions se sont d'abord traduites par l'établissement d'une première carte de végétation établie en 1977 (Figure 4). Celle-ci a servi de support à la parcellisation des surfaces à entretenir, à la distribution spatiale des mesures d'entretien qui devaient leur être appliquées (fauchage estival ou hivernal, débroussaillage, décapage) et à leur planification (rythme d'application, financement). Dès 1983, marquant le début de l'application de la principale mesure d'entretien envisagée pour la conservation des marais non-boisés (fauchage hivernal), un système de placettes permanentes a été implanté servant au suivi scientifique des effets de cette mesure sur la flore et la végétation (Figure 5) (Le Nédic, 2001).

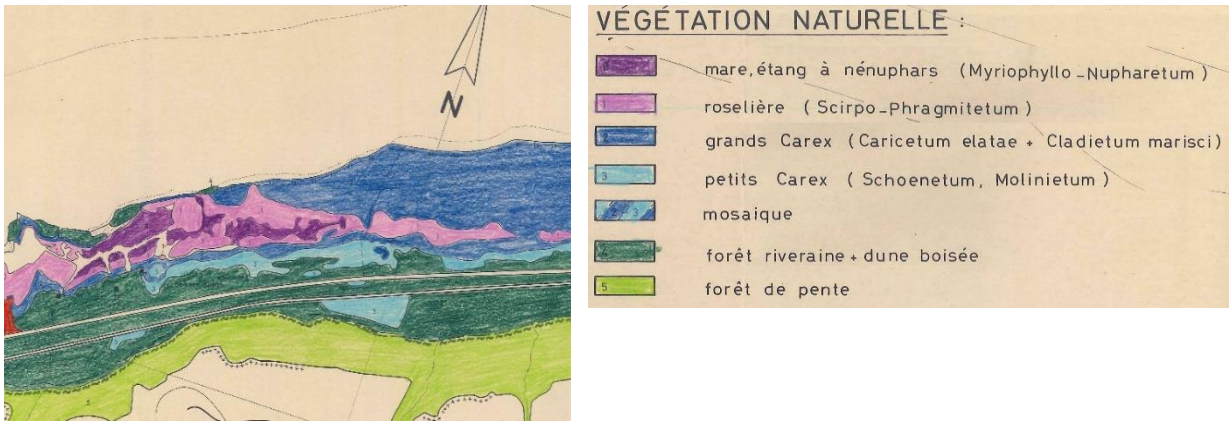


Figure 4 : À gauche : extrait de la première carte de la végétation des milieux naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel (1977). À droite : légende de la carte.

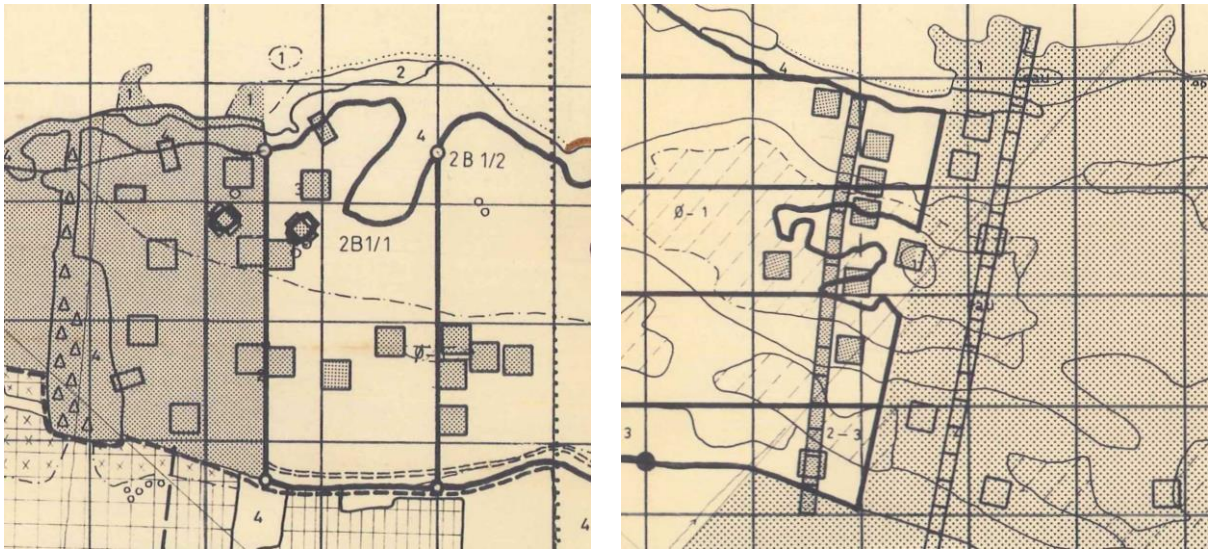


Figure 5 : Système de placettes permanentes et de transects (polygones grisés) mis en place dès 1983 en zones-témoin non-entretenues (surfaces grisées) et en zone entretenue. À gauche : Réserve naturelle de Cheyres ; à droite : Réserve naturelle des Grèves d'Ostende.

Au fil du temps, et sans vouloir en établir ici une liste exhaustive, de nombreuses actions sont venues compléter ce dispositif initial. Cartographies, inventaires, suivis scientifiques et monitorings ont ainsi été appliqués, tant au niveau des milieux naturels (Figures 6 et 7) que des espèces (Figure 8).

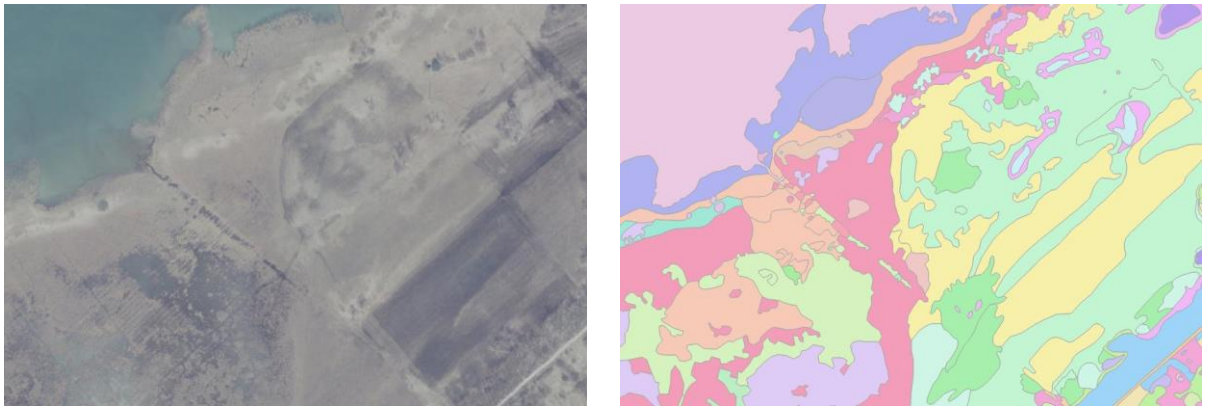


Figure 6 : À gauche : photo aérienne datée 1994 ; à droite : carte de la végétation correspondante (Réserve naturelle des Grèves d'Ostende) (Clerc, 2002).

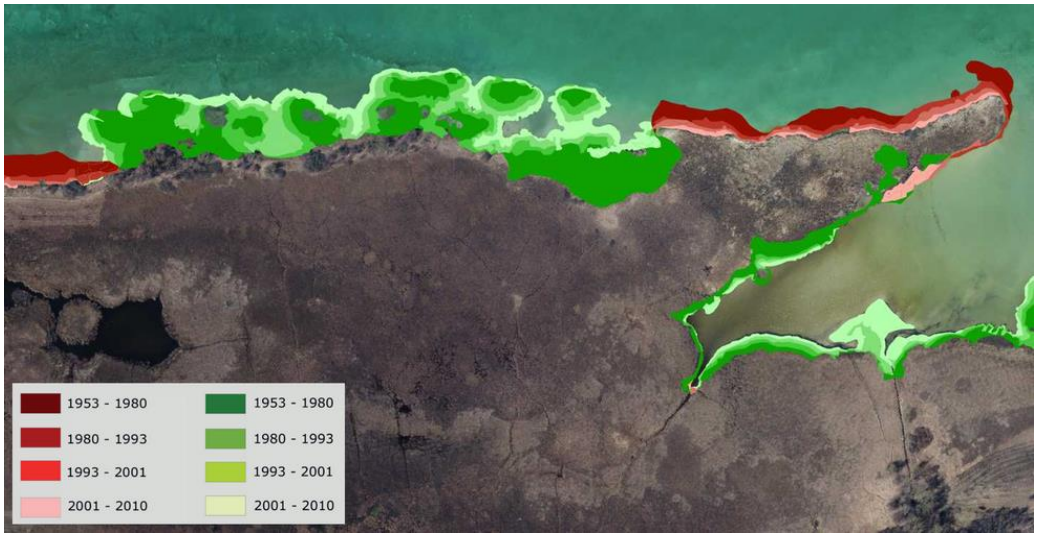


Figure 7 : Caractérisation du mouvement de la ligne de rive obtenu par comparaison de cartes de la végétation réalisées entre 1953 et 2011. En nuances de rouge/vert : régression/progression continue de la ligne de rive selon les phases de la période (Réserve naturelle des Grèves d'Ostende) (Romanens, Clerc, & Vittoz, 2016).

Figure 8 : À gauche : inventaire des stations de Morène (Hydrocharis morsus-ranae L.) réalisé en 2000 (Réserve naturelle de Cheyres) (Sager, 2002). À droite : inventaire des stations de Solidage géant (Solidago gigantea Aiton) en jaune et des stations de Robinier (Robinia pseudoacacia L.) en rouge (Réserve naturelle des Grèves de Cheseaux) (Clerc & Fleury, 2004).

Face à la multiplication de ces actions relatives à la flore et à la végétation, mais aussi plus largement aux nombreux domaines de connaissance qu'implique la gestion conservatoire d'un site naturel (faune, pédologie, hydrologie etc.), les gestionnaires établissaient un bilan général de leurs résultats en 1994 et proposaient un programme structuré des suivis scientifiques et des monitorings à mener pour couvrir leurs besoins (Le Nédic, 1994).

À l'aube des années 2010, plusieurs évènements concomitants obligeaient cependant l'AGC à se pencher à nouveau sur cette thématique. Le plus important d'entre eux fut la publication, en février 2015, d'un nouveau plan de gestion des zones naturelles qui leur ont été confiées (Association de la Grande Cariçaie, 2015). Ce plan, qui couvre la période 2012-2023, présente notamment une synthèse des connaissances biologiques du site, accumulées depuis les années 1980. En matière de flore et de végétation, il met en évidence la grande hétérogénéité spatio-temporelle des actions de connaissance menées jusqu'alors, conduisant à la difficulté d'en interpréter clairement les résultats, et propose une mise à jour complète du système de suivis scientifiques et de monitorings à appliquer. La nécessité de cette mise à jour est aussi motivée par l'apparition de technologies susceptibles d'optimiser les méthodes de monitoring à mettre en place (GPS, SIG). A ces progrès techniques s'ajoute encore l'identification de certaines cibles que doit désormais légitimement viser le système souhaité. D'une part l'OFEV a publié une première liste d'espèces prioritaires au niveau national en 2011 (OFEV, 2011), liste qui sera réactualisée en 2019 et accompagnée d'une liste des milieux naturels prioritaires au niveau national (OFEV, 2019). D'autre part ce même service a publié, en 2013, une première liste noire des néophytes envahissantes en Suisse (https://www.infoflora.ch/fr/neophytes.html).

Le nouveau système de suivis scientifiques et monitorings proposé par le plan de gestion publié en février 2015 (actuellement en révision) s'appuie sur la reconduite régulière de la cartographie de la végétation des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie ainsi que sur la réalisation d'une première étape de monitoring de la flore et de la végétation visant à couvrir, pour l'essentiel, l'ensemble des marais non-boisés de ce périmètre. La méthode retenue pour cette première étape est caractérisée par :

- le découpage complet des marais non-boisés des réserves naturelles en mailles régulières ;
- l'application, sur ces mailles, de modules particuliers dédiés au relevé de divers descripteurs de la flore et de la végétation (recouvrement des strates de végétation et des espèce dominantes, présence-absence et dénombrement des populations d'espèces prioritaires et de néophytes envahissantes, relevés de la biodiversité végétale).

Les modules de ce monitoring visent à alimenter deux domaines principaux développés par le plan de gestion, soit celui de la « Connaissance » et celui de l' « Entretien ». Pour le domaine de la « Connaissance », les modules doivent permettre de rendre compte régulièrement de l'état de la flore et de la végétation du périmètre des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. Pour le domaine de l' « Entretien », les modules doivent permettre d'évaluer régulièrement l'efficience des mesures d'entretien relativement aux objectifs conservatoires définis par le plan.

Après une première année de test de la méthode en 2013 et la validation de ses principes par la Commission scientifique de l'AGC en 2014, cette méthode a été appliquée, de 2014 à 2021, à l'ensemble des marais non-boisés des réserves naturelles de la Grande Cariçaie et, en partie, aux surfaces lacustres et forestières de ces réserves. Ce rapport rend compte des résultats obtenus au terme de cette première étape qui aura duré 8 ans et engagé une importante force de travail.

Après un bref rappel des méthodes utilisées et la présentation du détail des résultats obtenus, il évalue, dans sa partie consacrée à la discussion, la qualité de réponse que ces résultats apportent aux objectifs définis par le plan de gestion pour les domaines de la « Connaissance » et de l' « Entretien ». Finalement, dans sa conclusion et ses perspectives, ce rapport livre quelques pistes quant au développement futur du monitoring de la flore et de la végétation des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

2 MÉTHODES

La méthode du monitoring de la flore et de la végétation que propose le Plan de gestion 2012-2023 a été testée en 2013, validée par la Commission scientifique de l'AGC en 2014 puis appliquée entre 2014 et 2021. Les six modules qui la composent, détaillés dans un guide méthodologique (Clerc, in prep), sont brièvement résumés dans la section 2.1. Ces modules ont été appliqués sur un réseau de mailles de 50x50 mètres calé sur le système des coordonnées nationales dont le détail de la distribution spatiale est décrit dans la section 2.2.

2.1 MODULES APPLIQUÉS

Les six modules constituant le nouveau système de monitoring de la flore et de la végétation doivent permettre de suivre l'évolution de la couverture du sol (Module 1), de la présence d'éléments bâtis (Module 2), du recouvrement des espèces dominantes (Module 3), de la présence et de l'importance des populations d'espèces végétales prioritaires au niveau national (Modules 4a et 4b) et de néophytes envahissantes de la liste noire nationale (Modules 5a et 5b) ainsi que de la biodiversité végétale (Module 6).

2.1.1 Module 1 : Monitoring de la couverture du sol

Ce module vise à caractériser, dans la maille prospectée, le recouvrement de strates telles que la strate des eaux libres, de la végétation herbacée et des ligneux (Tableau 1). Les recouvrements de ces strates sont estimés en utilisant des classes de valeurs (Tableau 2). Ce module n'a été appliqué qu'une seule fois durant la période 2014-2021.

Tableau 1 : Liste des cibles du Module 1 : Monitoring de la couverture du sol.

Cible
sol avec végétation
sol avec végétation émergente
sol avec végétation émergente herbacée
sol avec végétation émergente herbacée hélophytique
sol avec végétation émergente herbacée non-hélophytique
sol avec végétation émergente ligneuse
sol avec végétation émergente ligneuse arborescente
sol avec végétation émergente ligneuse arbustive
sol avec végétation non-émergente
sol avec végétation non-émergente flottante
sol avec végétation non-émergente submergée
sol sans végétation
sol sans végétation émergent
sol sans végétation non-émergent
sol avec bâti
sol avec bâti émergent
sol avec bâti non-émergent

Tableau 2 : Liste des valeurs, des classes de valeur et des classes de surface correspondantes pour le Module 1 : Monitoring de la couverture du sol.

Valeur	Classe de valeur	Classe de surface (m^2)
1	recouvrement inférieur à 1%	<1-25
2	recouvrement compris entre 1 et 5%	25-125
3	recouvrement compris entre 5 et 25%	125-625
4	recouvrement compris entre 25 et 50%	625-1250
5	recouvrement compris entre 50 et 75%	1250-1875
6	recouvrement compris entre 75 et 100%	1875-2500

2.1.2 Module 2 : Monitoring des éléments bâtis

Ce module vise à compléter le Module 1 en relevant, en présence/absence, les éléments bâtis présents dans la maille prospectée et figurant dans une liste fermée d'éléments (Tableau 3). Tout élément résultant de l'introduction et de la mise en forme de matériaux allogènes tel que voie de communication, bâtiment ou encore ouvrage de protection contre l'érosion est considéré comme élément bâti. Ce module n'a été appliqué qu'une seule fois durant la période 2014-2021.

Tableau 3 : Liste des cibles du Module 2 : Monitoring des éléments bâtis.

Cible
place, chemin ou route goudronné ou bétonné
place, chemin ou route gravillonné ou caillouteux
voie CFF
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type enrochements
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type palissade de pieux
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type mur de soutènement en béton
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type gabbions
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type récif en béton
ouvrage de protection contre l'érosion des rives de type composite
pont, ponton de cheminement ou platelage
ponton d'amarrage ou de baignade
slip de mise à l'eau
bâtiment
autre élément bâti

2.1.3 Module 3 : Monitoring des espèces végétales dominantes

Ce module vise à caractériser le recouvrement des espèces végétales dominantes, soit celles dont le recouvrement dépasse 5%, présentes dans la maille prospectée. Le recouvrement de chacune des espèces dominantes est estimé en utilisant des classes de valeurs (Tableau 4). Ce module n'a été appliqué qu'une seule fois et partiellement relativement au programme des mailles à relever initialement prévu, la Commission scientifique de l'AGC ayant exprimé, en 2014, des doutes quant à sa pertinence et son applicabilité.

Tableau 4 : Liste des valeurs et de la définition des classes de valeur pour le Module 3 : Monitoring des espèces dominantes de la flore. Pour chaque classe de valeur la classe de surface correspondante pour une maille de 50x50m (2500 m^2) est également indiquée.

Valeur	Classe de valeur	Classe de surface (m^2)
1	recouvrement compris entre 5 et 25%	125-625
2	recouvrement compris entre 25 et 50%	625-1250
3	recouvrement compris entre 50 et 75%	1250-1875
4	recouvrement compris entre 75 et 100%	1875-2500

2.1.4 Module 4 : Monitoring des espèces végétales prioritaires

Le Module 4 est divisé en deux sous-modules, appelés respectivement Module 4a et Module 4b. Les espèces visées par ce module ont été sélectionnées et classées dans ces deux sous-modules selon une procédure en plusieurs étapes expliquée en détail dans le Plan de gestion 2012-2023 (Association de la Grande Cariçaie, 2015) actuellement en révision et dans le guide méthodologique (Clerc, in prep). Des agrégats reconnus par Infoflora ou définis par l'AGC ont été retenus pour quelques taxons dont l'identification à l'espèce est reconnue problématique (p.ex.

les Utriculaires). Certains agrégats (*Myosotis scorpioides* aggr., *Potamogeton pusillus* aggr., *Potamogeton x angustifolius* aggr., *Rorippa x anceps* aggr.) comprenant des taxons qui ne sont pas tous prioritaires au niveau national, leurs observations ne pourront donc être considérées comme des présences effectives des taxons prioritaires qu'ils recouvrent. Le Module 4a vise les espèces classées en priorité élevée au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie alors que le Module 4b vise les espèces classées en priorité faible au niveau de ce périmètre. Ce module a été appliqué deux fois durant la période 2014-2021, un test réalisé en 2018 ayant montré le bénéfice que pouvait présenter une repasse décalée dans le temps pour détecter les espèces à détectabilité saisonnièrement très réduite, comme par exemple l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.) facilement détectable au mois de juin et déliquescent dès la fin juillet. Les modifications intervenues en cours de monitoring sur la composition des listes d'espèces n'ont cependant pas permis de garantir ces deux passages pour chaque espèce selon chaque sous-module. Ces modifications sont notamment survenues suite à la mise à jour, par l'OFEV en 2017, de la liste des espèces prioritaires au niveau national. Des espèces ont ainsi été ajoutées aux listes des modules (p.ex. l'Eléocharis à une écaille (*Eleocharis uniglumis* (Link) Schult.) ou la Laîche à utricules velus (*Carex lasiocarpa* Ehrh.)), d'autres ont été conservées dans leur module respectif alors qu'elles ne figurent plus dans la liste de l'OFEV 2017 (p.ex. la Laîche des bosquets (*Carex otrubae* Podp.) ou la Naïade marine (*Najas marina* L.)) et d'autres encore ont été promues du Module 4b au Module 4a (p. ex. l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber) et l'Hottonie des marais (*Hottonia palustris* L.). L'évolution des listes des espèces et de leur attribution à chacun des Modules 4a et 4b est consultable dans l'Annexe 1.

Module 4a : Monitoring des espèces végétales de priorité élevée au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Le Module 4a vise à estimer, dans la maille prospectée, les populations des 20 espèces végétales de priorité élevée au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie (Tableau 5). L'importance des populations est estimée selon des valeurs correspondant à des classes de dénombrement logarithmiques (Tableau 6). Les dénombrements ont pour cible les « émergences feuillées » des espèces, indépendamment d'une quelconque fertilité de ces émergences. Ces émergences peuvent être les tiges feuillées produites par une plante rhizomique (p.ex. l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber)) ou non-rhizomique (p.ex. l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.)) ou encore les touffes produites par une plante stolonifère (p.ex. la Morène (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) ou non-stolonifère (p.ex. la Pulmonaire de Suissse (*Pulmonaria helvetica* Bolliger)).

Tableau 5 : Liste des espèces sélectionnées pour le Module 4a : Monitoring des espèces de priorité élevée au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Taxon	
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	*Littorella uniflora* (L.) Asch.
Bolboschoenus maritimus aggr.	*Orchis palustris* Jacq.
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	*Potamogeton coloratus* Hornem.
Cardamine dentata Schult.	Pulmonaria helvetica Bolliger
Carex buxbaumii Wahlenb.	*Ranunculus reptans* L.
Euphorbia palustris L.	*Sparganium natans* L.
Hottonia palustris L.	*Utricularia intermedia* aggr.
Hydrocharis morsus-ranae L.	*Utricularia vulgaris* aggr.
Inula helvetica Weber	*Veronica catenata* Pennell
Lathyrus palustris L.	*Viola persicifolia* auct.

Tableau 6 : Liste des valeurs et de la définition des classes de valeur pour le Module 4a : Monitoring des espèces de priorité élevée au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Valeur	Classe de valeur
1	1 à 9 émergences feuillées
2	10 à 99 émergences feuillées
3	100 à 999 émergences feuillées
4	1000 à 9999 émergences feuillées
5	10000 à 99999 émergences feuillées

Module 4b : Monitoring des espèces végétales de priorité faible au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Le Module 4b vise à estimer, dans la maille prospectée, la présence/absence des 47 espèces végétales de priorité faible au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie (Tableau 7). La Pimprenelle officinale (*Sanguisorba officinalis* L.), seule espèce qui ne figure pas dans la liste des espèces prioritaires au niveau national, a été retenue dans ce module en raison de son implication dans le cycle de vie de l'Azuré des paluds (*Phengaris nausithus*), lépidoptère prioritaire au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Tableau 7 : Liste des espèces sélectionnées pour le Module 4b : Monitoring des espèces de priorité faible au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Taxon	
Achillea ptarmica L.	*Ophrys apifera* Huds.
Butomus umbellatus L.	*Ophrys holosericea* (Burm. f.) Greuter
Carex lasiocarpa Ehrh.	*Ophrys insectifera* L.
Carex otrubae Podp.	*Potamogeton gramineus* L.
Carex pseudocyperus L.	*Potamogeton nodosus* Poir.
Carex riparia Curtis	*Potamogeton pusillus* aggr.
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	*Potamogeton x angustifolius* aggr.
Ceratophyllum demersum L.	*Ranunculus circinatus* Sibth.
Cyperus flavescens L.	*Ranunculus lingua* L.
Cyperus fuscus L.	*Ranunculus sceleratus* L.
Cypripedium calceolus L.	*Rorippa amphibia* (L.) Besser
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult.	*Rorippa x anceps* aggr.
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	*Rumex hydrolapathum* Huds.
Gentiana pneumonanthe L.	*Sanguisorba officinalis* L.
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	*Schoenoplectus tabernaemontani* (C. C. Gmel.)
Gnaphalium luteoalbum L.	*Sparganium emersum* Rehmann
Hydrocotyle vulgaris L.	*Sparganium erectum* L.
Iris sibirica L.	*Spiranthes aestivalis* (Poir.) Rich.
Isolepis setacea (L.) R. Br.	*Thalictrum flavum* L.
Liparis loeselii (L.) Rich.	*Thelypteris palustris* Schott
Myosotis scorpioides aggr.	*Trifolium fragiferum* L.
Najas marina L.	*Utricularia minor* L.
Odontites vulgaris Moench	*Zannichellia palustris* L.
Ophioglossum vulgatum L.	

2.1.5 Module 5 : Monitoring des néophytes envahissantes

Le Module 5 est divisé en deux sous-modules, appelés respectivement Module 5a et Module 5b. Le Module 5a vise les néophytes jugées à envahissement élevé au niveau de la Grande Cariçaie, alors que le Module 5b vise les néophytes jugées à envahissement faible. Ce module a été appliqué deux fois durant la période 2014-2021, pour les mêmes raisons que celles évoquées pour le Module 4. Les modifications intervenues en cours de monitoring sur la composition des listes d'espèces n'ont cependant pas permis de garantir ces deux passages pour chaque espèce

du Module 5b, la liste des espèces de ce sous-module correspondant d'abord à la liste noire complète des néophytes envahissantes de Suisse pour ensuite être réduite, à l'image de la sélection établie pour les espèces prioritaires, à celles présentes dans les zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. Certaines espèces ont ainsi été retirées de la liste entre les deux passages en raison de leur absence des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie (p.ex. le Merisier tardif (*Prunus serotina* Ehrh.) ou l'Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisifolia* L.)) et d'autres ont été rajoutées dans la liste (p.ex. le Bunias d'Orient (*Bunias orientalis* L.) ou la Vergerette annuelle (*Erigeron annuus* (L.) Desf.)), leur présence dans le périmètre à prospecter ayant été confirmée. L'évolution de la liste des espèces du Module 5b est consultable dans l'Annexe 2.

Module 5a : Monitoring des néophytes envahissantes à envahissement élevé au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Le Module 5a vise à estimer, dans la maille prospectée, les populations du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), seule néophyte envahissante à envahissement élevé au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie. L'importance des populations est estimée selon des valeurs correspondant à des classes de dénombrement logarithmique (cf. Tableau 6) et ces dénombrements ont pour cible les « émergences feuillées » de l'espèce, indépendamment d'une quelconque fertilité de ces émergences.

Module 5b : Monitoring des néophytes envahissantes à envahissement faible au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Le Module 5b vise à estimer, dans la maille prospectée, la présence/absence des 13 néophytes envahissantes à envahissement faible au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie (Tableau 8).

Tableau 8 : Liste des espèces sélectionnées pour le Module 5b : Monitoring des néophytes envahissantes à envahissement faible au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Taxon	
Buddleja davidii Franch.	*Prunus laurocerasus* L.
Bunias orientalis L.	*Reynoutria japonica* Houtt.
Cyperus esculentus L.	*Rhus typhina* L.
Elodea canadensis aggr.	*Robinia pseudoacacia* L.
Erigeron annuus (L.) Desf.	*Senecio inaequidens* DC.
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	*Solidago canadensis* L.
Impatiens glandulifera Royle	

2.1.6 Module 6 : Monitoring de la biodiversité végétale

Le Module 6 vise à relever en présence/absence toutes les espèces végétales supérieures (Trachéophytes) présentes dans la maille prospectée. Ce module n'a été appliqué qu'une seule fois durant la période 2014-2021.

2.2 RÉSEAU DES MAILLES PROSPECTÉES

L'ensemble du territoire des huit réserves naturelles et de la zone naturelle du Bois des Vernes qui constituent la Grande Cariçaie a été découpé de manière régulière en un réseau de mailles de 50x50 mètres calé sur le système des coordonnées nationales. Les Modules 1, 2, 4 et 5 du monitoring ont été appliqués à toutes les mailles couvrant les surfaces considérées comme des

marais non-boisés par les cartographies de la végétation les plus récentes à disposition de l'AGC (carte 2010-2011 pour le secteur Yverdon-les-Bains – Cudrefin / carte 2013 pour la réserve naturelle du Bas-Lac / carte 2014 pour la zone naturelle du Bois des Vernes). Comme déjà signalé dans la section 2.1.3, le Module 3 n'y a été que partiellement appliqué. À l'intérieur de ce réseau de mailles, un sous-réseau régulier d'une maille sur vingt-cinq a été arbitrairement positionné, réseau sur lequel, en plus des modules déjà mentionnés, le Module 6 a été appliqué. Cette concentration d'effort sur les marais non-boisés est justifié par la priorité que l'AGC accorde à ce groupe de milieux naturels en matière de gestion conservatoire. Cependant, et dans le but de ne pas négliger les milieux naturels des surfaces lacustres et des forêts, ce sous-réseau régulier d'une maille sur vingt-cinq, sur lequel tous les modules ont été appliqués, a été prolongé au-delà des surfaces de marais non-boisé, jusqu'aux limites des réserves naturelles et de la zone naturelle du Bois des Vernes (Figure 9).

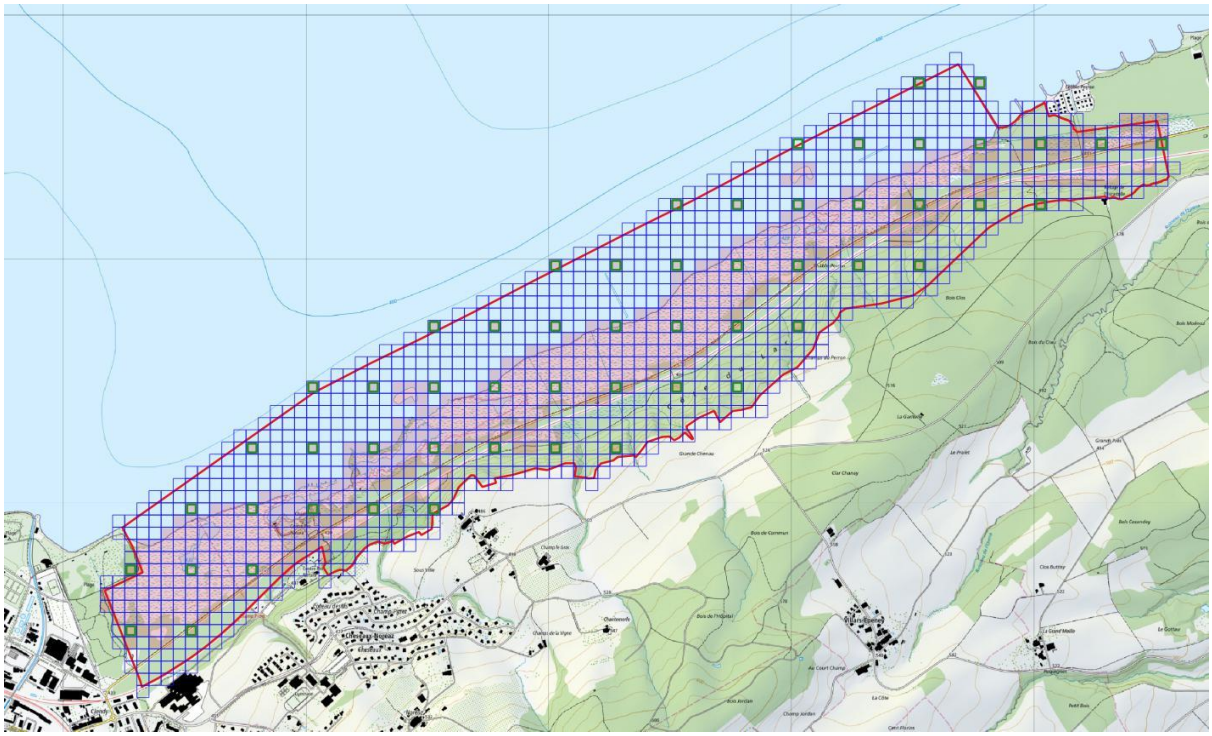


Figure 9 : Exemple du maillage établi pour l'application des modules du monitoring de la flore et de la végétation dans la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux. Les mailles ont une taille de 50x50m. Ligne rouge : limites de la réserve naturelle. En contour bleu : découpage des mailles dans la réserve naturelle. Mailles violettes : réseau des mailles couvrant les marais non-boisés de la réserve naturelle et sur lesquelles les Modules 1,2, 4 et 5 ont été appliqués. En contour vert : sous-réseau de mailles sur lesquelles, en plus des modules précités, le Module 6 a été appliqué.

2.3 TRAVAIL DE TERRAIN

Les observateurs se rendent sur le terrain, munis d'un GPS type Garmin qui permet de s'orienter en affichant une carte de végétation, le réseau des mailles numérotées ainsi qu'un triangle bleu indiquant, en continu, la position de l'observateur. Les milieux naturels présentant des conditions de prospection très différentes (p.ex. le *Cladietum* ou le *Phalaridion* se révèlent souvent difficilement pénétrables contrairement au *Molinion* ou au *Caricion davallianae*), aucune durée et aucun parcours n'ont été imposés pour la prospection des mailles. Les mailles terrestres ont été parcourues à pied et celles lacustres principalement en bateau. Pour celles-ci, une corde munie

d'un râteau à son extrémité a été utilisée pour prélever ponctuellement les espèces aquatiques que la simple observation à distance ne permettait pas d'identifier. Le numéro de maille, la date, l'observateur et les valeurs des cibles définies pour chaque module ont été relevés sur des formulaires papier. Au total, ce sont 4547 mailles couvrant 1136,75 hectares qui ont été prospectées, seule une quinzaine de mailles initialement prévues par le programme de monitoring n'ayant pu l'être, essentiellement parce qu'elles couvraient majoritairement des propriétés privées chevauchant le périmètre à prospecter ou parce qu'elles étaient situées dans des zones escarpées inatteignables (falaise).

L'ensemble du travail, de l'application des modules sur le terrain à l'implémentation des données dans les bases de données de l'AGC, a été réalisé de la mi-mai à la mi-septembre durant la période 2013-2021, par un total de 22 stagiaires placés sous la direction de Christian Clerc, collaborateur scientifique et botaniste de l'AGC. Il correspond à 103 mois d'activité (Tableau 9), ce qui équivaut à un peu plus de 8.5 années d'activité pour une personne occupée à un taux de 100%.

Tableau 9 : Bilan d'activité des observateurs ayant participé à la réalisation de la première étape du monitoring de la flore et de la végétation des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

			Module							
Observateur	**Année(s) d'activité**	**Nbre mois d'activité (taux 100%)**	**1**	**2**	**3**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6**
Arnaud Pradervand	2014	4	x	x		x	x	x	x	
Camille Bugnon	2014	4	x	x		x	x	x	x	
Marie-Amélie Girardet	2014	2	x	x		x	x	x	x	
Gesa von Hirschheydt	2015	3	x	x		x	x	x	x	
Loïc Liberati	2015	2.5	x	x		x	x	x	x	
Mélanie Beauverd	2015	4	x	x		x	x	x	x	
Pauline Guillemin	2016	5	x	x		x	x	x	x	x
Samuel Jordan	2016	4	x	x		x	x	x	x	
Valeria Bucher	2016	3.2	x	x		x	x	x	x	
Frédéric Alexandre Sandoz	2017	4	x	x		x	x	x	x	x
Jérémy Marchon	2017	4	x	x		x	x	x	x	
Sarah Beuvier	2017	2.5	x	x		x	x	x	x	x
Lauriane Dani	2018	4				x	x	x	x	x
Lila Siegfried	2019	4	x	x	x	x	x	x	x	x
Camille Rieder	2020	4				x	x	x	x	
Rahel Boss	2020	4				x	x	x	x	
Rémy Jeanloz	2020	3.6				x	x	x	x	
Sarah Belaiba	2021	4				x	x	x	x	
Silvana Manzocchi	2021	4				x	x	x	x	
Thomas Panchard	2021	4				x	x	x	x	
Vincent Guerra	2021	3.2				x	x	x	x	
Sophie Giriens	2015-2017 2019-2021	8	x	x	x	x	x	x	x	x
Christian Clerc	2013-2021	18	x	x	x	x	x	x	x	x
	Total	**103**								

2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données de terrain ont été saisies dans des formulaires Excel identiques aux formulaires de terrain pour être ensuite implémentées dans le système de gestion de bases de données PostgreSQL utilisé par l'AGC. Les traitements des données ont été réalisés soit avec le logiciel Excel, soit avec le logiciel R (version 4.1.2, R Core Team, 2021) en fonction de la complexité des

analyses souhaitées et les cartes ont été produites avec le logiciel SGI QGIS (version 3.14, QGIS Development Team, 2021). Quatre niveaux de traitement des données ont été considérés.

2.4.1 Traitement des données au niveau des groupes de milieux naturels

Les mailles prospectées et leurs données ont été attribuées aux trois principaux groupes de milieux naturels composant les zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie, soit les milieux naturels lacustres, désignés « Lac », les milieux naturels des marais non-boisés, désignés « Marais », et les milieux naturels forestiers, désignés « Forêt ». L'attribution des mailles a été effectuée en les croisant avec les cartes de végétation les plus récentes réalisées par l'AGC (carte 2010-2011 pour le secteur Yverdon-les-Bains – Cudrefin / carte 2013 pour la réserve naturelle du Bas-Lac / carte 2014 pour la zone naturelle du Bois des Vernes). Chaque maille s'est vue attribuer le groupe de milieux naturels surfaciquement le plus représenté dans la maille. Les mailles non dominées par l'un de ces trois groupes, peu nombreuses, ont été désignées par « Autre ». Il s'agit de mailles dominées par des milieux anthropiques (voies de communication, cultures, zones d'habitat) qui, pour la plupart et de par leur état de propriété, échappent aux champs de compétence de l'AGC. Au vu du faible nombre de mailles attribuées à ce groupe, ses données n'ont pas été traitées au titre de groupe de milieux naturels particulier.

Les mailles de chacun des trois groupes de milieux naturels ont ensuite été traitées selon trois échelles territoriales :

- Echelle globale : A cette échelle, toutes les mailles attribuées aux 3 groupes de milieux naturels ont été traitées.
- Echelle cantonale : Les mailles prospectées ont été attribuées au canton dans lequel elles s'inscrivaient complètement ou, en cas de chevauchement sur deux cantons, à celui de plus grande surface de chevauchement. Sept mailles chevauchant les territoires bernois et neuchâtelois, mais majoritairement le territoire bernois, ont été attribuées au canton de Neuchâtel.
- Echelle des réserves naturelles : Les mailles prospectées ont été attribuées à la zone ou réserve naturelle dans laquelle elles s'inscrivaient complètement ou partiellement, aucun chevauchement de mailles entre réserves naturelles différentes n'étant constaté. Les sept mailles chevauchant les territoires bernois et neuchâtelois , mais majoritairement le territoire bernois, ont été attribuées à la réserve naturelle du Bas-Lac. La zone naturelle du Bois des Vernes, presque complètement dépourvue de marais non-boisés et qui n'est représentée que par quatre mailles, n'a pas été traitée à cette échelle. Ces mailles ont cependant été retenues aux deux échelles décrites précédemment. Les modifications des périmètres des réserves naturelles intervenues en cours de monitoring, certes légères, ont cependant conduit, par des retraits localisés de ces périmètres, à l'expulsion de cinq mailles hors des réserves naturelles dont trois sont attribuées aux trois groupes de milieux naturels considérés. Ces mailles ont cependant été traitées aux deux échelles décrites précédemment. Les mailles couvrant le canton de Neuchâtel correspondant à celles de la réserve naturelle du Bas-Lac, leurs résultats ont été confondus dans une même colonne dans les tableaux présentés dans ce rapport. Pour ce même canton et cette même réserve naturelle, les milieux naturels forestiers ne couvrant majoritairement qu'une seule maille, leurs résultats n'ont pas été retenus dans les tableaux consacrés au groupe de milieux naturels « Forêt ».

Le Tableau 10 récapitule la répartition des mailles considérées pour ce traitement et la Figure 10 donne un exemple de la répartition spatiale de ces mailles pour une réserve naturelle. Les résultats de ce niveau de traitement sont présentés dans les sections 3.1 à 3.6 du rapport.

Tableau 10 : Attribution des mailles selon les modules, les échelles de traitement et les groupes de milieux naturels. En vert : mailles traitées. En rouge : mailles non-traitées.

Modules 1/2/4/5						
Echelle		**Nombre de mailles**				
		Lac	**Marais**	**Forêt**	**Autre**	**Total**
Globale		718	2756	986	87	4460
Canton	Fribourg	310	1061	437	51	1808
	Neuchâtel (Bas-Lac)	71	49	1	2	121
	Vaud	337	1646	548	34	2531
Réserve naturelle	Bois des Vernes	2	0	2	0	4
	Grèves de Cheseaux	86	303	148	10	537
	Baie d'Yvonand	91	167	65	7	323
	Cheyres	96	311	176	14	585
	Grèves de la Corbière	116	257	194	21	567
	Grèves d'Ostende	117	840	144	15	1101
	Grèves de la Motte	98	581	206	12	885
	Cudrefin	38	248	50	4	336
	Hors réserves naturelles	3	0	0	2	5

Module 6						
Echelle		**Nombre de mailles**				
		Lac	**Marais**	**Forêt**	**Autre**	**Total**
Globale		185	111	113	20	409
Canton	Fribourg	62	42	35	10	139
	Neuchâtel (Bas-Lac)	37	2	0	0	39
	Vaud	86	67	78	10	231
Réserve naturelle	Bois des Vernes	2	0	2	0	4
	Grèves de Cheseaux	21	10	20	1	51
	Baie d'Yvonand	33	7	14	0	54
	Cheyres	15	12	13	5	40
	Grèves de la Corbière	16	12	16	4	44
	Grèves d'Ostende	33	31	16	4	80
	Grèves de la Motte	17	23	21	2	61
	Cudrefin	9	14	11	4	34
	Hors réserves naturelles	2	0	0	0	2

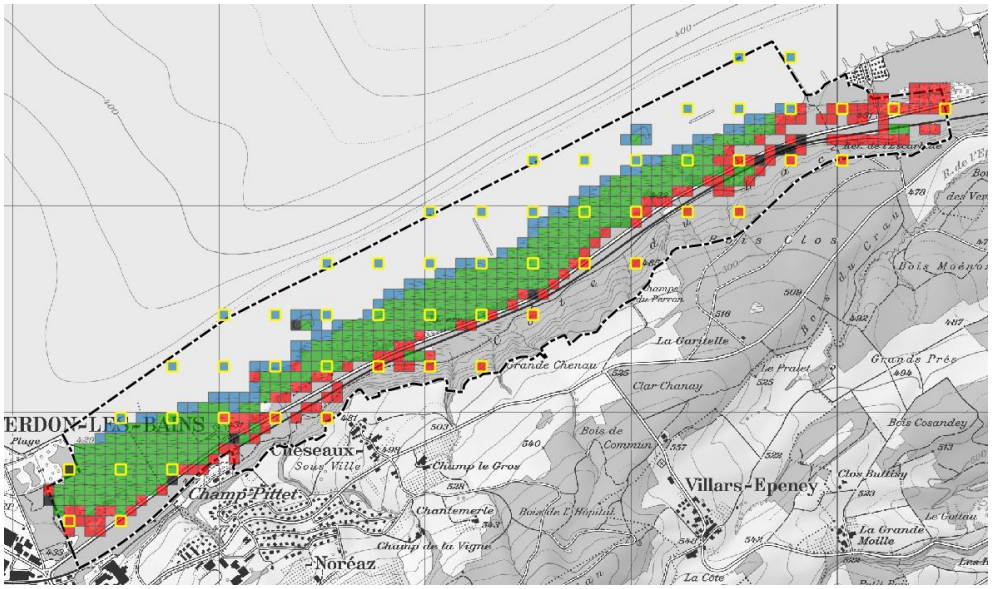


Figure 10 : Attribution des mailles prospectées selon les modules et les trois groupes de milieux naturels pour la réserve des Grèves de Cheseaux. Mailles des Modules 1,2,4 et 5 attribuées : en bleu au groupe de milieux naturels « Lac », en vert au groupe de milieux naturels « Marais », en rouge au groupe de milieux naturels « Forêt », en noir au groupe de milieux naturels « Autre ». Cerclées de jaune : mailles du Module 6.

2.4.2 Traitement des données au niveau des milieux naturels

Les mailles prospectées et leurs données du Module 4 ont été attribuées aux sept principaux milieux naturels marécageux non-boisés composant les réserves naturelles de la Grande Cariçaie, soit le *Molinion*, le *Caricion davallianae*, le *Cladietum*, le *Magnocaricion* (sine Cladietum), le *Phalaridion*, le *Phragmition* et le *Nymphaeion*. Cette attribution vise à évaluer l'affinité des espèces prioritaires inventoriées pour ces différents milieux naturels. L'attribution des mailles a été effectuée, comme pour l'attribution des mailles aux groupes de milieux naturels, en croisant ces mailles avec les cartes de végétation les plus récentes réalisées par l'AGC (carte 2010-2011 pour le secteur Yverdon-les-Bains – Cudrefin / carte 2013 pour la réserve naturelle du Bas-Lac / carte 2014 pour le secteur du Bois des Vernes). Chaque maille s'est vue attribuer le milieu naturel surfaciquement le plus représenté dans la maille. Les mailles non dominées par l'un des sept milieux naturels considérés n'ont pas été retenues, soit parce qu'elles sont caractérisées phytosociologiquement mais trop peu nombreuses (p.ex. les mailles dominées par le *Glycerio-Sparganion*) ou parce qu'elles sont dominées par un milieu naturel indéterminé par les cartes utilisées (p.ex. Rivages et lieux humides à végétation différente) ou encore parce qu'elles sont dominées par des surfaces à faible végétalisation (p.ex. Etang non-végétalisé).

Le Tableau 11 récapitule la répartition des mailles considérées pour ce traitement et la Figure 11 donne un exemple de la répartition spatiale de ces mailles pour une réserve naturelle. Les résultats de ce traitement sont présentés en fin de section 3.4.2 du rapport.

Tableau 11 : Attribution des mailles selon les milieux naturels composant le groupe des milieux naturels « Marais ». En vert : mailles traitées. En rouge : mailles non-traitées.

Module 4	
Milieu naturel	**Nombre de mailles**
Molinion	95
Caricion davallianae	403
Cladietum	408
Magnocaricion (sine Cladietum)	898
Phalaridion	491
Phragmition	375
Nymphaeion	13
Glycerio-Sparganion	1
Charion	6
Lemnion	4
Rivages et lieux humides à végétation différente	53
Etang non végétalisé	4
Fossé de drainage	4
Sable terre ou limon	1

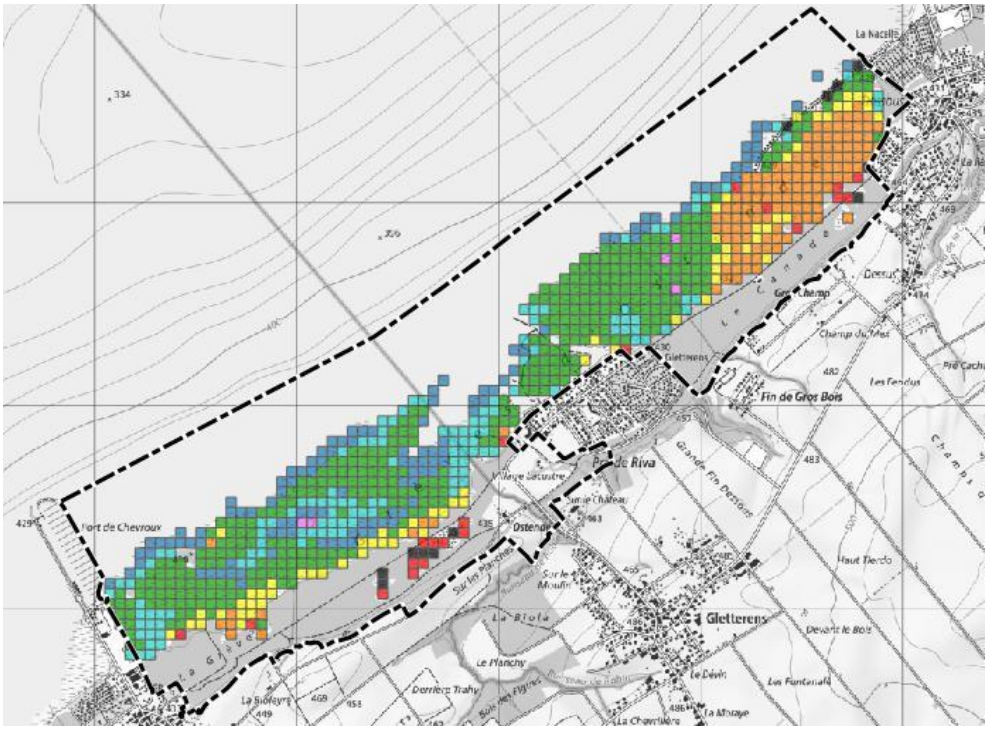


Figure 11 : Attribution des mailles prospectées aux milieux naturels composant le groupe de milieux naturels « Marais » pour la réserve des Grèves d'Ostende. Mailles attribuées : en rouge au Molinion, en orange au Caricion davallianae, en jaune au Cladietum, en vert au Magnocaricion (sine Cladietum), en bleu clair au Phalaridion, en bleu foncé au Phragmition, en rose au Nymphaeion, en noir aux divers autres milieux naturels.

2.4.3 Traitement des données au niveau des périmètres composant les échelles territoriales

Les mailles prospectées et leurs données relatives aux espèces prioritaires et aux néophytes envahissantes ont été attribuées aux divers périmètres composant les échelles territoriales globale, cantonale et des réserves naturelles, indépendamment de leur appartenance à un quelconque groupe de milieux naturels. L'attribution des mailles a été réalisée selon la procédure présentée dans la section 2.4.1 du rapport.

Le Tableau 12 récapitule la répartition des mailles considérées pour ce traitement et la Figure 12 donne un exemple de la répartition spatiale de ces mailles pour une réserve naturelle. Les résultats de ce traitement sont présentés dans la section 3.7 du rapport.

Tableau 12 : Attribution des mailles selon les modules et les périmètres territoriaux. En vert : mailles traitées. En rouge : mailles non-traitées.

Modules 4/5		
Echelle		**Nombre de mailles**
Globale		4547
Canton	Fribourg	1859
	Neuchâtel (Bas-Lac)	123
	Vaud	2565
Réserve naturelle	Bois des Vernes	4
	Grèves de Cheseaux	547
	Baie d'Yvonand	330
	Cheyres	597
	Grèves de la Corbière	588
	Grèves d'Ostende	1116
	Grèves de la Motte	897
	Cudrefin	340
	Hors réserves naturelles	5

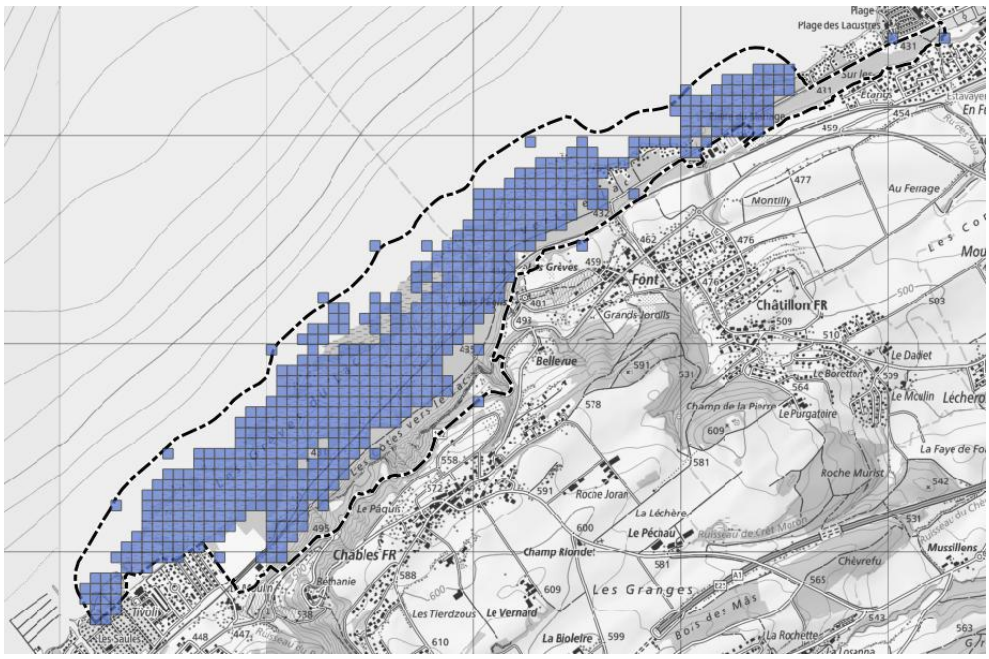


Figure 12 : Attribution des mailles prospectées au périmètre de la réserve de Cheyres.

2.4.4 Traitement des données au niveau de la dualité « surfaces entretenues – surfaces non-entretenues »

Les données des mailles prospectées relatives aux espèces prioritaires pour les principaux milieux naturels des marais non-boisés ont été attribuées aux surfaces entretenues ou non-entretenues dans les réserves naturelles. L'attribution des mailles a été effectuée en croisant ces mailles avec l'enveloppe des surfaces entretenues, quel que soit le type d'entretien appliqué (fauchage, décapage, broyage, débroussaillage), ou non-entretenues depuis l'année 1983. Chaque maille s'est vue attribuer le statut « entretenu » ou « non-entretenu » surfaciquement le plus représenté dans la maille.

Le Tableau 13 récapitule la répartition des mailles considérées pour ce traitement et la Figure 13 donne un exemple de la répartition spatiale de ces mailles pour une réserve naturelle. Les résultats de ce traitement sont présentés en fin de section 4.2.1 du rapport.

Tableau 13 : Répartition des mailles selon les milieux naturels composant le groupe des milieux naturels « Marais » et le statut « Entretenues » ou « Non-entretenues » des mailles des milieux naturels. En vert : mailles traitées. En rouge : mailles non-traitées.

Module 4		
Milieu naturel	**Nombre de mailles**	
	Entretenues	**Non-entretenues**
Molinion	90	5
Caricion davallianae	392	11
Cladietum	370	38
Magnocaricion (sine Cladietum)	759	139
Phalaridion	271	220
Phragmition	61	314
Nymphaeion	6	7
Glycerio-Sparganion	1	0
Charion	6	0
Lemnion	4	0
Rivages et lieux humides à végétation différente	43	10
Etang non végétalisé	4	0
Fossé de drainage	0	4
Sable terre ou limon	0	1

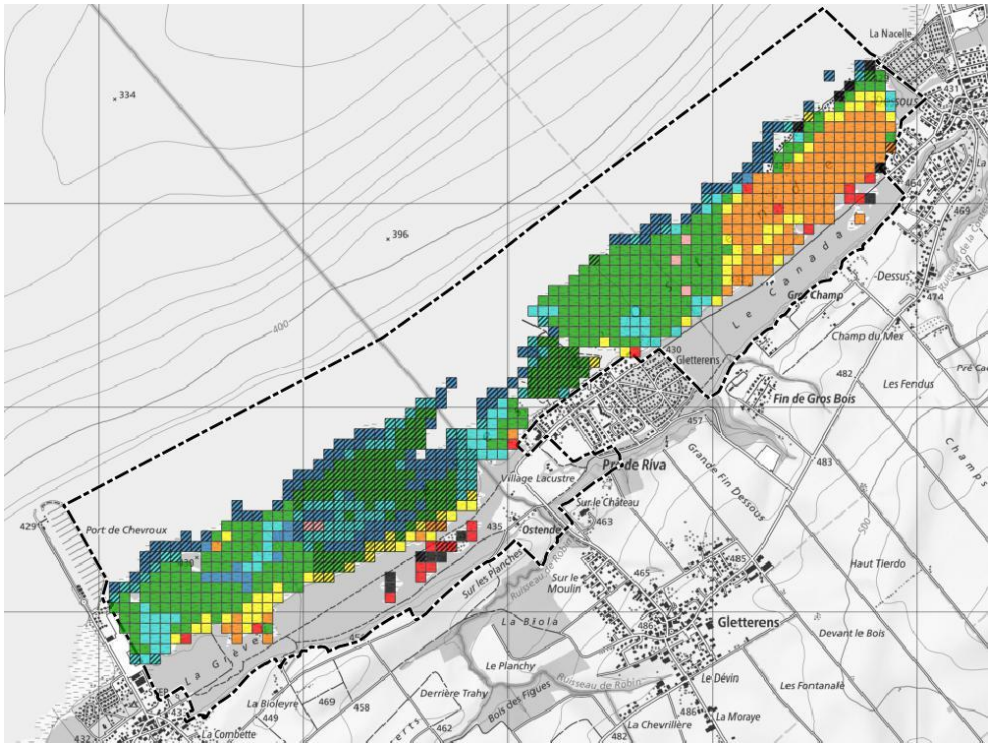


Figure 13 : Attribution des mailles prospectées aux milieux naturels composant le groupe de milieux naturels « Marais » selon leur statut « Entretenues » ou « Non-entretenues » pour la réserve des Grèves d'Ostende. Mailles attribuées : en rouge au Molinion, en orange au Caricion davallianae, en jaune au Cladietum, en vert au Magnocaricion (sine (Cladietum), en bleu clair au Phalaridion, en bleu foncé au Phragmition, en rose au Nymphaeion, en noir aux divers autres milieux naturels. Hachurées en noir : mailles « non-entretenues ». Sans hachures : mailles entretenues.

2.4.5 Analyses de variance

Afin de soutenir statistiquement certaines considérations faites dans la section 4 du rapport consacrée à la discussion, des analyses de variance de la densité d'espèces (nombre d'espèces par maille) ont été réalisées, à différents niveaux, sur les données du Modules 4 relatif aux espèces prioritaires et du Module 6 relatif à la biodiversité végétale.

Pour chaque cas de figure, un modèle linéaire généralisé avec distribution de Poisson a été calculé au moyen du logiciel R (R Core Team, 2021)**.** Le fit des modèles a été évalué visuellement au moyen des graphiques de la distribution des résidus. Une analyse de variance a ensuite été appliquée sur les modèles linéaires et les différences de moyennes entre groupes ont été évaluées avec des test de comparaisons multiples de Tukey au moyen du package R *multcomp*.

3 RÉSULTATS

Les résultats sont présentés module par module. La répartition des mailles aux échelles teritoriales considérées peut être consultée dans le Tableau 10 de la section 2.4 de ce rapport.

Dans les tableaux de résultats présentés, les abréviations suivantes ont été utilisées pour désigner les périmètres composant les échelles territoriales :

Echelle globale :

- GLO

Echelle cantonale :

- FR : Fribourg
- NE : Neuchâtel (réserve naturelle du Bas-Lac)
- VD : Vaud

Echelle des réserves naturelles :

- Ches : réserve naturelle des Grèves de Cheseaux
- Yvon : réserve naturelle de la Baie d'Yvonand
- Chey : réserve naturelle de Cheyres
- Corb : réserve naturelle des Grèves de la Corbière
- Oste : réserve naturelle des Grèves d'Ostende
- Mott : réserve naturelle des Grèves de la Motte
- Cudr : réserve naturelle de Cudrefin

3.1 MODULE 1 : MONITORING DE LA COUVERTURE DU SOL

Pour chaque groupe de milieux naturels et les trois échelles territoriales qui leur sont associées un tableau donne la couverture moyenne du sol et l'écart-type de chacune des cibles du Module 1. Les moyennes ont été calculées en remplaçant les valeurs des classes de recouvrement définies pour le Module 1 par la valeur médiane de chacune de ces classes (1 (< 1%) = 0.5%, 2 (1-5%) = 3%, 3 (5-25%) = 15%, 4 (25-50%) = 37.5%, 5 (50-75%) = 62.5%, 6 (75-100%) = 87.5%).

3.1.1 Couverture du sol du groupe des milieux naturels lacustres

Les valeurs moyennes de la plupart des types de couverture du sol considérés diffèrent peu aux échelles territoriales globale et cantonale (Tableau 14). A ces échelles, la végétalisation moyenne des surfaces lacustres (« avec végétation ») oscille entre 40 et 50%, dominée par la végétation des herbiers macrophytiques (« avec vég. non-émerg. submergée »), entre 28 et 37%, et celle des roselières (« avec vég. émerg. herb. hélophytique ») entre 8 et 10%. Les valeurs moyennes diffèrent cependant plus nettement à l'échelle des réserves naturelles. Celle de la Baie d'Yvonand présente une végétalisation des 2/3 des hauts-fonds lacustres prospectés (65%), végétalisation largement dominée par les herbiers macrophytiques (55%). Inversément, la réserve de Cudrefin présente la plus faible végétalisation de ses hauts-fonds lacustres (31%), plus de deux fois inférieure à celle de la Baie d'Yvonand, et la plus faible présence d'herbiers macrophytiques (« avec vég. non-émerg. submergée », 21%). Les hauts-fonds lacustres de la réserve des Grèves de Cheseaux, longtemps soumis à une forte érosion, présentent une végétalisation particulièrement élevée (54%) à laquelle participe largement les herbiers de macrophytes (37%). Ces valeurs résultent probablement de l'effet des infrastructures de lutte contre l'érosion aménagés au début des années 2000 sur le littoral de cette réserve naturelle (Figure 14).

Tableau 14 : Couverture du sol (%) du groupe de milieux naturels « Lac ».

Couverture du sol	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
avec végétation	45 ± 11	42 ± 11	46 ± 11	47 ± 11	54 ± 12	65 ± 12	42 ± 11	42 ± 10	36 ± 10	40 ± 12	31 ± 10
avec vég. émergente	15 ± 6	17 ± 7	9 ± 4	14 ± 6	17 ± 7	13 ± 6	18 ± 7	16 ± 6	14 ± 6	15 ± 7	11 ± 5
avec vég. émerg. herbacée	14 ± 6	16 ± 7	9 ± 4	13 ± 6	15 ± 6	12 ± 6	17 ± 7	15 ± 6	13 ± 6	14 ± 7	11 ± 5
avec vég. émerg. herb. hélophytique	10 ± 5	10 ± 5	8 ± 3	10 ± 5	7 ± 4	10 ± 5	11 ± 6	9 ± 4	11 ± 6	12 ± 6	11 ± 5
avec vég .émerg. herb. non-hélophytique	5 ± 2	7 ± 3	2 ± 1	4 ± 2	10 ± 4	5 ± 2	7 ± 3	7 ± 2	5 ± 2	4 ± 2	1 ± 1
avec vég. émerg. ligneuse	3 ± 2	4 ± 2	1 ± 1	3 ± 2	5 ± 3	3 ± 2	5 ± 3	5 ± 2	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1
avec vég. émerg. lign. arborescente	2 ± 1	3 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	3 ± 2	5 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec vég. émerg. lign. arbustive	3 ± 2	3 ± 2	1 ± 1	2 ± 1	5 ± 3	2 ± 1	3 ± 2	4 ± 2	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1
avec vég. non-émergente	31 ± 9	28 ± 8	37 ± 10	33 ± 9	37 ± 10	55 ± 11	26 ± 8	28 ± 7	22 ± 8	26 ± 9	21 ± 8
avec vég. non-émerg. flottante	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec vég. non-émerg. submergée	31 ± 9	28 ± 8	37 ± 9	33 ± 9	37 ± 10	55 ± 11	26 ± 8	28 ± 7	22 ± 8	26 ± 9	21 ± 8
sans végétation	54 ± 11	56 ± 11	52 ± 11	53 ± 11	46 ± 12	32 ± 9	58 ± 12	55 ± 10	63 ± 12	60 ± 12	68 ± 12
sans vég. émergent	2 ± 1	2 ± 1	4 ± 2	1 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
sans vég. non-émergent	53 ± 11	55 ± 11	49 ± 11	52 ± 11	44 ± 11	32 ± 9	58 ± 12	54 ± 10	62 ± 12	59 ± 12	68 ± 12
avec bâti	2 ± 1	1 ± 1	6 ± 3	2 ± 1	4 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	1 ± 1
avec bâti émergent	2 ± 1	1 ± 1	5 ± 3	1 ± 1	3 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec bâti non-émergent	1 ± 1	1 ± 1	3 ± 2	1 ± 1	2 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1

Figure 14 : À gauche : Les herbiers de macrophytes couvrent près d'un tiers du sol des milieux naturels lacustres prospectés (© Association de la Grande Cariçaie). À droite : ouvrage de lutte contre l'érosion sur le littoral de la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux (© Jean-Michel Zellweger).

3.1.2 Couverture du sol du groupe des milieux naturels des marais non-boisés

Contrairement au groupe de milieux naturels « Lac », le groupe « Marais » présente, à l'exception du canton de Neuchâtel (Bas-Lac), une relative constance de ses résultats pour les principaux types de couverture du sol, quelle que soit l'échelle territoriale considérée (Tableau 15). La végétalisation (« avec végétation ») oscille entre 82 et 85%, dominée par la strate herbacée (« avec vég. émerg. herbacée ») dont la couverture oscille entre 77 et 84% , suivie par la strate ligneuse (« avec vég. émerg. ligneuse ») variant entre 5 et 13%. La couverture de la végétation aquatique (« avec vég. non-émergente ») reste faible, présentant des valeurs oscillant entre 2 et 5%. Les disparités les plus importantes qui peuvent être relevées apparaissent à l'échelle des réserves naturelles, particulièrement dans les composantes de la strate herbacée. La couverture des roselières (« avec vég. émerg. hélophytique ») est particulièrement élevée dans les réserves du Bas-Lac (52%) et des Grèves de la Corbière (49%) (Figure 15), à l'inverse de celle des Grèves de la Motte (18%) ou des Grèves de Cheseaux (25%). La particularité des résultats obtenus pour le canton de Neuchâtel (Bas-Lac) est liée à la présence des digues de la Thielle et de la Broye qui explique sa plus faible végétalisation (65%) et le taux relativement élevé de couverture de son sol par le bâti (8%).

Tableau 15 : Couverture du sol (%) du groupe de milieux naturels « Marais ».

Couverture du sol	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
avec végétation	84 ± 12	84 ± 12	65 ± 11	85 ± 12	84 ± 12	84 ± 12	82 ± 12	83 ± 12	85 ± 12	85 ± 12	85 ± 12
avec vég. émergente	82 ± 12	82 ± 12	63 ± 11	83 ± 12	82 ± 12	82 ± 12	79 ± 12	80 ± 12	83 ± 12	85 ± 12	83 ± 12
avec vég. émerg. herbacée	81 ± 12	80 ± 12	61 ± 11	82 ± 12	80 ± 12	80 ± 12	77 ± 12	78 ± 12	83 ± 12	84 ± 12	82 ± 12
avec vég. émerg. herb. hélophytique	32 ± 8	29 ± 8	52 ± 10	34 ± 9	25 ± 7	43 ± 11	31 ± 8	49 ± 10	37 ± 9	18 ± 6	31 ± 9
avec vég .émerg. herb. non-hélophytique	62 ± 11	65 ± 11	18 ± 7	62 ± 11	65 ± 11	51 ± 10	62 ± 11	42 ± 8	63 ± 11	75 ± 12	65 ± 11
avec vég. émerg. ligneuse	9 ± 4	10 ± 4	11 ± 6	9 ± 4	10 ± 5	13 ± 6	13 ± 6	13 ± 5	5 ± 3	11 ± 5	8 ± 4
avec vég. émerg. lign. arborescente	5 ± 3	5 ± 3	6 ± 4	5 ± 3	5 ± 2	8 ± 5	6 ± 3	8 ± 4	3 ± 2	7 ± 3	4 ± 2
avec vég. émerg. lign. arbustive	8 ± 4	8 ± 4	7 ± 4	8 ± 4	9 ± 4	10 ± 6	11 ± 5	11 ± 5	4 ± 2	8 ± 4	7 ± 3
avec vég. non-émergente	4 ± 2	4 ± 2	4 ± 3	4 ± 2	4 ± 2	5 ± 2	5 ± 2	5 ± 2	4 ± 2	2 ± 2	4 ± 2
avec vég. non-émerg. flottante	2 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec vég. non-émerg. submergée	3 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	4 ± 2	5 ± 2	4 ± 2	2 ± 1	2 ± 1	4 ± 2
sans végétation	8 ± 3	8 ± 3	31 ± 8	7 ± 3	10 ± 4	9 ± 4	12 ± 5	10 ± 4	5 ± 2	5 ± 2	5 ± 2
sans vég. émergent	2 ± 1	2 ± 1	6 ± 4	2 ± 1	4 ± 2	1 ± 1	4 ± 2	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
sans vég. non-émergent	6 ± 3	6 ± 3	28 ± 7	5 ± 2	7 ± 3	8 ± 4	8 ± 3	8 ± 3	5 ± 2	4 ± 2	5 ± 2
avec bâti	1 ± 1	2 ± 1	8 ± 5	1 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec bâti émergent	1 ± 1	2 ± 1	8 ± 4	1 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec bâti non-émergent	1 ± 1	1 ± 1	3 ± 2	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1

Figure 15 : À gauche : La végétation aquatique, un des types de couverture du sol les moins présents dans les marais non-boisés des réserves naturelles de la Grande Cariçaie (© Association de la Grande Cariçaie / Lila Siegfried). À droite : La végétation herbacée des marais non-boisés de la réserve naturelle des Grèves de la Corbière, largement dominée par les roselières (© Paysagestion).

3.1.3 Couverture du sol du groupe des milieux naturels forestiers

Le groupe de milieux naturels « Forêt » est celui qui présente les résultats les plus réguliers quelle que soit l'échelle territoriale considérée (Tableau 16). La végétalisation (« avec végétation ») y est la plus élevée, oscillant entre 83 et 88%. La strate ligneuse (« avec vég. émerg. ligneuse ») présente des couvertures de ses composantes (« avec vég. émerg. arborescente », (« avec vég. émerg. arbustive ») relativement équivalentes à toutes les échelles, oscillant entre 51 et 60% pour la strate arborescente et 48 et 65% pour la strate arbustive. Associées à un couvert de la strate herbacée (« avec vég. émerg. herbacée ») important et fluctuant entre 63 et 80%, ces valeurs sont indicatrices de forêts aux structures végétales complexes. Ce groupe se distingue aussi par la très faible présence de végétation aquatique (« avec. vég. non-émergente ») dont les valeurs moyennes n'excèdent pas 1% et par sa couverture en éléments bâtis (« avec bâti ») plus importante oscillant entre 2 et 10%, ces dernières valeurs reflétant la présence des nombreuses voies de communication sillonnant les réserves naturelles (Figure 16).

Tableau 16 : Couverture du sol (%) du groupe de milieux naturels « Forêt ».

Couverture du sol	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
avec végétation	86 ± 13	86 ± 13	86 ± 13	83 ± 13	86 ± 13	86 ± 13	86 ± 13	87 ± 13	87 ± 13	88 ± 13
avec vég. émergente	86 ± 13	86 ± 13	86 ± 13	83 ± 13	86 ± 13	85 ± 13	86 ± 13	87 ± 13	87 ± 13	87 ± 13
avec vég. émerg. herbacée	74 ± 12	76 ± 12	73 ± 12	67 ± 12	67 ± 12	75 ± 12	76 ± 12	80 ± 12	79 ± 12	63 ± 12
avec vég. émerg. herb. hélophytique	6 ± 3	9 ± 4	4 ± 2	3 ± 2	13 ± 6	14 ± 5	5 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	6 ± 3
avec vég .émerg. herb. non-hélophytique	72 ± 12	72 ± 12	71 ± 12	65 ± 12	60 ± 12	70 ± 12	74 ± 12	79 ± 12	78 ± 12	60 ± 12
avec vég. émerg. ligneuse	70 ± 12	67 ± 12	72 ± 12	66 ± 12	72 ± 13	67 ± 12	72 ± 12	71 ± 12	71 ± 12	76 ± 12
avec vég. émerg. lign. arborescente	58 ± 12	57 ± 12	59 ± 12	52 ± 12	58 ± 12	56 ± 12	65 ± 12	55 ± 12	60 ± 12	51 ± 11
avec vég. émerg. lign. arbustive	55 ± 12	54 ± 12	55 ± 12	54 ± 12	49 ± 12	48 ± 11	65 ± 12	60 ± 12	49 ± 12	57 ± 12
avec vég. non-émergente	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec vég. non-émerg. flottante	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec vég. non-émerg. submergée	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
sans végétation	6 ± 3	6 ± 3	6 ± 3	12 ± 6	5 ± 3	6 ± 3	5 ± 3	4 ± 2	4 ± 3	2 ± 1
sans vég. émergent	4 ± 3	3 ± 2	5 ± 3	11 ± 6	3 ± 2	4 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	4 ± 2	2 ± 1
sans vég. non-émergent	2 ± 1	3 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	4 ± 2	3 ± 2	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
avec bâti	4 ± 3	3 ± 2	5 ± 3	10 ± 5	3 ± 1	3 ± 2	3 ± 2	4 ± 3	3 ± 2	2 ± 2
avec bâti émergent	4 ± 3	3 ± 2	5 ± 3	10 ± 5	3 ± 1	3 ± 2	3 ± 2	4 ± 3	3 ± 2	2 ± 1
avec bâti non-émergent	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1

Figure 16 : À gauche : Des milieux naturels forestiers aux structures végétales complexes (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens). À droite : Les éléments bâtis, ici un chemin gravillonné, sont particulièrement bien représentés dans le groupe des milieux naturels forestiers (© Association de la Grande Cariçaie).

3.2 MODULE 2 : MONITORING DES ÉLÉMENTS BÂTIS

3.2.1 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels lacustres

Les ouvrages de protection contre l'érosion, qu'ils soient en enrochements ou sous forme de palissade de pieux, dominent ce groupe de milieux naturels (Tableau 17). Ces ouvrages sont particulièrement présents dans la réserve naturelle du Bas-Lac et correspondent aux digues en enrochements protégeant les rives gauches de la Thielle et de la Broye et abritant des chemins bétonnés, ou encore dans la réserve des Grèves de Cheseaux dont le littoral est protégé par les nombreux ouvrages de lutte contre l'érosion aménagés au début des années 2000. Les pontons d'amarrage ou de baignade les plus nombreux sont relevés dans les réserves naturelles de Cheyres, des Grèves d'Ostende et de la Motte qui abritent la presque totalité des chalets riverains recensés dans les réserves naturelles de la Grande Cariçaie. La faible occupation du littoral de la réserve de Cudrefin en éléments bâtis mérite d'être relevée (Figure 17).

Tableau 17 : Eléments bâtis (% de mailles occupées) du groupe de milieux naturels « Lac ».

Eléments bâtis	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Tous les types d'éléments bâtis	17	13	34	17	36	11	11	7	13	18	3
bâtiment	2	3		1			4		3	5	
place, chemin ou route goudronné ou bétonné	2	2	13	1				3	3	1	
place, chemin ou route gravillonné ou caillouteux	2	5		1	1	1	2	2	8	1	
pont, ponton de cheminement ou platelage	2	2		1	1	5			1	4	
ponton d'amarrage ou de baignade	4	7		3	1	1	7	3	8	11	
slip de mise à l'eau	1	1		<1				1	1	2	
ouvrage de protection contre l'érosion de type composite	1			3	10						
ouvrage de protection contre l'érosion de type enrochements	9	6	34	7	13	2	4	5	7	10	3
ouvrage de protection contre l'érosion de type mur de soutènement en béton	1	2		<1					3	2	
ouvrage de protection contre l'érosion de type palissade de pieux	3	1		5	13	3	3		1	2	
ouvrage de protection contre l'érosion de type récif en béton	<1			1	2						
autre élément bâti	<1			<1							

Figure 17 : À gauche : Les ouvrages en enrochements, principal type d'élément bâtis présent sur le littoral des réserves naturelles de la Grande Cariçaie. À droite : À l'exception des digues de la Broye, le littoral de la réserve naturelle de Cudrefin est exempt d'éléments bâtis. (Source : Swisstopo).

3.2.2 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels des marais non-boisés

Ce groupe de milieux naturels est largement dominé par les éléments bâtis liés aux places, chemins et routes, notamment pour celles et ceux dont le revêtement est gravillonné ou caillouteux et particulièrement pour la réserve des Grèves de la Motte (Tableau 18). Comme déjà signalé pour ses surfaces lacustres, les digues protégeant les rives gauches de la Thielle et de la Broye expliquent les hauts taux d'ouvrages en enrochements et de chemins bétonnés observés dans la réserve du Bas-Lac. La faible occupation en éléments bâtis des marais de la réserve de Cudrefin mérite là encore d'être relevée (Figure 18).

Tableau 18 : Eléments bâtis (% de mailles occupées) du groupe de milieux naturels « Marais ».

Eléments bâtis	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Tous les types d'éléments bâtis	13	14	59	11	17	10	16	12	8	16	6
bâtiment	2	3	4	2	1	2	2	2	2	4	
place, chemin ou route goudronné ou bétonné	3	2	39	3	7	1	1	5	1	1	3
place, chemin ou route gravillonné ou caillouteux	6	5	4	6	6	2	5	5	4	11	2
pont, ponton de cheminement ou platelage	1	2		1	3	6	<1	1	1	1	
ponton d'amarrage ou de baignade	1	3	2	1	<1		2	1	2	3	
voie CFF	2	3		1	3		11				
ouvrage de protection contre l'érosion de type composite	<1			<1	<1						
ouvrage de protection contre l'érosion de type enrochements	2	2	55	1	1	1	<1	2	1	2	4
ouvrage de protection contre l'érosion de type mur de soutènement en béton	<1	<1		<1	<1				<1	<1	
ouvrage de protection contre l'érosion de type palissade de pieux	<1	<1		<1	<1	1			<1		
ouvrage de protection contre l'érosion de type récif en béton	<1			<1							
autre élément bâti	1	1		1	1		<1	<1	1	1	

Figure 18 : À gauche : Réseau de chemins au lieu-dit « Trouville » dans la réserve naturelle des grèves de la Motte. A droite : Chemin traversant les marais dans la réserve naturelle naturelle de Cudrefin, l'un des rares éléments bâtis de cette réserve naturelle. (Source : Swisstopo).

3.2.3 Eléments bâtis du groupe des milieux naturels forestiers

C'est le groupe de milieux naturels qui présente les plus hauts taux d'occupation du sol par des éléments bâtis, essentiellement des voies de communication, atteignant un taux d'occupation supérieur à 40% pour la plupart des échelles considérées, la réserve des Grèves de Cheseaux présentant le taux d'occupation le plus élevé (Tableau 19 et Figure 19). Seules les réserve de la Baie d'Yvonand et de Cudrefin se démarquent en présentant des taux d'occupation particulièrement faibles.

Tableau 19 : Eléments bâtis (% de mailles occupées) du groupe de milieux naturels « Forêt ».

Eléments bâtis	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Tous les types d'éléments bâtis	42	41	43	64	18	43	34	46	43	18
bâtiment	5	6	4	1	2	5	4	4	12	
place, chemin ou route goudronné ou bétonné	14	9	17	51	6	6	4	16	7	2
place, chemin ou route gravillonné ou caillouteux	25	27	23	14	3	26	30	31	32	14
pont, ponton de cheminement ou platelage	3	2	4	6	9	1	1	4	1	
ponton d'amarrage ou de baignade	1	2	1			2		1	3	
slip de mise à l'eau	<1	<1	1	1				1	1	
voie CFF	6	6	7	22	6	14				
ouvrage de protection contre l'érosion de type enrochements	2	1	2	1		1		1	6	
ouvrage de protection contre l'érosion de type gabbions	<1		<1						<1	
ouvrage de protection contre l'érosion de type mur de soutènement en béton	<1		<1	1					1	
ouvrage de protection contre l'érosion de type palissade de pieux	<1	<1	1	<1		1		1	<1	
autre élément bâti	1	2	1				1	6	1	2

Figure 19 : À gauche : Voie CFF dans la réserve naturelle de Cheyres (© Association de la Grande Cariçaie). À droite : Piste cyclable, route cantonale, voie CFF, chemins forestiers dans la réserve naturelle des Grèves de Cheseaux (Source : Swisstopo).

3.3 MODULE 3 : MONITORING DES ESPÈCES VÉGÉTALES DOMINANTES

Prévu pour caractériser phytosociologiquement les mailles prospectées, le Module 3 n'a été que partiellement appliqué suite à la mise en doute de sa pertinence et de son applicabilité formulée par la Commission scientifique de l'AGC en 2014. La répartition arbitraire des 910 mailles prospectées ne permet cependant pas d'analyse détaillée aux différentes échelles convenues. Les résultats partiels de ce module sont néanmoins présentés dans la section 4.1.1 de ce rapport consacrée à la réponse qu'apportent les modules du monitoring aux objectifs fixés par le plan de gestion.

3.4 MODULE 4 : MONITORING DES ESPÈCES VÉGÉTALES PRIORITAIRES

Cette première étape de monitoring a permis de collecter, en cumulant les observations réalisées lors des deux passages, plusieurs milliers d'observations d'espèces végétales prioritaires (Tableau 20). Ces données permettent de caractériser, pour chaque groupe de milieux naturels, la diversité et la fréquence de ces espèces.

Tableau 20 : Nombre d'observations d'espèces prioritaires par groupe de milieux naturels réalisées lors de la première étape du monitoring de la flore et de la végétation des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Nombre d'observations		
	Lac	**Marais**	**Forêt**
Tous les taxons prioritaires	1'685	19'223	2'852
Taxons de priorité élevée	106	5'688	574
Taxons de priorité faible	1'579	13'535	2'278

Les données collectées permettent d'évaluer l'importance des populations des espèces prioritaires de priorité élevée présentes dans les zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. Cette estimation a été réalisée en retenant la plus haute valeur de classe de dénombrement obtenue lors des deux passages. Le choix de la plus basse valeur de classe de dénombrement obtenue lors des deux passages aurait conduit a sous-estimer exagérément les populations des espèces à détectabilité saisonnièrement très réduite pour lesquelles une seule observation est réalisée lors des deux passages dans une maille. C'est le cas notamment d'espèces telles que l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.) qu'un passage tardif ne permet pas

de détecter ou, à l'inverse, la Spiranthe d'été (*Spiranthes aestivalis* (Poir.) Rich. qu'un passage précoce ne permet pas de détecter. Afin de ne pas surestimer non plus l'importance des populations, seules les bornes inférieures des classes de dénombrement ont été retenues et les totaux obtenus ont été arrondis logarithiquement à leur valeur inférieure. Le Tableau 21 donne un exemple des transformations numériques réalisées.

Tableau 21 : Dénombrement des populations des espèces prioritaires de priorité élevée : exemple de la transformation des données, des données de dénombrement de terrain à l'estimation finale de l'importance de la population.

	Passage 1	Passage 2	Classe retenue	Borne retenue
Maille a	3 (100-999)	4 (1'000-9'999)	4 (1'000-9'999)	1'000
Maille b	2(10-99)	2(10-99)	2(10-99)	10
Maille c		3 (100-999)	3 (100-999)	100
Maille d	4 (1'000-9'999)		4 (1'000-9'999)	1'000

Total	2'110
Total arrondi	$2x10^3$

3.4.1 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels lacustres

Diversité

Les milieux naturels lacustres présentent la plus faible diversité d'espèces prioritaires des trois groupes de milieux naturels considérés (Tableau 22), malgré les nombreuses espèces dont la présence dans ce groupe n'est que le résultat du chevauchement de certaines mailles sur le groupe des milieux naturels des marais non-boisés (p.ex. le Pigamon jaune (*Thalictrum flavum* L.) ou encore la Gesse des marais (*Lathyrus palustris* L.)) (Tableau 24).

Fréquence

Malgré cette relative faible diversité, la fréquence des espèces est élevée, excédant 80% quelle que soit l'échelle considérée (Tableau 22). Elle résulte avant tout de la présence massive de la Naïade marine (*Najas marina* L.) (Figure 20), observée dans plus de 70% des mailles à l'échelle cantonale, taux de présence atteignant même 100% dans la réserve de Cudrefin. La fréquence de la Zannichellie des marais (*Zannichellia palustris* L.), espèce pourtant discrète mais qui a été observée sur le littoral de toutes des réserves naturelles, est à relever (Figure 20).

Dénombrement

La majorité des espèces prioritaires visées par le dénombrement sont des espèces à l'hygrophylie peu marquée. Leurs populations dans le groupe des milieux naturels lacustres, n'excédant pas quelques centaines d'émergences feuillées, résulte du chevauchement de certaines mailles sur le groupe des milieux naturels des marais non-boisés (Tableau 23). Seule l'Utriculaire intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) présente des populations d'importance, excédant le millier d'unités et installées dans des lagunes ou des roselières en contact avec les milieux naturels lacustres, comme dans la réserve des Grèves de Cheseaux ou celle de la Baie d'Yvonand.

Tableau 22 : Diversité et fréquence des espèces prioritaires pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre d'espèces prioritaires)											
Tous les taxons prioritaires	39	28	16	34	26	16	14	14	21	15	13
Taxons de priorité élevée	11	7	3	9	6	4	3		5	4	2
Taxons de priorité faible	28	21	13	25	20	12	11	14	16	11	11
Fréquence (% de mailles occupées)											
Tous les taxons prioritaires	87	87	89	87	87	85	91	81	85	89	100
Tous les taxons de priorité élevée	8	6	7	11	31	8	6		7	3	8
Tous les taxons de priorité faible	87	87	89	86	86	85	91	81	85	89	100

Figure 20 : À gauche : La Naïade marine (Najas marina L.), espèce prioritaire la plus fréquente sur le littoral du lac de Neuchâtel. À droite : La Zannichellie des marais (Zannichellia palustris L.), une espèce prioritaire discrète mais présente sur le littoral de toutes les réserves naturelles, particulièrement celui de la réserve de Cudrefin. (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

Tableau 23 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% de mailles occupées)											
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	<1			<1		1					
Cardamine dentata Schult.	1	1	3	1	3		1		1		
Euphorbia palustris L.	1			2	8						
Hottonia palustris L.	<1	1							2		
Hydrocharis morsus-ranae L.	1	<1	6	1					3	1	3
Inula helvetica Weber	<1			<1						1	
Lathyrus palustris L.	5	3		7	28	2	5		2		
Orchis palustris Jacq.	<1	<1					1				
Potamogeton coloratus Hornem.	<1			<1	1						
Utricularia intermedia aggr.	1	1		1	5	4				1	
Utricularia vulgaris aggr.	2	1	1	2	2	4			1	1	8
Dénombrement											
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	10^2			10^2		10^2					
Cardamine dentata Schult.	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$		$<10^2$		
Euphorbia palustris L.	$2x10^2$			$2x10^2$	$2x10^2$						
Hottonia palustris L.	$<10^2$	$<10^2$							$<10^2$		
Hydrocharis morsus-ranae L.	$3x10^2$	$<10^2$	10^2	$2x10^2$					10^2	$<10^2$	10^2
Inula helvetica Weber	$<10^2$			$<10^2$						$<10^2$	
Lathyrus palustris L.	$3x10^2$	$<10^2$		$2x10^2$	$2x10^2$	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$		
Orchis palustris Jacq.	$<10^2$	$<10^2$					$<10^2$				
Potamogeton coloratus Hornem.	$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$						
Utricularia intermedia aggr.	10^4	$2x10^3$		10^4	10^4	$2x10^3$				$<10^2$	
Utricularia vulgaris aggr.	10^2	10^2	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	10^2			$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$

Tableau 24 : Fréquence des espèces prioritaires de priorité faible pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
	Fréquence (% de mailles occupées)										
Carex lasiocarpa Ehrh.	<1			<1	1						
Carex otrubae Podp.	<1			<1	1						
Carex pseudocyperus L.	1	1	1	1	2			1	1		3
Carex riparia Curtis	9	6		14	34	8	2	9	5	9	5
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	<1	<1							1		
Ceratophyllum demersum L.	6	8	13	3	1	1	6	7	16	1	3
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	<1			<1						1	
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	<1	<1	3					1			
Hydrocotyle vulgaris L.	3	2		4	9	1	4		1	4	
Myosotis scorpioides aggr.	<1		1	1	1						3
Najas marina L.	71	70	82	70	58	56	74	69	74	76	100
Potamogeton gramineus L.	1	3		<1				8		1	
Potamogeton nodosus Poir.	1	1		1					3		
Potamogeton pusillus aggr.	32	31	34	33	42	35	32	33	26	11	68
Potamogeton x angustifolius aggr.	21	24		23	7	26	48	8	14	44	13
Ranunculus circinatus Sibth.	1	3						4	3		
Ranunculus lingua L.	1			1	5						
Ranunculus sceleratus L.	1	<1	3	1	5		1				3
Rorippa amphibia (L.) Besser	<1		1	1							5
Rorippa x anceps aggr.	6	3	1	10	26	10	1	1	5	1	11
Rumex hydrolapathum Huds.	2		1	3	13						
Sanguisorba officinalis L.	1	2		<1	1		1	3			
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	<1	<1		<1		1		1			
Sparganium erectum L.	<1	<1		1	1				1		
Thalictrum flavum L.	8	8	3	10	27	7	16	3	5	5	
Thelypteris palustris Schott	1	1		1	3	3			3		
Utricularia minor L.	1	1	1	1	3	2			2		
Zannichellia palustris L.	10	7	6	14	5	5	3	8	21	10	34

3.4.2 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels des marais non-boisés

Diversité

Les milieux naturels des marais non-boisés présentent la diversité d'espèces prioritaires la plus élevée des trois groupes de milieux naturels considérés (Tableau 24). Les faibles scores relevés pour le canton de Neuchâtel (réserve du Bas-Lac) (26 taxons) et la réserve de la Baie d'Yvonand (38 taxons) trouvent probablement leur explication dans la taille réduite des marais non-boisé du canton de Neuchâtel et la faible diversité des milieux naturels de la réserve de la Baie d'Yvonand, essentiellement dominée par la roselière terrestre (*Phalaridion*) et presque exempte de prairies basses (*Caricion davallianae*, *Molinion*). A l'inverse, la réserve des Grèves d'Ostende, la plus vaste des réserves naturelles de la Grande Cariçaie et qui abrite l'entier du spectre des milieux naturels des marais non-boisés recensés sur la rive, présente les plus hautes diversités d'espèces prioritaires (14 espèces prioritaires de priorité élevée, 36 espèces prioritaires de priorité faible).

Fréquence

La fréquence des espèces prioritaires, à l'exception de celle du canton de Neuchâtel (réserve du Bas-Lac), est remarquable pour ce groupe de milieux naturels, avoisinant les 100% toutes échelles confondues, atteignant même ce maximum dans la réserve des Grèves de Cheseaux (Tableau 25). Cette réserve, ainsi que celle de Cudrefin, présentent aussi des taux importants de fréquence d'espèces de priorité élevée, taux s'élevant respectivement à 93 et 88%. Premier et deuxième passage confondus, les espèces prioritaires les plus fréquemment observées sont le Pigamon jaune (*Thalictrum flavum* L.), l'Hydrocotyle commun (*Hydrocotyle vulgaris* L.) (Figure 21) et la Laîche des rives (*Carex riparia* Curtis) dont les fréquences excèdent 30%, atteignant même 72% pour l'Hydrocotyle commun dans la réserve des Grèves de la Motte (Tableau 27).

Quelques espèces présentent des différences de fréquence marquées suivant l'échelle considérée. C'est le cas de la Cardamine des marais (*Cardamine dentata* Schult.) et de la Gesse des marais (*Lathyrus palustris* L.) (Figure 21), dont les fréquences pour le canton de Vaud sont presque trois fois supérieures à celles constatées pour les autres cantons. A l'échelle des réserves naturelles ces différences de fréquence concernent la Renoncule langue (*Ranunculus lingua* L.), particulièrement fréquente dans la réserve des Grèves de Cheseaux, le Rubanier dressé (*Sparganium erectum* L.) dans la réserve de Cheyres ou la Petite utriculaire (*Utricularia minor* L.) dans la réserve des Grèves d'Ostende.

Pour les espèces prioritaires de priorité élevée, quatre d'entre elles sont particulièrement fréquentes quelle que soit l'échelle considérée, atteignant toutes un taux de fréquence d'au moins 20% à l'échelle globale : c'est le cas de l'Utriculaire intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) avec un taux de 31%, atteignant 47% dans la réserve des Grèves d'Ostende, de la Gesse des marais avec un taux de 26%, atteignant 75% dans la réserve des Grèves de Cheseaux, de l'Utriculaire commune (*Utricularia vulgaris* aggr.) avec un taux de 21%, atteignant 30% dans la réserve des Grèves de Cheseaux, et de l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.) avec un taux de 20%, atteignant 37% dans la réserve des Grèves de la Motte.

Dénombrement

L'Utriculaire intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) (Figure 22), la plus fréquente des espèces prioritaires de priorité élevée, est aussi celle qui présente la population la plus importante à l'échelle globale, estimée à plusieurs centaines de milliers d'émergences feuillées abondamment réparties dans les marais non-boisés de toutes les réserves naturelles (Tableau 26). Sans références de recensement aux échelles nationale et cantonale, il est difficile d'évaluer le rôle que peuvent jouer les zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie pour la conservation des populations des espèces observées. Il semble cependant probable que ces zone et réserves naturelles représentent un réservoir d'importance nationale pour des espèces comme l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.), la Baldéllie commune (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.) ou encore la Cardamine des marais (*Cardamine dentata* Schult.), voire même continentale pour l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber), endémique européenne dont la distribution se limite aux domaines des Pyrénées et de l'ouest de l'arc circum-alpin (Figure 22).

Cinq espèces présentent des populations faibles, estimées à moins d'une centaine d'unités, à l'exemple de l'Hottonie des marais (*Hottonia palustris* L.) ou du Bolboschoenus maritime (*Bolboschoenus maritimus* aggr.). Toutes ont cependant été régulièrement observées depuis plusieurs décennies dans les mailles où elles ont été dénombrées ou leur proximité, relativisant ainsi la fragilité apparente de ces populations.

Tableau 25 : Diversité et fréquence des espèces prioritaires pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre de taxons prioritaires)											
Tous les taxons prioritaires	59	56	26	55	44	38	42	44	50	43	49
Taxons de priorité élevée	18	17	7	17	13	10	12	10	14	11	13
Taxons de priorité faible	41	39	19	38	31	28	30	34	36	32	36
Fréquence (% de mailles occupées)											
Tous les taxons prioritaires	97	96	84	97	100	90	98	89	98	99	98
Taxons de priorité élevée	73	67	37	77	93	46	62	34	82	76	88
Taxons de priorité faible	96	96	84	97	99	90	98	88	97	98	98

Figure 21 : À gauche : L'Hydrocotyle commun (Hydrocotyle vulgaris L.), l'espèce prioritaire la plus fréquente dans les marais non-boisés des réserves naturelles. À droite : La Gesse des marais (Lathyrus palustris L.), une espèce particulièrement fréquente dans les surfaces vaudoises des marais non-boisés. (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

Tableau 26 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% de mailles occupées)											
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	<1	<1		<1	2				<1		
Bolboschoenus maritimus aggr.	<1	<1					<1				
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	1	1	2	<1	1	5	1		<1		1
Cardamine dentata Schult.	14	7	18	18	19	7	4	8	23	5	20
Carex buxbaumii Wahlenb.	1	<1		1	1		<1			<1	3
Euphorbia palustris L.	5	1		7	8	2		<1	3	2	26
Hottonia palustris L.	<1	<1		<1					1		
Hydrocharis morsus-ranae L.	4	4	10	3	<1		11	3	3	2	11
Inula helvetica Weber	15	14		15	<1	5	16	2	9	35	23
Lathyrus palustris L.	26	13	8	34	75	10	12	7	17	15	69
Orchis palustris Jacq.	20	20		20	25	1	11	7	21	37	10
Potamogeton coloratus Hornem.	8	12		6	16	5	17	1	7	6	5
Pulmonaria helvetica Bolliger	<1	<1		<1		2					
Sparganium natans L.	<1			<1	<1						
Utricularia intermedia aggr.	31	30	4	32	33	26	21	9	47	34	9
Utricularia vulgaris aggr.	21	22	6	21	30	13	29	9	28	13	18
Veronica catenata Pennell	1	<1	6	<1			<1	<1	<1		2
Viola persicifolia auct.	1	2		1					3	<1	4
Dénombrement											
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	$2x10^2$	$<10^2$		$2x10^2$	$2x10^2$				$<10^2$		
Bolboschoenus maritimus aggr.	$<10^2$	$<10^2$					$<10^2$				
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	$9x10^4$	$8x10^4$	10^2	10^4	10^4	$7x10^4$	10^4		$<10^2$		$2x10^3$
Cardamine dentata Schult.	$6x10^3$	$5x10^2$	$3x10^2$	$5x10^3$	10^3	$<10^2$	$<10^2$	$3x10^2$	$3x10^3$	10^2	$4x10^2$
Carex buxbaumii Wahlenb.	$2x10^2$	$<10^2$		$2x10^2$	$2x10^2$		$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$
Euphorbia palustris L.	10^3	10^2		10^3	$4x10^2$	$<10^2$		$<10^2$	10^2	10^2	$6x10^2$
Hottonia palustris L.	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$					$<10^2$		
Hydrocharis morsus-ranae L.	10^4	10^3	$4x10^3$	10^4	10^2		$8x10^2$	10^2	$2x10^3$	$3x10^3$	$6x10^3$
Inula helvetica Weber	$4x10^4$	$7x10^3$		$3x10^4$	10^2	10^3	$2x10^3$	10^3	10^3	$2x10^4$	10^4
Lathyrus palustris L.	10^4	10^3	$<10^2$	10^4	$3x10^3$	$<10^2$	$6x10^2$	<100	10^3	$7x10^2$	$8x10^3$
Orchis palustris Jacq.	$5x10^3$	$2x10^3$		$3x10^3$	$9x10^2$	$<10^2$	10^2	10^2	10^3	$2x10^3$	$<10^2$
Potamogeton coloratus Hornem.	10^4	$9 x10^3$		$8x10^3$	$2x10^3$	10^3	$5x10^3$	10^2	$2x10^3$	$3x10^3$	$2x10^3$
Pulmonaria helvetica Bolliger	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$		$<10^2$					
Sparganium natans L.	$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$						
Utricularia intermedia aggr.	$7x10^5$	$2x10^5$	10^4	$4x10^5$	$9x10^4$	$6x10^4$	$5x10^4$	$5x10^3$	$3x10^5$	10^5	$3x10^3$
Utricularia vulgaris aggr.	$8x10^4$	$4x10^4$	10^3	$4x10^4$	10^4	10^3	$3x10^4$	$5x10^2$	$2x10^4$	$6x10^2$	10^3
Veronica catenata Pennell	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$
Viola persicifolia auct.	$4x10^2$	$3x10^2$		$<10^2$					$3x10^2$	$<10^2$	$<10^2$

Figure 22 : À gauche : L'agrégat de l'Utriculaire intermédiaire (Utricularia intermedia aggr.), l'espèce prioritaire de priorité élevée aux populations les plus nombreuses dans les marais non-boisés toutes échelles confondues. À droite : L'Inule de Suisse (Inula helvetica Weber), dont la population sur la rive sud du lac de Neuchâtel est probablement parmi les plus importantes à l'échelle nationale. (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

Tableau 27 : Fréquence des espèces prioritaires de priorité faible pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% de mailles occupées)											
Achillea ptarmica L.	<1	<1						1			
Butomus umbellatus L.	<1			<1	<1					<1	<1
Carex lasiocarpa Ehrh.	8	6		10	22	4	11	1	3	7	17
Carex otrubae Podp.	1	2	2	1		1	<1	8	1	1	<1
Carex pseudocyperus L.	18	17	4	18	21	16	34	14	20	7	20
Carex riparia Curtis	36	31	57	38	56	57	29	55	31	14	47
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	1	1		2	1	1	1	<1		4	2
Ceratophyllum demersum L.	3	2	12	3	4	1	1	4	3	1	4
Cyperus flavescens L.	2	2		1	<1		5	1	<1	4	1
Cyperus fuscus L.	2	4		1	<1	5	9	2	1	2	1
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	8	8	4	8	12	11	11	2	4	8	15
Gentiana pneumonanthe L.	6	3		9			3	<1	3	12	27
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	<1	<1	6	<1				<1			2
Hydrocotyle vulgaris L.	50	48		53	60	22	48	16	48	72	58
Iris sibirica L.	<1	<1							<1		
Isolepis setacea (L.) R. Br.	<1			<1					<1		
Liparis loeselii (L.) Rich.	3	3		2	12	1	9		1	<1	
Myosotis scorpioides aggr.	3	2	6	3	2	1	5	3	3	1	6
Najas marina L.	10	11	22	10	5	14	9	24	8	8	15
Odontites vulgaris Moench	<1	1		<1				2	<1		<1
Ophioglossum vulgatum L.	<1	<1		<1	<1	1	<1		<1		1
Potamogeton gramineus L.	6	5		8	4	1	3	4	8	9	6
Potamogeton nodosus Poir.	1	1	4	1	2				2	1	4
Potamogeton pusillus aggr.	12	11	14	13	5	11	14	17	16	5	15
Potamogeton x angustifolius aggr.	2	3		2	<1	4	5	3	1	2	5
Ranunculus circinatus Sibth.	<1	<1		<1				2	<1		<1
Ranunculus lingua L.	2	<1		3	16		1	1	<1	<1	1
Ranunculus sceleratus L.	6	6	16	6	7	12	11	6	4	1	9
Rorippa amphibia (L.) Besser	3	2	24	3	1	1		4	3	<1	11
Rorippa x anceps aggr.	22	21	43	23	35	46	24	27	16	7	34
Rumex hydrolapathum Huds.	7	8		7	27	10	24	2	1	<1	3
Sanguisorba officinalis L.	14	10	2	17	15	1	5	12	6	28	33
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	8	10	4	8	9	2	14	7	10	7	6
Sparganium emersum Rehmann	<1	<1	10	<1	<1	1	<1	1	<1		1
Sparganium erectum L.	8	15	2	4	6	13	40	5	3	4	2
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	4	1		5			1		1	14	4
Thalictrum flavum L.	45	44	10	47	55	31	44	30	40	51	73
Thelypteris palustris Schott	28	34		26	19	17	47	14	53	8	8

Trifolium fragiferum L.	<1	<1						<1			
Utricularia minor L.	24	25		23	15	12	28	8	40	24	2
Zannichellia palustris L.	2	2	4	2	1	1		4	2	1	1

Parmi les espèces observées dans au plus 1% des mailles prospectées, certaines ne l'ont été qu'à l'échelle des marais non-boisés d'un seul canton ou d'une seule réserve naturelle. C'est le cas du Rubanier nain (*Sparganium natans* L.) (Figure 23), qui n'a été observé que dans la réserve vaudoise des Grèves de Cheseaux ou du Trèfle porte-fraise (*Trifolium fragiferum* L.) (Figure 23), qui n'a été observé que dans la partie fribourgeoise de la réserve des Grèves de la Corbière. Le Tableau 28 présente la distribution de ces espèces particulièrement rares.

Tableau 28 : Nombre de mailles occupées par les espèces prioritaires qui n'ont été observées que dans les marais non-boisés d'un seul canton ou d'une seule réserve naturelle.

	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (Nombre de mailles occupées)									
Achillea ptarmica L.	3					1			
Bolboschoenus maritimus aggr.	1				1				
Butomus umbellatus L.		4	1					2	1
Hottonia palustris L.	5	1					6		
Iris sibirica L.	1						1		
Isolepis setacea (L.) R. Br.		1					1		
Pulmonaria helvetica Bolliger	3	1		4					
Sparganium natans L.		1	1						
Trifolium fragiferum L.	1					1			

Figure 23 : À gauche : Le Rubanier nain (Sparganium natans L.), une espèce prioritaire qui n'a été observée que dans une seule maille, dans la réserve naturelle vaudoise des Grèves de Cheseaux (© Association de la Grande Cariçaie / Samuel Jordan). À droite : Inflorescences du Trèfle porte-fraise (Trifolium fragiferum L.), espèce observée dans une seule maille, dans la partie fribourgeoise de la réserve naturelle des Grèves de la Corbière (© Inconnu).

Comme indiqué dans la section 2.4.2 de ce rapport, les mailles des marais non-boisés ont bénéficié d'un traitement complémentaire qui, en attribuant chacune des mailles au milieu naturel qui la domine, vise à évaluer l'affinité des espèces prioritaires pour les principaux milieux naturels qui composent les marais non-boisés des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. Les résultats de ce traitement sont présentés dans le Tableau 29.

Le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*) apparaît comme le milieu naturel abritant la diversité d'espèces prioritaires la plus élevée, à l'inverse du *Nymphaeion*, du *Caricion davallianae* et du *Molinion*. La fréquence des espèces prioritaires présente des taux avoisinant les 100%, quel que soit le milieu naturel considéré. La fréquence des espèces de priorité élevée dans le *Phalaridion* et le

Phragmition, bien inférieure à celle constatée pour les autres milieux naturels, doit cependant être soulignée. Au niveau des espèces, les résultats montrent des « pics » d'affinité de l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber) pour le *Molinion*, de l'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.) pour le *Caricion davallianae*, de l'Hydrocotyle vulgaire (*Hydrocotyle vulgaris* L.) pour le *Caricion davallianae*, présent dans plus de 90% des mailles attribuées à ce milieu naturel, ou encore de la Fougère des marais *(Thelypteris palustris* Schott*)* (Figure 24) pour le *Magnocaricion (*sine *Cladietum)*, présente dans presque la moitié des mailles attribuées à ce milieu naturel. Certaines espèces montrent des affinités semblant indépendantes des milieux naturels considérés. C'est le cas du Souchet jaunâtre (*Cyperus flavescens* L.) (Figure 24) et du Souchet brun noirâtre (*Cyperus fuscus* L.). Leur indifférence d'affinité résulte du mécanisme d'attribution des mailles qui n'a pas permis d'attribuer des mailles au *Nanocyperion*, milieu naturel aux surfaces trop réduites pour permettre cette attribution mais pourtant bien présent dans les zone et réserves naturelles et dont les Souchets sont des espèces caractéristiques.

Tableau 29 : Diversité et fréquence des espèces prioritaires pour les milieux naturels du groupe de milieux naturels « Marais ».

	Molinion	Caricion davallianae	Cladietum	Magnocaricion (sine Cladietum)	Phalaridion	Phragmition	Nymphaeion
Diversité (Nombre de taxons)							
Tous les taxons prioritaires	36	35	42	50	48	46	24
Taxons de priorité élevée	10	10	13	15	14	13	9
Taxons de priorité faible	26	25	29	35	34	33	15
Fréquence (% de mailles occupées)							
Tous les taxons prioritaires	97	100	99	100	92	91	100
Taxons de priorité élevée	80	88	81	88	53	38	100
Taxons de priorité faible	96	99	99	99	91	90	85
Taxons de priorité élevée							
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.		<1	1		<1		
Bolboschoenus maritimus aggr.						<1	
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	1		<1	1	1	<1	8
Cardamine dentata Schult.	1		2	19	23	22	38
Carex buxbaumii Wahlenb.		<1	1	1			
Euphorbia palustris L.	5	3	3	9	3	<1	
Hottonia palustris L.			<1	<1	<1	<1	
Hydrocharis morsus-ranae L.			1	2	9	8	15
Inula helvetica Weber	51	44	22	6	3	1	8
Lathyrus palustris L.	33	15	25	44	15	7	8
Orchis palustris Jacq.	45	63	38	8	2		8
Potamogeton coloratus Hornem.	1	6	13	11	4	1	8
Pulmonaria helvetica Bolliger				<1	<1		
Sparganium natans L.						<1	
Utricularia intermedia aggr.	3	20	40	53	14	11	31
Utricularia vulgaris aggr.	2	6	16	28	25	20	92
Veronica catenata Pennell	1			1	1	<1	
Viola persicifolia auct.		7		1			
Taxons de priorité faible							
Butomus umbellatus L.					1		
Carex lasiocarpa Ehrh.	6	3	22	12	1	1	
Carex otrubae Podp.	4		1	<1	3	1	
Carex pseudocyperus L.	5	2	6	24	29	18	46
Carex riparia Curtis	20	8	14	46	60	33	38
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	12	3	1	<1	1	<1	
Ceratophyllum demersum L.			<1	1	3	10	8
Cyperus flavescens L.	5	3	2	2	<1	<1	
Cyperus fuscus L.	3	2	2	3	3	1	
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	12	6	11	10	7	1	8

Gentiana pneumonanthe L.	26	22	6	3	1	<1	
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	1			<1	<1	2	
Hydrocotyle vulgaris L.	62	92	88	57	8	6	31
Iris sibirica L.						<1	
Isolepis setacea (L.) R. Br.	1						
Liparis loeselii (L.) Rich.		2	6	4		<1	
Myosotis scorpioides aggr.	1			4	6	2	8
Najas marina L.		<1	1	3	16	47	
Odontites vulgaris Moench	2	<1					
Ophioglossum vulgatum L.			<1	<1	<1		
Potamogeton gramineus L.		3	9	9	4	4	8
Potamogeton nodosus Poir.		<1	<1	2	1	1	
Potamogeton pusillus aggr.	1	1	<1	9	23	31	31
Potamogeton x angustifolius aggr.			<1	<1	3	11	
Ranunculus circinatus Sibth.				<1	1	1	
Ranunculus lingua L.			<1	4	3	1	
Ranunculus sceleratus L.	1	<1	1	5	13	8	15
Rorippa amphibia (L.) Besser	1			3	4	7	
Rorippa x anceps aggr.	6	2	5	28	43	24	8
Rumex hydrolapathum Huds.	2	<1	2	7	17	7	31
Sanguisorba officinalis L.	75	42	16	6	1		
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	7	5	6	11	11	4	23
Sparganium emersum Rehmann				<1	1	1	
Sparganium erectum L.	3	2	6	9	16	4	8
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	18	18	2	<1			
Thalictrum flavum L.	74	63	58	52	29	15	
Thelypteris palustris Schott	2	5	24	48	31	18	38
Utricularia minor L.	2	11	30	39	15	14	23
Zannichellia palustris L.				<1	1	9	

Figure 24 : À gauche : La Fougère des marais (Thelypteris palustris Schott), une espèce particulièrement fréquente dans le Magnocaricion (sine Cladietum). À droite : Le Souchet jaunâtre (Cyperus flavescens L.) profite des perturbations du sol pour se disséminer dans les milieux naturels. (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

3.4.3 Espèces prioritaires du groupe des milieux naturels forestiers

Diversité

La diversité des taxons de ce groupe, bien qu'inférieure à toutes les échelles à celle constatée pour le groupe des milieux naturels des marais non-boisés, reste relativement élevée par le biais des mailles chevauchant ces deux groupes (Tableau 30).

Fréquence

Ces chevauchements permettent à ce groupe d'atteindre des fréquences, tous taxons prioritaires confondus, supérieures à 70% des mailles prospectées (Tableau 30). Parmi les espèces les plus

fréquemment observées, la Laîche des rives (*Carex riparia* Curtis), qui déborde des Aulnaies pour envahir les roselières, l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber), connue pour apprécier les lisières embroussaillées, ou encore le Pigamon jaune (*Thalictrum flavum* L.) (Figure 26), profitant de la fraîcheur des lisières hygrophiles, peuvent être citées (Tableau 32).

Dénombrement

Mise à part la Pulmonaire helvétique (*Pulmonaria helvetica* Bolliger), la Calamagrostide blanchâtre (*Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth) (Figure 25) et, dans une moindre mesure, l'Inule de Suisse, les espèces prioritaires au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie n'ont que peu d'affinité pour les milieux naturels forestiers. Pour la plupart, leurs populations n'excèdent donc pas quelques centaines d'émergences feuillées et résultent essentiellement du chevauchement de certaines mailles sur les marais non-boisés (Tableau 31).

Tableau 30 : Diversité et fréquence des espèces prioritaires pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre de taxons prioritaires)										
Tous les taxons prioritaires	52	47	43	30	23	35	29	32	30	25
Taxons de priorité élevée	15	14	12	8	6	9	6	10	8	7
Taxons de priorité faible	37	33	31	22	17	26	23	22	22	18
Fréquence (% de mailles occupées)										
Tous les taxons prioritaires	80	81	80	85	80	82	75	82	82	74
Taxons de priorité élevée	32	26	36	32	35	35	11	23	50	48
Taxons de priorité faible	77	80	74	82	71	80	75	80	76	66

Tableau 31 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% de mailles occupées)										
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	<1	<1	1	2				1		
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	<1	<1	<1				1			4
Cardamine dentata Schult.	1	<1	1	3	3			1	<1	2
Euphorbia palustris L.	2	<1	3	2	3		1	1	2	12
Hottonia palustris L.	<1	<1						1		
Hydrocharis morsus-ranae L.	1	1				3				
Inula helvetica Weber	14	9	18		6	13	3	5	40	32
Lathyrus palustris L.	8	5	10	17	3	3	4	10	4	28
Orchis palustris Jacq.	6	4	8	7		3	3	8	15	2
Potamogeton coloratus Hornem.	3	3	3	9		7		1	<1	
Pulmonaria helvetica Bolliger	2	1	2		22	1				
Utricularia intermedia aggr.	3	3	2	1	2	7		2	5	
Utricularia vulgaris aggr.	4	7	1	3		14	1	3	1	
Veronica catenata Pennell	<1	<1				1				
Viola persicifolia auct.	<1		<1							2
Dénombrement										
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$				$<10^2$		
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	10^4	10^4	10^3				10^4			10^3
Cardamine dentata Schult.	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
Euphorbia palustris L.	10^2	$<10^2$	10^2	$<10^2$	10^2		$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
Hottonia palustris L.	$<10^2$	$<10^2$						<100		
Hydrocharis morsus-ranae L.	$2x10^2$	$2x10^2$				$2x10^2$				
Inula helvetica Weber	10^4	10^3	10^4		10^2	$7x10^2$	10^2	10^2	$8x10^3$	10^3
Lathyrus palustris L.	$5x10^2$	10^2	$4x10^2$	10^2	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	10^2	$<10^2$	10^2
Orchis palustris Jacq.	$2x10^2$	10^2	10^2	$<10^2$		$<10^2$	$<10^2$	10^2	$<10^2$	$<10^2$
Potamogeton coloratus Hornem.	$2x10^3$	$2x10^2$	10^3	10^3		$2x10^2$		10	10^2	
Pulmonaria helvetica Bolliger	10^2	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$	$<10^2$				
Utricularia intermedia aggr.	$5x10^3$	10^3	$3x10^3$	10^2	10^2	$3x10^3$		10^2	10^3	
Utricularia vulgaris aggr.	$5x10^3$	$4x10^3$	$2x10^2$	$2x10^2$		$3x10^3$	$<10^2$	10^2	10^3	
Veronica catenata Pennell	$<10^2$	$<10^2$				$<10^2$				
Viola persicifolia auct.	$<10^2$		$<10^2$							$<10^2$

Figure 25 : À gauche : La Pulmonaire helvétique (Pulmonaria helvetica Bolliger), espèce endémique des camtons de Vaud et Fribourg et l'une des rares espèces forestières figurant dans la liste des espèces prioritaires au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens). À droite : La Calmagrostide blanchâtre (Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth) qui affectionne les lisières des Saulaies buissonnantes (© Association de la Grande Cariçaie).

Tableau 32 : Fréquence des espèces prioritaires de priorité faible pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% de mailles occupées)										
Achillea ptarmica L.	<1	<1					1			
Butomus umbellatus L.	<1		<1	1						
Carex lasiocarpa Ehrh.	2	<1	3	3	2	1		1	2	8
Carex otrubae Podp.	7	10	4	1	2	1	11	26	1	
Carex pseudocyperus L.	6	9	4	2	9	15	4	8	<1	4
Carex riparia Curtis	41	42	40	53	58	32	51	41	28	32
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	3	2	3			1	4		8	
Ceratophyllum demersum L.	1	1	1	2	2	2	1	1		
Cyperus flavescens L.	2	2	2			5		2	1	8
Cyperus fuscus L.	2	3	2		3	6	1	4	<1	6
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	7	5	7	5	2	9	1	10	9	10
Gentiana pneumonanthe L.	2		3						5	10
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	<1	<1					1			
Hydrocotyle vulgaris L.	13	8	16	14	8	9	5	16	21	14
Isolepis setacea (L.) R. Br.	<1	<1	<1				1	1		
Myosotis scorpioides aggr.	1	1	1	1		2		1		2
Najas marina L.	3	5	2	1	8	6	5		1	2
Odontites vulgaris Moench	1	2	<1					5	1	
Ophioglossum vulgatum L.	<1	<1					1			
Potamogeton gramineus L.	1	1	1	1		2			1	2
Potamogeton nodosus Poir.	<1	<1	<1	1				1		
Potamogeton pusillus aggr.	3	4	2	3	9	7	2	1		
Potamogeton x angustifolius aggr.	1	1	<1		3	1	2			
Ranunculus circinatus Sibth.	<1	1					2			
Ranunculus lingua L.	<1		<1	1						
Ranunculus sceleratus L.	3	4	1		5	9	2	1	1	2
Rorippa amphibia (L.) Besser	<1	<1				1				
Rorippa x anceps aggr.	8	12	5	5	17	23	4	6	3	2
Rumex hydrolapathum Huds.	3	5	1	3		12				
Sanguisorba officinalis L.	23	19	27	22		11	23	20	44	28
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	4	5	3	2	2	9	3	6	1	4
Sparganium emersum Rehmann	<1	<1				1				
Sparganium erectum L.	6	10	2	1	6	24	1	3	1	
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	1		2						4	2
Thalictrum flavum L.	30	27	33	30	23	33	21	28	38	44
Thelypteris palustris Schott	4	6	1	1	2	15	1	1	1	2
Utricularia minor L.	2	4	1	2		8		2	2	

Figure 26 : À gauche : la Laîche des rives (Carex riparia Curtis), une espèce fréquente dans les lisières des Aulnaies. À droite : les fleurs du Pigamon jaune (Thalictrum flavum L.), qui affectionne les ourlets hygrophiles des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens)

3.5 MODULE 5 : MONITORING DES NÉOPHYTES ENVAHISSANTES

Comparativement aux nombreuses observations réalisées pour les espèces prioritaires, seules quelques milliers d'observations de néophytes envahissantes ont été collectées lors de la première étape du monitoring (Tableau 33). Elles concernent essentiellement le Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), seule espèce retenue comme néophyte envahissante à envahissement élevé au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Tableau 33 : Nombre d'observations de néophytes envahissantes par groupe de milieux naturels réalisées lors de la première étape du monitoring de la flore et de la végétation des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Nombre d'observations		
	Lac	**Marais**	**Forêt**
Toutes les néophytes envahissantes	260	1'358	541
Néophyte à envahissement élevé	90	1'138	280
Néophytes à envahissement faible	170	220	261

L'estimation des populations de cette espèce a été réalisée selon le même processus de transformation des données que celui adopté pour les espèces prioritaires et peut être consulté dans le Tableau 21 en début de section 3.4 de ce rapport.

3.5.1 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels lacustres

Diversité

La diversité des néophytes envahissantes constatée pour ce groupe est liée aux néophytes présentes dans les mailles chevauchant les marais non-boisés, la seule néophyte strictement hygrophile et inféodée aux milieux naturels lacustres étant l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canadensis* aggr.) (Figure 27). La faible diversité constatée pour les réserves du Bas-Lac, des Grèves de la Corbière et de Cudrefin mérite cependant d'être relevée (Tableau 34).

Fréquence

Les fréquences relevées, quelle que soit l'échelle considérée, sont très largement liées à celle de l'Elodée du Canada (Tableau 36), particulièrement élevée dans les réserves des Grèves de Cheseaux, du Bas-Lac et de Cudrefin situées aux deux extrémités du lac de Neuchâtel.

Dénombrement

Les populations de Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), à l'exception de celles des réserves des Grèves de Cheseaux et des Grèves d'Ostende, restent limitées à moins d'un millier d'émergences feuillées (Tableau 35). Le travail des courants lacustres, qui permettent l'accumulation de matière organique et la diffusion de nutriments sur la marge séparant le lac et les marais non-boisés, est probablement à l'origine d'une partie des populations relevées.

Tableau 34 : Diversité et fréquence des néophytes envahissantes pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)											
Toutes les néophytes envahissantes	10	7	2	8	4	5	6	2	4	4	1
Néophytes à envahissement faible	9	6	1	7	3	4	5	1	3	3	1
Fréquence (% mailles occupées)											
Toutes les néophytes envahissantes	24	16	38	27	56	12	16	13	18	17	37
Néophytes à envahissement faible	18	13	38	19	34	10	13	12	11	12	37

Figure 27 :
L'Elodée du Canada (Elodea canadensis aggr.), la néophyte envahissante la plus fréquente sur le littoral des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie, particulièrement aux deux extrémités du lac (© Inconnu)

Tableau 35 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton) pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)										
8	5	1	12	38	3	3	1	10	6	
Dénombrement										
$3x10^4$	10^4	$<10^2$	10^4	10^4	$<10^2$	10^2	$<10^2$	10^4	10^3	

Tableau 36 : Fréquence des néophytes envahissantes à envahissement faible pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)											
Buddleja davidii Franch.	<1			<1	1						
Elodea canadensis aggr.	17	11	38	18	31	9	9	12	10	11	37
Erigeron annuus (L.) Desf.	1	1		<1		1	2		1		
Impatiens glandulifera Royle	1	1		<1		1	3				
Prunus laurocerasus L.	<1			1					1	1	
Reynoutria japonica Houtt.	<1	<1					1				
Rhus typhina L.	<1	<1					1				
Robinia pseudoacacia L.	<1	<1		<1		1				1	
Solidago canadensis L.	<1			1	3						

3.5.2 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels des marais non-boisés

Diversité

Déjà constatée pour les milieux naturels lacustres, la faible diversité des néophytes envahissantes pour les réserves du Bas-Lac et de Cudrefin mérite d'être relevée (Tableau 37).

Fréquence

Les fréquences relevées, quelle que soit l'échelle considérée, sont largement liées à celle du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) (Figure 28), présent dans toutes les réserves naturelles, particulièrement dans celles des Grèves de Cheseaux et des Grèves de la Motte où il occupe plus du tiers des mailles prospectées. La fréquence très faible de l'espèce dans la réserve de Cudrefin est à relever (Tableau 38). La fréquence des autres néophytes est faible et n'excède que rarement 1%, à l'exception de celle de l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canadensis* aggr.) dans les mailles chevauchant le lac (Tableau 39).

Dénombrement

Les populations de Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) atteignent la centaine de milliers d'émergences feuillées aux échelles globales et cantonales. A l'exception de la réserve de Cudrefin, où les populations de l'espèce n'excèdent pas quelques centaines d'individus, celles-ci atteignent plusieurs milliers, voire même avoisinent la centaine de milliers d'émergences feuillées, dans les réserves des Grèves de Cheseaux, des Grèves d'Ostende et des Grèves de la Motte (Tableau 38).

Tableau 37 : Diversité et fréquence des néophytes envahissantes pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)											
Toutes les néophytes envahissantes	11	10	3	10	7	7	9	7	7	7	6
Néophytes à envahissement faible	10	9	2	9	6	6	8	6	6	6	5
Fréquence (% mailles occupées)											
Toutes les néophytes envahissantes	32	37	33	28	45	30	23	32	28	39	23
Néophytes à envahissement faible	6	5	29	6	7	8	6	7	3	3	19

Tableau 38 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton) pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)										
27	34	6	23	43	24	18	27	26	37	4
Dénombrement										
$3x10^5$	10^5	10^3	10^5	$9x\ 10^4$	$2x\ 10^4$	$7x\ 10^3$	$2x\ 10^4$	10^5	$7x\ 10^4$	$4x\ 10^2$

Figure 28 :
Le Solidage géant (Solidago gigantea Aiton), la néophyte la plus envahissante dans les marais non-boisés des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie où elle a été observée en populations avoisinnant la centaine de milliers d'unités dans certaines réserves naturelles (Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens)

Tableau 39 : Fréquence des néophytes envahissantes à envahissement faible pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)											
Buddleja davidii Franch.	<1	<1		<1	<1		<1			<1	
Bunias orientalis L.	<1			<1	<1						
Elodea canadensis aggr.	4	2	27	4	2	3	2	4	2	2	12
Erigeron annuus (L.) Desf.	1	1		1	2		1	2	<1		1
Impatiens glandulifera Royle	1	1	2	1		3	2	<1		<1	5
Prunus laurocerasus L.	<1	1		<1		1	<1	1	<1	<1	
Reynoutria japonica Houtt.	<1	<1		<1		1	<1			<1	<1
Rhus typhina L.	<1	<1				1			<1		
Robinia pseudoacacia L.	1	1		1	2	1	2	2	<1	<1	
Solidago canadensis L.	<1	<1		<1	1		1	<1	<1		2

3.5.3 Néophytes envahissantes du groupe des milieux naturels forestiers

Diversité

Déjà constatée pour les milieux naturels lacustres et ceux des marais non-boisés, la faible diversité des néophytes envahissantes pour les réserves des Grèves de la Corbière et de Cudrefin mérite une nouvelle fois d'être relevée (Tableau 40).

Fréquence

À la différence du groupe des milieux naturels des marais non-boisés, la fréquence des néophytes envahissantes pour le groupe des milieux naturels forestiers n'est pas uniquement liée à celle du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), la fréquence de cette espèce étant même parfois dépassée par celle d'autres taxons dans certaines réserves naturelles (Tableaux 41 et 42). C'est le cas de l'Impatiente glanduleuse (*Impatiens glandulifera* Royle), plus fréquente dans la réserve de Cudrefin, et du Robinier (*Robinia pseudoacacia* L.) (Figure 29), plus fréquent dans la réserve de Cheyres. Ici encore la fréquence particulièrement faible du Solidage géant dans la réserve de Cudrefin est à relever (Tableau 41).

Dénombrement

Les populations du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) n'excèdent pas quelques dizaines de milliers d'unités à l'échelle cantonale et la dizaine de milliers d'unités dans chacune des réserves naturelles (Tableau 41). La réserve de Cudrefin, où l'espèce présente une fréquence remarquablement faible, abrite cependant des populations relativement élevées.

Tableau 40 : Diversité et fréquence des néophytes envahissantes pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)										
Toutes les néophytes envahissantes	12	11	11	9	8	10	5	8	8	6
Néophytes à envahissement faible	11	10	10	8	7	9	4	7	7	5
Fréquence (% mailles occupées)										
Toutes les néophytes envahissantes	32	27	37	69	43	32	9	27	31	20
Néophytes à envahissement faible	17	15	18	41	26	27	2	8	9	16

Tableau 41 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton) pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)									
20	16	23	43	20	10	8	23	26	4
Dénombrement									
$4x10^4$	$5x\ 10^3$	$4x10^4$	10^4	$3x\ 10^3$	$3x\ 10^2$	$2x\ 10^3$	$2x\ 10^3$	10^4	10^4

Tableau 42 : Fréquence des néophytes envahissantes à envahissement faible pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)										
Buddleja davidii Franch.	2	1	2	5	2	3			2	
Bunias orientalis L.	<1		<1	1						
Elodea canadensis aggr.	1	1	1	3	2	2	1	1		2
Erigeron annuus (L.) Desf.	3	<1	6	17	3	1	1	3		
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	<1	<1				1				
Impatiens glandulifera Royle	3	3	3		17	6		1	1	12
Prunus laurocerasus L.	2	3	2	1	6	2	1	2	3	
Reynoutria japonica Houtt.	1	1	1	1		2			1	2
Rhus typhina L.	1	1	<1					3	1	
Robinia pseudoacacia L.	6	7	6	17	6	16	1	1	2	2
Solidago canadensis L.	1	1	1	1	3	2		1	<1	2

Figure 29 :
Le Robinier (Robinia pseudoacacia L.), une néophyte envahissante particulièrement fréquente dans les lisières bordant les voies de communication dans les réserves des Grèves de Cheseaux et de Cheyres (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

3.6 MODULE 6 : MONITORING DE LA BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE

Les données dont les résultats sont présentés dans cette section proviennent du sous-réseau régulier de mailles dont la distribution aux différentes échelles de traitement peut être consultée dans le Tableau 10 de la section 2.4 de ce rapport. Le choix a été fait, pour les tableaux de cette section, de ne présenter que les fréquences des 10 taxons les plus fréquents à l'échelle globale.

3.6.1 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels lacustres

Les diversités végétales relevées pour ce groupe résultent, en grande partie et comme cela a déjà été constaté pour la diversité des espèces prioritaires et des néophytes envahissantes, de

l'apport d'espèces présentes dans les mailles chevauchant les marais non-boisés. Malgré cet apport la biodiversité des milieux naturels lacustres reste la plus faible des trois groupes de milieux naturels prospectés et cet apport ne masque pas la prédominance des espèces caractérisques des milieux aquatiques dans les relevés réalisés. En témoignent les taux de fréquence élevés observés pour les espèces du genre *Potamogeton* ou celles regroupées dans le genre *Chara* L. (Figure 30), présentes dans plus des deux tiers des mailles prospectées toutes échelles confondues (Tableau 43). Certaines espèces se distinguent par leur fréquence particulièrement élevée suivant la réserve naturelle considérée. C'est le cas du Potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus* L.), présent dans toutes les mailles de la réserve de Cudrefin, ou encore du Potamot perfolié (*Potamogeton perfoliatus* L.), occupant plus des deux tiers des mailles prospectées dans la réserve de Cheyres. D'autres espèces, figurant pourtant dans la liste des dix espèces les plus fréquentes à l'échelle globale, montrent des fréquences particulièrement basses, voire même sont absentes de certaines réserves naturelles, comme le Potamot perfolié et le Myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum* L.) (Figure 30), peu observés dans la réserve de la Baie d'Yvonand, ou encore le Nitellopsis obtus (*Nitellopsis obtusa* (Desv.) J. Groves), espèce de Characée qui n'a pas été observée dans la réserve de Cudrefin.

Tableau 43 : Biodiversité végétale pour le groupe de milieux naturels « Lac ».

	GLO	FR	NE	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
	Diversité (Nombre de taxons)										
	230	162	64	134	96	49	22	72	111	57	8
Fréquence (% mailles occupées)											
Chara L.	84	85	84	83	86	91	87	94	85	65	78
Potamogeton pectinatus L.	68	60	59	77	76	55	47	56	91	71	100
Najas marina L.	66	52	92	66	67	18	47	63	82	88	89
Nitellopsis obtusa (Desv.) J. Groves	36	26	65	30	62	30	13	31	18	24	
Potamogeton perfoliatus L.	29	37	11	30	57	9	67	13	42	29	11
Potamogeton x decipiens aggr.	26	24	27	28	52	27	27	19	18	24	
Myriophyllum spicatum L.	24	27	24	22	19	6	27	13	42	41	22
Potamogeton x angustifolius aggr.	23	31	3	26	10	27	67	25	24	47	
Potamogeton pusillus aggr.	22	21	11	28	52	15	7	25	18	24	56
Phragmites australis (Cav.) Steud.	12	13	5	15	14	9	13	6	15	35	

Figure 30 : À gauche : Les espèces du genre Chara (Chara hispida L.), espèces les plus fréquentes sur le littoral des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie. À droite : Le Myriophylle en épi (Myriophyllum spicatum L.), une espèce dont la fréquence est particulièrement irrégulière sur le littoral de la rive sud du lac de Neuchâtel (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

3.6.2 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels des marais non-boisés

Mises à part des espèces caractéristiques d'associations végétales, comme le Roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Steud.) (Figure 31) pour le *Phalaridion* et le *Phragmition*, ou la Laiche élevée (*Carex elata* All.) pour le *Magnocaricion*, le classement établi met en avant des espèces reconnues pour être des compagnes de nombreuses associations végétales, à l'image de la Lysimaque vulgaire (*Lysimachia vulgaris* L.) (Figure 31) ou de l'Epiaire des marais (*Stachys palustris* L.). La faiblesse de la fréquence de la Marisque (*Cladium mariscus* (L.) Pohl) dans la réserve des Grèves de la Corbière mérite d'être relevée (Tableau 44).

Tableau 44 : Biodiversité végétale pour le groupe de milieux naturels « Marais ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
	Diversité (Nombre de taxons)									
	392	308	323	161	134	197	167	200	238	189
Fréquence (% mailles occupées)										
Phragmites australis (Cav.) Steud.	98	100	97	100	100	100	100	100	96	93
Lythrum salicaria L.	79	81	81	100	71	67	58	81	91	86
Lysimachia vulgaris L.	75	76	76	100	43	83	50	77	87	71
Galium palustre aggr.	73	76	73	80	57	58	58	87	78	71
Mentha aquatica L.	72	71	73	100	57	67	42	71	83	79
Carex elata All.	59	57	61	100	43	50	50	68	48	57
Scutellaria galericulata L.	59	62	60	90	43	58	25	77	65	36
Cladium mariscus (L.) Pohl	58	64	55	60	29	50	17	74	87	36
Calystegia sepium (L.) R. Br.	55	52	58	70	57	83	25	39	70	64
Stachys palustris L.	54	50	58	90	29	58	17	52	57	79

Figure 31 : À gauche : Le Roseau commun (Phragmites australis (Cav.) Steud.), l'espèce la plus fréquemment relevée dans les marais non-boisés prospectés, toutes échelles confondues (© Association de la Grande Cariçaie / Samuel Jordan). À droite : La Lysimaque vulgaire (Lysimachia vulgaris L.), une espèce particulièrement ubiquiste des marais non-boisés (© Association de la Grande Cariçaie / Sophie Giriens).

3.6.3 Biodiversité végétale du groupe des milieux naturels forestiers

La biodiversité des milieux naturels forestiers prospectés est la plus élevée des trois groupes de milieux naturels prospectés. Le classement établi, dominé par le Frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.) et le Cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea* L.) (Figure 32), révèle une structuration des forêts alluviales des réserves naturelles dominée par une strate arbustive aux essences variées. Le caractére alluvial peu marqué de ces essences arbustives mérite d'être relevé, à l'image du Troène vulgaire (*Ligustrum vulgare* L.) et de l'Aubépine à un style (*Crataegus monogyna*

Jacq.), espèces caractéristiques du *Berberidion*, ou du Noisetier (*Corylus avellana* L.) et du Chèvrefeuille des haies (*Lonicera xylosteum* L.), qui affectionnent les sous-bois des Tiliaies et des Hêtraies (Tableau 45).

Tableau 45 : Biodiversité végétale pour le groupe de milieux naturels « Forêt ».

	GLO	FR	VD	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
	Diversité (Nombre de taxons)									
	499	325	466	353	271	232	233	228	253	184
Fréquence (% mailles occupées)										
Fraxinus excelsior L.	99	97	100	100	100	100	94	100	100	100
Cornus sanguinea L.	95	94	95	90	100	85	94	100	95	100
Brachypodium sylvaticum (Huds.) P. Beauv.	94	89	96	100	93	85	88	100	90	100
Ligustrum vulgare L.	90	91	90	90	79	85	100	88	100	100
Corylus avellana L.	89	89	90	85	100	85	88	88	95	82
Rubus caesius L.	88	89	88	80	93	85	94	81	95	91
Quercus robur L.	87	86	87	95	86	69	94	88	95	82
Crataegus monogyna Jacq.	83	91	79	80	64	85	94	88	100	73
Hedera helix L.	77	77	77	90	79	69	75	75	81	55
Lonicera xylosteum L.	75	91	68	55	64	85	88	94	95	45

Figure 32 : À gauche : Le Frêne commun (Fraxinus excelsior L.), l'espèce la plus fréquemment relevée dans les milieux forestiers prospectés, toutes échelles confondues (© Inconnu). À droite : Le Cornouiller sanguin (Cornus sanguinea L.), l'un des arbustes de sous-bois les plus fréquemment relevés dans les milieux forestiers prospectés (© Association de la Grande Cariçaie).

3.7 SYNTHÈSES

Les synthèses proposées sont de deux ordres :

- celles présentées dans les sections 3.7.1 à 3.7.3 visent à caractériser, indépendamment des groupes de milieux naturels ou des milieux naturels qu'ils abritent, les périmètres composant les échelles considérées (globale – cantonale – réserves naturelles) ; ces synthèses permettent ainsi aux partenaires en charge de la protection de l'environnement et de la conservation de la nature aux échelles nationale (OFEV), cantonale (FR, NE, VD) et des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie (AGC), de consulter rapidement l'entier des résultats obtenus pour leurs périmètres respectifs en matière d'espèces prioritaires et de néophytes envahissantes ; les textes accompagnant les tableaux de synthèse mettent en avant brièvement les spécificités de ces périmètres, en évitant de s'attarder sur leurs traits communs qui peuvent être perçus à la lecture des tableaux présentés ; la répartition géographique des mailles dont les données ont été

retenues pour ces synthèses peut être consultée dans le Tableau 12 de la section 2.4 du rapport ;

- celles présentées dans les sections 3.7.12 et 3.7.13 se focalisent sur les espèces prioritaires et les néophytes envahissantes pour livrer, pour chacune d'entre elles, le détail de leur fréquence et de leur distribution, ainsi que certaines particularités que les différents tableaux présentés dans le rapport ne permettent pas de percevoir.

3.7.1 Synthése à l'échelle globale

Espèces prioritaires (Tableaux 46-48)

Parmi la liste des 67 espèces prioritaires recherchées dans le cadre de cette première étape de monitoring, 59 espèces ont été observées et 8 n'ont jamais été observées. Il s'agit de 2 des 20 espèces prioritaires de priorité élevée, la Littorelle uniflore (*Littorella uniflora* (L.) Asch.) et la Renoncule radicante (*Ranunculus reptans* L.), et de 6 des 47 espèces prioritaires de priorité faible, le Gnaphale blanc jaunâtre (*Gnaphalium luteoalbum* L.), l'Héléocharis épingle (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult.), l'Ophrys abeille (*Ophrys apifera* Huds.), l'Ophrys bourdon (*Ophrys holosericea* (Burm. f.) Greuter), l'Ophrys mouche (*Ophrys insectifera* L., le Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus* L.). L'absence des espèces d'Orchidacées peut être largement imputable à leur profil écologique peu compatible avec celui des milieux marécageux prospectés. Les absences de la Littorelle uniflore, de la Renoncule radicante et de l'Héléocharis épingle s'expliquent par la presque disparition de sols nus soumis aux battements du niveau du lac et susceptibles de permettre une colonisation. Celle de l'Héléocharis épingle doit être nuancée, des apparitions sporadiques de l'espèce ayant été constatées au cours des deux dernières décennies dans les zone et réserves naturelles de la Grande cariçaie, mais en dehors des mailles prospectées lors de cette première étape de monitoring.

De manière générale, plus de 90% des surfaces prospectées abritent au moins une espèce prioritaire au niveau national, conférant aux zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie un rôle prépondérant en matière de conservation de ces espèces, particulièrement celles inféodées aux milieux naturels des marais non-boisés. A titre d'exemples, le Pigamon jaune (*Thalictrum flavum* L.) ou encore l'Hydrocotyle commun (*Hydrocotyle vulgaris* L.) ont été observés dans plus du tiers des surfaces prospectées, fréquence d'observation les rendant presque banales au niveau des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie alors même que leur distribution nationale reste limitée. A défaut de disposer de recensements établis à l'échelle nationale, les réserves naturelles de la Grande Cariçaie semblent représenter un réservoir d'importance nationale pour des espèces telles que la Calamagrostide blanchâtre (*Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth), l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber) et les agrégats des Utriculaires intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) et commune (*Utricularia vulgaris* aggr.), dont les populations sont estimées à plusieurs dizaines de milliers d'émergences feuillées. Elles le sont probablement aussi pour des espèces aux populations plus faibles, comme la Baldéllie commune (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.) et la Violette des marécages (*Viola persicifolia* auct.), mais pour lesquelles les rives des trois lacs subjurassiens (Neuchâtel, Bienne et Morat) restent le principal centre de gravité national.

Tableau 46 : Nombre d'observations, diversité et fréquence des espèces prioritaires à l'échelle globale.

Nombre d'observations	
Tous les taxons prioritaires	23'973
Taxons de priorité élevée	6'411
Taxons de priorité faible	17'562
Diversité (Nombre de taxons prioritaires)	
Tous les taxons prioritaires	59
Taxons de priorité élevée	18
Taxons de priorité faible	41
Fréquence (% de mailles occupées)	
Tous les taxons prioritaires	91
Taxons de priorité élevée	53
Taxons de priorité faible	90
Densité (Nombre moyen d'espèces par maille)	
Tous les taxons prioritaires	3.81 ± 2.88

Tableau 47 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée à l'échelle globale.

	Fréquence (% de mailles occupées)	**Dénombrement**
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	<1	$2x10^2$
Bolboschoenus maritimus aggr.	<1	$<10^2$
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	1	10^5
Cardamine dentata Schult.	9	$6x10^3$
Carex buxbaumii Wahlenb.	<1	$2x10^2$
Euphorbia palustris L.	3	10^3
Hottonia palustris L.	<1	$<10^2$
Hydrocharis morsus-ranae L.	3	10^4
Inula helvetica Weber	12	$5x10^4$
Lathyrus palustris L.	18	10^4
Orchis palustris Jacq.	14	$5x10^3$
Potamogeton coloratus Hornem.	5	$2x10^4$
Pulmonaria helvetica Bolliger	<1	10^2
Sparganium natans L.	<1	$<10^2$
Utricularia intermedia aggr.	19	$7x10^5$
Utricularia vulgaris aggr.	14	$8x10^4$
Veronica catenata Pennell	<1	$<10^2$
Viola persicifolia auct.	1	$4x10^2$

Tableau 48 : Fréquence (% de mailles occupées) des espèces prioritaires de priorité faible à l'échelle globale.

Achillea ptarmica L.	<1
Butomus umbellatus L.	<1
Carex lasiocarpa Ehrh.	5
Carex otrubae Podp.	2
Carex pseudocyperus L.	12
Carex riparia Curtis	33
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	1
Ceratophyllum demersum L.	3
Cyperus flavescens L.	1
Cyperus fuscus L.	2
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	6
Gentiana pneumonanthe L.	4
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	<1
Hydrocotyle vulgaris L.	34
Iris sibirica L.	<1
Isolepis setacea (L.) R. Br.	<1
Liparis loeselii (L.) Rich.	2
Myosotis scorpioides aggr.	2
Najas marina L.	18
Odontites vulgaris Moench	<1
Ophioglossum vulgatum L.	<1

Potamogeton gramineus L.	4
Potamogeton nodosus Poir.	1
Potamogeton pusillus aggr.	13
Potamogeton x angustifolius aggr.	5
Ranunculus circinatus Sibth.	<1
Ranunculus lingua L.	1
Ranunculus sceleratus L.	4
Rorippa amphibia (L.) Besser	2
Rorippa x anceps aggr.	17
Rumex hydrolapathum Huds.	5
Sanguisorba officinalis L.	14
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	6
Sparganium emersum Rehmann	<1
Sparganium erectum L.	6
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	2
Thalictrum flavum L.	36
Thelypteris palustris Schott	18
Trifolium fragiferum L.	<1
Utricularia minor L.	15
Zannichellia palustris L.	3

Néophytes (Tableaux 49-51)

Parmi la liste des 13 néophytes envahissantes recherchées dans le cadre de cette première étape de monitoring, 2 espèces n'ont jamais été observées. Il s'agit du Souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.) et du Séneçon sud-africain (*Senecio inaequidens* DC.) dont les profils écologiques sont peu compatibles avec ceux des milieux naturels marécageux prospectés. De manière générale, la fréquence des néophytes envahissantes observées reste très faible, seuls le Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) dans les marais non-boisés et, dans une moindre mesure, l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canadensis* aggr.) dans les eaux libres lacustres présentent des fréquences remarquables. Cette faiblesse peut être attribuée au particularisme de la région dans laquelle s'inscrivent les zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie, longtemps restée peu peuplée et à l'écart de l'urbanisation. Elle est aussi à mettre en relation avec la nature des limites de ces zone et réserves naturelles, marquées par des falaises boisées et des zones d'agriculture à l'amont et les eaux du lac de Neuchâtel à l'aval, fonctionnant come zones-tampon susceptibles de réduire leur perméabilité aux végétaux allogènes colonisateurs des milieux marécageux. L'importance de la fréquence et des populations du Solidage géant peut s'expliquer en partie par la méthode utilisée au cours des premières décennies de la gestion conservatoire du site pour restaurer les marais fortement embroussaillés. Réalisés par broyage superficiel du sol, ces travaux de restauration ont probablement augmenté la permabilité des milieux naturels et permis la diffusion de l'espèce, notamment le long des lisières forestières.

Tableau 49 : Nombre d'observations, diversité et fréquence des néophytes envahissantes à l'échelle globale.

Nombre d'observations	
Toutes les néophytes envahissantes	2'255
Néophyte à envahissement élevé	1'542
Néophytes à envahissement faible	713
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)	
Toutes les néophytes envahissantes	12
Néophytes à envahissement faible	11
Fréquence (% mailles occupées)	
Toutes les néophytes envahissantes	31
Néophytes à envahissement faible	11

Tableau 50 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton), néophyte envahissante à envahissement élevé, à l'échelle globale.

Fréquence (% mailles occupées)
22
Dénombrement
$4x10^5$

Tableau 51 : Fréquence (% de mailles occupées) des néophytes envahissantes à envahissement faible à l'échelle globale.

Buddleja davidii Franch.	1
Bunias orientalis L.	<1
Elodea canadensis aggr.	5
Erigeron annuus (L.) Desf.	2
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	<1
Impatiens glandulifera Royle	<1
Prunus laurocerasus L.	1
Reynoutria japonica Houtt.	1
Rhus typhina L.	<1
Robinia pseudoacacia L.	<1
Solidago canadensis L.	2

3.7.2 Synthèse à l'échelle cantonale

Espèces prioritaires (Tableaux 52-54)

Fribourg

Avec 57 espèces, les surfaces fribourgeoises des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie abritent le plus grand nombre d'espèces prioritaires observées à l'échelle cantonale. Quelques espèces, la Laiche d'Otruba (*Carex otrubae* Podp.) ou le Rubanier dressé (*Sparganium erectum* L.) par exemple, présentent les fréquences cantonales les plus élevées. Les populations de la Calamagrostide blanchâtre (*Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth) et de la Violette des marécages (*Viola persicifolia* auct.) y sont les plus élevées, atteignant la centaine de milliers d'émergences feuillées pour la première espèce. Le Bolboschoenus maritime (*Bolboschoenus maritimus* aggr.), le Trèfle porte-fraise (*Trifolium fragiferum* L.) et l'Iris de Sibérie (*Iris sibirica* L.) sont propres aux surfaces de ce canton, l'origine de cette dernière espèce restant cependant douteuse (voir section 3.7.4).

Neuchâtel (Bas-Lac)

Seule une moitié des espèces prioritaires observées dans les cantons de Vaud et Fribourg a été observée dans les surfaces neuchâteloises prospectées (28 taxons observés), faiblesse résultant des surfaces de marais non-boisé très réduites qu'elles abritent. Les surfaces de ce canton se distinguent cependant par la fréquence et la population particulièrement élevées de la Morène (*Hydrocharis morsus-ranae* L.).

Vaud

Les surfaces vaudoises, où 55 espèces prioritaires ont été observées, se distinguent à plusieurs égards. Elles présentent la plus haute fréquence d'espèces prioritaires de priorité élevée et parmi celles-ci, la Gesse des marais (*Lathyrus palustris* L.) qui occupe un quart des mailles prospectées. Les surfaces de ce canton valent aussi par l'importance des populations d'espèces prioritaires qu'elles abritent, qui sont les plus élevées pour bon nombre d'entre elles telles que la Baldéllie commune (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.), les agrégats des Utriculaires intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) et commune (*Utricularia vulgaris* aggr.) ou encore l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber). Le Rubanier nain (*Sparganium natans* L.) et l'Isolépis sétacé (*Isolepis setacea* (L.) R. Br.) sont propres aux surfaces de ce canton, même si des apparitions sporadiques de cette dernière espèce ont été constatées au cours des deux dernières décennies en terre fribourgeoise.

Tableau 52 : Nombre d'observations, diversité et fréquence des espèces prioritaires à l'échelle cantonale.

	FR	NE	VD
Nombre d'observations			
Tous les taxons prioritaires	9'824	357	14'592
Taxons de priorité élevée	2'163	42	4'206
Taxons de priorité faible	6'861	315	10'386
Diversité (Nombre de taxons prioritaires)			
Tous les taxons prioritaires	57	28	55
Taxons de priorité élevée	17	7	17
Taxons de priorité faible	40	21	38
Fréquence (% mailles occupées)			
Tous les taxons prioritaires	90	87	92
Taxons de priorité élevée	46	19	59
Taxons de priorité faible	90	87	90
Densité (Nombre moyen d'espèces par maille)			
Tous les taxons prioritaires	3.55 ± 2.85	2.17 ± 2.36	4.07 ± 2.88

Tableau 53 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée à l'échelle cantonale.

	Fréquence (% mailles occupées)			Dénombrement		
	FR	NE	VD	FR	NE	VD
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	<1		<1	$<10^2$		$2x10^2$
Bolboschoenus maritimus aggr.	<1			$<10^2$		
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	1	1	<1	$<10^5$	10^2	10^4
Cardamine dentata Schult.	4	9	12	$6x10^2$	$3x10^2$	$5x10^3$
Carex buxbaumii Wahlenb.	<1		1	$<10^2$		$2x10^2$
Euphorbia palustris L.	1		5	$6x10^2$		10^3
Hottonia palustris L.	<1		<1	$<10^2$		$<10^2$
Hydrocharis morsus-ranae L.	3	7	2	10^3	$4x10^3$	10^4
Inula helvetica Weber	10		14	$8x10^3$		$4x10^4$
Lathyrus palustris L.	9	3	25	10^3	$<10^2$	10^4
Orchis palustris Jacq.	13		15	$2x10^3$		$3x10^3$
Potamogeton coloratus Hornem.	7		4	10^4		10^4
Pulmonaria helvetica Bolliger	<1		1	$<10^2$		$<10^2$
Sparganium natans L.			<1			$<10^2$
Utricularia intermedia aggr.	18	2	21	$2x10^5$	10^4	$4x10^5$
Utricularia vulgaris aggr.	15	3	14	$4x10^4$	10^3	$4x10^4$
Veronica catenata Pennell	<1	2	<1	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
Viola persicifolia auct.	1		1	$3x10^2$		$<10^2$

Tableau 54 : Fréquence (% de mailles occupées) des espèces prioritaires de priorité faible à l'échelle cantonale.

	FR	NE	VD
Achillea ptarmica L.	<1		
Butomus umbellatus L.			<1
Carex lasiocarpa Ehrh.	3		7
Carex otrubae Podp.	4	1	1
Carex pseudocyperus L.	12	2	13
Carex riparia Curtis	29	24	35
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	1		2
Ceratophyllum demersum L.	3	12	2
Cyperus flavescens L.	2		1
Cyperus fuscus L.	3		1
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	6	2	7
Gentiana pneumonanthe L.	2		6
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	<1	4	<1
Hydrocotyle vulgaris L.	30		38
Iris sibirica L.	<1		
Isolepis setacea (L.) R. Br.	<1		<1
Liparis loeselii (L.) Rich.	2		2
Myosotis scorpioides aggr.	2	3	2
Najas marina L.	19	57	16
Odontites vulgaris Moench	1		<1
Ophioglossum vulgatum L.	<1		<1

	FR	NE	VD
Potamogeton gramineus L.	3		5
Potamogeton nodosus Poir.	1	2	1
Potamogeton pusillus aggr.	12	25	13
Potamogeton x angustifolius aggr.	6		4
Ranunculus circinatus Sibth.	1		<1
Ranunculus lingua L.	<1		2
Ranunculus sceleratus L.	4	8	4
Rorippa amphibia (L.) Besser	1	11	2
Rorippa x anceps aggr.	16	19	17
Rumex hydrolapathum Huds.	6	1	5
Sanguisorba officinalis L.	11	1	17
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	7	2	6
Sparganium emersum Rehmann	<1	4	<1
Sparganium erectum L.	11	1	3
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	<1		4
Thalictrum flavum L.	34	6	39
Thelypteris palustris Schott	21		17
Trifolium fragiferum L.	<1		
Utricularia minor L.	16	1	16
Zannichellia palustris L.	2	5	3

Néophytes (Tableaux 57-59)

Les cantons de Vaud et de Fribourg présentent des valeurs relativement semblables pour les néophytes envahissantes, que ce soit pour leur diversité, leur fréquence ou l'importance des populations du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton). Un tiers des surfaces prospectées abrite au moins une néophyte et le Solidage géant est présent dans environ 20% de ces surfaces, les populations de cette espèce dépassant les 100'000 unités. Toutes les autres néophytes, mis à part l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canandensis* aggr.), sont très peu fréquentes, leur taux de fréquence n'excédant pas 2%. Les surfaces prospectées du canton de Neuchâtel (Bas-Lac), largement dominées par les eaux lacustres, abritent principalement l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canandensis* aggr.), présent dans un tiers de ces surfaces.

Tableau 55 : Nombre d'observations, diversité et fréquence des néophytes envahissantes à l'échelle cantonale.

	FR	NE	VD
Nombre d'observations			
Toutes les néophytes envahissantes	946	62	1'247
Néophyte à envahissement élevé	652	4	866
Néophytes à envahissement faible	274	58	381
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)			
Toutes les néophytes envahissantes	11	3	11
Néophytes à envahissement faible	10	2	10
Fréquence (% mailles occupées)			
Toutes les néophytes envahissantes	32	36	30
Néophytes à envahissement faible	10	34	11

Tableau 56 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton), néophyte envahissante à envahissement élevé, à l'échelle globale.

FR	NE	VD
Fréquence (% mailles occupées)		
25	3	22
Dénombrement		
10^5	10^3	$2x10^5$

Tableau 57 : Fréquence (% de mailles occupées) des néophytes envahissantes à envahissement faible à l'échelle cantonale.

	FR	NE	VD
Buddleja davidii Franch.	<1		1
Bunias orientalis L.			<1
Elodea canadensis aggr.	4	33	5
Erigeron annuus (L.) Desf.	1		2
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	<1		
Impatiens glandulifera Royle	<1		
Prunus laurocerasus L.	1	1	1
Reynoutria japonica Houtt.	2		1
Rhus typhina L.	1		<1
Robinia pseudoacacia L.	1		<1
Solidago canadensis L.	2		2

3.7.3 Synthèse à l'échelle des réserves naturelles

Espèces prioritaires (Tableaux 58-60)

Grèves de Cheseaux

Certaines espèces sont particulièrement fréquentes dans cette réserve naturelle, comme la Baldéllie commune (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.), la laiche de Buxbaum (*Carex buxbaumii* Wahlenb.), le Liparis de Loesel (*Liparis loeselii* (L.) Rich.), qui n'avait pourtant jamais été observé dans cette réserve avant cette première étape de monitoring, ou encore la Renoncule langue (*Ranunculus lingua* L.), cantonnée autour des étangs au lieu-dit Châble-Perron. C'est aussi cette réserve qui abrite l'unique maille dans laquelle le Rubanier nain (*Sparganium natans* L.) a été observé, mais où sa présence était cependant connue de longue date.

Baie d'Yvonand

Les surfaces prospectées dans la réserve de la Baie d'Yvonand sont les plus réduites, après celles de la réserve du Bas-Lac. Cette réserve naturelle se distingue par la faible diversité des espèces prioritaires qu'elle abrite, bien inférieure à celle d'une réserve naturelle de même taille comme celle de Cudrefin. Cette faiblesse est imputable au spectre réduit des milieux naturels composant cette réserve, largement dominée par les roselières (*Phalaridion* ou *Phragmition*) et où les prairies

humides (*Molinion*, *Caricion davallianae*) sont presque absentes. Cette réserve naturelle abrite cependant les plus importantes populations de la Calamagrostide blanchâtre (*Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth), en terre fribourgeoise au lieu-fit « En Crevel », et de la Pulmonaire de Suisse (*Pulmonaria helvetica* Bolliger), espèce forestière endémique des cantons de Vaud et Fribourg qui trouve dans cette réserve naturelle la limite septentrionale de sa distribution.

Cheyres

Cette réserve naturelle est caractérisée par les fréquences les plus élevées pour des espèces telles que le Rubanier dressé (*Sparganium erectum* L.), le Schoenoplectus de Tabernaemontanus (*Schoenoplectus tabernaemontani* (C. C. Gmel.) Palla), la Laiche souchet (*Carex pseudocyperus* L.), le Souchet brun noirâtre (*Cyperus fuscus* L.) ou encore la Renoncule vénéneuse (*Ranunculus sceleratus* L.), ainsi que les populations les plus importantes de Potamot plantain (*Potamogeton coloratus* Hornem.) et de l'agrégat de l'Utriculaire commune (*Utricularia vulgaris* aggr.). Ces particularités résultent des nombreuses interventions (broyage, arrachage, décapage) visant à réduire l'embroussaillement, réalisées particulièrement dans la moitié est de la réserve et créant des perturbations du sol qu'affectionnent ces espèces au caractère pionnier reconnu. Cette réserve naturelle abrite la seule maille où le Bolboschoenus maritime (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla) a été observé à proximité du lieu-dit « Les Essertons ».

Grèves de la Corbière

La réserve des Grèves de la Corbière se distingue par la très faible fréquence des espèces prioritaires de priorité élevée. Cette faiblesse peut être attribuée aux surfaces d'eaux libres intérieures réduites qu'abrite cette réserve, limitant sa possible colonisation par les espèces aquatiques de la liste des espèces prioritaires de priorité élevée (Utriculaires, Potamots, Morène). La Laiche d'Otruba (*Carex otrubae* Podp.) et la Renoncule en crosse (*Ranunculus circinatus* Sibth.) y sont particulièrement fréquentes à l'échelle des zone et réserves naturelles, à des taux qui restent cependant très faibles. Cette réserve est la seule où l'Achillée des marais (*Achillea ptarmica* L.) et le Trèfle porte-fraise (*Trifolium fragiferum* L.) ont été observés, dans des mailles situées au lieu-dit « La Vernausa » en terre fribourgeoise.

Grèves d'Ostende

La réserve des Grèves d'Ostende, dont les surfaces prospectées sont les plus vastes et qui abrite tout le spectre des milieux naturels composant les marais non-boisés des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie, présente les plus hautes diversités d'espèces prioritaires, qu'elles soient de priorité élevée ou faible. Les fréquences de l'agrégat de l'Utriculaire intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.), de celui de l'Utriculaire commune (*Utricularia vulgaris* aggr.), de la Petite utriculaire (*Utricularia minor* L.), de la Cardamine des marais (*Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth) et de la Fougère des marais (*Thelypteris palustris* Schott) y sont remarquables, avec des populations records pour la Cardamine des marais et l'agrégat de l'Utriculaire intermédiaire.

Grèves de la Motte

La réserve des Grèves de la Motte abrite les plus hautes fréquences de Petite centaurée élégante (*Centaurium pulchellum* (Sw.)), d'Hydrocotyle commun (*Hydrocotyle vulgaris* L.) et de Spiranthe d'été (*Spiranthes aestivalis* (Poir.) Rich., ainsi que les plus importantes fréquences et populations d'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber) et d'Orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.), estimées à près de 30'000 émergences feuillées pour la première espèce et 2'000 pour la deuxième.

Cudrefin

Malgré la relative petite taille des surfaces prospectées dans cette réserve naturelle la réserve de Cudrefin est particulière à plus d'un titre. La densité d'espèces prioritaires y est nettement la plus élevée, presque deux fois supérieure à celle de réserve de la Baie d'Yvonand de taille pourtant équivalente. Elle abrite plusieurs espèces qui trouvent ici leur fréquence maximale. C'est la cas de l'Héléocharis à une écaille (*Eleocharis uniglumis* (Link) Schult.), de la Gentiane des marais (*Gentiana pneumonanthe* L.), de la Laiche de Buxbaum (*Carex buxbaumii* Wahlenb.) et de la Laiche à utricules velus (*Carex lasiocarpa* Ehrh.) ainsi que de l'Euphorbe des marais (*Euphorbia palustris* L.) qui trouve aussi ici ses plus importantes populations.

Tableau 58 : Nombre d'observations, diversité et fréquence des espèces prioritaires à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Nombre d'observations							
Tous les taxons prioritaires	3'370	1'230	3'265	1'748	6'704	4'696	2'594
Taxons de priorité élevée	1'044	240	640	169	2'029	1'436	811
Taxons de priorité faible	2'326	990	2'625	1'579	4'675	3'260	1'783
Diversité (Nombre de taxons prioritaires)							
Tous les taxons prioritaires	45	38	45	47	51	44	49
Taxons de priorité élevée	13	10	13	11	14	11	13
Taxons de priorité faible	32	28	32	36	37	33	36
Fréquence (% mailles occupées)							
Tous les taxons prioritaires	94	87	92	81	94	93	94
Taxons de priorité élevée	66	34	44	19	66	61	72
Taxons de priorité faible	92	85	91	81	93	91	93
Densité (Nombre moyen d'espèces par maille)							
Tous les taxons prioritaires	4.5 ± 3.08	2.81 ± 2.19	4.12 ± 3.38	2.28 ± 2.1	4.23 ± 2.73	3.69 ± 2.49	5.35 ± 3.24

Tableau 59 : Fréquence et dénombrement des espèces prioritaires de priorité élevée à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Fréquence (% mailles occupées)							Dénombrement						
	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	2				<1			$2x10^2$				$<10^2$		
Bolboschoenus maritimus aggr.			<1							$<10^2$				
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	<1	5	<1	<1	<1		1	10^4	10^5	10^4	10^4	$<10^2$		$3x10^3$
Cardamine dentata Schult.	12	4	2	4	17	3	15	10^3	$<10^2$	$<10^2$	$4x10^2$	$3x10^3$	$<10^2$	$3x10^2$
Carex buxbaumii Wahlenb.	1		<1			<1	2	$2x10^2$		$<10^2$			$<10^2$	$<10^2$
Euphorbia palustris L.	6	2		<1	2	2	21	$7x10^2$	10^2		$<10^2$	10^2	10^2	$7x10^2$
Hottonia palustris L.					1							$<10^2$		
Hydrocharis morsus-ranae L.	<1		6	1	2	1	8	10^2		10^3	$2x10^2$	$2x10^3$	$3x10^3$	$6x10^3$
Inula helvetica Weber	<1	4	12	2	7	32	21	10^2	10^3	$3x10^3$	10^3	10^3	$2x10^4$	10^4
Lathyrus palustris L.	51	6	8	5	15	11	54	$4x10^3$	$<10^2$	$6x10^2$	$<10^2$	10^3	$7x10^2$	$8x10^3$
Orchis palustris Jacq.	16	<1	7	4	17	28	8	$9x10^2$	$<10^2$	$2x10^2$	10^2	10^3	$2x10^3$	$<10^2$
Potamogeton coloratus Hornem.	12	2	11	<1	5	4	4	$4x10^3$	10^3	$6x10^3$	10^2	$2x10^3$	$3x10^3$	$2x10^3$
Pulmonaria helvetica Bolliger		5	1						$<10^2$	$<10^2$				
Sparganium natans L.	<1							$<10^2$						
Utricularia intermedia aggr.	19	15	13	4	36	23	7	10^5	$6x10^4$	$5x10^4$	$5x10^3$	$3x10^5$	10^5	$3x10^3$
Utricularia vulgaris aggr.	18	8	19	4	22	9	14	10^4	10^3	$3x10^4$	$5x10^2$	$2x10^4$	10^3	10^3
Veronica catenata Pennell			1	<1	<1		2			$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$		$<10^2$
Viola persicifolia auct.					2	<1	4					$3x10^2$	$<10^2$	$<10^2$

Tableau 60 : Fréquence (% de mailles occupées) des espèces prioritaires de priorité faible à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Achillea ptarmica L.				1			
Butomus umbellatus L.	<1					<1	<1
Carex lasiocarpa Ehrh.	13	2	6	1	3	5	14
Carex otrubae Podp.	1	1	1	7	4	1	0
Carex pseudocyperus L.	13	10	22	8	17	5	16
Carex riparia Curtis	52	43	26	44	29	17	40
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	1	<1	1	1	<1	5	1
Ceratophyllum demersum L.	3	1	2	3	4	1	3
Cyperus flavescens L.	<1		4	<1	1	3	2
Cyperus fuscus L.	<1	3	7	1	1	2	2
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	8	7	8	1	4	7	12
Gentiana pneumonanthe L.			2	<1	3	9	21
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.				1			2
Hydrocotyle vulgaris L.	39	13	28	9	39	52	45
Iris sibirica L.					<1		
Isolepis setacea (L.) R. Br.				<1	<1		
Liparis loeselii (L.) Rich.	7	1	5		<1	<1	
Myosotis scorpioides aggr.	1	1	3	1	3	1	5
Najas marina L.	13	24	18	26	14	14	22
Odontites vulgaris Moench				1	1	<1	<1
Ophioglossum vulgatum L.	<1	1	<1	<1	<1		1
Potamogeton gramineus L.	3	1	2	3	6	6	4
Potamogeton nodosus Poir.	1				2	<1	3
Potamogeton pusillus aggr.	10	17	14	14	15	4	19
Potamogeton x angustifolius aggr.	1	10	10	4	2	6	5
Ranunculus circinatus Sibth.				2	1		<1
Ranunculus lingua L.	10		<1	<1	<1	<1	1
Ranunculus sceleratus L.	4	7	8	3	3	1	7
Rorippa amphibia (L.) Besser	<1	<1	<1	2	2	<1	9
Rorippa x anceps aggr.	25	29	20	14	14	6	27
Rumex hydrolapathum Huds.	18	5	16	1	1	<1	2
Sanguisorba officinalis L.	15	1	6	14	7	28	29
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	6	2	10	4	8	5	5
Sparganium emersum Rehmann	<1	<1	1	<1	<1		1
Sparganium erectum L.	3	8	29	3	3	3	1
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.			1		<1	10	3
Thalictrum flavum L.	44	23	36	21	34	42	60
Thelypteris palustris Schott	11	10	29	7	41	6	6
Trifolium fragiferum L.				<1			
Utricularia minor L.	10	7	17	3	31	16	1
Zannichellia palustris L.	1	2	1	3	4	2	5

Néophytes (Tableaux 61-63)

Grèves de Cheseaux

Neuf néophytes ont été observées dans cette réserve. Cette réserve est aussi celle où le Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) est le plus fréquent, dépassant 40% de mailles occupées avec une population estimée à environ 100'000 unités. Suivent l'agrégat de l'Elodée du Canada (*Elodea canadensis* Michx.), la Vergerette annuelle (*Erigeron annuus* (L.) Desf.) et le Robinier (*Robinia pseudoacacia* L.). La fréquence de ces deux dernières espèces est étroitement liée aux voies de communication (voie CFF, route cantonale, piste cyclable) traversant la réserve naturelle.

Baie d'Yvonand

Dix néophytes ont été observées dans cette réserve. Elle est l'une des deux réserves naturelles où la fréquence de l'Impatiente glanduleuse (*Impatiens glandulifera* Royle) est la plus élevée, même si cette fréquence reste relativement basse. L'espèce est cantonnée dans les forêts alluviales du delta de la Menthue.

Cheyres

Avec 11 néophytes, c'est la réserve naturelle qui présente le plus grand nombre de néophytes observées. La fréquence du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) y est cependant particulièrement faible. Le Robiner (*Robinia pseudoacacia* L.) est relativement fréquent dans cette réserve qui, à l'image celle des Grèves de Cheseaux où l'espèce est aussi bien représentée, est traversée ou bordée par des voies de communication importantes (voie CFF, chemin des grèves, route cantonale). La réserve de Cheyres abrite la seule station de Berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier) observée dans la Grande Cariçaie.

Grèves de la Corbière

Cette réserve est celle où le nombre et la fréquence des néophytes envahissantes sont les plus faibles. Sept néophytes ont été observées, la majorité d'entre elles, à l'exception du Solidage géant, présentant des fréquence très faibles.

Grèves d'Ostende

Huit néophytes ont été observées dans cette réserve, avec des fréquences très faibles, mise à part celle du Solidage géant dont la population est l'une des plus élevées.

Grèves de la Motte

Neuf néophytes ont été observées dans cette réserve. La majorité d'entre elles montrent des fréquences très faibles, à l'exception du Solidage géant dont la fréquence est l'une des plus élevées. Cette fréquence élevée est probablement due en grande partie aux fréquentes mesures de restauration des marais réalisées jusqu'au début des années 2000 par broyage de la végétation.

Cudrefin

Avec 7 néophytes, c'est l'une des deux réserves naturelles qui présente le plus faible nombre de néophytes observées. La fréquence de l'agrégat de l'Elodée du Canada est la plus élevée, fréquence à mettre en relation avec l'importante proportion de surface lacustre dans cette réserve. Alors que l'Impatiente glanduleuse et le Laurier-cerise (*Prunus laurocerasus* L.) présentent les fréquences les plus élevées, celle du Solidage géant y est très nettement la plus faible. Cette faiblesse est probablement à mettre en relation avec le mode de gestion de cette réserve dans laquelle, en raison du faible embroussaillement de ses marais, le broyage de la végétation n'a jamais été appliqué comme mesure de restauration.

Tableau 61 : Nombre d'observations de néophytes envahissantes à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Nombre d'observations							
Toutes les néophytes envahissantes	505	149	241	168	484	528	112
Néophyte à envahissement élevé	348	84	96	124	410	460	16
Néophytes à envahissement faible	157	65	145	44	74	68	96
Diversité (Nombre de néophytes envahissantes)							
Toutes les néophytes envahissantes	9	10	11	7	8	9	7
Néophytes à envahissement faible	8	9	10	6	7	8	6
Fréquence (% mailles occupées)							
Toutes les néophytes envahissantes	54	28	25	20	27	35	24
Néophytes à envahissement faible	21	14	14	6	5	6	21

Tableau 62 : Fréquence et dénombrement du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton), néophyte envahissante à envahissement élevé, à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Fréquence (% mailles occupées)						
43	17	13	15	24	31	3
Dénombrement						
10^5	$3x10^4$	$8x10^3$	$2x10^4$	10^5	$8x10^4$	10^4

Tableau 63 : Fréquence (% de mailles occupées) des néophytes envahissantes à envahissement faible à l'échelle des zone et réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

	Ches	Yvon	Chey	Corb	Oste	Mott	Cudr
Buddleja davidii Franch.	2	1	1			1	
Bunias orientalis L.	1						
Elodea canadensis aggr.	7	4	3	4	3	3	13
Erigeron annuus (L.) Desf.	6	1	2	1	1		1
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier			<1				
Impatiens glandulifera Royle		5	3	<1	<1	2	5
Prunus laurocerasus L.	1	3	1	1	1	2	5
Reynoutria japonica Houtt.	<1	<1	1			1	
Rhus typhina L.		<1	<1		<1	<1	1
Robinia pseudoacacia L.	6	2	6	1	<1	<1	
Solidago canadensis L.	2	1	1	<1	<1	1	<1

3.7.4 Espèces prioritaires

Espèces prioritaires de priorité élevée

Baldellia ranunculoides (L.) Parl. : la Baldéllie commune a été observée dans 11 mailles, 9 d'entre elles se situent dans le canton de Vaud (réserve des Grèves de Cheseaux) et 2 dans le canton de Fribourg (réserve des Grèves d'Ostende). L'espèce a été dénombrée à raison de 1-9 émergences feuillées dans 6 mailles, 10-99 dans 3 mailles et 100-999 dans 2 mailles. Toutes les observations ont été réalisées dans des zones perturbées (ornières, fossés). Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Caricion davallianae* ou le *Cladietum*. Des stations historiques de l'espèce, dans des fossés de la réserve des Grèves de Cheseaux en dehors des surfaces prospectées, n'ont pu être confirmées.

Bolboschoenus maritimus aggr. : le Bolboschoenus maritime a été observé dans une seule maille, située dans le canton de Fribourg (réserve de Cheyres) (Figure 33). Moins de 100 émergences feuillées y ont été dénombrées sur une surface perturbée (dépôt de matériaux de décapage). La maille de présence est située à proximité d'une station historique de l'agrégat, où il a été à nouveau observé en 2021 mais hors du cadre de ce monitoring.

Figure 33 :
Le Bolboschoenus maritime (Bolboschoenus maritimus aggr) dans la réserve de Cheyres. En violet : maille dans laquelle le taxon a été observé. Cercle bleu : station historique du taxon. En rouge : limite de la réserve naturelle.

Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth : la Calamagrostide blanchâtre a été observée dans 27 mailles, 19 d'entre elles se situent dans le canton de Fribourg, essentiellement dans la réserve de la Baie d'Yvonand, 7 dans le canton de Vaud et une dans celui de Neuchâtel. Plus de 10'000 émergences feuillées de l'espèce ont été dénombrése dans plus de la moitié des mailles occupées. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*) ou le *Phalaridion*.

Cardamine dentata Schult. : la Cardamine des marais a été observée dans 398 mailles, dont 311 dans le canton de Vaud, 76 dans celui de Fribourg et 11 dans celui de Neuchâtel. L'espèce a été observée dans 193 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende (Figure 34), 65 de celle des Grèves de Cheseaux et 51 de celle de Cudrefin. Dans la majorité des mailles les populations observées sont plutôt réduites, 200 mailles abritant des populations de 1-9 émergences feuillées et 35 mailles des populations estimées à plus de 100 unités. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Nymphaeion*.

Figure 34 :
La Cardamine des marais (Cardamine dentata Schult) dans la réserve des Grèves d'Ostende qui abrite la majorité des mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Carex buxbaumii Wahlenb. : la Laiche de Buxbaum a été observée dans 14 mailles, dont 13 dans le canton de Vaud et 1 dans celui de Fribourg. L'espèce a été observée dans 8 mailles de la réserve de Cudrefin, 4 de celle des Grèves de Cheseaux et 1 de celles de Cheyres et des Grèves de la Motte. Dans la majorité des mailles les populations observées sont plutôt réduites, estimées à moins de 100 émergences feuillées pour 12 des 14 mailles de présence. Ce Carex pouvant, en forme stérile, être difficilement distinguable d'autres Carex, notamment de la Laiche

millet (*Carex panicea* L.), les dénombrements réalisés doivent être considérés avec circonspection. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Cladietum* ou le *Magnocaricion (*sine *Cladietum*).

Euphorbia palustris L. : l'Euphorbe des marais a été observée dans 150 mailles, dont 134 dans le canton de Vaud et le solde dans le canton de Fribourg. Elle a été observée dans 71 mailles de la réserve de Cudrefin, 33 de celle des Grèves de Cheseaux et 24 de celle des Grèves d'Ostende, les réserves des Grèves de la Motte, de la Baie d'Yvonand et des Grèves de la Corbière abritant moins de 15 mailles de présence chacune. La taille des populations est réduite, estimée à moins de 100 émergences feuillées pour 138 des 150 mailles de présence. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion*.

Hottonia palustris L. : l'Hottonie des marais a été observée dans 9 mailles, dont 8 dans le canton de Fribourg et 1 dans le canton de Vaud, toutes comprises dans la réserve des Grèves d'Ostende (Figure 35). L'espèce est l'une de celles dont le statut de priorité a été changé en cours de monitoring, passant du statut d'espèce prioritaire de priorité faible à celui d'espèce prioritaire de priorité élevée dont l'importance des populations doit être estimée. Les dénombrements, qui n'ont donc été réalisés que lors d'un seul passage et n'ont concerné que 3 des 9 mailles de présence, doivent probablement être considérés comme sous-estimés, sous-estimation accentuée par les difficultés d'accès à certaines parties des chenaux dans lesquelles l'espèce a été observée. Les populations ont été estimées à moins de 100 émergences feuillées pour chacune des 3 mailles dans lesquelles le dénombrement a été réalisé. La station issue d'une introduction et située dans un fossé à l'est de la réserve des Grèves de Cheseaux, en dehors des surfaces prospectées, a pu être confirmée en marge du monitoring.

Figure 35 :
L'Hottonie des marais (Hottonia palustris L.) dans la réserve des Grèves d'Ostende qui abrite la majorité des mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Hydrocharis morsus-ranae L. : la Morène a été observée dans 124 mailles, dont 61 dans le canton de Vaud, 54 dans celui de Fribourg et 9 dans le canton de Neuchâtel. Elle a été observée dans 38 mailles de la réserve de Cheyres, 28 de celle de Cudrefin et 27 de celle des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles, à l'exception de la Baie d'Yvonand où elle est absente. Les populations ont été estimées à moins de 100 émergences feuillées pour 74 mailles dénombrées, 14 mailles présentant des populations dépassant les 1'000 unités. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Nymphaeion*.

Inula helvetica Weber : l'Inule de Suisse a été observée dans 540 mailles, dont 334 dans le canton de Vaud et 186 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 288 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 82 de celle des Grèves d'Ostende, 74 de celle de Cheyres et 73 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves à l'exception de celle du Bas-Lac. L'espèce est l'une de celles dont le statut de priorité a été changé en cours du monitoring, passant du statut d'espèce prioritaire de priorité faible à celui d'espèce prioritaire de priorité élevée dont l'importance des populations doit être estimée. Les dénombrements, qui n'ont donc été réalisés que lors d'un seul passage et n'ont concerné que 334 des 540 mailles de présence, doivent probablement être considérés comme sous-estimés. Les populations s'avèrent souvent nombreuses, 26 mailles présentant plus de 1'000 émergences feuillées, une maille abritant même une population estimée supérieure à 10'000 unités. Plusieurs stations sont connues en dehors des surfaces prospectées, notamment le long du chemin des grèves entre Champmartin et Cudrefin dans la réserve des Grèves de la Motte. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion* ou le *Caricion davallianae.*

Lathyrus palustris L. : la Gesse des marais a été observée dans 822 mailles, deuxième espèce prioritaire la plus fréquente parmi les espèces prioritaires de priorité élevée, dont 644 dans le canton de Vaud, 174 dans le canton de Fribourg et 4 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 279 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux, 184 de celle de Cudrefin et 163 de celle des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les populations de l'espèce sont de petite taille, 735 mailles présentant des populations inférieures à 100 émergences feuillées. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion.*

Littorella uniflora (L.) Asch. : la Littorelle uniflore n'a pas été observée. Quelques stations étaient connues sur la rive sud du lac de Neuchâtel jusqu'au milieu des années 1980. Continuellement observée sur la rive nord du lac jusqu'à nos jours, une éventuelle migration de l'espèce vers la rive sud du lac n'est pas à exclure.

Orchis palustris Jacq. : l'Orchis des marais a été observé dans 615 mailles, dont 378 dans le canton de Vaud et 237 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 249 mailles de la réserve des Grèves de la Motte et 186 de celle des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les populations de l'espèce sont de petite taille, 581 mailles présentant des populations inférieures à 100 émergences feuillées. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Caricion davallianae*.

Potamogeton coloratus Hornem. : le Potamot plantain a été observé dans 247 mailles, dont 136 dans le canton de Fribourg et 111 dans le canton de Vaud. Il a été observé dans 64 mailles de chacune des réserves des Grèves d'Ostende et de Cheyres et 60 de celle des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les populations du Potamot plantain sont de petite taille, 164 mailles présentant moins de 100 émergences feuillées, 12 mailles présentant cependant des populations supérieures à 1'000 unités. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent souvent des zones perturbées (ornières) et sont majoritairement dominées par le *Cladietum* ou le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Pulmonaria helvetica Bolliger : la Pulmonaire de Suisse a été observée dans 21 mailles, dont 14 dans le canton de Vaud et 7 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 18 mailles de la

réserve de la Baie d'Yvonand (Figure 36) et 3 de celle de Cheyres. Les populations de la Pulmonaire de Suisse sont petites, ne dépassant pas 100 émergences feuillées. L'espèce, forestière et endémique des cantons de Vaud et Fribourg, est probablement plus largement répandue dans les forêts alluviales des réserves naturelles, notamment dans celles de la Baie d'Yvonand qui semble représenter la limite septentrionale de sa distribution nationale.

Figure 36 :
La Pulmonaire de Suisse (Pulmonaria helvetica Bolliger) dans la réserve de la Baie d'Yvonand. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Ranunculus reptans L. : la Renoncule radicante n'a pas été observée. La station signalée par Infoflora à la hauteur d'Estavayer-le-Lac est probablement erronnée. Quelques stations étaient connues sur la rive sud du lac de Neuchâtel jusqu'à la fin des années 1970, la 2ème Correction des Eaux du Jura réalisée à la fin des années 1960 ayant accéléré la réduction des surfaces nues et exondables favorables à l'espèce.

Sparganium natans L. : le Rubanier nain a été observé dans des dépressions inondées de *Magnocaricion* (sine *Cladietum*) d'une seule maille, dans le Canton de Vaud (réserve des Grèves de Cheseaux) (Figure 37). La station était connue de longue date et l'espèce avait aussi été observée par le passé dans les environs de cette maille, notamment dans un chenal reliant un des étangs du site au lac, station qui n'a pu être confirmée.

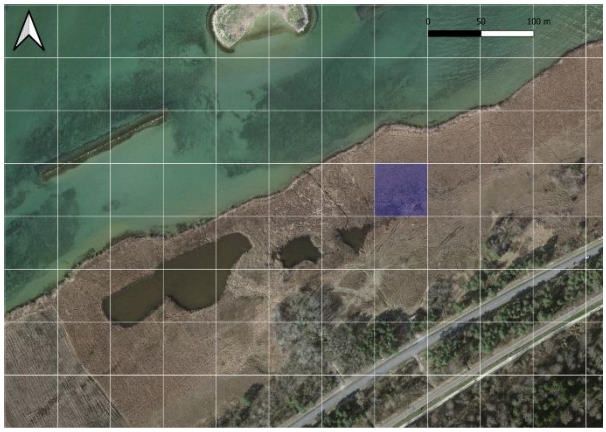


Figure 37 :
Le Rubanier nain (Sparganium natans L.) dans la réserve des Grèves de Cheseaux. En violet : maille dans laquelle l'espèce a été observée.

Utricularia intermedia aggr. : l'agrégat de l'Utriculaire intermédiaire est le taxon prioritaire de priorité élevée le plus fréquent, observé dans 886 mailles, dont 542 dans le canton de Vaud, 342 dans le canton de Fribourg et 2 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 400 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 207 de celle des Grèves de la Motte et 105 de celle des Grèves de

Cheseaux, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres résevres naturelles. Les populations de l'agrégat sont souvent importantes, 291 mailles comptant plus de 1'000 émergences feuillées et 43 mailles plus de 10'000 unités. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Utricularia vulgaris aggr. : l'agrégat de l'Utriculaire commune est l'un des taxons prioritaires de priorité élevée les plus fréquents, observé dans 632 mailles, dont 358 dans le canton de Vaud, 270 dans celui de Fribourg et 4 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 240 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 114 de celle de Cheyres, 97 de celle des Grèves de Cheseaux et 79 de celle des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. L'espèce est l'une de celles dont le statut de priorité a été changé en cours du monitoring, passant du statut d'espèce prioritaire de priorité faible à celui d'espèce prioritaire de priorité élevée dont l'importance des populations doit être estimée. Les dénombrements, qui n'ont donc été réalisés qu'une seule fois et n'ont concerné que 417 des 632 mailles de présence, doivent probablement être considérés comme sous-estimés. Les populations de l'agrégat sont plutôt élevées, 58 mailles présentant des populations supérieures à 1'000 émergences feuillées et 2 mailles présentant des populations supérieures à 10'000 unités. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Nymphaeion*.

Veronica catenata Pennell : la Véronique à épis lâches a été observée dans 16 mailles, dont 8 dans le canton de Vaud, 5 dans celui de Fribourg et 3 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 6 mailles de la réserve de Cudrefin et n'a pas été observée dans les réserves des Grèves de Cheseaux, de la Baie d'Yvonand et des Grèves de la Motte. L'espèce est l'une de celles dont le statut de priorité a été changé en cours du monitoring, passant du statut d'espèce prioritaire de priorité faible à celui d'espèce prioritaire de priorité élevée dont l'importance des populations doit être estimée. Les dénombrements n'ont donc été réalisés que lors d'un seul passage et n'ont concerné que 12 des 16 mailles de présence. Les fréquences et les dénombrements de l'espèce restent à préciser, cette espèce étant difficile à distinguer de la Véronique mouron d'eau (*Veronica anagallis-aquatica* L.).

Viola persicifolia auct. : la Violette des marécages a été observée dans 39 mailles, dont 13 dans le canton de Vaud et 26 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 26 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 12 de celle de Cudrefin et une de celle des Grèves de la Motte. Les populations de l'espèce sont de petite taille, seules 2 mailles présentant plus de 100 émergences feuillées. D'anciens dénombrements réalisés au début des années 2000 faisaient état de plusieurs milliers, voire dizaines de milliers d'unités. Il semble cependant que les crues du lac soient un puissant modulateur des effectifs de cette espèce, celles intervenues en 2007 et 2015 ayant probablement conduit à un rétrécissement des aires de distribution de l'espèce. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Caricion davallianae*.

Espèces prioritaires de priorité faible

Achillea ptarmica L. : l'Achillée des marais a été observée dans 5 mailles, toutes situées dans le canton de Fribourg (réserve naturelle des Grèves de la Corbière). Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des bords de chemins à humidité variable où l'espèce se développe sans affinité claire pour un milieu naturel particulier.

Butomus umbellatus L. : le Butome en ombelle a été observé dans 5 mailles, toutes dans le canton de Vaud, dont 1 dans la réserve de Cudrefin et 2 dans chacune de celles des Grèves de Cheseaux et des Grèves de la Motte. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des

surfaces perturbées (ornières, dépressions humides) et sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

Carex lasiocarpa Ehrh. : la Laiche à utricules velus est l'une des espèces prioritaires dont le statut de priorité a été changé en cours du monitoring, passant du statut d'espèce non-prioritaire à celui d'espèce prioritaire de priorité faible. Les observations n'ont donc été réalisées que lors d'un seul passage. Elle a été observée dans 244 mailles, dont 181 dans le canton de Vaud et 63 dans le canton de Fribourg. Elle a été observée dans 72 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux, 47 de celle de Cudrefin, 46 de celle des Grèves de la Motte, 37 de celle de Cheyres et 31 de celle des Grèves d'Ostende. Dispersée dans les autres réserves naturelles, elle est absente de la réserve du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Cladietum*.

Carex otrubae Podp. : la Laiche d'Otruba est l'une des espèces dont l'OFEV a changé le statut de priorité en 2017, la sortant de la liste des espèces prioritaires au niveau national. L'espèce a été observée dans 107 mailles, dont 70 dans le canton de Fribourg, 36 dans le canton de Vaud et une dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 44 mailles de chacune des réserves des Grèves d'Ostende et des Grèves de la Corbière, le solde se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. L'espèce affectionne les fossés en lisière forestière sans affinité claire pour un milieu naturel particulier.

Carex pseudocyperus L. : la Laiche souchet a été observée dans 559 mailles, dont 329 dans le canton de Vaud, 227 dans celui de Fribourg et 3 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 185 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende et 131 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

Carex riparia Curtis : la Laiche des rives est l'une des espèces dont l'OFEV a changé le statut de priorité en 2017, la sortant de la liste des espèces prioritaires au niveau national. Elle est la troisième espèce la plus fréquente, observée dans 1482 mailles, dont 904 dans le canton de Vaud, 548 dans celui de Fribourg et 30 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 327 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 283 de celle des Grèves de Cheseaux et 257 de celle des Grèves de la Corbière, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

Centaurium pulchellum (Sw.) Druce : la Petite centaurée élégante a été observée dans 67 mailles, dont 48 dans le canton de Vaud et 19 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 42 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces généralement peu végétalisées et sont majoritairement dominées par le *Molinion*. L'espèce a aussi fréquemement été observée dans des ornières et sur des chemins exposés à l'ensoleillement et temporairement inondés.

Ceratophyllum demersum L. : le Cornifle immergé est l'une des espèces dont l'OFEV a changé le statut de priorité en 2017, la sortant de la liste des espèces prioritaires au niveau national. L'espèce a été observée dans 127 mailles, dont 60 dans le canton de Vaud, 52 dans celui de Fribourg et 15 dans celui de Neuchâtel. L'espèce a été observée dans 43 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 20 de celle des Grèves de la Corbière et 15 de chacune des réserves des

Grèves de Cheseaux et du Bas-Lac, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Nymphaeion*.

Cyperus flavescens L. : le Souchet jaunâtre a été observé dans 64 mailles, dont 32 dans le canton de Vaud et 32 dans le canton de Fribourg. Il a été observé dans 26 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 22 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées de *Nanocyperion*, trop réduites pour être retenues dans l'analyse de l'affinité des espèces, et sont majoritairement dominées par le *Molinion*.

Cyperus fuscus L. : le Souchet brun noirâtre a été observé dans 90 mailles, dont 59 dans le canton de Fribourg et 31 dans le canton de Vaud. Il a été observé dans 40 mailles de la réserve de Cheyres, 14 de celle des Grèves de la Motte et 11 de chacune des réserves de la Baie d'Yvonand et des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées (ornières) sans affinité claire pour un milieu naturel particulier.

Cypripedium calceolus L. : le Sabot de Vénus n'a pas été observé. Quelques stations, connues jusqu'à la fin des années 1990 dans les réserves des Grèves de Cheseaux et des Grèves de la Corbière, mais situées en dehors des surfaces prospectées, n'ont pu être confirmées.

Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult. : l'Héléocharis épingle n'a pas été observé. Quelques apparitions fugaces de l'espèce ont été signalées jusqu'au début des années 2000 dans la zone naturelle du Bois des Vernes et dans la réserve des Grèves de Cheseaux.

Eleocharis uniglumis (Link) Schult. : l'Héléocharis à une écaille a été observé dans 279 mailles, dont 168 dans le canton de Vaud, 109 dans celui de Fribourg et 2 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 64 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 49 de celle de Cheyres, 48 de celle des Grèves d'Ostende, 44 de celle des Grèves de Cheseaux et 41 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées et sont majoritairement dominées par le *Molinion*, le *Cladietum* ou le *Magnocaricion* (sine *Cladietum)*.

Gentiana pneumonanthe L. : la Gentiane des marais a été observée dans 189 mailles, dont 160 dans le canton de Vaud et 29 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 78 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 72 de celle de Cudrefin (Figure 38) et 29 de celle des Grèves d'Ostende, l'espèce n'ayant pas été observée dans les réserves des Grèves de Cheseaux et du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion* ou le *Caricion davallianae*.

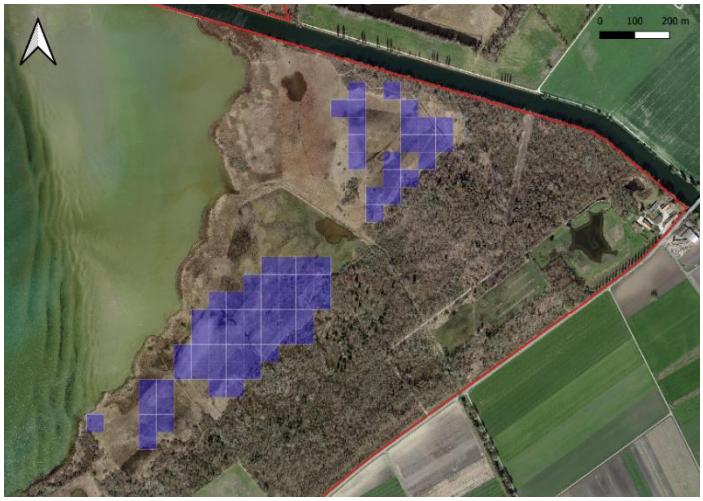


Figure 38 :
La Gentiane des marais (Gentiana pneumonanthe L.) dans la réserve de Cudrefin. En violet : maille dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Glyceria maxima (Hartm.) Holmb. : la Grande glycérie a été observée dans 15 mailles, dont 6 dans le canton de Vaud, 4 dans celui de Fribourg et 5 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 6 mailles de la réserve de Cudrefin, 5 de celle du Bas-Lac et 4 de celle des Grèves de la Corbière. L'espèce est présente, de longue date, sur les rives du ruisseau du Mujon en limite de la zone naturelle du Bois des Vernes mais en dehors des surfaces prospectées. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

Gnaphalium luteoalbum L. : le Gnaphale blanc jaunâtre n'a pas été observé. Quelques stations, connues jusqu'au début des années 2000 dans la réserve des Grèves d'Ostende, mais situées en dehors des surfaces prospectées, n'ont pu être confirmées.

Hydrocotyle vulgaris L. : l'Hydrocotyle commun est la deuxième espèce prioritaire la plus fréquente, observée dans 1528 mailles, dont 974 dans le canton de Vaud et 554 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 469 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 433 de celle des Grèves d'Ostende, 213 de celle des Grèves de Cheseaux, 167 de celle de Cheyres et 152 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Caricion davallianae* ou le *Cladietum*.

Iris sibirica L. : l'Iris de Sibérie a été observé dans une maille du canton de Fribourg, dans la réserve des Grèves d'Ostende. L'individu observé se trouvait à proximité d'un chalet riverain et a probablement été introduit. Une station, située dans la réserve de Cudrefin et signalée par Stefan Strebel (com. personnel), n'a pu être confirmée.

Isolepis setacea (L.) R. Br.: l'Isolépis sétacé a été observé dans 4 mailles, dont 3 dans le canton de Vaud (réserve des Grèves d'Ostende) et une dans le canton de Fribourg (réserve des Grèves de la Corbière). Des apparitions fugaces de l'espèce ont été observées jusque dans les années 2010, mais en dehors des surfaces prospectées, souvent dans des ornières ou sur des chemins boueux en milieu forestier.

Liparis loeselii (L.) Rich. : le Liparis de Loesel a été observé dans 74 mailles, dont 39 dans le canton de Vaud et 35 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 37 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux, dans laquelle il n'avait pourtant jamais été observé avant la première étape de monitoring, et 28 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celles des Grèves de la Corbière et du Bas-Lac. Les mailles

dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Cladietum* ou le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*), particulièrement sur les tourradons moussus de ce deuxième milieu naturel.

Myosotis scorpioides aggr. : cet agrégat a été observé dans 90 mailles, dont 56 dans le canton de Vaud, 30 dans celui de Fribourg et 4 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 30 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 18 de celle de Cheyres et 16 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les fréquences de l'espèce prioritaire visée dans cet agrégat, soit le Myosotis gazonnant (*Myosotis cespitosa* Schultz), restent à préciser, cette espèce étant difficile à distinguer de certains autres Myosotis de l'agrégat (p.ex. le Myosotis des marais (*Myosotis scorpioides* L.)). Les mailles dans lesquelles l'agrégat a été observé sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* ou le *Phalaridion*.

Najas marina L. : la Naïade marine a été observée dans 836 mailles, dont 410 dans le canton de Vaud, 356 dans le canton de Fribourg et 70 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 156 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende et 69 mailles de celle des Grèves de Cheseaux, où elle est la moins fréquente. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces d'eaux libres lacustres et sont majoritairement dominées par le *Phragmition* ou le *Phalaridion*.

Odontites vulgaris Moench : l'Odontitès tardif a été observé dans 17 mailles, dont 14 dans le canton de Fribourg et 3 dans le canton de Vaud. Il a été observé dans 9 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 5 de celle des Grèves de la Corbière, 2 de celle des Grèves de la Motte et une de celle de Cudrefin. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des bords de chemins à humidité variable où l'espèce se développe sans affinité claire pour un milieu naturel particulier.

Ophioglossum vulgatum L. : l'Ophioglosse commun a été observé dans 10 mailles, dont 7 dans le canton de Fribourg et 3 dans le canton de Vaud. Il est dispersé dans toutes les réserves naturelles, à l'exception de celles des Grèves de la Motte et du Bas-Lac. Le faible nombre d'observations ne permet pas de proposer une affinité de l'espèce pour un milieu naturel particulier.

Ophrys apifera Huds., *Ophrys holosericea* (Burm. f.) Greuter et *Ophrys insectifera* L. : ces trois Ophrys, qui apprécient les pelouses mi-sèches, n'ont pas été observés dans les surfaces marécageuses prospectées. Quelques stations, connues jusqu'à la fin des années 1990 mais situées en dehors des surfaces prospectées, n'ont pu être confirmées.

Potamogeton gramineus L. : le Potamot graminée a été observé dans 191 mailles, dont 131 dans le canton de Vaud et 60 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 71 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende et 57 de celle des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées temporairement inondées et sont majoritairement dominées par le *Cladietum* ou le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Potamogeton nodosus Poir. : le Potamot noueux a été observé dans 41 mailles, dont 27 dans le canton de Vaud, 12 dans celui de Fribourg et 2 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 21 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 9 de celle de Cudrefin et 6 de celle des Grèves de Cheseaux, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celles de la Baie d'Yvonand et des Grèves de la Corbière. Les mailles dans

lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces d'eaux libres lacustres ou intérieures (étangs, canaux) favorables à l'espèce et sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Potamogeton pusillus aggr. : cet agrégat a été observé dans 587 mailles, dont 329 dans le canton de Vaud, 227 dans celui de Fribourg et 31 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 169 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant régulièrement dans toutes les autres réserves naturelles. Les fréquences de l'espèce prioritaire visée dans cet agrégat, soit le Potamot fluet (*Potamogeton pusillus* L.), restent à préciser, cette espèce étant difficile distinguable de l'autre Potamot de l'agrégat, soit le Potamot de Berchtold (*Potamogeton berchtoldii* Fieber). Si les observations réalisées dans les eaux lacustres semblent pouvoir être attribuées, a priori, à l'espèce prioritaire visée, celles réalisées dans les eaux intérieures sont probablement à attribuer au Potamot de Berchtold. Les mailles dans lesquelles l'agrégat a été observé abritent des surfaces d'eaux libres lacustres ou intérieures et sont majoritairement dominées par le *Phragmition* ou le *Nymphaeion*.

Potamogeton x angustifolius aggr. : cet agrégat a été observé dans 218 mailles, réparties pour moitié dans les cantons de Vaud et Fribourg. Il a été observé dans 62 mailles de la réserve de Cheyres et 53 de celle des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les fréquences, voire même la présence, de l'hybride prioritaire visé dans cet agrégat, soit le Potamot à feuilles étroites (*Potamogeton x angustifolius* Bercht. & J. presl), restent à préciser. Les individus observés lors des prospections et attribués à cet agrégat présentaient une constance phénologique. Ils étaient cependant presqu'exclusivement réduits à une simple tige stérile à feuilles submergées, rendant possible une confusion avec d'éventuels hybrides formés par les autres Potamots de l'agrégat, soit le Potamot luisant (*Potamogeton lucens* L.), le Potamot perfolié (*Potamogeton perfoliatus* L.) et le Potamot graminée (*Potamogeton gramineus* L.). Les mailles dans lesquelles l'agrégat a été observé abritent des surfaces d'eaux libres lacustres et sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

Ranunculus circinatus Sibth. : la Renoncule en crosse a été observée dans 20 mailles, dont 16 dans le canton de Fribourg et 4 dans le canton de Vaud. Elle a été observée dans 12 mailles de la réserve des Grèves de la Corbière, 7 de celle des Grèves d'Ostende et une de celle de Cudrefin. Les mailles dans lesquelles l'agrégat a été observé abritent des surfaces d'eaux libres lacustres et sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

Ranunculus lingua L. : la Renoncule langue a été observée dans 61 mailles, dont 56 dans le canton de Vaud et 5 dans le canton de Fribourg. Elle a été observée dans 53 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux (Figure 39), le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celles de la Baie d'Yvonand et du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*) ou le *Phragmition*.

Figure 39 :
La Renoncule langue (Ranunculus lingua L.) dans la réserve des Grèves de Cheseaux. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Ranunculus sceleratus L. : la Renoncule vénéneuse a été observée dans 191 mailles, dont 103 dans le canton de Vaud, 78 dans celui de Fribourg et 10 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 49 mailles de la réserve de Cheyres et 31 de celle des Grèves d'Ostende, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées (ornières) et sont majoritairement dominées par le *Nymphaeion* ou le *Phalaridion*.

Rorippa amphibia (L.) Besser : le Cresson amphibie a été observé dans 80 mailles, dont 50 dans le canton de Vaud, 17 dans celui de Fribourg et 13 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 30 mailles de la réserve de Cudrefin, 22 de celle des Grèves d'Ostende, 13 de celle du Bas-Lac et 9 de celle des Grèves de la Corbière, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les fréquences de l'espèce restent à préciser, celle-ci, suivant son stade de développement, restant difficile à distinguer d'autres espèces de Cresson telles que le Cresson couché (*Rorippa* x *anceps* (Wahlenb.) Rchb.) et le Cresson des marais (*Rorippa palustris* (L.). Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

Rorippa x anceps aggr. : l'hybride prioritaire visé dans cet agrégat, soit le Cresson couché (*Rorippa* x *anceps* (Wahlenb.) Rchb.), est l'un des taxons dont l'OFEV a changé le statut de priorité en 2017, la sortant de la liste des espèces prioritaires au niveau national. L'agrégat a été observé dans 756 mailles, dont 442 dans le canton de Vaud, 291 dans celui de Fribourg et 23 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 152 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 137 de celle des Grèves de Cheseaux et 120 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les fréquences de l'hybride prioritaire visé dans cet agrégat, voire même sa présence, restent à préciser, cet hybride, suivant son état de développement, restant difficile à distinguer des autres espèces de l'agrégat, soit le Cresson amphibie (*Rorippa amphibia* (L.) Besser) , le Cresson des marais (*Rorippa palustris* (L.) et le Cresson des forêts (*Rorippa sylvestris* (L.) Besser). Les mailles dans lesquelles l'agrégat a été observé sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

Rumex hydrolapathum Huds. : le Rumex géant a été observé dans 240 mailles, dont 136 mailles dans le canton de Vaud, 103 dans celui de Fribourg et une dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 99 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux et 67 de celle de Cheyres (Figure 40), le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les

mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées (ornières) et sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

Figure 40 : Le Rumex géant (Rumex hydrolapathum Huds.) dans la réserve des Grèves de Cheseaux, à gauche, et celle de Cheyres, à droite. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites des réserves naturelles.

Sanguisorba officinalis L. : la Pimprenelle officinale n'est pas inscrite dans la liste des espèces prioritaires au niveau national. Elle a été intégrée dans la liste des espèces prioritaires au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie relativement au rôle qu'elle joue comme plante hôte de l'Azuré des paluds (*Phengaris nausithous*). L'espèce a été observée dans 632 mailles, dont 429 dans le canton de Vaud, 202 dans celui de Fribourg et une dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 253 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, et 80 à 100 mailles de chacune des réserves des Grèves de Cheseaux, des Grèves de la Corbière, des Grèves d'Ostende et de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion* ou le *Caricion davallianae*.

Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla : le Schoenoplectus de Tabernaemontanus a été observé dans 270 mailles, dont 142 dans le canton de Vaud, 126 dans celui de Fribourg et 2 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 90 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 58 de celle de Cheyres et 42 de celle des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées (ornières) et sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

Sparganium emersum Rehmann : le Rubanier émergé a été observé dans 15 mailles, dont 6 dans le canton de Fribourg, 5 dans celui de Neuchâtel et 4 dans le canton de Vaud. Il est dispersé dans toutes les réserves naturelles, à l'exception de celle des Grèves de la Motte. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces d'eaux libres lentes (canaux, rivières) et sont majoritairement dominées par le *Phalaridion* ou le *Phragmition*.

Sparganium erectum L. : le Rubanier dressé a été observé dans 289 mailles, dont 212 dans le canton de Fribourg, 76 dans le canton de Vaud et une dans le canton de Neuchâtel. Il a été observé dans 171 mailles de réserve de Cheyres (Figure 41), le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces perturbées (ornières) et sont majoritairement dominées par le *Phalaridion*.

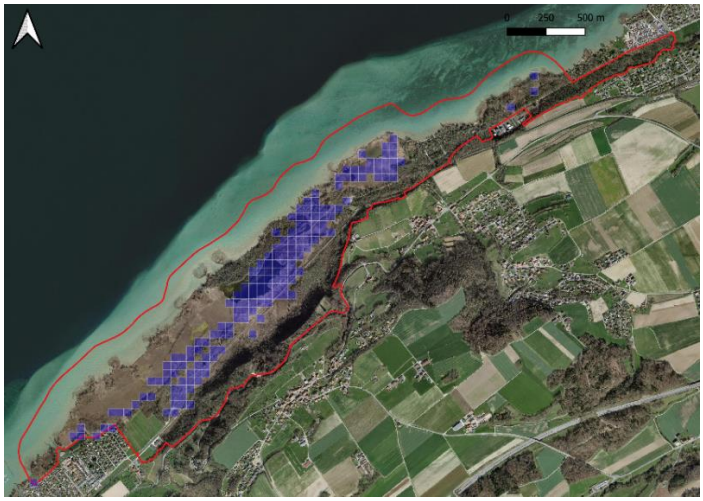


Figure 41 :
Le Rubanier dressé (Sparganium erectum L.) dans la réserve de Cheyres. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich. : la Spiranthe d'été a été observée dans 109 mailles, dont 100 dans le canton de Vaud et 9 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 90 mailles de la réserve des Grèves de la Motte (Figure 42), 11 de celle de Cudrefin, 5 de celle des Grèves d'Ostende et 3 de celle de Cheyres. Quelques stations connues jusqu'au début des années 2000 dans la réserve des Grèves de la Corbière n'ont pu être confirmées. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion* ou le *Caricion davallianae*.

Figure 42 :
La Spiranthe d'été (Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich. dans la réserve des Grèves de la Motte. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Thalictrum flavum L. : le Pigamon jaune est l'espèce prioritaire la plus fréquente, observée dans 1624 mailles, dont 994 dans le canton de Vaud, 623 dans celui de Fribourg et 7 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 381 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 380 de celle des Grèves d'Ostende, 239 de celle des Grèves de Cheseaux, 215 de celle de Cheyres et 204 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion*, le *Caricion davallianae*, le *Cladietum* ou le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Thelypteris palustris Schott : la Fougère des marais a été observée dans 835 mailles, dont 439 dans le canton de Vaud et 396 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 456 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende et 173 de celle de Cheyres, le solde des observations se répartissant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Trifolium fragiferum L. : le Trèfle porte-fraise a été observé dans une seule maille, dans le canton de Fribourg (réserve des Grèves de la Corbière). Cette maille abrite des bords de chemins piétinés à humidité variable où l'espèce se développe sans affinité claire pour un milieu naturel particulier.

Utricularia minor L. : la Petite utriculaire a été observée dans 691 mailles, dont 399 dans le canton de Vaud, 291 dans celui de Fribourg et une dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 345 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 144 de celle des Grèves de la Motte et 110 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*).

Zannichellia palustris L. : la Zannichellie des marais a été observée dans 120 mailles, dont 75 dans le canton de Vaud, 39 dans celui de Fribourg et 6 dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 43 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 19 de celle des Grèves de la Corbière, 17 de celle des Grèves de la Motte et 16 de celle de Cudrefin, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée abritent des surfaces d'eaux libres lacustres et sont majoritairement dominées par le *Phragmition*.

3.7.5 Néophytes envahissantes

Néophyte envahissante à envahissement élevé

Solidago gigantea Aiton : le Solidage géant a été observé dans 1021 mailles, dont 557 dans le canton de Vaud, 460 dans celui de Fribourg et 4 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 282 mailles de la réserve des Grèves de la Motte, 270 de celle des Grèves d'Ostende, 233 de celle des Grèves de Cheseaux, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement dominées par le *Molinion*, le *Caricion davallianae* ou le *Cladietum*, autant de milieux naturels proches de lisières souvent débroussaillées mécaniquement par le passé.

Néophytes envahissantes à envahissement faible

Buddleja davidii Franch. : le Buddléia de David a été observé dans 27 mailles, dont 18 dans le canton de Vaud et 9 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 12 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux, 7 de celle de Cheyres, 5 de celle des Grèves de la Motte et 3 de celle de la Baie d'Yvonand. Le Buddléia de David a été observé principalement le long des chemins et des voies CFF.

Bunias orientalis L. : le Bunias d'Orient a été introduit dans la liste des néophytes envahissantes au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie en 2017 et n'a donc bénéficié que d'un seul passage. Il a été observé dans 3 mailles du canton de Vaud (réserve des Grèves de Cheseaux).

Elodea canadensis aggr. : cet agrégat a été introduit dans la liste des néophytes envahissantes au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie en 2017 et n'a donc bénéficié que d'un seul passage. Il a été observé dans 236 mailles, dont 124 dans le canton de Vaud, 71 dans celui de Fribourg et 41 dans celui de Neuchâtel. Il a été observé dans 44 mailles de la réserve de Cudrefin, 41 de celle du Bas-Lac et 37 de celle des Grèves de Cheseaux, le solde des observations se dispersant dans toutes les autres réserves naturelles. L'agrégat a été exclusivement observé dans

les eaux libres lacustres. L'Elodée de Nuttall (*Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John) y est a priori plus fréquente que l'Elodée du Canada (*Elodea canadensis* Michx.)

Erigeron annuus (L.) Desf. : la Vergerette annuelle a été introduite dans la liste des néophytes envahissantes au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie en 2017 et n'a donc bénéficié que d'un seul passage. Elle a été observée dans 69 mailles, dont 51 dans le canton de Vaud et 18 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 35 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux (Figure 43), le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celles des Grèves de la Motte et du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée chevauchent des infrastructures humaines (routes).

Figure 43 :
La Vergerette annuelle (Erigeron annuus (L.) Desf.) dans la réserve des Grèves de Cheseaux. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites de la réserve naturelle.

Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier : la Berce du Caucase a été observée dans une maille dans le canton de Fribourg (réserve de Cheyres).

Impatiens glandulifera Royle : l'Impatiente glanduleuse a été observée dans 61 mailles, dont 38 dans le canton de Vaud, 22 dans celui de Fribourg et une dans celui de Neuchâtel. Elle a été observée dans 20 mailles de la réserve de Cheyres, 18 de celle de Cudrefin et 17 de celle de la Baie d'Yvonand, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle des Grèves de Cheseaux. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée sont majoritairement forestières.

Prunus laurocerasus L. : le Laurier-cerise a été observé dans 47 mailles, dont 29 dans le canton de Fribourg et 18 dans le canton de Vaud. Il a été observé dans 14 mailles de la réserve et 11 de celle de la Baie d'Yvonand, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de la réserve de Cudrefin. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée chevauchent des infrastructures humaines (zones d'habitat) où l'espèce a été plantée et s'est échappée de la plantation pour coloniser les sous-bois forestiers environnants.

Reynoutria japonica Houtt. : la Renouée du Japon a été observée dans 15 mailles, dont 10 dans le canton de Vaud et 5 dans celui de Fribourg. Elle a été observée dans 5 mailles de chacune des réserves de Cheyres et des Grèves de la Motte, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celles des Grèves de la Corbière, des Grèves d'Ostende et du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée chevauchent généralement des infrastructures humaines (zones d'habitat) où l'espèce a été plantée et s'est échappée de la plantation.

Rhus typhina L. : le Sumac a été observé dans 12 mailles, dont 11 dans le canton de Fribourg et 1 dans le canton de Vaud. Il a été observé dans 5 mailles de la réserve des Grèves d'Ostende, 3 de celle de la Motte, 2 de celle de Cheyres et une de celle de la Baie d'Yvonand. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée chevauchent généralement des infrastructures humaines (zones d'habitat, routes) où l'espèce a été plantée et s'est échappée de la plantation.

Robinia pseudoacacia L. : le Robinier a été observé dans 91 mailles, dont 48 dans le canton de Vaud et 43 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 35 mailles de chacune des réserves des Grèves de Cheseaux et de Cheyres (Figure 44), le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Les mailles dans lesquelles l'espèce a été observée chevauchent des infrastructures humaines (voie CFF, routes).

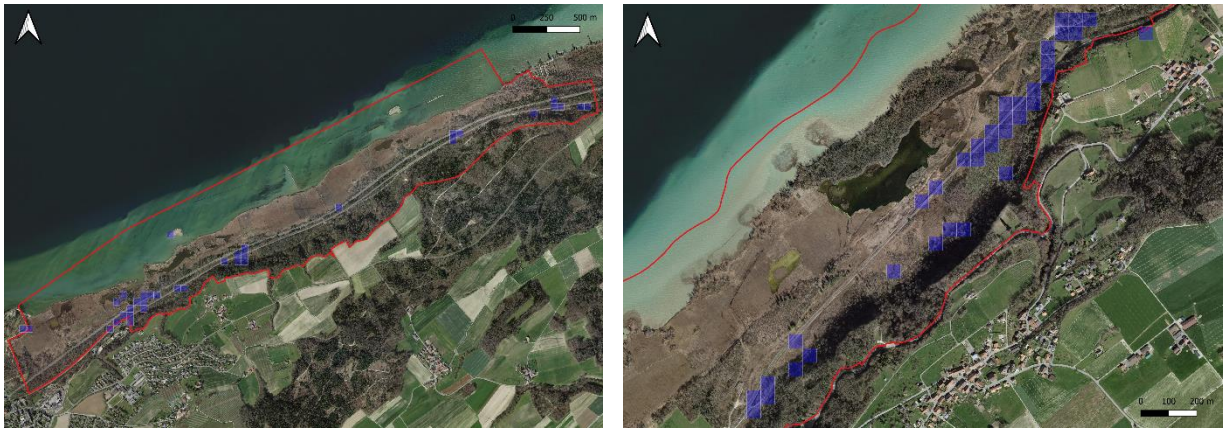


Figure 44 : Le Robinier (Robinia pseudoacacia L.) dans la réserve des Grèves de Cheseaux, à gauche, et celle de Cheyres, à droite. En violet : mailles dans lesquelles l'espèce a été observée. En rouge : limites des réserves naturelles.

Solidago canadensis L. : le Solidage du Canada a été observé dans 29 mailles, dont 21 dans le canton de Vaud et 8 dans celui de Fribourg. Il a été observé dans 10 mailles de la réserve des Grèves de Cheseaux, 7 de celle de Cudrefin et 6 de celle de Cheyres, le solde des observations se dispersant dans les autres réserves naturelles à l'exception de celle du Bas-Lac. Le faible nombre d'observations ne permet pas de proposer une affinité de l'espèce pour un milieu naturel particulier.

4 DISCUSSION

Le Monitoring de la flore et de la végétation des réserves naturelles de la Grande Cariçaie a été développé pour répondre aux objectifs du Plan de gestion 2012-2023 de l'AGC publié en février 2015 (actuellement en révision). Les modules que prévoit ce monitoring doivent permettre de couvrir les exigences formulées par les objectifs de deux des cinq domaines définis par ce plan :

- les objectifs du domaine de la « Connaissance », qui visent à mieux connaître les espèces et les milieux naturels des réserves naturelles de la Grande Cariçaie, à établir et mettre à jour la liste de celles et ceux dont l'AGC à la responsabilité de leur conservation (espèces et milieux prioritaires) ou de leur maîtrise (néophytes envahissantes) ;
- les objectifs du domaine de l' « Entretien », qui visent à garantir par des mesures opérationnelles la conservation des espèces et des milieux prioritaires identifiés et à maîtriser les néophytes les plus envahissantes, mesures dont l'efficience doit être régulièrement évaluée.

La première étape du monitoring autorise donc une tentative d'évaluation de sa pertinence, en confrontant les résultats obtenus aux exigences des objectifs du plan de gestion pour ces deux domaines. C'est cette confrontation qui structure les discussions présentées dans les sections qui suivent.

4.1 RÉSULTATS DU MONITORING ET OBJECTIFS DU PLAN DE GESTION POUR LE DOMAINE « CONNAISSANCE »

Pour le domaine « Connaissance » du plan de gestion, les thèmes de ce domaine concernés par les résultats du monitoring sont repris en titre des sections 4.1.1 à 4.1.5 et leurs objectifs sont rappelés en début de section, suivis d'une évaluation de la qualité des réponses des résultats du monitoring aux exigences formulés par les objectifs.

4.1.1 Connaissance des groupes de milieux naturels et des milieux naturels

Objectif C3 – La connaissance de la diversité, de la distribution et de l'importance des surfaces des groupes de milieux naturels et des milieux naturels qu'abrite le périmètre de gestion de l'AGC est régulièrement mise à jour.

Réponse des résultats du monitoring

Le Module 3 du monitoring, relatif au relevé des espèces dominantes, visait à concrétiser cet objectif. Ses résultats devaient permettre d'évaluer sa pertinence comme complément, voire comme monitoring de substitution au monitoring des milieux naturels réalisé par le biais des cartes de végétation régulièrement produites par l'AGC. Son interruption, suite aux doutes émis par la Commission scientifique de l'AGC quant à sa pertinence, oblige à se contenter des cartographies les plus récentes (carte des forêts alluviales des années 1990, carte des marais non-boisés des années 2010-2011) comme support descriptif des milieux naturels des réserves naturelles, cartes que les résultats du Module 1 du monitoring relatif aux strates de végétation peuvent compléter (Figure 45).

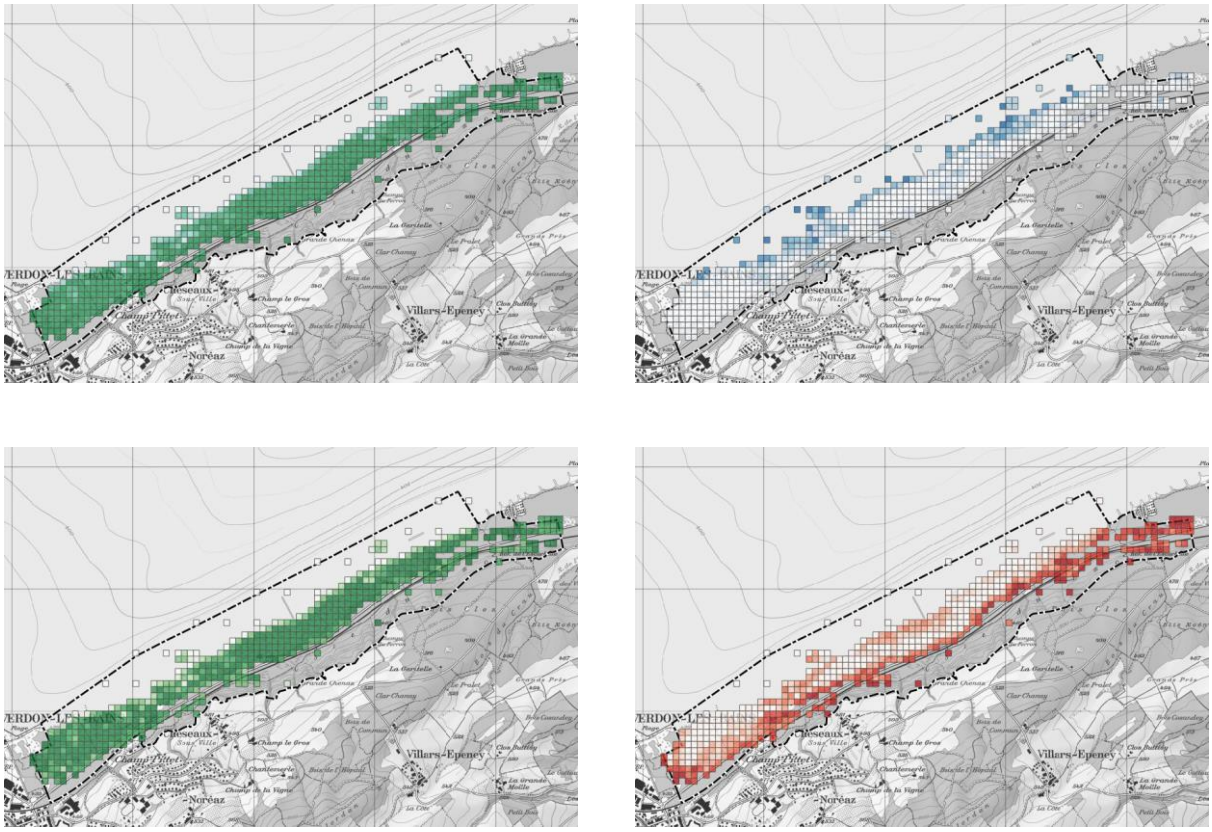


Figure 45 : Extraits des résultats de quelques descripteurs du Module 1, relatif aux strates de végétation, pour la réserve des Grèves de Cheseaux. En haut à gauche : couverture de la végétation émergente. En haut à droite : couverture de la végétation non-émergente (flottante ou submergée). En bas à gauche : couverture de la végétation herbacée. En bas à droite : couverture de la végétation ligneuse. L'intensité des couleurs correspond aux six classes de recouvrement définies par le monitoring (<1%, 1-5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%).

Cependant le Module 3, même s'il n'a été que partiellement appliqué (910 relevés réalisés dans les marais non-boisés) et qu'il a arbitrairement privilégié certains milieux (p.ex. le *Caricion davallianae*), présente des résultats suffisamment intéressants en matière de caractérisation des milieux naturels pour qu'ils soient discutés. Ces résultats mettent en évidence, parmi les 133 espèces relevées comme dominantes (Annexe 3), plusieurs espèces caractéristiques de milieux naturels reconnus au niveau national telles que le Roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Steud.), Chara sp. (*Characeae*), le Choin noirâtre (*Schoenus nigricans* L.) ou encore la Marisque (*Cladium mariscus* (L.) Pohl), la Molinie bleue (*Molinia caerulea* (L.) Moench) et la Laîche élevée (*Carex elata* All.). Ces simples dominances laissent supposer la représentation, au sein des marais non-boisés des réserves naturelles, de milieux naturels tels que les roselières lacustre (*Phragmition*) et terrestre (*Phalaridion*), les herbiers de characées (*Charion*), la parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*), la mariscaie (*Cladietum*), la prairie à molinie (*Molinion*) ou encore la magnocariçaie (*Magnocaricion*).

Des analyses de clustering ont été réalisées sur les relevés du module (le Tableau 64 en présente un échantillon) dans le but d'évaluer leur capacité à confirmer la présence de ces milieux naturels. A titre d'exemple, le Tableau 65 présente un échantillon des résultats de ces analyses et le groupe de relevés qui y figure semble pouvoir être attribuable, à priori et à défaut d'analyses discriminantes complémentaires, au *Caricion davallianae*.

Tableau 64 : Extrait des relevés d'espèces dominantes réalisés dans le cadre de l'exécution partielle du Module 3.

	Numéro de maille							
	17699	19369	15268	19448	18114	19614	17548	14938
Schoenus nigricans L.	2				2	1		
Fraxinus excelsior L.	1		1					
Molinia caerulea (L.) Moench	1				2	1		
Pinus sylvestris L.	1						1	
Corylus avellana L.	1							
Carex elata All.		3		1				
Phalaris arundinacea L.		2		2				
Carex panicea L.		1	1			3		
Mentha aquatica L.		1		1				
Phragmites australis (Cav.) Steud.		1				2		1
Carex hostiana DC.		1				1		
Carex acutiformis Ehrh.			3	2			1	
Quercus robur L.			2					
Cladium mariscus (L.) Pohl			1					
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.			1					
Populus x canescens (Aiton) Sm.			1					
Carex riparia Curtis				2				
Galium palustre aggr.				1				
Populus tremula L.					2		1	
Carex flacca Schreb.					1		2	
Ligustrum vulgare L.					1		1	
Carex lasiocarpa Ehrh.						1		
Picea abies (L.) H. Karst.							1	
Brachypodium sylvaticum (Huds.) P. Beauv. (Beauv.							1	
Crataegus monogyna Jacq.							1	
Characeae Gray								4
Potamogeton pectinatus L.								1

Tableau 65 : Extrait d'un groupe de relevés discriminé par une analyse de clustering portant sur les relevés du Module 3. Valeurs du recouvrement des espèces : 1 = 5-25%, 2 = 25-50%, 3 = 50-75%, 4 = 75-100%.

	Numéro de maille													
	19094	19095	19122	19123	19124	19153	19154	19155	19188	19220	19221	19222	19223	19255
Schoenus nigricans.L.	2	2	2	3	4	2	4	3	3	2	2	2	2	2
Molinia caerulea.(L.) Moench	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
Carex hostiana DC	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1
Phragmites australis (Cav) Steud.	1		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1		
Carex panicea L.			1	1						1				1
Hydrocotyle vulgaris L.				1			1		1					
Succisa pratensis Moench	1	1												
Salix cinerea L.													1	

⇨ Les résultats du monitoring ne répondent actuellement pas aux exigences de l'objectif. Les premières analyses réalisées sur la base des relevés du Module 3 suggèrent cependant que ce module bénéficie encore de prises de données complémentaires couvrant le panel des milieux naturels des marais non-boisés. La qualité des résultats obtenus pourrait être comparée avec celle obtenue par d'autres méthodes de cartographie, comme celle utilisée jusqu'alors par l'AGC pour cartographier les milieux naturels des marais non-boisés (Clerc, 2002) ou encore celle de méthodes plus récentes qui restent cependant à tester (p.ex. remote sensing). Ces comparaisons pourraient décider de l'abandon du module, au profit d'une méthode de caractérisation qu'il s'agira de choisir, ou de l'achèvement de son

application aux marais non-boisés, voire de son extension aux forêts alluviales des réserves naturelles. Ces forêts, dont la dernière caractérisation complète date des années 1990, sont actuellement sujettes à une procédure de création de réserves forestières qui, si elle aboutit, nécessitera qu'une attention particulière leur soit portée en matière de monitoring.

4.1.2 Connaissance des groupes de milieux naturels et des milieux naturels prioritaires

Objectif C4 – La liste des groupes de milieux naturels et des milieux naturels prioritaires au niveau national présents dans le périmètre de gestion de l'AGC, leur classification en classes de priorité au niveau de ce périmètre, la distribution et l'importance des surfaces des milieux naturels de priorité élevée et la distribution des milieux naturels de priorité modérée sont régulièrement mises à jour.

Réponse des résultats du monitoring

Mise à jour de la liste des groupes de milieux naturels et des milieux naturels prioritaires et leur classification en classes de priorité

Cette mise à jour et cette classification ont été réalisées dans le cadre de l'actuelle révision du Plan de gestion 2012-2023, notamment sur la base des cartographies et des données floristiques les plus récentes à disposition de l'AGC et de la liste des milieux naturels prioritaires au niveau national publiée par l'OFEV en 2019.

La classification des groupes de milieux naturels et des milieux naturels en classes de priorité adoptée par ce plan, largement soumise à interprétation pour certains des critéres de classification utilisés, mérite d'être réévaluée. Parmi ces critères figure celui des espèces prioritaires au niveau national que les groupes de milieux naturels ou les milieux naturels sont susceptibles d'abriter. Les résultats du Module 4 du monitoring relatif à ces espèces ont donc été analysés en choisissant, comme paramètre d'évaluation, celui de la densité des espèces prioritaires par groupe de milieux naturels (forêt – marais non-boisés – surface lacustre) et par milieu naturel des marais non-boisés (*Molinion – Caricion davallianae – Cladietum – Magnocaricion* (sine *Cladietum*) – *Phalaridion – Phragmition – Nympaheion*). Cette densité a été calculée en croisant les mailles prospectées avec les cartes de végétation les plus récentes (carte 2010-2011 pour le secteur Yverdon-les-Bains – Cudrefin / carte 2013 pour la réserve naturelle du Bas-Lac / carte 2014 pour la zone naturelle du Bois des Vernes). Chaque maille a été attribuée au groupe de milieux naturels et au milieu naturel des marais non-boisés dont la surface est majoritairement présente dans la maille. La densité d'espèces prioritaires a été calculée en établissant la moyenne et l'écart-type du nombre d'espèces prioritaires présentes par maille pour les mailles de chacun des groupes de milieux naturels et de chaque milieu naturel des marais non-boisés. Une analyse de variance (ANOVA) puis une comparaison multiple de Tukey ont finalement été réalisées pour évaluer la significativité des différences entre les moyennes de densité calculées.

Pour les groupes de milieux naturels, les résultats de ces analyses montrent (Figure 46, valeurs statistiques en Annexe 4):

- une moyenne de 2.21 ± 2.11 espèces prioritaires par maille pour le groupe des milieux naturels forestiers, 4.93 ± 2.85, pour celui des marais non-boisés et 1.91 ± 1.51 pour celui des surfaces lacustres ;
- des moyennes de densité statistiquement significativement différentes entre les trois groupes de milieux naturels, différence bien plus marquée entre la moyenne de densité des marais non-boisés et chacune de celles des forêts et des surfaces lacustres que celle constatée entre ces deux derniers groupes de milieux naturels.

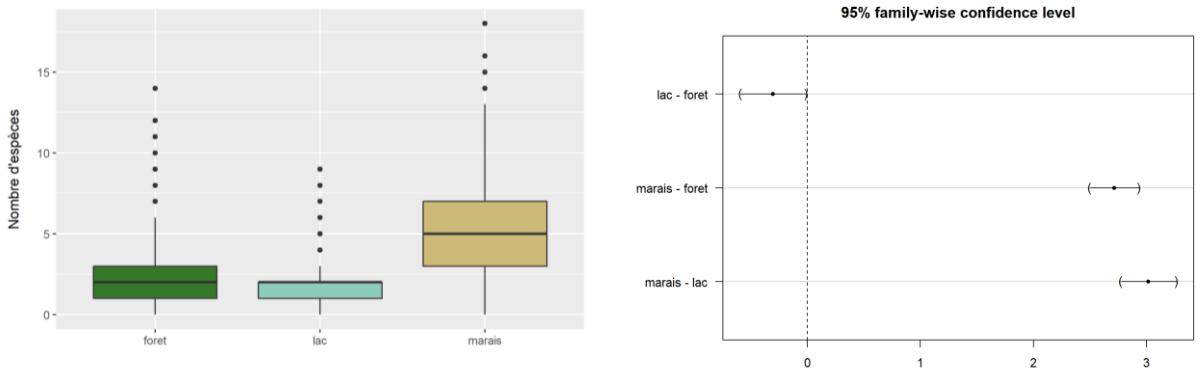


Figure 46 : À gauche : Boxplot de la densité des espèces prioritaires (nombre d'espèces par maille) par groupe de milieux naturels. À droite : Comparaison des différences de moyennes (exprimées en nombre d'espèces prioritaires par maille) entre groupes de milieux naturels avec intervalle de confiance à 95% calculé par tests de Tukey.

Ces analyses confirment, pour le critère relatif aux espèces prioritaires au moins, la classification des groupes de milieux naturels proposée par le Plan de gestion 2012-2023 en révision. Celle-ci accorde une priorité élevée au groupe des milieux naturels terrestres, composé des marais non-boisés et des forêts, et faible aux surfaces lacustres avec, pour le groupe des milieux naturels terrestres, une priorité élevée accordée aux marais non-boisés et faible aux forêts.

Pour les milieux naturels, le Plan de gestion 2012-2023 en révision attribue au *Caricion davallianae*, au *Molinion* et au *Nymphaeion* un statut de milieu prioritaire de priorité élevée au niveau de la Grande Cariçaie, en s'appuyant sur le diagnostic de l'OFEV qui leur attribue une priorité moyenne ou élevée. Le plan de gestion ne se prononce cependant pas, par défaut de connaissance, sur le statut à accorder au *Magnocaricion* (sine *Cladietum*), au *Cladietum*, au *Phalaridion* et au *Phragmition*, milieux de priorité modérée selon l'OFEV. Au vu des quelques tendances que manifestent les résultats de l'analyse (Figures 47 et 48, valeurs statistiques en Annexe 4), il semble justifié que l'AGC considère le *Cladietum*, et surtout le *Magnocaricion* (sine *Cladietum*), comme des milieux prioritaires de priorité élevée au niveau de la Grande Cariçaie, abandonnant ainsi le statut de milieu prioritaire de priorité modérée aux seuls *Phalaridion* et *Phragmition*.

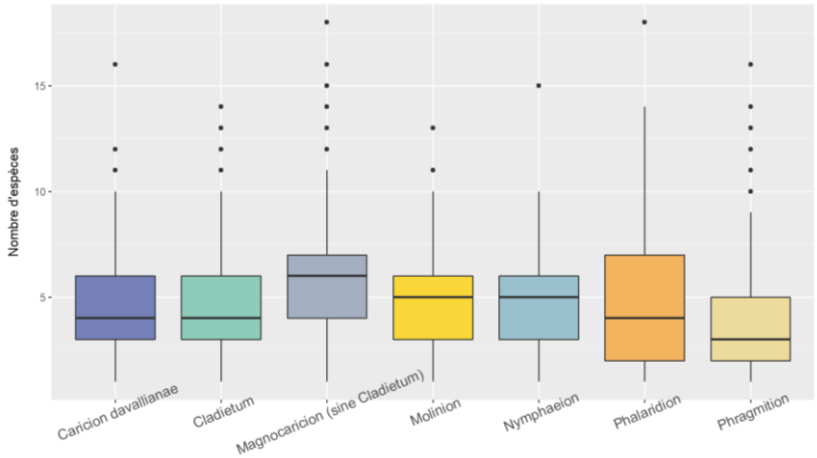


Figure 47 :
Boxplot de la densité en expèces prioritaires (nombre d'espèces prioritaires par maille) par milieu naturel.

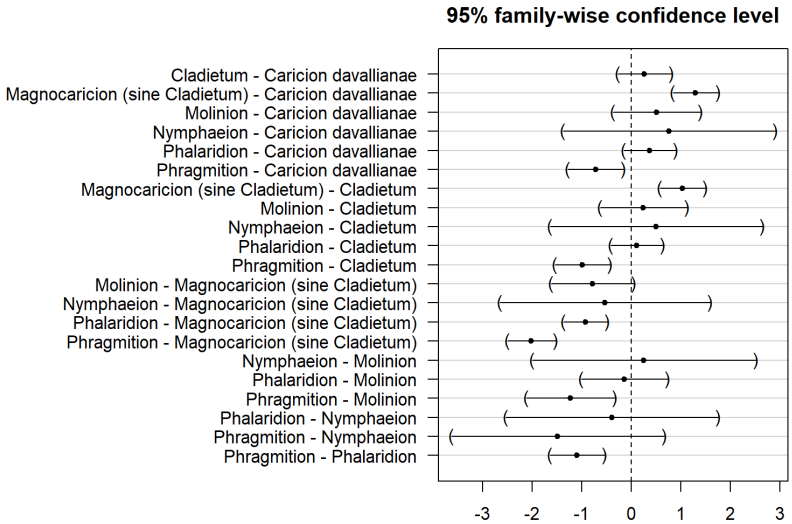


Figure 48 :
Comparaison des différences de moyennes (exprimées en nombre d'espèces prioritaires par maille) entre milieux naturels avec intervalle de confiance à 95% calculé par tests de Tukey.

Distribution et importance des surfaces des milieux naturels de priorité élevée et distribution des milieux naturels de priorité modérée

Les résultats attendus pour cette partie de l'objectif sont à considérer comme de simples sous-produits des résultats de l'objectif précédent traitant des groupes de milieux naturels et des milieux naturels (Objectif C3) et ne méritent pas d'autres commentaires que ceux déjà formulés pour cet objectif.

⇨ Les résultats du monitoring ne répondent pas complètement aux exigences de l'objectif. Ceux du Module 4 relatifs aux espèces prioritaires ont permis de confirmer et/ou préciser la classification en classes de priorité proposée par le Plan de gestion 2012-2023 pour les groupes de milieux naturels et des milieux naturels. Par contre, et pour les mêmes raisons que celles déjà évoquées pour l'objectif précédent C3, ces résultats n'ont pas permis de mettre à jour la distribution et l'importance des surfaces des groupes de milieux naturels et des milieux naturels classés prioritaires.

4.1.3 Connaissance de la biodiversité

Objectif C5 – La connaissance de la biodiversité qu'abrite le périmètre de gestion de l'AGC est régulièrement mise à jour.

Réponse des résultats du monitoring

Le Module 6 a permis de révéler la présence de 650 taxons pour l'ensemble des mailles prospectées. Associé aux espèces révélées par les modules visant les espèces prioritaires (Module 4) et les néophytes (Module 5), ce total s'élève à 674 taxons. Il avoisine le total cumulé des 700 taxons observés sur la rive dans le cadre des activités de l'AGC menées en matière d'inventaire de la flore avant la conduite du monitoring. Ce total reste cependant inférieur à l'estimation souvent formulée par l'AGC d'environ 1'000 taxons présents dans le périmètre des réserves naturelles, estimation réalisée en considérant le spectre de tous les milieux (y compris les milieux « construits ») présents dans les réserves naturelles.

Les résultats du Module 6 ont permis de mettre en évidence la fréquence des espèces aux différentes échelles considérées. Ils permettent aussi d'évaluer la densité d'espèces selon les groupes de milieux naturels prospectés. En procédant à des analyses de même type que celles conduites pour la densité d'espèces prioritaires les résultats montrent (Figure 49, valeurs statistiques en Annexe 4) :

- une densité moyenne de 59.67 ± 22.25 espèces prioritaires par maille pour le groupe des milieux naturels forestiers, 34.67 ± 24.1, pour celui des marais non-boisés et 6.87 ± 10.34 pour celui des surfaces lacustres ;
- des densités moyennes statistiquement significativement différentes pour les trois groupes de milieux naturels (p-value < 0.0001 pour toutes les comparaisons).

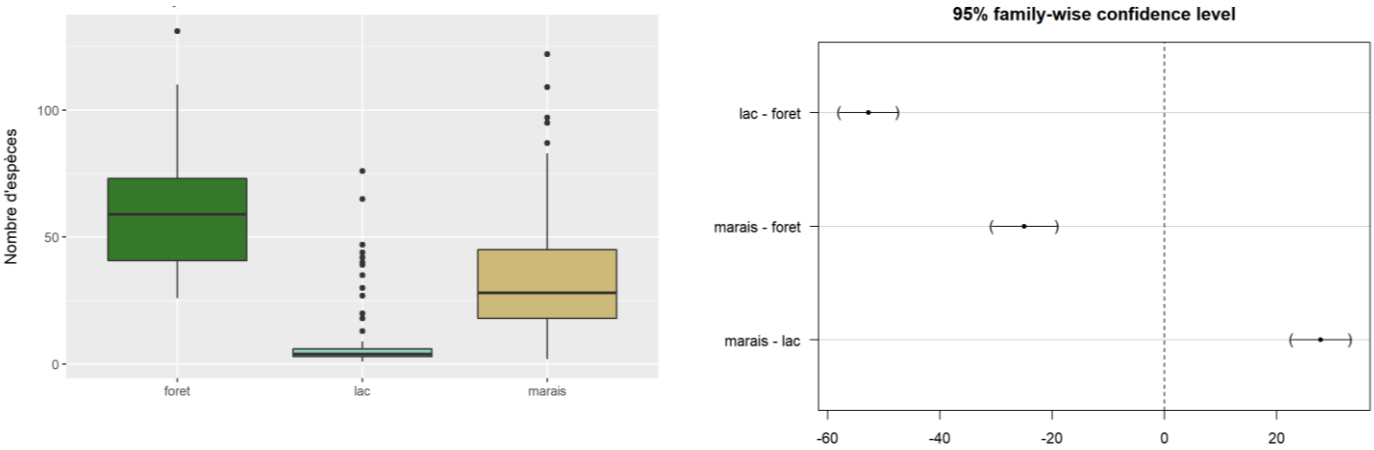


Figure 49 : À gauche : Boxplot de la biodiversité végétale (nombre d'espèces par maille) par groupe de milieux naturels. À droite : Comparaison des différences de moyennes (exprimées en nombre d'espèces par maille) entre groupes de milieux naturels avec intervalle de confiance à 95% calculé par tests de Tukey.

L'ensemble de ces résultats suggère que la présence d'une partie non-négligeable de la biodiversité végétale n'a pu être confirmée ou découverte par le biais du réseau de mailles sur

lequel s'est appliqué le Module 6, les milieux naturels forestiers étant probablement ceux qui devraient prioritairement être prospectés pour enrichir l'inventaire de la biodiversité végétale.

⇨ Les résultats du monitoring répondent partiellement à l'exigence de l'objectif. Les milieux naturels forestiers sont ceux qui devraient prioritairement bénéficier de prospections complémentaires pour enrichir les résultats du Module 6. Celles-ci, prévues par l'actuelle révision du Plan de gestion 2012-2023, doivent permettre non seulement de compléter la connaissance de la biodiversité végétale des réserves naturelles, mais aussi de révéler l'éventuelle présence de nouvelles espèces susceptibles d'être intégrées aux listes des espèces prioritaires et des néophytes envahissantes considérées par les Modules 4 et 5 du monitoring.

4.1.4 Connaissance des espèces prioritaires

Objectif C6 – La liste des espèces prioritaires au niveau national présentes dans le périmètre de gestion de l'AGC, leur classification en classes de priorité au niveau de ce périmètre, la distribution et l'importance des populations des espèces de priorité élevée et la distribution des espèces de priorité modérée sont régulièrement mises à jour.

Réponse des résultats du monitoring

Mise à jour de la liste et classification des espèces prioritaires au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Cette mise à jour et cette classification ont été réalisées dans le cadre de l'actuelle révision du Plan de gestion 2012-2023, puis en cours de monitoring suite à la liste des espèces prioritaires au niveau national transmise par l'OFEV dès 2017 puis publiée en 2019. Le Module 6 relatif à la biodiversité végétale n'ayant révélé la présence d'aucune nouvelle espèce prioritaire, la liste de ces espèces peut être reconduite sans modifications.

Distribution des espèces prioritaires au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Malgré quelques difficultés d'identification pour l'une ou l'autre espèce, la prospection exhaustive des réserves naturelles réalisée dans le cadre du Module 4 a permis de préciser la distribution des espèces prioritaires en fonction des groupes de milieux naturels (forêts – marais non-boisés – surface lacustre) et selon plusieurs échelles (globale - cantonale – réserves naturelles). Le bénéfice retiré d'une telle prospection peut être apprécié, à titre d'exemple, en comparant les résultats obtenus pour l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber) avec ceux de l'inventaire et du suivi des stations de cette espèce réalisé en 2008 (Fernex, 2008), l'un des rares inventaires dévolus aux espèces rares et menacées menés par l'AGC jusqu'alors (Figure 50).

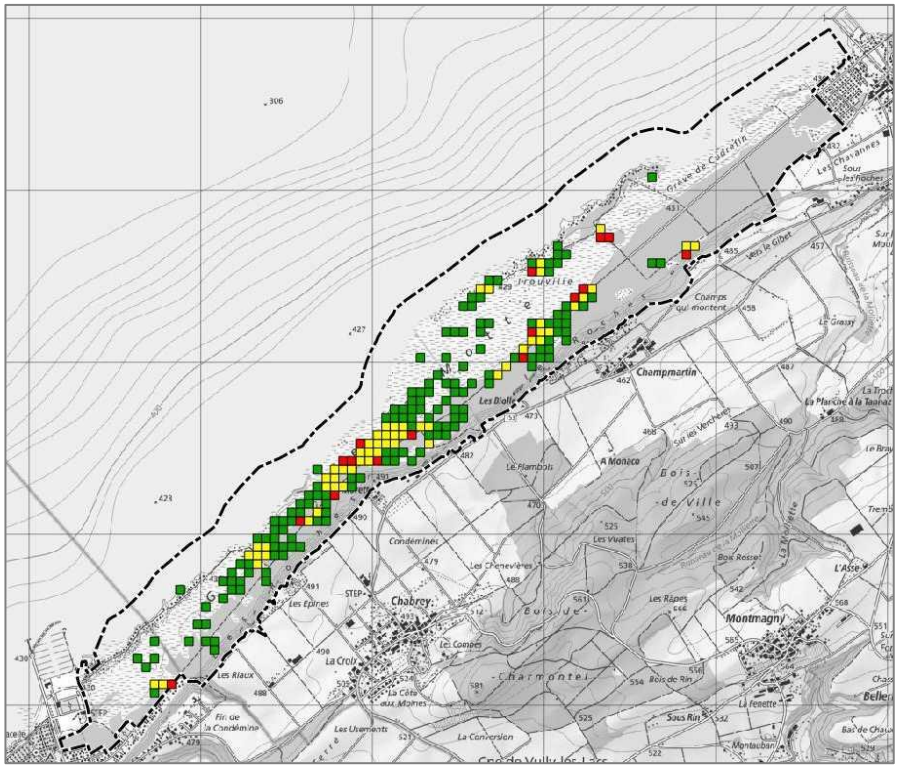


Figure 50 :
Comparaison des résultats de l'inventaire et du suivi des stations de l'Inule de Suisse (Inula helvetica Weber) réalisé en 2008 avec les résultats du Module 4 réalisé entre 2014 et 2021 pour la réserve des Grèves de la Motte. En jaune : observations confirmées. En rouge : observations non confirmées. En vert : nouvelles observations.

En plus de la simple exigence relative à la distribution des espèces prioritaires formulée par l'objectif, les données du Module 4 ont permis d'esquisser, en les croisant avec les cartes de végétation à disposition, l'affinité de chacune d'entre elles pour les différents milieux naturels composant les marais non-boisés des réserves naturelles.

Importance des populations des espèces prioritaires de priorité élevée au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Jamais à ce jour une tentative de dénombrement de populations visant autant d'espèces végétales et couvrant un territoire aussi vaste n'avait été réalisée dans les réserves naturelles. Même si quelques espèces ne se sont pas facilement prêtées à l'exercice, les dénombrements réalisés permettent de mettre en évidence des populations aux dimensions jusqu'alors insoupçonnées, comme pour l'agrégat de l'Utriculaire intermédiaire (*Utricularia intermedia* aggr.) ou l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber), ou aux dimensions particulièrement réduites, comme pour la Baldéllie commune (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.) ou la Violette des marécages (*Viola persicifolia* auct.).

⇨ Les résultats du monitoring répondent aux exigences de l'objectif. Les nombreuses données obtenues par l'application du Module 4 devraient permettre de sélectionner, dans les meilleures conditions, un échantillon représentatif de mailles destinées au monitoring annuel des espèces prioritaires, au-delà de ce que qu'aurait pu autoriser les données à disposition de l'AGC avant l'application du monitoring. La question d'étendre l'application de ce module en dehors des marais non-boisés, notamment dans les forêts alluviales dont certains talus thermophiles des chemins qui les sillonnent abritent des stations connues d'espèces prioritaires (p.ex. l'Inule de Suisse (*Inula helvetica* Weber)), reste posée.

4.1.5 Connaissance des néophytes envahissantes

Objectif C8 – La liste des néophytes et néozoaires de la liste noire des espèces envahissantes de Suisse présents dans le périmètre des réserves naturelles de la Grande Cariçaie et leur classification en classes de menace au niveau de ce périmètre sont régulièrement mises à jour. L'importance et la distribution des populations des espèces classées hautement menaçantes dans ce périmètre sont régulièrement réévaluées.

Réponse des résultats du monitoring

Mise à jour de la liste et classification des néophytes envahissantes au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Cette mise à jour et cette classification ont été réalisées dans le cadre de l'actuelle révision du Plan de gestion 2012-2023. La mise à jour de la liste des néophytes envahissantes a suivi, en croisant la liste noire nationale avec celle des espèces inventoriées dans les réserves naturelles pour identifier les espèces communes aux deux listes, le même principe de sélection que celui adopté pour l'établissement de la liste des espèces prioritaires. Le Module 6 relatif à la biodiversité végétale n'ayant révélé la présence d'aucune nouvelle néophyte envahissante, la liste de ces espèces peut être reconduite sans modifications.

Distribution et importance des populations des néophytes envahissantes à envahissement élevé au niveau des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

Comme pour le Module 4 du monitoring, les résultats du Module 5 ont permis de préciser la distribution des néophytes envahissantes en fonction des groupes de milieux naturels (forêts – marais non-boisés – surface lacustre) et selon plusieurs échelles (globale - cantonale – réserves naturelles). Le bénéfice retiré d'une telle prospection peut être apprécié en comparant, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec ceux de l'inventaire et du suivi des stations du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton) réalisé en 2003 (Clerc & Fleury, 2004), l'un des rares inventaires dévolus aux néophytes envahissantes menés par l'AGC jusqu'alors (Figure 51). À l'image de cette exemple, les nombreuses données obtenues par l'application du Module 5 permettront de sélectionner, dans les meilleures conditions, un échantillonnage représentatif de mailles destinées au monitoring annuel des néophytes ensemble aux espèces prioritaires, au-delà de ce que qu'aurait pu permettre les données à disposition de l'AGC avant l'application du monitoring.

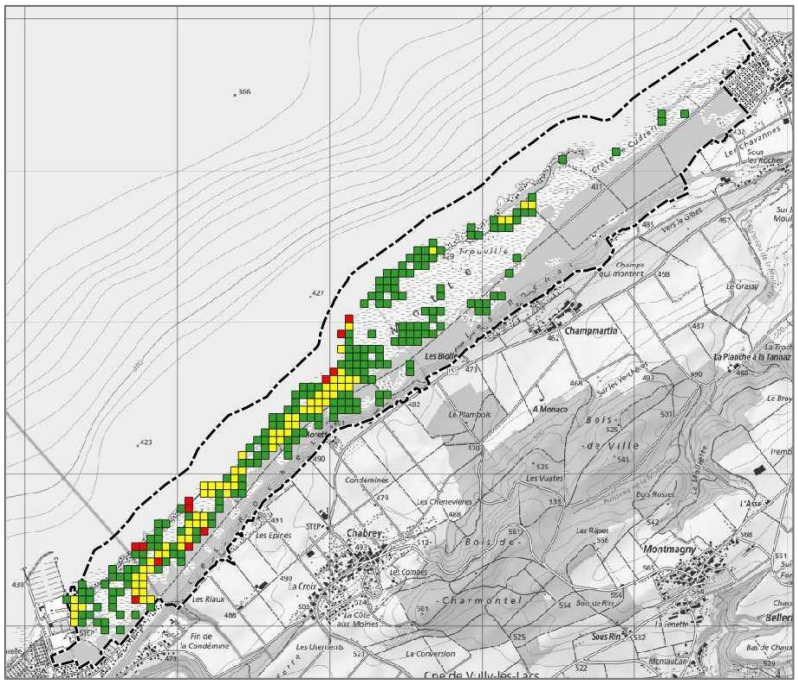


Figure 51 :
Comparaison des résultats de l'inventaire des stations du Solidage géant (Solidago gigantea Aiton) réalisé en 2003 avec les résultats du Module 5 réalisé entre 2014 et 2021 pour la réserve des Grèves de la Motte. En jaune : observations confirmées. En rouge : observations non confirmées. En vert : nouvelles observations.

Globalement, environ trois quarts des mailles prospectées ne présentent aucune néophyte envahissante. Un peu plus d'un quart des mailles abrite au moins une néophyte, dans la plupart des cas le seul Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), et moins de 4% des mailles présentent plus d'une espèce. Mise à part le Solidage géant, la majorité des espèces cibles du Module 5 ont été observées en dehors des zones de marais non-boisé, souvent le long des chemins, routes et voies ferrées, comme la Vergerette annuelle (*Erigeron annus* (L.) Desf.), le Robinier (*Robinia pseudoacacia* L.) ou encore le Buddléia de David (*Buddleia davidii Franch*.).

⇨ Les résultats du monitoring répondent aux exigences de l'objectif. Les nombreuses données obtenues par l'application du Module 5 devraient permettre d'associer au processus d'échantillonnage de mailles destinées au monitoring des espèces prioritaires celui d'un échantillonnage susceptible de permettre le monitoring du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), seule néophyte envahissante à envahissement élevé à considérer. Comme pour le Module 4, la question d'étendre l'application de ce module en dehors des marais non-boisés reste posée.

4.2 RÉSULTATS DU MONITORING ET OBJECTIFS DU PLAN DE GESTION POUR LE DOMAINE « ENTRETIEN »

Pour le domaine « Entretien » du plan de gestion, les résultats du monitoring, malgré qu'ils soient au bénéfice d'une seule série temporelle, méritent cependant quelques développements. Ces résultats permettent :

- de formuler des considérations relatives à leur intégration dans les réflexions que mène l'AGC lors de l'établissement de ses planifications annuelles en matière de gestion conservatoire. Ces considérations sont développées dans les sections 4.2.1 et 4.2.2 qui suivent ;
- de tenter une analyse exploratoire visant à évaluer l'effet de quarante ans de gestion conservatoire sur les espèces prioritaires. Les résultats de cette analyse sont présentés en deuxième partie de la section 4.2.1.

4.2.1 Conservation des espèces prioritaires

Les nombreuses données obtenues par l'application du Module 4 relatif aux espèces prioritaires permettent de localiser des « Hot spots » où ces espèces se concentrent (Figure 52 en haut) ou, à l'inverse, des zones où la densité de ces espèces est particulièrement faible (Figure 52 en bas à gauche). Les gestionnaires veilleront à tenir compte de ces « Hot spots » lors de leurs planifications, particulièrement lorsqu'il s'agira de délimiter des surfaces sur lesquelles devraient s'appliquer des mesures invasives, comme le décapage du sol ou le broyage de la végétation. Ils seront aussi attentifs à consulter les cartes de distribution des espèces prioritaires et de leurs « Hot spots » dans le cadre des préavis qu'ils émettront pour des projets d'aménagement du territoire susceptibles d'altérer les zones les plus précieuses. Ils n'ignoreront pas non plus les avantages indirects qu'ils peuvent retirer, pour la constitution et le maintien de « Hot spots » d'espèces prioritaires, des perturbations (ornières) générées par l'application de leurs mesures d'entretien routinières (fauchage, arrachage) (Figure 52 en bas à droite). Enfin ils disposeront d'un cadre de réflexion étoffé pour planifier d'éventuelles mesures spécifiques susceptibles de favoriser des espèces prioritaires dont ils constateraient le déclin.

Figure 52 : En haut : « Hot spots » d'espèces prioritaires dans la réserve de Cudrefin, à gauche, et dans le secteur de la baie d'Ostende dans réserve des Grèves d'Ostende, à droite. En bas à gauche : la « Grande Gouille » près d'Estavayer-le-Lac dans la réserve des Grèves de la Corbière, un secteur de très faible densité d'espèces prioritaires. En bas à droite : secteur de marais près d'Estavayer-le-lac dans la réserve des Grèves de la Corbière, les accès de machine et les ornières générées par le fauchage ne sont pas étrangers aux « hot spots » localisés du secteur. Les nombres indiqués correspondent au nombre d'espèces prioritaires observées lors des deux passages du Module 4 du monitoring, toutes classes de priorité confondues.

Les résultats du Module 4 autorisent une première analyse exploratoire relative à l'effet de l'entretien sur les espèces prioritaires. Cette analyse a été réalisée en attribuant aux mailles prospectées un statut « Entretenue » ou « Non entretenue » comme décrit dans la section 2.4.4 du rapport. Même si de nombreux facteurs sont suceptibles de moduler la distribution de ces espèces, il est intéressant de constater que les mesures de gestion routinières des marais non-boisés et de leurs milieux naturels (fauchage, décapage) semblent avoir un effet bénéfique sur la conservation des espèces prioritaires. Au-delà des mesures de conservation des surfaces terrestres (mesures de lutte contre l'érosion) et des mesures de conservation des surfaces de marais non-boisés (mesures de lutte contre l'enforestation), ces mesures routinières, appliquées depuis le début des années 1980, semblent favoriser, à défaut d'analyses plus complexes, la densité des espèces prioritaires tant à l'échelle des marais non-boisés qu'à celle des principaux milieux naturels qui les constituent (Figures 53 et 54, valeurs statistiques en Annexe 4).

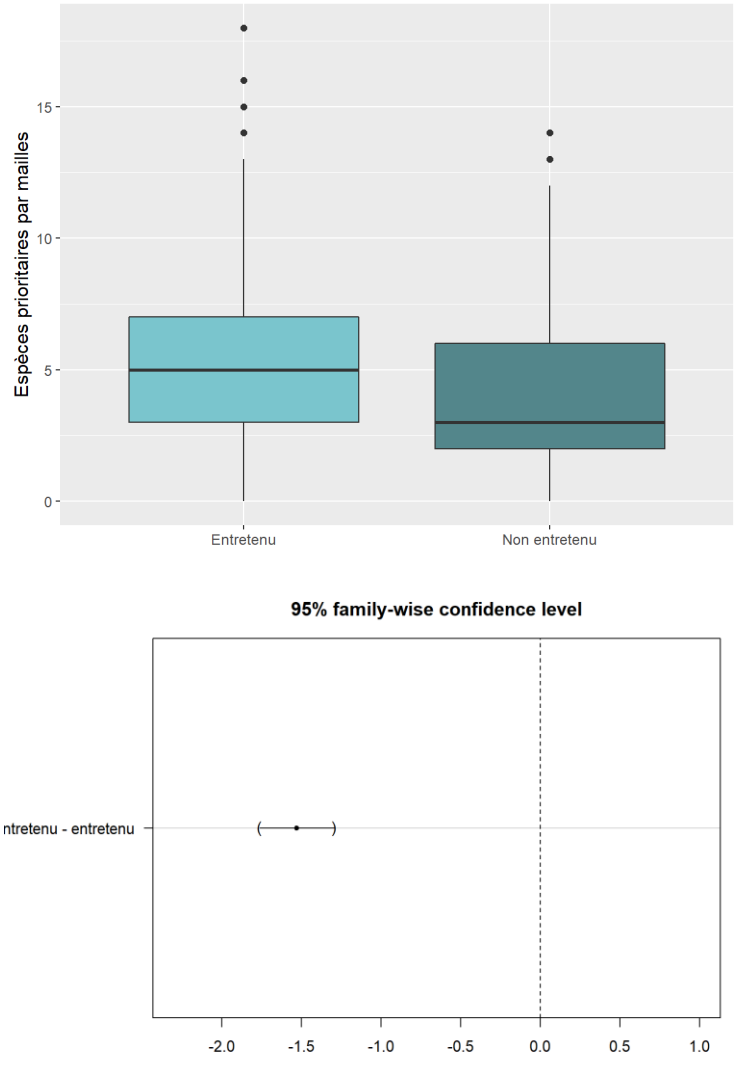
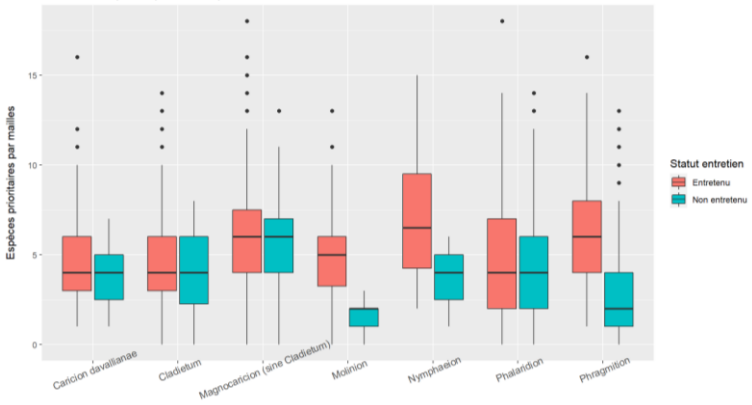


Figure 53 :
En haut : Boxplot de la densité des espèces prioritaires (nombre d'espèces prioritaires par maille) selon le statut « Entretenu » ou « Non-entretenu » attribué aux mailles du groupe des milieux naturels des marais non-boisés. En bas : Comparaison des différences de moyennes (exprimées en nombre d'espèces prioritaires par maille) entre ces statuts avec intervalle de confiance à 95% calculé par tests de Tukey.



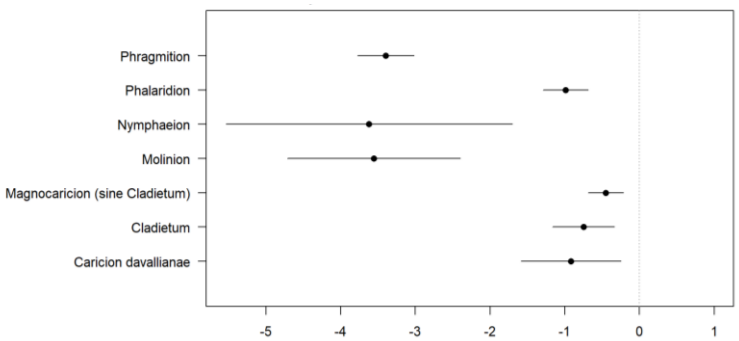


Figure 54 :
En haut : Boxplots du nombre d'espèces prioritaires par mailles entre mailles entretenues et non-entretenues, en fonction des principaux milieux naturel du marais.
En bas : Comparaison des différences de moyennes (exprimé en nombre d'espèces prioritaires par mailles) entre milieux naturels avec intervalle de confiance à 95% calculé par tests de Tukey.

4.2.2 Régulation des néophytes envahissantes

Les gestionnaires disposent, avec les nombreuses observations réalisées dans le cadre du Module 5, d'une base de données détaillée utilisable pour la planification de mesures qui viseraient la maîtrise des néophytes envahissantes. Les résultats obtenus montrent clairement qu'une priorité devrait être accordée, à la mesure des moyens dont dispose l'AGC, à la maîtrise du Solidage géant (*Solidago gigantea* Aiton), fréquent et en populations importantes dans toutes les réserves naturelles à l'exception de celle de Cudrefin. Une mesure (fauchage biannuel) est déjà appliquée depuis 5 ans sur les populations les plus importantes. Les données du monitoring se révèleront précieuses pour en évaluer l'effet.

5 CONCLUSION

Le monitoring de la flore et de la végétation 2013-2021 a permis d'acquérir un grand nombre de données descriptives de la flore et de la végétation des réserves naturelles de la Grande Cariçaie, plus nombreuses que toutes celles accumulées au cours des trente années d'observation naturaliste précédant le début de ce monitoring et couvrant l'ensemble des réserves naturelles.

Les résultats des Modules 1 et 2 ont permis de caractériser la couverture du sol des réserves naturelles. Accompagnés des résultats du Module 3, relatif aux espèces dominantes mais dont l'application n'a pas été menée à son terme, ils auraient permis d'identifier les types de végétation qu'abritent les réserves naturelles et d'en détailler leur structure. L'application des Modules 4 et 5, dédiés respectivement aux espèces prioritaires et aux néophytes envahissantes, a permis de découvrir de nombreuses nouvelles stations de ces espèces particulières, de préciser leur distribution et, pour certaines d'entre elles, d'évaluer leur population sur l'ensemble du territoire confié à l'AGC. Elles pourront être comparées à celles que fourniraient de futures campagnes de mises à jour. Les données récoltées ont aussi permis de confirmer/préciser la classification des groupes de milieux naturels et des milieux naturels en classes de priorité. Finalement elles représentent une base solide d'échantillonnage pour l'établissement d'un monitoring régulier dévolu à ces espèces. Le Module 6, même s'il a permis d'inventorier autant de taxons que toutes les tentatives d'inventaire menées à ce jour, mérite que des compléments lui soient apportés.

Certaines des données récoltées peuvent d'ores et déjà trouver un écho dans les activités routinières de l'AGC, que ce soit en matière de protection du territoire ou de gestion. Les gestionnaires pourront consulter les bases de données constituées pour juger de la compatibilité des projets d'aménagement du territoire qui leur seront soumis avec les valeurs floristiques que ces bases leur révèleront. Ils veilleront aussi, dans leurs planifications annuelles, à faire concorder au mieux les enjeux de la conservation des milieux naturels avec ceux de la conservation des espèces prioritaires.

6 PERSPECTIVES

La première étape du monitoring, qui s'est concentrée sur les marais non-boisés des réserves naturelles, s'est révélée particulièrement coûteuse et complexe quant à la recherche de forces de travail compétentes et l'organisation de ses phases de travail. Dès lors la planification, à moyen et long terme, d'une mise à jour de l'entier de son programme ou de l'application de celui-ci aux autres groupes de milieux naturels (forêt, surface lacustre) reste difficilement envisageable. Les paragraphes qui suivent esquissent donc, sur la base de l'expérience accumulée, quelques perspectives à court terme en matière de monitoring de la flore et de cartographie de la végétation des réserves naturelles de la Grande Cariçaie.

6.1 MONITORING

Les moyens financiers limités dont dispose l'AGC obligent une priorisation de ses missions de monitoring. En matière de flore et de végétation, cette priorisation devrait s'articuler autour des centres d'intérêt qui animent les partenaires de l'AGC. Dans ce sens, la préservation de la biodiversité, et plus particulièrement la sauvegarde des espèces prioritaires et la maitrise des néophytes envahissantes, sont des sujets de préoccupation portés à l'échelle nationale et cantonale. Il est donc souhaitable que l'AGC accroisse ses connaissances en matière de biodiversité végétale d'une part, en étendant l'application du Module 6 à d'autres groupes de milieux naturels, particulièrement à celui des forêts, et en matière d'espèces prioritaires et de néophytes envahissantes d'autre part, en mettant en place un monitoring annuel pour les Modules 4 et 5.

Pour le Module 6, il est suggéré qu'un simple quota de temps lui soit annuellement dédié (p.ex. deux semaines) pour prospecter les forêts alluviales, notamment les voies de communication qui les sillonnent et qui sont probablement les sources de découverte les plus prometteuses. En cas de découverte d'une nouvelle espèce non répertoriée lors de la première étape du monitoring, et dans le but de caractériser la flore et la végétation de la maille qui l'abrite, l'ensemble des modules serait alors appliqué à cette maille.

Pour les Modules 4 et 5, une étude devra être menée pour définir, sur la base des résultats de la première étape de monitoring, un échantillon de surfaces à prospecter annuellement et dont l'effort de prospection soit compatible avec les moyens dont dispose l'AGC. Les tendances à long terme que révèlerait l'analyse des résultats de ce monitoring annuel pourraient motiver une mise à jour complète de ces modules. Quelques considérations/contraintes méthodologiques relatives au monitoring annuel souhaité peuvent déjà être évoquées ici :

- *Des taxons à écarter du monitoring* : le Cresson couché (*Rorippa x anceps* aggr.) et le Potamot à feuilles étroites (*Potamogeton x angustifolius* aggr.) ont régulièrement présenté d'importantes difficultés d'identification pendant le monitoring et ce malgré un double passage qui aurait dû permettre d'observer ces taxons dans des états de développement facilitant cette identification. Les difficultés d'identification rencontrées pour la Véronique à épis lâches (*Veronica catenata* Pennell) devrait conduire à former un agrégat pour ce monitoring annuel.
- *Une liste de taxons évolutive* : la liste des taxons visés par le monitoring devra être adaptée en fonction des données les plus récentes, telles que celles que fourniront les mises à jour régulières des listes des espèces prioritaires au niveau national et des néophytes envahissantes réalisées par l'OFEV, ou celles concernant la découverte de nouvelles

espèces prioritaires que révèlerait l'extension souhaitée du Module 6 relatif à la biodioversité végétale.

- *Un double passage annuel obligatoire* : les observations accumulées lors de la première étape du monitoring confirment la nécessité qu'un double passage annuel soit réalisé sur les surfaces à prospecter afin de garantir la meilleure détection possible des espèces visées. La Figure 55, qui met en évidence la proportion importante d'observations uniques réalisées pour la plupart des espèces prioritaires de priorité élevée malgré le double passage, illustre cette nécessité.

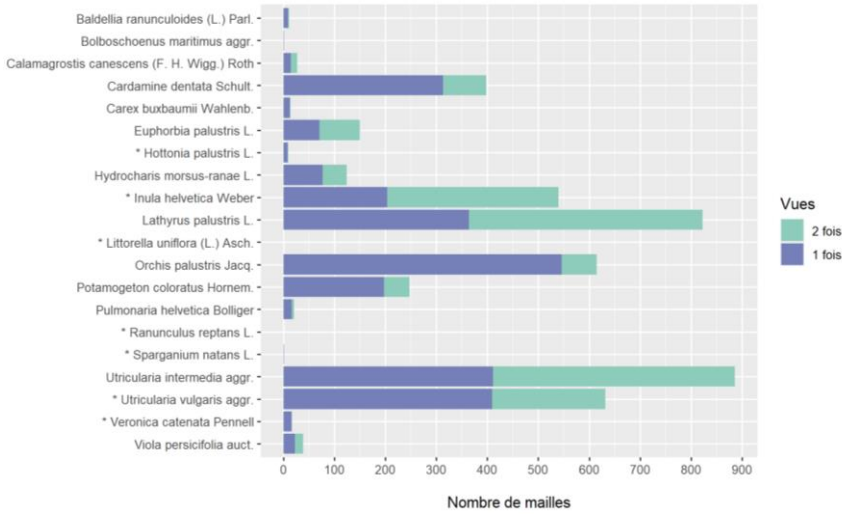


Figure 55 : Nombre de mailles dans lesquelles les espèces prioritaires de priorité élevée ont été observées une ou deux fois après les deux passages réalisés lors de l'application du Module 4.

- *Des prospections sans contraintes de temps et/ou de parcours* : La première étape du monitoring a mis en évidence des différences sensibles de pénétrabilité dans les milieux naturels suivant leur nature, la hauteur des nappes d'eau qui les envahissent, la portance de leur sol ou encore les obstacles qui les jalonnent. Il ne semble donc pas indiqué, au risque de ne faire que rajouter des biais à la méthode, d'imposer des contraintes de temps et/ou de parcours aux observateurs qui seront engagés dans le monitoring annuel.

En appui de ce monitoring annuel, et pour autant que l'effort nécessaire n'en péjore pas l'avancement, des stations d'espèces pourraient être intégrées aux éventuels programmes de monitoring développés par les partenaires de l'AGC (Infoflora, cantons).

6.2 CARTOGRAPHIE DE LA VÉGÉTATION

L'AGC dispose de plusieurs cartes chronologiques de la végétation des réserves naturelles. Ces cartes ont été réalisées selon deux méthodes. La première consiste en une simple interprétation de photos aériennes et conduit à la délimitation des principaux groupes de milieux naturels composant les réserves naturelles (forêt – marais non-boisés – surfaces d'eaux libres). La deuxième combine prospections de terrain et utilisation d'une clé d'identification pour obtenir une délimitation et une caractérisation fines des milieux naturels des marais non-boisés. Le Plan de gestion 2021-2023 prévoit que la première méthode continue d'être appliquée. Ses résultats successifs permettent de caractériser les principales dynamiques naturelles qui régissent les réserves naturelles (enforestation – érosion) et servent de support à la planification d'éventuelles mesures de gestion visant à les réguler. La perpétuation de la deuxième méthode prête encore à discussion et n'a pas été clairement tranchée dans le Plan de gestion 2012-2023. D'une part elle

ne permet, selon son développement actuel, de caractériser que les marais non boisés, ignorant la caractérisation des milieux naturels des forêts et des surfaces lacustres. D'autre part la qualité de ses résultats n'a pas été confrontée à celle qui pourrait être obtenue par le biais d'autres méthodes de caractérisation, notamment comme celle prévue par le Module 3 du programme de monitoring qui a été interrompu ou d'autres méthodes particulières (remote sensing). La Commission scientifique de l'AGC devrait donc rapidement se prononcer sur le choix d'une méthode de cartographie susceptible de combler les besoins de l'association en matière de caractérisation des milieux naturels.

En résumé, et à l'horizon de la fin de la convention-programme 2020-2024, il est souhaitable que l'AGC :

- ⇨ étende l'application du Module 6 aux autres groupes de milieux naturels, particulièrement à celui des forêts alluviales, pour compléter la connaissance de la biodiversité végétale des réserves naturelles ;
- ⇨ étende l'application des Modules 4 et 5 aux autres groupes de milieux naturels, particulièrement à celui des forêts alluviales, pour compléter la connaissance des espèces prioritaires des réserves naturelles ;
- ⇨ développe et teste un monitoring annuel des espèces prioritaires et des néophytes envahissantes sur la base des résultats des Modules 4 et 5, monitoring dont les résultats permettront à l'AGC et ses partenaires (OFEV, cantons) d'apprécier l'évolution de la fréquence de ces espèces et des populations de certaines d'entre elles;
- ⇨ poursuive la cartographie des groupes de milieux naturels par interprétation de photos aériennes en établissant des cartes pour les séries de photos aériennes à disposition de l'AGC, soit celles datées 2017 (cartographie actuellement en cours d'élaboration) et 2020 ;
- ⇨ étendre l'application du Module 3 à un échantillon représentatif du panel complet des milieux naturels des réserves naturelles, en compare la qualité des résultats avec ceux d'autres méthodes de cartographie des milieux naturels et choisisse la méthode de cartographie qui réponde au mieux à ses besoins ;

Au terme de la convention-programme 2020-2024, si ces propositions sont acceptées, le bilan de leur réalisation servira à fixer le programme de monitoring de la flore et de la végétation pour la convention-programme suivante.

7 REFERENCES

Association de la Grande Cariçaie (2015). *Plan de gestion 2012 – 2023 de la Rive sud du lac de Neuchâtel*. Retrieved from Association de la Grande Cariçaie website: https://grande-caricaie.ch/fr/lassociation/plan-de-gestion-2012-2023/

Clerc, C. (in prep). *Monitoring de la flore et de la végétation 2012-2024: Guide méthodologique.*

Clerc, C. (2002). *Typologie et cartographie de la végétation de la rive sud du Lac de Neuchâtel, d'Yverdon à Cudrefin*. Gestion des zones naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel (No. 63).

Clerc, C., & Fleury, Z. (2004). *Inventaire des stations de néophytes de la Rive sud du lac de Neuchâtel d'Yverdon-les-Bains à Cudrefin. Etat 2003*. Gestion des zones naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel (No. 67).

Département de la sécurité et de l'environnement, Canton de Vaud (2001). *Décision de classement des réserves naturelles de la Rive sud du lac de Neuchâtel (communes d'Yverdon-les-Bains, Cheseaux-Noréaz, Yvonand, Vully-les-Lacs et Cudrefin).*

Département de la sécurité et de l'environnement, Canton de Vaud (2002). *Décision de classement des réserves naturelles de la Rive sud du lac de Neuchâtel (communes d'Yverdon-les-Bains, Cheseaux-Noréaz, Yvonand, Vully-les-Lacs et Cudrefin)*. Retrieved from https://grande-caricaie.ch/fr/fiche/reglement-vd/

Etat de Fribourg (2002). *Règlement FR du 6 mars 2002 accompagnant le plan d'affectation cantonal des réserves naturelles sur la rive sud du lac de Neuchâtel*. Retrieved from https://grande-caricaie.ch/fr/fiche/reglement-fr/

Fernex, J. (2008). *Inula helvetica Weber dans la Grande Cariçaie (CH) Evolution des populations et profil écologique en vue d 'une optimisation de la gestion de l 'espèce.*

Le Nédic, C. (1994). *Programme général de surveillance scientifique*. Gestion des zones naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel (No. 29).

Le Nédic, C. (2001). *Suivi des effets du fauchage Elbotel sur la végétation. Rapport de synthèse*. Gestion des zones naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel (No. 21).

OFEV (2011). Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010. *L'environnement Pratique*. Retrieved from https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/liste-especes-prioritaires-nationales.html

OFEV (2019). Liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national. Espèces et milieux prioritaires pour la conservation en Suisse. *L'environnement pratique*, *1709*, 98.

QGIS Development Team (2021). *QGIS Geographic Information System*. Retrieved from https://www.qgis.org

R Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing [Computer software]. Vienna, Austria. Retrieved from https://www.R-project.org/

Romanens, R., Clerc, C., & Vittoz, P. (2016). Évolution de la rive au sud du lac de Neuchâtel entre 1953 et 2010. *Bulletin De La Société Vaudoise Des Sciences Naturelles*, *95*, 33–61.

Sager, L. (2002). *Distribution d'Hydrocharis morsus-ranae L. et de Rumex hydrolapathum Huds. dans un bas-marais périlacustre. Influence du fauchage.*

Service archéologique cantonal (2002). Cahiers d'archéologie fribourgeoise. *Cahiers D'archéologie Fribourgeoise*, *4*.

Annexe 1

LISTE DES ESPÈCES DU MODULE 4 ET CHANGEMENTS APPORTÉS PENDANT LES ANNÉES DU MONITORING

Taxon	Module lors du 1er passage	Module lors du 2ème passage	Statut de priorité (OFEV 2011)	Statut de priorité (OFEV 2019)
Baldellia ranunculoides (L.) Parl.	4a	4a	1	1
Bolboschoenus maritimus aggr.	4a	4a	absent	2
Calamagrostis canescens (F. H. Wigg.) Roth	4a	4a	4	4
Cardamine dentata Schult.	4a	4a	4	4
Carex buxbaumii Wahlenb.	4a	4a	3	4
Euphorbia palustris L.	4a	4a	4	4
Hottonia palustris L.	4b	4a	3	3
Hydrocharis morsus-ranae L.	4a	4a	3	3
Inula helvetica Weber	4b	4a	2	2
Lathyrus palustris L.	4a	4a	4	4
Littorella uniflora (L.) Asch.	4b	4a	3	3
Orchis palustris Jacq.	4a	4a	4	4
Potamogeton coloratus Hornem.	4a	4a	3	3
Pulmonaria helvetica Bolliger	4a	4a	1	2
Ranunculus reptans L.	4b	4a	1	1
Sparganium natans L.	4b	4a	3	3
Utricularia intermedia aggr.	4a	4a	absent	absent
Utricularia vulgaris aggr.	4b	4a	absent	absent
Veronica catenata Pennell	4b	4a	3	3
Viola persicifolia auct.	4a	4a	2	3
Achillea ptarmica L.	-	4b	absent	4
Butomus umbellatus L.	4b	4b	4	4
Carex lasiocarpa Ehrh.	-	4b	absent	4
Carex otrubae Podp.	4b	4b	4	absent
Carex pseudocyperus L.	4b	4b	4	4
Carex riparia Curtis	4b	4b	4	absent
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	4b	4b	4	4
Ceratophyllum demersum L.	4b	4b	4	absent
Cyperus flavescens L.	4b	4b	4	4
Cyperus fuscus L.	4b	4b	4	4
Cypripedium calceolus L.	4b	4b	4	4
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Schult.	4b	4b	4	4
Eleocharis uniglumis (Link) Schult.	-	4b	absent	4
Gentiana pneumonanthe L.	4b	4b	4	4
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	4b	4b	4	4
Gnaphalium luteoalbum L.	4b	4b	4	4
Hydrocotyle vulgaris L.	4b	4b	4	4
Iris sibirica L.	4b	4b	4	4
Isolepis setacea (L.) R. Br.	4b	4b	4	4
Liparis loeselii (L.) Rich.	4b	4b	3	4
Myosotis scorpioides aggr.	-	4b	absent	absent
Najas marina L.	4b	4b	4	absent
Odontites vulgaris Moench	4b	4b	4	4
Ophioglossum vulgatum L.	4b	4b	4	4
Ophrys apifera Huds.	4b	4b	4	4
Ophrys holosericea (Burm. f.) Greuter	4b	4b	4	4
Ophrys insectifera L.	-	4b	absent	4
Potamogeton gramineus L.	4b	4b	3	4
Potamogeton nodosus Poir.	4b	4b	4	4
Potamogeton pusillus aggr.	4b	4b	absent	absent
Potamogeton x angustifolius aggr.	-	4b	absent	absent
Ranunculus circinatus Sibth.	4b	4b	3	4
Ranunculus lingua L.	4b	4b	4	4
Ranunculus sceleratus L.	4b	4b	4	4
Rorippa amphibia (L.) Besser	4b	4b	4	4
Rorippa x anceps aggr.	4b	4b	absent	absent
Rumex hydrolapathum Huds.	4b	4b	3	4
Sanguisorba officinalis L.	4b	4b	absent	absent
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	4b	4b	4	absent
Sparganium emersum Rehmann	4b	4b	4	4
Sparganium erectum L.	4b	4b	3	3
Spiranthes aestivalis (Poir.) Rich.	4b	4b	3	4
Thalictrum flavum L.	4b	4b	4	4
Thelypteris palustris Schott	4b	4b	4	4
Trifolium fragiferum L.	4b	4b	4	absent
Utricularia minor L.	4b	4b	4	4
Zannichellia palustris L.	4b	4b	4	4

En rouge : taxons promus du Module 4b au Module 4a. En vert : taxons introduits dans le Module 4b

Annexe 2

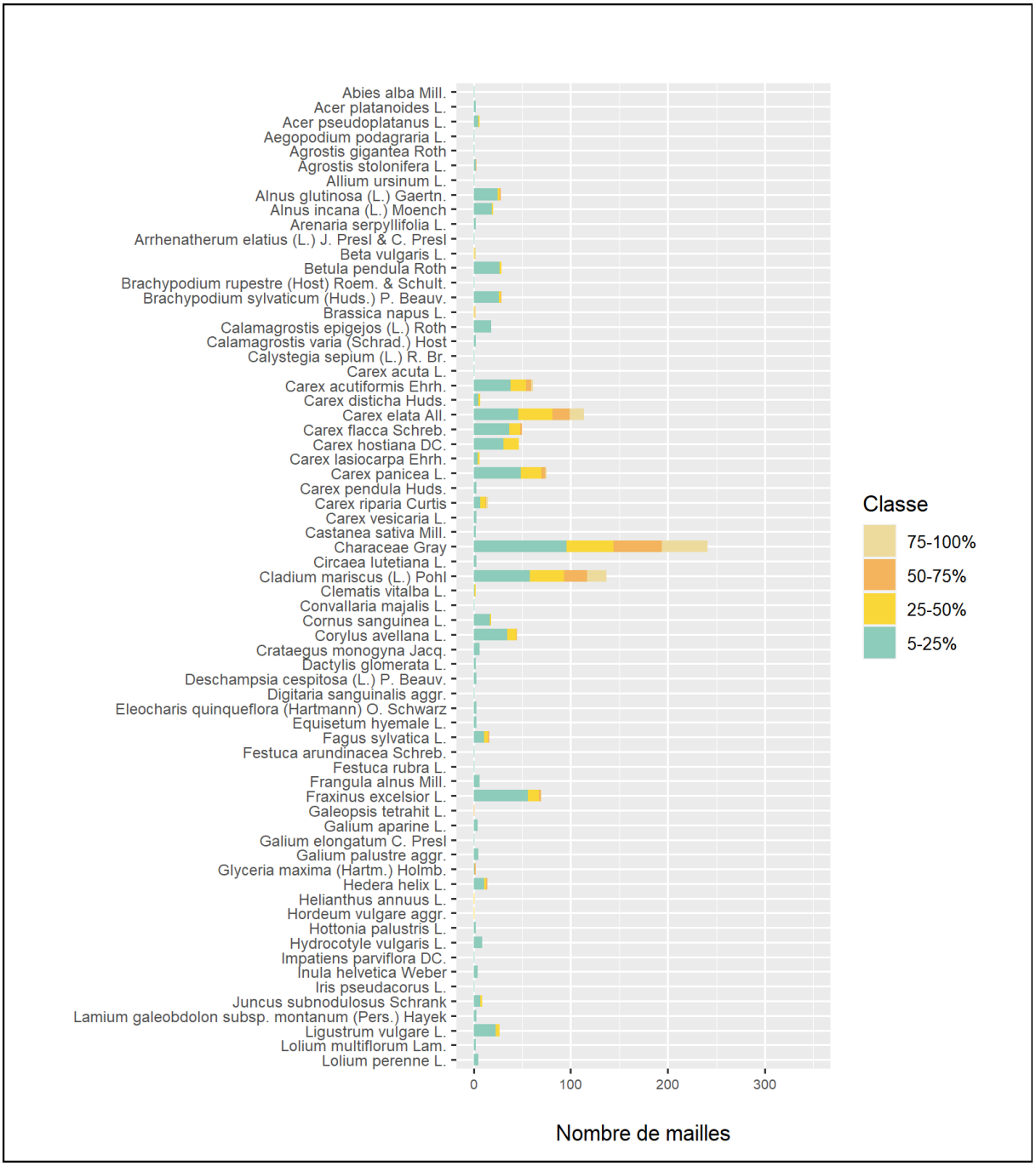
LISTE DES ESPÈCES DU MODULE 5 ET CHANGEMENTS APPORTÉS PENDANT LES ANNÉES DU MONITORING

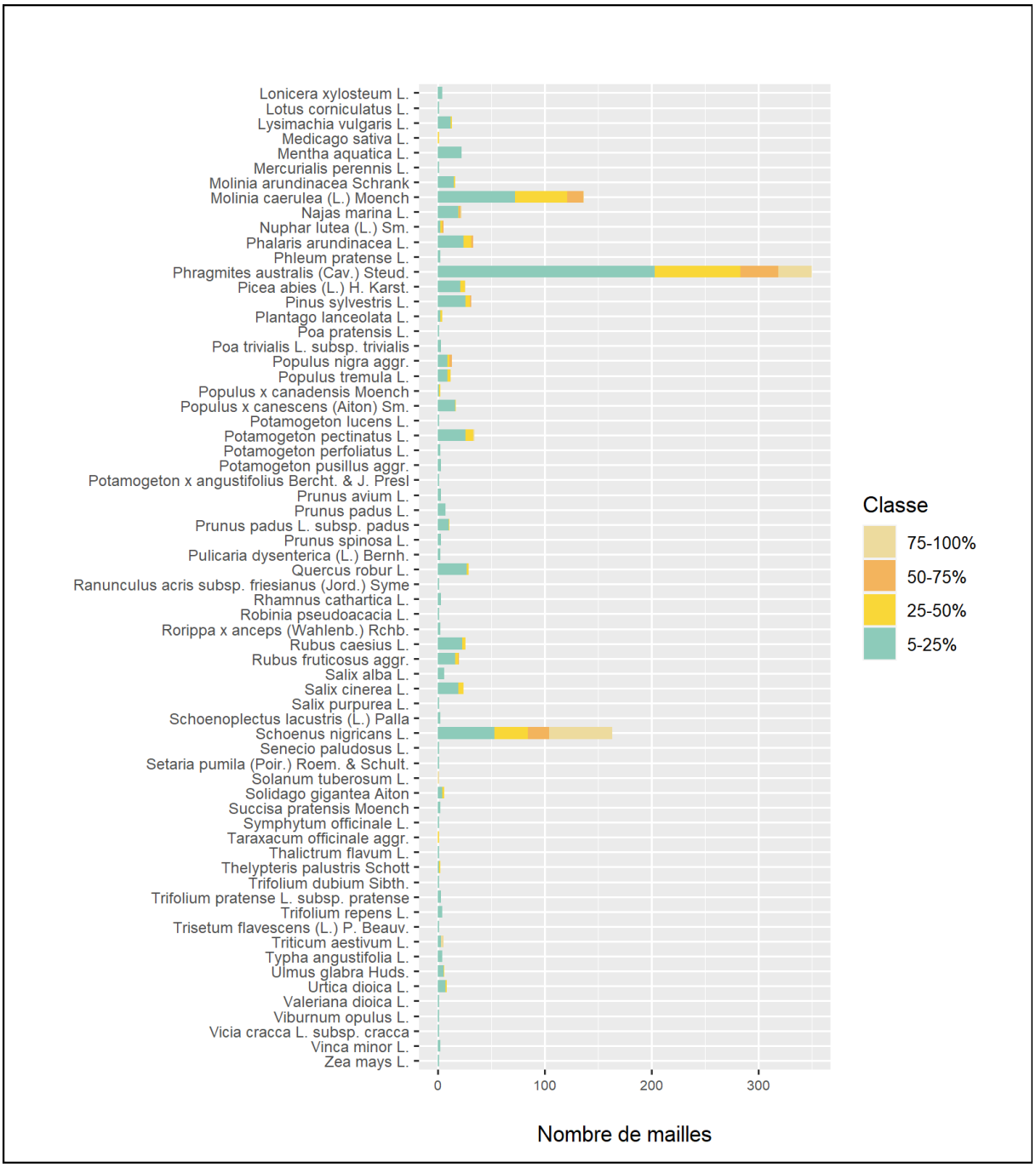
Taxon	Module lors du 1er passage	Module lors du 2ème passage
Solidago gigantea Aiton	5a	5a
Ailanthus altissima (Mill.) Swingle	5b	-
Ambrosia artemisiifolia L.	5b	-
Artemisia verlotiorum Lamotte	5b	-
Buddleja davidii Franch.	5b	5b
Bunias orientalis L.	-	5b
Cyperus esculentus L.	-	5b
Elodea canadensis aggr.	5b	5b
Erigeron annuus (L.) Desf.	-	5b
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	5b	5b
Impatiens glandulifera Royle	5b	5b
Lonicera japonica Thunb.	5b	-
Polygonum polystachyum Meisn.	5b	-
Prunus laurocerasus L.	5b	5b
Prunus serotina Ehrh.	5b	-
Reynoutria japonica Houtt.	5b	5b
Reynoutria sachalinensis (F. Schmidt) Nakai	5b	-
Reynoutria x bohemica Chrtek & Chrtková	5b	-
Rhus typhina L.	5b	5b
Robinia pseudoacacia L.	5b	5b
Senecio inaequidens DC.	5b	5b
Solidago canadensis L.	5b	5b

En rouge : taxons écartés en cours de monitoring
En vert : taxons introduits dans le Module 5b

Annexe 3

MODULE 3 : NOMBRE DE MAILLES PAR ESPECE DOMINANTE ET PAR CLASSE DE RECOUVREMENT POUR LES 910 MAILLES PROSPECTEES




Lonicera xylosteum L.
Lotus corniculatus L.
Lysimachia vulgaris L.
Medicago sativa L.
Mentha aquatica L.
Mercurialis perennis L.
Molinia arundinacea Schrank
Molinia caerulea (L.) Moench
Najas marina L.
Nuphar lutea (L.) Sm.
Phalaris arundinacea L.
Phleum pratense L.
Phragmites australis (Cav.) Steud.
Picea abies (L.) H. Karst.
Pinus sylvestris L.
Plantago lanceolata L.
Poa pratensis L.
Poa trivialis L. subsp. trivialis
Populus nigra aggr.
Populus tremula L.
Populus x canadensis Moench
Populus x canescens (Aiton) Sm.
Potamogeton lucens L.
Potamogeton pectinatus L.
Potamogeton perfoliatus L.
Potamogeton pusillus aggr.
Potamogeton x angustifolius Bercht. & J. Presl
Prunus avium L.
Prunus padus L.
Prunus padus L. subsp. padus
Prunus spinosa L.
Pulicaria dysenterica (L.) Bernh.
Quercus robur L.
Ranunculus acris subsp. friesianus (Jord.) Syme
Rhamnus cathartica L.
Robinia pseudoacacia L.
Rorippa x anceps (Wahlenb.) Rchb.
Rubus caesius L.
Rubus fruticosus aggr.
Salix alba L.
Salix cinerea L.
Salix purpurea L.
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla
Schoenus nigricans L.
Senecio paludosus L.
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.
Solanum tuberosum L.
Solidago gigantea Aiton
Succisa pratensis Moench
Symphytum officinale L.
Taraxacum officinale aggr.
Thalictrum flavum L.
Thelypteris palustris Schott
Trifolium dubium Sibth.
Trifolium pratense L. subsp. pratense
Trifolium repens L.
Trisetum flavescens (L.) P. Beauv.
Triticum aestivum L.
Typha angustifolia L.
Ulmus glabra Huds.
Urtica dioica L.
Valeriana dioica L.
Viburnum opulus L.
Vicia cracca L. subsp. cracca
Vinca minor L.
Zea mays L.
0
100
200
300
Nombre de mailles
Classe
75-100%
50-75%
25-50%
5-25%

Annexe 4

VALEURS STATISTIQUES DES TESTS DE PERMUTATION DE TUKEY

Comparaison	Différence	Écart-type	t	p-value
lac - foret	-0.30361	0.12393	-2.45	0.0371
marais - foret	2.71450	0.09376	28.95	<1E-04
marais - lac	3.01811	0.10582	28.52	<1E-04

Comparaison des nombres d'espèces prioritaires par maille selon les groupes de milieux naturels (cf. Figure 46)

Comparaison	Différence	Écart-type	t	p-value
Cladietum - Caricion davallianae	0.26579	0.18607	1.42847	0.75611
Magnocaricion (sine Cladietum) - Caricion davallianae	1.29688	0.15857	8.17853	6.66134E-15
Molinion - Caricion davallianae	0.51009	0.30537	1.67037	0.59629
Nymphaeion - Caricion davallianae	0.76427	0.74473	1.02624	0.93786
Phalaridion - Caricion davallianae	0.37076	0.18126	2.04553	0.34540
Phragmition - Caricion davallianae	-0.72239	0.19415	-3.72071	0.00289
Magnocaricion (sine Cladietum) - Cladietum	1.03109	0.15844	6.50792	6.1522E-10
Molinion - Cladietum	0.24430	0.30530	0.80018	0.98162
Nymphaeion - Cladietum	0.49848	0.74470	0.66937	0.99283
Phalaridion - Cladietum	0.10497	0.18114	0.57952	0.99674
Phragmition - Cladietum	-0.98818	0.19404	-5.09258	6.85424E-06
Molinion - Magnocaricion (sine Cladietum)	-0.78679	0.28937	-2.71900	0.07784
Nymphaeion - Magnocaricion (sine Cladietum)	-0.53261	0.73831	-0.72139	0.98930
Phalaridion - Magnocaricion (sine Cladietum)	-0.92611	0.15276	-6.06268	2.83334E-08
Phragmition - Magnocaricion (sine Cladietum)	-2.01927	0.16786	-12.02955	<1E-10
Nymphaeion - Molinion	0.25418	0.78308	0.32459	0.99988
Phalaridion - Molinion	-0.13932	0.30240	-0.46073	0.99910
Phragmition - Molinion	-1.23248	0.31030	-3.97191	0.00101
Phalaridion - Nymphaeion	-0.39350	0.74351	-0.52925	0.99803
Phragmition - Nymphaeion	-1.48666	0.74676	-1.99081	0.37985
Phragmition - Phalaridion	-1.09315	0.18943	-5.77061	7.47585E-08

Comparaison des nombres d'espèces prioritaires par maille selon les milieux naturels des marais non-boisés (cf. Figure 48)

Comparaison	Différence	Écart-type	t	p-value
lac - foret	-52.7993726	2.21399976	-23.8479577	<1E-10
marais - foret	-24.9939672	2.47671566	-10.0915771	<1E-10
marais - lac	27.8054054	2.22020319	12.5238111	<1E-10

Comparaison de la biodiversité végétale par maille selon les groupes de milieux naturels (cf. Figure 49)

Comparaison	Différence	Écart-type	t	p-value
non_entretenu - entretenu	-1.5300354	0.11862634	-12.8979404	<1E-10

Comparaison des nombres d'espèces prioritaires par maille selon le statut d'entretien attribué aux mailles des marais non-boisés (cf. Figure 53)

Comparaison entretenu – non_entretenu	Différence	Écart-type	t	p-value
Caricion davallianae	-0.91813544	0.66753311	-1.37541556	0.16977049
Cladietum	-0.75021337	0.41278224	-1.81745556	0.06988437
Magnocaricion (sine Cladietum)	-0.44968294	0.2350451	-1.91317728	0.05604383
Molinion	-3.55555556	1.15632499	-3.07487565	0.00276464
Nymphaeion	-3.61904762	1.91818861	-1.88670061	0.08585976
Phalaridion	-0.99117746	0.3017018	-3.28528853	0.00109191
Phragmition	-3.39709721	0.37622534	-9.02942152	<1E-10

Comparaison des nombres d'espèces prioritaires par maille selon le statut d'entretien attribué aux mailles des milieux naturels des marais non-boisés (cf. Figure 54)