



HAL
open science

Évaluation de l'efficacité de mesures de création et d'entretien de mares en sites Natura 2000

Camille Bernard, Louise Percevault, Isabelle Witté, Marie-Caroline Prima,
Paul Rouveyrol

► **To cite this version:**

Camille Bernard, Louise Percevault, Isabelle Witté, Marie-Caroline Prima, Paul Rouveyrol. Évaluation de l'efficacité de mesures de création et d'entretien de mares en sites Natura 2000. Patrimoine (OFB-MNHN-CNRS-IRD). 2023. hal-04324941

HAL Id: hal-04324941

<https://hal.science/hal-04324941v1>

Submitted on 5 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Évaluation de l'efficacité de mesures de création et d'entretien de mares en sites Natura 2000

Camille Bernard, Louise Percevault, Isabelle Witté, Marie-
Caroline Prima, Paul Rouveyrol



Septembre 2023

PATRINAT

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

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



Nom du Programme : Évaluation de l'efficacité des mesures de gestion Natura 2000

Cheffe de l'équipe en charge du programme : Katia Hérard

Contributeurs : Camille Bernard, Louise Percevault, Marie-Caroline Prima, Paul Rouveyrol, Isabelle Witté

Relecteurs : Paul Rouveyrol, Katia Hérard

Référence du rapport conseillée : Bernard C., Percevault L, Witté I., Prima M-C., Rouveyrol P., 2023. Évaluation de l'efficacité de mesures de création et d'entretien de mares en sites Natura 2000. Analyses préliminaires. PatriNat (OFB/CNRS/IRD/MNHN), Paris, 48 p + annexes

PatriNat

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel



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

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

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

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

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

En savoir plus : www.patrinat.fr

Direction : Laurent PONCET et Julien TOUROULT

Naturefrance

Le service public d'information sur la biodiversité



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

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

En savoir plus : naturefrance.fr

Inventaire national du patrimoine naturel

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



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

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

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

En savoir plus : www.inpn.fr

Compteur Biodiversité Outre-mer

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



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

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

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

En savoir plus : biodiversite-outre-mer.fr

SOMMAIRE

1.	Bilan du lancement des projets concernant les mares (AMI 1)	10
1.1.	Projets retenus et partenaires impliqués	10
1.2.	L'année N : lancement des projets, état initial.....	13
2.	Analyse préliminaire des données de la première année de suivi	14
2.1.	SM1 – Contexte écologique des mares	14
2.2.	SM2 – Suivi des pratiques de gestion	19
2.3.	SM3 – Photographies.....	23
2.4.	SM4 – Cartographie des habitats.....	27
2.5.	SM5 – Stade d'évolution et végétation des mares.....	31
2.6.	SM6 – Hydrologie et physico-chimie de l'eau	37
2.7.	SM7 - Atterrissement.....	42
2.8.	BAOS1 – Connectivité et mosaïque	46
3.	Retours d'expérience globaux, conclusions et perspectives	47
3.1.	Retour d'expérience pratique sur le dispositif	47
3.2.	Premiers enseignements des données	47

Glossaire

- AFB** Agence Française pour la Biodiversité (devenue OFB)
- AMI** Appel à Manifestations d'Intérêt
- CEN HdF** Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France (parfois renseigné comme « CEN NPDC » pour CEN Nord Pas-de-calais car le projet a été engagé avant la fusion)
- FDCJ** Fédération départementale des chasseurs du Jura
- FNE Loire** France Nature Environnement Loire
- OFB** Office Français de la Biodiversité (issu de la fusion de l'AFB et de l'ONCFS)
- ONCFS** Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
- PatriNat** Service du Patrimoine Naturel (OFB-CNRS-MNHN)
- PNR Luberon** Parc naturel régional du Luberon
- SIG** Système d'Information Géographique
- SMAGL** Syndicat mixte d'aménagement des Gorges de la Loire
- T-** Témoin : parcelle pour laquelle la mesure de gestion étudiée (et donc appliquée sur la ou les UG) n'est pas mise en place
- UG** Unité de gestion : zone sur laquelle on s'attend à voir l'état de conservation évoluer sous l'effet de la gestion (hypothèse testée)

Contexte

Le Ministère en charge de l'environnement a mandaté PatriNat pour travailler à l'évaluation globale de l'efficacité des outils Natura 2000 au regard des objectifs des directives européennes « Oiseaux » de 1979 et « Habitats-Faune-Flore » de 1992. Ce travail d'évaluation est mené à trois échelles interdépendantes : biorégion, site et parcelle. Concernant la parcelle, il a été décidé de réaliser des suivis les plus standardisés et robustes possibles, en parallèle de la mise en œuvre de mesures de gestion, permettant de récolter des données homogènes sur différents sites et de les analyser à la façon d'un dispositif unique de recherche.

Un travail préalable a permis de définir les objectifs, le cadre et les grands principes du programme d'évaluation des mesures de gestion¹. Le programme, prévu sur plusieurs années, s'organise en vagues d'évaluation successives dont chacune s'attache à évaluer sur cinq ans deux mesures de gestion. Pour chaque vague d'évaluation, la première année est destinée au choix des mesures ainsi qu'à l'élaboration des protocoles de suivi. Les partenaires sont sélectionnés par le biais d'un Appel à Manifestations d'Intérêt (AMI) publié sur le site de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et bénéficient, tout au long des cinq années du projet, d'un financement intégral ou partiel (co-financement) de leurs suivis par l'OFB.

Les partenaires mettent en place les suivis sur un ou plusieurs sites, dits « sites pilotes », puis les données récoltées seront analysées par PatriNat grâce à l'appui du Muséum national d'Histoire naturelle à l'issue de la phase de terrain. Ces analyses permettront de répondre à trois questionnements :

- Les mesures sont-elles efficaces : les données montrent-elles une amélioration de l'état de conservation imputable à la gestion ?
- Quels sont les facteurs favorables ou défavorables à l'efficacité de la gestion ?
- Quels sont les indicateurs les plus pertinents pour les gestionnaires souhaitant mettre en place une évaluation similaire ?

Ainsi, la première vague d'évaluation, lancée début 2019, s'intéresse à la restauration et l'entretien de milieux ouverts et la création et l'entretien de mares. Le deuxième et le troisième AMI portent sur les deux mêmes mesures : le retard de fauche et la plantation de haies. Enfin, le quatrième AMI reprend les mesures de restauration et entretien de milieux ouverts, suite à l'intérêt suscité par l'AMI 1, auxquelles s'ajoutent les mesures de restauration de milieux tourbeux. Enfin, le cinquième AMI reprend l'ensemble des mesures précédemment citées. Les cinq AMI publiés depuis 2019 ont permis de financer 46 projets (*cf* tableau 1) pour un montant de plus d'1.6 million d'euros dont plus d'1.2 million de financement par l'OFB. Deux autres projets avaient été retenus mais abandonnés par les porteurs de projets qui ont finalement rencontré des difficultés pour les mettre en place notamment en termes de gestion et de ressource humaine. Pour chacune des mesures à évaluer, un cadre méthodologique a été développé par PatriNat afin de cadrer et standardiser les suivis, ceci dans le but de limiter l'hétérogénéité des données en vue de l'analyse groupée de ces dernières.

¹ **Bernard C., 2019.** Méthode d'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion terrestre Natura 2000 à l'échelle de l'unité de gestion. Rapport cadre de l'AMI. *UMS PatriNat AFB-CNRS-MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, 51 p + annexes.

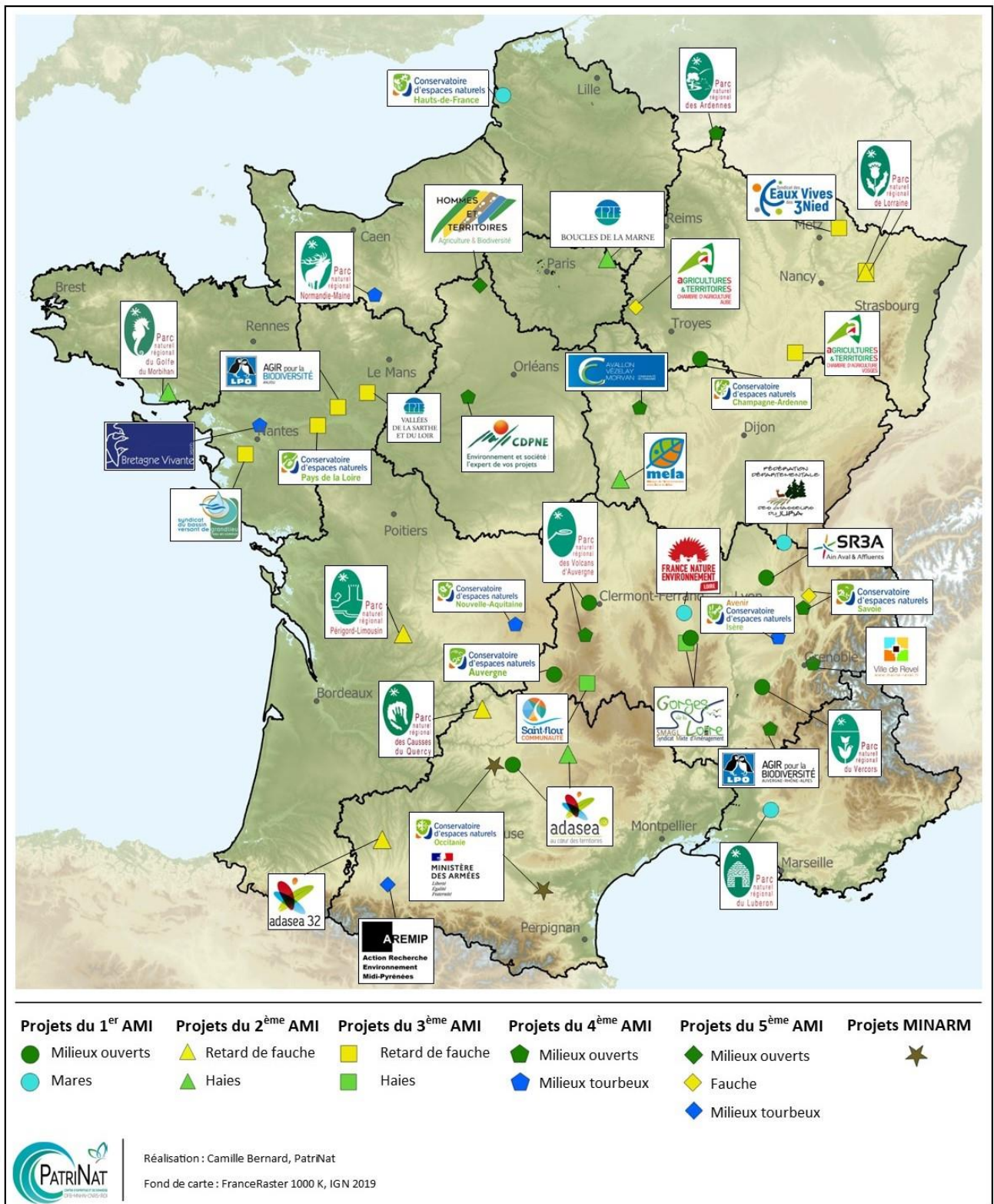


Figure 1 : Carte des projets retenus par les AMI 1 à 5

Tableau 1 : Nombre de projets retenus pour chaque mesure visée par les cinq AMI (les projets mentionnés entre parenthèses correspondent aux projets abandonnés)

AMI	Mesure	Nombre de projets
1	Restauration et entretien de milieux ouverts	7
	Création et entretien de mares	5
2	Retard de fauche	4
	Plantation de haies	3 (+1)
3	Retard de fauche	7
	Plantation de haies	2 (+2)
4	Restauration et entretien de milieux ouverts	7
	Restauration de milieux tourbeux	4
5	Restauration et entretien de milieux ouverts	1
	Retard de fauche	2
	Restauration de milieux tourbeux	1
TOTAL		43 (+3)

Pris dans leur ensemble, les projets engagés dans le programme sont bien répartis sur le territoire métropolitain français (cf figure 1) : ils concernent toutes les régions. Pour autant, la répartition des mesures au sein des domaines biogéographiques est moins uniforme, ceci étant en partie lié aux spécificités de chaque mesure. La diversité des structures participant aux AMI est représentative des acteurs impliqués dans l'animation et la gestion du réseau Natura 2000, avec une mobilisation importante des Parc naturels régionaux et des Conservatoires d'espaces naturels, mais aussi des associations, syndicats mixtes et structures agricoles ou cynégétiques.

Le présent rapport a pour objet d'une part d'établir un premier état des lieux du lancement du 1^{er} AMI et de la mise en œuvre des suivis concernant les mesures de création et entretien de mares, et d'autre part de dégager des relevés de terrain de la première année une analyse du dispositif expérimental notamment sur sa capacité à fournir une réponse la plus précise possible à la question de l'efficacité des mesures (représentativité, comparaisons traité/témoin, nombre et qualité des données récoltées, robustesse statistique...). Ce rapport traite spécifiquement des données de la première année de suivi (2019 ou 2020 selon les projets) du 1^{er} AMI portant sur l'évaluation de l'efficacité des mesures de création et d'entretien de mares. Les données des années ultérieures et des autres AMI feront l'objet de rapports distincts.

1. Bilan du lancement des projets concernant les mares (AMI 1)

1.1. Projets retenus et partenaires impliqués

En réponse au premier AMI, 9 projets ont été soumis. Parmi eux, cinq projets ont été retenus pour un montant global de 175 369 € HT (dont 144 191 € HT de financement par l'OFB et 31 448 € HT d'autofinancement). Au total, les projets permettent d'appliquer les suivis sur **8 mares dites « gérées »** (opérations de création et/ou entretien de mares) et **10 mares dites « témoins »**. Les sites Natura 2000 visés sont tous des Zones spéciales de conservation (ZSC), dont deux sont également des Zones de protection spéciale (ZPS) (cf tableau 3). Six structures sont impliquées dans ces projets (cf tableau 3) : FNE Loire, le Syndicat Mixte d'Aménagement des Gorges de la Loire (SMAGL), le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France (CEN HdF), la fédération départementale des chasseurs du Jura (FDCJ), le Parc Naturel Régional du Luberon (PNR Luberon) et Orbisterre (agissant en qualité de sous-traitant du PNR Luberon).

Le cadre méthodologique, présenté dans un document publié en 2019², regroupe l'ensemble des protocoles de suivis (présentés dans le tableau 2). Ils sont présentés en deux groupes : les protocoles du « socle », obligatoires pour l'ensemble des projets, et les protocoles de la « boîte à outils », optionnels (au choix des candidats de l'AMI, en fonction des moyens notamment humains dont ils disposent mais aussi des enjeux locaux).

Tableau 2 : Organisation temporelle des protocoles suivis (socle = protocoles obligatoires ; boîte à outils = protocoles optionnels)

Indicateur		Année des suivis				
		N	N+1	N+2	N+3	N+4
Socle	SM1 – Description de la mare et de ses abords	X	X	X	X	X
	SM2 – Questionnaire actions réalisées sur la mare et ses abords	X	X	X	X	X
	SM3 – Photographies	X	X	X	X	X
	SM4 – Cartographie et relevés phytosociologiques	X				X
	SM5 – Stade d'évolution et végétation de la mare	X	X	X	X	X
	SM6 – Hydrologie et physico-chimie de l'eau	X	X	X	X	X
	SM7 – Atterrissement	X	X			X
	SS1 – Mosaïque de mares dans le site Natura 2000	X				X
Boîte à outils	BAOM1 – Flore	X	X	X	X	X
	BAOM2 – Amphibiens	X	X	X	X	X
	BAOM3 – Coléoptères aquatiques	X	X			X
	BAOM4 – Odonates	X		X		X
	BAOS1 – Connectivité et mosaïque dans et hors site Natura 2000	X				X

Les protocoles de la boîte à outils ont généralement été retenus par les porteurs de projets : ainsi l'ensemble des projets applique le protocole odonates, 4/5 projets appliquent le protocole amphibiens, la flore et la connectivité seront effectués par 3/5 projets, et enfin les coléoptères aquatiques sont suivis par 2/5 projets seulement, probablement du fait de la rareté des spécialistes du groupe.

² Bernard C., 2019. Évaluation de l'efficacité des mesures de création et entretien de mares. Cadre méthodologique. UMS PatriNat (AFB-CNRS-MNHN), Paris, 46 p + annexes

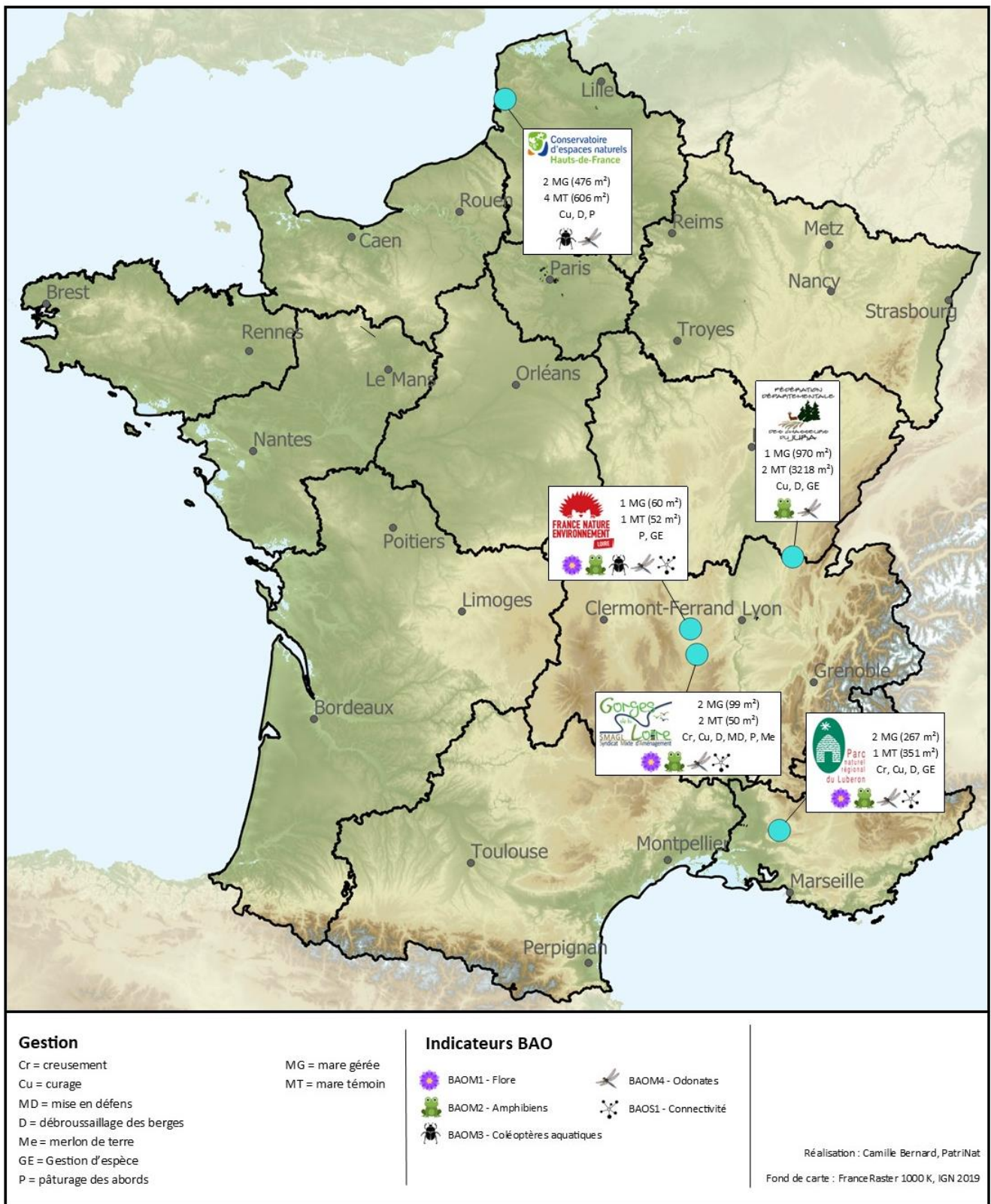


Figure 2 : Carte des projets mare retenus pour l'AMI 1

Tableau 3 : Synthèse technique des projets retenus pour l'évaluation de l'efficacité de mesures de création et entretien de mares

Structure porteuse	Domaine biogéo.			Région	Département	Site Natura 2000	Nombre de mares gérées (m ²)	Surface totale mares gérées (m ²)	Nombre de mares témoin	Surface totales mares témoins (m ²)	Gestion prévue						Indicateurs optionnels choisis				
	Atlantique	Continental	Méditerranéen								Creusement	Curage	Débroussaillage des berges	Mise en défens	Pâturage des abords	Merlon de terre	Gestion d' espèce	BAOM1 - Flore	BAOM2 - Amphibiens	BAOM3 - Coléoptères aquatiques	BAOM4 - Odonates
France Nature Environnement Loire (FNE Loire)		X		AURA	Loire	ZPS Ecozone du Forez - FR8212002 ZSC Milieux alluviaux de la Loire – FR8201765	1	60	1	52					X		X	X	X	X	X
Syndicat Mixte d'Aménagement des Gorges de la Loire (SMAGL)		X		AURA	Loire	ZPS Gorges de la Loire - FR8212014 ZSC Pelouses, landes et habitats rocheux des gorges de la Loire - FR8201763	2	99	2	50	X	X	X	X	X	X	X			X	X
CEN Hauts de France (CEN HdF)	X			Hauts de France	Pas-de-calais	ZSC Mares et bois acides du Plateau de Sorrus Saint Josse, prairies alluviales et bois tourbeux en aval de Montreuil - FR3100491	2	476	4	606		X	X		X				X	X	
Fédération départementale des chasseurs du Jura (FDCJ)		X		Bourg. FC	Jura	ZSC Petite Montagne du Jura - FR4301334	1	970	2	3218		X	X			X		X		X	
PNR du Luberon			X	PACA	Vaucluse	ZSC Le Calavon et l'Enchrème - FR9301587	2	267	1	351	X (2018)	?	?			X	X	X		X	X
							8	2478	10	4277											

1.2. L'année N : lancement des projets, état initial

Les années 2019 et 2020 ont respectivement marqué le lancement de deux et trois projets « mare » pour la mise en place des suivis pendant cinq ans selon le cadre méthodologique développé par PatriNat grâce à l'appui du Muséum national d'Histoire naturelle³. Cette première année de suivi sera nommée « année N » dans la suite du rapport.

PatriNat est allé à la rencontre de chaque porteur de projet afin de visiter les sites et de prendre connaissance de la gestion envisagée et surtout des enjeux associés (contexte global, espèces et habitats visés par les mesures, pressions à réduire ou susceptibles d'influer sur les résultats, ...). Cette visite, outre l'importance de dialoguer avec les porteurs de projets et partenaires avec qui s'engage un travail pluriannuel, a été l'occasion d'approfondir des points scientifiques, de réfléchir ensemble à l'échantillonnage, notamment le choix des témoins, et à l'application des protocoles (adaptation éventuelle aux particularités locales, difficultés liées à la compréhension des protocoles, etc). Pour la suite, PatriNat reste à disposition des porteurs de projets et partenaires pour toute question relative aux protocoles ou au déroulement des suivis.

Un plan d'échantillonnage (transects, quadrats, etc) a été proposé à chaque porteur de projet par PatriNat par tirage aléatoire *via* SIG (Système d'Information Géographique). Un exemple de plan d'échantillonnage est présenté en annexe 1. Les sessions de terrain ont ainsi pu être démarrées par les partenaires.

Pour les projets mares, le travail de la première année de suivi (année N) a consisté à :

- établir une première description des unités de gestion et témoins ;
- relever les pratiques de gestion ;
- réaliser plusieurs photographies des mares ;
- cartographier les habitats (HIC et autres, en codification EUNIS) et réaliser des relevés phytosociologiques ;
- évaluer le stade d'évolution et la répartition de la végétation de la mare ;
- mettre en place un suivi hydrologique et physico-chimique de l'eau ;
- mesurer l'atterrissement en différents points des mares ;
- relever les informations générales des mares environnantes et des paramètres d'enjeu et de gestion les concernant ;
- effectuer les suivis flore, amphibiens, coléoptères aquatiques et/ou odonates selon les protocoles « boîte à outils » retenus.

Un masque de saisie (format tableur excel) a été fourni aux partenaires pour saisir les données des différents protocoles. Ces fichiers ont été renseignés puis retransmis par les partenaires à PatriNat à l'issue des suivis. Un rapport d'étape a également été remis par chaque porteur de projet visant à établir un état des lieux des actions de gestion effectuées et éventuelles modifications de cette gestion, des protocoles mis en place et des éventuelles difficultés rencontrées, de retours d'expériences relatifs à la gestion ou aux protocoles ainsi que tout commentaire utile à la compréhension des données récoltées.

Les données incluses à ces fichiers ont été bancarisées par PatriNat, puis certaines d'entre elles ont fait l'objet d'analyses qui sont présentées dans les parties suivantes.

³ **Bernard C., 2019.** Évaluation de l'efficacité des mesures de création et entretien de mares. Cadre méthodologique. UMS PatriNat (AFB-CNRS-MNHN), Paris, 46 p + annexes

2. Analyse préliminaire des données de la première année de suivi

Les parties suivantes de ce rapport dressent le bilan de la première année de mise en œuvre des suivis (année N) et proposent une première analyse d'une partie des données récoltées. L'objectif de cette analyse préliminaire est de dresser un premier tableau du dispositif expérimental à grande échelle que constitue l'ensemble des parcelles intégrées à l'AMI. Il s'agit bien d'un état initial, l'analyse de l'évolution des sites concernés se fera en intégrant les données des années suivantes. Par ailleurs, ce rapport ne traite pas les données de connectivité (SS1 et BAOS1), qui feront l'objet d'un travail spécifique ultérieur, ni des protocoles de la boîte à outils, non appliqués sur les témoins et donc moins pertinents pour évaluer le dispositif expérimental, à l'exception du protocole relatif aux odonates que l'ensemble des projets a inclus.

Le présent rapport se veut donc un premier travail exploratoire. Des analyses plus approfondies sur l'évolution d'indicateurs seront réalisées à l'issue des suivis (après les cinq années) sur l'ensemble des données récoltées.

Les premières analyses présentées dans ce rapport, en majorités descriptives, visent à connaître l'état initial de chaque mare, à identifier les particularités et/ou les similitudes des mares, à la fois au sein des projets et dans leur ensemble. Quand il s'agit d'analyses statistiques plus complexes, la méthode d'analyse utilisée est détaillée dans la partie concernée.

2.1. SM1 – Contexte écologique des mares

Suivis effectués en année N

Le protocole S1 correspond à un questionnaire de description du contexte écologique des unités. Il est renseigné en première année de suivi (année N) et peut être mis à jour en cas de changement. Les informations proviennent d'observations directes sur le terrain, de cartes et de données historiques.

Premières observations issues des données récoltées

Topographie

On retrouve sur l'ensemble des projets des topographies diverses : vallées, plaines, dépressions et cuvettes (figure 3). Cependant, à l'échelle des projets, les topographies des mares sont similaires, excepté pour une des mares témoins de la Fédération des chasseurs du Jura qui est la seule mare à se trouver dans une cuvette.

Altitude

Les mares présentes aux altitudes les plus hautes (autour de 600m) sont celles du projet SMAGL en région Auvergne Rhône Alpes (figure 4). Aux plus basses altitudes (moins de 100m), on retrouve les mares du CEN Haut-de-France.

Les mares de mêmes projets sont situées à des altitudes similaires, excepté pour la mare témoin 1 du projet de la FDCJ qui est légèrement plus haute (de 150 m) que les deux autres.

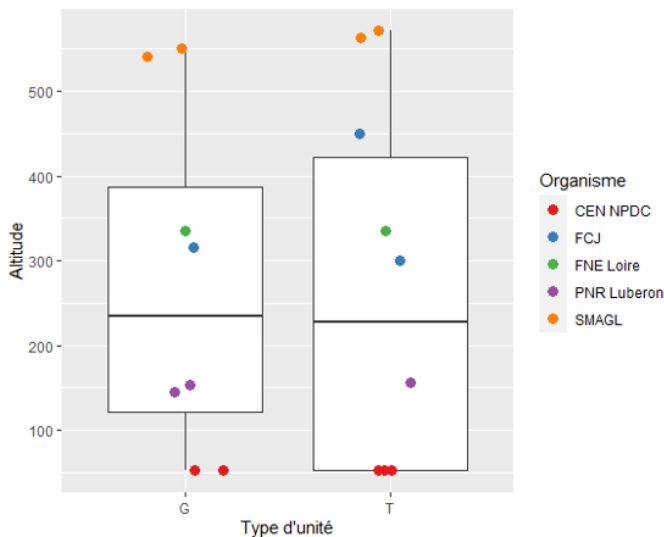


Figure 3 : Topographies des parcelles sur lesquelles se trouvent les mares.

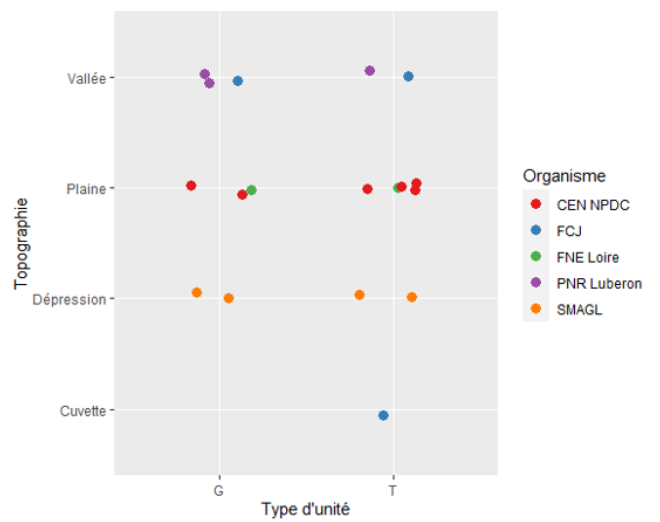


Figure 4 : Altitudes auxquelles se trouvent les mares.

Origine des mares

Les mares sont majoritairement d'origine anthropique. Seule la mare T2 de la Fédération des chasseurs du Jura est d'origine naturelle.

Géologie (type de roche)

La majorité (14/18) des mares se trouvent sur des substrats sédimentaires. Les 4 mares du SMAGL se situent sur de roches magmatiques. La géologie est donc homogène à la fois entre les projets et au sein des projets.

Premier substrat dominant

La nature des substrats dominants est fortement variable entre projets (vase, sable/gravier, roche, matière organique, argile) (figure 5). On observe aussi de la variabilité au sein des mares des projets du CEN Haut-de-France, de la Fédération des chasseurs du Jura et du PNR Luberon. Seules les mares du SMAGL et de la FNE Loire sont toutes composées des 2 mêmes substrats.

Nature des berges

La majorité des mares (17/18) ont des berges naturelles, seule la mare (T1) de la Fédération des chasseurs du Jura a des berges de nature mixte.

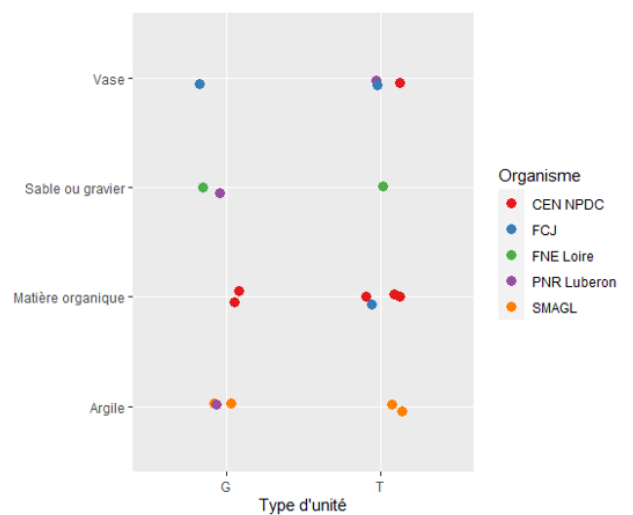


Figure 5 : Premiers substrats dominants identifiés sur dans les mares.

Description des berges

La nature des pentes de berges des mares (pente douce, pente moyenne et pente abrupte) est très hétérogène entre les projets, elle l'est nettement moins au sein d'un même projet (figure 6).

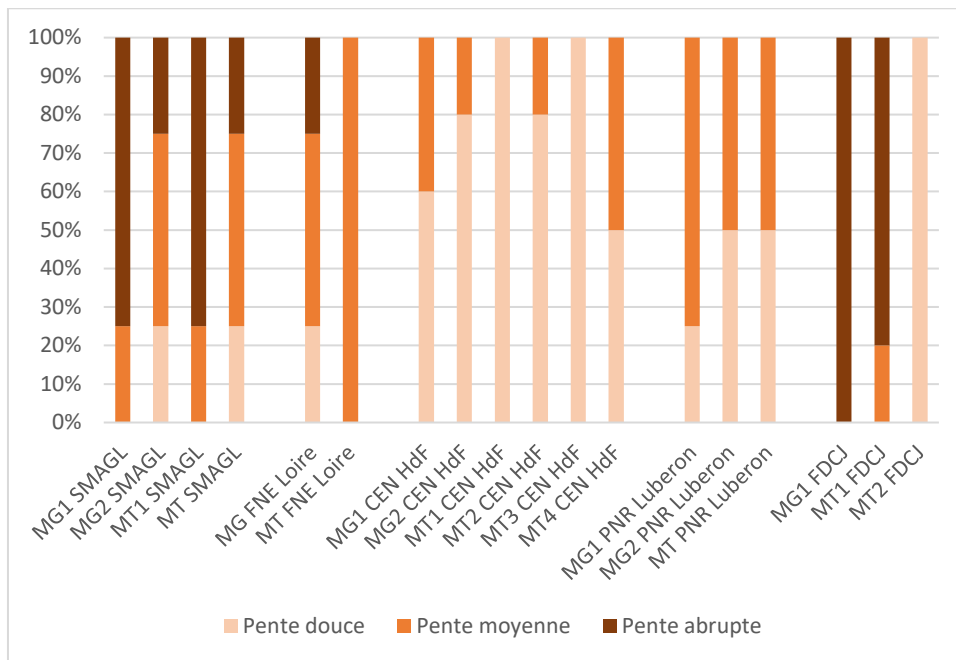


Figure 6 : Pourcentages de pente douce, moyenne et abrupte des berges des mares.

Présence d'un bourrelet de curage

Seules la mare gérée (G1) du SMAGL et la mare témoin (T2) de la FDCJ ont un bourrelet de curage.

Accès au bétail

La majorité de mares ne sont pas accessibles au bétail (11 sur 18) (figure 7). Les mares du CEN Hauts-de-France et de la Fédération des chasseurs du Jura sont les seules à avoir à la fois des mares non accessibles et des mares accessibles au bétail. Pour les autres groupes les mares témoins et gérées sont dans des conditions similaires.

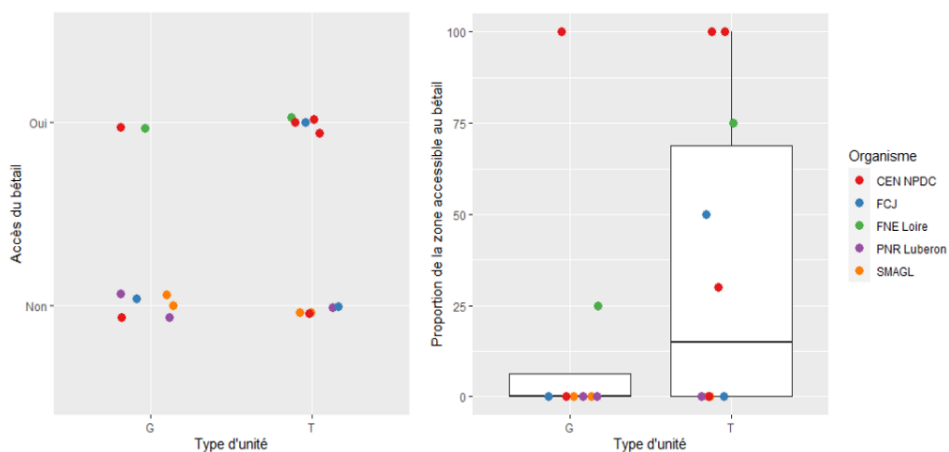


Figure 7 : Accessibilités et proportions des mares accessibles au bétail.

Liaison avec le réseau hydrographique

Le type de liaison directe des mares avec un réseau hydrographique (cours d'eau, nappe alluviale, fossé, zone d'expansion de crue) est très variable selon les projets (figure 8). Il est plus homogène au sein d'un même projet. Cette variabilité reflète des fonctionnements hydrologiques probablement différents : il s'agit d'un facteur pouvant contribuer à ce que les trajectoires post-restauration soient hétérogènes d'un projet à l'autre.

Éléments aquatiques à moins de 100m

Les mares se répartissent en deux groupes : moins de 100m d'une rivière/ruisseau (SMAGL, PNR Luberon et Fédération des chasseurs du Jura) et moins de 100m d'un lac/étang (FNE Loire, du CEN Haut-de-France) (figure 9). Une des mares témoin de la Fédération des chasseurs du Jura, sans environnement hydrologique à moins de 100m, fait exception. Au sein des projets les mares témoins et gérées présentent les mêmes caractéristiques.

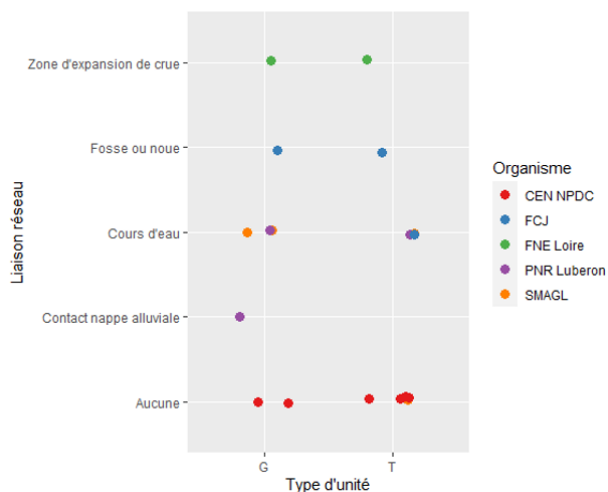


Figure 8 : Liaisons des mares avec le réseau hydrographique.

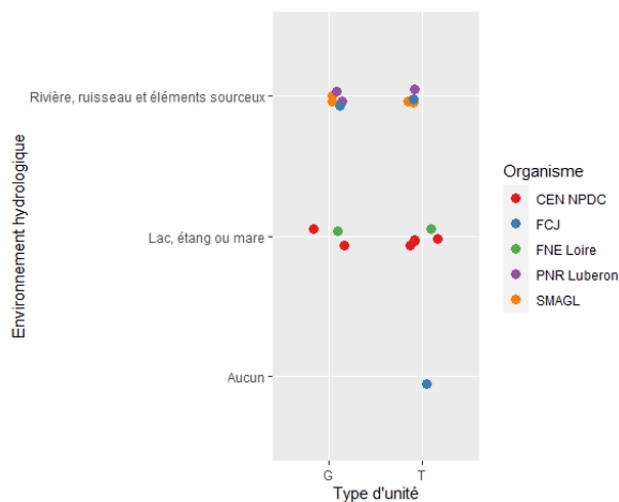


Figure 9 : Éléments aquatiques à moins de 100m des mares.

Distance au bâti le plus proche

Pour cet élément du contexte on observe à la fois une grande variabilité inter et intra-projet (figure 10). La distance entre les mares et une zone de bâti varie de quelques mètres à presque 600m. Cette hétérogénéité se traduit aussi au sein des sites entre les mares gérées et les mares témoins. La distance entre les mares et le bâti peut être un proxy d'une fréquentation humaine potentielle.

Interdiction d'accès à la mare

14 des 18 mares sont équipées d'un dispositif qui interdit l'accès : clôtures, barrières ou autres types de dispositif de protection. Quatre mares du CEN Haut-de-France ne disposent d'aucune protection. Seules les mares des projets de la FNE Loire et du SMAGL sont toutes équipées des mêmes protections.

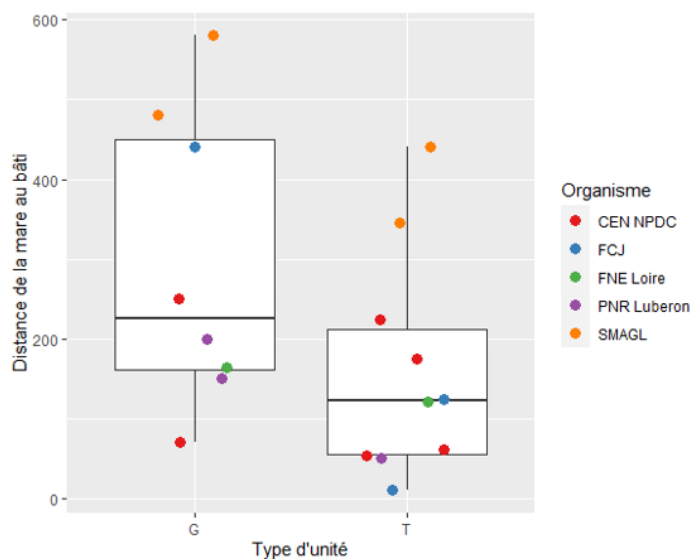


Figure 10 : Distances entre les mares et le bâti le plus proche.

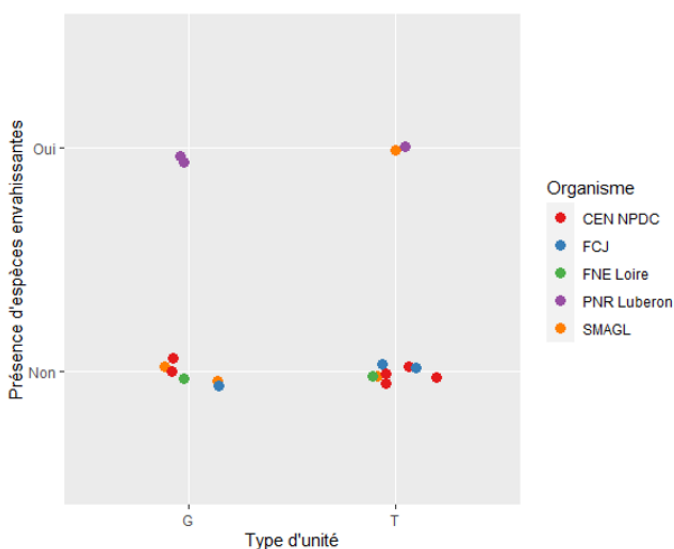


Figure 11 : Présence d'espèces animales ou végétales envahissantes sur les mares.

Présence d'espèces (animales et/ou végétales) problématiques ou envahissantes, exotiques (EEE) ou non

La plupart des mares (14 sur 18) ne présentent pas d'espèces exotiques envahissantes (figure 11). Les trois mares du PNR Luberon et une mare témoin du SMAGL sont concernées par les EEE. Une Tortue de Floride a été observée au niveau de la mare gérée 2 du PNR Luberon, et la présence d'écrevisses de Louisiane et de ragondin probable. Au niveau de leur mare témoin, la présence de ces mêmes espèces est suspectée mais incertaine. Plusieurs espèces végétales exotiques ont été observées sur ces mares en période d'exondation⁴. La Jussie est présente dans la mare gérée FNE, mais un arrachage est effectué annuellement par FNE limite probablement l'impact (FNE Loire n'y a pas déclaré de dégradation potentielle liée aux EEE).

Présence d'algues filamenteuses

Seules la mare gérée 1 du PNR Luberon et la mare témoin 1 de la Fédération des chasseurs du Jura sont concernées par la présence d'algues filamenteuses.

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Certains porteurs de projets (FNE Loire) ont jugé difficile de renseigner l'ensemble des informations certaines étant très précises (géologie et intrants de cultures voisines notamment).

Concernant la topographie, la fédération des chasseurs du Jura a rencontré des difficultés pour la définir à l'échelle des 500 mètres de rayon autour de ses mares car ces dernières sont situées dans des zones au relief très variable.

Le tableau 4 synthétise les similitudes et variations entre les mares. Les projets incluent des mares assez diverses, mais qui sont de manière générale assez semblables au sein des projets.

⁴ Au niveau de la MG2 et la témoin : *Cyperus eragrostis*, *Erigeron canadensis*, *Bidens frondosa*, *Artemisia annua*. Au niveau de la MG2 seulement : *Xanthium orientale* et *Typha domingensis* jugée envahissante ou problématique par le PNR. Au niveau de la témoin : *Amaranthus deflexus*, *Datura stramonium*, *Symphotrichum squamatum*, *Panicum capillare*, *Amaranthus albus*, *Eclipta prostrata*, ainsi que ces espèces jugées comme problématiques ou envahissantes par le PNR : *Echinochloa crus-galli*, *Persicaria lapathifolia*. *Typha domingensis* a également été observée au niveau de la MG1.

Tableau 4 : Bilan des diversités et similitudes entre mares incluses aux suivis de l'AMI, en différenciant les mares entre les projets ou mares au sein de mêmes projets (en vert foncé, les paramètres identiques pour l'ensemble des mares (ou toutes les mares sauf une) ; en vert clair, les paramètres globalement similaires entre les mares ; en orange, les paramètres qui varient selon les mares)

	Entre projets	Entre mares de mêmes projets
Topographie		
Altitude		
Origine des mares		
Géologie		
Premier substrat dominant		
Nature des berges		
Pente des berges		
Bourrelet de curage		
Accès au bétail et pompe à museau		
Liaison avec le réseau hydrographique		
Environnement hydrologique à moins de 100m	2 groupes	
Distance au bâti le plus proche		
Présence d'aménagement pédagogique		
Interdiction d'accès à la mare		
Présence d'espèces problématiques ou EEE		
Présence d'écoulements de cultures		
Présence d'algues filamenteuses		

2.2. SM2 – Suivi des pratiques de gestion

Suivis effectués en année N

L'ensemble des informations de gestion de l'année ont été relevées par les porteurs de projets. Les données historiques n'étaient pas demandées mais ont fait l'objet d'un échange avec PatriNat afin d'être complétées lorsque l'historique était connu.

La partie suivante présente dans un premier temps la gestion de l'année N (soit 2019 ou 2020) et, dans un second temps, la gestion historique ainsi que la gestion effectuée au cours des années de suivis qui sont déjà écoulées à ce jour (en 2023) et transmises à PatriNat.

A noter qu'en 2020, voire 2021, la gestion a pu être perturbée par la crise sanitaire.

Premières observations issues des données récoltées

Parmi les six mares (« gérées » et « témoin ») dont le suivi a débuté en 2019, seules quatre ont fait l'objet d'une mesure de gestion cette année-là. Pour celles dont les suivis ont débuté en 2020, 4/12 ont été gérées.

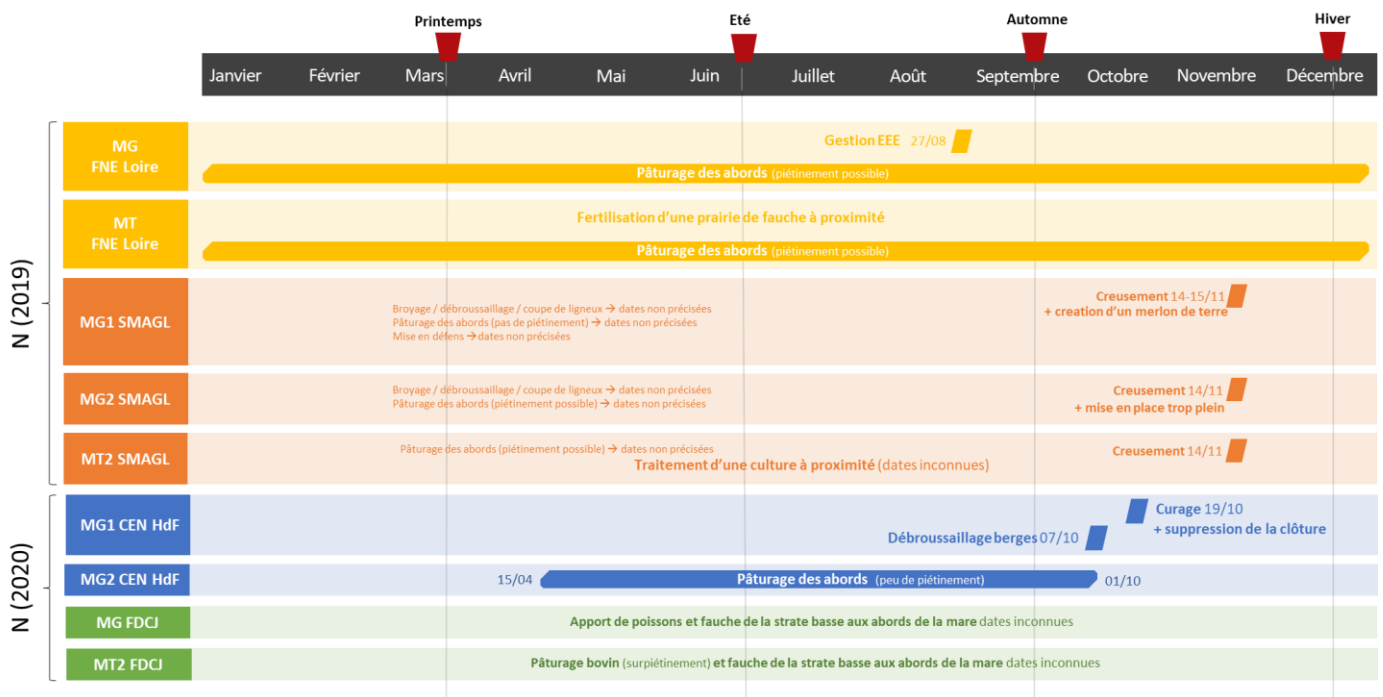


Figure 12 : Chronologie des actions réalisées en année N sur les mares ayant bénéficié de gestion en 2019 et dont les suivis ont débuté au cours de cette même année

Les deux mares du projet FNE Loire ont toutes les deux été creusées avant 2002, puis curées en septembre 2018, soit avant la mise en place des suivis. En 2019, la mare dite « gérée » a fait l'objet d'un arrachage manuel de la Jussie avec enterrement des individus arrachés avec de la chaux.

Les mares gérées 1 et 2 du SMAGL n'existaient pas (il s'agissait plutôt de trous d'eau) et ont été créées en novembre 2019. La mare gérée 1 a par la suite été réagrandie en 2021. La mare témoin 1 était préexistante et ne devait pas être modifiée ni entretenue (libre évolution). Cependant, ses berges ont été recreusées en 2021 en réponse à l'érosion occasionnée par les bovins et elle a été curée en juillet 2022 en dépit de ce qui avait été initialement programmé. La mare témoin 2 existait (plutôt sous forme de flaqué également) mais a été agrandie en novembre 2019 puis réagrandie en 2020. En 2022, une mare attenante à la mare témoin 2 a été créée sans que le SMAGL n'en ait été informé au préalable.

La mare gérée 1 du projet CEN Hauts-de-France a été curée en octobre 2020 avec export de la matière, reprofilage léger des berges en pente douce, suppression de la clôture (la mare sera ainsi accessible aux animaux à partir de 2021). Un débroussaillage a également été réalisé début octobre (retrait de ronciers et arbustes afin de limiter leur effet sur le comblement de la mare). La mare gérée 2 a seulement été pâturée par des ânes au cours de l'année. Les 4 mares témoin du CEN n'ont fait l'objet d'aucune gestion.

En 2020, des poissons ont été apportés dans la mare gérée de la Fédération des chasseurs du Jura par le propriétaire, qui a également fauché la strate basse aux abords de la mare. Ces deux opérations, non programmées et non souhaitées par le porteur de projet, sont jugées néfastes pour la biodiversité (prédation et réduction de la surface d'habitat). En 2021, la mare a été complètement recréée (curage + changement de forme et création d'un îlot). La mare témoin 1 n'a pas été touchée, tandis que les abords de la témoin 2 ont été fauchés (strate basse). Les abords sont également pâturés, ce qui peut causer du surpiétinement de la végétation.

Les mares du PNR du Luberon (mare gérées 1 et 2 et témoin) n'ont fait l'objet d'aucune gestion en 2020.

Les informations générales de gestion historique (avant l'année N) et de gestion courante en parallèle des suivis (années 2019 à 2023 pour les deux premiers projets et 2020-2024 pour les trois autres) sont présentées dans le tableau 5. Pour les années à venir ou les années pour lesquelles la donnée est manquante (inconnue du passé, données non relevées ou non envoyées à PatriNat), un ? est indiqué. On considère qu'il existe un état initial lorsque l'opération de gestion évaluée, curage ou creusement, a eu lieu après le début des suivis.

Tableau 5 : Gestion historique (avant les suivis) et au cours des suivis (à partir de 2019 ou 2020) de l'ensemble des mares des projets. Lorsque les suivis ont débuté avant le creusement ou le curage, on a considéré qu'on disposait d'un état initial

Groupe	Nv nom	Projet	Mare	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Etat initial		
A	FNE1	FNE Loire	Mare gérée	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Non			
A	FNE2		Mare témoin	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Non		
B	SMAGL1	SMAGL	Mare gérée 1	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (1 an)	
B	SMAGL2		Mare gérée 2	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (1 an)	
A bis	SMAGL3		Mare témoin 1	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Non	
B	SMAGL4		Mare témoin 2	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (1 an)	
B	HDF1	CEN HdF	Mare gérée 1	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (1 an)
B bis	HDF2		Mare gérée 2	[Création ou curage]	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (3 ans)
C	HDF3		Mare témoin 1	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
C	HDF4		Mare témoin 2	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
C	HDF5		Mare témoin 3	[Création ou curage]	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
C	HDF6		Mare témoin 4	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
B	FDCJ1	FDCJ	Mare gérée	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Oui (1 an)
C	FDCJ2		Mare témoin 1	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
C	FDCJ3		Mare témoin 2	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/
A bis	LUB1	PNR Luberon	Mare gérée 1	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Non	
A bis	LUB2		Mare gérée 2	[Entretien des abords]										[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	Non
C	LUB3		Mare témoin	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	[Entretien des abords]	/

Mare inexistante
 Création ou curage
 Entretien ou gestion au niveau de la mare (mais pas du curage) : débroussaillage directement au niveau de la mare, gestion E
 Entretien des abords

Groupe A = mares creusées ou curées juste avant les suivis, sans état initial
 Groupe B = mares creusées ou curées après la première année de suivis (avec état initial)
 Groupe C = mares préexistantes et non curées

Année N

Bilan : trois groupes de mares selon la gestion suivie

Il était demandé aux partenaires de proposer des projets de suivis de mares dont certaines seraient gérées et d'autres auraient un rôle de témoin. Par « témoin », on entend une mare similaire en tous points à la « mare gérée » mais qui ne fait l'objet d'aucune mesure de gestion.

Dans les faits, les relevés de la gestion montrent que la dichotomie « géré / témoin » n'est pas si évidente. Par exemple, la seule différence entre « mare gérée » et « témoin » du projet FNE Loire réside dans le fait que la « mare gérée » bénéficie d'une gestion de la jussie (gestion non mise en œuvre sur la « mare témoin » puisque cette dernière n'est pas colonisée par l'espèce). Pour le reste, les deux mares ont été curées en même temps et sont gérées de la même manière. Concernant les mares du SMAGL, la gestion n'a pas été maîtrisée par le porteur de projet comme souhaité et la mare « témoin » 1 a finalement été gérée sans son accord. Par ailleurs, certaines mares « gérées » ont été creusées ou curées avant le début des suivis de l'AMI alors que d'autres ont été creusées ou curées en cours de suivi (ce qui génère un état initial d'une ou plusieurs années).

Il apparaît donc que la compréhension du concept de mares témoin/gérés n'a pas été optimale. Par ailleurs, sur certains sites, la difficulté de maîtriser toute la gestion a contribué à brouiller encore un peu plus les catégories. Pour la suite des analyses, et au vu du bilan de la gestion que nous avons réalisé, nous avons classifié les mares en trois groupes suivant la gestion réalisée et la chronologie gestion/suivis :



Les mares sont ainsi réorganisées selon ces nouveaux groupes (cf tableau 5) qui reflètent mieux le dispositif expérimental global. Les analyses seront menées en comparant ces groupes les uns aux autres.

A noter que cette classification rend les groupes témoins/gérés initialement conçus entièrement caduques : on voit ainsi que des mares déclarées comme « témoins » par les porteurs de projet ont en réalité été gérées et sont donc classées en groupe A ou B. Néanmoins, toutes les mares classées en C étaient bien pensées comme des mares témoins (donc sans mise en œuvre de protocoles de la boîte à outils).

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Il est souvent difficile pour un gestionnaire, plus encore en site Natura 2000 (du fait de la rotation des postes d'animateurs et de la taille des sites notamment) de retrouver les données de gestion, notamment historique, des mares. Cette difficulté a été notamment rencontrée par FNE Loire.

Lors du renseignement des actions de gestion effectuées au niveau des mares, il était demandé que les partenaires déterminent si ces actions de gestion avaient un impact plutôt positif ou négatif sur les habitats et espèces de ces mares. FNE Loire fait remarquer que la nature de cet impact est complexe et dépend de l'échelle temporelle. Des actions telles que le curage des mares peuvent en effet avoir un impact négatif à court terme (notamment sur la végétation) mais un impact positif à plus long terme. Cette question a été ajoutée pour mieux comprendre l'objectif du gestionnaire (dans le cas d'une action de gestion volontaire, il s'agit donc principalement de savoir dans quel but elle est réalisée, avec un impact attendu positif, même s'il doit y avoir un impact négatif transitoire ; dans le cas d'une action non engagée par le gestionnaire comme l'introduction de poissons par exemple, il s'agit de connaître l'avis du gestionnaire sur l'impact qu'aura cette action sur sa mare et ses enjeux). Parfois, l'impact varie selon les groupes considérés. Il est alors intéressant de mentionner les deux types d'impacts

(positif pour tel groupe d'espèces / négatif pour tel autre groupe) ou, à défaut, de se concentrer sur les groupes d'espèces prioritaires pour le site et la gestion.

La FDCJ suggère l'ajout d'une catégorie concernant le prélèvement de poissons (pêche de loisir).

La gestion principale qui ressort de l'ensemble des projets est le curage ou la (re)création de mare. D'autres actions ponctuelles, telles que le faucardage de la végétation, la mise en défens pour limiter le piétinement par les animaux ou l'arrachage d'espèces exotiques envahissantes peuvent être mises en œuvre sur ces mares.

Bien que les mares aient initialement été désignées comme « gérée » ou « témoin », il apparaît finalement que cette distinction n'est pas pertinente pour les analyses car la différence entre ces deux groupes n'est pas toujours transcrite réellement dans les faits. Ainsi trois nouveaux groupes sont créés pour les analyses afin de distinguer les mares créées/curées avant les suivis, créées/curées après la première année de suivis, ou non curées.

Les retours mettent en évidence une difficulté d'une part à retrouver avec précision les actions de gestion effectuées par le passé mais également à contrôler les actions de gestion actuelles, les propriétaires et/ou exploitants ayant généralement l'habitude d'agir selon leurs besoins sans forcément en informer le gestionnaire ou animateur de site.

2.3. SM3 – Photographies

Suivis effectués en année N

Pour chaque mare suivie, les porteurs de projet ont fourni minimum trois photos de points de vue différents. Nous présentons ici une photo par mare de chaque projet afin d'illustrer leur variété.

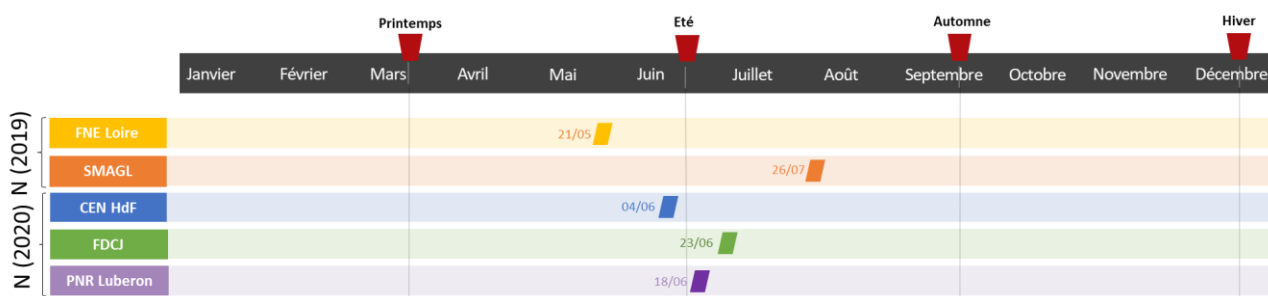


Figure 13 : Calendrier des passages du protocole SM3

Premières observations issues des données récoltées



Figure 14 : Mare FNE1 (à G) et FNE2 (à D) (FNE Loire, 2019)



Figure 15 : Mares SMAGL1 et 2 (en haut) et 3 et 4 (en bas) (SMAGL, 2019)



Figure 16 : Mares en assec HDF1 et 2 (en haut) et HDF3, 4, 5 et 6 (ensuite) (CEN Hauts-de-France, 2020)



Figure 17 : Mare FDCJ1 (en haut à gauche), FDCJ2 (en haut à droite) et FDCJ3 (en bas) (Fédération des chasseurs du Jura, 2020)



Figure 18 : Mares LUB1 et 2 (en haut) et LUB3 (en bas) (David Tatin, 2020)

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Les photographies vues du ciel permettent d'observer directement l'étendue de la mare et les zones occupées par de la végétation (à moins que la mare soit masquée par des arbres par exemple). Potentiellement, ces prises de vue pourraient être particulièrement utiles pour observer des évolutions de recouvrements et de surfaces (ce qui pourra être testé à partir des photographies aériennes du PNR Luberon). Seul le PNR du Luberon a choisi de les réaliser, grâce à son sous-traitant Orbisterre, les prises de vues depuis le ciel n'étant pas rendues obligatoires par le cadre méthodologique. Néanmoins, ce type de prise de vue semble particulièrement pertinent dans ce type de contexte de suivis.

Les points de prise de vue sont parfois difficiles à trouver comme pour les mares cachées par la végétation (mares gérée et témoin 2 du projet FDCJ par exemple) ou dont la forme est complexe. Dans ce cas, il est possible de réaliser davantage de prises de vue.

Les photographies sont simples à effectuer (sauf conditions d'accès particulières) et constituent une mémoire des mares qu'il sera facile de comparer visuellement d'année en année.

2.4. SM4 – Cartographie des habitats

Suivis effectués en année N

Les cartes des habitats ont été réalisées en année N et seront refaites en année N+4.

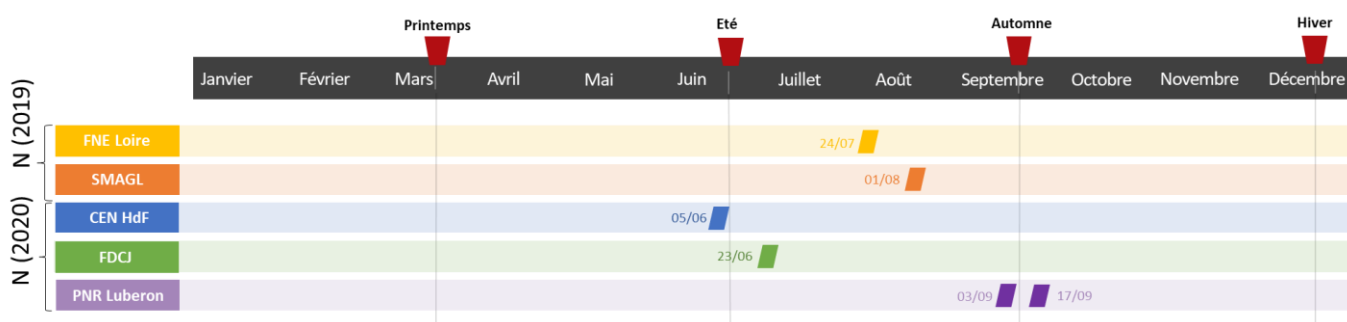


Figure 19 : Calendrier des passages du protocole SM4

Premières observations issues des données récoltées

Les cartographies d'habitats portent sur la mare, ses berges et ses abords. Les analyses présentées ici se concentrent uniquement sur les habitats identifiés dans la surface en eau des mares. Pour cela, un croisement a été fait entre une couche SIG des polygones de la surface en eau de toutes les mares et la couche des cartographies d'habitats.

A partir de ces cartographies en année N, le premier objectif est de comparer les compositions en habitats des mares, afin de vérifier quelles mares se ressemblent entre elles et, au contraire, quelles mares sont dissimilaires. Les données de recouvrement des habitats de chaque mare sont utilisées à cet effet afin d'intégrer l'abondance de chaque habitat aux comparaisons.

Les mares sont comparées par paire en calculant l'indice de similarité de Morisita. Cet indice de diversité beta est choisi parce qu'il est parmi les plus robustes au sous-échantillonnage et permet donc de comparer des listes d'habitats incomplètes sans surestimer les différences entre les mares. Il est également peu sensible aux variations dans les présences des habitats les plus rares⁵. Cette seconde propriété permet de concentrer la

⁵ Barwell, L.J., Isaac, N.J.B. and Kunin, W.E., 2015. Measuring β -diversity with species abundance data. *J Anim Ecol*, 84: 1112-1122. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12362>

comparaison entre les mares sur leurs faciès dominants plutôt que de donner trop de poids aux habitats minoritaires dont la présence est souvent liée à des variations minimales des conditions.

Afin d'évaluer la significativité des valeurs de diversité bêta entre les mares, une procédure de Monte-Carlo est réalisée. Pour cela, des assemblages d'habitats sont tirés au hasard parmi les habitats existants dans les mares et dans des abondances comparables pour créer des « mares aléatoires » (modèle nul). L'indice de Morisita est ensuite mesuré entre toutes les paires de « mares aléatoires ». Cette opération a pour but d'identifier l'enveloppe des valeurs de diversité bêta qui pourrait être mesurée si les habitats avaient été distribués au hasard entre les mares. Les valeurs de l'indice de Morisita mesurées sur les vraies mares sont comparées à cette enveloppe : si les indices font partie des 5% des valeurs les plus élevées ou les plus faibles de l'enveloppe aléatoire, on considère que la paire de mares est effectivement plus similaire ou plus dissimilaire respectivement que si leurs compositions avaient été tirées au hasard. Si elles sont comprises dans les 90% de valeurs centrales de l'enveloppe aléatoire, elles ne sont pas considérées comme significativement différentes de celles résultant d'un processus aléatoire et ne sont donc pas prises en compte.

Les résultats sont détaillés en annexe 2 et sont synthétisés dans la figure 20. Cette dernière présente la comparaison des mares de chaque projet, en distinguant par couleur les groupes A, B et C. Elle ne compare pas les mares de projets différents et ne prend pas en compte les anciens groupes témoin/gérés.

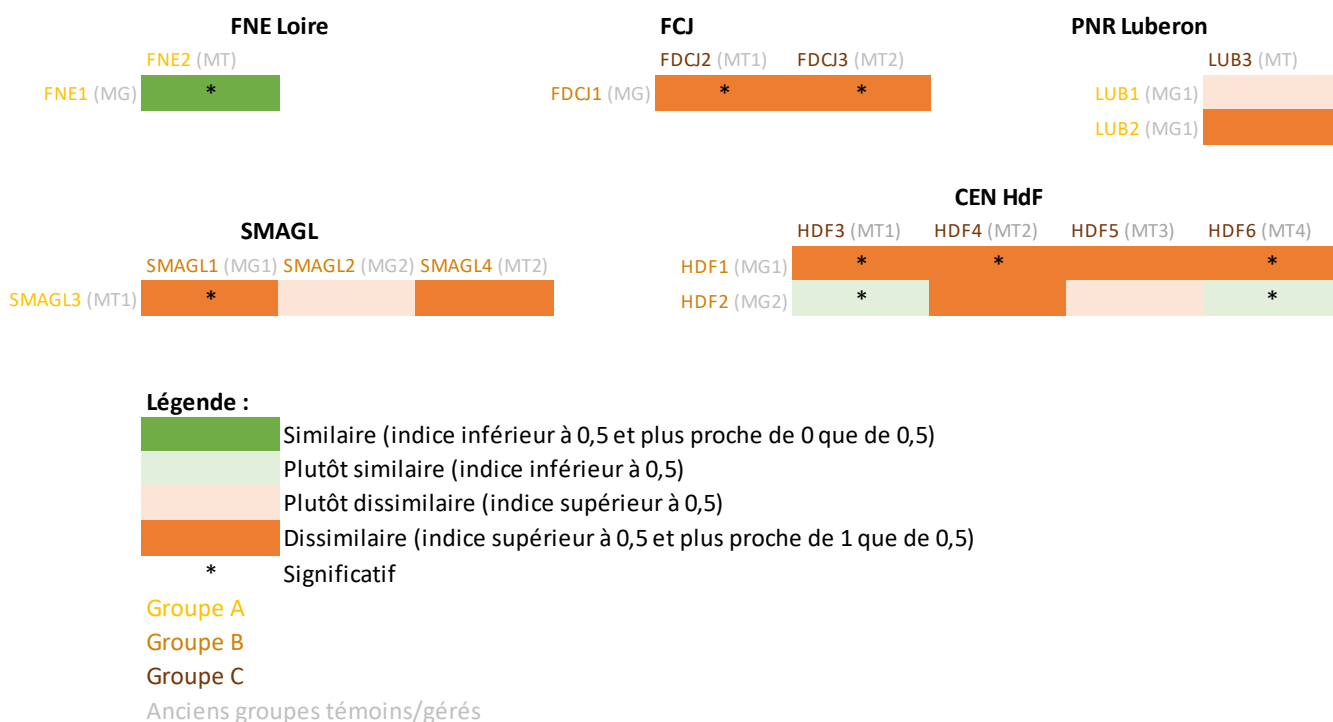
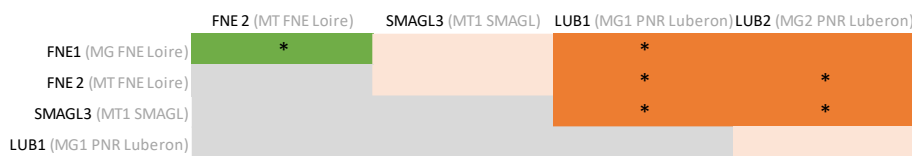


Figure 20 : Similarité et dissimilarité en termes de composition et de recouvrement des habitats des mares de chaque projet en fonction de leur groupe

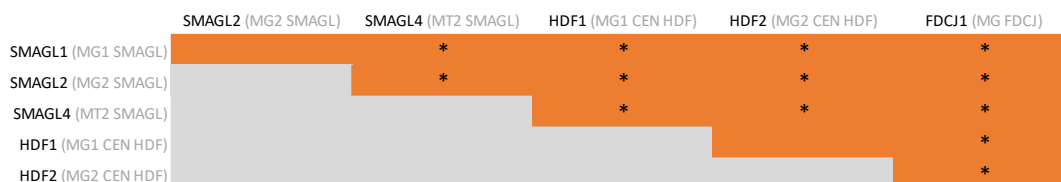
Les habitats des mares d'un même projet se ressemblent donc peu en termes de composition et surface. Seules les deux mares du projet FNE Loire, et certaines mares du CEN HdF présentent des compositions et recouvrements d'habitats similaires. Dans le cas de FNE Loire, on peut donc estimer que les deux mares, qui appartiennent au même groupe de gestion, sont de bons répliques du point de vue des habitats. Concernant les mares du CEN HdF HDF2/3 et HDF2/6, HDF2 est une mare du groupe B tandis que HDF3 et 6 sont des mares du groupe C, on peut donc considérer que HDF3 et 6 seront de bons témoins de la gestion de HDF2. Pour les autres, l'analyse a plutôt relevé des différences (souvent même significatives).

La figure 21 présente une comparaison similaire, également basée sur les analyses présentées en annexe 2, en comparant cette fois les mares deux à deux au sein des trois groupes de gestion A, B et C.

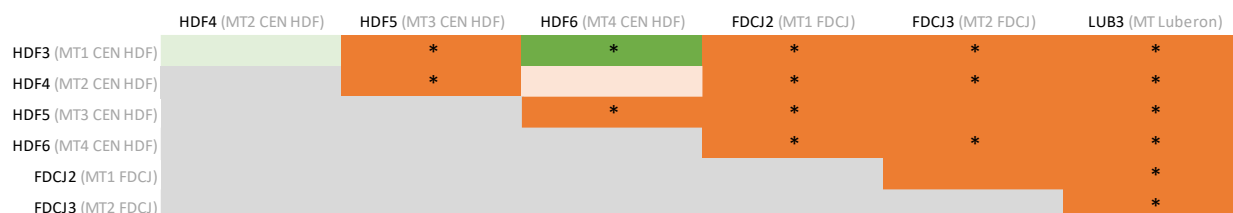
Groupe A



Groupe B



Groupe C



Légende :

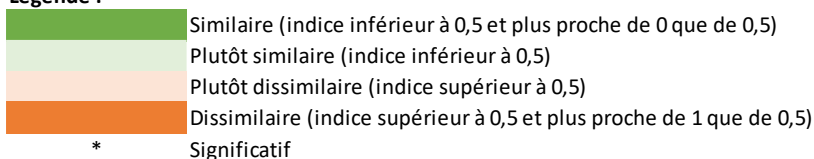


Figure 21 : Similarité et dissimilarité de composition et recouvrement des habitats des mares au sein des groupes de gestion A, B et C

Ici aussi, on constate que les habitats des mares sont très différents au regard de l'indice de Morisita. Seule les mares HDF3 et HDF6 sont significativement similaires, et HDF3 et 4 sont plutôt similaires sans pour autant que ce soit significatif. Toutes les autres comparaisons deux à deux de mares d'un même groupe montrent des dissimilarités, parfois très marquées et significatives.

Dans un troisième temps, les résultats de l'analyse précédente ont été synthétisés dans une représentation graphique, le dendrogramme (cf figure 22). Le dendrogramme est une classification hiérarchique, dont la logique suit celle d'un arbre phylogénétique : les mares les plus proches en termes de composition et recouvrement d'habitats sont les plus proches dans l'arbre. Les embranchements sont d'autant plus proches des extrémités des branches que la similarité est marquée (la longueur des branches du dendrogramme est proportionnelle à la valeur de l'indice de Morisita). A l'inverse, les embranchements les plus éloignés (les plus proches des racines) marquent les groupes de mares qui se ressemblent le moins.

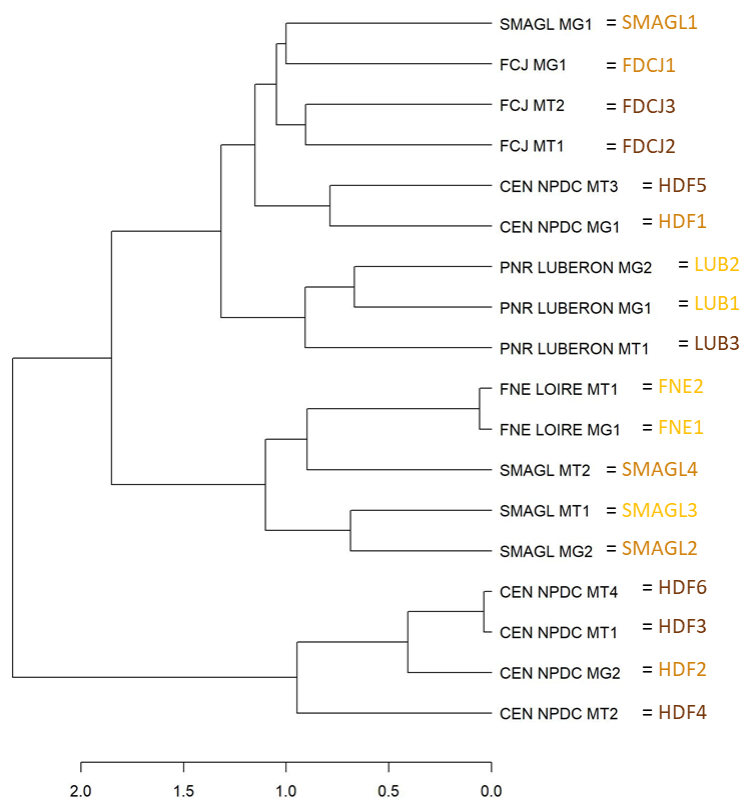


Figure 22 : Dendrogramme présentant les similarités entre mares des différents projets, d'après la comparaison deux à deux des assemblages d'habitats avec l'indice de Morisita (en brun foncé, brun/orangé et jaune respectivement les mares des groupes A, B et C).

Lorsqu'on s'intéresse au dendrogramme, on constate que les mares de mêmes projets sont globalement regroupées dans l'arbre. Bien que les racines des embranchements soient éloignées de leurs extrémités (et donc que la ressemblance est peu marquée), les mares de mêmes projets se ressemblent tout de même plus entre elles qu'elles ne ressemblent aux mares d'autres projets. La mare gérée 1 du projet SMAGL se distingue des autres : de fait elle n'était encore pas vraiment existante en 2019 (il s'agit plutôt d'un trou d'eau). Elle est proche dans l'arbre de la mare de la Fédération des chasseurs du Jura qui n'avait pas encore été reprofilée.

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Le CEN Hauts-de-France a jugé l'exercice de cartographie fastidieux ; notamment du fait du nombre de mares suivies (6) et de la surface de la zone tampon (50 m). Par ailleurs, la présence de micro-habitats imbriqués favorisés par le pâturage assez extensif sous boisements a complexifié la caractérisation et le rattachement au référentiel des végétations régionales.

Par ailleurs, en 2020, les mares du CEN Hauts-de-France étant en assec dès le mois de juin, il a été difficile de discerner la limite entre zone en eau et berges. La distinction a dû être déduite des traits écologiques des végétaux visibles lors des relevés.

PatriNat n'ayant pas fourni de modèle de couche SIG pour le remplissage de la table attributaire, les porteurs de projets ont dû la construire ce qui n'était pas optimal. La couche a été fournie par la suite. Le CEN Hauts-de-France suggère une modification de l'ordre des champs, la fourniture des référentiels habitats cités (codes EUNIS et Natura 2000, syntaxon, etc) pour simplifier le travail, voire d'un plugin Qgis qui remplirait automatiquement une base de données postgres. Le développement d'un tel fichier pourrait être envisagé en interne à PatriNat mais nécessiterait un délai important incompatible avec les délais de poursuite des suivis AMI. L'idée pourra néanmoins être exploitée en vue de la poursuite éventuelle de suivis.

La correspondance des habitats avec un relevé phytosociologique est peu évidente lorsque les habitats sont artificialisés (comme c'est le cas pour la mare témoin du projet FDCJ). La FDCJ a dans ces cas-là renseigné seulement un code EUNIS.

Les analyses mettent en avant une plus grande ressemblance des compositions et recouvrement des habitats de mares d'un même projet que de projets différents (cf dendrogramme), ce qui peut être lié au fait qu'elles sont plus proches géographiquement que les mares des autres projets et à la similarité de leur environnement direct. Néanmoins, bien qu'elles se ressemblent davantage au sein de mêmes projets qu'entre projets, les mares d'un projet donné ne se ressemblent pour la plupart pas suffisamment pour qu'on puisse les considérer comme similaires (cf indices de Morisita). Lorsqu'on compare les mares au sein des groupes A, B et C, elles sont pour la plupart considérées comme différentes.

Ces résultats peuvent traduire deux choses : l'indicateur basé sur la composition et le recouvrement des habitats de la surface en eau des mares pourrait ne pas être adapté pour comparer des mares entre elles et servir à un suivi et/ou nos mares sont très différentes initialement ce qui ne permet pas de les considérer comme des répliques du point de vue des habitats (notamment en considérant les rassemblements par groupe A, B et C). Les causes de ces différences peuvent être l'éloignement géographique des mares de projets différents et/ou simplement une trop grande variabilité de types de mares et/ou un effet observateur important lié à la détermination des habitats (qui ferait donc de la cartographie des habitats un outil inapproprié au suivi). La comparaison de l'évolution des mares par groupes sera donc à considérer avec réserve. Pour autant, il sera intéressant de se pencher sur l'évolution des habitats *a minima* individuellement.

2.5. SM5 – Stade d'évolution et végétation des mares

Suivis effectués en année N

Le stade d'évolution et la végétation des mares doivent être relevés chaque année de suivi pour l'ensemble des mares. Les passages ont été systématiquement effectués aux mêmes dates que la cartographie des habitats.

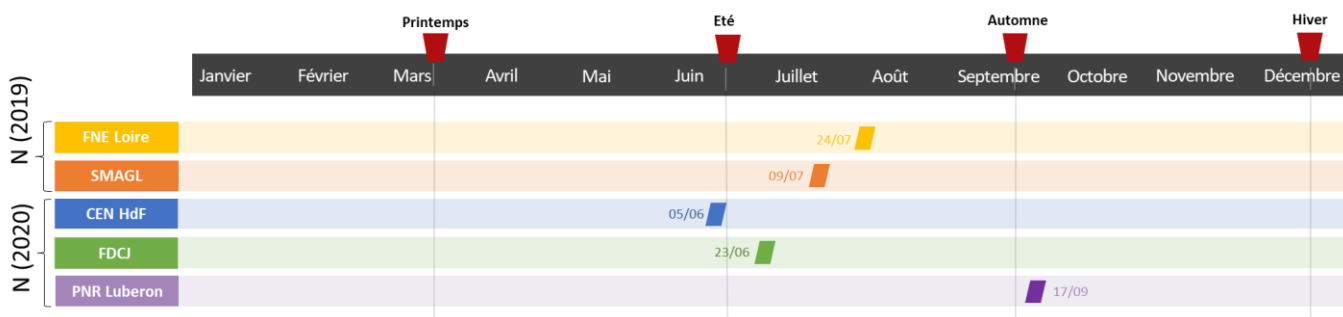


Figure 23 : Calendrier des passages du protocole SM5

Premières observations issues des données récoltées

Stade d'évolution

Le stade d'évolution des mares correspond à leur état de fermeture et de comblement. Il est évalué à dire d'expert, sur simple observation visuelle, et peut de ce fait être soumis à un effet observateur non négligeable (les différences entre mares d'un même projet peuvent néanmoins être considérées comme plutôt fiables dans la mesure où l'observateur est en principe la même personne).

Tableau 6 : Stade d'évolution de l'ensemble des mares des projets (1 à 4, par niveau croissant de fermeture/comblement)

Projet	Ancien nom	Nouveau nom	Stade d'évolution
SMAGL	MG1	SMAGL1	/
	MG2	SMAGL2	1
	MT1	SMAGL3	4
	MT2	SMAGL4	2
FNE Loire	MG1	FNE1	2
	MT1	FNE2	2
CEN Hauts-de-France	MG1	HDF1	1
	MG2	HDF2	3
	MT1	HDF3	3
	MT2	HDF4	3
	MT3	HDF5	3
	MT4	HDF6	2
PNR Luberon	MG1	LUB1	3
	MG2	LUB2	2
	MT1	LUB3	3
Fédération des chasseurs du Jura	MG1	FDCJ1	2,5
	MT1	FDCJ2	3
	MT2	FDCJ3	3

Au sein de mêmes projets, les stades d'évolution des mares peuvent varier. C'est particulièrement le cas pour le projet du SMAGL (une mare pas encore créée, une au stade 1 et deux au stade 4). A noter d'ailleurs que la mare au stade 4 est la seule mare du groupe A, c'est-à-dire curée avant les suivis de l'année N. Il est particulièrement surprenant que ce soit celle dont le stade d'évolution est le plus avancé ; cette observation devra être discutée avec le porteur de projet. Seul le projet FNE Loire affiche le même stade d'évolution pour ses deux mares.

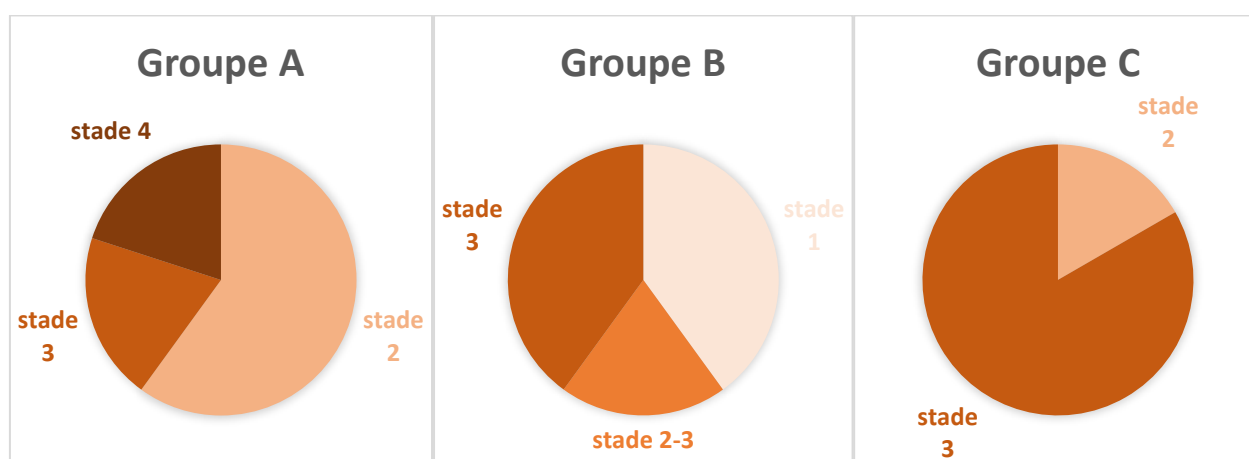


Figure 24 : Comparaison de la part des stades d'évolution des mares des groupes A, B et C, tous projets confondus

Lorsqu'on compare l'ensemble des mares des trois groupes A, B et C, on n'observe pas d'effet de groupe sur le stade d'évolution. Rappelons tout de même que le nombre de mares au sein de chaque groupe est très réduit (5 à 7 mares). Considérant les médianes, on obtient 2 pour le groupe A, 2.25 pour le groupe B, 3 pour le groupe C. On pouvait en effet s'attendre à ce que les mares du groupe A, soient celles qui ont été créées ou curées peu avant les suivis, soient à un stade nettement moins fermé. A. Pour autant, ce n'est pas toujours le cas : par exemple, la

mare SMAGL3 est au stade 4 alors qu'elle a été curée en 2017. Elle pâti probablement d'une fermeture rapide (un nouveau curage était prévu en 2022 à cet effet). Par ailleurs, les mares du groupe B étant celles qui vont bénéficier de curage au cours des suivis, on aurait pu s'attendre à ce qu'elles soient largement plus fermées que celles du groupe A. Il sera intéressant de comparer l'évolution de cet indicateur avant/après curage.

Végétation des mares

L'analyse des données de recouvrement de groupes de végétation a été faite suivant la même méthode que pour les recouvrements d'habitats (cf. 2.4.). Seules les végétations présentes dans la mare (surface normale en eau), sont considérées dans ce rapport.

Les résultats sont détaillés en annexe 3 et synthétisés dans la figure 25. Pour chaque projet, les mares sont comparées deux à deux en distinguant par couleur les groupes A, B et C. Cette figure ne présente pas de comparaisons de mares d'un même groupe au sein d'un même projet, ni de mares de projets différents.

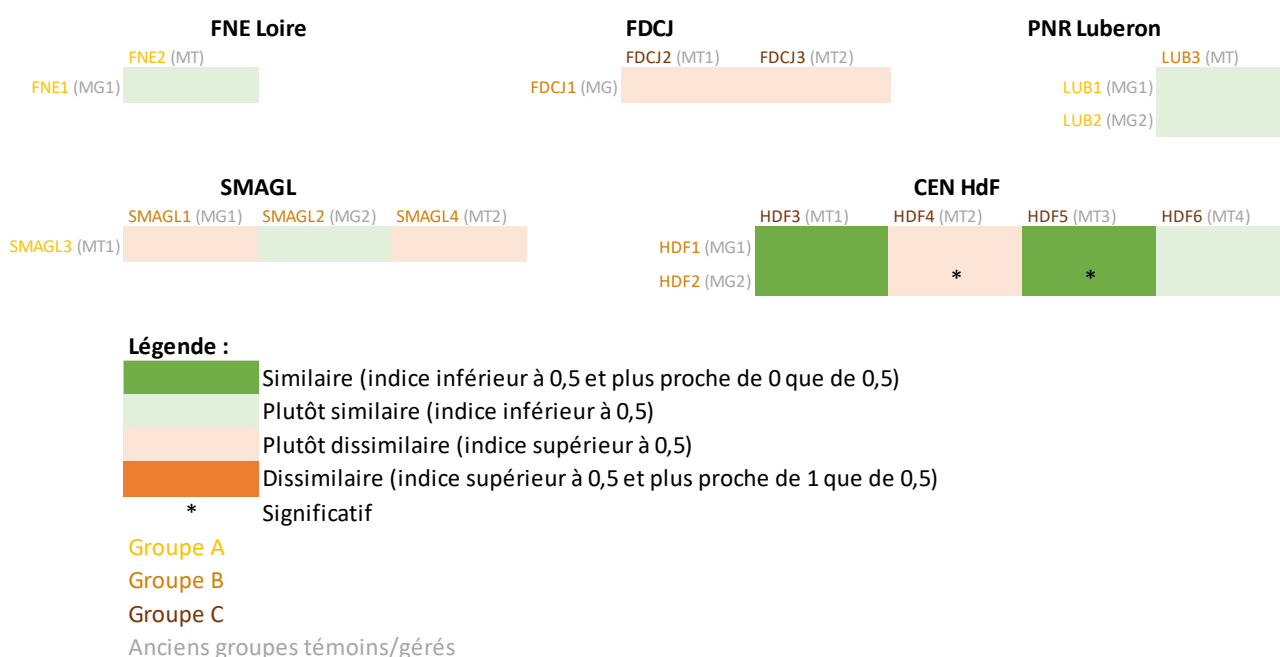
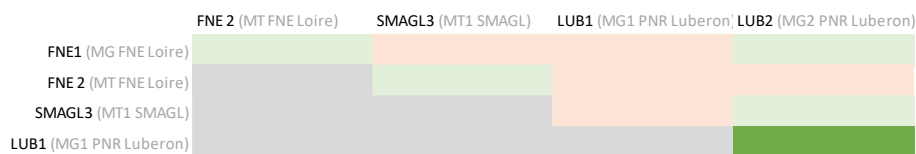


Figure 25 : Similarité et dissimilarité en termes de végétation et de recouvrement de la végétation des mares de chaque projet. Les couleurs correspondent aux groupes A, B et C

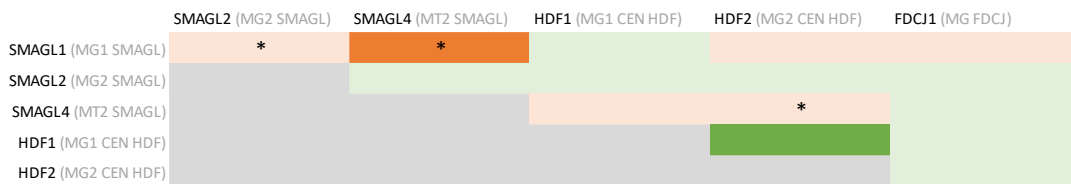
Les différences entre mares apparaissent moins fortes que pour les données habitats du protocole SM4. Ainsi, les mares de groupes différents au sein d'un même projet sont plus fréquemment jugées similaires que dissimilaires au regard de l'analyse de leur végétation. Elle n'a jamais été jugée franchement dissimilaire. A noter tout de même que la dissimilarité (légère) des deux mares témoins HDF2 et 4 est tout de même significative.

La figure suivante s'attache cette fois à comparer deux à deux les mares de chaque groupe.

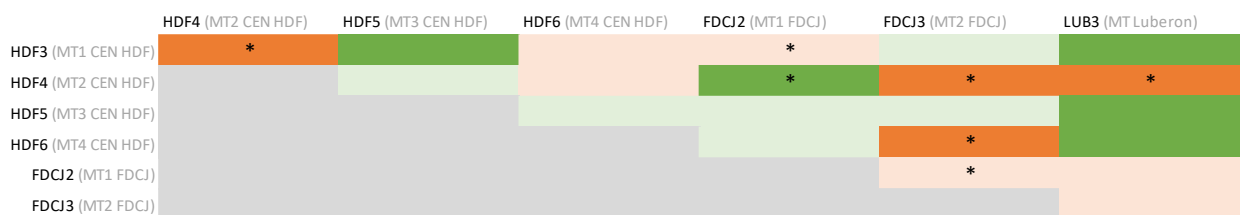
Groupe A



Groupe B



Groupe C



Légende :

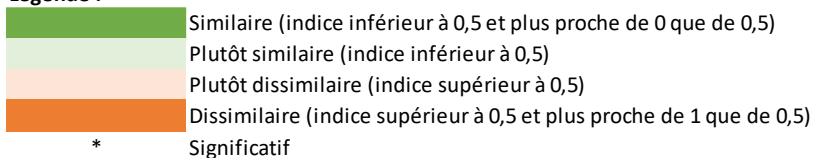


Figure 26 : Similarité et dissimilarité en termes de végétation et de recouvrement de la végétation des mares de chaque groupe

Les analyses fournissent moins de résultats significatifs que pour les données habitats du SM4. Les mares d'un même groupe quel qu'il soit sont plus souvent considérées similaires que dissimilaires. En revanche, les comparaisons significatives sont plutôt des dissimilarités. Si cette observation semble traduire une homogénéité au sein des groupes, il faut la remettre en perspective avec l'observation précédente (les mares de groupes différents sont peu différentes au sein d'un même projet) : il est probable que ni le projet ni le groupe ne soient un facteur impliquant une différence significative de composition et de recouvrement de la végétation des mares.

Comme pour les habitats, les résultats sont présentés en figure 27 sous la forme d'un dendrogramme.

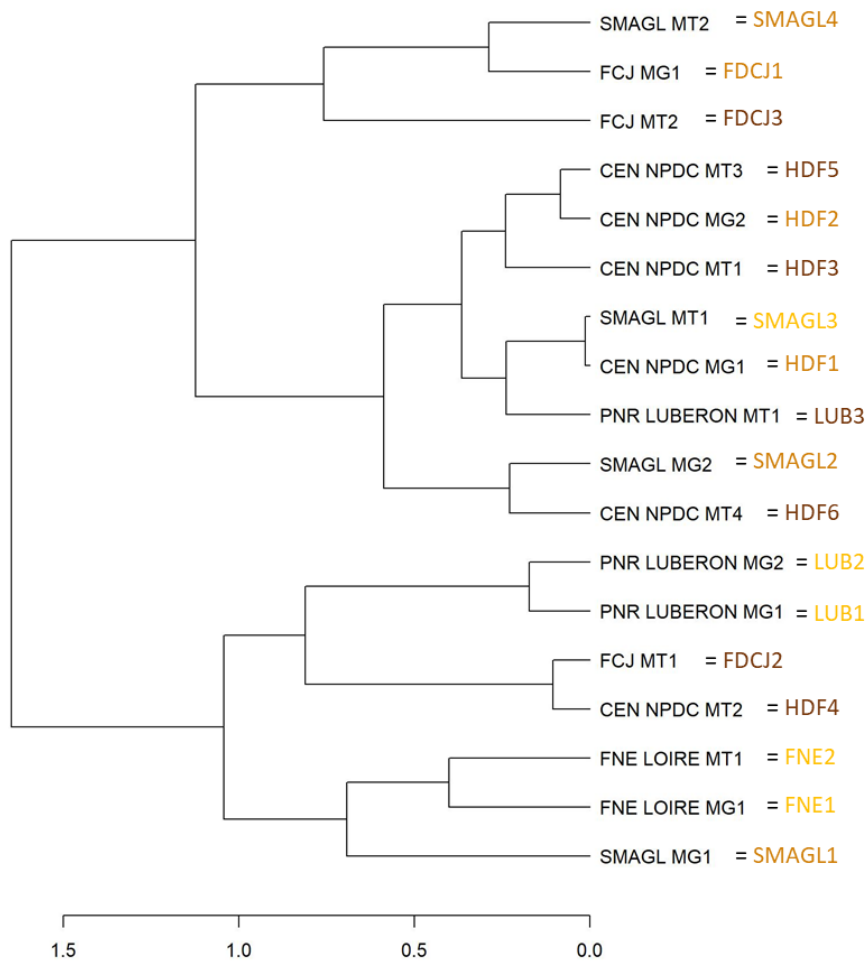


Figure 27 : Dendrogramme présentant les similarités entre mares des différents projets, d'après la comparaison deux à deux des végétations des mares avec l'indice de Morisita

A la différence du SM4, les mares d'un même projet peuvent se retrouver éloignées les unes des autres sur l'arbre, voire toutes sur des branches différentes. Parfois même, les mares d'un même projet sont séparées dès le premier embranchement. On constate également que les embranchements sont plus « courts » sur ce dendrogramme que sur celui qui a été fait d'après les analyses des habitats ce qui traduit des similarités plus marquées entre mares d'un même embranchement. Si l'on ne constate pas de regroupement évident de mares par projet, il n'y a pas non plus du point de vue des groupes A, B et C.

Surface ombragée

La surface ombragée des mares a été évaluée à vue selon 6 classes. Cet indicateur a vocation principalement à servir de variable explicative (l'ombrage influe sur le développement des espèces tant végétales qu'animales et potentiellement sur les paramètres physico-chimiques).

Tableau 7 : Comparaison des surfaces ombragées des mares des différents projets

Projet	Ancien nom	Nouveau nom	Surface ombragée (≤ à X%)
SMAGL	MG1	SMAGL1	25
	MG2	SMAGL2	75
	MT1	SMAGL3	25
	MT2	SMAGL4	25
FNE Loire	MG1	FNE1	0
	MT1	FNE2	0
CEN Hauts-de-France	MG1	HDF1	50
	MG2	HDF2	25
	MT1	HDF3	75
	MT2	HDF4	25
	MT3	HDF5	50
	MT4	HDF6	50
PNR Luberon	MG1	LUB1	25
	MG2	LUB2	25
	MT1	LUB3	50
Fédération des chasseurs du Jura	MG1	FDCJ1	25
	MT1	FDCJ2	25
	MT2	FDCJ3	75

On constate une fois encore des disparités notables entre les mares, y compris au sein de mêmes projets.

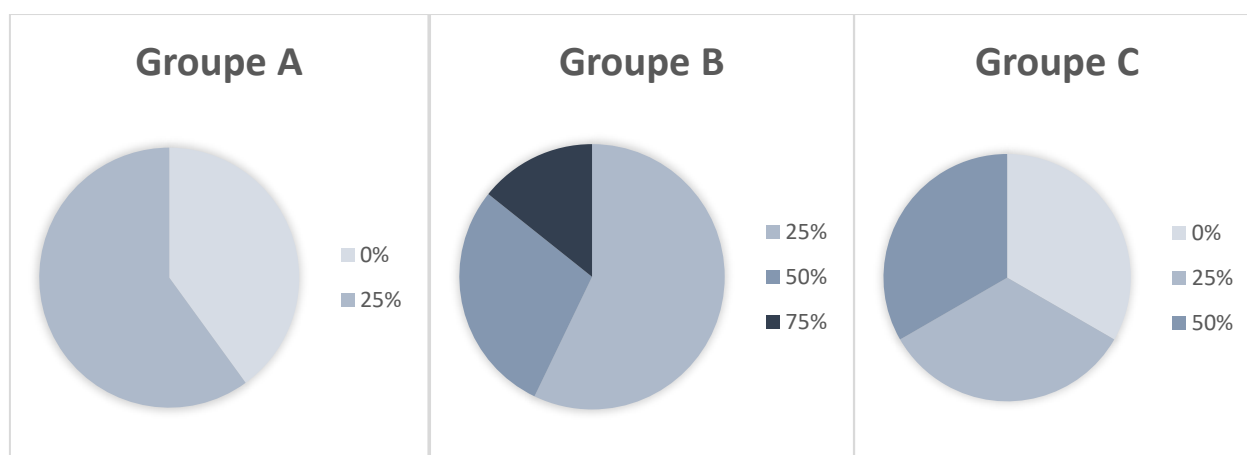


Figure 28 : Nombre de mares selon leur niveau d'ombrage des mares

L'ombrage des mares est plus marqué le groupe B. L'ombrage, liés à la présence d'une strate arborée, pourrait aussi amener les mares concernées à être davantage comblées ou plus rapidement (dépôt de matière organique provenant des ligneux) au cours des années de suivi.

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Comme pour la carte des habitats, le CEN Hauts-de-France a dû composer avec la sécheresse pour estimer le stade d'évolution de ses mares ce qui a non seulement été difficile mais a pu potentiellement entraîner un biais.

Les classes des stades d'évolution étant peu nombreuses (4 stades), il peut être difficile de trancher entre l'une ou l'autre, c'est pourquoi la FDCJ a proposé un stade intermédiaire sur l'une de ses mares par exemple. C'est effectivement le défaut de ce genre d'indicateur dont la simplicité est à la fois un avantage (accessible à tous) et un inconvénient (perte de précision).

Lorsqu'on considère les trois groupes A, B et C aucune tendance marquée ne se dégage concernant le stade d'évolution. De même, au sein d'un même projet, les mares du groupe A (seules mares ayant déjà été curées au moment des suivis) ont été jugées autant voire plus comblées que les autres (projets SMAGL et PNR Luberon) ce qui est plutôt inattendu. Il aurait été plus logique que les mares du groupe A soient celles dont le stade d'évolution serait le moins avancé, et les mares du groupe B celles qui seraient les plus fermées puisqu'elles sont amenées à être curées dans les années à venir. Le niveau d'ombrage des mares du groupe B est plus élevé que celui des mares des autres groupes. A noter que ces deux indicateurs sont très simplifiés, avec un relevé par classe, soumis à l'effet observateur et par nature peu précis.

L'analyse de la végétation des mares, plus complexe, a plus souvent mis en évidence des ressemblances que des dissimilarités entre mares bien qu'on ne puisse conclure à une ressemblance des mares ni au sein de chaque projet, ni à l'échelle de chaque groupe. Il est probable que cet indicateur ne soit pas suffisamment sensible pour différencier des mares ou que les mares soient réellement semblables sur ces critères, quel que soit le projet ou le groupe.

Ces analyses, ainsi que celle des habitats, seront intéressantes à suivre au cours du temps afin de chercher une éventuelle évolution commune entre mares d'un même projet ou d'un même groupe (qui pourrait alors traduire un effet gestion).

2.6. SM6 – Hydrologie et physico-chimie de l'eau

Suivis effectués en année N

Les suivis de l'hydrologie et de la physico-chimie de l'eau des mares est faite par sondes automatiques. Ces sondes sont des dispositifs coûteux, par conséquent toutes les mares suivies dans le cadre de l'AMI n'ont pas pu être équipées. La FNE Loire, la FDCJ et le CEN HdF ont chacun équipé une de leur mare gérée. Le PNR du Luberon a équipé ses deux mares gérées et le SMAGL a équipé une de ses mares gérées et sa mare témoin (seule mare témoin suivie avec la sonde). Si on reporte ceci aux nouveaux groupes de mares, il y a donc 3 mares du groupe A équipées de sonde, 4 mares du groupe B, et aucune mare du groupe C puisque ce groupe est majoritairement composé de mares témoins pour lesquelles l'installation d'une sonde n'était pas obligatoire.

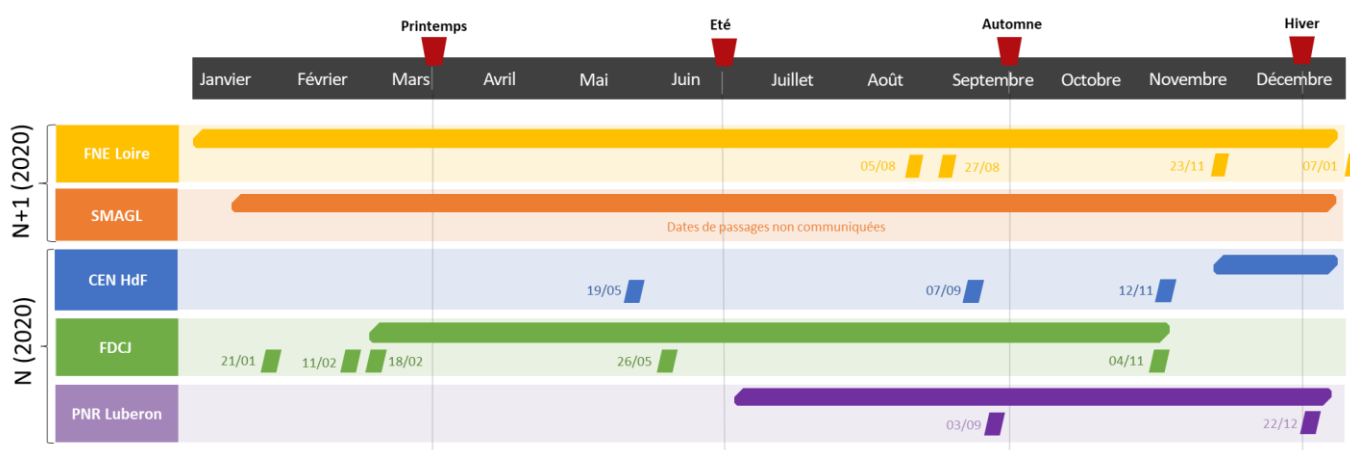


Figure 29 : Calendrier des passages du protocole SM6 (les barres longues correspondent aux périodes de pose des sondes ; les parallélogrammes correspondent aux passages de contrôle des sondes et estimation de la surface normale en eau)

Le PNR du Luberon a mesuré les surfaces en eau de ses mares à l'aide d'un décimètre compte tenu de leur taille réduite.

Les données analysées ici sont celles de l'année 2020 pour l'ensemble des mares, correspondant à l'année N+1 pour les mares engagées en 2019 et l'année N pour celles engagées en 2020. Le choix a été fait de se concentrer sur 2020 afin de pouvoir comparer les mares entre elles (même si la variabilité géographique joue, cela permet au moins de réduire l'impact des variations interannuelles) et de pouvoir analyser un maximum de données (les projets ayant débuté en 2019 ont installé les sondes tardivement du fait du délai d'achat).

Premières observations issues des données récoltées

Pour que l'étude des données d'hydrologie et de physico-chimie de l'eau nous avons utilisé les données du suivi réalisé en 2020 (première année de suivi pour le PNR Luberon, la FDCJ et le CEN HdF et deuxième année de suivi pour la FNE Loire et le SMAGL). En 2019, le suivi par les sondes avait été mis en place sur trop peu de mares, prendre en compte les données de 2020 permet d'avoir un maximum de mares suivies et donc de données.

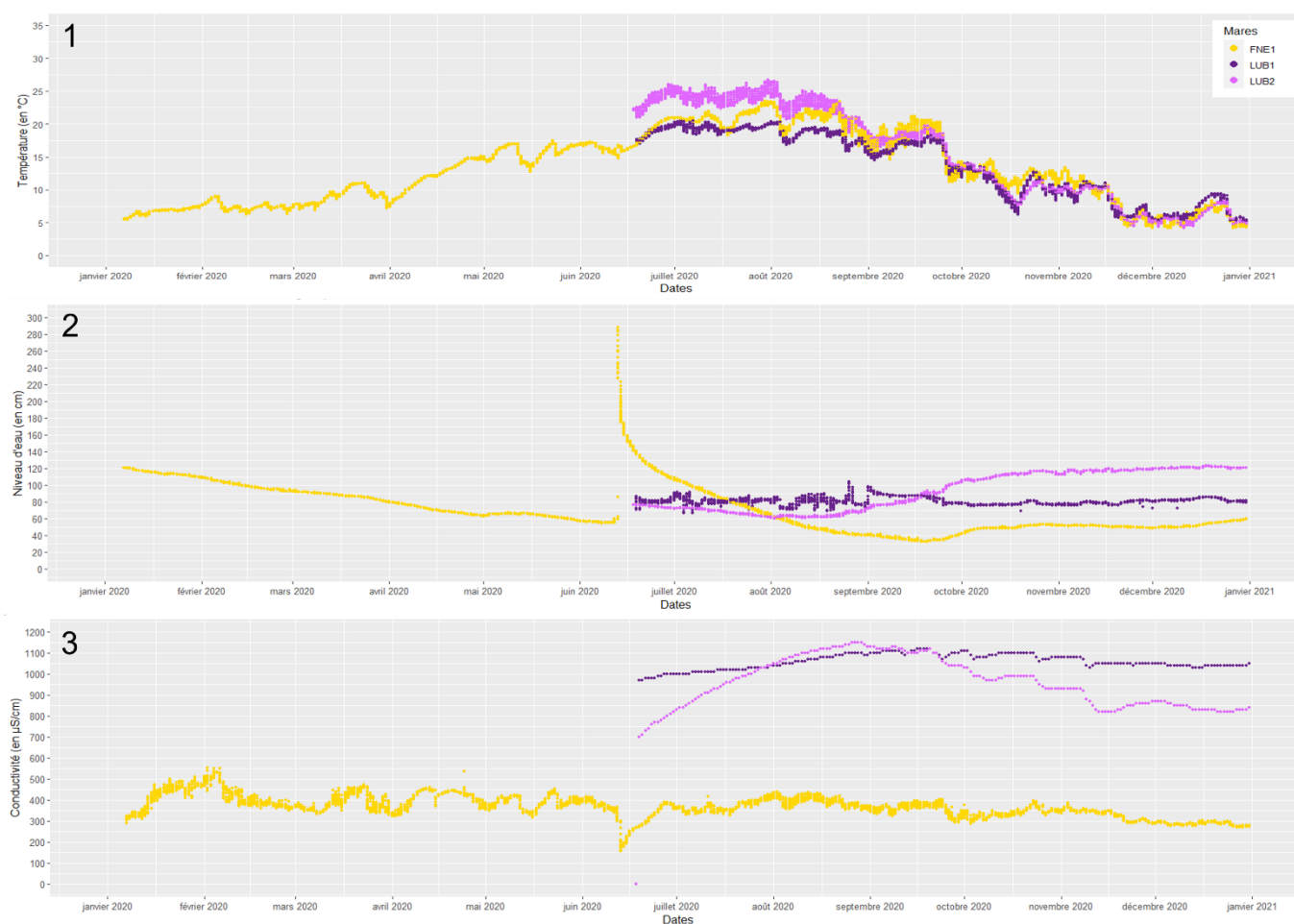


Figure 30 : Evolution de la température (1), la conductivité (2) et le niveau (3) de l'eau dans les mares du groupe A suivies par les sondes automatiques en 2020. Groupe A : mares creusées ou curées juste avant les suivis (sans état initial).

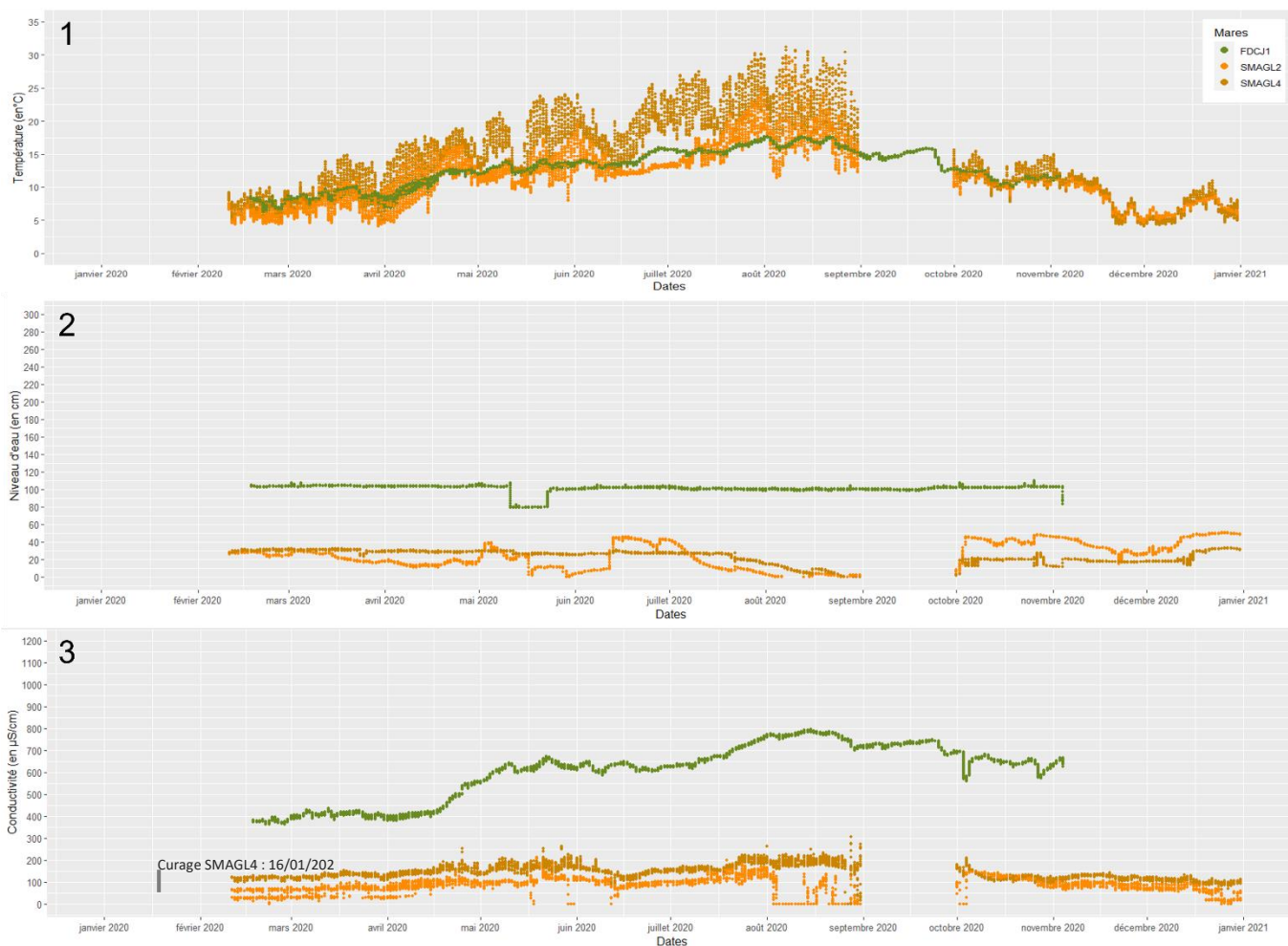


Figure 31 : Evolution de la température (1), la conductivité (2) et le niveau (3) de l'eau dans les mares du groupe B suivies par les sondes automatiques en 2020. Groupe B : mares creusées ou curées après la première année de suivis (avec état initial).

Température

L'évolution de la température de l'eau suit une tendance similaire sur l'ensemble des mares en 2020. Elle augmente de janvier à août puis diminue jusqu'en décembre, donc en lien direct avec les variations saisonnières de température atmosphérique.

Les mares SMAGL2 et SMAGL4 sont celles sur lesquelles on observe les plus importantes variations journalières de température (plus de 14°C en 24h pour la variation maximale). La faible inertie thermique du volume d'eau peu important peut favoriser un réchauffement et un refroidissement rapide en fonction des conditions climatiques.

En effet, sur les autres mares qui ont des niveaux d'eau plus importants, les variations journalières de température sont moins marquées. Le niveau auquel les capteurs de température des sondes sont placés dans la hauteur d'eau peut aussi influencer l'enregistrement de la température et donc des variations journalières. Enfin, l'évolution de l'ombrage des mares au cours de la journée peut aussi influencer les variations de température.

Les hypothèses autour des potentiels facteurs influençant les variations de température seront discutées avec les partenaires.

Tableau 8 : Ecart maximal et moyen de température en 24h sur l'année 2020.

	SMAGL2	SMAGL4	LUB1	LUB2	FNE1	FDCJ1
Ecart journalier maximal de température (en °C)	14,3	14,7	2,7	2,7	3,8	2,1
Ecart journalier moyen de température (en °C)	2,9	4,2	0,9	1,2	0,9	0,6

Niveau d'eau

La sonde enregistre de variations saisonnières du niveau d'eau dans les mares. On observe globalement un étiage estival et une remontée du niveau en octobre. Des événements climatiques locaux (épisodes de fortes pluies ou fortes chaleurs, notamment la crue de la Loire du 13 juin 2020 visible pour la mare FNE1) ou encore les actions de gestion sont aussi à l'origine des variations de niveau d'eau plus épisodiques. Comme évoqué précédemment, les mares ont des niveaux d'eau d'ordres de grandeurs différents ; les mares du PNR Luberon, de la FNE Loire et du CEN HdF sont les plus profondes (et varient autour d'1m), au contraire les mares du SMAGL sont moins profondes (et varient autour des 30cm).

Tableau 9 : Ecart maximal et moyen de niveau d'eau en 24h sur l'année 2020.

	SMAGL2	SMAGL4	LUB1	LUB2	FNE1	FDCJ1
Ecart journalier maximal de niveau d'eau (en cm)	20,8	16,3	22,6	4,6	228,4	28,3
Ecart journalier moyen de niveau d'eau (en cm)	2,2	1,9	4	1,4	1,3	1,6

Conductivité

La conductivité est un paramètre simple à mesurer et relativement stable au cours des saisons contrairement à d'autres paramètres comme le pH ou l'oxygène dissous. La conductivité des masses d'eau est liée à la géologie du bassin versant aux types de substrats sur lesquels elles stagnent ainsi qu'à la nature des sources qui les alimentent (leurs liaisons aux réseaux hydrologiques). Il s'agit de mesurer la capacité d'une solution à conduire un courant électrique, cela revient à mesurer sa concentration en ions. L'eau est considérée comme douce entre 0-200 µS/m, minérale entre 200-1000 µS/m et salée ou polluée au-delà de 2000 µS/m. Peu de travaux ont étudié la conductivité et les variations de conductivité dans les mares (comm. pers. Beat Oertli).

Des variations dans la dynamique temporelle de la conductivité indiquent un réel changement des conditions du milieu, les causes de ces modifications peuvent être d'origine naturelles ou anthropiques. Les apports directs d'eaux de pluie ont tendance à faire diminuer la conductivité de la masse d'eau par dilution, alors que l'absence d'apports directs d'eau de pluie fera augmenter la conductivité par concentration de la charge en ions. La conductivité peut aussi être modifiée par les apports issus du ruissellement des bassins versants qui peuvent être chargé en polluants urbains, engrais, pesticides, sels, l'apport d'eau contaminé, l'apport de nutriments, l'augmentation de la température (évaporation) qui auront tendance à augmenter la conductivité des masses d'eau.

Le suivi fait en 2020 met en évidence 3 types de mares : les mares à conductivité faibles (SMAGL2 et SMAGL4), les mares à conductivité forte (LUB1 et LUB2) et les mares à conductivité intermédiaire (FNE1 et FDCJ1). Le tableau 10 résume les éléments du contexte écologique connus des mares qui pourraient expliquer les différences de conductivité. Mise à part le type de roche qui permet de différencier les mares aux conductivités intermédiaires et fortes des mares aux conductivités faibles, les éléments actuels ne nous permettent pas d'identifier l'origine des différences de conductivité mesurées sur les mares.

Tableau 10 : Résumé des caractéristiques des mares pouvant avoir une influence sur la conductivité mesurée.

Mares	Substrat dominant	Type de roche	Connexion au réseau hydro	Niveau de conductivité
FNE1	Sable/gravier	Sédimentaire	Zone d'expansion de crue	Intermédiaire
LUB1	Argile	Sédimentaire	Cours d'eau	Forte
LUB2	Sable/gravier	Sédimentaire	Nape alluviale	Forte
SMAGL2	Argile	Magmatique	Cours d'eau	Faible
SMAGL4	Argile	Magmatique	Cours d'eau	Faible
FDCJ1	Vase	Sédimentaire	Fossé	Intermédiaire

La conductivité de l'eau des mares est relativement stable au cours du suivi pour les mares LUB1, FNE Loire, SMAGL2 et SMAGL4. Des variations plus importantes sont observées sur les mares FDCJ1 et LUB2. Les précipitations ou l'évaporation (suite à de fortes chaleurs) peuvent facilement faire fluctuer de plus ou moins 50 % la conductivité d'une masse d'eau. En effet, dans le cas des mares FDCJ1 et LUB2, un test de corrélation de Kendall (Annexe 9) a permis d'identifier des corrélations fortes entre la conductivité et le niveau d'eau et entre la conductivité et la température de l'eau de la mare. Cependant, nous manquons d'éléments pour comprendre l'origine de l'ensemble des variations de conductivité mesurées sur ces mares. Les résultats et hypothèses pourront être discutés plus précisément avec les porteurs de projets.

Perspectives d'analyses à N+5

Les perspectives d'analyses à N+5 sont la comparaison des dynamiques temporelles des trois variables entre les années de suivi, l'identification des variables du contexte écologique qui peuvent influencer ces dynamiques et la mesure de l'effet de la gestion sur la dynamique temporelle (intra et interannuelle) des variables.

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

L'achat des sondes a généré des difficultés pour les partenaires (trouver les références, comprendre le fonctionnement, etc), ce type de matériel étant assez peu souvent utilisé par les gestionnaires. Par ailleurs, le budget nécessaire avait été majoritairement mal évalué ce qui a conduit certains partenaires (CEN Hauts-de-France) à mobiliser des fonds internes pour compléter le financement OFB. Ne pouvant légalement conseiller aux partenaires des modèles ou fournisseurs, une solution aurait été que PatriNat utilise directement les financements destinés au protocole SM6 pour commander les sondes et les envoyer par la suite aux opérateurs.

Par ailleurs, l'installation de ce type de matériel est complexe et les porteurs de projets ont dû prévoir une protection contre le vol, le gel, envisager les crues et le développement des algues, s'assurer que la sonde reste bien en position verticale... pour cela, FNE Loire a construit un support (cf figure 32).



Figure 32 : Support pour la sonde construit par FNE Loire (FNE Loire, 2019)

Au vu du délai de signature des contrats entre l'OFB et les porteurs de projets, du temps nécessaire pour la recherche du matériel, des délais de commande et de réception mais aussi de la crise sanitaire en 2020, l'installation des sondes a été retardée pour la plupart des projets (CEN Hauts-de-France).

La crise sanitaire a également impacté les passages sur site pour le relevé des surfaces normales en eau.

L'estimation de la surface normale en eau (non présentée dans ce rapport) est assez délicate notamment du fait de la forme des mares qui induit un calcul d'aire complexe. Le PNR du Luberon s'est basé sur la moyenne de plusieurs largeurs et la plus grande longueur pour la calculer.

Ces métriques (température, niveau d'eau, conductivité) sont nettement influencées par les conditions climatiques et les variations interannuelles. Par exemple, le PNR du Luberon indique que l'année 2020 a été particulière dû à un étiage hivernal important : sa mare témoin 1 était en assec dès le mois d'août.

L'utilisation de sondes pour mesurer la conductivité, la température et la hauteur d'eau des mares a été proposée dans le cadre méthodologique en vue de tester l'intérêt de ces mesures et en considérant que les financements sont fournis aux gestionnaires pour l'achat et l'installation de ce matériel. Il s'agit là d'un dispositif original au sens où peu de sondes semblables (à enregistrement automatique et donc positionnées en continu) sont positionnées sur des mares en France. Ceci en fait un protocole tout à fait expérimental dont les données seront analysées en ayant peu de références basées sur des expériences similaires passées. Les données seront probablement utilisées davantage dans un objectif de surveillance des mares et de marqueurs d'évènements (climatiques ou autres) particuliers pouvant influencer sur les milieux et espèces que dans un objectif d'évaluer directement la gestion (le lien entre ces paramètres et la gestion étant peu identifiable à ce stade).

Si l'évolution de la température au cours de l'année suit une courbe semblable quelle que soit la mare suivie, au sein d'une même journée les variations peuvent être bien plus marquées pour certaines mares que pour d'autres. Plusieurs hypothèses (volume d'eau, ombrage, profondeur de la sonde) sont proposées pour expliquer ces différences et seront discutées avec les partenaires.

Le niveau d'eau suit également une logique globale annuelle avec quelques évènements extrêmes liés au climat (fortes pluies, crues, chaleurs...). Certaines mares sont nettement plus profondes que les autres.

L'observation de la conductivité a principalement vocation à montrer des perturbations qui pourraient influencer sur la mare. Ce paramètre est plutôt stable dans l'année quelles que soient les mares. Les principaux critères influençant sa valeur sont le type de roche, la température et les fortes pluies.

L'évolution de ces paramètres sera mise en relation avec la gestion afin de tester une éventuelle corrélation (bien que, comme précisé plus haut, ce ne soit pas l'objectif premier de ces suivis) et les données permettront principalement d'identifier d'éventuelles perturbations, années particulières, et différences entre les mares.

2.7. SM7 - Atterrissement

La mise en place de ce protocole a pour but de quantifier l'évolution de l'atterrissement en mesurant les différents profils de hauteur d'eau et profondeur de vase/MO dans la mare. L'objectif est de mieux comprendre la dynamique d'atterrissement ainsi que l'effet (et la pérennité de ces effets) de mesures de gestion prises pour lutter contre cet atterrissement.

Suivis effectués en année N

La FDCJ n'a pas réalisé ce protocole en 2019 sur sa mare témoin 1 car celle-ci est protégée par un grillage et qu'ils ne parviennent pas à en identifier le propriétaire. A noter que cette « mare » est une retenue d'eau (barrage en pierre avec déversoir) qui entrave le cours d'un ruisseau.

Pour ce même projet, la mare creusée étant complètement reprofilée (la forme de la mare initiale est revue entièrement pour construire la nouvelle mare), la FDCJ a effectué deux campagnes de mesures de l'atterrissement : un basé sur le tracé de la mare initiale et le second basé sur le projet de mare. Les années suivantes, seuls les points de mesure correspondant à la mare projet seront utilisés.

Le SMAGL n'a pas effectué ces mesures (pour certaines mares en raison de leur inexistence en année N).

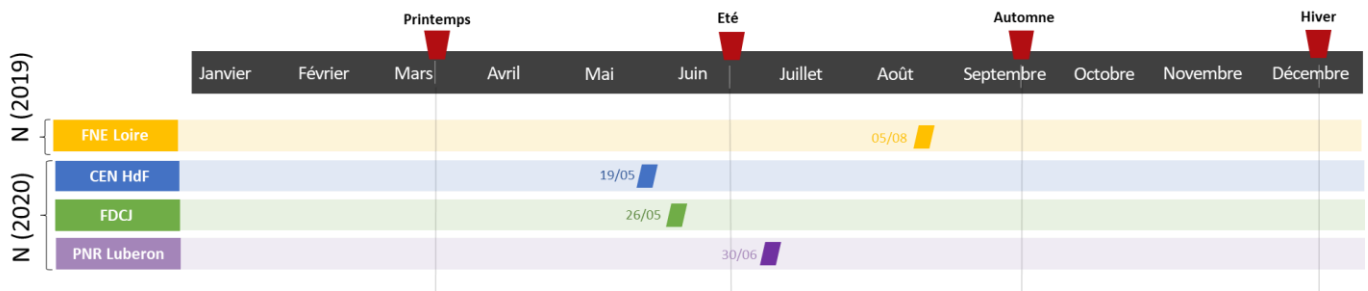


Figure 33 : Calendrier des passages du protocole SM7

Premières observations issues des données récoltées

Des analyses préliminaires ont été réalisées sur les données issues de ce protocole à l'année N. Pour le SMAGL, ce sont les données de l'année N+1 (2020) qui ont été utilisées car le protocole n'a pas pu être mis en place en année N. L'objectif des analyses est de savoir s'il existe un effet significatif mesurable de la gestion des mares sur la hauteur de vase et la hauteur d'eau à l'année N. Les hypothèses testées sont les suivantes :

- (1) Le curage a diminué la hauteur de vase ; les hauteurs de vase des mares du groupe A sont inférieures à celles des groupes B et C.
- (2) Il n'y a pas de différences de hauteur de vase entre les mares témoins (groupe C) et les mares qui n'ont pas encore été gérées (groupe B).
- (3) Les hauteurs d'eau des mares des groupes A, B et C sont similaires.

La hauteur d'eau et la hauteur de vase sur les mares ont été analysées séparément. Chacune est une variable « réponse » (variable qu'on recherche à expliquer) autour desquelles un certain nombre de modèles ont été construits avec deux variables « explicatives » (variables qui peuvent expliquer une partie des variations de la variable réponse) : le groupe auquel la mare a été assigné (A : mares creusées ou curées juste avant les suivis ; B : mares creusées ou curées après les suivis ; C : mares préexistantes et non curées) et la surface de la mare (en m²).

Le choix de la forme des modèles s'est porté sur des modèles linéaires généralisés « zero-inflated » qui décomposent les modèles entre des modèles linéaires généralisés portant sur la présence ou l'absence d'eau ou de vase, et des modèles linéaires généralisés qui n'intègrent que les valeurs de hauteurs pour les sites où la vase ou l'eau sont présentes (GLM H>0). Cette approche permet d'identifier indépendamment les déterminants de la présence d'eau ou de vase et les déterminants de leurs hauteurs.

Des effets aléatoires ont été intégrés : ils permettent de prendre en compte l'influence d'effets environnementaux ou d'échantillonnage qui ne sont pas quantifiés en eux-mêmes (météo, qualité du sol, pente, végétation environnante, outils et date de la mesure...) et qui s'appliquent de manière similaire sur toutes les répétitions de mesure de chaque mares (en moyenne 20 relevés par mare) et/ou sur toutes les mares d'un même organisme.

Afin de sélectionner le meilleur modèle et de tester la significativité des variables, 7 modèles avec des combinaisons de variables explicatives/effets aléatoires différentes sont créés :

- **Le modèle nul** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ *Effet aléatoire* (Organisme + Code de la mare)
- **Modèle 1** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Groupe
- **Modèle 2** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Groupe + *Effet aléatoire* (Organisme/Code de la mare)
- **Modèle 3** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Groupe + Surface de la mare
- **Modèle 4** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Groupe + Surface de la mare + *Effet aléatoire* (Organisme/Code de la mare)
- **Modèle 5** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Surface de la mare
- **Modèle 6** : Hauteur d'eau/Hauteur de vase ~ Surface de la mare + *Effet aléatoire* (Organisme/Code de la mare)

Le modèle nul est le modèle le plus simple, le modèle 4 le plus complexe. Les modèles 5 et 6 sont testés pour évaluer l'effet de la surface des mares seul, mais ne portent pas d'hypothèses.

Une fois l'ensemble des modèles créés, les modèles sont comparés par paire (en se basant sur leur likelihood ratio) suivant l'ordre présenté ci-dessus. Par exemple, le modèle nul est comparé au modèle 1, si le modèle nul est « meilleur », il est ensuite comparé au modèle 2 et ainsi de suite. Si au contraire, le modèle 1 est « meilleur » alors il est comparé au modèle 2 et ainsi de suite. *In fine*, le meilleur modèle est celui qui ressort « gagnant » à l'issue de la séquence de comparaison.

Dans le cas où un des 6 modèles est meilleur que le modèle nul, alors la ou les variables explicatives qu'il contient seront considérées comme significatives. En revanche, si aucun modèle n'est meilleur que le modèle nul, aucune des variables explicatives ne sont considérées comme significatives. Quand le meilleur modèle sélectionné contenait la variable « groupe », un test de Tukey a été réalisé entre les différentes modalités de la variable (3 modalités : groupe A, groupe B et groupe C). Ce test permet d'identifier les différences significatives entre ces différentes modalités.

Ces modèles sont exécutés d'abord sur l'ensemble de tous les projets et toutes mares confondues puis, si le nombre d'échantillon le permettait, à l'échelle de chaque organisme (la variable aléatoire « organisme » n'est donc plus appliquée). Les résultats sont présentés de façon synthétique dans le tableau 11.

Tableau 11 : Synthèse des résultats des analyses menées sur les mesures de hauteurs de vase (atterrissement) et de hauteur d'eau en année N (N+1 pour le SMAGL. **Les cases en vert** indiquent les cas où le meilleur modèle n'est pas le modèle nul. **Les cases orange** indiquent les cas où le meilleur modèle est le modèle nul (GLM ZI = Modèle linéaire généralisé zero-inflated ; GLM H>0 = Modèle linéaire généralisé ne prenant en compte que les valeurs supérieures à zéro).

Echelle considérée	Type de modèle	Meilleur modèle	
		Atterrissement	Hauteur d'eau
Global	GLM ZI	Modèle 6	
	GLM H>0	Modèle nul	Modèle nul
CEN HdF	GLM ZI	Modèle nul	
	GLM H>0	Modèle nul	
FDCJ	GLM ZI		
	GLM H>0	Modèle nul	
FNE Loire	GLM ZI	Modèle nul	
	GLM H>0		Modèle nul
PNR Luberon	GLM ZI		
	GLM H>0	Modèle 6	Modèle 6
SMAGL	GLM ZI	Modèle nul	
	GLM H>0	Modèle 5	Modèle 5

Atterrissement

- **Echelle globale** : Quand on s'intéresse à la hauteur de vase des mares (quand celle-ci est supérieure à zéro), la variable « surface de la mare » n'a pas d'effet significatif (le meilleur modèle est le modèle nul). La variable d'intérêt « groupe » (A, B ou C) n'est pas non plus significative. Le modèle n'identifie donc pas de différence de hauteur de vase entre les mares gérées et non gérées. L'analyse ne permet pas de valider l'hypothèse (1).
- **Echelle du projet** : Pour l'atterrissement des mares du CEN HdF et de la FDCJ, aucun des modèles n'est meilleur que le modèle nul. Dans ces deux projets on retrouve des mares des groupes B et C, des mares sur lesquelles il n'y a pas eu de gestion. Par conséquent à l'année N, l'hypothèse (2) est vérifiée pour les mares du CEN HdF et de la FDCJ. Il n'y a pas de différences significatives d'atterrissement pour les mares des groupes B et C.

Pour FNE Loire le modèle nul est aussi le meilleur modèle. Les deux mares appartiennent au groupe A, elles ont fait l'objet d'une gestion avant les suivis. La non significativité de la variable « groupe » est donc cohérente.

Les mares du SMAGL et du PNR Luberon seule la variable « surface de la mare » ressort significative. Les mares des deux projets appartiennent au groupe A et B par conséquent à l'année N, la gestion n'a pas d'effet sur la hauteur de vase des mares, l'hypothèse (1) n'est pas validée.

Hauteur d'eau

- **Echelle globale** : Les analyses menées à l'échelle globale ne font ressortir aucune des deux variables explicatives. La gestion n'a donc pas d'effet significatif sur la hauteur d'eau des mares, ce qui confirme notre hypothèse (3).
- **Echelle du projet** : Les analyses menées à l'échelle de chaque projet ne font pas ressortir la variable « groupe » comme significative. A l'échelle du projet, à l'année N la gestion n'a pas d'effet sur la hauteur d'eau des mares.

Le diagramme en barres ci-dessous, construit à partir des valeurs moyennes calculées pour chaque mare (figure 34) confirme les résultats mis en évidence par les analyses : il ne semble pas y avoir de différence entre mares curées et non curées.

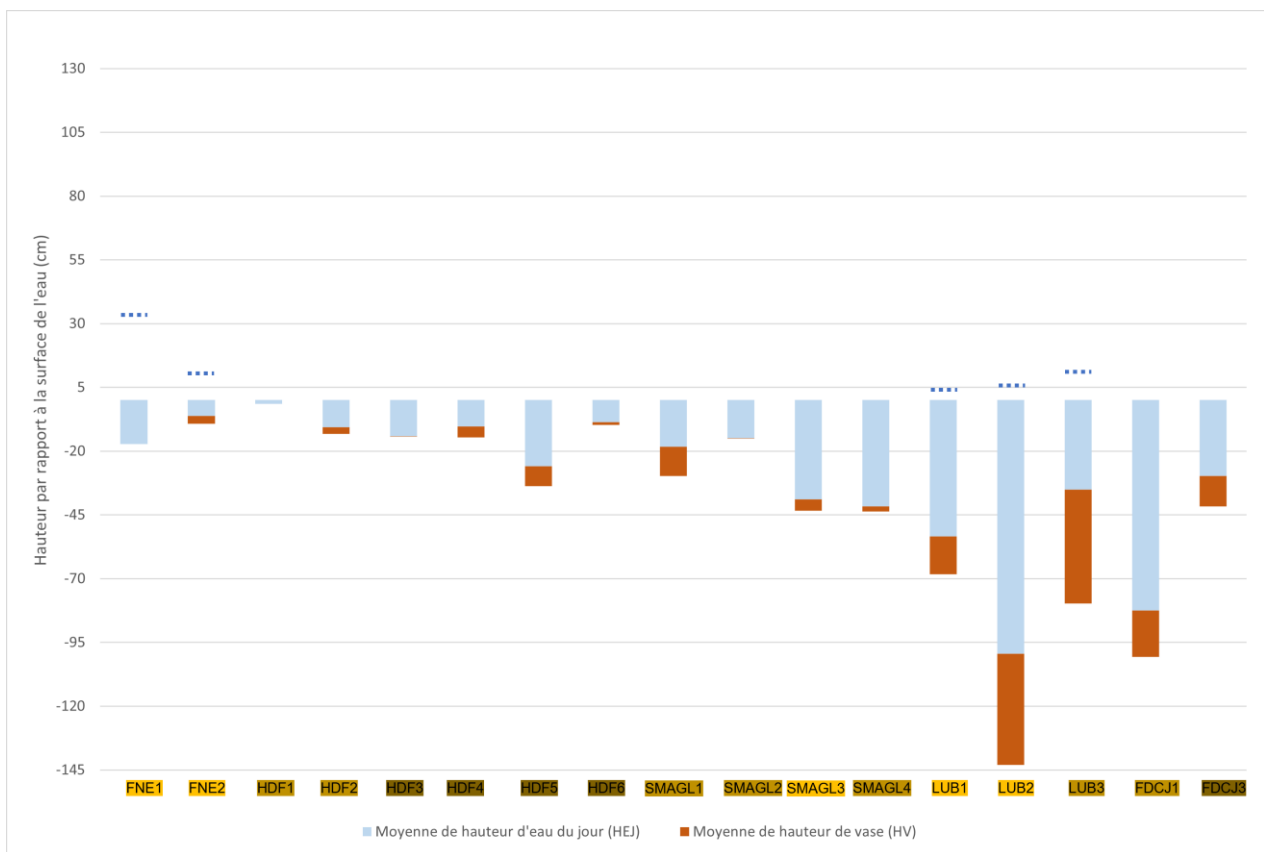


Figure 34 : Diagramme en barre résumant les moyennes de hauteurs de vase et de hauteurs d'eau mesuré dans le SM7. Les barres pointillées horizontales bleu foncées représentent la surface normale en eau de la mare sur l'année.

Retours d'expérience relatifs à la méthode et aux protocoles

Mise à part quelques soucis de mise en œuvre du protocole dans certaines mares, le protocole a été mis en place dans la majorité des mares. En revanche, la notion Δ HSNE a été mal comprise et peu de porteurs de projet ont renseigné cette information.

Il a été jugé difficile de replacer les points à l'emplacement exact de la couche SIG fournie par PatriNat, notamment au vu de la faible superficie de certaines mares. Ce point n'est pas préoccupant en soit : la couche a seulement vocation à s'assurer que l'emplacement des points ne sera pas choisi. Les opérateurs sont encouragés à ne pas s'obstiner à trouver le point GPS exact, mais à reconnaître l'emplacement du point en se fiant notamment à la photo aérienne (en s'aidant du GPS si besoin).

Bien que les points aient déjà été placés par PatriNat préférentiellement dans les zones les moins profondes de leurs mares, le PNR du Luberon n'a pas pu prospecter certains points du fait de la profondeur. Ce type de protocole pourrait potentiellement nécessiter l'usage d'une embarcation, mais cette dernière risquerait d'augmenter l'impact des prospections sur le milieu. Une autre solution serait de construire un outil permettant de réaliser les mesures à distance (voire depuis la berge) avec une sorte d'équerre, mais la pression qu'on pourrait exercer pour enfoncer la tige dans le substrat serait moindre que celle qu'on exerce avec une tige verticale seule. Sans solution idéale, ce protocole serait peut-être à réserver aux mares dont la profondeur permet une prospection en waders.

Les résultats des analyses à l'année N suggèrent que le curage des mares n'aurait pas d'impact sur la hauteur de vase présente dans les mares alors qu'on s'attendrait plutôt à ce que les mares curées avant les suivis (groupe A) présentent significativement moins de vase que les mares curées après les suivis (groupe B) et celles non curées (groupe C). Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer un tel résultat et seront à vérifier au regard de l'évolution des indicateurs au cours des 5 années de suivi :

- La période de mise en œuvre du protocole n'était peut-être pas optimale pour certaines mares (FNE Loire et HDF) qui étaient déjà en partie en assec au moment des suivis. Ce qui a engendré une grande quantité de zéro dans les données des mares de ces projets.
- Les mares du groupe B et C ne sont pas des bons 'témoins' des mares du groupe A : elles étaient moins atterries ou fermées initialement (avant suivis) que les mares du groupe A, ce qui créerait peu de différence entre ces mares et des mares creusées.
- Le curage des mares du groupe A n'a pas été suffisamment profond.
- Le protocole proposé n'est pas adapté pour mesurer l'atterrissement des mares (vases trop compactes pour enfoncer suffisamment le piqué, difficulté d'évaluer la fin de la hauteur de vase).

L'analyse des données à l'issue des 5 ans de suivi et des échanges avec les porteurs de projet seront importants pour mieux comprendre ces résultats.

2.8. BAOS1 – Connectivité et mosaïque

Les données de ce protocole ne seront pas analysées dans ce rapport, toutefois certains retours d'expérience sont intéressants à détailler ici dès à présent concernant la méthode de suivi des retours. L'objectif de ce protocole est de relier l'évaluation de la gestion à l'échelle du réseau de mares par une approche de connectivité, ce qui a posé plusieurs questions. Le terme de « mare » n'ayant pas été défini, FNE Loire a par exemple eu des difficultés à décider des pièces d'eau à prendre en compte ou non, or il y a dans leur périmètre bon nombre de points d'eau (annexes de la Loire notamment), ainsi que des carrières, qui ne sont pas des mares à proprement parler mais peuvent toutefois jouer un rôle hydrologique ou dans la connectivité des mares. A noter que ce flou de définition avait été voulu afin d'inciter la prise en compte de l'intérêt écologique d'une pièce d'eau dans un contexte de connectivité avec les mares étudiées, plutôt que la prise en compte de toute « mare » du périmètre, hors autres pièces d'eau, sans réflexion sur les liens potentiels avec les mares du projet. Enfin, des mares sont souvent situées en parcelles privées et donc inaccessibles pour les partenaires. Concernant ce même protocole, les données

devaient être relevées à l'échelle d'une zone tampon de 2 km autour de la mare étudiée. La FDCJ a sélectionné une dizaine de mares pour ce protocole, jugeant le nombre de mares de son site beaucoup trop important (et le site étant par ailleurs étendu). Le SMAGL a pris pour centroïde du polygone un point arbitraire central aux 4 mares étudiées afin de ne pas avoir à réitérer le travail pour chaque mare. Ces adaptations de protocole non discutée en amont avec PatriNat risquent de compliquer les analyses comparatives avec les autres sites puisque les conditions de relevés ne seront pas les mêmes. Au vu du nombre de mares pour ces sites, la réalisation de ce travail pour chaque mare aurait toutefois été particulièrement chronophage. A noter que la plupart des informations de ce protocole ont été repris par le SMAGL de leur base de données mares, ce qui était effectivement le plus logique et pratique lorsque ce type de base existe et permet d'éviter de visiter chacune des mares du secteur. Par ailleurs, le SMAGL a proposé l'ajout d'un code permettant de distinguer les mares « naturelles » des mares « artificielles ».

3. Retours d'expérience globaux, conclusions et perspectives

3.1. Retour d'expérience pratique sur le dispositif

Le lancement des projets peut s'avérer assez lourd et prendre du temps pour PatriNat et les porteurs de projets (l'établissement des contrats, mise en place des protocoles, tirage aléatoire des échantillons, appropriation par les partenaires et le montage des masques de saisie) et certains partenaires ont en conséquence dû retarder le démarrage des sessions de terrain.

La remontée des données a été également plus complexe qu'anticipé : bon nombre de données étaient manquantes, certaines rubriques des tableaux étaient parfois laissées vides par les porteurs de projets et le transfert des données pour passer du format « masque de saisie » au format « base de données optimisée pour les analyses » a demandé un travail conséquent effectué par PatriNat. Des améliorations ont été depuis apportées par PatriNat sur ce volet mais un travail de transfert « manuel » reste nécessaire à ce jour.

En termes plus pratiques, les phases de terrain ont été perturbées pour le CEN Hauts-de-France d'une part par la sécheresse survenue dès le mois de juin, d'autre part par la crise sanitaire de 2020. L'une des mares du PNR du Luberon a également subi une exondation presque totale, ce qui a entraîné une disparition totale de la végétation aquatique. Ces éléments, par nature imprévisibles, auront probablement des impacts sur les données et doivent être pris en compte pour leur interprétation. La Fédération des chasseurs du Jura indique un temps de trajet important (2h aller/retour) pour se rendre sur les mares. Ce type de contrainte pratique est à bien prendre en compte dans la programmation et le chiffrage de suivi.

3.2. Premiers enseignements des données

De manière globale, les mares suivies apparaissent fortement hétérogènes à l'année N. Cette hétérogénéité est nettement moins marquée entre mares d'un même projet, probablement du fait de leur proximité géographique ou d'une similarité de création et gestion. Ces conclusions devront être prises en compte pour les analyses à venir (à partir de l'ensemble des données de suivi) : d'un côté, les mares ne peuvent pas être considérées comme des répliques idéaux, hors modalités de gestion. D'un autre côté, le fait que les mares de mêmes projets se ressemblent davantage entre elles que celles de projets différents suggère que les comparaisons de l'évolution des mares devraient se faire préférentiellement au sein de chaque projet (plutôt qu'en analyse groupée par type de gestion). Même s'il aurait été préférable de réaliser une analyse unique, à l'échelle de l'ensemble des mares (un grand nombre de répliques augmente la robustesse des tests), on peut aussi considérer que cette variabilité permet une meilleure représentativité des mares du réseau Natura 2000.

La distinction témoin/géré initialement prévue a dû être refondue vers trois groupes : un pour les mares creusées/curées avant les suivis, un pour les mares creusées/curées en cours de suivi, et le dernier pour les mares existant avant les suivis et non curées. Il s'est en effet avéré que certaines mares témoins étaient gérées, voire même qu'elles bénéficiaient des mêmes actions que les mares « gérées ». Le classement en trois groupes sera plus adapté pour mettre en évidence l'effet du curage et l'évolution de la mare (notamment de l'atterrissement) après creusement ou curage.

Considérant ces trois groupes, les analyses ne montrent finalement pas de différences significatives entre eux. On aurait pu s'attendre à ce que les mares du groupe A soient très différentes de celles des autres groupes puisque ce sont les seules qui ont été curées avant les inventaires. Il aurait été notamment cohérent que les mares du groupe A, curées au moment des relevés, soient nettement moins atterries que celles des groupes B et C, qui étaient non curées à cette date. Deux hypothèses peuvent expliquer ce résultat : soit le protocole n'est pas pertinent, soit les témoins ne seraient pas suffisamment similaires aux mares avant creusement. L'analyse de l'évolution dans le temps des indicateurs d'atterrissement permettra de déterminer quelle hypothèse se vérifie.

Enfin, le PNR Luberon soulève une question qui n'avait pas été anticipée : l'impact des prospections mêmes sur les habitats et espèces des mares. L'application des protocoles génère en effet de nombreux passages autour et au sein de mares, ce qui impacte la végétation par piétinement et probablement également la faune par dérangement. Le PNR indique notamment un impact sur les herbiers à characées, sensibles au piétinement. Il sera intéressant à l'issue des cinq années de suivi de confronter ce potentiel impact par dire d'expert, sur la base des observations visuelles et d'une estimation du nombre de passages totaux à effectuer sur chaque mare pour l'application des protocoles.



Figure 35 : Impact des suivis sur la mare du PNR Luberon (photo P.Rouveyrol 2022)

Les projets liés aux mares sont les moins nombreux au sein de l'ensemble des projets des AMI efficacité Natura 2000. Le faible nombre de mares rend les analyses potentiellement moins robustes, et ce, d'autant plus qu'elles sont fortement hétérogènes. Un nouvel AMI, lancé en 2023, proposera à nouveau des financements pour des suivis de mares, ce qui permettra peut-être d'ajouter quelques mares au panel (avec la difficulté que les suivis ne seront pas effectués sur la même période). Quoiqu'il en soit, les projets courants (de l'AMI 1) constituent déjà un premier ensemble de mares, suivies de la même manière et avec un contexte commun sur des sites différents, dont les analyses en parallèle pourront mener à de premières conclusions quant à l'effet du creusement et curage de mares. A l'issue des cinq années de suivi, la confrontation des résultats d'analyses avec le dire d'expert de l'ensemble des partenaires sera à la base des conclusions et les discussions autour des retours d'expérience relatifs aux méthodes et protocoles mèneront à la production de recommandations pour des suivis ultérieurs voire à une nouvelle version de méthode.

ANNEXES

Annexe 1 - Exemple d'échantillonnage

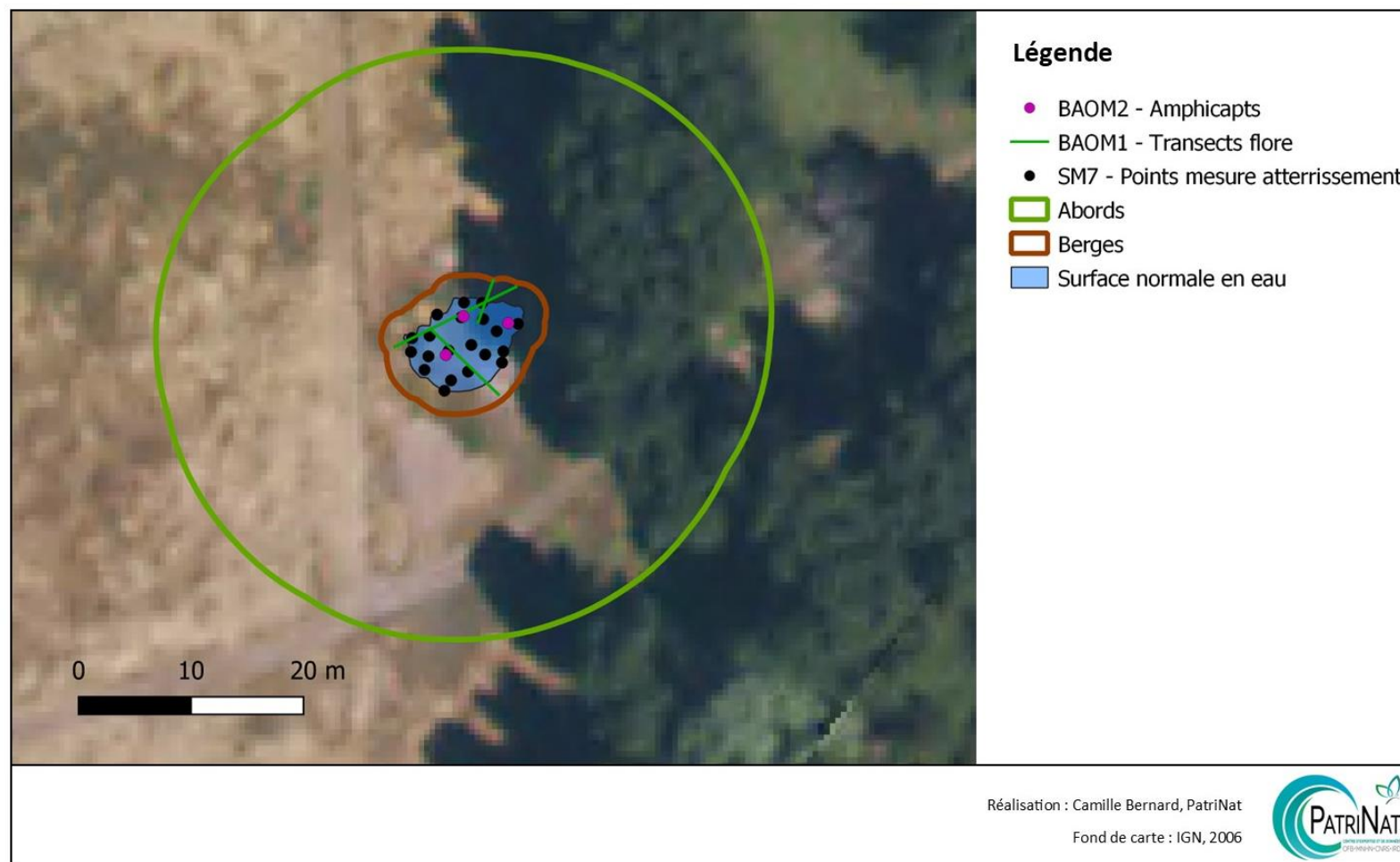


Figure 36 : Exemple d'échantillonnage pour les protocoles du cadre méthodologique (basé sur la mare gérée du projet de FNE Loire)

Annexe 2 - Analyses des données de recouvrement et composition d'habitats

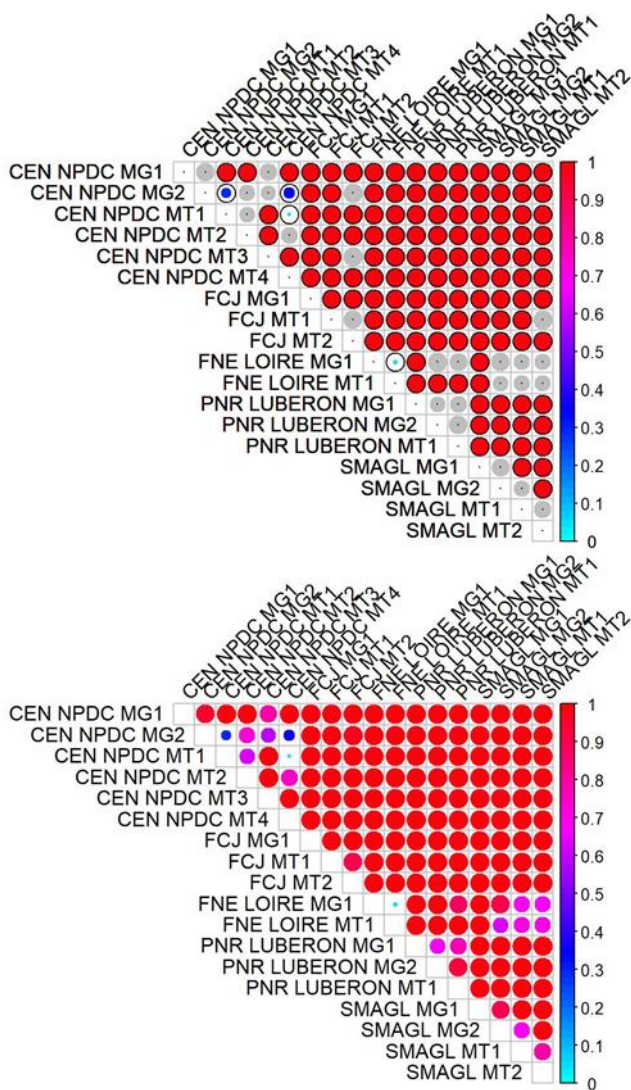


Figure 37 : Représentation graphique de la comparaison deux à deux des assemblages d'habitats présents sur les mares (Indice de Morisita).

Méthode d'interprétation de la figure :

- La couleur des points correspond aux valeurs de l'indice de bêta diversité (1 (rouge) = dissimilaire ; 0 (bleu clair) = similaire).
- La taille des points indique aussi la valeur de l'indice de bêta diversité (plus le point est gros plus la valeur de l'indice est proche de 1).
- Les points entourés de noir indiquent les valeurs de bêta diversité significatives.
- La significativité a été retirée de la deuxième figure pour mieux identifier la couleur des points.

Interprétation des résultats :

- FNE Loire : La mare gérée et la mare témoin ont un indice de dissimilarité faible. La composition et le recouvrement des habitats sont proches entre ces deux mares. Cette ressemblance est significative.
- FCDJ : Au sein de ce projet, les mares gérées et témoins ont des indices de dissimilarité proches de 1. La composition et le recouvrement des habitats se ressemblent très peu d'une mare à l'autre. La différence de composition entre la mare gérée et les deux mares témoins est significative. En revanche, la différence observée entre les deux mares témoins ne l'est pas.
- CEN Hauts-de-France : Les deux mares gérées ont un indice proche de 1, les habitats présents et leur recouvrement ne se ressemblent pas, mais la différence n'est pas significative. La mare gérée MG2 a des indices plus faibles (0,4) avec les mares témoins

T1 et T4 et ces ressemblances sont significatives. En revanche, il y a une différence avec les mares témoins T2 et T3 et elle est significative. La mare gérée MG1 est très différente des mares témoins (indice proche de 1), avec trois d'entre elles (T1, T2 et T4) la différence est significative. Avec la mare témoin T3, l'indice est aussi élevé mais la différence n'est pas significative. Les deux mares témoins T1 et T4 ont un indice de dissimilarité très faible (entre 0 et 1), leurs compositions et leurs recouvrements d'habitats sont très similaires, la ressemblance est significative. Les deux autres mares témoins T2 et T3 ont une dissimilarité élevée (proche de 1) mais la différence n'est pas significative.

- PNR Luberon : Les indices de dissimilarité entre les mares sont élevés. Les mares se ressemblent peu. Cependant, la mare témoin T1 est moins différente de la mare gérée MG1 que de la mare gérée MG2, mais les différences ne sont pas significatives.

- SMAGL : La mare gérée G1 est très différente de toutes les autres mares (MG2, T1 et T2). Cependant, seule la différence avec les mares témoins est significative. La mare gérée MG2 a une dissimilarité élevée avec les deux mares témoins, seule la différence avec la mare témoin T2 est significative. Enfin, les deux mares témoins ont une dissimilarité forte mais pas significative.

Annexe 3 - Analyses des données des végétations et leur recouvrement

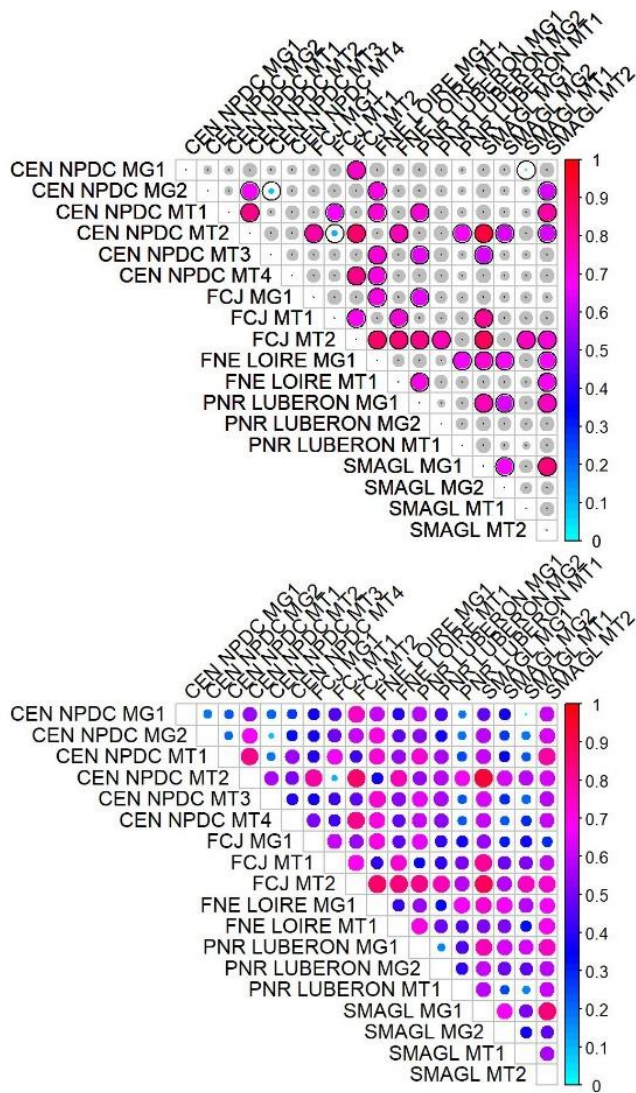


Figure 38 : Représentation graphique de la comparaison deux à deux des végétations présentes sur les mares (Indice de Morisita).

Méthode d'interprétation de la figure :

- La couleur des points correspond aux valeurs de l'indice de bêta diversité (1 (rouge) = dissimilaire ; 0 (bleu clair) = similaire).
- La taille des points indique aussi la valeur de l'indice de bêta diversité (plus le point est gros plus la valeur de l'indice est proche de 1).
- Les points entourés de noir indiquent les valeurs de bêta diversité significatives.
- La significativité a été retirée de la deuxième figure pour mieux identifier la couleur des points.

Interprétation des résultats :

- FNE Loire : L'indice de dissimilarité entre la mare gérée et la mares témoin est intermédiaire (environ 0.35). Les mares ont une certaine ressemblance dans les végétations présentes mais la valeur de l'indice n'est pas significative.
- FCDJ : Les trois mares sont assez différentes les unes des autres (indice entre 0.55 et 0.7) Seule la différence entre les deux mares témoins est significative.
- CEN HdF : Les valeurs de l'indice de dissimilarité pour les mares du CEN HdF sont majoritairement faibles mais peut sont significatives. La mare G1 a des indices faibles (0.25) avec les mares G2, T1, T3 et T4, et un peu plus élevé avec T2 (0.6) mais aucune de ces valeurs n'est significatives. La végétation de la mare G2 et T3 sont très similaire (indice de 0.05) est cette ressemblance est significative. La végétation de la mare G2 est aussi significativement différente de celle de la mare T2. La mare T1 a des indices de dissimilarité faibles avec les mares G1, G2 et T3 mais aucune ressemblance n'est significative. La mare T2 est globalement différentes de toutes les autres mares, seule la différence avec la mare T1 est significative. La végétation de la mare T4 est similaire à celles des mares G1, G2 et T3 et plus éloignée de celles des mares T1 et T2 mais aucune des valeurs n'est significatives.

et T3 sont très similaire (indice de 0.05) est cette ressemblance est significative. La végétation de la mare G2 est aussi significativement différente de celle de la mare T2. La mare T1 a des indices de dissimilarité faibles avec les mares G1, G2 et T3 mais aucune ressemblance n'est significative. La mare T2 est globalement différentes de toutes les autres mares, seule la différence avec la mare T1 est significative. La végétation de la mare T4 est similaire à celles des mares G1, G2 et T3 et plus éloignée de celles des mares T1 et T2 mais aucune des valeurs n'est significatives.

- PNR Luberon : Les ressemblances de végétation sont plus fortes entre les deux mares témoins qu'entre les mares témoins et gérées, cependant aucune de valeurs n'est significative.
- SMAGL : Les végétations des mares G2 et T1 sont les plus similaires, cette ressemblance n'est pas significative. La mare G1 est significativement différentes des mares G2 et T2.

Annexe 4 – Evolution de la moyenne mensuelle de température, conductivité et du niveau d'eau des mares en 2020.

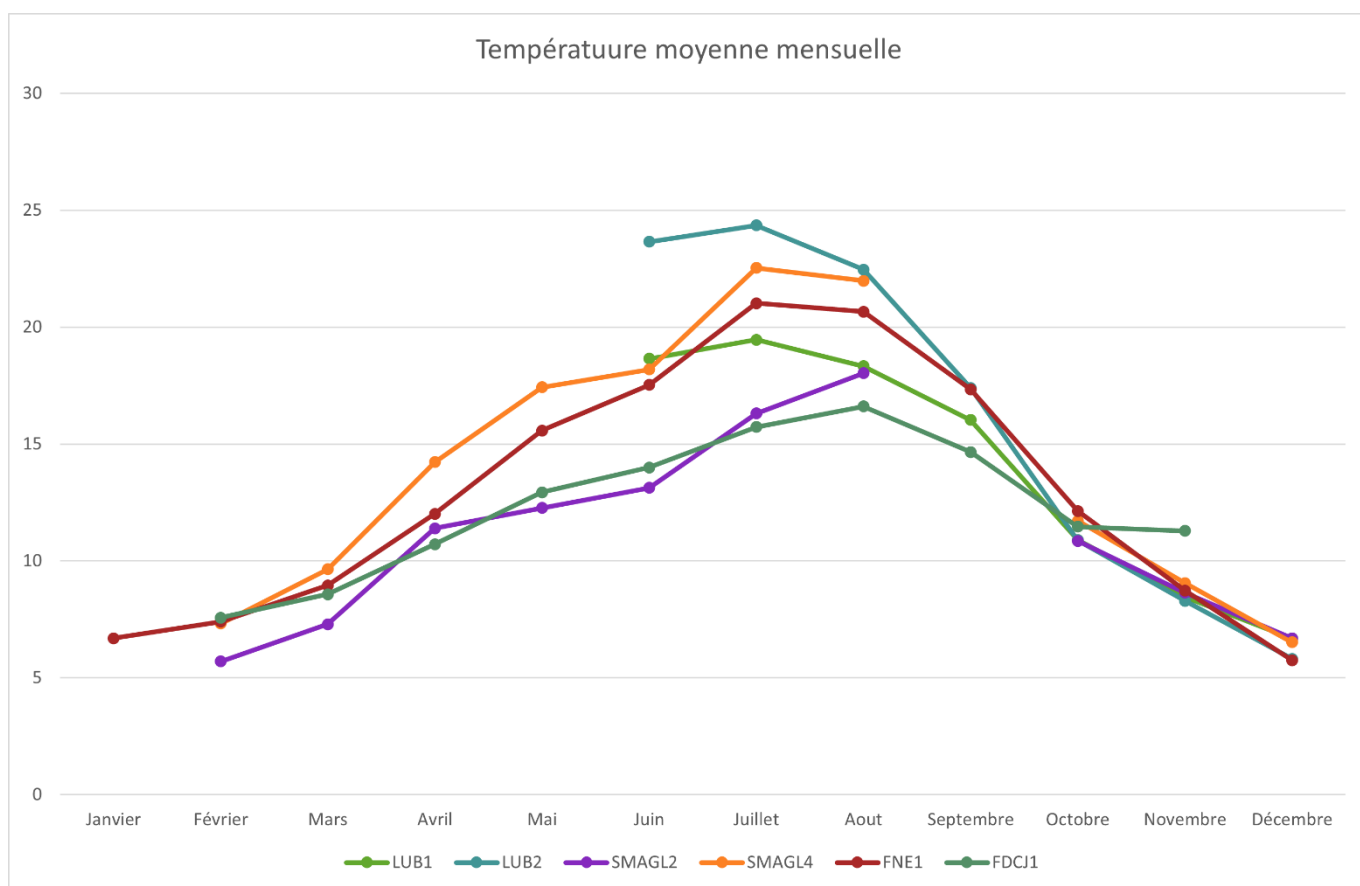


Figure 39 : Moyennes mensuelles des températures relevées sur chaque mare en 2020.

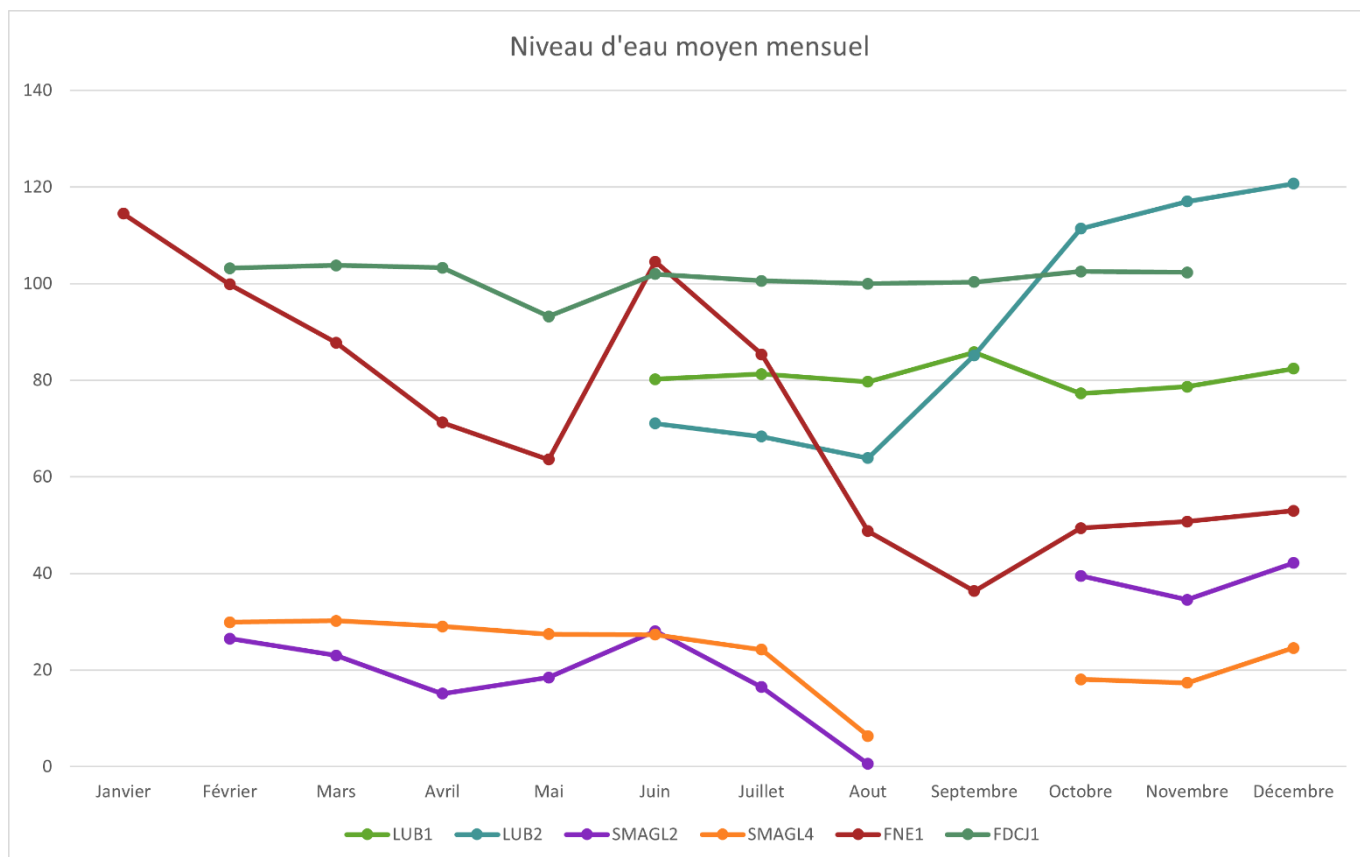


Figure 41 : Moyennes mensuelles des niveaux d'eau relevés dans chaque mare en 2020.

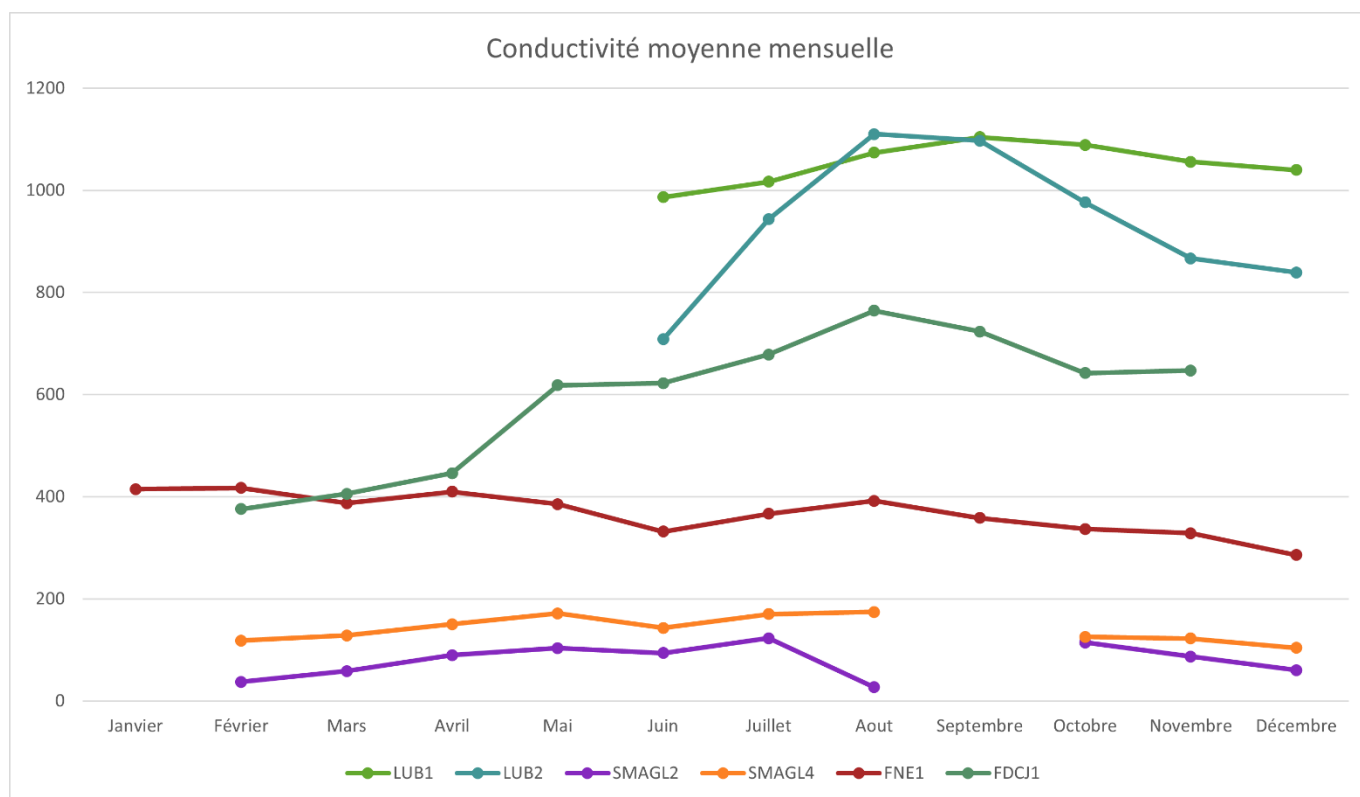


Figure 40 : Moyennes mensuelles de conductivité relevées sur chaque mare en 2020.

Annexe 5 – Données hydrologie et physico-chimie de l'eau de la mare gérée d'FNE Loire

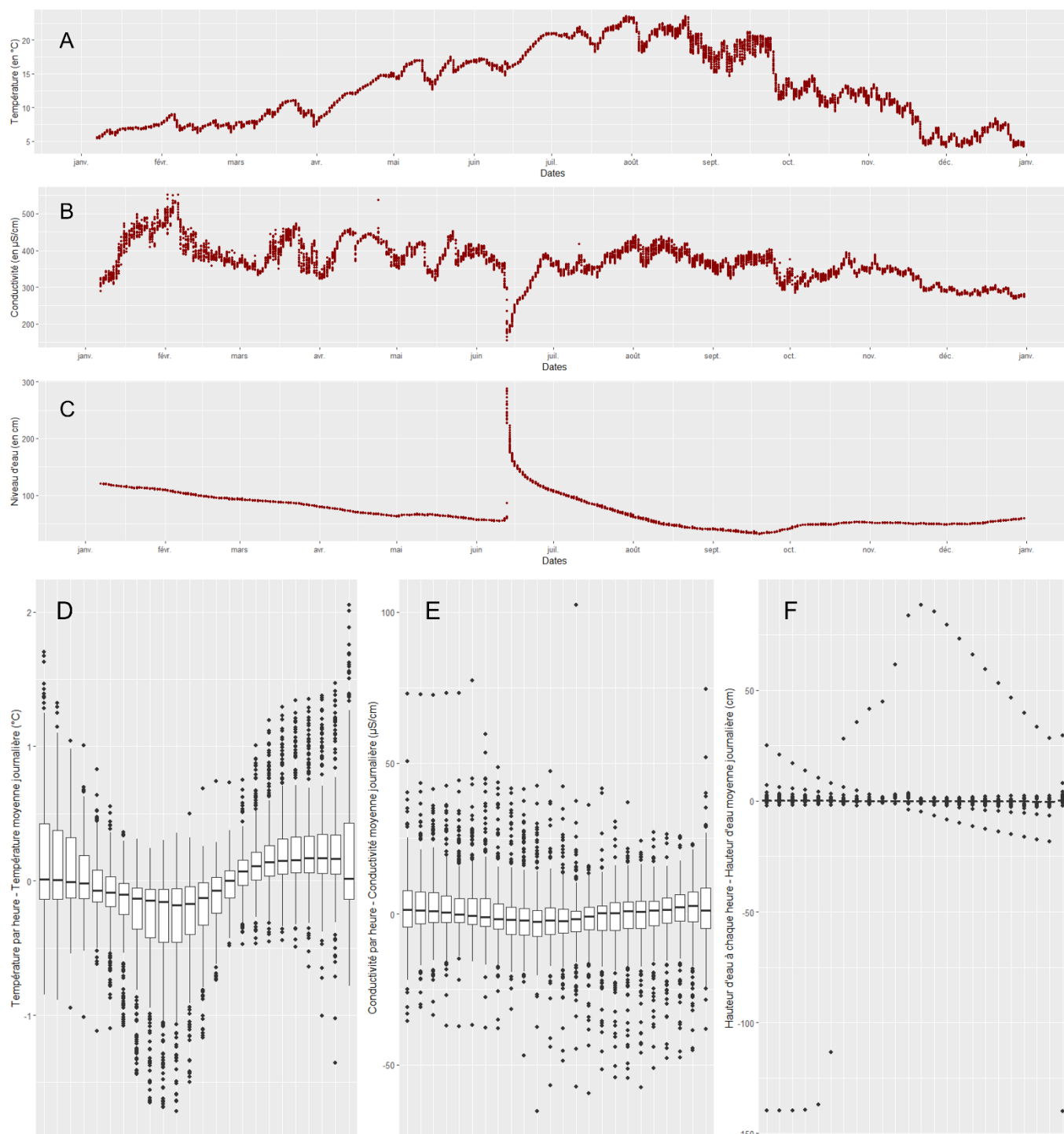


Figure 42 : A : Relevé heure par heure de la température de l'eau ; B : Relevé heure par heure de la conductivité de l'eau de la mare ; C : Relevé heure par heure du niveau d'eau de la mare ; D : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de température de la mare ; E : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de conductivité de la mare ; F : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de niveau d'eau de la mare.

Tableau 12 : Minimum, moyenne et maximum de température, conductivité et niveau d'eau pour chaque mois de suivi de la mare.

Mare gérée de FNE Loire												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min	5,417	6,17	6,858	7,405	12,68	14,75	18,22	16,62	11,15	9,406	4,394	4,135
Température moyenne	6,695	7,404	8,949	12,019	15,58	17,53	21,02	20,66	17,34	12,135	8,732	5,753
Température max	7,523	9,013	11,083	15,13	17,51	20,97	23,54	23,53	21,17	14,705	13,383	8,349
Conductivité min	289,1	350,4	330,1	321,7	317,4	155,4	325,1	346	292,5	284,8	287,5	268
Conductivité moyenne	415	417,2	387,6	409,8	385,8	331,7	366,8	392,1	358,4	336,8	328,6	285,9
Conductivité max	508,9	551,3	472,4	536,2	451,8	415,8	425,6	440,1	402,6	395,1	387,7	304,2
Niveau d'eau min	109,2	92,3	80,21	63,42	57,35	54,45	62,55	40,07	32,07	41,18	48,53	48,15
Niveau d'eau moyen	114,5	99,87	87,78	71,27	63,61	104,57	85,36	48,75	36,36	49,4	50,77	53,01
Niveau d'eau max	120,7	110,23	94,13	80,31	67,53	287,83	108,76	66,06	41,95	53,48	52,7	59,7

Annexe 6 – Données hydrologie et physico-chimie de l'eau de la mare gérée de la FDCJ

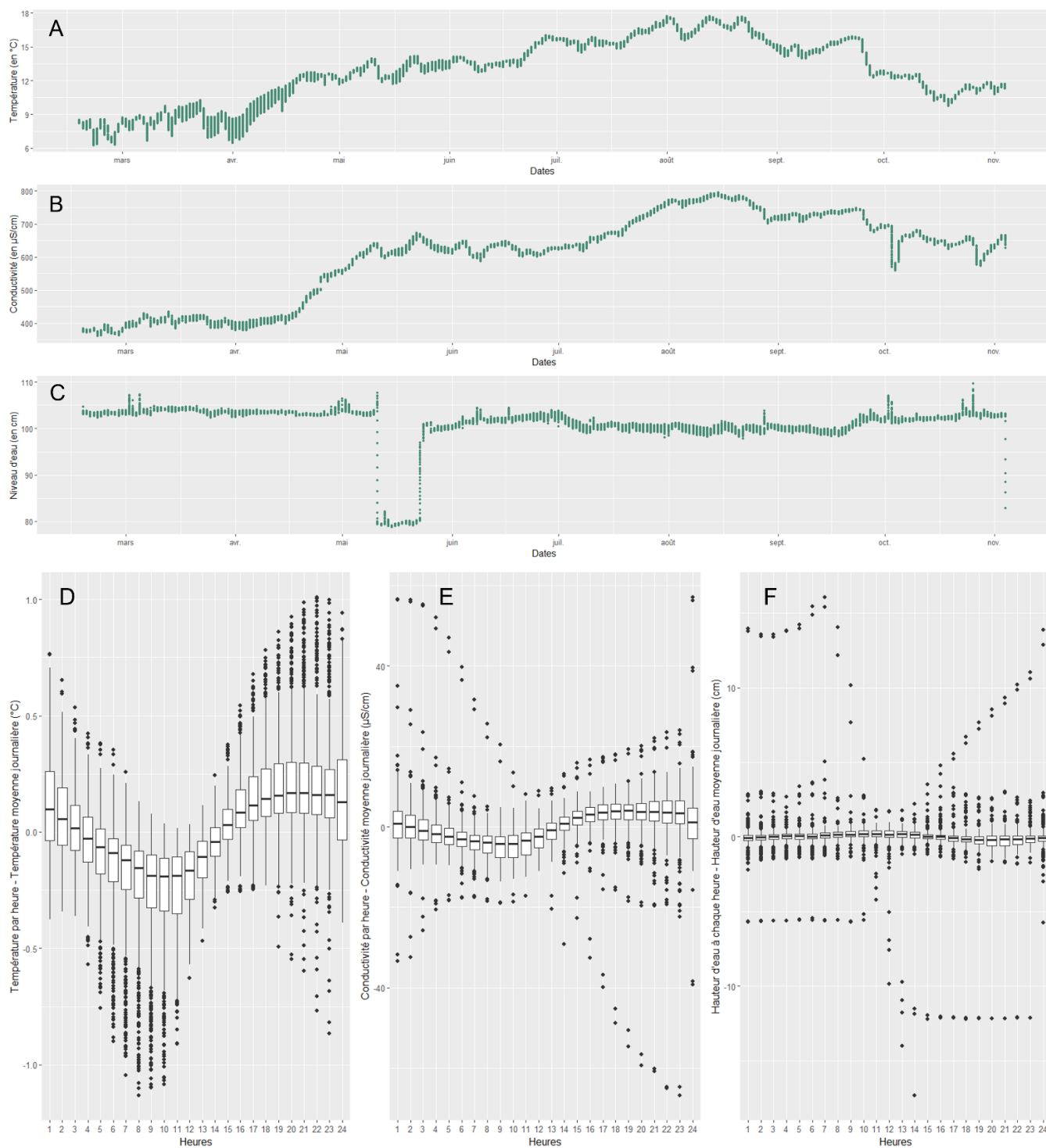
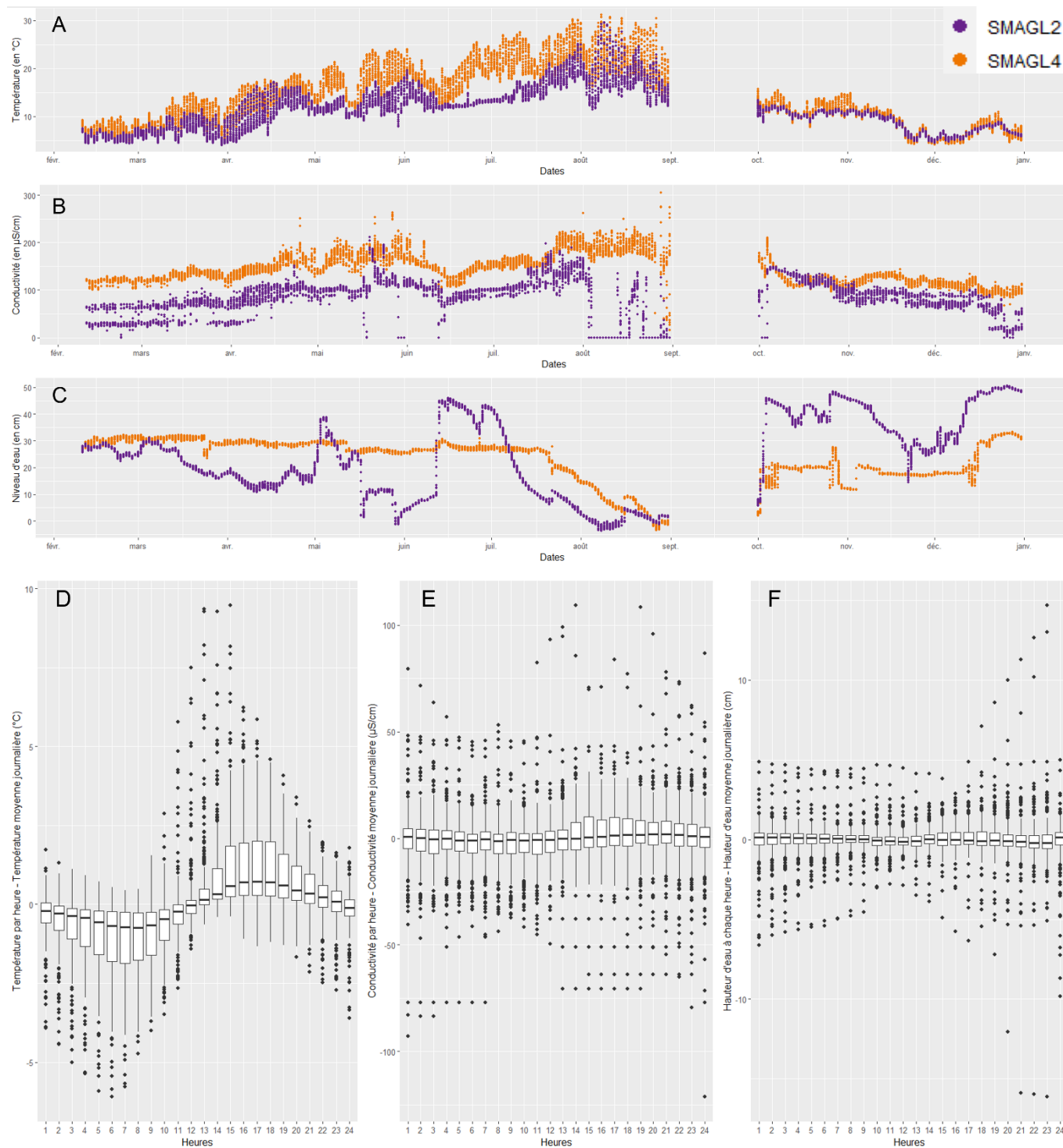


Figure 43 : A : Relevé heure par heure de la température de l'eau ; B : Relevé heure par heure par heure de la conductivité de l'eau de la mare ; C : Relevé heure par heure du niveau d'eau de la mare ; D : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de température de la mare ; E : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de conductivité de la mare ; F : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de niveau d'eau de la mare.

Tableau 13 : Minimum, moyenne et maximum de température, conductivité et niveau d'eau pour chaque mois de suivi de la mare.

Mare gérée 1 de FCJ Loire												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min	6,26	6,634	6,453	6,453	11,65	12,73	14,47	14,86	12,27	9,751	10,77	
Température moyenne	7,569	8,572	10,716	12,93	14	15,73	16,61	14,65	11,459	11,28		
Température max	8,574	10,235	12,719	14,18	16,01	17,35	17,72	15,89	12,879	11,68		
Conductivité min	361,9	381,7	379	549,1	586,7	617,2	700,5	674,5	558,6	625,5		
Conductivité moyenne	376,1	405,8	446,4	618,2	622,2	678,4	764,3	723,2	642,3	647,2		
Conductivité max	395,6	435,2	560,4	672,2	648,6	765,6	795,7	749	697,3	665,2		
Niveau d'eau min	102,2	102,4	102,4	78,8	99,75	98,11	97,85	98,32	101,1	82,89		
Niveau d'eau moyen	103,2	103,8	103,3	93,2	102	100,61	99,98	100,35	102,5	102,32		
Niveau d'eau max	104,6	107,3	105,8	107,62	104,47	103,74	103,75	104,04	109,7	103,32		

Annexe 7 – Données hydrologie et physico-chimie de l'eau des mares du SMAGL



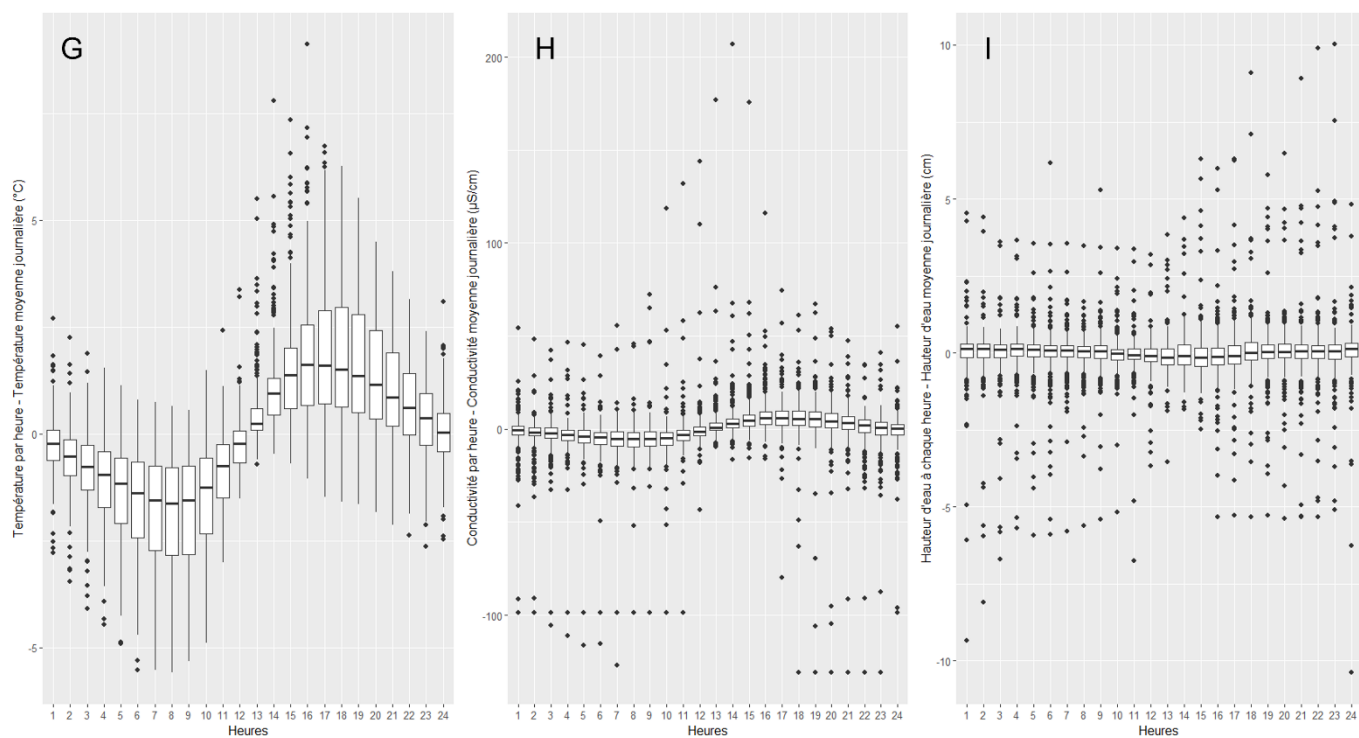
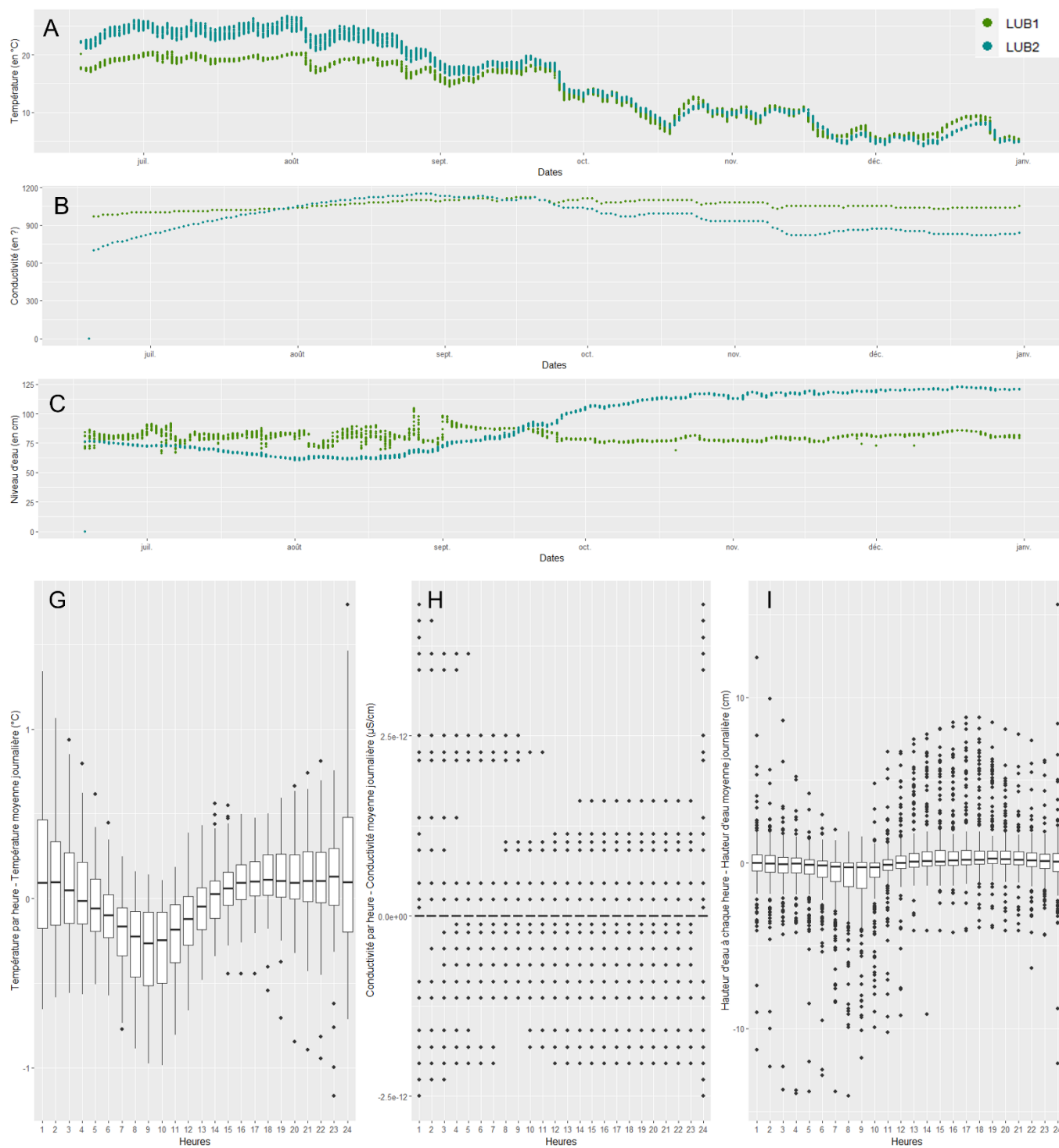


Figure 44 : A : Relevé heure par heure de la température de l'eau ; B : Relevé heure par heure par heure de la conductivité de l'eau de la mare ; C : Relevé heure par heure du niveau d'eau de la mare ; D et G : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de température de la mare ; E et H : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de conductivité de la mare ; F et I : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de niveau d'eau de la mare.

Tableau 14 : Minimum, moyenne et maximum de température, conductivité et niveau d'eau pour chaque mois de suivi des mares.

Mare gérée 2 du SMAGL												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min		4,335	4,055	4,526	7,983	10,89	12,8	11,4		8,769	4,699	4,547
Température moyenne		5,703	7,286	11,397	12,261	13,12	16,31	18,03		10,852	8,638	6,686
Température max		7,564	11,573	17,157	17,477	19,61	25,15	29,58		13,421	11,485	8,838
Conductivité min		0	14,6	26,1	0	0	84,5	0		0	61,9	0
Conductivité moyenne		37,51	58,51	90,05	103,4	93,87	122,7	27,06		114,7	86,73	60,7
Conductivité max		75,3	102,8	151,3	211,4	125,7	198	167		148,9	117	100,1
Niveau d'eau min		22,44	15,76	10,71	0	3,29	3,08	0		5,72	14,51	25,3
Niveau d'eau moyen		26,5	23,04	15,13	18,45	28,066	16,49	0,5894		39,48	34,58	42,17
Niveau d'eau max		29,37	31,04	20,79	38,82	46,08	42,5	4,97		48,53	46,1	50,64
Mare témoins 2 du SMAGL												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min		4,438	4,983	5,013	11,22	12,38	16,5	14,3		7,769	4,327	4,088
Température moyenne		7,319	9,643	14,224	17,43	18,19	22,53	21,98		11,711	9,053	6,525
Température max		9,976	14,874	18,848	24,01	25,5	30,23	31,21		15,672	14,912	10,944
Conductivité min		100,5	105,3	108,6	129,8	92,5	141,2	0		88,7	95,4	67,3
Conductivité moyenne		118,5	128,2	150,2	171,5	143	170,2	174,5		125,9	122,3	103,9
Conductivité max		129,1	152,2	251,2	263,2	217,2	223,7	305,4		2098	144	134,3
Niveau d'eau min		26,73	23,37	27,1	24,82	25,07	14,61	0		1,96	11,6	13,15
Niveau d'eau moyen		29,91	30,22	29,01	27,44	27,33	24,24	6,349		18,1	17,34	24,55
Niveau d'eau max		32,13	32,27	30,73	30,22	31,02	28,41	15,23		27,52	21,08	33,23

Annexe 8 – Données hydrologie et physico-chimie de l'eau des mares du PNR du Luberon



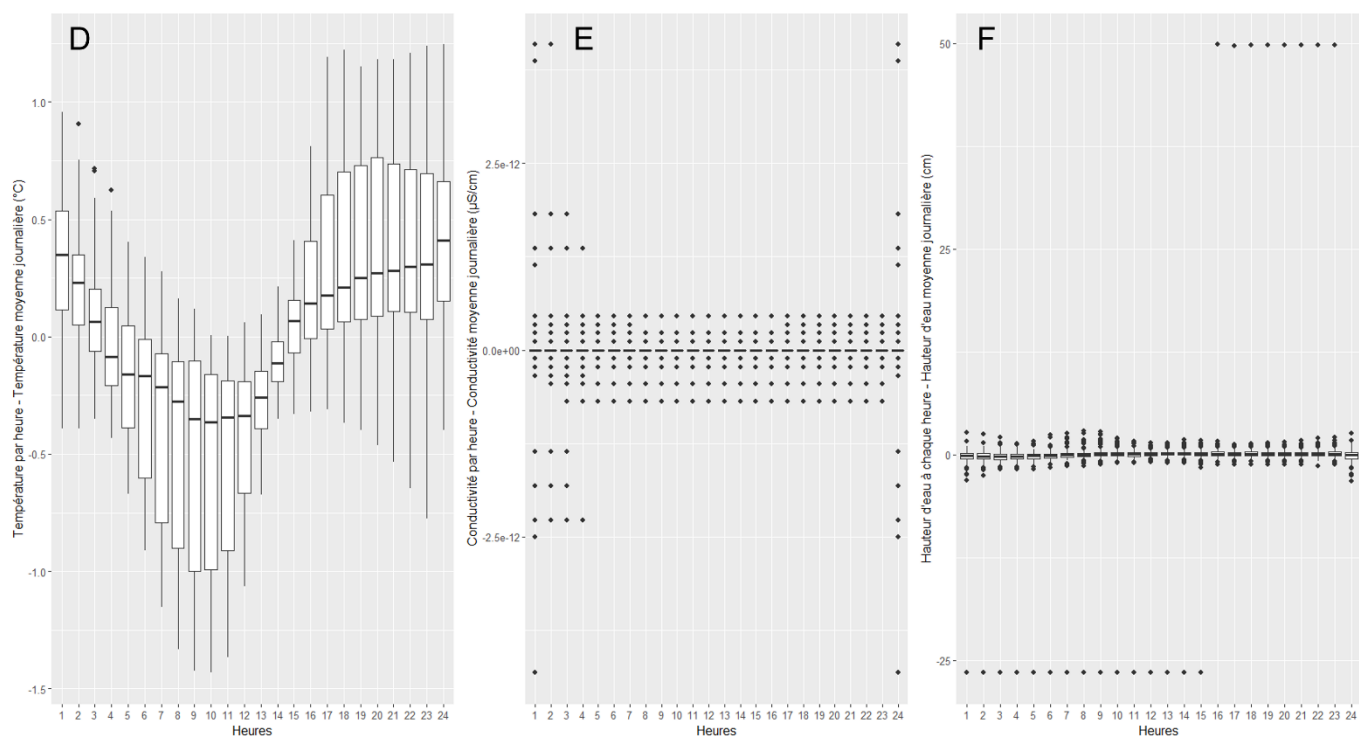


Figure 45 : A : Relevé heure par heure de la température de l'eau ; B : Relevé heure par heure de la conductivité de l'eau de la mare ; C : Relevé heure par heure du niveau d'eau de la mare ; D et G : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de température de la mare ; E et H : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de conductivité de la mare ; F et I : Sur 24h, écart à la moyenne journalière de niveau d'eau de la mare.

Tableau 15 : Minimum, moyenne et maximum de température, conductivité et niveau d'eau pour chaque mois de suivi des mares.

Mare gérée 1 du PNR du Luberon												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min						16,96	18,24	15,62	12,13	6,25	5,5	4,82
Température moyenne						18,65	19,46	18,33	16,03	10,898	8,454	6,68
Température max						20,08	20,54	20,41	18,26	14,09	11,24	9,46
Conductivité min						970	1000	1040	1070	1060	1030	1030
Conductivité moyenne						986,7	1017	1074	1104	1089	1056	1040
Conductivité max						1000	1040	1100	1120	1110	1080	1050
Niveau d'eau min						70,3	66,2	69,1	76,1	68,7	74	72,5
Niveau d'eau moyen						80,24	81,29	79,71	85,82	77,29	78,65	82,42
Niveau d'eau max						86,3	91,4	104,3	98,2	81,4	82,5	85,7
Mare gérée 2 du PNR du Luberon												
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température min						21	22,29	17,87	13,02	7,22	4,49	4,13
Température moyenne						23,65	24,35	22,46	17,4	10,88	8,29	5,814
Température max						26	26,71	26,51	19,76	13,95	10,61	8,23
Conductivité min						0	830	1050	1040	930	820	820
Conductivité moyenne						708,4	943,5	1110	1097	976,5	866,7	839
Conductivité max						820	1040	1150	1130	1030	930	870
Niveau d'eau min						0	61,2	60,2	71,4	103,2	112,1	117,8
Niveau d'eau moyen						71,06	68,33	63,9	85,14	111,4	117	120,7
Niveau d'eau max						76,8	73,2	71,7	103,5	117,2	119,6	122,9

Annexe 9 – Autres

Tableau 16 : Résultats du test de corrélation de Kendall entre les la conductivité/niveau d'eau des mares et la conductivité/température des mares. Tous les tests de corrélation de Kendall sont significatifs (***). Le coefficient de corrélation varie entre 0 et 1 ou 0 et -1, plus il se rapproche de 1 ou -1 plus les variables sont dépendantes.

	Conductivité - Niveau d'eau	Conductivité - Température
SMAGL2	-0,0077***	0,36***
SAMGL4	-0,17***	0,64***
LUB1	-0,48***	-0,096***
LUB2	-0,48***	0,28***
FNE1	0,2***	0,18***
FDCJ1	-0,53***	0,69***

RÉSUMÉ

L'OFB, appuyé par le Muséum national d'Histoire naturelle, publie chaque année depuis 2019 un Appel à Manifestations d'Intérêts visant à financer des suivis d'après un cadre méthodologique commun défini par PatriNat en parallèle de la mise en œuvre de mesures de gestion dont on souhaite évaluer l'efficacité. L'une des deux mesures visées par le premier AMI, publié en 2019, est la création et l'entretien de mares. Cinq projets portant sur la création et/ou l'entretien de mares ont été retenus en réponse à cet AMI pour des suivis engagés sur 18 mares au total à partir du printemps 2019.

Les données de la première année de suivis ont été récoltées, compilées et analysées pour produire ce rapport. L'objectif est de dresser un premier bilan des projets engagés et des mares suivies afin de mettre en évidence les similitudes et disparités au sein des sites pilotes. Il s'avère notamment que les mares incluses au programme sont finalement assez différentes, mais que ces différences sont moins marquées au sein de chaque projet qu'entre mares de projets différents. Ce résultat se pose en faveur d'analyses menées par projet plutôt que pour l'ensemble des mares indépendamment des projets auxquels elles sont rattachées.

La pertinence du dispositif expérimental est également questionné, notamment concernant la comparaison entre mares gérées et mares dites « témoins » au sein des projets. Il apparaît finalement que la distinction dichotomique entre mare gérée et témoin n'est pas si évidente, notamment du fait des aléas de gestion indépendants de la volonté des gestionnaires, et une nouvelle classification des mares est proposée.

Enfin, ce rapport est également l'occasion de dégager et présenter les premiers retours d'expérience concernant les protocoles et le dispositif dans son intégralité, que ce soit au sujet des difficultés qui ont été rencontrées et pourraient avoir compliqué l'acquisition de données ou au sujet de potentielles adaptations à mener pour la reconduction éventuelle des protocoles.

PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Jardin des Plantes
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris

www.patrinat.fr

