

SUIVI DES EFFETS DU CHANGEMENT GLOBAL SUR L'HABITAT D'INTERÊT COMMUNAUTAIRE 3170* MARES TEMPORAIRES MEDITERRANEENNES

CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL MEDITERRANEEN

Camille SAVARY, Louise TURPIN, Katia DIADEMA, Patrick Grillas,

Olivier ARGAGNON

Avril 2023



RAPPORT d'ÉTUDE

DOCUMENT RÉALISÉ PAR :



Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles

Tour du Valat

DOCUMENT RÉALISÉ AVEC LE SOUTIEN DE :



FONDATION
PRINCE ALBERT II
DE MONACO



COORDINATION :

CBNMed - Olivier ARGAGNON

RÉDACTION ET RELECTURE :

CBN MED – Camille SAVARY
CBN MED – Louise TURPIN
CBN MED – Olivier ARGAGNON
CBN MED – Katia Diadema
Tour du Valat – Patrick Grillas

CONSULTATION HABITATS A SUIVRE : CBN MED – Clara GRITTI

TEST FAISABILITE : CBN MED – Frédéric ANDRIEU, Maxime BURST, Henri MICHAUD

OUTIL DE COLLECTE DE DONNEES : CBN MED - Guilhem DE BARROS

CITATION RECOMMANDÉE :

SAVARY C., TURPIN L., DIADEMA K., GRILLAS, P., ARGAGNON O. 2023. SUIVI DES EFFETS DU CHANGEMENT GLOBAL SUR L'HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE 3170* MARES TEMPORAIRES MEDITERRANEENNES. RAPPORT. CBNMED, RESEDA-FLORE. 15 P.

DATE DE RÉALISATION : Avril 2023

PHOTO COUVERTURE : Louise TURPIN – MARE TEMPORAIRE MÉDITERRANÉENNE, RODES

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
CONTEXTE	4
PROBLEMATIQUE	4
La nécessité de suivre les effets du changement global sur un habitat de type zones humides ...	4
Le choix de l’habitat 3170* Mares temporaires méditerranéennes.....	5
OBJECTIF ET APPROCHE RETENUE	6
METHODE	7
ZONE D’ETUDE	7
SELECTION DES SITES	7
CONSTRUCTION DU PROTOCOLE	8
RESULTATS	9
ANALYSE DE LA LITTERATURE ET CHOIX DES INDICATEURS	9
LES DIFFERENTS TYPES DE MARES	10
LE PROTOCOLE DE SUIVI	11
Les sites suivis.....	11
Les paramètres et fréquences d’observation	13
Suivi mensuel : qualité de l’eau et fonctionnement hydrologique	14
Suivi annuel : morphologie et végétation	14
Le formulaire ODK	16
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	17
BIBLIOGRAPHIE	18
ANNEXES	20

INTRODUCTION

CONTEXTE

L'érosion de la biodiversité est devenue l'un des sujets centraux de l'actualité au cours des dernières décennies. D'après la communauté scientifique, elle est la conséquence d'une surexploitation des ressources naturelles, de l'artificialisation des sols et de la fragmentation des milieux naturels (Elmqvist *et al.* 2016). Cette crise de la biodiversité se traduit par l'augmentation rapide du nombre d'espèces en voies d'extinction, mais aussi par la dégradation de l'état des habitats naturels. Certains scientifiques vont même jusqu'à qualifier ce phénomène de 6^{ème} extinction massive (Ceballos *et al.* 2017, Haskell *et al.* 2017) se distinguant des cinq précédentes par son origine : l'Homme. Bien que ce concept soit sujet à débat (Rull *et al.* 2022), il n'en reste pas moins que les conséquences sur le terrain sont reconnues à l'unanimité et que des actions de conservation doivent être mise en place à grande échelle.

Les institutions nationales et internationales tentent d'apporter des réponses à cette crise : en Europe, l'adoption de la directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (Directive Habitats) marque un tournant dans la législation des pays signataires. En s'engageant à mettre en œuvre des politiques nationales de conservation de la faune, de la flore et des habitats, ainsi qu'à intégrer cette dimension dans leurs politiques d'aménagement du territoire, les pays européens ont initiés des procédures de conservation communes. Les cibles de la Directive Habitats sont définies à l'annexe I, où sont listés les habitats d'intérêt communautaire reconnus comme menacés et, parmi eux, des habitats classés « prioritaires » nécessitant une attention particulière.

Devant les avertissements de la communauté scientifique internationale, les acteurs de la conservation aussi se mobilisent et se structurent en réseau, initiant des collaborations étroites par thématiques. C'est le cas du RESEau D'Acteurs pour la conservation de la flore méditerranéenne (RESEDA-Flore) créé en 2018. Il regroupe désormais 18 organismes scientifiques (Conservatoire botaniques nationaux, Parcs nationaux, Conservatoires d'espaces naturels, Unités mixtes de recherche, Syndicats mixtes et enfin la Tour du Valat et l'Agence régionale de la biodiversité). Avec un territoire d'étude de presque 80 000 km², RESEDA-Flore couvre la quasi-totalité de la région biogéographique Natura 2000 méditerranéenne. Le réseau a pour objectifs d'identifier les besoins communs, d'articuler et de mutualiser des actions de suivi et des protocoles communs pour la conservation des espèces et habitats. La création de RESEDA-Flore traduit une volonté de construire des programmes multi-partenariaux, et de créer du lien entre les différents acteurs de la recherche, de la conservation et de la gestion.

PROBLEMATIQUE

La nécessité de suivre les effets du changement global sur un habitat de type zones humides

Le premier programme d'actions RESEDA-Flore s'est déroulé sur une période de deux ans, de 2019 à 2021. Il a été structuré par plusieurs grandes actions : accompagner les acteurs de la conservation, structurer les actions de suivi et de conservation des espèces et habitats à enjeux, produire des méthodes et des outils, développer une stratégie de conservation biogéographique, impliquer les acteurs, et enfin faire partager les enjeux (communication). L'une des activités menées dans le but de

structurer les actions de suivi concerne la mise en place d'un suivi des effets du changement global sur un habitat de zones humides.

Le concept de changement global est défini en 1990 par Hollings comme l'ensemble des changements altérant la capacité de la Terre à se maintenir dans un bon état de conservation (Hollings 1990). Le changement global inclut les processus d'altération du climat, de la productivité des terres, des océans, des composés chimiques atmosphériques et des systèmes écologiques (Hollings 1990). L'évolution de ces processus a été à nouveau reconnue comme préoccupante et d'importance internationale au cours du dernier Congrès Mondial de l'UICN (2021), ainsi que lors des dernières rencontres du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2021).

La volonté d'étudier les impacts du changement global sur un habitat de zone humide est motivée par la situation critique, nationale et internationale, quant à ces types d'habitats. Les zones humides sont extrêmement importantes pour la biodiversité : 40% des espèces de plantes et animaux de la planète vivent ou dépendent des zones humides à une période de leur cycle de développement (Gray *et al.* 2013). Elles sont d'une importance capitale en termes de stockage de carbone, jouent un rôle de régulation en cas de sécheresses ou d'inondations, et servent même de protection contre certaines catastrophes naturelles (Bobbink *et al.* 2006). En ce sens, elles sont indispensables à la résilience des écosystèmes. Par ailleurs, l'ensemble des zones humides constitue la base de l'approvisionnement en eau, notamment pour l'irrigation agricole et autres activités économiques (Bhowmik, 2020). Elles sont également nécessaires à de nombreuses activités de tourisme (Bhowmik, 2020). Bien que les zones humides soient très importantes pour les services qu'elles fournissent, elles font partie des types d'écosystèmes les plus menacés. Au niveau de la France, on estime que plus de 50% des zones humides ont disparues dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle (Davidson, 2014). Les causes de leur destruction sont variées, allant de la surexploitation de la ressource en eau, à l'assèchement volontaire pour l'urbanisme, à des pollutions d'origines diverses. En outre, de par leur éloignement des mers et océans, les zones humides intérieures ont tendance à disparaître plus vite que celles situées sur les littoraux (Carp, 1972).

En plus d'être fragilisées, voire détruites par le développement des activités économiques et l'urbanisme, les zones humides sont particulièrement vulnérables au changement global. Selon le scénario le plus pessimiste du 6^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, l'évolution de plusieurs paramètres, tels que le nombre de jours consécutifs de sécheresse, la quantité totale de précipitation ou les maximums de température (Masson-Delmotte *et al.* 2021), pourrait avoir des conséquences sur le maintien de ces habitats en bon état de conservation.

Le choix de l'habitat 3170* Mares temporaires méditerranéennes

Une consultation informelle des membres du réseau impliqués dans la conservation des milieux naturels a été organisée pour choisir l'habitat d'intérêt communautaire à étudier. C'est l'habitat 3170* Mares temporaires méditerranéennes (dénommé « habitat 3170* » dans la suite du document) qui a majoritairement été désigné. Ce choix est en cohérence avec la littérature scientifique qui souligne cet habitat comme ayant des enjeux de conservation très forts (Bhowmik, 2020, Bobbink *et al.* 2006). En outre, l'habitat 3170* a été classé au premier rang dans l'étude de hiérarchisation des enjeux de conservation des habitats réalisée par le réseau en 2020 (Turpin *et al.*, 2022). Ce classement souligne la pertinence de fournir des efforts de conservation sur cet habitat, qui ressort comme prioritaire au regard des critères du réseau.

En plus de leurs enjeux de conservation forts, les mares temporaires ont pleinement leur place dans le programme d'action de RESEDA-Flore puisqu'elles sont typiquement méditerranéennes. Le

Manuel d'interprétation EUR 28 les définit comme des « plans d'eau temporaires très peu profonds (quelques centimètres) existant seulement en hiver ou à la fin du printemps, avec une végétation méditerranéenne principalement composée d'espèces thérophytiques et géophytiques appartenant aux alliances *Isoetion*, *Nanocyperion flavescens*, *Preslion cervinae*, *Agrostion salmanticae*, *Heleochoion* et *Lythrion tribracteati* » (Commission Européenne, 2013). Elles peuvent être d'origine naturelle ou anthropique, et sont alimentées en eau par les précipitations, le ruissellement et éventuellement les eaux souterraines (Ruiz 2008 ; Pinto-Cruz *et al.* 2011 ; Grillas *et al.* 2004). Leurs caractéristiques physiques sont très variables : allant de quelques dizaines de cm² à quelques hectares en taille et de quelques cm à plus d'un mètre en profondeur. La composition floristique évolue tout au long de l'année, passant d'une végétation dominée par les espèces aquatiques et amphibies à une végétation majoritairement terrestre, en fonction des phases en eau et asséchées. Leurs végétations se répartissent classiquement selon trois ceintures : la ceinture aquatique en bas de pente et dont la taille évolue en fonction du niveau de submersion, la ceinture terrestre qui est en haut de la pente et qui entoure l'habitat et la ceinture amphibie qui fait la transition (Caria *et al.* 2015 ; Grillas *et al.* 2004).

OBJECTIF ET APPROCHE RETENUE

L'objectif du suivi est ainsi d'identifier les effets du changement global sur l'habitat 3170*, dans un réseau de sites représentatif de la variabilité floristique observée sur le territoire d'étude (Savary *et al.* 2021).

Pour construire le protocole, la méthodologie générale sélectionnée est celle du cadre MedWet (Initiative pour les zones humides méditerranéennes) (Vives, 1996). Le raisonnement se construit en plusieurs étapes, allant de la recherche de la problématique et l'identification de l'objectif et des hypothèses, à l'étude de faisabilité des méthodes choisies, et enfin à la mise en œuvre du protocole. Ces étapes sont réalisées grâce à une étude sur les composantes du changement global, ainsi qu'à une concertation entre les différents experts du réseau et les gestionnaires locaux (Savary *et al.* 2021).

L'atteinte de l'objectif nécessite d'étendre le suivi à un maximum de sites, et de couvrir l'ensemble de la variabilité des types d'habitats 3170* présents sur le territoire d'étude de RESEDA-Flore. L'approche en réseau d'acteurs est un vrai point fort pour mettre en place un protocole commun sur une aire géographique relativement grande. En effet, le positionnement géographique des différents acteurs impliqués permet de construire et de suivre un réseau de sites étendu, qui fournira des résultats globaux d'une part, et comparables individuellement d'autre part.

La réalisation du suivi par différentes personnes selon les sites nécessite aussi que le protocole soit particulièrement facile à s'approprier. Il doit être bien compréhensible et reproductible, même par une personne extérieure au suivi. En parallèle, il se doit d'être réaliste vis-à-vis des ressources disponibles, humaines et matérielles.

METHODE

ZONE D'ETUDE

Le suivi est réalisé sur le territoire d'étude du réseau, regroupant 13 départements en plus de la Corse (**Figure 1**).

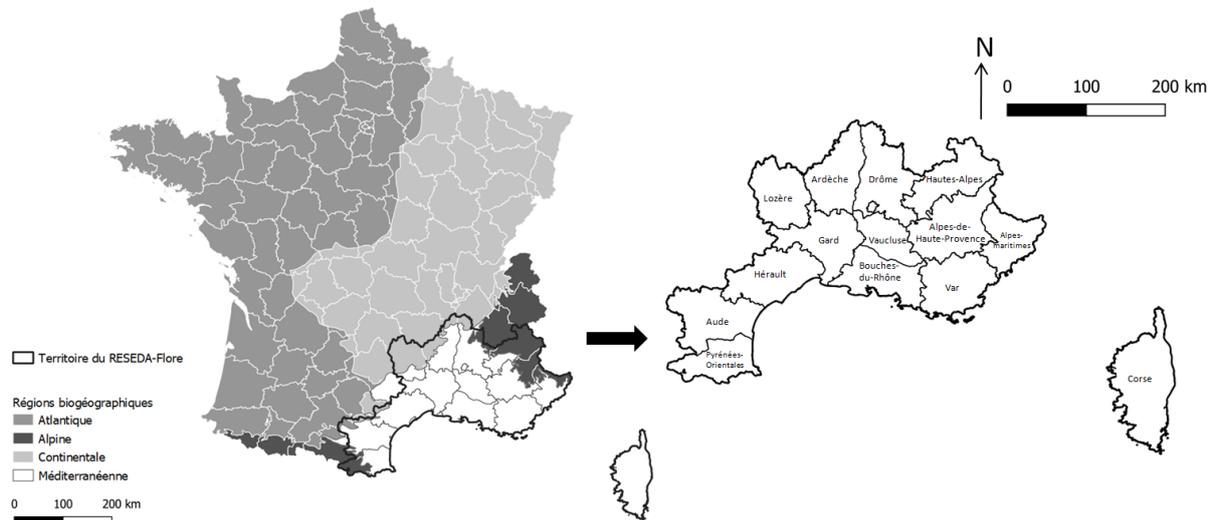


Figure 1 : Carte de localisation du territoire d'étude du RESEDA-Flore par rapport aux zones biogéographiques.

SELECTION DES SITES

La sélection des sites inclus dans le suivi s'est effectuée en plusieurs étapes. D'abord par l'identification des relevés phytosociologiques correspondant aux différents syntaxons de l'habitat 3170* dans Simethis, la base de données communes aux départements du réseau (à l'exception de l'Ardèche). Par la suite, une analyse a permis de définir plusieurs groupes de mares en fonction de leurs particularités floristiques (Savary *et al.* 2021). Nous avons procédé en calculant une matrice de dissimilarité entre les différents relevés à l'aide de la distance de Bray-Curtis. Le calcul s'est fait sur des données en présence / absence. Cette matrice a permis ensuite d'obtenir un partitionnement par la méthode des k-moyennes (k-means en anglais). Dans notre cas, l'initialisation a été faite à l'aide d'une classification hiérarchique obtenue par la méthode de Ward. Le choix du nombre de groupes retenus s'est fait en maximisant le coefficient de silhouette pour l'ensemble de la classification. Après avoir formé les groupes, les différents partenaires ont été sollicités pour validation (Savary *et al.* 2021). Une cartographie sur QGIS (version 3.10.5) a été réalisée pour localiser les mares, et contacter les gestionnaires des potentiels sites concernés. Pour obtenir un échantillon représentatif de la variabilité floristique présente sur le territoire du réseau, le choix des sites s'est effectué par groupe. Au sein de chaque groupe, les sites ont été sélectionnés en fonction de la motivation des gestionnaires à s'investir dans le projet. Au sein de chaque site, une ou plusieurs mares ont été sélectionnées selon plusieurs critères : l'accessibilité, le foncier (terrain public) et la représentativité au sein du site. Par ailleurs, les mares choisies devaient être relativement proches pour permettre d'effectuer le suivi en temps limité (une journée au maximum par site pour le suivi floristique).

CONSTRUCTION DU PROTOCOLE

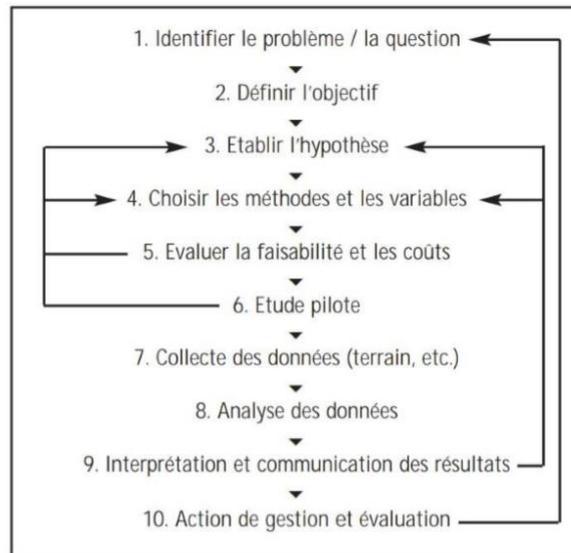


Figure 2 : Cadre MedWet (source : Vives, 1996 ; Grillas *et al.*, 2004).

Les grandes étapes de la méthodologie MedWet sont résumées dans la **Figure 2** (Tomàs Vives, 1996 ; Grillas *et al.* 2004). La méthode de suivi a été construite grâce aux étapes 1 à 5. Dans le cas de cette étude, le « problème » correspond aux pressions exercées par le changement global (**étape 1**).

Ces pressions ont été listées à partir de la littérature existante. La première phase consistait à identifier les différentes composantes du changement global : **quels sont les différents types de changements ?** (par exemple, l'urbanisation). Elles ont ensuite été analysées de façon à identifier leurs impacts potentiels sur l'habitat 3170* : **quels sont les effets de ce changement sur l'habitat ?** (par exemple, l'augmentation des pollutions urbaines). Enfin, les impacts ont été associés à un indicateur biologique mesurable sur le terrain : **comment ces impacts pourraient se traduire du point de vue écologique ?** L'objectif, tel que définit précédemment, est ainsi de mettre en évidence ces impacts par le biais d'indicateurs mesurables (**étape 2**).

Par la suite, la bibliographie a permis de formuler des hypothèses quant aux tendances d'évolution des indicateurs (**étape 3**).

Pour chaque indicateur, des méthodes de suivi publiées ont été évaluées et comparées en termes de praticité et au regard des ressources disponibles (matérielles et humaines). Le choix définitif des indicateurs et des méthodes a été validé après une concertation avec les partenaires (**étape 4**).

Après la rédaction d'une première version du protocole, les différents acteurs du réseau ont été sollicités de façon à recueillir le maximum d'avis et de suggestions. Par la suite, le protocole a aussi été présenté aux gestionnaires sur le terrain. Une étape clé du raisonnement était la vérification de la faisabilité (**étape 5**). Le protocole a été analysé grâce aux indications des cahiers techniques de Fiers (2003) et a été mis en œuvre durant l'été 2021. Cette phase de test a mené à la production de documents clés pour le suivi : plans de montage appuyés par des photos prises sur le terrain, et schémas explicatifs du protocole. C'est également lors de cette phase qu'a été étudiée la faisabilité en termes de fréquence de passage et du nombre de mares qu'il est possible de suivre sur un même site en une seule journée. Pour finir, dans le but d'établir des normes pour la collecte de données, un formulaire sur l'application ODK Collect (version 2022.1.2) a été mis au point. Ce même formulaire sera utilisé par l'ensemble des personnes réalisant le suivi : un QR-code rend son utilisation facile d'accès.

RESULTATS

ANALYSE DE LA LITTERATURE ET CHOIX DES INDICATEURS

L'étude de la littérature a permis d'identifier plusieurs types de composantes du changement global ayant un potentiel impact sur l'habitat 3170* : le changement d'usage des terres (agriculture intensive, surpâturage, abandon des terres, urbanisation, exploitation des ressources, utilisations récréatives et touristiques), l'altération du cycle de l'eau (origine climatique, origine anthropique), les changements dans les cycles biogéochimiques (cycle du carbone, azote et autres nutriments), la perte de biodiversité (espèces exotiques envahissantes, déstructurantes et compétitrices) et le changement climatique (variations annuelles et interannuelles des précipitations et températures, incendies). Les effets potentiels de chaque composante sont résumés dans l'Annexe I.

A partir des indicateurs identifiés, plusieurs hypothèses ont été formulées (Tableau 1). Elles ont été classées en six grandes catégories : les impacts sur le nombre de mares, sur leur morphologie, la sédimentation, la qualité de l'eau, le fonctionnement hydrologique et encore la modification des communautés végétales (Tableau 1).

Tableau 1 : Hypothèses du changement global sur l'habitat 3170*

Catégories	Hypothèses
Nombre de mares	Diminution du nombre de mares
Morphologie de la mare	Diminution de la surface potentielle de l'habitat Modification de la profondeur de la mare (réduction par comblement ou augmentation par creusement)
Sédimentation	Changement d'épaisseur de la couche de sédiments (érosion ou envasement) Augmentation de la turbidité minérale (érosion) Accumulation de la matière organique
Qualité de l'eau	Augmentation de la teneur en NPK Augmentation de la turbidité chlorophyllienne Augmentation du pH Diminution de la concentration en O ₂ dissous Apparition d'algues filamenteuses Augmentation de la température de l'eau Hausse de la salinité
Fonctionnement hydrologique	Discontinuités de la phase inondée Mise en eau permanente ou Assèchement permanent Régularisation de la surface en eau et de la hauteur d'eau = Stagnation du niveau d'eau Augmentation de l'évapotranspiration Augmentation de l'évaporation Allongement de la période d'assèchement Réduction de la durée d'inondation Ruissellement plus important lors des épisodes Méditerranéens
Modification des communautés végétales	Disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170* Fermeture du milieu Changement de la proportion d'espèces aquatiques, amphibiens, terrestres dans les ceintures de végétation

LES DIFFERENTS TYPES DE MARES

L'analyse réalisée sur les relevés phytosociologiques issue de la base de données SIMETHIS a permis de mettre en évidence huit groupes qui se distinguent par leur composition spécifique. Les huit groupes sont présentés dans le Tableau 2. Grâce aux relevés phytosociologiques géolocalisés, une cartographie des mares des différents groupes a été réalisée sur QGIS (Figure 3).

Tableau 2 : Taxons fréquents pour chacun des groupes de mares

Groupe	Dénomination	Taxons fréquents
Groupe 1	Est du Var	<i>Isoetes velata subsp. Velata</i> A.Braun, 1850 <i>Crassula vaillantii</i> (Willd.) Roth, 1827 <i>Lythrum borysthenicum</i> (Schrank) Litv., 1917
Groupe 2	<i>Preslion cervinae</i>	<i>Mentha cervina</i> L., 1753, <i>Mentha pulegium</i> L., 1753 <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult., 1817 <i>Potentilla reptans</i> L., 1753, <i>Agrostis stolonifera</i> L., 1753 <i>Sisymbrella aspera</i> (L.) Spach, 1838 <i>Ranunculus sardous</i> Crantz, 1763
Groupe 3	<i>Elatino-Damasonion</i>	<i>Lythrum tribracteatum</i> Salzm. ex Spreng., 1827 <i>Mentha pulegium</i> L., 1753 <i>Polypogon maritimus</i> Willd., 1801
Groupe 4	Musella	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., 1805, <i>Isolepis cernua</i> (Vahl) Roem. & Schult., 1817, <i>Morisia monanthos</i> (Viv.) Asch., 1885, <i>Mentha pulegium</i> L., 1753, <i>Ranunculus sardous</i> Crantz, 1763, <i>Lythrum hyssopifolia</i> L., 1753, <i>Triglochin barrelieri</i> Loisel., 1807, <i>Bellis annua</i> L., 1753, <i>Juncus pygmaeus</i> Rich. ex Thuill., 1799, <i>Anthoxanthum odoratum</i> L., 1753, <i>Anthemis arvensis</i> L., 1753
Groupe 5	Plaine des Maures	<i>Mentha pulegium</i> L., 1753, <i>Ranunculus revelierei</i> Boreau, 1857, <i>Bellis annua</i> L., 1753
Groupe 6	<i>Marsilea strigosa</i>	<i>Polygonum gallicum</i> Raffaelli, 1979, <i>Lythrum thymifolium</i> L., 1753, <i>Marsilea strigosa</i> Willd., 1810, <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter, 1973, <i>Leontodon rothii</i> Ball, 1878, <i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P.Beauv., 1812, <i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753, <i>Polypogon maritimus</i> Willd., 1801, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., 1805, <i>Deschampsia media</i> (Gouan) Roem. & Schult., 1817, <i>Plantago lanceolata</i> L., 1753
Groupe 7	Montblanc	<i>Isoetes setacea</i> auct. non Lam., 1789, <i>Polypogon maritimus</i> Willd., 1801, <i>Juncus pygmaeus</i> Rich. ex Thuill., 1799, <i>Myosotis sicula</i> Guss., 1843, <i>Lythrum borysthenicum</i> (Schrank) Litv., 1917, <i>Mentha pulegium</i> L., 1753, <i>Lotus angustissimus</i> L., 1753, <i>Leontodon rothii</i> Ball, 1878, <i>Oenanthe silaifolia</i> M.Bieb., 1819, <i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P.Beauv., 1812
Groupe 8	Plateau de Rodès	<i>Myosotis sicula</i> Guss., 1843, <i>Ranunculus nodiflorus</i> L., 1753, <i>Rumex crispus</i> L., 1753, <i>Juncus bufonius</i> L., 1753, <i>Lythrum borysthenicum</i> (Schrank) Litv., 1917, <i>Juncus tenageia</i> Ehrh. ex L.f., 1782, <i>Herniaria glabra</i> L., 1753
Groupe 9	Réserve naturelle des Tre Padule de Suartone Isoeto-Littorelettea & Isoeto-Nanojuncetea	<i>Ranunculus peltatus</i> Schrank, 1789, <i>Helosciadium crassipes</i> W.D.J.Koch, 1824, <i>Juncus heterophyllus</i> Dufour, 1825, <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult., 1817, <i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl., 1854, <i>Isoetes longissima</i> Bory, 1844, <i>Littorella uniflora</i> (L.) Asch., 1864, <i>Pilularia minuta</i> Durieu, 1838, <i>Cicendia filiformis</i> (L.) Delarbre, 1800, <i>Solenopsis laurentia</i> (L.) C.Presl, 1836, <i>Juncus pygmaeus</i> Rich. ex Thuill., 1799, <i>Mentha pulegium</i> L., 1753,

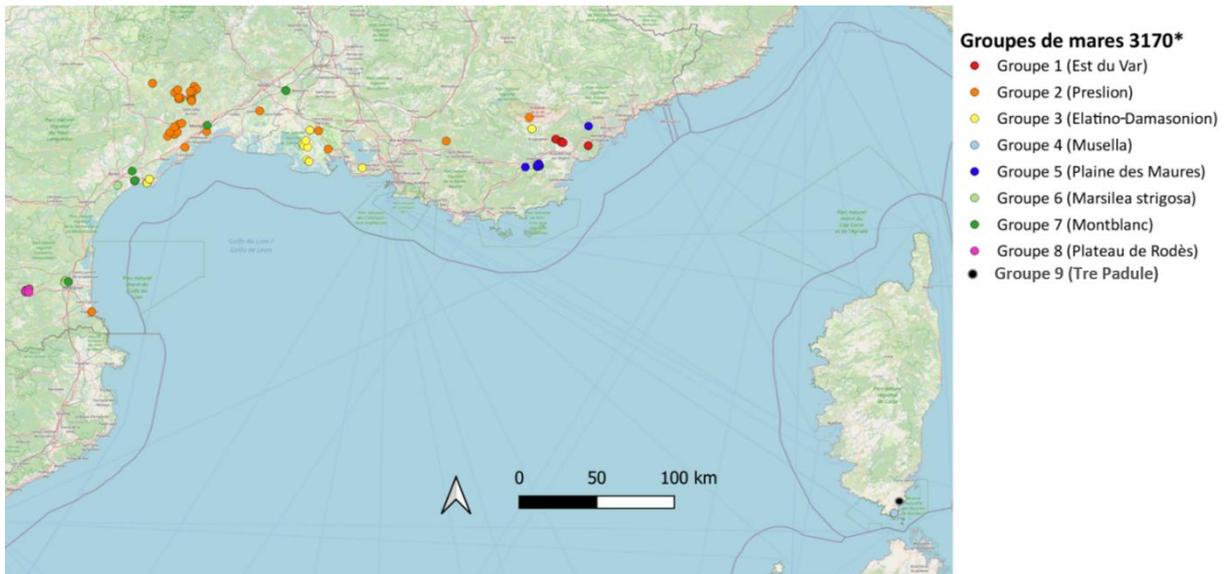


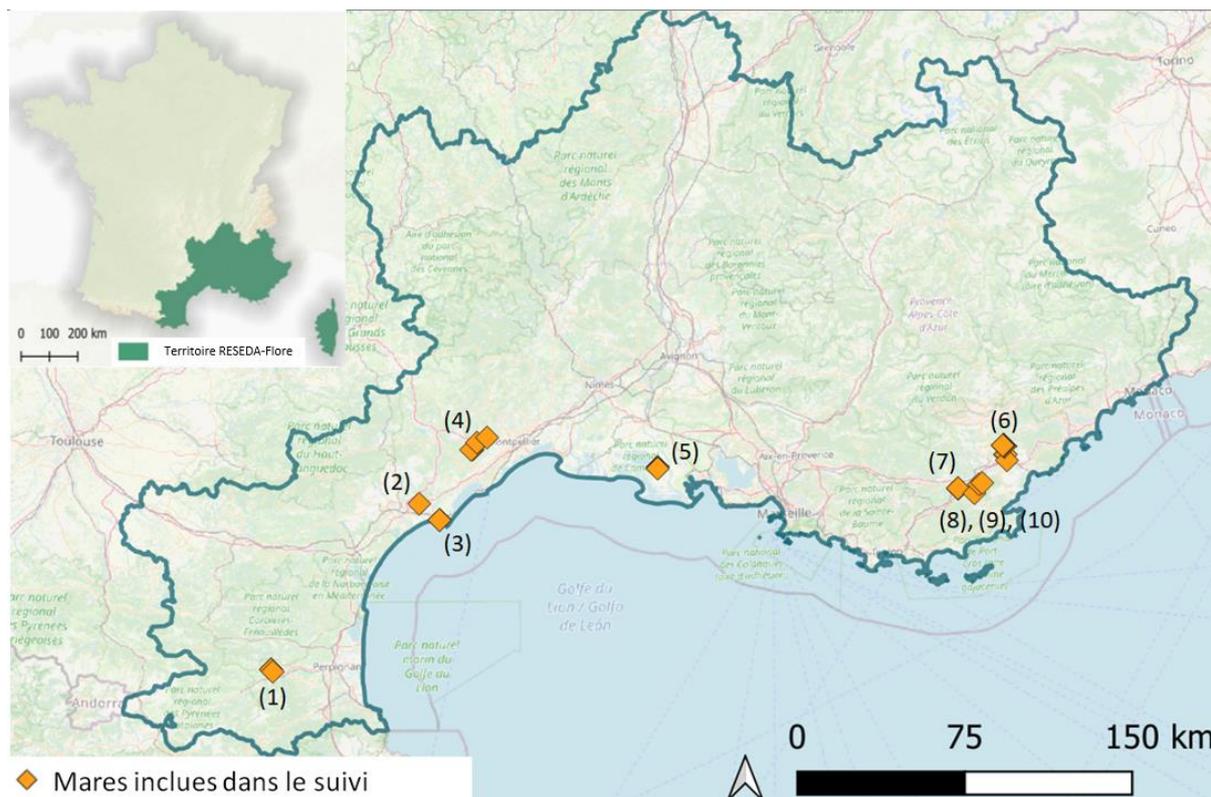
Figure 3 : Cartographie des différents groupes de mares en France métropolitaine et en Corse.

LE PROTOCOLE DE SUIVI

Les sites suivis

Dix sites ont été choisis sur le territoire d'étude du réseau (**Figure 4**). Le nombre de mares varie selon les sites, et peut aller jusqu'à 19 dans le cas des mares cupulaires (Colle Rousse et Colle d'Isnard) (Tableau 3). Le choix des sites a été fait de façon à représenter un maximum de groupes différents. Seuls deux groupes ne sont pas dans la liste : le groupe 4 (*Musella*), dont les mares sont situées en Corse, et où un suivi est déjà en place localement, et le groupe 6 (*Marsilea strigosa*), pour lequel un suivi des mares est en cours de réalisation par le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie.





(B)

Figure 4 : Cartographie des mares suivies (A) en Corse et (B) sur le continent.

Tableau 3 : Liste des sites, nombre de mares et partenaires associés. Les coordonnées GPS de chaque site sont détaillées en Annexes II et III.

Nom du site	Nombre	Groupe	Partenaire
(1) Fenouillèdes	3	8	DDTM-66
(2) Montblanc	1	7	Vinci autoroutes
(3) Notre-Dame de l'Agenuillade	4	3	Agglo Hérault Méditerranée
(4) Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas	4	2	CC Vallée de l'Hérault
(5) Réserve Naturelle Régionale de la Tour du Valat	3	3	Tour du Valat
(6) Forêt de Palayson – Bois du Rouet	3	1	Office National des Forêts

(7) Pavillon de Saint-Andrieux	4	5	CEN Provence-Alpes-Côte d'Azur
(8) Plaine et Massif des Maures	3	5	Réserve Naturelle Plaine des Maures
(9) Colle Rousse	17	1	Office National des Forêts
(10) Colle d'Isnard	19	1	Office National des Forêts
(11) Réserve Naturelle des Tre Padule de Suartone	4	9	Office de l'Environnement de la Corse

Les paramètres et fréquences d'observation

Le choix des paramètres a été effectué en fonction des moyens (humains et matériels) disponibles pour la mise en œuvre du suivi, et notamment la praticité d'observation. Les six paramètres choisis sont présentés dans le tableau 4. Quatre catégories du tableau 1 sont prises en compte : l'étude de la morphologie de la mare, de la qualité de l'eau, du fonctionnement hydrologique et de la modification des communautés végétales.

Certains paramètres sont à mesurer tous les ans, d'autres seulement tous les trois ans. Les activités réalisées en fonction des années sont détaillées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Chronogramme récapitulatif des activités pour chaque année entre 2022 et 2031.

Paramètre (et catégorie correspondante)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Etat de conservation et eutrophisation (qualité de l'eau)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Niveau d'eau (fonctionnement hydrologique)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hydropériode (fonctionnement hydrologique)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dimensions de la mare (morphologie de la mare)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inventaire floristique (communautés végétales)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Taux de recouvrement ligneux (communautés végétales)	x	x	x	x
--	---	---	---	---

Suivi mensuel : qualité de l'eau et fonctionnement hydrologique

* Estimation de l'état de conservation et de l'eutrophisation : tous les ans

- Vérifier que l'habitat 3170* s'exprime.
- Commenter l'état de conservation (absence de dégradations, pressions locales, etc.).
- Noter, le cas échéant, la présence d'algues filamenteuses dans la mare (signe d'eutrophisation).

* Niveau d'eau : tous les ans

Visiter la mare au moins une fois par mois pour mesurer le niveau d'eau. Après cinq mesures de profondeur à différents endroits (choisis aléatoirement) du centre de la mare, retenir la plus élevée. Deux options pour mesurer la profondeur :

- à l'aide d'un mètre pliant, le plus près du point le plus profond.
- à l'aide d'une échelle limnimétrique. À noter que cette dernière doit être installée en phase asséchée pour des raisons d'accessibilité.

* Documentation de l'hydropériode : tous les ans

- A la fin de chaque mois, observer visuellement l'état de la mare : en eau ou à sec.

Suivi annuel : morphologie et végétation

* Estimation des dimensions de la mare: tous les ans à une période fixe

- Repérer l'axe le plus long de la mare (TLo) qui passe par le centre.
- Repérer un second axe perpendiculaire au premier et correspondant à la plus grande largeur de la mare (TLa).
- Matérialiser ces axes avec des repères visibles (piquets, sardines) de façon à les positionner de la même manière chaque année. Des éléments naturels qui se distinguent du paysage (grosse pierre, arbre, etc.) peuvent aussi être utilisés comme repères de début ou fin de transect.
- Mesurer TLo et TLa

Remarque : Les limites de la mare sont situées au niveau des ruptures de pente constituant le haut de la berge.

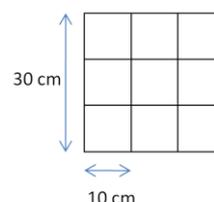
* Inventaire floristique : tous les ans à une période fixe

• Quantification de la présence des espèces

Noter, pour chacun des quadrats les espèces observées. Chaque quadrat mesure 30x30 cm et est divisé en 9 cellules de 10x10 cm (**Figure 5**). Indiquer, pour chaque espèce et par quadrat, le nombre de cellules dans lesquelles l'espèce est présente pour obtenir l'abondance (note de 1 à 9).

Remarque : Si un même individu est visible sur plusieurs cellules, compter le nombre de cellules dans lesquelles il apparaît.

Figure 5 : Dimensions d'un quadrat et des neuf cellules



- **Positionnement des quadrats**

Utiliser les axes TLo et TLa pour définir deux transects perpendiculaires (**Figure 6**). À noter que les deux transects ne se coupent pas obligatoirement en leur milieu. L'emplacement du croisement peut être adapté en fonction de la forme de la mare ou des contraintes locales. Répartir 10 quadrats le long de chaque transect : l'espacement entre le début de deux quadrats est obtenu en divisant par 10 la longueur de la mare (TLo). Par exemple, pour une mare d'une longueur TLo = 16m, l'espacement est d'1,6 m (**Figure 4**). Les quadrats du transect TLo seront notés de 1 à 10. Les quadrats du transect TLa seront notés de 11 à 20 (**Figure 6**).

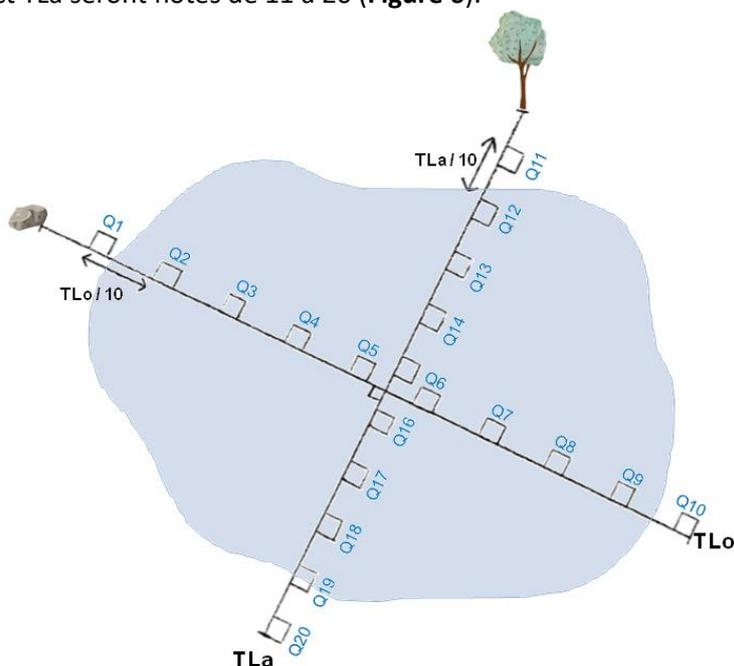


Figure 6 : Schéma de montage des quadrats sur une mare. La couleur bleue est indicatrice d'une hauteur d'eau arbitraire, à un instant t, et non de la présence d'eau au moment de l'inventaire floristique. Le positionnement des quadrats est présenté ici à titre indicatif, il peut être adapté selon les spécificités locales.

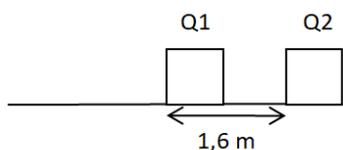


Figure 7: Espacement entre le début de deux quadrats le long du transect pour TLo = 16 mètres.

Remarques : le nombre de quadrats peut varier selon les mares, tant qu'il inclut le montage des 20 quadrats tel qu'indiqué en **Figure 6** et qu'il est constant au fur et à mesure des années. Pour les mares cupulaires, la disposition régulière de quadrats le long de transects n'étant pas réalisable, géolocaliser les mares cupulaires et sélectionner une vingtaine d'entre elles par un échantillonnage aléatoire. Disposer, pour chacune d'elles, 1 à 3 quadrats en fonction de la taille de la mare (généralement un seul).

* **Taux de recouvrement des ligneux** : 2022, 2025, 2028 et 2031, lors de l'inventaire floristique

Estimer, dans la mare, le taux de recouvrement des ligneux (%) en ne prenant en compte que les ligneux d'une hauteur supérieure à 1 m.

Remarque : le recouvrement ligneux correspond à la projection verticale des arbres dans la mare.

Le formulaire ODK

Un formulaire spécifique au suivi a été créé pour faciliter la collecte des données. Après avoir renseigné le nom de l'utilisateur et l'identifiant de la mare, deux options sont possibles : l'utilisateur peut choisir le suivi mensuel ou le suivi annuel (**Figure 8**). Dans le **suivi mensuel**, seuls trois paramètres sont à renseigner : la présence d'algues filamenteuses, la présence/absence d'eau (ce paramètre servira à calculer l'hydropériode) et dans le cas échéant, la hauteur d'eau. Le **suivi annuel** correspond au mois lors duquel est réalisé l'inventaire floristique. Pour ce mois-ci, les mêmes paramètres que pour le suivi mensuel sont évalués, et sont suivis par les mesures des dimensions de la mare, l'évaluation du taux de recouvrement de ligneux, et, après l'acquisition du point GPS, l'inventaire floristique.

The image shows a screenshot of an ODK form titled "Remplir un formulaire". The form is for a survey named "suivi_mare_reseda" (Version: 0, Added: Feb 15, 2022 at 17:53). The user is "TURPIN Louise" and the pond identifier is "mare1". The form is divided into two columns. The left column contains: "Description de la mare:", "Sélectionnez un observateur:" (TURPIN Louise), "Identifiant de la mare:" (mare1), "Type de suivi:" (Annual/Monthly), "Présence d'algues filamenteuses?" (Oui/Non), "Présence d'eau?" (Oui/Non), "Hauteur d'eau:" (en mètre), "Commentaire:", and "Prise du point GPS:". The right column contains: "Annuel/Mensuel" selection, "Présence d'algues filamenteuses?" (Oui/Non), "Présence d'eau?" (Oui/Non), "Hauteur d'eau:" (en mètre), "Longueur de la mare:" (en mètre), "Largeur de la mare:" (en mètre), "Recouvrement de ligneux:" (En pourcentage), "Commentaire:", and "Prise du point GPS:". At the bottom of each column is a blue button labeled "Démarrer le PointGéo" and a "SUIVANT >" button. A black arrow points from the "Annuel/Mensuel" selection to the "Type de suivi:" section.

Figure 8 : Présentation du formulaire ODK et choix entre suivi mensuel et annuel.



Sur le logiciel ODK, le formulaire peut-être ajouté directement en flashant le QR-code présenté à la **figure 9**. Pour flasher le QR-Code, il suffit de cliquer, dans la liste des projets, sur « Ajouter un projet ».

Figure 9 : QR-Code du formulaire ODK

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En prenant en compte quasiment tous les types de mares, le protocole permet de suivre un échantillon représentatif de la variabilité de l'habitat 3170* sur le territoire de RESEDA-Flore. Avec les six paramètres, quatre catégories d'indicateurs sont évaluées : la morphologie de la mare, la qualité de l'eau, le fonctionnement hydrologique et les communautés végétales.

Les trois premiers sont étudiés grâce à des paramètres faciles à mesurer et à analyser. En revanche, l'étude des communautés végétales nécessite un bon niveau d'expertise. C'est un point clé puisque ces dernières peuvent être liées à plusieurs composantes du changement global : le changement de l'usage des terres (la disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170* au profit des espèces de zones humides permanentes ou d'espèces plus adaptées à des milieux secs), l'abandon du pâturage menant à la fermeture du milieu (colonisation par les espèces ligneuses). Plusieurs types d'analyses pourront être réalisés après l'acquisition des données floristiques. D'abord, le positionnement identique des quadrats chaque année devrait permettre de suivre l'expression des communautés végétales. La fréquence relative de chaque taxon et la contribution relative de chaque alliance permettent de réaliser des spectres syntaxonomiques. Au fil du temps, grâce à la construction des spectres de chaque relevé, nous devrions pouvoir suivre et mesurer l'évolution des communautés au sein des quadrats. En parallèle, la construction de spectres biologiques sera pertinente pour préciser l'importance relative de chaque type biologique (thérophytes, géophytes, etc.) dans le relevé floristique. Ce type de spectre sera intéressant dans le cas de notre suivi puisqu'il fournit des informations sur les conditions du milieu ambiant. En outre, l'étude des valeurs indicatrices d'Ellenberg (Ellenberg *et al.* 1992) qui permettent de mettre en évidence les préférences environnementales de chaque espèce (niveau trophique, niveau hygrique, etc.), serait pertinente pour décrire au mieux la réponse du cortège floristique au changement global et identifier des éventuels phénomènes de thermophilisation ou de salinisation. Grâce à l'abondance de chaque espèce recensée, il serait aussi possible de calculer une moyenne pondérée pour chaque valeur indicatrice. Enfin, d'autres analyses plus simples pourront être envisagées, comme l'évaluation de la proportion des espèces présentes théoriquement observée sur le terrain, ou l'évaluation de la proportion d'espèces aquatiques / terrestres / amphibies pour déceler d'éventuels impacts dus à un changement au niveau des précipitations. Les données publiques de Météo France étant facilement accessibles, nous pourrions les utiliser pour tester une éventuelle corrélation entre les divers résultats observés sur le terrain et les conditions climatiques locales. Si des corrélations sont identifiées, ces analyses pourraient permettre de prédire des tendances d'évolution des communautés en fonction des prévisions climatiques d'ores et déjà modélisées pour les prochaines décennies.

Les impacts sur la sédimentation, ainsi que sur le nombre de mares ne seront pas étudiés dans ce suivi, pour des raisons de praticité et de manque de ressources. Le partage du travail avec les gestionnaires des sites permet d'étendre l'étude sur une zone géographique large, et de couvrir une bonne proportion des sites de présence de l'habitat. Pour enrichir l'étude, il sera aussi intéressant de comparer, si possible, nos résultats avec ceux des suivis réalisés par le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie, ainsi que ceux de Corse. Plus largement, il serait pertinent de comparer le présent protocole avec d'autres méthodes de suivi réalisées dans les pays européens voisins, notamment en Italie, Espagne et Portugal.

BIBLIOGRAPHIE

Barreda, F. 2014. Etude de quelques mares de l'habitat 3170 - mares temporaires méditerranéennes en Languedoc-Roussillon. Première approche typologique.

Bhowmik, S. 2020. Ecological and Economic Importance of Wetlands and Their Vulnerability: A Review. Current State and future impacts of Climate change on Biodiversity, pp. 95-112. DOI: 10.4018/978-1-7998-1226-5.ch006.

Bobbink, R., Whigham, D.F., Beltman, B. & Verhoeven. 2006. Wetland functioning in relation to biodiversity conservation and restoration. Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Ecol. Stud. 191. DOI: 10.1007/978-3-540-33189-6_1.

Caria, M.C., Capra, G.F., Buondonno, A., Seddaiu, G., Vacca, S. & Bagella S. 2015. Small-scale patterns of plant functional types and soil features within Mediterranean temporary ponds. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 149(2). DOI : 10.1080/11263504.2013.821097.

Rull, V. 2022. Biodiversity crisis or sixth mass extinction? Does the current anthropogenic biodiversity crisis really qualify as a mass extinction? EMBO Reports, 23, Article numéro e54193. DOI : 10.15252/embr.202154193.

Carp, E. (ed.) (1972). Proceedings of the International Conference on the Conservation of wetlands and Waterfowl. Ramsar, Iran, 30 January – 3 February 1971. (IWRB: Slimbridge, UK.).

Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), pp 6089-6096. DOI : 10.1073/pnas.1704949114.

Davidson, N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research, 65, pp 934–941. <http://dx.doi.org/10.1071/MF14173>.

Ellenberg, H., Weber, H. E., Dull, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulißen, D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, 18, Göttingen: Goltze, pp. 1-260.

Elmqvist, T., Zipperer, W.C., Güneralp, B. 2016. Urbanization, habitat loss, biodiversity decline: solution pathways to break the cycle. In K. Seta, W.D. Solecki, & C.A. Griffith (eds.). Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change, London and New York: Routledge. Chapter 10, pp 139-151.

European Commission. 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats, Version EUR 28.

European Commission, DG Environment, Nature ENV B.3, 144 p.

Fiers, V. 2003. Études scientifiques en espaces naturels: cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes. Montpellier : Atelier technique des espaces naturels.

GIEC, 2021. Summary for Policymakers Dans : Climate Change 2021 : The Physical Science Basis (AR6). Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y.,

Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., et Zhou B. (eds.) GIEC, 41 p.

Gray, M.J., Hagy, H.M., Nyman, J.A. & Stafford, J.D. 2013. Management of wetlands for wildlife. *Wetland Techniques*, pp 121–180.

Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, C. (2004). Les mares temporaires méditerranéennes. Volume 1: Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles.

Haskell, J., Carr, C., Fisher, M., Yoxon, G. 2017. Briefly. *Oryx*, 51(4), pp 571-580.

Hollings E.F. 1990. S. 169 Global Change Research Act of 1990 (Public Law 101-606, 101st Congress).

Mistarz M. et Latour M. 2019. Etat de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire. Méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Cahiers d'évaluation. UMS PatriNat - AFB/CNRS/MNHN, 252 p.

Pinto-Cruz C., Barbosa A.M., Molina J.A., et Espírito-Santo M.D. 2011. Biotic and abiotic parameters that distinguish types of temporary ponds in a Portuguese Mediterranean ecosystem. *Ecological Indicators*, 11(6). DOI : 10.1016/j.ecolind.2011.04.012.

Pinto-Cruz C., Molina J.A., Barbour M., Silva V., et Espírito-Santo M.D. 2009. Plant communities as a tool in temporary ponds conservation in SW Portugal. *Hydrobiologia*, 634(1). DOI : 10.1007/s10750-009-9885-7.

QGIS.org. 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL : <http://qgis.org>.

Ruiz E. 2008. Management of Natura 2000 habitats : 3170* Mediterranean temporary ponds. , p. 23.

Savary C. 2021 Mise en place d'un protocole de suivi des effets du changement global sur l'habitat d'intérêt communautaire 3170* Mare Temporaire Méditerranéennes Mémoire de stage GEEFT, AgroParis Tech, 139 p.+ann.

Turpin L., Diadema K., Lalanne A., Le Berre M., Papuga P., Argagnon O. 2022. Prioritization of natural habitats: A methodological framework applied to the French Mediterranean. *Journal for Nature Conservation*, 67(3) :126185, DOI: 10.1016/j.jnc.2022.126185

Vives P. T. 1996. Suivi des zones humides méditerranéennes: guide méthodologique. *MedWet*. Lisbonne; Slimbridge : Instituto de Conservação da Natureza ; Wetlands International, 150 p. (MedWet).

Ward, J.H., 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 58, 236 – 244.

ANNEXES

Annexe I : Synthèse des composantes du changement global

Composantes du changement global		Impacts sur les Mares Temporaires Méditerranéennes		Indicateurs pour le suivi	
Changement d'usage des terres	Agriculture intensive	Morphologie de la mare :	Les activités agricoles qui dégradent l'habitat 3170 risquent de causer une diminution de la surface potentielle de l'habitat et le comblement entraine une réduction de la profondeur de la mare	Diminution de la surface potentielle de l'habitat et réduction de la profondeur de la mare	Indicateurs pour le suivi
		Sédimentation :	Les pratiques agricoles risquent de provoquer un envasement de la mare et un dépôt de sédiments. Cela augmenterait l'épaisseur de la couche sédimentaire . La destruction de la végétation pourrait entrainer de l'érosion qui augmenterait la turbidité de l'eau dans la mare	Changement d'épaisseur de la couche de sédiments et augmentation de la turbidité	
		Fonctionnement hydrologique :	Le drainage risque d'entrainer un assèchement permanent alors que l'irrigation risque d'entrainer une mise en eau permanente . Selon les pratiques on aura une tendance à la régularisation du volume d'eau tout le long de l'année	Régularisation de la surface en eau et de la hauteur d'eau	
		Qualité de l'eau :	L'usage d'intrants ou de fertilisants est une source de pollution agricole qui risque de provoquer l'eutrophisation de la mare qui se traduit par l' augmentation du pH , l' augmentation de la turbidité de l'eau et la diminution de la concentration en O2 dissous . Cette eutrophisation aboutit à l' apparition d'algues filamenteuses .	Augmentation du pH, augmentation de la turbidité, diminution de la concentration en O2 dissous et apparition d'algues filamenteuses	
	Suppâturage	Sédimentation :	Le piécinement des bovins risque de provoquer un tassement du sol qui entrainerait la disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170 sensibles au tassement . De plus, une pression d'élevage excessive provoquant une destruction de la végétation entrainerait de l'érosion qui augmenterait la turbidité minérale de l'eau dans la mare et changerait l'épaisseur de la couche de sédiments .	Disparition des espèces végétales sensibles au tassement du sol, augmentation de la turbidité et changement d'épaisseur de la couche de sédiments	
		Fonctionnement hydrologique :	La présence de bétail peut être associée à la présence de lavognes. Les élevages peuvent procéder à une mise en eau permanente de la mare ce qui entraine une régularisation du volume d'eau de celle-ci.	Régularisation de la surface en eau et de la hauteur d'eau	
	Abandon des terres	Qualité de l'eau :	Les déjections des bovins risquent de provoquer l'eutrophisation de la mare qui se traduit par l' augmentation du pH , l' augmentation de la turbidité de l'eau et la diminution de la concentration en O2 dissous . Cette eutrophisation aboutit à l' apparition d'algues filamenteuses .	Augmentation du pH, augmentation de la turbidité, diminution de la concentration en O2 dissous et apparition d'algues filamenteuses	
		Fonctionnement hydrologique :	La mise en eau permanente de la mare risque d'entrainer une disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170 au profit des espèces de zones humides permanentes par compétition.	Disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170 au profit des espèces de zones humides permanentes : Liste des espèces et leur abondance	
	Urbanisation	Fonctionnement hydrologique :	La colonisation de l'habitat 3170 par les lignes risque de provoquer une augmentation de l'évapotranspiration car certaines essences peuvent consommer beaucoup d'eau.	Augmentation de l'évapotranspiration	
		Modification des communautés végétales :	L'abandon du pâturage entraine un empiétement par les lignes ce qui provoque un brouillage et fermeure du milieu	Fermeture du milieu évaluée par le nombre d'essences ligneuses, la diversité et le recouvrement. Diminution de l'abondance des espèces héliophiles caractéristiques de l'habitat 3170 au profit d'espèces moins exigeantes en lumière : Liste d'espèces et leur abondance.	
Qualité de l'eau :		La croissance démographique et le tourisme sont responsables de l'expansion urbaine et de la construction d'infrastructures qui provoquent une artificialisation du sol et entrainent une augmentation de la pollution via les activités industrielles et touristiques.	Augmentation du pH, augmentation de la turbidité, diminution de la concentration en O2 dissous et apparition d'algues filamenteuses		
Fonctionnement hydrologique :		(Surexploitation de l'eau et dragage)	Augmentation de la profondeur de la mare		
Utilisation des ressources	Sédimentation :	L'irrigation et l'extraction de matières premières sont des sources de dégradation de l'habitat car elles modifient la structure du sol et le fonctionnement hydrologique.	Augmentation des périodes d'assèchement		
	Fonctionnement hydrologique :	Les perturbations urbaines, comme le passage fréquent de touristes, risquent de provoquer un tassement du sol qui entrainerait la disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170 sensibles au tassement .	Disparition des espèces végétales sensibles au tassement du sol		
	Sédimentation :	L'utilisation des mares comme décharge, les rejets d'eau usées, les déchets issus des activités industrielles et touristiques sont des sources de pollution urbaine qui risquent de provoquer l'eutrophisation de la mare qui se traduit par l' augmentation du pH , l' augmentation de la turbidité de l'eau et la diminution de la concentration en O2 dissous . Cette eutrophisation aboutit à l' apparition d'algues filamenteuses .	Augmentation du pH, augmentation de la turbidité, diminution de la concentration en O2 dissous et apparition d'algues filamenteuses		
	Qualité de l'eau :	La création de pailings ou de terrains de golf risque d'entrainer la diminution du nombre de mares par destruction de l'habitat 3170	Diminution du nombre de mares		

	Origine climatique	Le changement climatique va entraîner une accélération du cycle de l'eau et des perturbations des régimes pluviométriques. En hiver, les épisodes méditerranéens seront plus fréquents et plus intenses en hiver. Cela peut avoir pour conséquence un fort ruissellement et donc un risque d'érosion. Les températures seront plus élevées et donc la température de l'eau risque aussi d'augmenter avec une accélération de l'évaporation ce qui pourrait augmenter la salinité de la mer. En été, les périodes sèches seront plus longues ce qui impactera la durée de la phase inondée de la mer.	Fonctionnement hydrologique : Sédimentation : Modification des communautés végétales :	Le changement climatique risque d'allonger les périodes de sécheresse, donc une réduction de la durée d'inondation . De plus, l'élévation globale des températures pourrait induire une augmentation de la température de l'eau ce qui augmenterait l'évaporation et entraîner une hausse de la salinité pendant la phase de transition entre phase inondée et phase sèche. En cas de forts épisodes méditerranéens, qui incluraient des inondations fortes, le ruissellement risque d'être plus important et de provoquer de l'érosion ce qui changerait l'épaisseur de la couche de sédiments L'augmentation de la température de l'eau provoquerait la disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170* qui germent en eau froide . L'augmentation de la salinité risque de provoquer une disparition des espèces d'eau douce caractéristiques de l'habitat 3170* .	Allongement des périodes de sécheresse, réduction de la durée d'inondation (Dates de mise en eau, noter les épisodes méditerranéens et les discontinuités), augmentation de la température de l'eau, augmentation de l'évaporation, hausse de la salinité (conductivité) Ruissellement plus important lors des épisodes méditerranéens et changement d'épaisseur de la couche de sédiments Disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3170* qui germent en eau froide et des espèces d'eau douce
Altération du cycle de l'eau	<p>Mise en eau permanente... De nombreuses causes sont à l'origine d'une mise en eau permanente de la mer : Les activités agricoles basées sur l'irrigation, la création d'abreuvoirs pour le bétail, la lutte contre les incendies, la régulation des crues, la gestion cynégétique, la pisciculture et la conservation de la faune</p> <p>Assèchement... L'assèchement de la mer peut être dû aux activités agricoles par le drainage et par la surexploitation de la ressource en eau</p> <p>Modification du contexte (aménagement)... La création d'infrastructures comme des routes peut fragmenter le milieu et perturber le fonctionnement hydrologique de la mer.</p>	Fonctionnement hydrologique :	De nombreuses causes anthropiques risquent de provoquer une stagnation du niveau d'eau par une mise en eau permanente ou un assèchement permanent voire des discontinuités de la phase inondée par des périodes d'assecs	Stagnation du niveau d'eau, Dates de mise en eau, durée de l'inondation, durée de l'assèchement, mise en évidence des discontinuités	
Changement dans les cycles biogéochimiques	<p>Cycle du carbone</p> <p>Cycle de l'azote, phosphore et autres nutriments</p>	Qualité de l'eau : Qualité de l'eau :	<p>La salarisation en eau et la sécheresse réduisent le taux de décomposition de la matière organique. Selon Hervé (2018), le taux de décomposition de la matière organique serait plus important au printemps quand le niveau d'eau diminue et que les températures augmentent. Avec des hivers plus pluvieux et des étés plus secs, la phase de transition risque d'être plus courte. Cela pourrait provoquer une accumulation de la matière organique dans la mer.</p> <p>Augmentation de la température de l'eau</p> <p>L'apport extérieur de nutriments et de fertilisants via la pollution agricole, la pollution urbaine... risque d'augmenter la teneur en NPK et provoquer l'eutrophisation de la mer qui se traduit par l'augmentation du pH / augmentation de la turbidité de l'eau et la diminution de la concentration en O2 dissous. Cette eutrophisation aboutit à l'apparition d'algues filamenteuses.</p>	<p>Accumulation de la matière organique</p> <p>Augmentation de la température de l'eau</p> <p>Augmentation de la teneur en NPK, augmentation du pH, augmentation de la turbidité, diminution de la concentration en O2 dissous et apparition d'algues filamenteuses</p>	

Perte de biodiversité	Espèces exotiques envahissantes, espèces destructurantes et espèces compétitrices	L'introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE) et la modification des conditions du milieu provoqueraient une disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3770* L'augmentation de la couche de sédiments favorise les espèces destructurantes qui sont « susceptibles de transformer les caractéristiques, notamment physiques, de l'habitat » en modifiant la microtopographie de l'habitat. Ce sont des massettes, des scirpes, des grands joncs et des paspales. Elles favorisent l'eutrophisation et sont très compétitrices avec les espèces caractéristiques de l'habitat 3770*.	Modification des communautés végétales : Fonctionnement hydrologique : Fonctionnement hydrologique : Modification des communautés végétales :	La compétition avec des espèces colonisatrices et la modification des conditions du milieu provoquerait une disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3770* : Dominance d'espèces compétitrices, disparition des héliophiles par fermeture du milieu, disparition des espèces d'eau douce par augmentation de la salinité, disparition des espèces caractéristiques des mares temporaires par mise en eau permanente, disparition des espèces sensibles à l'augmentation des températures, disparition des espèces d'eau oligotrophe par eutrophisation de la mare Disparition des espèces caractéristiques de l'habitat 3770*
Changement climatique	Variation intra annuelle et inter-annuelles des précipitations et des températures Incendies	Modification des conditions météorologiques : Les prévisions futures annoncent une sécheresse prolongée en été et des épisodes méditerranéens plus fréquents et plus intenses l'hiver. Cela aurait pour conséquence une modification de l'aire de répartition des espèces et une raréfaction globale de la ressource en eau Les incendies et les feux ont un impact sur les mares temporaires mais celui-ci est peu étudié. On peut faire l'hypothèse que la fréquence des feux pourrait augmenter en raison du changement climatique même si l'origine est majoritairement anthropique. Le feu peut détruire partiellement la banque de graines ainsi que la végétation de la mare et de ses environs.	Fonctionnement hydrologique : Fonctionnement hydrologique : Sédimentation :	Le changement climatique risque d'allonger les périodes de sécheresse, donc une réduction de la durée d'inondation . De plus, l'élévation globale des températures pourrait induire une augmentation de la température de l'eau ce qui augmenterait l'évaporation et entraîner une hausse de la salinité pendant la phase de transition entre phase inondée et phase sèche. Actuellement les espèces amphibiennes sont dominantes par rapport aux espèces aquatiques et terrestres (Caria <i>et al.</i> , 2016). Des hivers plus pluvieux augmenteraient la proportion d'espèces aquatiques dans les ceintures intermédiaire tandis que des sécheresses prolongées en été augmenteraient la proportion d'espèces terrestres dans la ceinture intermédiaire. Dans la ceinture intermédiaire : Augmentation de la proportion d'espèces aquatique en hiver et augmentation de la proportion d'espèces terrestres en été Suivi des incendies sur mare et bassin versant Menace sur la flore mais ouverture du milieu « Les incendies peuvent aussi modifier le fonctionnement hydrologique des mares et ruisseaux temporaires (augmentation du régime de crue, évapotranspiration, etc.) par l'augmentation de l'érosion du bassin versant et des apports de sédiments qui en résultent (par exemple dans les Mares) » (Enlilas 2014) « La destruction de la végétation conduit à l'invasion qui envase l'étang avec des cendres et du sol : l'étang eutroché devient alors un terrain idéal pour les consommateurs tels que les héliophiles et les broussailles qui produisent des déchets verts et empêchent la végétation naturelle de se rétablir. Cela provoque à son tour plus d'envasement et d'eutrophisation . Dans un laps de temps relativement court, l'étang peut disparaître complètement. » (Ruiz 2008, Management of Natura 2000 habitats. 3770*)

Annexe II : Coordonnées des mares pour les sites 1 à 8.

Site	Code mare	Coordonnées (Lambert 93)
Fenouillèdes	FEN1	x = 661644 ; y = 6176189
	FEN2	x = 661622 ; y = 6176040
	FEN3	x = 662408 ; y = 6175042
Aire d'autoroute de Béziers – Montblanc	MON	x = 728264 ; y = 6251126
Carrière de Notre – Dame de l'Agenuillade	NDA13	x = 737596 ; y = 6243783
	NDA17	x = 737505 ; y = 6243838
	NDA21	x = 737457 ; y = 6243842
	NDA2	x = 737421 ; y = 6243738
Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas	AUM1	x = 752391 ; y = 6275696
	AUM2	x = 751632 ; y = 6275545
	AUM3	x = 754264 ; y = 6278819
	AUM4	x = 758794 ; y = 6281148
Réserve Naturelle Régionale de la Tour du Valat	VAL1	x = 835529 ; y = 6267757
	VAL2	x = 835555 ; y = 6267500
	VAL3	x = 835510 ; y = 6267081
Forêt de Palayson – Bois du Rouet	PAL1	x = 991733 ; y = 6273475
	PAL2	x = 992050 ; y = 6273486
	PAL3	x = 992580 ; y = 6270836
Pavillon de Saint – Andrieux	SA1	x = 970586 ; y = 6258019
	SA2	x = 970652 ; y = 6258105
	SA3	x = 970591 ; y = 6258174
	SA4	x = 970591 ; y = 6258181
Plaine et Massif des Maures	MAU1	x = 977977 ; y = 6255902
	MAU2	x = 980017 ; y = 6259972
	MAU3	x = 981477 ; y = 6260604

Annexe III : Coordonnées des mares des sites 9 et 10 (mares cupulaires).

Lieu-dit	Quadrats	Coordonnées (Lambert 93)	Quadrats	Coordonnées (Lambert 93)
Colle Rousse (ROU)	Q1	x = 991683 ; y = 6277248	Q11	x = 991660 ; y = 6277241
	Q2, Q3, Q4	x = 991681 ; y = 6277249	Q12	x = 991660 ; y = 6277238
	Q5	x = 991667 ; y = 6277239	Q13	x = 991659 ; y = 6277237
	Q6	x = 991668 ; y = 6277238	Q14	x = 991658 ; y = 6277237
	Q7	x = 991665 ; y = 6277238	Q15, Q16	x = 991657 ; y = 6277238
	Q8	x = 991662 ; y = 6277241	Q17	x = 991659 ; y = 6277240
	Q9	x = 991659 ; y = 6277242	Q18	x = 991659 ; y = 6277234
	Q10	x = 991658 ; y = 6277242	Q19	x = 991652 ; y = 6277235
			Q20	x = 991653 ; y = 6277233
	Colle d'Isnard (ISN)	Q1	x = 991020 ; y = 6277704	Q9, Q10, Q11, Q12
Q2		x = 991019 ; y = 6277703	Q13	x = 990930 ; y = 6277682
Q3		x = 991005 ; y = 6277705	Q14	x = 990758 ; y = 6277599
Q4		x = 991002 ; y = 6277705	Q15	x = 990711 ; y = 6277591
Q5		x = 991001 ; y = 6277705	Q16	x = 990712 ; y = 6277587
Q6		x = 990988 ; y = 6277706	Q17	x = 990710 ; y = 6277588
Q7		x = 990985 ; y = 6277704	Q18	x = 990706 ; y = 6277586
Q8		x = 990983 ; y = 6277706	Q19	x = 990703 ; y = 6277587
			Q20	x = 990700 ; y = 6277578