



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



Évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire 3170 : mares temporaires méditerranéennes



Stage Master 1 du 16 mars 2015 au 15 août 2015

Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed)
Antenne Languedoc-Roussillon
Parc scientifique Agropolis - B7
2214, boulevard de la Lironde
34 980 MONTFERRIER SUR LEZ

Porteur du projet
Flavie BARREDA
Étudiante Master 1 -
Ingénierie en Écologie et
Gestion de la Biodiversité
Université de Montpellier
barreda.flavie@gmail.com

Encadrant
Olivier ARGAGNON
Botaniste, chargé de
mission végétation
CBNMed, Antenne
Languedoc-Roussillon
o.argagnon@cbnmed.fr

Tuteur pédagogique
Patrick GRILLAS
Directeur général délégué
au programme
Tour du Valat
grillas@tourduvalat.org

Remerciements

En tout premier lieu, je souhaite remercier vivement Olivier Argagnon qui m'a fait confiance pour la réalisation de ce stage. Son encadrement a été efficace, sa patience et ses compétences m'ont guidée tout au long du stage. Nos délires n'ont fait que rendre ce stage plus motivant.

Ensuite, je souhaitais vraiment remercier Patrick Grillas pour sa disponibilité, malgré son emploi du temps très chargé, son exigence, ses conseils, sa grande connaissance du terrain et du monde scientifique.

L'ensemble de ce rapport n'aurait pas pu être réalisé sans le soutien et les conseils de l'ensemble de l'équipe du Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. Je remercie Sylvia Lochon-Menseau, conservatrice, et James Molina, responsable d'antenne pour leur accueil et leur passion. Je remercie ensuite Frédéric Andrieu pour sa disponibilité, sa patience et ses connaissances et Guilhem De Barros pour son aide pour les cartographies et sa gentillesse (et son talent de comédien). Je remercie Martine Paquin pour son aide administrative et sa bonne humeur et Julien Givord, pour ses compétences et ses conseils.

Je souhaite aussi remercier la DREAL L.-R. et plus particulièrement Nabila Hamza pour la disponibilité, la richesse de nos échanges et sa confiance dans la réalisation de ce travail.

Pour les ressources bibliographiques, je souhaite remercier V. Bailly-Comte (BRGM), A. Bonnis (Université de Rennes), A. Saatkamps (Université de Marseille), J. Lepart (CEFE-CNRS), J.-B. Mouronval (ONCFS), C. Pinto-Cruz (Universidade de Évora, Portugal), R. Lansdawn (Grande-Bretagne), E. Aupy (Écologistes de l'Euzière) et S. Drey (Université de Lyon) qui ont bien voulu m'envoyer leurs travaux.

Pour nos échanges en amont du stage, je souhaite remercier Guillaume Papuga (CEFE-CNRS).

Pour les statistiques, bien que cela reste encore, pour moi, assez flou, je souhaite adresser un grand merci à Fabien Leprieur et Bastien Mérigot (UMR MARBEC, Université de Montpellier) et Aurélien Besnard (CEFE-CNRS) pour leur disponibilité.

Je souhaite remercier les propriétaires de mares qui m'ont donnée l'autorisation d'accès à leurs sites, M. Cazal (mare 10, Aumelas), M. Gleize (mare 7, Aumelas) et M. Guy (mare 15, Agde).

À l'occasion de ma campagne de terrain, je souhaite remercier les deux opérateurs Natura 2000 : Mélina Choupin et Julien Azéma pour leur implication sur le terrain et dans nos nombreux échanges.

Je souhaite remercier tout particulièrement Cyril Duron (stagiaire à la Communauté d'Agglomération du Pays d'Agde) pour sa rigueur, sa bonne humeur et toute l'aide qu'il m'a apportée dans la récolte des données sur le site d'Agde.

Je souhaite aussi remercier tout particulièrement Yann Gautier, et saluer son talent, pour sa contribution à l'illustration de ce rapport grâce à ses clichés magnifiques (<http://www.naturevive-photographie.fr>).

Je souhaite aussi remercier ma sœur, mes parents et mes grands-parents pour leur soutien permanent.

Enfin, un grand merci à Thibault Rafton dont le soutien sans faille est source d'inspiration et de motivation.

Table des figures, illustrations et tableaux

Figure 1 : Aire d'agrément du CBNMed (www.cbnmed.fr)

Figure 2 : Organigramme du CBNMed

Figure 3 : Localisation des deux sites Natura 2000 d'étude : « Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas » et « Carrières de Notre-Dame de l'Agenouillade » à Agde

Figure 4 : Évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170* d'après le DocOb « Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas »

Figure 5 : Évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170* d'après le DocOb « Carrière de Notre-Dame de l'Agenouillade »

Figure 6 : Classification Ascendante Hiérarchique des mares en fonction de leurs compositions floristiques, les mares d'Agde sont précédées du préfixe NDA alors que les mares d'Aumelas sont représentées par des nombres simples.

Figure 7 : Classification Ascendante Hiérarchique des mares d'Aumelas en fonction de leurs compositions floristiques, les mares 1925, 1929 et 1987 correspondent aux mares artificielles.

Figure 9: Évolution des moyennes de valences écologiques en fonction de la position des relevés floristiques dans les quadrats de la mare 2, Aumelas.

Figure 11 : État de conservation des mares d'Aumelas, à dire d'expert, en 2015

Figure 12 : État de conservation des mares d'Agde, à dire d'expert, en 2015

Illustration 1 : *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Maire en fleur en haut et en fruit en bas (Yann Gautier)

Illustration 2 : *Elatine macropoda* Guss. (Yann Gautier)

Illustration 3 : Mare 16 d'Aumelas, mise en évidence de la zonation

Illustration 4 : Mesure de la surface potentielle de la mare 9 à Agde (Yann Gautier)

Illustration 5 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau : turbidité et conductivité (Yann Gautier)

Illustration 6 : Mesure de la hauteur d'eau sous quadrat avant inventaire des espèces floristiques (Yann Gautier)

Illustration 7 : Mare 9, Causse d'Aumelas, au 9 avril 2015

Illustration 8 : Mare 9, Causse d'Aumelas, au 18 mai 2015

Illustration 9 : Mare 9, Causse d'Aumelas, au 9 juin 2015

Illustration 10 : Mélange de *Mentha cervina* L. et *Pulicaria vulgaris* Gaertn.

Illustration 11 : Emprise de l'incendie du 14/07/15 : en haut, entrée du site (22/12/14 à gauche et 28/07/15 à droite). En bas, mare 16 (10/04/15 à gauche et 28/07/15 à droite)

Illustration 12 : Mare 10 du Causse d'Aumelas

Illustration 11 : Mare Antoi Marrisca, Gesturi, Sardaigne

Tableau 1 : Bilan des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats existantes

Tableau 2 : Liste des espèces caractéristiques des mares temporaires méditerranéennes, les espèces en orange ont été contactées lors de la campagne 2015

Tableau 3 : Résumé des indicateurs et des méthodes associés

Tableau 4 : Synthèse des analyses statistiques entreprises au cours du stage

Tableau 5 : Comparaison des surfaces de l'habitat 3170 entre DocOb et estimations suite à la campagne 2015

Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre variables environnementales, site d'Agde à gauche et Aumelas à droite

Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre variables environnementales, indices de dysfonctionnement et état de conservation à dire d'expert par sites

Tableau 8 : Coefficients de corrélation entre espèces caractéristiques et évaluation de l'état de conservation à dire d'expert, site Agde à gauche et Aumelas à droite

Tableau 9 : Ordination des surfaces couvertes par la végétation caractéristique de l'habitat 3170 en fonction de l'état de conservation à dire d'expert, site d'Aumelas

Tableau 10 : Étude des moyennes de valences écologiques des espèces sur le site d'Aumelas

Table des Annexes

Annexe 1 : Protocole complet

Annexe 2 : CAH sur les variables environnementales

Annexe 3 : Cartographie de l'accessibilité des mares

Sommaire

I. Descriptif de l'organisme d'accueil	p. 1
II. Introduction	p. 1
1. État de l'art	p. 1
a. L'état de conservation d'un habitat	p. 1
b. Les mares temporaires méditerranéennes	p. 4
2. Contexte du stage	p. 5
3. Objectifs et missions du stage	p. 6
III. Matériel et méthodes	p. 7
1. Sites d'étude	p. 7
a. Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas (FR9101393-SIC)	p. 7
b. Carrière de Notre-Dame de l'Agenuillade (FR9101416)	p. 7
2. Choix des indicateurs	p. 8
a. Surface	p. 8
b. Structures et Fonctions	p. 9
i. Recouvrement de la végétation caractéristique de l'habitat 3170* dans la mare	p. 9
ii. Hydropériode	p. 9
iii. Qualité de l'eau	p. 9
iv. Intégrité floristique	p.10
v. Valences écologiques des espèces	p.11
c. Perspectives futures	p.11
i. Indices de dysfonctionnement	p.11
ii. Accessibilité aux mares	p.12
iii. Protection réglementaire des mares	p.12
3. Protocoles	p.12
4. Analyses statistiques	p.13
a. Comparaison des mares artificielles et des mares 3170*, Causse d'Aumelas	p. 13

b. CAH	p. 13
c. Coefficients de corrélation	p. 14
IV. Résultats	p.14
1. Comparaison de surface	p.14
2. Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH)	p.14
3. Tests de corrélation	p.15
4. Étude de la surface couverte	p.15
5. Étude des valences écologiques	p.15
6. Cartographie de l'accessibilité des mares	p.16
7. Évaluation de l'état de conservation à dire d'expert	p.16
5. Discussion et perspectives	p.16
6. Conclusion	p.20

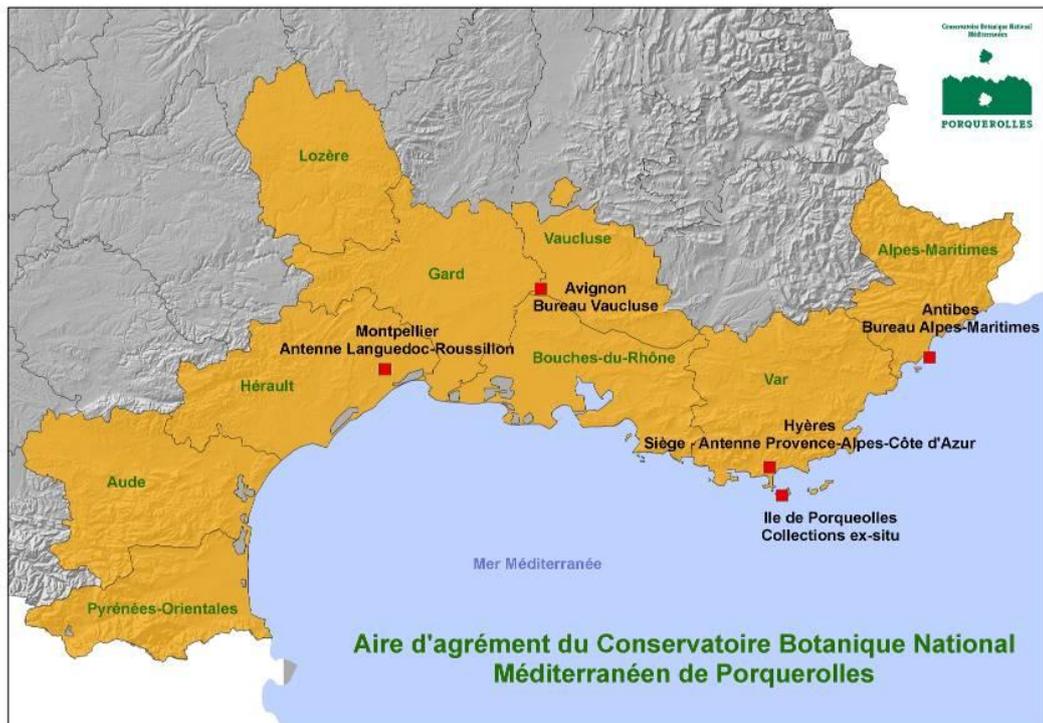


Figure 1: Aire d'agrément du CBNMed (www.cbnmed.fr)



Figure 2: Organigramme du CBNMed

I. Descriptif de l'organisme d'accueil

Le conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMed) a vu le jour en 1979 et a été agréé par le ministère chargé de la protection de la nature en 1990. Il fait partie des quatorze CBN présents en France et couvre la région méditerranéenne continentale française : Languedoc-Roussillon et une partie de Provence-Alpes-Côte d'Azur (Figure 1). Le Parc National de Port-Cros en assure la gestion administrative et la personnalité juridique.

Le siège du CBNMed est situé à Hyères. Deux entités y sont rattachées, un bureau à Antibes pour les Alpes-Maritimes et une antenne à Montferrier-sur-Lez pour la région Languedoc-Roussillon. L'organigramme de la structure est présenté dans la Figure 2.

Il dispose d'un conseil scientifique est composé de 17 personnalités de la communauté scientifique internationale. Son rôle est de valider les travaux des années écoulées et oriente les stratégies de conservation. Il se réunit une fois par an.

Le budget annuel est estimé à 1,2 millions d'euros (provenant de subventions des collectivités et de l'état et de ressources générées par ses activités), et permet d'accomplir les quatre missions déterminées par l'article D.416.1 du Code de l'Environnement :

- *connaissance de l'état et de l'évolution, grâce à des méthodes scientifiques, de la flore et des habitats naturels et semi-naturels ;*
- *identification et conservation des éléments rares et menacés de la flore et des habitats naturels et semi-naturels ;*
- *mise en place d'un appui technique et scientifique (expertises par exemple) à disposition de l'État, des établissements publics et autres collectivités territoriales ;*
- *information et éducation du public à la connaissance et à la préservation de la diversité végétale (Anonyme, 2008).*

II. Introduction

1. État de l'art

a. L'état de conservation d'un habitat

En 1992, la Directive « Habitats - Faune - Flore » (DHFF) établit une base réglementaire pour la conservation de la nature (Anonyme, 1992). Le réseau Natura 2000 (N2000) est un ensemble de sites naturels européen, terrestres et marins, identifiés pour la rareté ou la fragilité des espèces sauvages, animales ou végétales, et de leurs habitats, inscrits

Tableau 1 : Bilan des méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats existantes

Sujet	Auteurs
Cadre général de l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire	Bensettiti <i>et al.</i> , 2006
Habitats naturels du Parc National des Cévennes	Kluszczewski & Lacoste, 2007
Habitats forestiers	Carnino, 2009
Habitats naturels à l'échelle du terrain : approche dans le Languedoc-Roussillon	Kluszczewski <i>et al.</i> , 2010
Dunes non boisées du littoral Atlantique	Goffé, 2011
Habitats naturels marins	Lepareur, 2011
Habitats naturels d'intérêt communautaire contractualisés en Lozère	Kluszczewski, 2012
Habitats agropastoraux d'intérêt communautaire	Maciejewski <i>et al.</i> , 2013
Habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire	Viry, 2013
Tourbières acides à sphaignes	Epicoco <i>et al.</i> , 2015

dans la DHFF et la Directive Oiseaux (Anonyme, 1979). Ce réseau, plus grand maillage de sites protégés au monde, assure la pérennité des habitats et des espèces grâce à la mise en place de mesures de protection qui tiennent compte des exigences économiques, sociales, culturelles, etc. Les sites protégés au titre de la DHFF couvrent des habitats d'intérêt majeur qui sont définis suivant le manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne EUR 28 (European Commission DG Environment, 2013). La définition des habitats comprend généralement une description morphologique et la liste des associations qui les caractérisent.

Afin de surveiller et suivre l'évolution des habitats et des espèces sur le réseau N2000, l'évaluation de leur état de conservation est une obligation nationale à l'échelle des sites (articles R414-11 et R414-8-5 du Code de l'Environnement, Anonyme, 2008) et communautaire au niveau biogéographique (article 6.1 de la DHFF, Anonyme, 1992). L'échelle de l'habitat est la troisième après les biomes et les paysages pour évaluer l'état de conservation de la biodiversité (Bunce *et al.*, 2013). Des recherches récentes indiquent qu'il est possible d'évaluer l'état de conservation des sites N2000 grâce à l'analyse d'images hyper spectrales (Mücher *et al.*, 2013), mais la mise en place de méthodes opérationnelles (i. e. qui tiennent compte de la physiologie de la végétation, des considérations spatiales, etc. (Parkes *et al.*, 2003)), à l'attention des gestionnaires, pour chaque habitat, est indispensable (Carnino, 2009).

Pour permettre une évaluation objective et reproductible, des méthodes d'évaluations issues des travaux européens ont été adaptées en France et ajustées pour être transposables à l'échelle locale (Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2015) pour certains habitats (Tableau 1, Bensettiti *et al.*, 2006; Carnino, 2009; Epicoco *et al.*, 2015; Goffé, 2011; Kleszczewski, 2012; Kleszczewski *et al.*, 2010; Kleszczewski & Lacoste, 2007; Lepareur, 2011; Maciejewski *et al.*, 2013; Viry, 2013). L'objectif de ces méthodes étant d'obtenir un état général à l'échelle du site, le principe des feux tricolores (vert, orange et rouge) permet de classer l'état de conservation en trois catégories : favorable, moyen et défavorable (Bensettiti *et al.*, 2006; Carnino, 2009; Kleszczewski, 2012).

Depuis la mise en place de la DHFF, l'évaluation des habitats à l'échelle nationale a été réalisée deux fois en France, en 2009 et en 2013 (Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2015). En 2009, plus de 950 espèces et habitats ont été évalués en France ce qui en faisait le pays où le plus grand nombre d'évaluations a été réalisé (Bensettiti & Trouvilliez, 2009).

L'état de conservation d'un habitat à l'échelle biogéographique est considéré comme favorable (Article 1 de la DHFF, Anonyme, 1992), lorsque :

- *son aire de répartition naturelle ainsi que la superficie qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension,*
- *la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible,*
- *l'état de conservation des espèces qui lui sont « typiques » est favorable.*

Cette définition a été complétée au niveau européen par trois publications (European Commission DG Environment, 2006, 2005; Evans & Arvela, 2011) puis transposée à l'échelle de la France dans les Cahiers d'Habitats (Bensettiti (coord.) *et al.*, 2002). Ainsi, à l'échelle des sites, trois paramètres sont retenus et doivent être étudiés pour réaliser l'évaluation de l'état de conservation d'un habitat : **Surface, Structures et Fonctions** et **Perspectives futures**.

Dans la majorité des évaluations, la définition d'un état de référence est indispensable (Le Jean, 2008; Parkes *et al.*, 2003). C'est le cas pour les zones humides (Bried *et al.*, 2014; Herlihy *et al.*, 2013). Cependant, aucune définition formalisée de l'état de référence d'un habitat donné n'a été formalisée (Bazin & Barnaud, 2002).

Ce concept est couramment utilisé en écologie de la restauration. Il désigne alors l'état d'un écosystème non dégradé et par suite, l'état à atteindre pour une restauration (Clewell & Aronson, 2010).

En écologie de la conservation, deux visions de l'état de référence existent :

- Dans un premier temps, la référence est représentée par un (ou plusieurs) site(s) réel(s). Ce site sert de modèle à l'évaluation d'autres sites (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, 2004). Le site désigné comme référence ne doit pas présenter d'impacts humains (Lepareur, 2011) et doit inclure des états correspondant à des événements stochastiques (Bazin & Barnaud, 2002). Le choix des sites de référence est lié à leur intégrité (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, 2004).

- Dans le cas où aucune référence n'existe car l'action de l'Homme a modelé les paysages, il est possible de fabriquer un modèle de référence à partir d'archives (Clewell & Aronson, 2010). Dans ce cas, le site est théorique et correspondrait à un état de conservation favorable de l'habitat (Carnino, 2009; Lepareur, 2011). Ainsi, à l'ensemble des critères utilisés pour l'évaluation, l'habitat imaginé obtiendrait la note de 10/10 (Herbet *et al.*, 2015).

Dans cette vision, ce site théorique est déterminé et décrit en amont, en dehors de toutes considérations techniques ou politiques (Argagnon, 2012).

b. Les mares temporaires méditerranéennes

Les mares temporaires sous bio-climat méditerranéen se retrouvent en Europe, en Australie, à l'Ouest des USA, en Afrique du sud, en Afrique du Nord et en Amérique du Sud (Alvarez-Cobelas & Deil, 2015; Barbour *et al.*, 2005; Casanova, 2015; Zacharias & Zamparas, 2010). Ce sont des habitats uniques qui ont toujours fasciné les naturalistes (Pretus, 2009) de par leur grande richesse (Braun-Blanquet, 1936; Ferchichi-Ben Jamaa *et al.*, 2010) aussi bien en tant qu'habitat qu'au travers des espèces rares, menacées (Muller *et al.*, 2009) ou endémiques qu'elles abritent (Médail & Verlaque, 1997; Rouissi *et al.*, 2014). D'un point de vue biologique et biogéographique, les zones humides méditerranéennes (dont font partie les mares temporaires méditerranéennes) sont reconnues pour être les habitats les plus intéressants de la région bioclimatique méditerranéenne (Bagella *et al.*, 2007). La succession de phases immergées et émergées permet aux espèces présentes de développer des stratégies uniques (Pretus, 2009) et les communautés varient dans le temps et dans l'espace en fonction de la hauteur d'eau et de l'hydropériode (Bagella *et al.*, 2009a; Bonis *et al.*, 1996). Leur grande valeur patrimoniale (Quézel, 1998) a contribué par exemple à la richesse végétale du point-chaud (hotspot régional) de la Numidie en Algérie (Véla & Benhouhou, 2007).

Bien que d'intérêt majeur, les mares temporaires méditerranéennes sont fortement menacées (Angeler, 2009). La pression anthropique a entraîné un fort déclin (Rhazi *et al.*, 2012; Rouissi *et al.*, 2014), jusqu'à une disparition de 94% d'entre elles en Espagne, dans la région de Azuaga (Gallego-Fernandez *et al.*, 1999). Leur vulnérabilité est liée à leurs eaux peu profondes, leur surface réduite et la sensibilité des espèces rares aux perturbations physiques et trophiques (Bagella *et al.*, 2007). Les menaces (Bensettiti & Trouvilliez, 2009; Brock, 2009; Ewald *et al.*, 2010; Rhazi *et al.*, 2012; Sanchez-Carrillo, 2009) sont de deux types : anthropiques (pratiques agricoles, changement des conditions hydraulique, loisirs et activités de tourisme, pollutions, urbanisation, isolement ou déconnexion des réseaux hydriques, etc.) et naturelles (comblement, conditions climatiques extrêmes, etc.). Les mares temporaires sont particulièrement sensibles à l'invasion des espèces exotiques et certaines de ces espèces ont un impact significativement négatif sur les communautés des mares temporaires (Mascia *et al.*, 2009). La fragilité de l'écosystème des mares couplée à de nombreuses perturbations permettent aux espèces opportunistes de s'installer rapidement, entraînant des impacts sur la structure de l'habitat, la biodiversité, la productivité, les cycles

biogéochimiques, les microorganismes du sol et enfin, sur les réseaux trophiques (Zedler & Kercher, 2004).

Deux définitions coexistent pour la dénomination « mares temporaires méditerranéennes » : fonctionnelle (mares temporaires méditerranéennes) et réglementaire comme dans la DHFF (habitat 3170) (Grillas, 2015).

D'un point de vue fonctionnel, les mares temporaires méditerranéennes sont définies par : « l'alternance d'une phase en eau et d'une phase sèche ainsi que par des communautés animales et végétales diverses et uniques » (Grillas, 2009) ou encore "*a temporary or permanent standing waterbody between 1m² and 5 hectares in surface area*" (Ewald *et al.*, 2010).

La définition réglementaire de l'habitat 3170, de la DHFF, est la suivante : "*Very shallow temporary ponds (a few centimeters deep) which exist only in winter or late spring, with a flora mainly composed of mediterranean therophytic and geophytic species belonging to the alliances Isoetion, Nanocyperion flavescens, Preslion cervinae, Agrostion salmanticae, Heleochloion and Lythrion tribracteati*" (European Commission DG Environment, 2013). Cette définition montre le caractère hétérogène des groupements végétaux qui peuvent se retrouver dans des faciès de mares très différents (Grillas *et al.*, 2004).

Les Cahiers d'Habitats N2000 (Bensettiti (coord.) *et al.*, 2002) ont décliné l'habitat d'intérêt communautaire 3170*¹: mares temporaires méditerranéennes, en quatre ensembles en fonction des caractéristiques hydrologiques, du type de substrat et des associations végétales qu'on y trouve. Ces quatre habitats élémentaires correspondent aux :

- Mares temporaires méditerranéennes à *Isoetes* spp. (*Isoetion*) : 3170 - 1*
- Gazons méditerranéens amphibies longuement inondés (*Preslion*) : 3170 - 2*
- Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles (*Heleochloion*) : 3170 - 3*
- Gazons amphibies annuels méditerranéens (*Nanocyperetalia*) : 3170 - 4*

2. Contexte du stage

Afin de répondre aux engagements nationaux et européens en matière d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels, le ministère en charge de l'écologie a confié le pilotage des missions d'évaluation au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris

¹ L'astérisque (*) est utilisée dans le manuel des habitats pour désigner le critère prioritaire d'un habitat

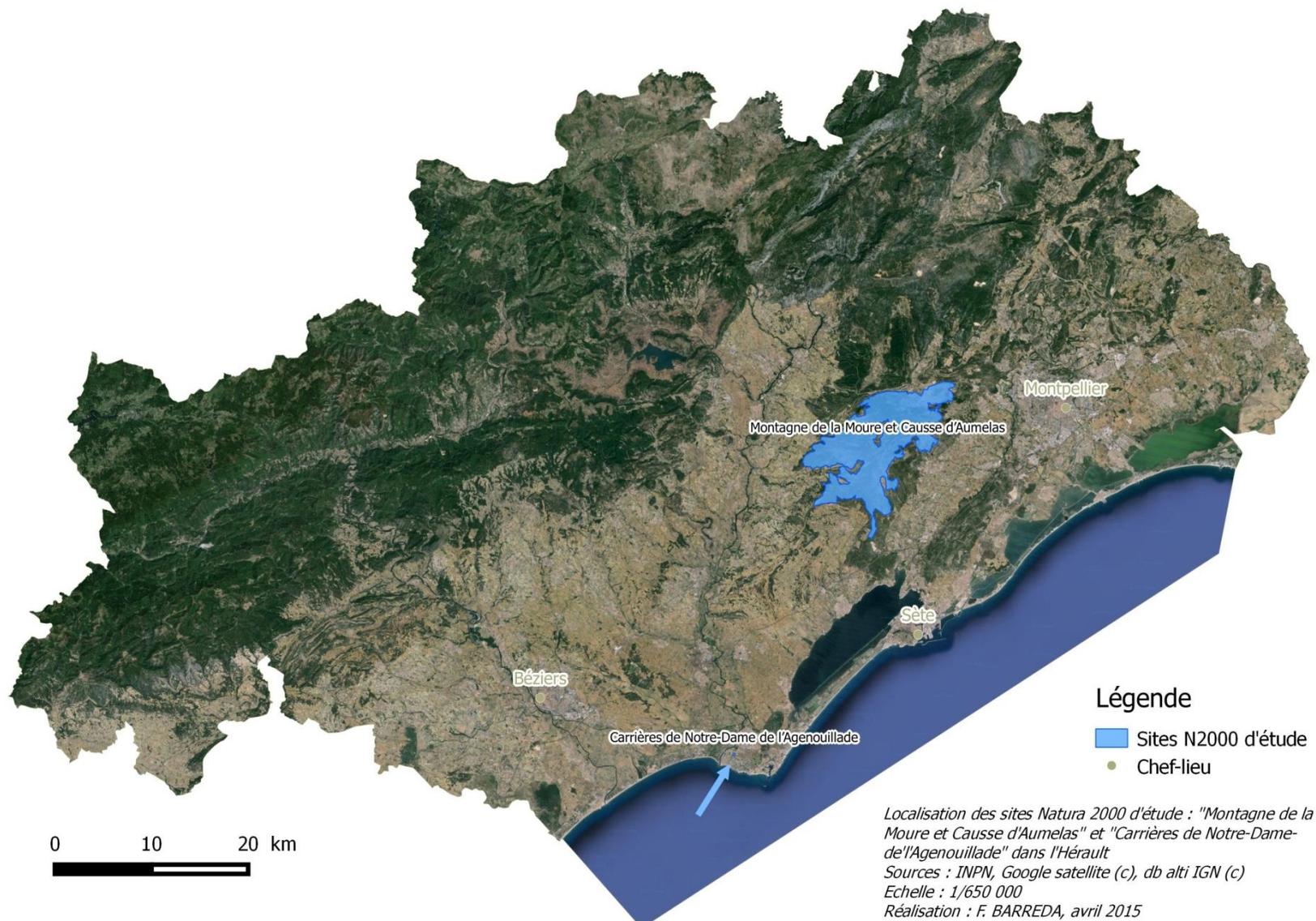


Figure 3 : Localisation des deux sites Natura 200 d'étude : « Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas » et « Carrières de Notre-Dame de l'Agenouillade » à Agde.

(MNHN). En ce qui concerne l'habitat 3170*, un document de travail a été réalisé en 2013, il présente l'état de réflexion et la démarche en vue d'aboutir à une méthode d'évaluation de l'état de conservation de cet habitat d'intérêt communautaire (Charles, 2013).

Au vu de la grande valeur de cet habitat et de la responsabilité de la Région Languedoc-Roussillon pour son maintien au plan national, en 2014, la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement - Languedoc-Roussillon (DREAL-LR) a mandaté le CBNMed pour tester les propositions du MNHN sur 11 sites N2000 de la région. Le rapport de synthèse publié à la suite de la campagne de terrain a montré la nécessité de l'élaboration d'une méthode plus précise, si possible, réalisée à la suite d'études de cas concrets issus d'un nombre limité de sites N2000 (Givord & Argagnon, 2015).

Consciente de l'importance de l'élaboration d'une telle méthode pour cet habitat, la DREAL - LR a commandité le CBNMed pour la mettre en place à l'échelle de deux sites N2000 : « Montagne de la Moure - Causse d'Aumelas » d'une part et « Notre-Dame de l'Agenouillade » d'autre part pour l'année 2015 (Figure 3). Ayant contribué au test de la méthode en 2014, j'ai intégré l'antenne Languedoc-Roussillon du CBNMed pour réaliser ce travail dans le cadre du stage de master 1. Ce stage était encadré par Olivier Argagnon (CBNMed, maître de stage) et Patrick Grillas (Tour du Valat, tuteur pédagogique).

3. Objectifs et missions du stage

Au cours de la période de 5 mois allouée pour la réalisation de mon stage, l'objectif principal était de mener à bien l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170 sur chacun des deux sites N2000.

Détail des sous-objectifs :

- bilan bibliographique des différents indicateurs de l'état de conservation des mares,
- test de plusieurs de ces indicateurs et des protocoles associés sur les sites choisis,
- test des indicateurs sélectionnés sur des mares ne correspondant pas à la définition de la DHFF pour comparaison,
- définition des seuils et calibrage pertinent de chaque indicateur,
- évaluation de l'état de conservation des mares à l'échelle des sites N2000,
- perspectives de développement d'autres indicateurs non testés en 2015.

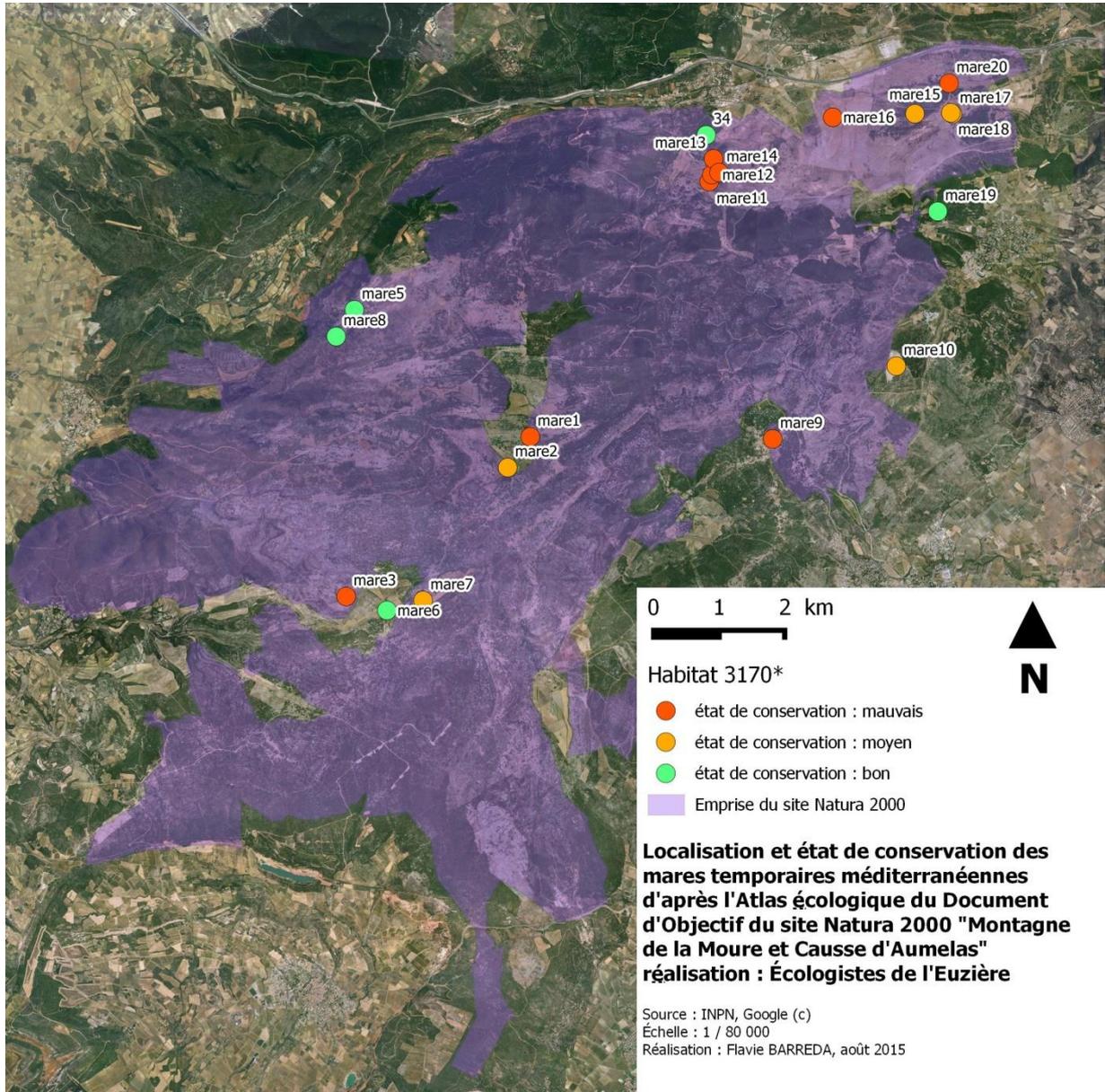


Figure 4 : Évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170* d'après le DocOb « Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas »

III. Matériel et Méthodes

1. Sites d'étude

a. Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas (FR9101393 - SIC)

Situé à une trentaine de kilomètres à l'ouest de Montpellier, ce site N2000 couvre plus de 9 000 ha. Il a été façonné par l'activité agricole, notamment le pastoralisme. Le caractère rural et la dominance de zones ouvertes en font le plus grand territoire de garrigue non fragmentée de l'Hérault (Anonyme, 2014) et un des derniers centre de pastoralisme du montpelliérais (Remond, 1979).

Le Causse d'Aumelas est un terrain jurassique avec faciès marneux (Roesch, 2004), karstique, traversé par le Coulazou, une rivière intermittente (Bailly-Comte *et al.*, 2007). L'origine des mares est probablement très ancienne et liée à l'activité agricole, notamment pastorale. L'alimentation en eau de la majorité des mares du Causse semble uniquement liée aux eaux de pluie et non par la saturation du karst (com. pers. Bailly-Comte, 2015).

Considéré comme assez commun sur le site (Anonyme, 2014), l'habitat d'intérêt communautaire 3170*, mares temporaires méditerranéennes, comprend une vingtaine de mares dont l'évaluation de l'état de conservation en 2013 est présenté dans la Figure 4 (Anonyme, 2014). L'enjeu de cet habitat sur ce site est jugé très fort au vu de sa grande valeur écologique et de sa rareté en région méditerranéenne. Deux espèces à forte valeur patrimoniale et bénéficiant d'une protection nationale y ont été recensées lors de la réalisation du document d'objectif (DocOb) : *Pulicaria vulgaris* Gaertn. et *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Maire (Illustration 1) (Anonyme, 2014).

b. Carrières de Notre-Dame de l'Agenuillade (FR9101416)

Situé sur la commune d'Agde, dans une zone très urbanisée, ce deuxième site couvre environ 4 ha. Issues de l'exploitation des coulées basaltiques du volcan du Mont St Loup, une vingtaine de mares temporaires méditerranéennes se répartissent sur le site N2000 et en sont l'enjeu majeur (ADENA, 2008). L'apport hydrique des mares est essentiellement issu de la pluie, le bassin versant couvre environ 6 ha (Bosch, 2014). Les communautés animales et végétales présentes font la richesse de ce site acquis en 2005 par le Conservatoire du Littoral (ADENA, 2008). Parmi les espèces végétales protégées au niveau national, sont présentes : *Lythrum tribracteatum* Salzm. ex. Spreng, *Elatine macropoda* Guss. (Illustration 2) et *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Maire. Un premier état de conservation



Illustration 1 : *Damasonium alisma* subsp. *polyspermum* (Coss.) Maire en fleur en haut et en fruit (Yann Gautier)



Illustration 2 : *Elatine macropoda* Guss. (Yann Gautier)

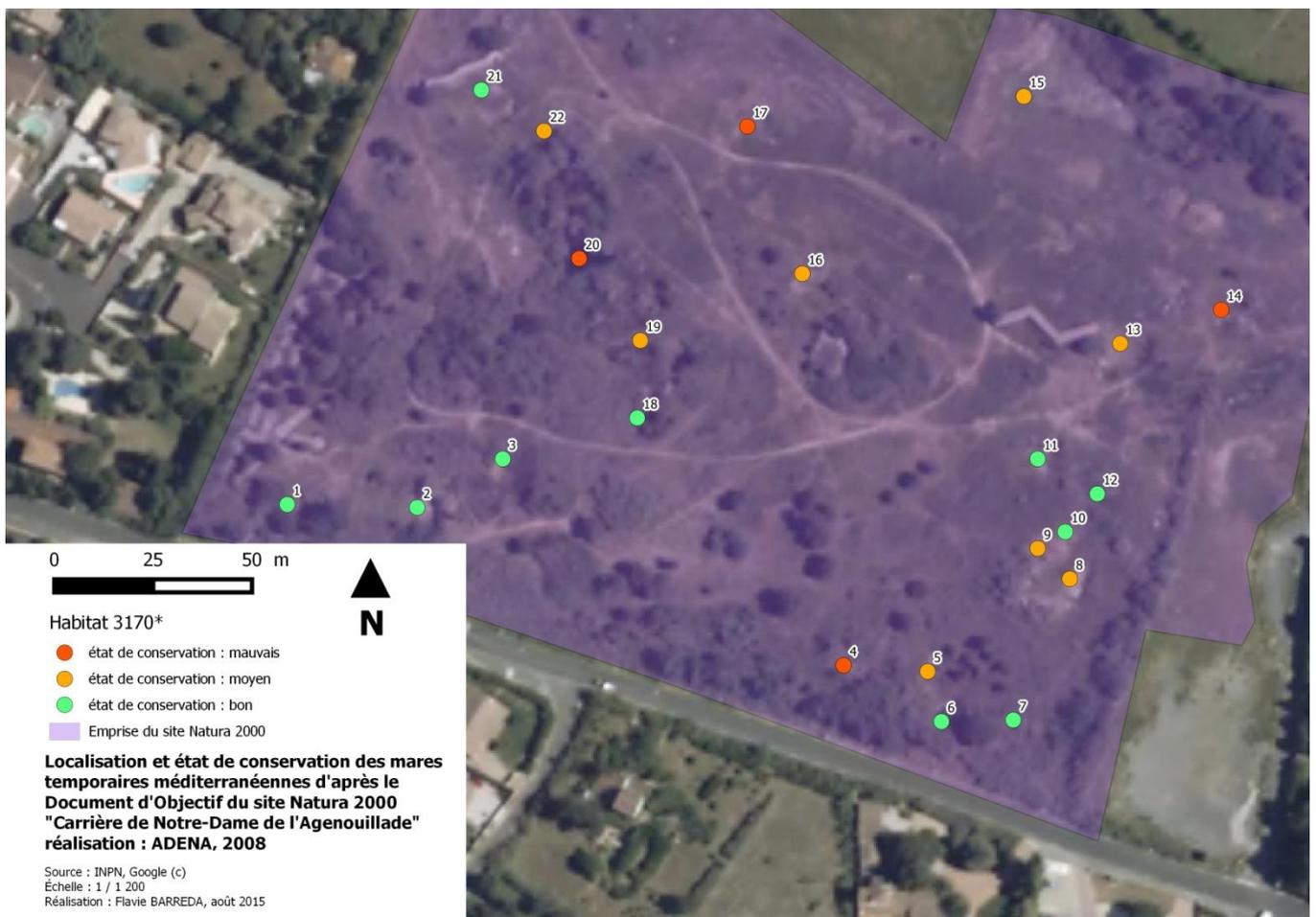


Figure 5 : Évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170* d'après le DocOb « Carrière de Notre-Dame de l'Agenouillade »

de l'habitat (figure 5) a été réalisé en 2008, lors de la mise en place du DocOb, considérant les mares temporaires en bon état dans l'ensemble (ADENA, 2008). Entre 1999 et 2004, ce site a fait partie du programme LIFE « Mares temporaires méditerranéennes » (Grillas *et al.*, 2004).

2. Choix des indicateurs

Les indicateurs quantifient et simplifient des phénomènes pour comprendre une réalité complexe (Organisme des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2015). Un indicateur doit être facile à utiliser (Dale & Beyeler, 2001), être sensible aux changements, même minimes, en induisant une réponse, être fiable (Blandin, 1986), précis et comprendre des informations complémentaires pour éviter une mauvaise interprétation (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 1993). Ainsi, la sélection d'indicateurs doit permettre d'évaluer l'état de l'environnement et permettre une détection précoce des changements environnementaux en donnant des informations sur la structure (Levrel *et al.*, 2007), la fonction et la composition de l'écosystème (Dale & Beyeler, 2001). Les faisabilités techniques, la fiabilité, la précision, la reproductibilité et la pertinence par rapport à la zone d'étude des indicateurs doivent être évaluées (Boureau *et al.*, 2007).

Afin d'élaborer une méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170*, mares temporaires méditerranéennes, un travail de recherche bibliographique a permis de sélectionner, dans un premier temps, une dizaine d'indicateurs qui ont été testés pendant la campagne de terrain 2015. Ils sont classés suivant trois axes qui reprennent les exigences européennes : Surface, Structures et Fonctions, et Perspectives futures.

a. Surface

Une zone humide est découpée en trois zones : potentielle, effective et efficace (Barnaud & Fustec, 2007) définies en fonction de la surface inondée aux différentes périodes de l'année. La zone potentielle est définie comme une surface susceptible d'héberger une zone saturée pendant une période suffisamment longue pour conférer des propriétés d'hydromorphie (Illustration 3). La zone effective correspond à la surface en eau en hiver et enfin, la zone efficace correspond à celle qui joue un rôle significatif pour une fonction donnée. Pour cette étude, la zone potentielle a été retenue comme indicateur car elle délimite l'unité fonctionnelle : mare (Illustration 4).

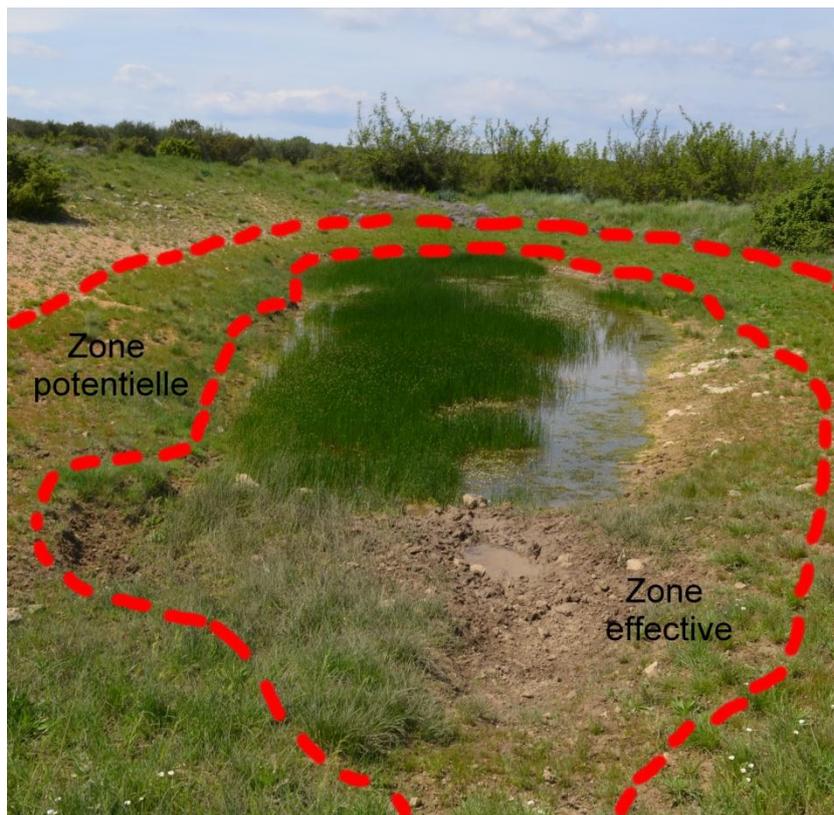


Illustration 3 : Mare 16 d'Aumelas, mise en évidence de la zonation



Illustration 4 : Mesure de la surface potentielle de la mare 9 à Agde (Yann Gautier)

b. Structures et Fonctions

i. Recouvrement de la végétation caractéristique de l'habitat 3170 dans la mare

Cet indicateur permet de rendre compte de la surface occupée par la végétation caractéristique. Cette superficie dépend des variations topographiques dans la mare et de la présence d'autres types de communautés (non 3170) qui peuvent restreindre les zones occupées par la végétation de l'habitat 3170* (Barnaud & Fustec, 2007; Rhazi *et al.*, 2001).

ii. Hydropériode

L'hydropériode caractérise la durée entre la mise en eau et l'assèchement de la mare. Elle est dépendante de la pluviométrie et de l'évapotranspiration (Hulsmans *et al.*, 2008) qui peut entraîner un déficit en eau pendant 6 mois de l'année (Sanchez-Carrillo, 2009), de l'ombrage, du taux de transfert du bassin versant et de l'infiltration. L'absence de continuités hydrologiques caractérise l'hydrodynamique des mares temporaires et la végétation est largement dépendante de la surface, de la profondeur (Illustration 6) et de la durée de la mise en eau de la mare (Aronson & Shmida, 1992 ; Bagella *et al.*, 2009; Bagella & Caria, 2013; Beja & Alcazar, 2003; Bélair (de), 2005; Gomez-Rodriguez *et al.*, 2009; Versini, 2007). Pour notre étude, elle sera mesurée pour chaque mare grâce à la surface et la hauteur d'eau.

iii. Qualité de l'eau (Illustration 5)

* **pH** : l'acidité du sol est un facteur qui contraint la répartition des espèces végétales dans les zones humides (Hajkova *et al.*, 2006). Le pH est directement lié à la nature du substrat ou à l'accumulation de matière organique. Les deux sites d'étude n'étant pas de la même nature géologique, l'étude du pH des différentes mares prend tout son sens.

* **Turbidité** : elle peut être de deux sortes : minérale ou chlorophyllienne (Institut national de santé publique du Québec, 2003). Les mares temporaires captent une grande quantité d'eau de ruissellement. Ces eaux sont chargées de particules fines et la turbidité minérale créée s'estompera par sédimentation (Centre Régional de la Propriété Forestière PACA, 2009). Le type de substrat conditionne aussi la turbidité qui à son tour influence le développement des communautés biologiques. Sur un substrat marneux ou argileux, la turbidité sera plus élevée que sur un substrat rocheux (Sanchez-Carrillo, 2009). Elle peut aussi être liée à la bioturbation par des macroinvertébrés qui remuent le sédiment et le remettent en suspension (com. pers. Grillas, 2015). Versini (2007) remarque que les mares pâturées sont toujours turbides. Si la turbidité de l'eau persiste dans le temps, cela indique un déséquilibre

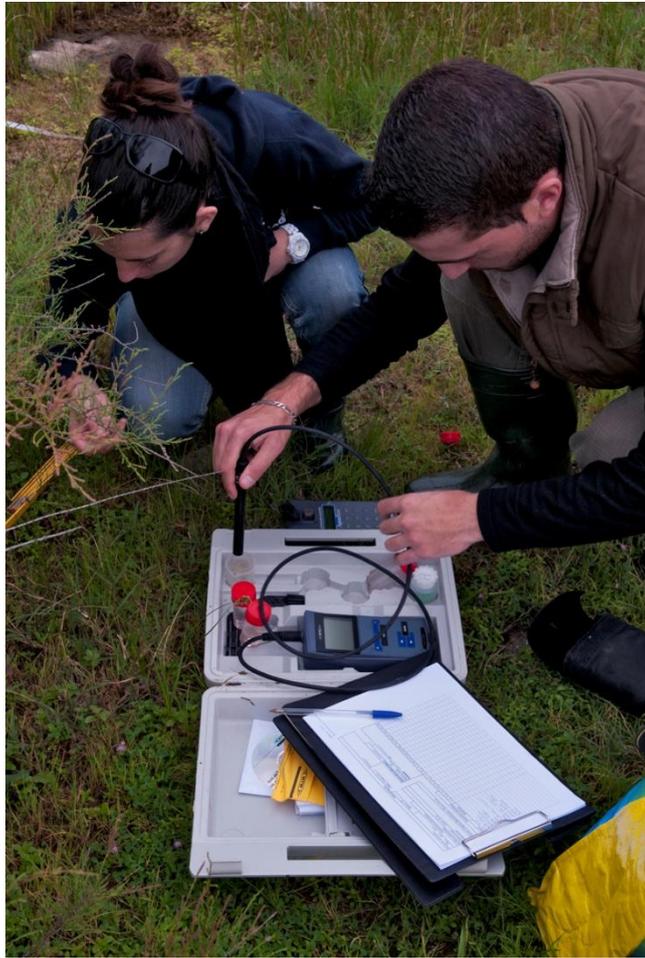


Illustration 5 : Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau : turbidité et conductivité (Yann Gautier)



Illustration 6 : Mesure de la hauteur d'eau sous quadrat avant inventaire des espèces floristiques (Yann Gautier)

(Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie, 2004) et les herbiers aquatiques peuvent être affectés (Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2008). Les conséquences d'une turbidité élevée peuvent aussi se ressentir sur la faune, en perturbant, par exemple, la communication et l'expression des caractères sexuels secondaires chez les tritons (Thery, 2011). Certaines espèces, comme *Baldellia ranunculoides* L., sont absentes dans les mares très turbides (Versini, 2007).

La turbidité chlorophyllienne quant à elle, est liée à la concentration de matière organique (essentiellement la chlorophylle A) dans l'eau. Cette concentration est due, d'une part, aux algues unicellulaires chlorophylliennes, mais aussi à la dégradation particulière de la matière organique dans l'eau. Il a été démontré que la teneur en chlorophylle A de l'eau influençait les communautés macrophytiques (Del Pozo *et al.*, 2009).

* **Conductivité** : elle correspond à la capacité de l'eau à conduire les courants électriques. Elle dépend de la teneur en ions. Ce paramètre est régulièrement suivi dans l'étude des mares temporaires (Angeler, 2009; Conseil Général de l'Eure, 2011; Del Pozo *et al.*, 2009; Pinto-Cruz *et al.*, 2011; Rey-Boissezon & Auderset Joye, 2015; Rhazi *et al.*, 2001) et selon les cas, peut donner des indications sur le niveau trophique ou bien la salinité des eaux.

* **Présence d'algues filamenteuses** : elle traduit une grande abondance des nutriments (azote, phosphore) dans l'eau et conduit à des variations journalières importantes du pH et de l'oxygène dissous dans l'eau qui peuvent entraîner une diminution de la biodiversité (Saint-Maxent, 2001). Deux types de blooms d'algues sont observables dans les mares temporaires. Le premier a lieu quand la végétation thérophytique a fini son cycle de vie et que la teneur en matières organiques augmente dans la mare. L'apparition tardive de ces algues n'est pas problématique pour la végétation typique de l'habitat 3170*. Le second type de bloom est observé pendant la présence normale de la végétation caractéristique. Les algues en présence (surtout des *Spirogyres*) sont alors plus compétitrices pour les nutriments et la lumière que les thérophytes des mares temporaires et ont un impact négatif sur le développement de la communauté thérophytique (com. pers. Grillas, 2015).

iv. Intégrité floristique

D'après la définition réglementaire de l'habitat 3170* : mares temporaires méditerranéennes, les espèces végétales doivent appartenir à des alliances phytosociologiques de référence. La liste de référence pour les mares du Causse d'Aumelas correspond aux espèces du *Preslion cervinae* alors que le site d'Agde se rapproche plus de l'*Isoetion*. Dans

Tableau 2 : Liste des espèces caractéristiques des mares temporaires méditerranéennes, les espèces en orange ont été contactées lors de la campagne 2015.

<i>Centaurium maritimum</i> (L.) Fritsch, 1907
<i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce, 1898
<i>Crassula vaillantii</i> (Willd.) Roth, 1827
<i>Crypsis schoenoides</i> (L.) Lam., 1791
<i>Cyperus fuscus</i> L., 1753
<i>Damasonium alisma</i> subsp. <i>alisma</i> Mill.
<i>Damasonium alisma</i> subsp. <i>polyspermum</i> (Coss.) Maire
<i>Elatine hydropiper</i> subsp. <i>macropoda</i> (Guss.) O.Bolós & Vigo, 1990
<i>Exaculum pusillum</i> (Lam.) Caruel, 1886
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L., 1753
<i>Hypericum humifusum</i> L., 1753
<i>Illecebrum verticillatum</i> L., 1753
<i>Isoetes duriei</i> Bory, 1844
<i>Isolepis cernua</i> (Vahl) Roem. & Schult., 1817
<i>Isolepis setacea</i> (L.) R.Br., 1810
<i>Juncus bufonius</i> L., 1753
<i>Juncus capitatus</i> Weigel, 1772
<i>Juncus pygmaeus</i> Rich. ex Thuill., 1799
<i>Juncus tenageia</i> Ehrh. ex L.f., 1782
<i>Laphangium luteoalbum</i> (L.) Tzvelev, 1993
<i>Lysimachia minima</i> (L.) U.Manns & Anderb., 2009
<i>Lythrum borysthenicum</i> (Schränk) Litv., 1917
<i>Lythrum hyssopifolia</i> L., 1753
<i>Lythrum portula</i> (L.) D.A.Webb, 1967
<i>Lythrum thymifolium</i> L., 1753
<i>Lythrum tribracteatum</i> Salzm. ex Spreng., 1827
<i>Marsilea strigosa</i> Willd., 1810
<i>Mentha cervina</i> L., 1753
<i>Myosurus minimus</i> L., 1753
<i>Pilularia minuta</i> Durieu, 1838
<i>Radiola linoides</i> Roth, 1788
<i>Ranunculus lateriflorus</i> DC., 1817
<i>Veronica acinifolia</i> L., 1762
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> subsp. <i>anagalloides</i> (Guss.) Batt., 1890

un travail bibliographique en amont de ce stage, O. Argagnon a listé les espèces caractéristiques de ces deux syntaxons pour le département de l'Hérault (Tableau 6). L'intégrité floristique correspond, dans cette étude, au nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat 3170* dans chaque mare.

v. Valences écologiques des espèces

À la suite de la campagne de terrain 2014, le CBNMed a suggéré l'intérêt d'un travail sur les valences écologiques dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170 (Givord & Argagnon, 2015). Les travaux d'Ellenberg en 1974 ont révolutionné l'étude des végétations (Pignatti, 2005). En attribuant à chaque plante d'Europe centrale des valeurs pour différents paramètres, les plantes sont devenues des bioindicateurs des conditions écologiques (Ellenberg, 1974; Pignatti, 2005). Six facteurs initiaux ont été étudiés : la lumière (L), la température (T), la continentalité de climat (K), les besoins hydriques (U), le pH (R) et le niveau trophique (N) (Ellenberg, 1974) qui varient sur un gradient fini. Ensuite, la salinité (S) a été étudiée et la liste des espèces a été complétée et adaptée à l'ensemble des espèces présentes en Italie (Pignatti, 2005). Ainsi, chaque espèce présente des valences (ou *preferendum*) écologiques particulières. Ces travaux ont permis l'émergence d'autres coefficients comme, par exemple, le coefficient de conservatisme qui permet d'évaluer l'aptitude des espèces à supporter des perturbations (Collectif RhoMéO, 2014) encore appelé FQA² en Amérique du Nord (Taft *et al.*, 1997). L'étude des valences écologiques les plus pertinentes pour la végétation de l'habitat 3170* (L, U, R et N) permettra de définir localement les conditions écologiques des mares et de les lier à leur état de conservation en étudiant les moyennes de ces valences écologiques par quadrat.

c. Perspectives futures

i. Indices de dysfonctionnement

L'habitat 3170* étant fragile et menacé (Grillas *et al.*, 2004), ce dernier indicateur concentre l'ensemble des phénomènes susceptibles d'altérer l'habitat dans l'avenir mais n'ayant pas encore d'impact actuellement. Plusieurs catégories ont été définies : berges abruptes (qui ne sont pas favorables à l'installation de la végétation caractéristique), pâturage

² Note entre 0 et 10 pour chaque espèce. Les espèces ayant entre 9 et 10 sont considérées comme exigeantes et caractéristiques des milieux naturels de haute qualité. Les espèces natives mais vivant dans des milieux très dégradés ont un coefficient de conservatisme égal à 0.

Tableau 3 : Résumé des indicateurs et des méthodes associées

Axe	Indicateur	Méthode	Matériel	
Surface	Surface potentielle	Mesure de la surface potentielle de la mare sur le terrain ou sous SIG pour les mares de très grande superficie	Double-décamètre Sardines et masse Q-Gis ®	
Structures et Fonctions	Végétation	Estimation visuelle	Appareil photo Nikon D5100, objectif 18*55 mm	
	Hydropériode	Surface en eau	Mesure de la surface potentielle de la mare sur le terrain ou sous SIG pour les mares de très grande superficie	Double-décamètre, Sardines Q-Gis ® Partenariat avec la Maison de la Télétection pour l'utilisation de drones
		Hauteur maximale	Mesure de la hauteur d'eau maximale	Mètre Bottes ou waders
	Qualité de l'eau	Algues filamenteuses	Estimation visuelle de la surface en eau occupée par les algues filamenteuses	Appareil photo Nikon D5100, objectif 18*55 mm
		Turbidité minérale	Trois échantillons d'eau pris au hasard sont récoltés et analysés	Tubes à échantillons Aquafluor, Turner Designs ® en mode A
		Turbidité chlorophyllienne	Trois échantillons d'eau pris au hasard sont récoltés et analysés	Tubes à échantillons Aquafluor, Turner Designs ® en mode B
		Conductivité	Trois échantillons d'eau pris au hasard sont récoltés et analysés	Cond 3110 SET 1, TetraCon®
		pH	Un échantillon d'eau est récolté par mares	Pehameter (Modell Hellige) AVM®
	Suivi floristique	Intégrité floristique Étude des valences écologiques Stratégies de Grime	Deux transects de 10 mètres installés au hasard mais qui passent par l'ensemble des ceintures de végétation. Tous les mètres, un quadrat mobile de 30*30 cm est déplacé. Le quadrat est divisé en 9 carrés de 10*10 cm par des cordelettes. La hauteur d'eau sous le quadrat est évaluée et l'ensemble des espèces présentes dans le quadrat obtiennent une note entre 1 et 9 en fonction du nombre de carrés dans lesquels l'espèce est présente. Un total de 20 quadrats est relevé par mares.	Sardines Masse Mètre Quadrat de 30*30 cm découpé en 9 carrés de 10*10 cm matérialisés par de la cordelette Double mètre Appareil photo Nikon D5100, objectif 18*55 mm
	Perspectives futures	Indices de dysfonctionnement	Recensement des facteurs qui pourraient altérer la pérennité de l'habitat (ombre, altérations anthropiques, espèces à forte dynamique, etc.)	Appareil photo Nikon D5100, objectif 18*55 mm
Protection réglementaire		Recherche bibliographique et échange avec les opérateurs N2000 pour préciser le statut de protection		
Accessibilité aux mares		Mise en place d'une couche SIG composée de zones tampon autour des accès	Q-Gis ®	

(comprenant aussi le piétinement et l'apport de matière organique), remise en eau volontaire de la mare, drainage, impact anthropique (pollution anthropique, passages de véhicules motorisés, etc.), ombre et espèces à forte dynamique de colonisation (comme le frêne, par exemple).

ii. Accessibilité aux mares

À l'instar des travaux de J. Thompson et A. Letourneau dans le cadre du Schéma Régional de Cohérence Écologique, l'évaluation des risques pour le milieu naturel est fonction de l'accessibilité aux sites (Letourneau, 2015). Ainsi, la proximité d'une route (accès en voiture) ou d'un chemin de randonnée (accès à pied) pour chaque mare sera mise en évidence et permettra de réaliser une analyse cartographique. Les mares considérées comme très accessibles (et donc les plus vulnérables) sont situées à moins de 50 mètres d'un accès en voiture et les mares situées entre 50 et 100 mètres d'un accès en voiture sont considérées comme facilement accessibles.

iii. Protection réglementaire des mares

Cet indicateur part du postulat qu'une mare qui bénéficie d'une protection sera plus apte à perdurer dans le temps. Deux types de protection existent : réglementaires (assure la non destruction) et foncières (propriété du Conservatoire du Littoral, empêche la construction sur les sites). Un bilan des niveaux de protection a été réalisé pour chaque mare.

3. Protocoles

Pour mettre en place et récolter les données de chaque indicateur, un protocole standard a été établi (résumé dans le Tableau 3 et développé dans l'Annexe 1). Des recherches bibliographiques combinant plus de quinze auteurs (Angeler *et al.*, 2010 ; Bagella *et al.*, 2010, 2009b ; Beja & Alcazar, 2003 ; Bélair (de), 2005 ; Bosch, 2014 ; Collinge & Ray, 2009 ; Del Pozo *et al.*, 2009 ; Epicoco *et al.*, 2015 ; Mascia *et al.*, 2009 ; Pinto-Cruz *et al.*, 2011 ; Rhazi *et al.*, 2001 ; Rodrigo *et al.*, 2015 ; Rouissi *et al.*, 2014 ; Versini, 2007), ont, en plus d'orienter le choix des indicateurs, permis de matérialiser les méthodes de suivi.

Dans un premier temps, une visite de chacune des mares des deux sites a été réalisée en mars afin de les localiser sur chaque site N2000. Pour évaluer au mieux les changements au cours de la saison de terrain, cinq passages ont été réalisés, espacés chacun de 3 semaines (semaines 15, 18, 21, 24 et 27). Le temps nécessaire à la réalisation de ce protocole dans

Tableau 4 : Synthèse des analyses statistiques entreprises au cours du stage

Questions	Données	Analyses
Les deux sites sont-ils différents ?	Paramètres physico-chimiques par mare par passage	CAH à partir de la distance euclidienne et selon la méthode de Bray-Curtis
	Composition floristique par mare	CAH à partir de l'indice de Jaccard puis méthode de Bray-Curtis
Les mares artificielles sont-elles différentes des mares 3170 ?	Paramètres physico-chimiques par mare par passage	CAH à partir de la distance euclidienne et selon la méthode de Bray-Curtis
	Composition floristique par mare	CAH à partir de l'indice de Jaccard puis méthode de Bray-Curtis
Y a-t'il une corrélation entre les variables environnementales récoltées sur le terrain	Paramètres physico-chimiques par mare et par passage	Coefficient de corrélation de Spearman puis test de corrélation (cor.test())
Quelles sont les variables environnementales qui contraignent la répartition des espèces ?	Tab 1 : Paramètres physico-chimiques par quadrat, par passages et par sites Tab 2 : Composition spécifique avec les coefficients d'abondance par quadrat, par passage et par sites	OMI : méthode des niches (Outlying Mean Index) Annexe 4
Y a-t'il des indicateurs qui sont corrélés à l'évaluation de l'état de conservation à dire d'expert ?	Paramètres physico-chimiques, indices de dysfonctionnement et évaluation de l'état de conservation (EEC) à dire d'expert par mares	Coefficient de corrélation de Spearman puis test de corrélation (cor.test())
Y a-t'il des corrélations entre les variables environnementales, l'évaluation de l'état de conservation des mares et les espèces ?	Paramètres physico-chimiques, évaluation de l'état de conservation (EEC) à dire d'expert par mares et composition floristique des quadrats	Modèle GLM
Y a-t'il des liens entre les valences écologiques des espèces et les variables environnementales ?	Tab 1 : Paramètres physico-chimiques par quadrat, par passages et par sites Tab 2 : Composition spécifique avec les coefficients d'abondance par quadrat, par passage et par sites Tab 3 : Valences écologiques par espèces	Méthode du 4 ^{ème} coin

Tableau 5 : Comparaison des surfaces de l'habitat 3170* entre DocOb et estimations suite à la campagne 2015

Site	Surface DocOb	Surface estimée	Écart
Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas	18 000 m ²	3 078 m ²	- 83 %
Notre Dame de l'Agenouillade à Agde	1 000 m ²	2 787 m ²	+ 170 %

chaque mare est estimé environ entre 50 minutes et 1h quand la mare est encore en eau puis 40 minutes quand la mare est sèche. Ces temps sont réduits quand il y a deux observateurs. À l'issue de la campagne de terrain, une évaluation à dire d'expert a été réalisée en classant chaque mare suivant trois catégories d'état de conservation : bon (favorable), moyen et mauvais (défavorable). Cette évaluation instinctive tient compte de la topographie des mares, du cortège végétal et des indices de perturbation visibles, entre autre. Elle servira de base pour étudier la corrélation entre les indices choisis et l'état de conservation estimé de la mare.

4. Analyses statistiques

L'ensemble des analyses a été réalisé grâce au logiciel R Studio © version 7.7. Un résumé des analyses réalisées est présenté dans le Tableau 4, elles ne sont pas toutes développées ici par manque de place.

a. Comparaison des mares artificielles et mares 3170, Causse d'Aumelas

Les trois mares artificielles suivies sur Aumelas correspondent à une lavogne et deux grands abreuvoirs à faune sauvage dont le fond est bétonné. Ce travail n'a pas été réalisé sur Agde par manque de mares artificielles à proximité du site. Sur ces mares, le même protocole que pour le suivi de l'habitat 3170* est appliqué et une classification ascendante hiérarchique (CAH) à partir de l'indice de Jaccard et du lien moyen permettra de hiérarchiser les mares par leur composition spécifique. L'hypothèse initiale suppose une séparation des mares artificielles et naturelles en fonction de leur composition spécifique.

b. CAH

On peut supposer que les paramètres environnementaux et la composition spécifique des mares mettent en évidence une différence entre les deux sites étudiés. Cette hypothèse a été testée grâce à une CAH. Pour les compositions spécifiques, le tableau initial de présence/absence a été transformé par l'indice de Jaccard qui met en évidence les ressemblances entre les mares. La méthode de Ward (Ward, 1963) a été retenue pour la hiérarchisation. Cette méthode est couramment utilisée dans les CAH basées sur les compositions floristiques (Cao *et al.*, 1997; De Caceres *et al.*, 2010; Murtagh & Legendre, 2014; van Speybroeck *et al.*, 1989; Wimalasena *et al.*, 2015). Pour la hiérarchisation à partir des variables environnementales, la distance euclidienne et la méthode de Ward ont été utilisées.

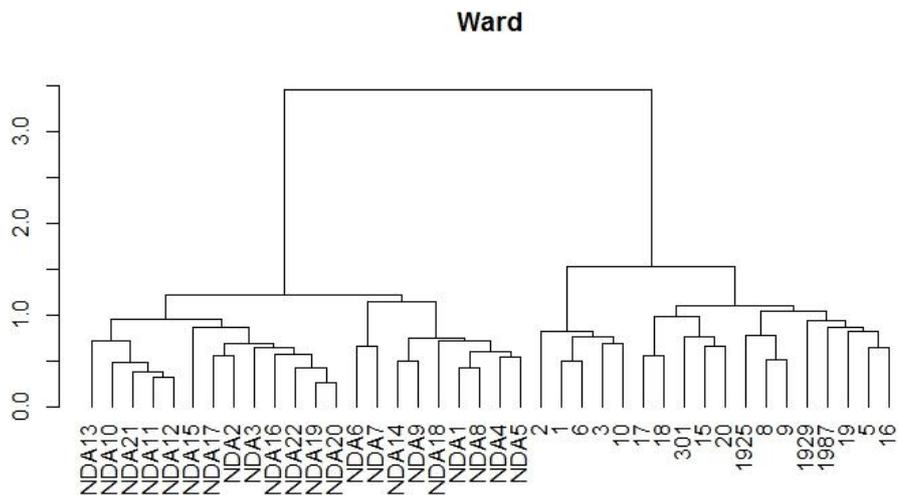


Figure 6 : Classification Ascendante Hiérarchique des mares en fonction de leurs compositions floristiques, les mares d'Agde sont précédées du préfixe NDA alors que les mares d'Aumelas sont représentées par des nombres simples

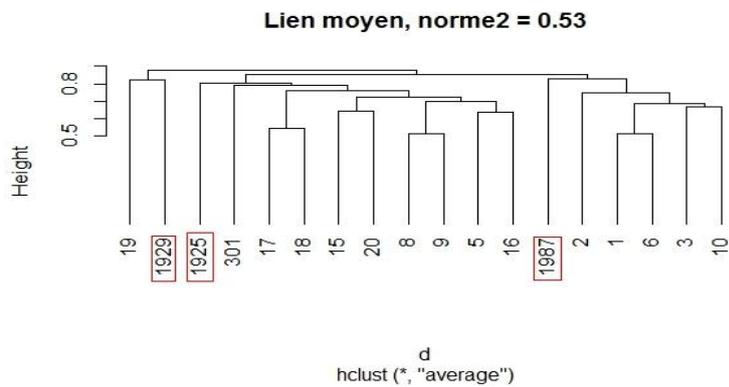


Figure 7 : Classification Ascendante Hiérarchique des mares d'Aumelas en fonction de leurs compositions floristiques, les mares 1925, 1929 et 1987 correspondent aux mares artificielles

Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre variables environnementales, site d'Agde à gauche et Aumelas à droite.

	Agde					Aumelas				
	Conductivité	Turbidité minérale	Turbidité chlorophyllienne	Surface en eau	Hauteur d'eau	Conductivité	Turbidité minérale	Turbidité chlorophyllienne	Surface en eau	Hauteur d'eau
Conductivité	1					1				
Turbidité minérale	0,127	1				-0,099	1			
Turbidité chlorophyllienne	0,112	0,626 (2,802.10e-10)	1			0,288	0,567	1		
Surface en eau	-0,371	-0,203	-0,156	1		-0,494	-0,344	-0,505	1	
Hauteur d'eau	-0,196	-0,107	-0,094	0,287	1	-0,425	-0,352	-0,477	0,679 (0,125)	1

c. Coefficients de corrélation

Au vu de la diversité des variables étudiées, elles ont été préalablement normalisées (centrées et réduites) puis le coefficient utilisé pour les corrélations est celui de Spearman. Le seuil de significativité retenue est $r > 0.6$. Si le coefficient est significatif, un test de corrélation est réalisé et une significativité est retenue pour une p-value inférieure à 0.05.

IV. Résultats

1. Comparaison de surface

Afin de répondre au premier axe d'évaluation de l'état de conservation, le Tableau 5 présente les surfaces estimées de l'habitat 3170 en fonction des deux sites d'étude. En considérant les données des DocOb (2008 pour Agde et 2013 pour Aumelas) comme état initial, on constate de nettes différences entre les valeurs indiquées dans les DocOb et les valeurs estimées en 2015 (surface potentielle de chaque mare).

2. CAH

La Figure 6 présente une classification des mares en fonction de leurs compositions spécifiques. On remarque que les deux sites sont séparés à un niveau hiérarchique très élevé, il y a donc très peu de similarités entre les mares des deux sites. Cette conclusion est la même au regard de la hiérarchisation en fonction des variables environnementales (Annexe 2) et implique, pour la suite des analyses, de considérer indépendamment chaque site.

La Figure 7 a été réalisée pour mettre en évidence les différences entre mares artificielles et mares 3170 sur le site d'Aumelas. Les mares 1925, 1929 et 1987 correspondent aux mares artificielles et on remarque qu'elles ne sont pas individualisées par rapport aux mares 3170. D'un point de vue composition spécifique, les mares artificielles ne sont pas significativement éloignées des compositions spécifiques de l'habitats 3170*.

3. Tests de corrélation

Afin de mettre en évidence d'éventuelles redondances entre les variables environnementales à l'échelle des sites, des coefficients de corrélations ont été calculés (Tableau 6). Pour Agde d'une part, les valeurs obtenues mettent en évidence une corrélation significative (0.626 et p-value = $2.802 \cdot 10^{-10}$) entre la turbidité minérale et la turbidité chlorophyllienne. Pour le site d'Aumelas, on remarque un coefficient de corrélation de 0.679,

Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre variables environnementales, indices de dysfonctionnement et état de conservation à dire d'expert par sites

	Corrélation avec l'état de conservation à dire d'expert	
	Aumelas	Agde
Conductivité	-0,057	-0,189
Turbidité minérale	-0,306	-0,330
Turbidité chlorophyllienne	-0,192	-0,199
Surface en eau	-0,014	-0,092
Hauteur d'eau	-0,074	-0,203
Surface couverte par la végétation caractéristique	0,877 (1,86.10e-6)	0,547
Semaine d'assèchement	-0,296	-0,360
Berges abruptes	-0,442	0,028
Pâturage	-0,335	-0,132
Impact anthropique	-0,424	-0,433
Espèces à forte dynamique	-0,092	-0,559
Ombre	-0,417	-0,426

Tableau 8 : Coefficients de corrélation entre espèces caractéristiques et évaluation de l'état de conservation à dire d'expert, site d'Agde à gauche et Aumelas à droite

	Corrélation avec l'état de conservation à dire d'expert	
	Agde	Aumelas
<i>Damasonium alisma</i> subsp. <i>polyspermum</i>	0,350	0,183
<i>Elatine macropoda</i>	0,335	-
<i>Juncus bufonius</i>	0,193	0,289
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	0,046	0,297
<i>Lythrum tribracteatum</i>	0,140	0,297
<i>Mentha cervina</i>	-	0,433
<i>Myosurus minimus</i>	0,335	-
<i>Veronica anagaloides</i>	-0,135	0,297
Nombre d'espèces caractéristiques	0,249	0,609 p-value = 0,02

Tableau 9 : Ordination des surfaces couvertes par la végétation caractéristique de l'habitat 3170 en fonction de l'état de conservation à dire d'expert, site d'Aumelas

	Mare	8	1929	17	1987	3	19	10	18	1925	6	301	5	15	20	9	2	1	16
Surface couverte par la végétation caractéristique de l'habitat (% par rapport à la surface potentielle)	0	0	5	5	10	10	30	30	30	40	50	60	60	60	60	70	90	90	90

Mauvais état de conservation
 État de conservation moyen
 Bon état de conservation

entre la hauteur d'eau et la surface en eau mais après un test de corrélation, ce coefficient n'est pas significatif ($p\text{-value} = 0.125$).

La suite des analyses réalisées a pour but de mettre en évidence les critères qui sont corrélés à l'état de conservation de l'habitat 3170. Les coefficients de corrélation obtenus pour chaque site entre indicateurs et état de conservation sont présentés dans le Tableau 7. On remarque que la surface couverte par l'habitat est corrélée significativement (0.877 et $p\text{-value} = 1.86.10^{-6}$) à l'état de conservation sur le site d'Aumelas. Plus la végétation caractéristique occupe une grande proportion de la surface potentielle de la mare, plus la mare est en bon état.

Enfin, basées sur la liste des espèces caractéristiques et indépendamment pour chaque site, de nouvelles corrélations ont été étudiées entre l'état de conservation des mares et la présence d'espèces caractéristiques ainsi que leur nombre (Tableau 8). Sur le site d'Aumelas, on remarque que le nombre d'espèces caractéristiques présentes dans la mare est corrélé positivement à l'état de conservation ($p\text{-value} = 0.02$). Plus la mare présente des espèces caractéristiques, plus elle est en bon état.

4. Étude de la surface couverte

Après avoir mis en évidence une corrélation entre la surface couverte par la végétation caractéristique de l'habitat 3170* et l'état de conservation, le tableau 9 permet de calibrer cet indicateur à l'échelle du site du Causse d'Aumelas pour l'année 2015. Les bornes sont ainsi établies : lorsque la végétation couvre moins d'un tiers de la surface potentielle de la mare, alors la mare est considérée en mauvais état de conservation. Lorsque la surface de la végétation caractéristique couvre entre un et deux tiers, alors la mare est en état moyen, au-delà de deux tiers couverts, la mare est en bon état de conservation.

5. Étude des valences écologiques

Le Tableau 10 présente les moyennes pour chaque valence étudiée (L, U, R et N) à chaque passage puis la moyenne de tous les passages du Causse d'Aumelas. On remarque, au vu des écarts types, qu'un seul passage donnerait les mêmes conclusions que plusieurs, à condition de le réaliser quand la majorité des espèces s'expriment, c'est-à-dire au mois de mai. La figure 8 présente l'étude des valences écologiques des espèces de la mare 2 sur le Causse d'Aumelas. Les valences moyennes ont été calculées à l'échelle de chaque quadrat. On remarque que les valeurs du coefficient d'humidité du sol (U) suivent la topographie du site et augmentent avec la hauteur d'eau. Le niveau trophique (N) diminue dans la végétation

Tableau 10 : Étude des moyennes des valences écologiques sur le site d'Aumelas

		L (lumière)	U (humidité)	R (pH)	N (niveau trophique)
Passage 1	Moyenne (écart-type)	7,6 (0,62)	8,5 (2,23)	5,9 (1,21)	4,6 (1,29)
	Max	9,5	12	9	7
	Min	6	2	3	1
Passage 2	Moyenne (écart-type)	7,6 (1,24)	8,0 (3,09)	6,1 (1,86)	4,7 (1,90)
	Max	9	12	9	7
	Min	3	2	3	1
Passage 3	Moyenne (écart-type)	7,6 (1,36)	7,26 (2,88)	5,7 (1,55)	4,5 (2,02)
	Max	11	12	8,5	8
	Min	3,5	2	3	1
Passage 4	Moyenne (écart-type)	7,6 (1,25)	7,6 (2,51)	5,5 (1,54)	4,3 (2,05)
	Max	9,5	12	9	8
	Min	6	2	3	1
Passage 5	Moyenne (écart-type)	7,2 (1,75)	7,3 (2,7)	5,3 (1,66)	4,29 (2,05)
	Max	11	12	9	7
	Min	2	2,5	3	1
Moyenne des 5 passages	Moyenne (écart-type)	7,6 (1,3)	7,4 (2,89)	5,73 (1,62)	4,51 (1,98)
	Max	11	12	9	8
	Min	2	2	3	1

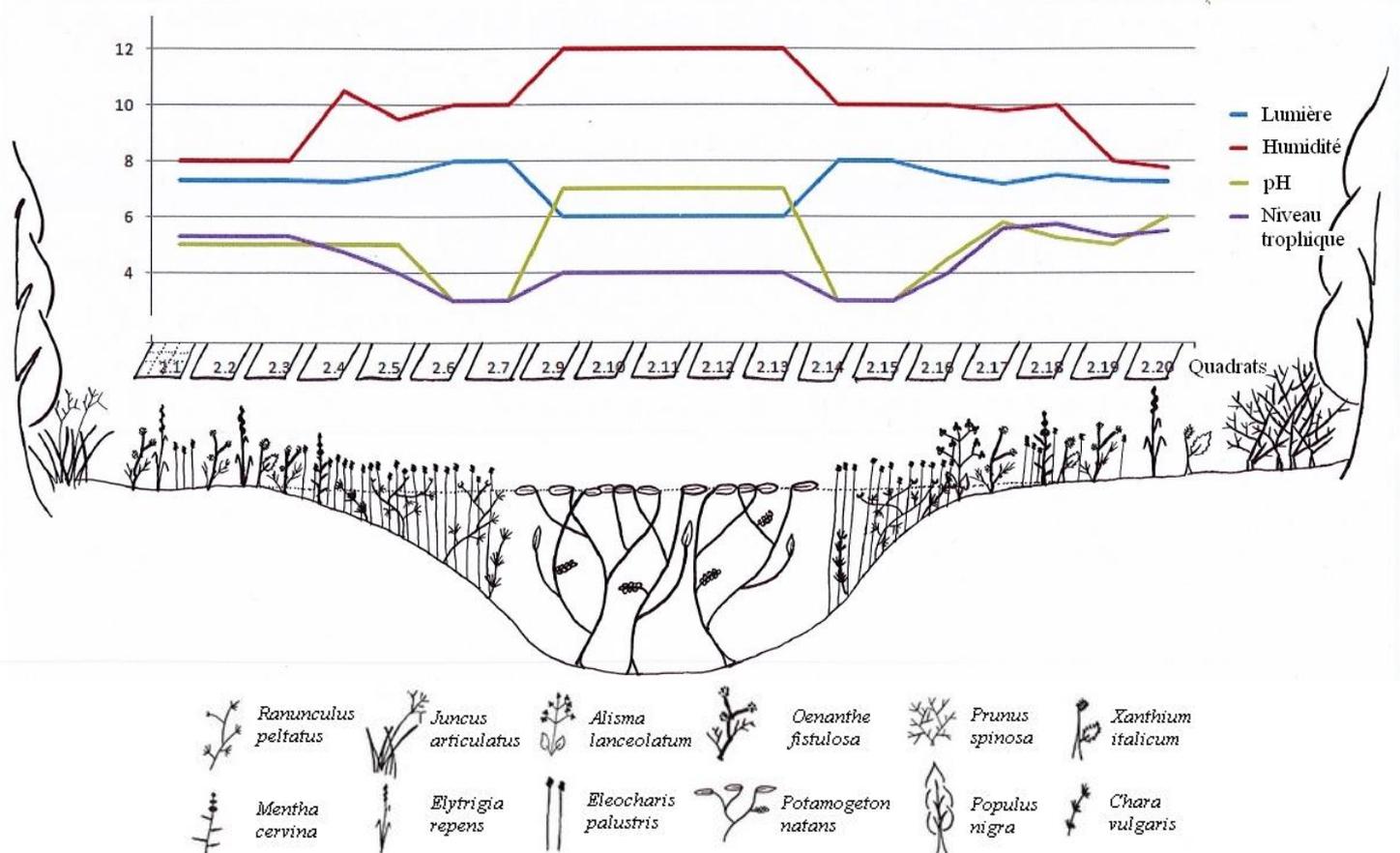


Figure 8 : Évolution des moyennes des valences écologiques en fonction de la position des relevés floristiques dans les quadrats de la mare 2, Aumelas

caractéristique de l'habitat 3170*. Cette figure permet aussi de soulever la différence entre la végétation caractéristique de l'habitat et l'habitat 3170* en lui-même. Les quadrats correspondants à la végétation de mare temporaire sont 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 et 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 et 2.19 avec des valences d'humidité compris entre 8 et 11 puis, au centre de la mare, cette valence devient égale à 12 et les espèces en présence ne correspondent pas à une végétation typique de mare temporaire. La mare est qualifiée d'habitat d'intérêt communautaire 3170* : mares temporaires méditerranéennes en tant qu'unité fonctionnelle même si la végétation caractéristique n'occupe pas toutes les ceintures de végétation et qu'une phase sèche de la zone centrale n'avait pas encore été constaté en juillet 2015.

6. Cartographie de l'accessibilité des mares

L'analyse cartographique (Annexe 3) montre une différence entre les deux sites. Les mares du site d'Agde sont toutes facilement à très facilement accessibles en voiture (moins de 100 mètres d'une route) et elles sont toutes concentrées. Sur le site d'Aumelas en revanche, la majorité des mares sont situées loin des accès routiers exceptées les mares 1, 5, 16, 19 et 301.

7. Évaluation de l'état de conservation à dire d'expert

L'état de conservation des mares est présenté sur les Figures 11 et 12. Sur Aumelas, 5 mares sont en bon état de conservation, 6 en état moyen et 4 en mauvais état de conservation. Sur le site d'Agde, 5 mares sont en bon état de conservation, 9 sont en état moyen et 7 en mauvais état. À l'échelle de chacun des deux sites, l'habitat 3170* est, à dire d'expert, considéré en état de conservation moyen.

V. Discussion et perspectives

Dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des habitats, le paramètre surface de l'habitat est essentiel. En comparant à 2 ans d'intervalle le site d'Aumelas, on constate une diminution d'environ 83% de la surface des mares. Pour Agde, 7 ans après l'état initial du DocOb, on constate une augmentation de l'ordre de 170% de la surface. L'habitat 3170* ne s'exprime qu'en des conditions topographiques particulières et aucun aménagement n'a été réalisé pour agrandir ou combler les mares entre le passage d'inventaire pour les DocOb et la campagne de terrain de 2015. Étant donné le caractère ponctuel de cet habitat, les conclusions issues de ces grandes variations ne peuvent signifier des changements majeurs de

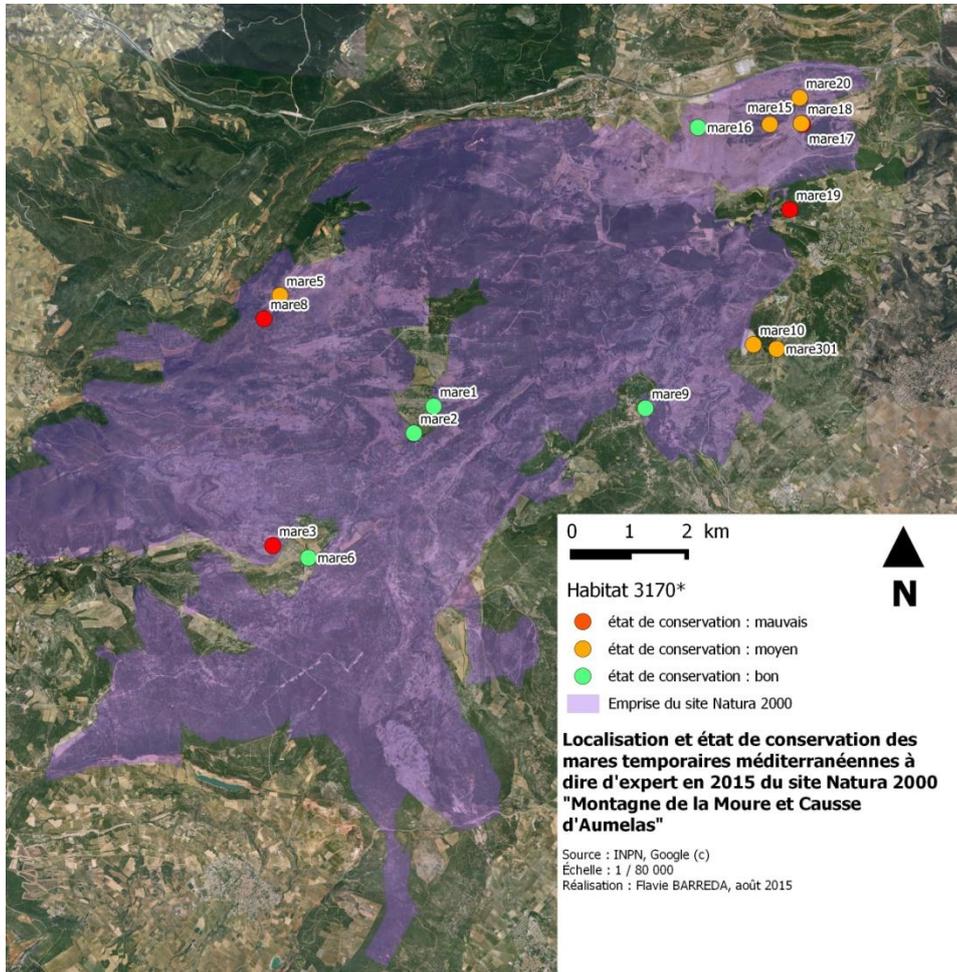


Figure 11 : État de conservation des mares d'Aumelas, à dire d'expert

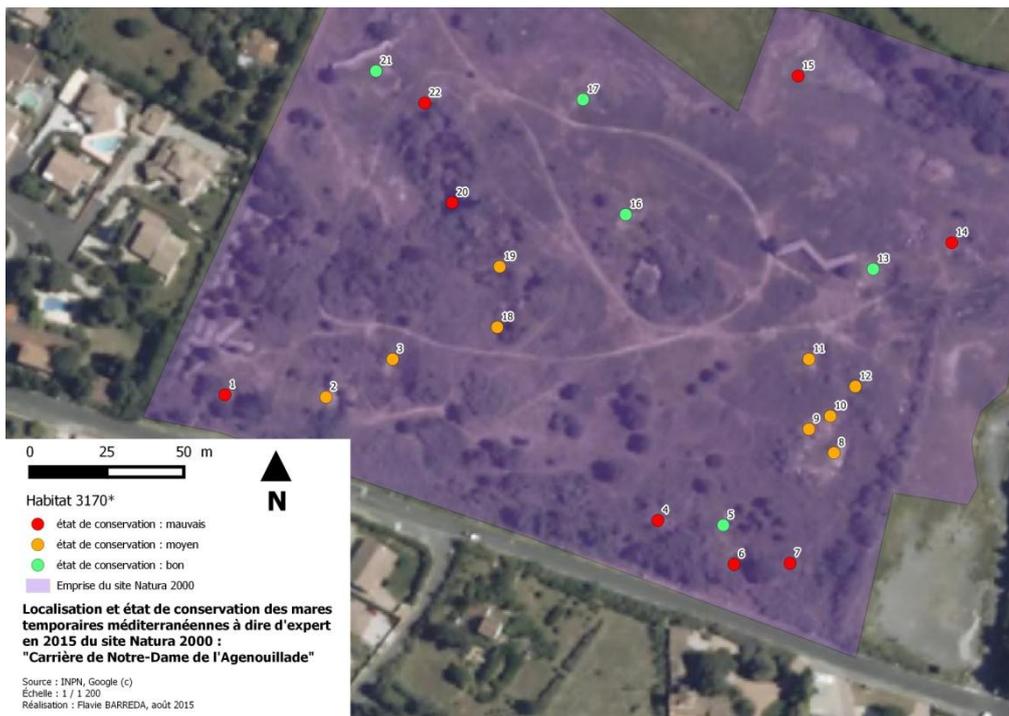


Figure 12 : État de conservation des mares d'Agde, à dire d'expert

la surface mais plutôt un problème de méthodes d'évaluation des surfaces. On peut supposer que l'estimation des DocOb n'est pas précise et que les valeurs issues de la campagne de terrain 2015 sont représentatives pour l'année 2015. Des variations de surface en eau peuvent être observées en hiver en fonction notamment, de la quantité de pluie cumulée. Les données climatiques, pourtant essentielles à la compréhension du fonctionnement de cet habitat, n'ont pas été disponibles cette année.

Parmi l'ensemble des coefficients de corrélation calculés, deux indiquent un lien entre un indicateur et l'état de conservation sur le site d'Aumelas. Il s'agit du « nombre d'espèces caractéristiques présentes dans la mare » et de « la surface occupée par la végétation caractéristique de l'habitat 3170* ». Plus ces valeurs sont élevées, plus la mare est considérée en bon état. Des seuils de recouvrement peuvent-même être attribués pour chaque état de conservation : 1/3 correspond à une mare en mauvais état, entre 1 et 2/3 pour un état moyen et plus de 2/3 pour un bon état de conservation à l'échelle du site d'Aumelas. L'expression des espèces caractéristiques et la surface occupée par la végétation varie d'une année sur l'autre. Ces indicateurs sont valables pour cette étude mais ne sont pas forcément généralisables.

Le fait qu'aucun autre indicateur ne soit corrélé, à l'échelle de ces deux cas, à l'état de conservation de l'habitat 3170* se justifie par la variabilité de cet habitat. Les conditions écologiques, comme les variations hydriques, varient tout au long de l'année et entre les années. En automne, avec les pluies, les mares se remplissent d'eau. Une partie de la banque de graine présente dans l'habitat s'exprime, notamment les espèces aquatiques très compétitrices dans ces conditions. Au printemps, avec la hausse de température et la diminution de la surface en eau, les espèces amphibiens germent sous l'eau puis fleurissent et fructifient à l'exondation. Après l'assèchement de la mare, de nouvelles espèces s'expriment. La variation de la masse d'eau influence les paramètres tels que la turbidité ou la conductivité. Les valeurs mesurées à chaque passage sont différentes. Ces mesures ponctuelles ne sont pas indicatrices du bon ou du mauvais état de conservation de l'habitat 3170*. Prenons l'exemple de la mare 9 d'Aumelas qui, au premier passage, présentait une surface en eau réduite (Illustration 7). L'eau était extrêmement turbide et la mesure de conductivité était élevée. Au second passage, un assec était constaté (Illustration 8). Au troisième passage, après un épisode pluvieux important, la mare s'était remise en eau (Illustration 9) et les valeurs de turbidité et conductivité observées entraient dans la moyenne des valeurs obtenues dans les autres mares du site. Au-delà de cette observation, le cortège floristique de cette mare est celui qui présente



Illustration 7 : Mare 9,
Causse d'Aumelas au 9 avril 2015



Illustration 8 : Mare 9,
Causse d'Aumelas au 18 mai 2015



Illustration 9 : Mare 9,
Causse d'Aumelas au 9 juin 2015



Illustration 10 : Mélange de *Mentha cervina* L. et *Pulicaria vulgaris* Gaertn.

le plus d'espèces caractéristiques de l'ensemble des mares étudiées sur Aumelas (Illustration 10). Les variations de qualité de l'eau sur une année ne semblent pas influencer les cortèges floristiques et, à dire d'expert, cette mare est considérée en bon état de conservation.

Par définition, les mares temporaires méditerranéennes sont des systèmes qui nécessitent des perturbations et qui tolèrent des conditions très variables. Les végétaux caractéristiques de cet habitat peuvent ne pas s'exprimer pendant plusieurs années, on appelle cela une phase d'éclipse. Lorsque les conditions redeviennent favorables, les communautés s'expriment de nouveau. Ainsi, certains cortèges de mares temporaires peuvent n'apparaître que tous les dix ans (Grillas *et al.*, 2004). Certaines variables comme le pâturage (ou l'ouverture du milieu), peuvent sensiblement augmenter l'abondance des espèces caractéristiques en réduisant la compétition. La majorité des suivis des mares temporaires sont réalisés sur plusieurs années compte tenu de la grande variabilité temporelle de cet habitat. De manière générale, les suivis durent entre 3 ans (Bélaïr (de), 2005), 4 ans (Pinto-Cruz *et al.*, 2011), 10 ans (Collinge & Ray, 2009; Mascia *et al.*, 2009) et plus de 20 ans (Gomez-Rodriguez *et al.*, 2009). Ces auteurs s'accordent aussi sur l'importance de suivre les mares sur l'ensemble de l'hydropériode, depuis la mise en eau et jusqu'à l'assec des mares. Le suivi en 2015 ne donne qu'une vision partielle du fonctionnement des mares étudiées.

Le travail sur les valences écologiques semble prometteur. Les premiers résultats indiquent bien une différence de la moyenne des coefficients pour chaque quadrat en fonction de sa position dans la mare. Pour les mares dont les moyennes sont identiques à chaque quadrat et dont les valeurs sont différentes des moyennes attendues au regard du cortège caractéristique, on peut supposer une déviance des groupements végétaux lié aux conditions écologiques. En effet, quand les moyennes du coefficient N augmentent, les communautés à *Mentha cervina* sont progressivement remplacées par des groupements à *Rumex* spp. et *Mentha pulegium* (De Foucault, 1988). Une remarque est importante à préciser au sujet des coefficients utilisés, les valences de chaque espèce proposées par Pignatti (Pignatti, 2005) concernent la flore italienne. À l'échelle française, cette liste n'est pas complète c'est pourquoi des espèces comme la menthe des cerfs, qui est absente en Italie, ont été ajoutées. Par ailleurs, un travail sur les stratégies de Grime³ pourrait-être réalisé mais la caractérisation

³ Compétition (C), stress (S) et perturbation (R) sont les trois forces qui contraignent la répartition des espèces, leur conférant des coordonnées dans un espace à trois dimensions appelé triangle de Grime (Grime, 2001). De nombreux auteurs ont travaillé sur les stratégies de Grime au sujet des capacités d'adaptation des espèces dans les milieux : Cerabolini *et al.*, 2010; Fort, 2013; Kilinç *et al.*, 2010; Médail and Verlaque, 1997; Pierce *et al.*, 2014, 2013; Verlaque *et al.*, 2001. Le stress hydrique, l'oligotrophie ou encore les irrégularités inter annuelles sont des contraintes présentes dans les mares temporaires.



Illustration 11 : Emprise de l'incendie du 14/07/15 : en haut, entrée du site (22/12/ 14 à gauche et 28/07/15 à droite).
En bas, mare 16 (10/04/15 à gauche, 28/07/15 à droite)

des stratégies des espèces pour une zone donnée représente à elle seule un thème de recherche comme cela a été réalisé notamment par Fort, 2013; Kiliņç *et al.*, 2010 et Pierce *et al.*, 2014, 2013.

L'étude des mares se veut exhaustive à l'échelle des sites. Cependant, la mare 7 (Mas Sainton) sur Aumelas et la mare 15 d'Agde n'ont pas bénéficié d'un suivi complet car les autorisations pour accéder aux propriétés privées ont tardé. Sachant que la robustesse des analyses statistiques est dépendante du nombre de mares étudiées, plus leur nombre est élevé, plus les résultats sont exploitables statistiquement.

L'étude de l'accessibilité des mares a pris une tout autre tournure au cours du stage. L'importance de cet indicateur a été conforté après un accident lié la fréquentation et l'accès facile aux mares. Le 14 juillet 2015, un incendie volontaire a détruit les deux tiers du site d'Agde (Illustration 11). Ce site se trouve au milieu d'une zone urbanisée et bien que les accès aux véhicules motorisés soient interdits, le site ne mesure que quelques centaines de mètres de long et des sentiers sont tracés régulièrement. Un cas similaire d'incendie a eu lieu en 2003 sur les mares du Catchéou dans le Var. Le retour d'expérience de ce site va permettre la mise en place d'un suivi dès l'année prochaine pour évaluer l'impact de cet incendie sur les communautés.

La convergence observée dans la hiérarchisation entre mares 3170 et mares artificielles du Causse d'Aumelas permet de se poser des questions au sujet de l'origine « naturelle » des mares 3170. Le cas particulier de la mare 10 d'Aumelas est un exemple frappant (Illustration 12). Cette mare a été créée en 1999 par les propriétaires du terrain, M. et Mme Cazal (terrassment, apport d'argile, installation de dalles, grillage de protection autours). Lors de l'inventaire du DocOb, cette mare a été étudiée et la végétation en présence comprenait la menthe des cerfs ce qui a basculé cette mare dans l'habitat 3170*. Au sujet de la faible occupation des mares d'Agde par les communautés caractéristiques de l'*Isoetion*, on peut se demander si ce ne sont pas des formes marginales de cet habitat. Lors de la visite des mares de l'*Isoetion* en Sardaigne en 2015 (Illustration 13), les faciès étaient complètement différents notamment en termes de surface (plusieurs hectares homogène de végétation caractéristique).



Illustration 12 : Mare 10 du Causse d'Aumelas



Illustration 13 : Mare Antoi Marricca, Gesturi, Sardaigne

Dans cette étude, le dire d'expert occupe encore une grande place, sans lui, la caractérisation de l'état de conservation n'aurait pas été concluante avec les indicateurs choisis. Les méthodes à rechercher doivent permettre de matérialiser grâce à des indicateurs, les conclusions émises à dire d'expert. Les objectifs définis par la DHFF et ses déclinaisons quant à la mise en place de méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats tirent leurs complexités des habitats ciblés. Notre étude illustre un des habitats les plus complexe à appréhender en région méditerranéenne compte tenu de sa variabilité inter et intra-annuelle. L'ensemble des données récoltées sur chaque site lors de la campagne de terrain pourront être étudiées plus précisément par le CBNMed et permettront peut-être d'établir une méthode d'évaluation opérationnelle qui passe notamment, par l'utilisation des valences écologiques. Le suivi à plus ou moins long terme est nécessaire afin de pallier aux variations stochastiques et les données climatiques doivent être intégrées pour comprendre les observations.

VI. Conclusion

L'évaluation de l'état de conservation des habitats nécessite une démarche structurée dans le suivi et l'analyse des indicateurs choisis. Dans le cas de l'habitat 3170* : mares temporaires méditerranéennes, le premier obstacle rencontré concerne la variabilité de cet habitat, tant sur le plan fonctionnel que floristique. C'est un habitat ponctuel dont les espèces caractéristiques ne s'expriment pas de manière régulière. Le suivi de deux sites dans l'Hérault a permis de mettre en évidence ces variabilités. Même si les ambitions initiales étaient de faire abstraction du dire d'expert, les conclusions indiquent que sans lui, les indicateurs ne peuvent pas être testés et que seul les indicateurs « nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat » et « surface couverte par l'habitat caractéristique » sont corrélés à l'état de conservation des mares sur le site d'Aumelas. L'étude des valences écologiques des espèces végétales semblent prometteuse à condition que les travaux de Pignatti (Pignatti, 2005) soient adaptés à la région méditerranéenne française. Il suffirait alors d'établir des limites de valences écologiques propres aux mares temporaires en état de conservation favorable. Des cadrages pourront être obtenus grâce à des relevés de référence dans les différentes associations de l'habitat 3170*. Ces limites pourraient ensuite être comparées aux moyennes des valences écologiques des mares à évaluer et permettre une évaluation objective.

Bibliographie

- ADENA, 2008. Document d'objectifs Site Natura 2000 FR 9101416 "Carrières de Notre-Dame de l'Agenouillade." 96p.
- Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2008. Gestion des plantes aquatiques envahissantes. 18 p.
- Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie, 2004. Restaurer une mare. Connaître pour agir. 4p.
- Alvarez-Cobelas, M., Deil, U., 2015. Occurrence and distribution of ephemeral wetland communities in South America : completing vegetation data with herbarium records. Presented at the International Symposium on Mediterranean Temporary ponds - Paulis Project, P.Ass.I.Flora, Sassari.
- Angeler, D.G., 2009. Management and conservation of temporary ponds : opportunities and challenges in the new millennium, in: Leccio Recerca 14. *Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract.* Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 299 – 306.
- Angeler, D.G., Alvarez-Cobelas, M., Sánchez-Carrillo, S., 2010. Evaluating environmental conditions of a temporary pond complex using rotifer emergence from dry soils. *Ecological Indicators* 10, 545 – 549.
- Anonyme, 1979. Directive Oiseaux, 79/409/EEC.
- Anonyme, 1992. Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Dernière modification : directive 2006/105/CEE du Conseil du 20 novembre 2006 publiée au JO UE du 20.12.2006 (DHFF).
- Anonyme, 2008. Article 414-11 du Code de l'Environnement, modifié par décret n°2008-457 du 15 mai 2008, art. 18.
- Anonyme, 2014. Diagnostic écologique préalable à l'élaboration du document d'objectifs du site d'importance communautaire Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas - FR9101393. 189 p.
- Argagnon, O., 2012. Note sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000. CBNMed. 13p.
- Aronson, J., Shmida, A., 1992. Plant species diversity along a Mediterranean - Desert gradient and its correlation to inter-annual rainfall fluctuations. *Journal of Arid Environment* 23, 235 – 247.

- Bagella, S., Caria, M.C., 2013. Sensitivity of ephemeral wetland swards with *Isoetes histrix* Bory to environmental variables : implications for the conservation of Mediterranean temporary ponds. *Aquatic Conservation : marine and freshwater ecosystems* 23, 277 – 290.
- Bagella, S., Caria, M.C., Farris, E., Filigheddu, R., 2007. Issues related to the classification of Mediterranean temporary wet habitats according with the European Union Habitats Directive. *Fitosociologia* 44, 245 – 249.
- Bagella, S., Caria, M.C., Farris, E., Filigheddu, R., 2009a. Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Mediterranean temporary wet habitats : a case study in Sardinia (Italy). *Plant Biosystems* 143, 435 – 442.
- Bagella, S., Caria, M.C., Zuccarello, V., 2009b. Small-scale distribution in Mediterranean temporary ponds : implications for conservation, in: *Leccio Recerca 14. Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 121 – 127.
- Bagella, S., Caria, M.C., Zuccarello, V., 2010. Patterns of emblematic habitat types in Mediterranean temporary wetlands. *Comptes Rendus Biologies* 333, 694 – 700.
- Bailly-Comte, V., 2015. Communication personnelle. Apports hydriques des mares du Causse d'Aumelas. Échange par mail du 18/03/15.
- Bailly-Comte, V., Jourde, H., Roesch, A., Pistre, S., Batiot-Guilhe, C., 2007. Time series analyses for Karst/River interactions assessment : Case of the Coulazou river (southern France). *Journal of Hydrology* 349, 98 – 114.
- Barbour, M.G., Solomeshch, A.I., Holland, R.F., Witham, C.W., Macdonald, R.L., Cilliers, S.S., Molina, J.A., Buck, J.J., Hillman, J.M., 2005. Vernal pool vegetation of California: communities of long-inundated deep habitats. *Phytocœnologia* 35, 177 – 200.
- Barnaud, G., Fustec, E., 2007. Conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ? Quae, Educagri. 230 p.
- Bazin, P., Barnaud, G., 2002. Du suivi à l'évaluation : à la recherche d'indicateurs opérationnels en écologie de la restauration (From monitoring to evaluation : in search of operational indicators in restoration ecology) *Revue d'écologie, supplément n°9*, 201 – 224.
- Beja, P., Alcazar, R., 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification : an evaluation using amphibians. *Biological Conservation* 114, 317 – 326.

- Bélaïr (de), G., 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie) - Vegetation dynamics in temporary ponds of North Africa (Oriental Numidia, NE Algeria). *Ecologia Mediterranea* 31, 83 – 100.
- Bensettiti , F., Gaudillat, V., Haury, J., (coord.), 2002. “Cahiers d’habitats” Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d’intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/MNHN. La Documentation française. 457p.
- Bensettiti, F., Combroux, I., Daszkiewicz, P., 2006. Évaluation de l’état de conservation des Habitats et Espèces d’intérêt communautaire. SPN/MNHN. 59 p.
- Bensettiti, F., Trouvilliez, J., 2009. Rapport synthétique des résultats de la France sur l’état de conservation des habitats et des espèces conformément à l’article 17 de la Directive Habitats. SPN/MNHN. 50 p.
- Blandin, P., 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bulletin d’écologie 17, Ministère de l’Environnement, contrat n°82160 : « Synthèse et évaluation des recherches sur la mise au point d’indicateurs biologiques permettant de caractériser l’état et la transformation des écosystèmes ». 215 - 307
- Bonis, A., Lepar, J., Laloë, F., 1996. Effet de la température sur l’installation et la croissance des plantes annuelles de marais temporaires méditerranéens. *Canadian Journal of Botany* 74, 1086 – 1094.
- Bosch, J., 2014. Étude du fonctionnement hydrologique des mares de Notre Dame de l’Agenouillade. BRL. 59p.
- Boureau, J.-G., Cluzeau, C., Dupouey, J.-L., Gosselin, F., Gosselin, M., Hamza, N., Julliard, R., Vallauri, D., 2007. Évaluation des indicateurs nationaux de biodiversité forestière. GIP Ecofor. 41 - 55.
- Braun-Blanquet, J., 1936. Un joyau floristique et phytosociologique “L’Isoetion” méditerranéen. *Comm. S.I.G.M.A.* 42, *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Nîmes*. 23p.
- Bried, J.T., Jog, S.K., Dzialowski, A.R., Davis, C.A., 2014. Potential Vegetation Criteria for Identifying Reference-Quality Wetlands in the South-Central United States. *Wetlands* DOI 10.1007/s13157-014-0575-5, 11 p.
- Brock, M.A., 2009. Social awareness of temporary wetlands: a southern hemisphere perspective on the past, present and future, in: *Leccio Recerca 14. Presented at the in International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 363 – 375.

- Bunce, R.G.H., Bogers, M.M.B., Evans, D., Halada, L., Jongman, R.H.G., Mucher, C.A., Bauch, B., Blust (de), G., Parr, T.W., Olsvig-Whittaker, L., 2013. The significance of habitat as indicators of biodiversity and their links to species. *Ecological Indicators* 33, 19 – 25.
- Cao, Y., Bark, A., Williams, P., 1997. A comparison of clustering methods for river benthic community analysis. *Hydrobiologia* 347, 25 – 40.
- Carnino, N., 2009. État de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire à l'échelle du site - Méthode d'évaluation et Guide d'application. MNHN/ONF. 23p.
- Casanova, M.T., 2015. Temporary wetlands in southern Australia : predicting response to climate change. *Presented at the in International Symposium on Mediterranean Temporary ponds - Paulis Project*, P.Ass.I.Flora, Sassari.
- Centre Régional de la Propriété Forestière PACA, 2009. Une question, une réponse : Pourquoi préserver les mares ? CRPF. Fiche n°356002.
- Cerabolini, B.E.L., Brusa, G., Ceriani, R.M., De Andreis, R., Luzzaro, A., Pierce, S., 2010. Can CSR classification be generally applied outside Britain ? *Plant Ecology* 210, 253 – 261.
- Charles, M., 2013. État de conservation des mares temporaires méditerranéennes, habitat d'intérêt communautaire, méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. Décembre 2013. Rapport SPN/MNHN/ONEMA. 45p.
- Clewell, A.F., Aronson, J., 2010. La restauration écologique. Actes Sud. 340p.
- Collinge, S.K., Ray, C., 2009. Ecology and restoration of vernal pools : a ten-year study of plant community dynamics, in: Leccio Ricerca 14. *Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 281 – 290.
- Conseil Général de l'Eure, 2011. Turbidité et vulnérabilité de la ressource en eau. 2p.
- Dale, V.H., Beyeler, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1, 3 – 10.
- De Caceres, M., Font, X., Francesc, O., 2010. The management of vegetation classifications with fuzzy clustering. *Journal of Vegetation Science* 21, 1138 – 1151.
- De Foucault, B., 1988. Les végétations herbacées basses amphibies : systématique, structuralisme, synsystématique. *Dissertationes Botanicae* 121, 1 – 150.
- Del Pozo, R., Fernández-Alàez, C., Fernández-Alàez, M., 2009. Macrophyte community and driving variables in temporary Mediterranean ponds. Presented at the *International*

- conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, p. 387.*
- Dolédec, S., Chessel, D., Gimaret-Carpentier, C., 2000. Niche separation on community analysis : a new method. *Ecology* 81, 10 : 2914 - 2927
- Ellenberg, H., 1974. Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9, 9 – 166.
- Epicoco, C., Viry, D., Bensettiti, F., 2015. Projet de méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des tourbières acides à sphaignes à l'échelle d'un site Natura 2000. *Non publié.*
- European Commission DG Environment, 2005. Note to the Habitat Committee. 10p.
- European Commission DG Environment, 2006. Assessment, monitoring and reporting under the Article 17 of the Habitat Directive : Explanatory, Notes & Guidelines. 123p.
- European Commission DG Environment, 2013. Interpretation manual of European Union Habitats (EUR 28). 146p.
- Evans, D., Arvela, M., 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guildelines for the period 2007 - 2014.
- Ewald, N., Nicolet, P., Oertli, B., Bella, V. Della, Rhazi, L., Reymond, A.S., Minssieux, E., Saber, E., Rhazi, M., Biggs, J., Cereghino, R., Grillas, P., Kalettka, T., Hull, A., Scher, O., Serrano, L., 2010. A preliminary assessment of Important Areas for Ponds (IAPs) in the Mediterranean Basin and Alpine Arc -Technical report. 46p.
- Ferchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S.D., Daoub-Bouattour, A., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Ouali, M., Ben Saad-Limam, S., 2010. Structures de végétation en conservation des zones humides temporaires méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie septentrionale). *Comptes Rendus Biologies* 333, 265 – 279.
- Fort, F., 2013. Stratégies d'acquisition des ressources des plantes prairiales sous contraintes hydrique et minérale - Rôle du système racinaire dans la réponse aux facteurs structurant les communautés. Thèse. Université de Toulouse. 216p.
- Gallego-Fernandez, J.B., Garcia-Mora, R., Garcia-Novo, F., 1999. Smallwetlands lost : a biological conservaton hazard in Mediterranean landscape. *Environmental Conservation* 26, 190 – 199.
- Givord, J., Argagnon, O., 2015. Éléments pour une méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat 3170 : Mares temporaires méditerranéennes en région Languedoc - Roussillon. *CBNMed*. 34p.

- Goffé, L., 2011. État de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. - Version 1. SPN/MNHN. 67p.
- Gomez-Rodriguez, C., Bustamante, J., Diaz-Paniagua, C., 2009. Remote-sensing evidence of hydroperiod shortening in a system of temporary ponds, in: *Leccio Recerca 14. Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, p. 440.
- Grillas, P., 2009. The vegetation of temporary pools : adaptation and opportunism, in: *Leccio Recerca 14. Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 109 – 119.
- Grillas, P., 2015. Communication personnelle. Rencontre lors du Conseil Scientifique du Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles - 17/05/15 - Aix en Provence.
- Grillas, P., 2015. The plants of Mediterranean temporary pools : do we know enough for their conservation? *Presented at the International Symposium on Mediterranean Temporary Ponds - Paulis Project, P.Ass.I.Flora, Sassari*.
- Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, C., 2004. Les mares temporaires méditerranéennes - Volume 1 : Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Volume 2 : Fiches espèces. Station biologique de la Tour du Valat, Arles. 118p + 128p.
- Grime, J.P., 2001. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*, Second edition. ed. Wiley. 222p.
- Hajkova, P., Hajek, M., Apostolova, I., 2006. Diversity of wetland vegetation in the Bulgarian high mountains, main gradients and context-dependence of the pH role. *Plant Ecology* 184, 111 – 130.
- Herbet, P., Bonis, A., Bouzillé, J.-B., 2015. Pouvoir comparer des états de conservation. *Espaces Naturels*, 49, 44 – 45.
- Herlihy, A.T., Sobota, J.B., McDonnell, T.C., Sullivan, T.J., Lehmann, S., Tarquinio, E., 2013. An a priori process for selecting candidate reference lakes for a national survey. *Freshwater Science* 32, 385 – 396.
- Hulsmans, A., Vanschoenwinkel, B., Pyke, C., Riddoch, B.J., Brendonck, L., 2008. Quantifying the hydroregime of a temporary pool habitat : a modeling approach for ephemeral rock pools in SE Botswana. *Ecosystems* 11, 89 – 100.

- Institut national de santé publique du Québec, 2003. Groupe scientifique sur l'eau - Fiche turbidité. 6p.
- Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2015. Rapportages communautaires sur les directives "Nature". URL <http://inpn.mnhn.fr> (consulté le 15.7.15).
- Jacquet, K., Prodon, R., 2014. Analyses multivariées avec ade4 dans R. EPHE - BEV Montpellier. 33p.
- Kilinç, M., Karavin, N., Kutbay, H.G., 2010. Classification of some plant species according to Grime's strategies in a *Quercus cerris* L. var. *cerris* woodland in Samsun, northern Turkey. Turkish Journal of Botany 34, 521 – 529.
- Kluszczewski, M., 2012. Évaluation de l'état de conservation des habitats naturels d'intérêt communautaire contractualisés en Lozère (échelle de l'habitat et de l'unité de gestion) - Guide méthodologique à l'usage des opérateurs. CEN-L.-R. 154p.
- Kluszczewski, M., Barret, J., Baudot, C., Fleury, J., 2010. Évaluer l'état de conservation des habitats naturels à l'échelle du terrain : approches dans le Languedoc-Roussillon. Revue Forestière Française, LXII, 417 - 427.
- Kluszczewski, M., Lacoste, C., 2007. Élaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du Parc National des Cévennes. CEN-L.-R. 65p.
- Le Jean, Y., 2008. Réflexions sur l'état de conservation des habitats forestiers. Exemple de la Franche-Comté. Revue Forestière Française LX, 425 – 436.
- Lepareur, F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. SPN/MNHN. 57p.
- Level, H., Lois, G., Couvet, D., 2007. Indicateurs de biodiversité pour les forêts françaises. État des lieux et perspectives. Revue Forestière Française LIX, 45 – 56.
- Maciejewski, L., Seytre, L., Van Es, J., Dupont, P., Ben-Mimoun, K., 2013. État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. - Guide d'application - Version 2. SPN/MNHN. 184p.
- Mascia, F., Podda, L., Bacchetta, G., 2009. Alien flora in temporary ponds of Sardinia : preliminary data on invasive species and threatened habitat, in: Leccio Ricerca 14. Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, p. 424.

- Médail, F., Verlaque, R., 1997. Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica : implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 80, 269 – 281.
- Mücher, C.A., Kooistra, L., Vermeulen, M., Vanden Borre, J., Haveman, R., 2013. Quantifying structure of Natura 2000 headland habitats using spectral mixture analysis and segmentation techniques on hyperspectral imagery. *Ecological Indicators* 33, 71 – 81.
- Muller, S.D., Daoub-Bouattour, A., Amami, B., Ferchichi-Ben Jamaa, H., Ferrandini, J., Ferrandini, M., Ghrabi-Gammar, Z., Grillas, P., Pozzo Di Borgo, M.-L., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Ben Saad-Limam, S., 2009. Interest of historical data for conservation of temporary pools, in: *Leccio Recerca 14. Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 339 – 352.
- Murtagh, F., Legendre, P., 2014. Ward’s Hierarchical Agglomerative Clustering Method : Which algorithms implement Ward’s criterion ? *Journal of Classification* 31, 274 – 295.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development, 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment.
- Organisme des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture, 2015. Modèle Pression-État-Réponse et Indicateurs environnementaux. Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD). Boîte à outils Elevage-Environnement. URL <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/fr/lead/toolbox/Refer/EnvIndi.htm> (consulté le 1.27.15).
- Parkes, D., Newell, G., Cheal, D., 2003. Assessing the quality of native vegetation : The “habitat hectares” approach. *Ecological Management & Restoration* 4, 29 – 38.
- Pierce, S., Bottinelli, A., Bassani, I., Ceriani, R.M., Cerabolini, B.E.L., 2014. How well do seed production traits correlate with leaf traits, whole-plant traits and plant ecological strategies ? *Plant Ecology* 215, 1351 – 1359.
- Pierce, S., Brusa, G., Vagge, I., Cerabolini, B.E.L., 2013. Allocating CSR plant functional types : the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. *Functional Ecology* 27, 1002 – 1010.
- Pignatti, S., 2005. Valori di bioindicazione delle piante vascolari della Flora d’Italia. *Braun-Blanquetia* 39, 1 – 300.

- Pinto-Cruz, C., Barbosa, A.M., Molina, J.A., Espirito-Santo, M.D., 2011. Biotic and abiotic parameters that distinguish types of temporary ponds in a Portuguese Mediterranean ecosystem. *Ecological Indicators* 11, 1658 – 1663.
- Pretus, J.L., 2009. Mediterranean temporary ponds : life histories for unwarranted offbeat environments, in: Leccio Recerca 14. *Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 23 – 35.
- Quézel, P., 1998. La végétation des mares transitoires à *Isoetes* en région méditerranéennes, intérêt patrimonial et conservation. *Ecologia Mediterranea* 24, 111 – 117.
- Remond, Y., 1979. Le Causse d'Aumelas (Hérault) - Cartographie au 12 500ème des formations végétales et des valeurs pastorales estimées. Rapport d'étude, Université des Sciences Techniques de Montpellier. 58p.
- Rey-Boissezon, A., Auderset Joye, D., 2015. Habitat requirements of charophytes - Evidence of species discrimination through distribution analysis. *Aquatic Botany* 120, 84 – 91.
- Rhazi, L., Grillas, P., Mounirou Toure, A., Tan Ham, L., 2001. Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. *Science de la vie* 324, 165 – 177.
- Rhazi, L., Grillas, P., Saber, E.-R., Rhazi, M., Brendonck, L., Waterkeyn, A., 2012. Vegetation of Mediterranean temporary pools : a fading jewel ? *Hydrobiologia* 689, 23 – 36.
- Rodrigo, M.A., Rojo, C., Segura, M., Alonso-Guillén, J., Martin, M., Vera, P., 2015. The role of charophytes in a Mediterranean pond created for restoration purpose. *Aquatic Botany* 120, 101 – 111.
- Roesch, A., 2004. Quantification de la dynamique et de la contribution des apports karstiques aux écoulements de surface lors de crues “méditerranéennes”. Étude du couplage entre fonctionnements hydrogéologique et hydrologique du Causse d'Aumelas. Mémoire DEA. Université de Montpellier. 132p.
- Rouissi, M., Boix, D., Muller, S.D., Gascon, S., Rhui, A., Sala, J., Bouattour, A., Ben Haj Jilani, I., Ghrabi-Gammar, Z., Ben Saad-Limam, S., Daoub-Bouattour, A., 2014. Spatio-temporal variability of faunal and floral assemblages in Mediterranean temporary wetlands. *Comptes Rendus Biologies* 337, 695 – 708.
- Saint-Maxent, T., 2001. Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et subaquatiques. *Fiches espèces végétales*. 167p.

- Sanchez-Carrillo, S., 2009. Hydrology and biogeochemistry of Mediterranean temporary ponds, in: Leccio Recerca 14. *Presented at the International conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstract*. Consell Insular de Minorca, Fraga i Arguimbau, P., Minorca, pp. 73 – 81.
- Society for Ecological Restoration International Science, Policy Working Group, 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. 16p.
- Taft, J.B., Wilhem, G.S., Ladd, D.M., Masters, L.A., 1997. Floristic quality assessment for vegetation in Illinois a method for assessing vegetation integrity. 29p.
- Thery, M., 2011. *Écologie Sensorielle des Zones d'Hybridation en Environnement Lenticue*.
- van Speybroeck, D., Koedam, N., Büscher, P., 1989. On the delimitation of the *Mesobromion* and *Xerobromion* in Belgium and French Lorraine. *Vegetatio* 81, 137 – 144.
- Véla, E., Benhouhou, S., 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies* 330, 589 – 605.
- Verlaque, R., Médail, F., Aboucaya, A., 2001. Predictive value of life-forms for plant conservation in the Mediterranean area. *Science de la vie* 324, 1157 – 1165.
- Versini, A., 2007. Caractérisation et déterminisme des biocénoses des mares et lavognes des garrigues du Montpelliérais. Mémoire de master. Université de Montpellier. 25p.
- Viry, D., 2013. État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1. SPN/MNHN. 90p.
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 58, 236 – 244.
- Wimalasena, S.C.D., Wijekoon, P., Fernando, S.S., Gunatilleke, I.A.U.N., 2015. Application of clustering and ordination methods to determine the optimal plot size for vegetation sampling of a Sri Lankan dipterocarp forest. *Journal of the national science foundation of Sri Lanka* 43, 91 – 98.
- Zacharias, I., Zamparas, M., 2010. Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity Conservation* 19, 3827 – 3834.
- Zedler, J.B., Kercher, S., 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands : opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23, 431 – 452.

Annexe 1 : Protocole complet

Nombre de passages au cours de la campagne de terrain 2015 : 5 (semaines 15, 18, 21, 24 et 27)
--

Premier passage (semaine 15) :

Sur chaque mare :

Photo générale à un point fixe (Appareil photo Nikon D5100, objectif 18-55mm), mesure de la surface potentielle de l'habitat (double décamètre), mesure de la surface en eau (double décamètre), mesure de la hauteur d'eau (mètre pliant).

Recensement d'indices de dysfonctionnement.

Récolte de trois échantillons d'eau dans des piluliers. Dans chaque échantillon, mesure de la turbidité minérale (Aquafluor, Turner Designs ® en mode A) et chlorophyllienne (Aquafluor, Turner Designs ® en mode B), de la conductivité (Cond3110 SET1, TetraCon ®) et estimation de la surface occupée par les algues filamenteuses.

Mise en place de deux transects permanents de 10 mètres qui croisent la mare en passant par toutes les ceintures de végétation, matérialisés par des sardines qui restent sur place. Relevés floristiques dans les petits quadrats de 30*30 cm disposés tous les mètres le long des deux transects, soit 20 quadrats par mare. Le quadrat est découpé en 9 carrés de 10*10 cm. Chaque espèce rencontrée dans le quadrat de 30*30 cm est recensée et une note d'abondance lui est attribuée, entre 1 et 9 en fonction du nombre de carrés de 10*10 cm dans lesquels elle est présente.

Deuxième passage (semaine 18), Troisième passage (semaine 21), Quatrième passage (semaine 24) et Cinquième passage (semaine 27) idem avec récupération des sardines:

Sur chaque mare :

Photo générale à un point fixe (Appareil photo Nikon D5100, objectif 18-55mm), mesure de la surface en eau (double décamètre), mesure de la hauteur d'eau (mètre pliant).

Récolte de trois échantillons d'eau dans des piluliers. Dans chaque échantillon, mesure de la turbidité minérale (Aquafluor, Turner Designs ® en mode A) et chlorophyllienne (Aquafluor, Turner Designs ® en mode B), de la conductivité (Cond3110 SET1, TetraCon ®) et estimation de la surface occupée par les algues filamenteuses.

Relevés de végétation dans les quadrats

Annexe 2 : CAH sur les variables environnementales

La figure ci contre présente une CAH sur les données environnementales par mares à chaque passage sur les deux sites. Les données initiales ont été transformées par les distances euclidiennes puis hiérarchisées par la méthode de Ward.

Sachant que ces variables (turbidités et conductivité) varient à chaque passage, chaque mare apparaît plusieurs fois en fonction du nombre de passages où elle était en eau.

Remarque : les mares 15 et 17 d'Agde n'ont pas été en eau pendant la campagne de terrain c'est pourquoi elles n'apparaissent pas dans la classification.

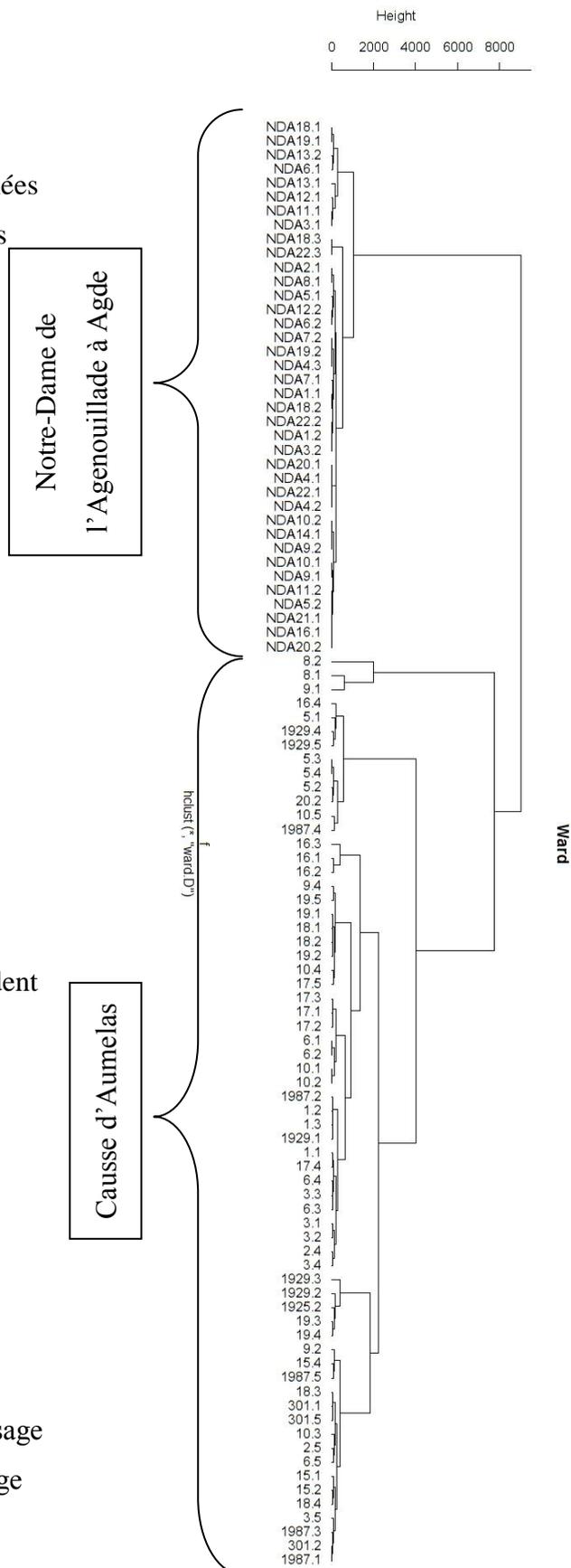
Interprétation : deux groupes se distinguent très tôt dans la hiérarchisation. Ils correspondent aux deux sites d'étude ce qui indique qu'il y a bien deux systèmes différents en fonction des sites.

Pour la suite des analyses, Agde et Aumelas devront être considérés séparément.

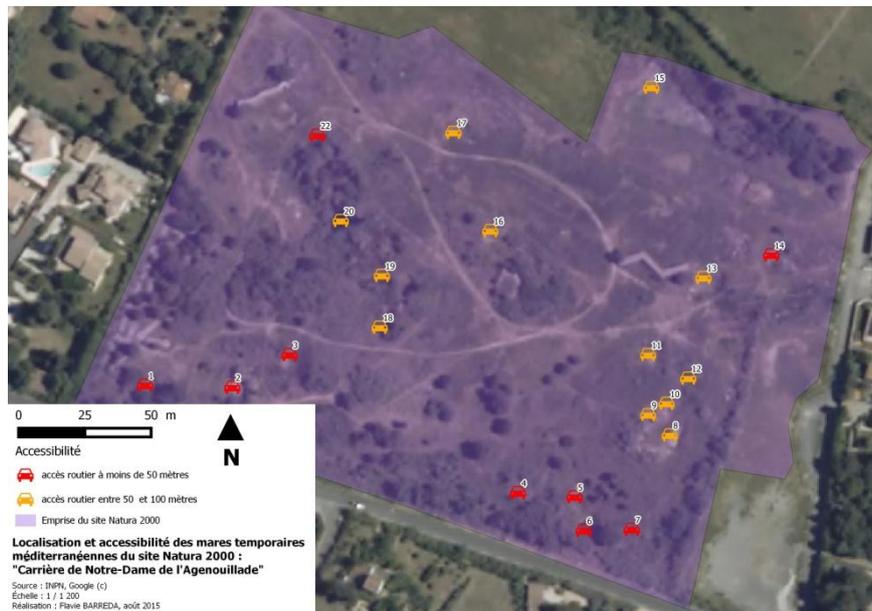
Légende :

NDA4.3 : mare n°4 d'Agde au troisième passage

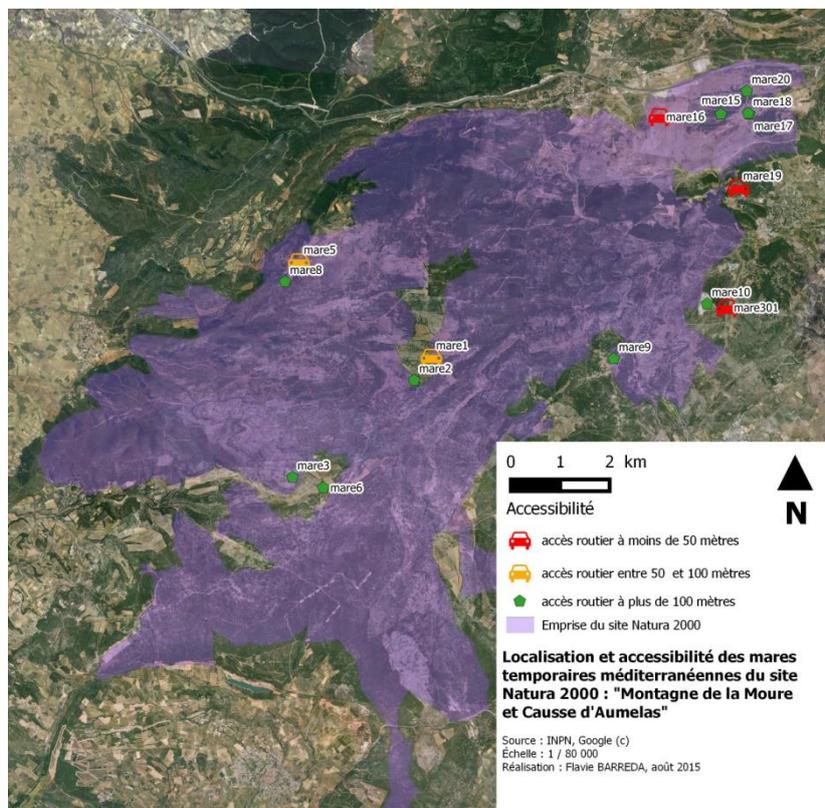
19.2 : mare n°19 d'Aumelas au second passage



Annexe 3 : Cartographie de l'accessibilité des mares



Localisation et accessibilité des mares temporaires méditerranéennes, site d'Agde



Localisation et accessibilité des mares temporaires méditerranéennes, site d'Aumelas

Résumé

L'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire est une obligation communautaire. La mise en place d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire 3170* : mares temporaires méditerranéennes est un enjeu majeur pour cet habitat rare et menacé. Les variations inter et intra-annuelles importantes comme l'alternance de phases inondées puis sèche à laquelle sont liées des communautés floristiques particulières, sont caractéristiques de l'habitat 3170*. Deux sites Natura 2000 ont été suivis dans le département de l'Hérault en France : « Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas » à l'ouest de Montpellier et « Carrières de Notre-Dame de l'Agenouillade » à Agde. Plusieurs indicateurs ont été mesurés régulièrement sur le terrain et ont été testés quant à leur corrélation avec l'état de conservation de chaque mare à dire d'expert. Sur le site d'Aumelas, les indicateurs « nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat 3170* » et « surface couverte pas la végétation caractéristique par rapport à la surface potentielle de l'habitat 3170* » montrent une corrélation avec l'état de conservation des mares. L'état de conservation de l'habitat 3170* est considéré comme moyen à l'échelle des deux sites.

Abstract

Habitat conservation status assessment is an European obligation. The studied habitat is, according to EUR 28's classification, named 3170: Mediterranean temporary ponds. It's a rare and threaten habitat and the main objective of this study is the elaboration of a conservation status assessment method. This habitat is characterized by inter- and intra-annual variations with dry and wet phases. Two Natura 2000 sites were studied in the in the Hérault department, in France: "*Montagne de la Moure et Causse d'Aumelas*" in the west of Montpellier and "*Carrières de Notre-Dame de l'Agenouillade*" in Agde. Some indicators were regularly measured on the field and have been tested according to the correlation with an habitat conservation assessment of each ponds according to expert's evaluation. On the Aumelas site, two indicators were correlated with the conservation status: "number of characteristic species of the habitat 3170" and "surface of characteristic vegetation in the pond". At the site scale, the conservation status is middle according to expert's evaluation.

Mots clés :

Habitat 3170 : mares temporaires méditerranéennes - état de conservation - *Isoetion* - *Preslion* - sites Natura 2000 - Hérault