CARTOGRAPHIE DES HABITATS NATURELS SUR LE DOMAINE DE LA TOUR DU VALAT

GRANGER Amélie

Master 2 - Aménagement du Territoire et Télédétection
Université Paul Sabatier - Toulouse III

Mémoire de stage

Maître de stage

COHEZ Damien

Structure d'accueil

Tour du Valat

Septembre 2018

REMERCIEMENTS

Pour commencer je souhaite remercier Monsieur JEAN JALBERT, directeur de la Tour du Valat, pour m'avoir permis de réaliser mon stage de master au sein de la Fondation.
Je tiens particulièrement à remercier mon maître de stage Damien COHEZ, conservateur de la Réserve Naturelle pour m'avoir encadrée, pour le temps qu'il m'a consacré, son humanité et pour les précieux conseils qu'il m'a fourni durant mon stage.
Je souhaite remercier Hugo FONTES Ingénieur de recherche en écologie végétale et Nicole YAVERCOVSKI botaniste pour leur disponibilité, leur soutien et pour m'avoir accompagnée sur le terrain.
Un grand merci également à Anis GUELMAMI, Chef de Projet en SIG, Télédétection et Cartographie pour son aide précieuse concernant la partie informatique de mon stage et l'utilisation du logiciel GeoClassifer GUI pour la segmentation.
Merci aussi à Loïc WILLM, chargé d'Etudes Gestion des Zones Humides Méditerranéennes pour m'avoir aidée à récupérer les données SIG et ses conseils de cartographie.
Mes remerciements s'adressent également à tous les employés du Conservatoire botanique national méditerranéen et en particulier à Guilhem DE BARROS, Géomaticien, pour son accueil chaleureux et tous ses conseils sur les méthodologies de cartographie.
Merci à Olivier PINEAU, directeur du domaine, pour avoir partagé ses connaissances sur le domaine et l'historique du site.
Merci aux nombreux salariés de la Tour du Valat, pour leur accueil, leur gentillesse et leur sympathie qui ont contribué au bon déroulement de ce stage.
Mes remerciements s'adressent également à toutes les personnes que j'ai pu rencontrer et avec qui les partages d'expériences et de connaissances furent enrichissants.
Pour finir, je tiens à remercier toute l'équipe des stagiaires et services civiques pour les bons moments passés ensemble.
Enfin, merci à Parpaïo, Once et les autres pour les promenades sur le domaine.



TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS _____ *2*

TABLE DES FIGURES _____ *5*

INTRODUCTION _____ *6*

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL _____ 6

LA CAMARGUE : TERRITOIRE DE TRANSITION ENTRE TERRE ET MER _____ 6

LE DOMAINE _____ 7

PRESENTATION DU PROJET DE CARTOGRAPHIE _____ 8

OBJECTIFS DU STAGE _____ 9

MATERIELS ET METHODES _____ *10*

RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES _____ 10

SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES ET SYSTEME DE PROJECTION _____ 11

ECHELLES DE CARTOGRAPHIE _____ 11

METHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE _____ 12

Numérisation _____ 12

Segmentation _____ 12

SAISIE DES DONNEES _____ 14

Données d'interprétation des habitats _____ 14

Mélanges d'habitats _____ 15

Table attributaire _____ 15

RENDU CARTOGRAPHIQUE _____ 15

Fusion des polygones _____ 15

Sémiologie _____ 16

ANALYSES STATISTIQUES _____ 16

Analyses des données 2018 _____ 16

Données 2004 et 2018 _____ 16

RESULTATS _____ *16*

CARTES OBTENUES EN 2018 _____ 16

HABITATS IDENTIFIES SUR LE DOMAINE _____ 20

HABITATS EN MELANGES _____ 21

ETUDES DES HABITATS EN 2004 ET 2018 22

DISCUSSION *24*

COMPARAISON DES METHODES 24

LIMITES DE LA METHODE DE 2018 25

Limites liées aux SIG 25

Limites liées à la photo-interprétation 26

Limites liées à l'interprétation des habitats 27

COMPARAISON DES CARTES REALISEES EN 2004 ET 2018 30

Habitats non identifiés en 2004 30

Problèmes d'interprétation 31

Méthodologie 33

Evolution réelle du terrain 33

VERIFICATION ET TAUX D'ERREURS 34

PERSPECTIVES ET OUVERTURES 34

CONCLUSION *35*

APPORT PERSONNEL ET PROFESSIONNEL *36*

ANNEXES *37*

BIBLIOGRAPHIE *60*

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de la Camargue _____ 6
Figure 2 : Situation géographique du domaine _____ 7
Figure 3 : Cahiers habitats Natura 2000 _____ 8
Figure 4 : Chronogramme du déroulement du stage _____ 10
Figure 5 : Résultats de segmentation selon les paramètres choisis _____ 13
Figure 6 : (A) Contours tracés manuellement sur fond IGN-F, (B) Contours obtenus par segmentation sur fond IGN-F, (C) Résultats après interprétation des habitats numérisés manuellement, (D) Résultats après interprétation des habitats segmentés par Geoclassifer GUI _____ 14
Figure 7 : Principales étapes de l'approche par segmentation _____ 14
Figure 8 : Mélange spatial entre fourrés halophiles méditerranéens (1420-2) et prés-salés annuels (1310-4) selon la typologie Natura 2000. _____ 15
Figure 9 : Outil « fusionné » d'ArcGis _____ 15
Figure 10 : Cartographie des habitats majoritaires du domaine selon la typologie Natura 2000 en 2018 + (Tableau 4) _ 16
Figure 11 : Cartographie des habitats majoritaires du domaine selon la typologie EUNIS en 2018 + (Tableau 4) _____ 16
Figure 12 : Cartographie des habitats du domaine en mélange ou non en 2018 _____ 16
Figure 13 : Graphique des surfaces recouvertes par les fourrés des marais salés méditerranéens A2.526 pures et en mélanges en 2018 selon EUNIS _____ 21
Figure 14 : (A) Résultats de la numérisation manuelle des contours des habitats sur fond IGN-F en 2018, (B) Résultats de segmentation des contours des habitats sur fond IGN-F après fusion des polygones en 2018 _____ 25
Figure 15 : (A) Résultat de la segmentation sur fond IGN-F (B) Résultat de l'interprétation des polygones pour la classe des fourrés halophiles méditerranéens _____ 26
Figure 16 : Exemple de cas montrant les variations des caractéristiques visuelles pour trois classes habitats de la Directive Natura 2000, avant et après photo-interprétation _____ 27
Figure 17 : Exemple de différents faciès du 1410 identifiés sur le domaine _____ 28
Figure 18 : Différents faciès du 1310 selon la saison : (A) Avril 2018, (B) Juin 2018 _____ 29
Figure 19 : (A) IGN-F 1998 ; (B) IGN-F 2017 ; (C) Résultat de la cartographie 2004 sur fond IGN-F 1998 ; (D) Résultat de la cartographie 2018 sur fond IGN-F 2017 _____ 31
Figure 20 : (A) IGN-F 1998 ; (B) IGN-F 2017 ; (C) Résultat de la cartographie 2004 sur fond IGN-F 1998 ; (D) Résultat de la cartographie 2018 sur fond IGN-F 2017 _____ 32
Figure 21 : (A) Résultats de cartographie du 3170 en 2004 sur fond IGN-F 1998, (B) Résultats de cartographie du 3170 en 2018 sur fond IGN-F 2017 _____ 33

INTRODUCTION

LA TOUR DU VALAT

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

La Tour du Valat est un institut privé créé en 1954 par le naturaliste Luc Hoffmann afin de développer des activités de recherche scientifique et de conservation des zones humides méditerranéennes. Depuis 1978, la fondation à but non lucratif est reconnue d'intérêt public. Sa mission principale est d'assurer la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides, améliorer leur compréhension, leur fonctionnement en mobilisant une communauté d'acteurs. Les quatre objectifs majeurs sont de comprendre le fonctionnement et l'évolution des zones humides grâce à des bases scientifiques solides, de gérer ces zones afin de transmettre ensemble et convaincre les différents acteurs et partenaires de relever ces défis.

L'institut a une approche transdisciplinaire et a diversifié ses thématiques d'études en s'intéressant à l'ornithologie, l'écologie végétale, l'hydrologie, l'ichtyologie, la géographie, la géomatique, la socio-économie, la formation etc., dans le but de mieux comprendre et de mieux gérer les zones humides. Ces programmes se répartissent en 3 départements : Espèces, Ecosystèmes et l'Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes qui étudie l'état de ces milieux (Tour du Valat 2016).

LES ZONES HUMIDES

LA CAMARGUE : TERRITOIRE DE TRANSITION ENTRE TERRE ET MER

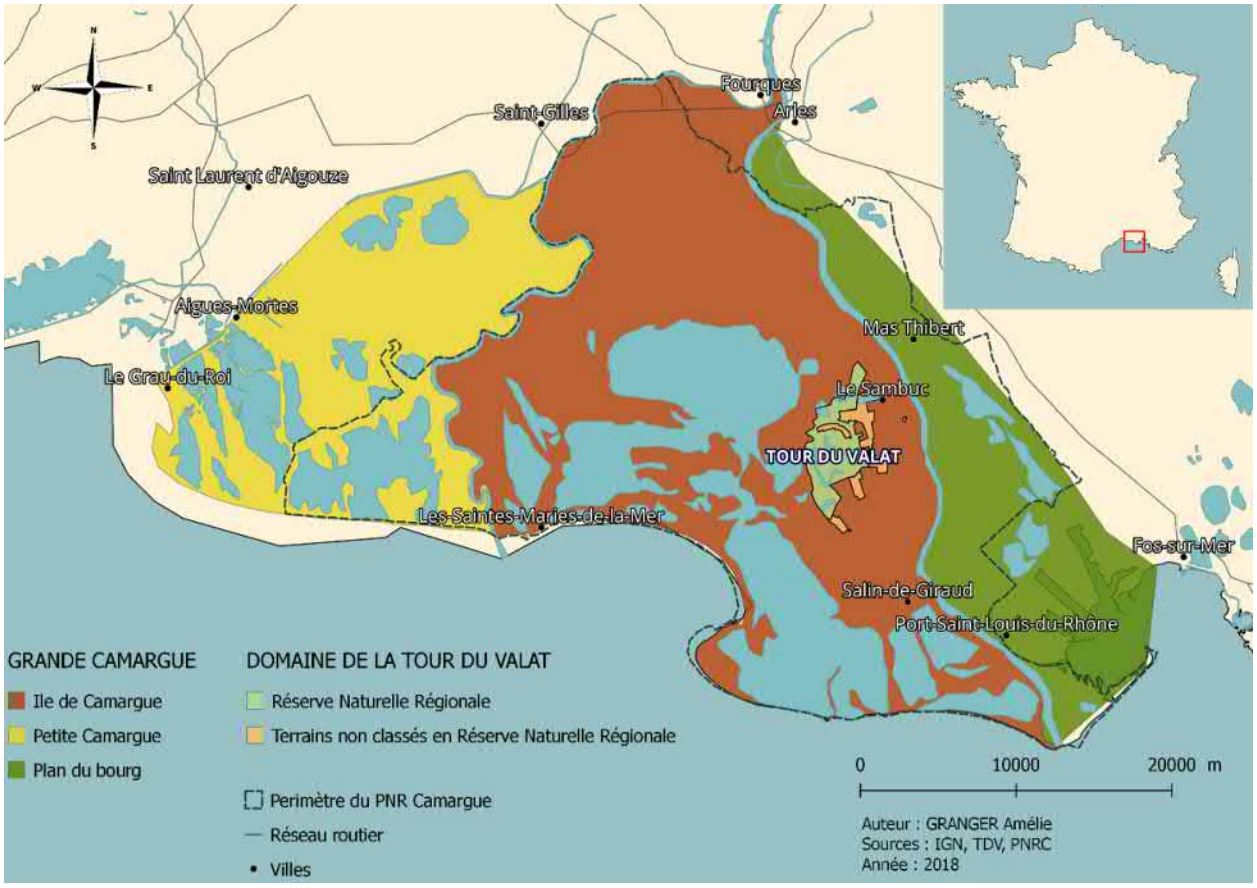


Figure 1 : Situation géographique de la Camargue

Les zones humides sont de véritables points chauds de biodiversité (Système d'information sur l'eau 2011). Paradoxalement, depuis la seconde moitié du XXème siècle ce sont des écosystèmes de plus en plus menacés, dégradés et transformés pour d'autres usages (Olivier J. et al. 2010). Selon la Convention Ramsar (article 1.1), les zones humides sont « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas 6 mètres. » (*The Ramsar Convention Manual: a Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)* 2004). La Camargue est la plus grande zone humide de France (150 000 ha) qui se situe au bord de la mer Méditerranée dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Gard. Elle s'articule autour du delta du Rhône, fleuve qui se divise en deux bras : le grand Rhône et le petit Rhône. Elle se découpe en trois parties nommées respectivement la Camargue gardoise du Petit Rhône, l'île de Camargue entre les deux bras du Rhône et le Plan du Bourg (Figure 1). Les sols de Camargue ont pour origine des alluvions fluviatiles, fluvio-lagunaires et marines récentes (Cohez D. et al. 2011). Malgré une absence quasi-totale de relief, les paysages de Camargue sont variés et se succèdent de manière nuancée. Fluctuants par nature, ils sont étroitement dépendants des actions humaines. Le climat méditerranéen offre de longues périodes sèches en été, des hivers doux, un ensoleillement important ainsi que des précipitations irrégulières (Aubel S. 2004).

SITE D'ETUDE

LE DOMAINE

Le périmètre d'étude de cartographie couvre l'ensemble du Domaine de la Tour du Valat (Figure 2). Il se situe dans l'île de Camargue, à l'est de l'étang du Vaccarès, à 25 km de la ville d'Arles et s'étend sur 2545 hectares où s'entremêlent des mosaïques de milieux naturels caractéristiques de la Camargue tels que les prés-salés, les pelouses naturelles, les sansouïres[1] ou les mares temporaires. L'ensemble de ces terres inclut la Réserve Naturelle Régionale (RNR) de la Tour du Valat qui a été officiellement instituée par délibération de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur le 4 juillet 2008 ainsi que les terrains limitrophes également propriété de la fondation et non classés en RNR (Cohez D. et al. 2016).

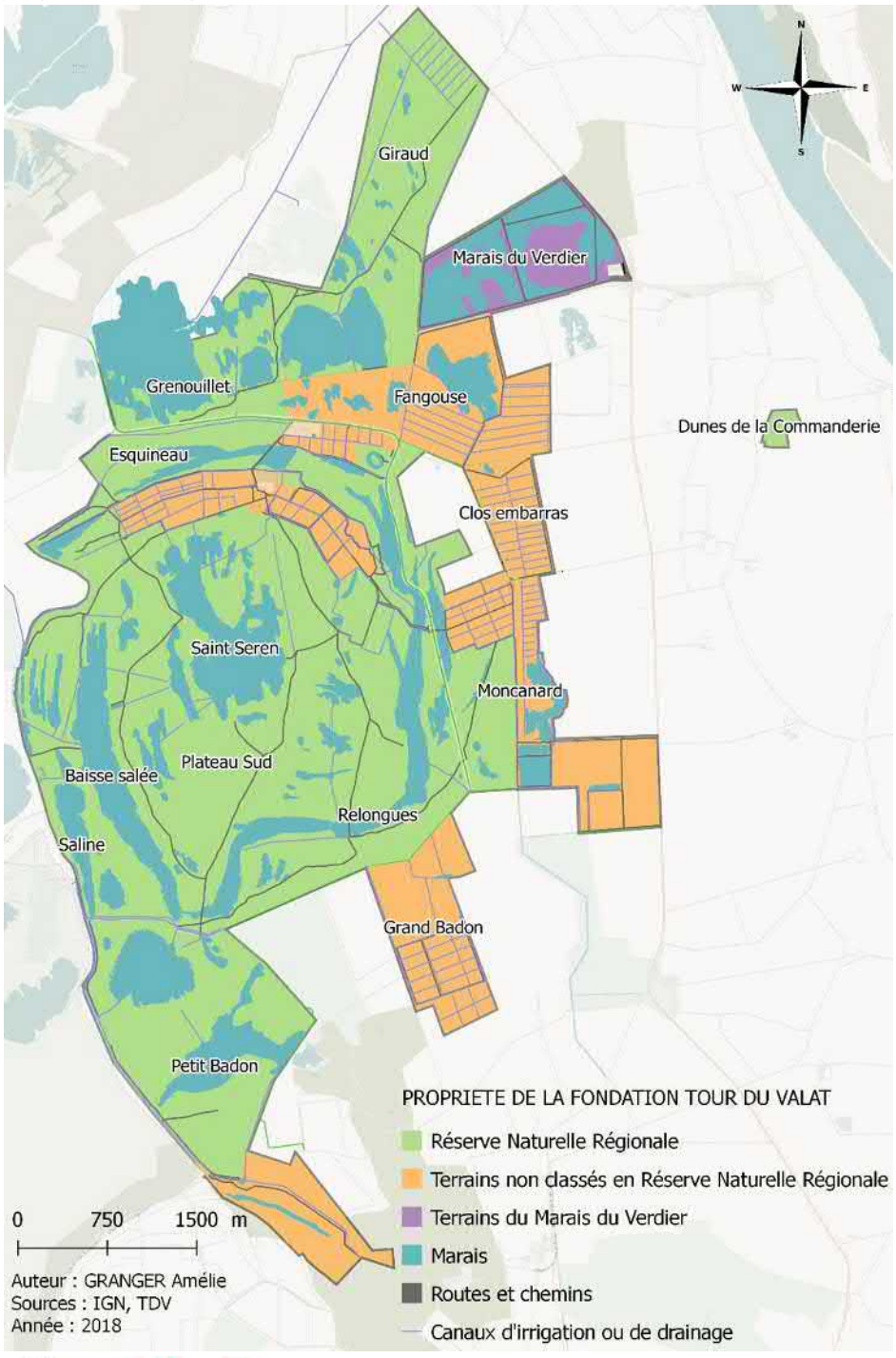


Figure 2 : Situation géographique du domaine

[1] Les sansouïres sont des milieux limoneux stériles couverts d'efflorescences salines, inondables, recouverts de salicornes, de soudes et de saladelles

PRESENTATION DU PROJET DE CARTOGRAPHIE

Connaître la distribution, l'agencement dans le paysage des habitats naturels est une étape phare de la mise en œuvre de politiques de conservation de la biodiversité (Delassus L. et al. 2014). Dans le but de mettre à jour les connaissances sur les végétations du territoire, les gestionnaires de la Tour du Valat ont fait savoir leur besoin en matière de cartographie.

A l'échelle Européenne, il existe plusieurs classifications des végétations et des habitats. En France, la plupart des études cartographiques sur ces thématiques utilise la typologie Corine Biotope (Bissardon M., Guibal L., et Rameau J.C. 1997) à laquelle succède aujourd'hui la typologie EUNIS (European Nature Information System,(Louvel J., Gaudillat V., et Poncet L. 2013). ainsi que les Cahiers d'habitats qui sont la déclinaison française de la nomenclature Natura 2000 (Bensettiti F., Gaudillat V., et Haury J. 2002; Bensettiti F. et al. 2005), ou encore les associations végétales. Le terme habitat renvoie souvent à diverses définitions : En général il est décrit comme étant le lieu de vie d'un organisme, d'une communauté végétale caractérisée par un ensemble de paramètres environnementaux présents dans un espace et marqué par une organisation spatio-temporelle qui peut évoluer dans le temps et l'espace (Delassus L. et al. 2014). La Directive Européenne concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (1992), plus communément appelée Directive « Habitat », définit les habitats naturels comme étant des « zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles ». La définition d'un type d'habitat pour la classification EUNIS est un « espace où des animaux ou des plantes vivent, caractérisé premièrement par ses particularités physiques (Topographie, physionomie des plantes ou animaux, caractéristiques du sol, climat, qualité de l'eau, etc.) et secondairement par les espèces de plantes et d'animaux qui y vivent » (Louvel J., Gaudillat V., et Poncet L. 2013). En effet, les assemblages d'espèces sont indicateurs des conditions du milieu et permettent de définir les habitats. La Directive "Habitats" vise à assurer la survie à long terme des espèces et des habitats particulièrement menacés à forts enjeux de conservation en Europe. En France, en application de cette Directive et afin de répondre à la demande d'une description adaptée au cadre national et qui prennent mieux en compte la diversité et la variabilité des habitats d'intérêt communautaire[2], des Cahiers d'habitats (Figure 3) ont été rédigés et ont pour objectif de faire l'état des connaissances scientifiques et techniques, sur chaque habitat et espèce. Le milieu est décrit dans une fiche synthèse qui comprend le code de l'habitat et son libellé, la définition « officielle » de l'habitat, la déclinaison en habitats élémentaires, la position des habitats élémentaires au sein de la classification phytosociologique actuelle ainsi que la distribution géographique. La classification des habitats EUNIS a été développée depuis 1995, à partir de la classification des habitats du Paléarctique et de la typologie Corine Biotopes. Constituant une référence Européenne elle prend en compte les habitats naturels, artificiels, terrestres ou aquatiques et d'eau douce et peut être utilisée dans la conservation de la nature (Inventaires, gestion et évaluation). Ces données peuvent être transcrites dans des cartographies des habitats afin de connaître la localisation et la surface des habitats, pouvoir suivre l'évolution et la surface de ces habitats au cours du temps et servir d'aide à la décision pour les gestionnaires.

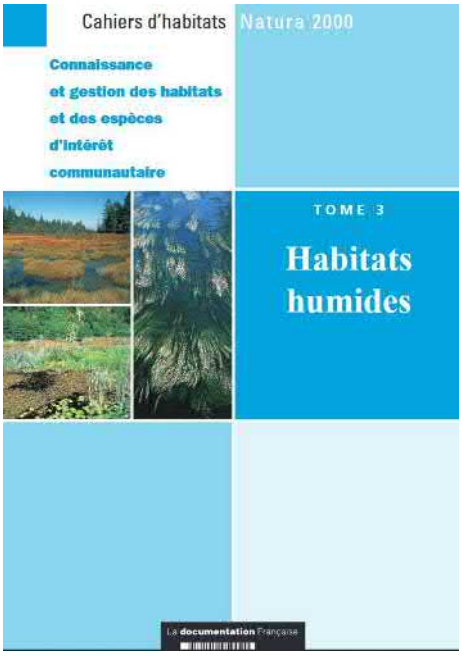


Figure 3 : Cahiers habitats Natura 2000

En 2004, un important travail de cartographie des habitats naturels du domaine de la Tour du Valat a été réalisé (Dangre C. 2004) avec le logiciel Mapinfo. L'orthophotographie qui a servi de base à la délimitation des habitats date de 1998, soit six ans avant la réalisation de la carte. Ces cartes ont été produites selon la typologie Corine biotope et selon celle de la Directive Européenne sur les habitats, non encore déclinée au niveau national par des Cahiers d'habitats. La délimitation spatiale des habitats a été effectuée sur la base de relevés terrain et de photo-interprétation[3] de l'orthophotographie 50 cm de 1998 (BD Ortho®, IGN). Depuis sa réalisation, ce travail conséquent a servi de base pour étudier les habitats du site malgré un certain nombre de faiblesses liées en grande partie à des erreurs d'interprétation de ces derniers (Cohez D. et

[2] Types d'habitats considérés comme rares, menacés ou représentatifs de chaque classe d'habitat à l'échelle de l'Union Européenne
[3] Etude des photos aériennes dans le but de reconnaitre les objets et de juger de leur signification

al. 2011). De ce fait il n'existe aujourd'hui aucune carte récente sur l'ensemble du domaine. C'est dans ce contexte que s'est mis en place ce travail dont l'objectif principal consiste à tester et proposer une méthode de cartographie des habitats naturels adaptée à l'échelle du site. La carte doit être reproductible dans le temps et doit servir d'aide à la décision pour la gestion du territoire.

Il existe diverses approches de cartographie d'habitats faisant appel à des méthodes manuelles, automatiques ou semi-automatiques. Des inventaires et des guides méthodologiques permettent de bien choisir une technique de cartographie de végétation (Laurent E. et al. 2017; Olivier J. et al. 2010; Sellin V. 2016; CBNBP 2008). Des guides proposent des clés afin de choisir les méthodes les plus adaptées aux objectifs poursuivis. Un nombre croissant d'études produisent des cartes de végétations et des habitats en utilisant des outils récents faisant appel à la télédétection et au SIG comme les classifications permettant une certaine reproductibilité des procédures et un gain de temps important comparées aux méthodes manuelles (Bell G. et al., 2015). Le projet national CarHAB (Cartographie des HABitats) en est un exemple puisqu'il consiste à produire une carte au 1/25 000ème sur la France métropolitaine à l'horizon 2025.

Bien que les méthodes automatiques offrent certains avantages, la technique mêlant terrain et photo-interprétation est largement employée aujourd'hui en cartographie d'habitats (Lortic B. et Couret D. 2011) et accroît encore la qualité des résultats obtenus (Sellin V. 2016). Les données géographiques mobilisées peuvent être des images aériennes ou de satellite. L'utilisation des orthophotographies pour la cartographie automatique de la végétation est en revanche beaucoup moins étudiée, malgré un coût de mise à disposition inférieur à celui de l'imagerie satellite. Elles sont généralement utilisées pour la photo-interprétation et le plus souvent, pour la caractérisation des types de milieux (Sellin V. et al. 2015).

OBJECTIFS DU STAGE

Ce stage s'inscrit dans le plan de gestion du domaine de la Tour du Valat dont l'une des opérations est de réaliser la cartographie des habitats naturels quatorze ans après la précédente. L'enjeu du projet est d'accompagner la fondation dans ses missions de gestion et de préservation du territoire et de l'aider à identifier et suivre les habitats d'intérêt communautaire. Cette cartographie sera utilisée comme outil de travail et d'aide à la décision pour la gestion des milieux, permettant de suivre à long terme les habitats en reproduisant la méthode. Les objectifs principaux du stage sont :

- De proposer une méthode semi-automatique de cartographie sollicitant les outils récents de la segmentation en utilisant le logiciel GEOclassifier GUI v1.4.8 (« Jena Optronik » 2018),
- D'établir une cartographie cohérente et actuelle des habitats naturels sur le Domaine de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000 et EUNIS (European Union Nature Information System),
- De rechercher et prospecter les habitats naturels à enjeux et localiser des nouveaux secteurs où ces habitats se seraient exprimés ou auraient disparu,
- De réaliser de la photo-interprétation et collecter des informations sur le terrain afin de mieux gérer les secteurs à enjeux en termes de patrimoine naturel et d'assurer une bonne qualité des données,
- De comparer les cartes et les méthodes utilisées en 2018 avec celles de 2004,
- D'évaluer qualitativement l'intérêt de la méthode de cartographie utilisé.

L'ensemble du rapport doit permettre d'assurer la traçabilité des informations et la compréhension de la méthodologie suivie (synthèse méthodologique, photo-interprétation, typologie des habitats, etc.) ainsi que des métadonnées. Un travail annexe a été réalisé afin de mettre à jour les fiches descriptives des habitats comportant une description du milieu, leur présence sur le domaine, leur surface occupée, l'état de conservation, leur vulnérabilité, les facteurs de dégradation éventuels et les menaces associées.

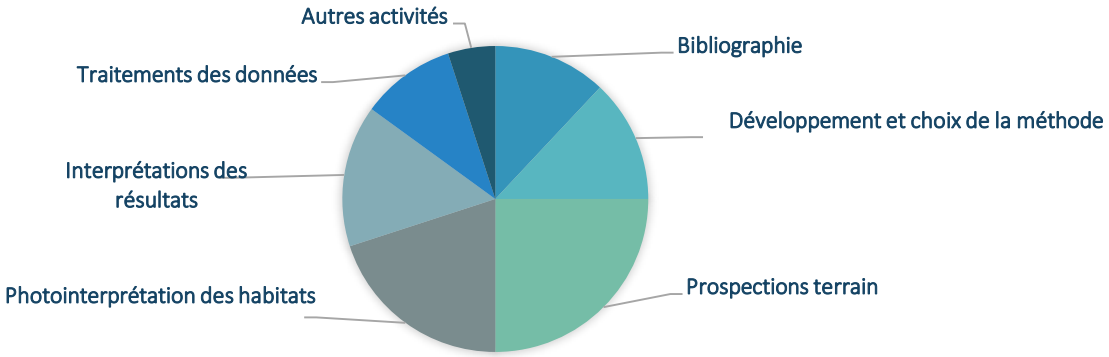
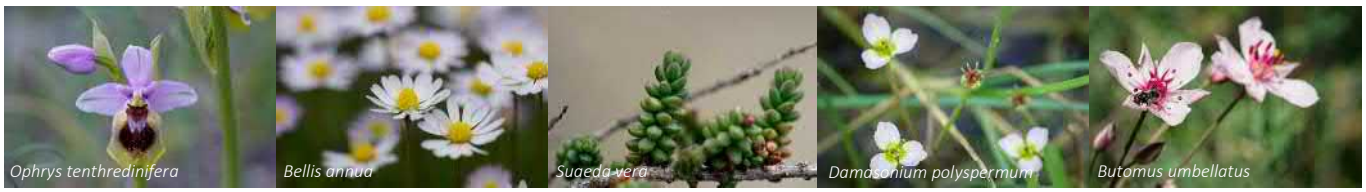


Figure 4 : Chronogramme du déroulement du stage

MATERIELS ET METHODES

Afin de mettre à jour le travail réalisé en 2004 et d'obtenir une carte comparable aux anciennes études, l'identification des habitats a été effectué selon les typologies Natura 2000 et EUNIS. La multiplication des typologies a été évitée dans le but de réduire les risques d'erreurs lors de la correspondance de données d'une typologie vers une autre. L'ensemble des habitats doit être cartographié, qu'ils soient d'intérêt communautaire ou non. Sur la demande du gestionnaire l'entrée des données a été effectuée selon la nomenclature de la directive « Habitat » en utilisant dans la mesure du possible les codes élémentaires déclinés au niveau français pour les habitats d'intérêts communautaires et selon la classification des habitats EUNIS pour l'ensemble des habitats. La nomenclature EUNIS a été jugée adaptée à l'étude puisqu'il s'agit de la seule typologie commune à toute l'Europe, qui se veut complète et actuelle. Elle est d'ailleurs préconisée par le Museum d'Histoire Naturelle et le Ministère de l'Environnement pour ce type de cartographie.

RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES



Les premières sessions de terrain ont été réalisées dans le but de découvrir le domaine et être capable de discerner les différents milieux de Camargue. Les prospections sur le terrain ont eu lieu durant la période de mars à juin afin de couvrir au mieux la saison de végétation des plantes. En tenant compte de l'ensemble des facteurs environnementaux, la détermination des habitats naturels s'est appuyée sur des relevés phytosociologiques[4] localisés à l'aide d'un GPS (CBNBP 2008). Les relevés floristiques géolocalisés vont faire l'objet d'une couche « shapefile » indépendante renseignant la date, les groupements végétaux et leur abondance ainsi que les observateurs ayant effectués les opérations terrains. Cette méthode s'est avérée adaptée au travail à grande échelle puisqu'elle permet de décrire de façon précise la végétation et les associations végétales. Ce travail a permis de rattacher les relevés aux typologies d'habitats et à délimiter leur localisation.

Etant donné l'étendue du domaine de la Tour du Valat, la totalité du site n'a pas été prospecté. Les zones inaccessibles et les habitats facilement distinguables sur photo aérienne ont été identifiés seulement par photo-interprétation et les habitats non différenciables ont été visités en aval de la phase de photo-interprétation afin de compléter la carte.

[4] La phytosociologie consiste à décrire aussi précisément que possible la composition floristique des communautés végétales afin d'évaluer la diversité, la répartition, la fréquence, l'état de conservation des habitats (Olivier J. et al. 2010)

Pour répondre aux objectifs de la présente étude, il est important de définir une méthode de cartographie adaptée à l'échelle du domaine. Elle doit être reproductible et mobiliser autant que possible les connaissances existantes en s'appuyant sur les supports et outils actuels SIG. La carte doit répondre à plusieurs critères : elle doit être suffisamment détaillée pour identifier les habitats d'intérêts prioritaires, fiable sur la nature des entités cartographiées et donc basée au maximum sur les observations de terrain (Olivier J. et al. 2010).

SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES ET SYSTEME DE PROJECTION

Les supports cartographiques utilisés sont d'une importance majeure. L'orthophotographie Couleurs (Rouge, Vert, Bleu) (BD Ortho®RVB IGN) et IRC Proche InfraRouge fausses Couleurs 50 cm du 16 et 17/04/2017 (BD Ortho®IRC, IGN) a été utilisé comme référentiel pour la cartographie en raison de sa forte résolution spectrale. L'étude a pris en compte les 4 canaux (R, V, B, IRC) puisque le Proche InfraRouge permet entre autres de repérer l'activité chlorophyllienne et donc de mieux distinguer les contrastes entre les différents espaces végétalisés (DREAL Hauts-de-France 2004). Les peuplements végétalisés peuvent être distingués par des teintes différentes permettant une meilleure distinction des zones herbacées ayant des caractéristiques visuelles proches. Le canal infrarouge a aussi permis de distinguer, mieux identifier et caractériser les limites des étendues d'eaux ainsi que les végétations semi immergées.
Des supports auxiliaires comme des orthophotographies numériques RVB (BD Ortho®, IGN) plus anciennes, des images satellites, Google Earth Pro, des scan 25, des images drones ont servi de sources d'informations supplémentaires permettant de mieux discriminer les habitats dont les signatures spectrales sont proches et les végétations qui ne se distinguent qu'à partir de critères écologiques sur l'orthophotographie du 16 et 17/04/2017. Le système de projection géographique retenu pour l'étude est le système Lambert-93 (RGF93).

ECHELLES DE CARTOGRAPHIE

L'un des défis de la cartographie des habitats est celui d'être exploitable à différentes échelles afin de répondre à des besoins multiples : fournir de l'information détaillée à grande échelle et des informations générales à petite échelle. Dans la cartographie d'habitats, trois types d'échelles sont distingués (Tableau 1) :

Tableau I : Echelles de cartographie

DENOMINATION	PHASE DE TRAVAIL	
Echelle de terrain	Cartographie de terrain	Echelle du support cartographique utilisé lors des prospections
Echelle de saisie	Saisie de l'information	Echelle de saisie des données sur l'ordinateur
Echelle de restitution	Restitution papier	Echelle indiquée sur la carte rendue

L'échelle de travail de terrain conditionne les échelles de saisie et de restitution (DIREN Midi-Pyrénées 2007). Elle doit être adaptée à la taille des sites, à la complexité des habitats qu'ils renferment et aux enjeux qu'ils représentent. La présence sur le domaine d'habitats de taille réduite, à forts enjeux patrimoniaux devant faire l'objet d'actions de gestion ciblées a exigé un niveau de précision très élevé pour la cartographie. Il existe un lien direct entre le degré de précision et l'échelle cartographique, de ce fait, lors des prospections les photos aériennes ont été imprimées au 1/1 500 afin d'identifier les habitats directement sur le terrain. Les différents jeux de données ont ensuite été informatisés. L'échelle de saisie doit aussi être plus précise que l'échelle de restitution. Afin de gérer et localiser au mieux les habitats d'intérêts communautaires, il a été choisi que la taille minimale d'un polygone représentant un habitat sur la carte était de 100m². En effet, il est généralement considéré qu'à une échelle de saisie autour de 1/2 000, les habitats inférieurs à 100m ² ne sont pas facilement distingués sur une carte (Clair M., Gaudillat V., et Herard K. 2006). Pour finir, la photo-interprétation des polygones a été réalisée à une échelle de 1/1 500 afin de différencier correctement les milieux.

METHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE

En raison de la grande hétérogénéité au sein des paysages de Camargue et du niveau de précision de caractérisation des habitats naturels demandé par les gestionnaires, une méthode semi-automatisée mêlant segmentation et photo-interprétation a été choisie pour actualiser la cartographie sur le domaine de la Tour du Valat. Le processus de segmentation d'images consiste à regrouper dans un segment des pixels adjacents qui présentent des caractéristiques spectrales similaires : Les entités peuvent être groupées en classes. La segmentation a été exécutée avec Geoclassifer GUI et le logiciel ArcGIS™ 10.4 (2015) pour la photo-interprétation en raison de sa facilité d'utilisation mais cette étape est réalisable aussi sous QGIS (Version 2.18.18).

Numérisation

L'objectif de départ du stage était de mettre à jour la cartographie par photo-interprétation et numérisation manuelle avec QGIS. Pour répondre à la demande, un premier travail a été effectué sur le secteur de Giraud (Annexe 1) : Les contours des unités cartographiques ont été délimités sur le terrain (Annexe 2) et ont été numérisés manuellement à l'écran. Les résultats obtenus n'ont pas été présentés dans la partie « Résultats » du rapport mais ont été comparés avec ceux obtenus par segmentation. Cette méthode manuelle consiste à vectoriser les habitats sous forme de polygones géoréférencés dans l'espace (Clair M., Gaudillat V., et Herard K. 2006). Des règles topologiques sont mises en place afin d'assurer la continuité et l'intégrité des différentes entités de la carte puisque des modifications de la géométrie d'un polygone ont une incidence sur les objets voisins. Les relations entre les entités doivent être strictement topologiques, c'est-à-dire que chaque point de l'espace doit être inclus dans un polygone unique et les contours doivent être parfaitement jointifs.

Segmentation

Suite aux réunions internes et à une conférence présentée par des membres de la Tour du Valat sur le projet SWOS (The Satellite-based Wetland Observation Service) et le développement d'un logiciel de télédétection de la cartographie des zones humides (Guelmami A. 2018) dénommé GEOclassifier GUI, la méthode de segmentation a été expérimentée. Les tests concluants de cette méthode réitérable diminuant le temps de travail et la subjectivité ont permis de réorienter le travail en décidant de réaliser la cartographie sur l'ensemble du domaine par segmentation et photo-interprétation.

Prétraitement de l'image

Avant d'entreprendre la segmentation, l'orthophotographie de référence a dû être prétraitée. Les ortho-images sont livrées sous forme d'une collection de dalles (Institut Géographique National 2007), 6 scènes correspondant au domaine de la Tour du Valat ont été sélectionnées. Ces dalles ont été fusionnées pour former une mosaïque sous ArcGIS. Les 4 bandes spectrales (R, V, B et IRC) ont ensuite été assemblées avec l'outil de manipulation de couches « Stack Layer ». Il a permis de combiner les bandes en une seule image multi-bandes servant à la segmentation automatique puis à l'interprétation visuelle des habitats.

Etape de l'approche de segmentation

Cette technique se déroule en deux étapes : la segmentation, puis la caractérisation des objets suivant les critères préalablement définis. Cette méthode permet de segmenter le paysage en polygones homogènes utilisables comme support au travail de terrain. L'ensemble des traitements de segmentation a été réalisé avec le logiciel GEOclassifier GUI.

Paramétrage de la segmentation

Plusieurs paramètres ont été définis en amont du traitement (Schwarz M. et al. 2017) (Tableau 2):

Tableau 2 : Récapitulatif des paramètres utilisés pour la segmentation sous GeoClassifer GUI

TOLERANCE	Outil permettant de regrouper les pixels en segments en fonction de leurs caractéristiques spectrales. La photographie de référence étant codée sur 8 bits il est possible d'attribuer 256 valeurs à chaque canal. La tolérance définit la différence maximale de ces valeurs acceptée dans chaque segment. Elle est généralement comprise entre 5 à 30, selon le type d'image et la taille des segments souhaitée. Petite tolérance : • Permet d'obtenir plus de segments et de taille plus petite. • Permet de classer séparément des entités dont les caractéristiques spectrales sont proches. • Permet une grande différenciation entre les différentes espèces végétales. Grande tolérance : • Permet de réduire le nombre de segments mais avec des tailles plus grandes. • Permet de regrouper les entités dont les caractéristiques spectrales sont assez éloignées.
SURFACE MINIMALE CARTOGRAPHIQUE	Surface minimum du plus petit objet segmenté (Exprimée ici en nombre de pixels). Les éléments dont la taille est inférieure à celle définie sont fusionnés avec le segment voisin ayant les caractéristiques spectrales les plus proches. Ce paramètre permet de modifier la quantité de détails caractérisant une entité.
TAILLE DE LA MOSAÏQUE	Définit la taille des sous-mosaïques en pixels. Une taille de tuile de 128 signifie que 128x128 pixels seront utilisés pour une tuile. Taille par défaut : 128

Le choix des paramètres dépend fortement du résultat attendu. Un ensemble de tests a été réalisé faisant varier les valeurs de tolérances et tailles minimales des segments (Figure 5).

Figure 5 : Résultats de segmentation selon les paramètres choisis



Sur le terrain les contours des habitats ont été tracés manuellement sur une carte papier afin d'interpréter les polygones issus de la segmentation (Annexe 2). A titre d'exemple, la figure suivante illustre les résultats obtenus avec les deux méthodes (Figure 6).

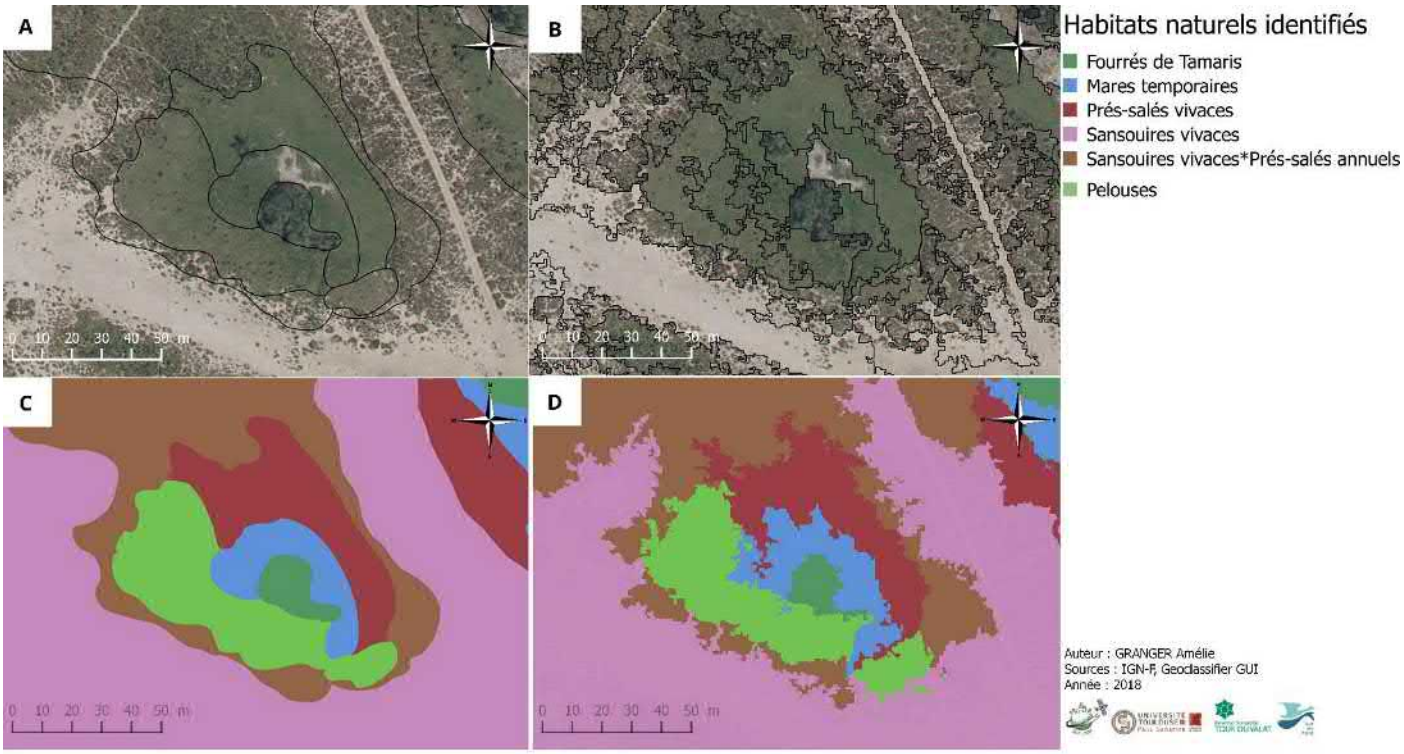


Figure 6 : (A) Contours tracés manuellement sur fond IGN-F, (B) Contours obtenus par segmentation sur fond IGN-F, (C) Résultats après interprétation des habitats numérisés manuellement, (D) Résultats après interprétation des habitats segmentés par Geoclassifer GUI

Sur la demande des gestionnaires, afin d'avoir une segmentation très fine la valeur de tolérance retenue est de 15 et une taille minimale des polygones de 100m² Après de multiples tests,.

SAISIE DES DONNEES

Données d'interprétation des habitats

La couche vectrice contenant les polygones prédécoupés avec GEOclassifier GUI a été ensuite intégrée dans ArcGIS afin d'assigner les polygones à une classe habitat selon les typologies choisies (Figure 7). L'entrée des données a été réalisée selon Natura 2000. Pour les habitats d'intérêt communautaire les correspondances ont directement été réalisées vers les codes EUNIS. Les habitats non pris en compte par la directive ont été rattachés à des codes EUNIS.

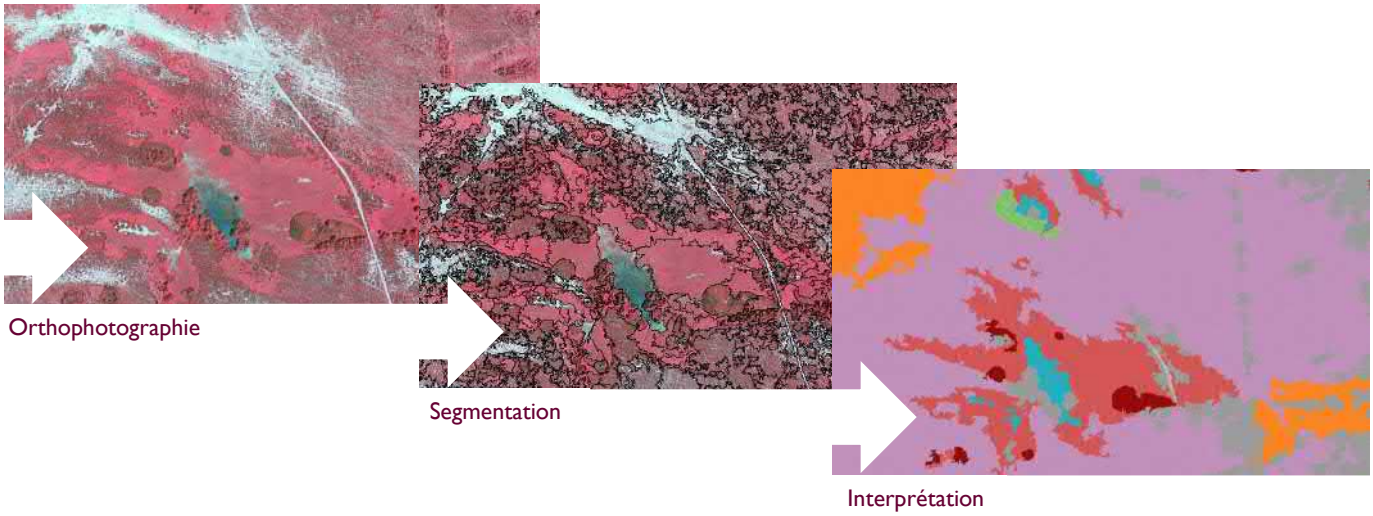


Figure 7 : Principales étapes de l'approche par segmentation

Mélanges d'habitats

Dans un but opérationnel, l'idéal est d'individualiser chaque habitat par un polygone sur la carte. Or, dans la réalité, les habitats naturels peuvent se superposer ou s'entremêler créant ainsi des mosaïques complexes. Afin de cartographier ces mélanges il a été choisi que chaque polygone peut contenir au maximum deux habitats (Figure 8). Plusieurs styles de mélanges ont été rencontrés sur le site : les mosaïques spatiales caractérisées par deux habitats imbriqués de façon homogène ou par un habitat dispersé au sein d'un habitat dit « dominant » (Olivier J. et al. 2010). Les mosaïques temporelles, définiessent des végétations imbriquées possédant un lien dynamique. La limite entre deux habitats ne peut être tracée de façon exacte en raison du gradient ou du continuum existant (Olivier J. et al. 2010). Lorsque deux habitats sont en mélange, l'habitat principal correspond à celui qui est le plus représenté dans le milieu ou le plus important d'un point de vue patrimonial (Cas des mélanges 50%).



Figure 8 : Mélange spatial entre fourrés halophiles méditerranéens (1420-2) et prés-salés annuels (1310-4) selon la typologie Natura 2000.

En présence de mosaïque temporelle incluant deux habitats d'intérêt communautaires (Exemple : 3170[5]*3140[6]) l'habitat considéré comme principal correspond à l'habitat d'intérêt prioritaire ou ayant le plus d'enjeux comme décrit dans le plan de gestion. Les détails sont visibles dans la table attributaire numérique.

Table attributaire

A chaque entité les champs suivants ont été renseignés, permettant ainsi de localiser les entités et de justifier leur rattachement à un habitat (Tableau 3).

Tableau 3 : Table attributaire

	HABITAT 1			HABITAT 2						
CLASSE	Code Natura 2000	Code EUNIS	Recouvrement (%)	Code Natura 2000	Code EUNIS	Recouvrement (%)	Mélanges Code EUNIS	Surfaces (hectares)	Périmètres (km)	Remarques

RENDU CARTOGRAPHIQUE

Fusion des polygones

Les polygones aux caractéristiques identiques et partageant une limite commune ont été combinés en spécifiant un champ de jointure pour former un seul polygone. Pour cette étape l'outil « Fusionné » d'ArcGIS a été utilisé (Figure 9).

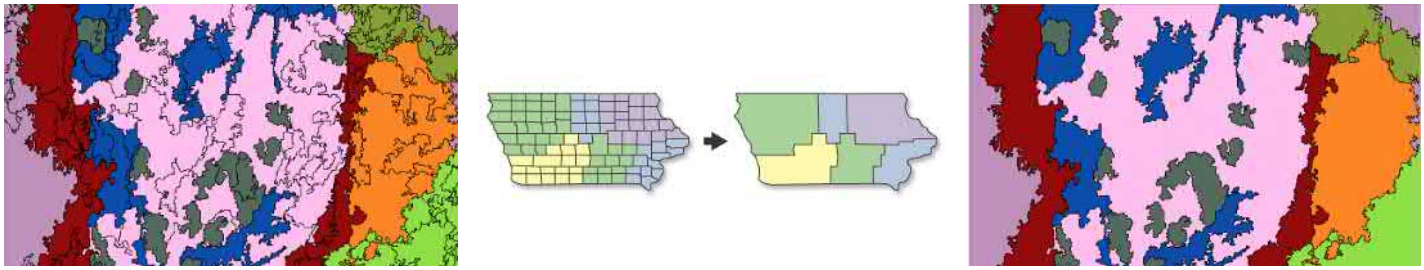


Figure 9 : Outil « fusionné » d'ArcGis

[5] Code Natura 2000 - Mares temporaires méditerranéennes
[6] Code Natura 2000 - Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* sp.

Sémiologie

Afin de garder une cohérence entre les cartes réalisées sur les différents sites du domaine et d'en faciliter la lecture, la sémiologie choisie pour représenter les habitats a respecté autant que possible la palette de couleur déjà utilisée au sein de la fondation de la Tour du Valat.

ANALYSES STATISTIQUES

Analyses des données 2018

Les surfaces de l'ensemble des habitats principaux et les mélanges rencontrés pour la classe des fourrés des marais salés méditerranéens ont été calculés grâce à l'outil « Récapituler » disponible à partir de la table attributaire d'ArcGIS. Des calculs de moyennes ont été réalisés sous Excel (2016).

Données 2004 et 2018

Afin de rendre la comparaison possible, les surfaces et les périmètres des habitats ont été calculés après fusion des polygones selon les habitats principalement représentés (Natura 2000 ou EUNIS). Pour cette partie, le périmètre d'étude (2259,7 ha) a exclu les marais du Verdier n'appartenant pas au domaine en 2004, les Dunes de la Commanderie, Grand Badon et Petit Badon non cartographiés en 2018 (Annexe 1, Annexe 2, Figures 10, 11, 12). Le rapport entre le périmètre et la surface ($\frac{\text{P (Km)}}{\text{S (Ha)}}$) pour chaque polygone a été calculé avec le logiciel R (Version R 3.3.2). Cette variable est liée à la précision du tracé de chaque entité puisqu'elle mesure le périmètre tracé par hectares cartographié. Le test de wilcoxon a permis de comparer les deux échantillons dont les données ne suivent pas une loi normale (Fonction shapiro.test) et qui sont non appariés (Fonction wilcox.test). Les hypothèses suivantes ont été posées : H0 : P/S de 2004 = P/S de 2018 et H1 : P/S de 2004 < P/S de 2018.

D'autre part, l'évolution potentielle des habitats les plus importants sur le domaine en termes de surface et présentant également des enjeux de conservation et de gestion (Habitats : Pelouses et gazons, prés-salés vivaces et sansouïres vivaces) a été étudiée. La part de chaque habitat présent (Communautaire ou non) en 2018 selon l'aire de répartition cartographié en 2004 pour ces mêmes habitats a été calculée. Le procédé inverse a été réalisé pour les habitats des prés-salés vivaces afin d'identifier les habitats caractérisés en 2004 selon la localisation de 2018. Il n'a pas été pertinent d'effectuer ces comparaisons pour tous les habitats en raison des différences de typologie utilisées entre les deux années et les dissemblances/erreurs d'interprétations en 2004.

RESULTATS

CARTES OBTENUES EN 2018

Les cartes réalisées représentent la distribution spatiale des habitats sur le domaine de la Tour du Valat par photo-interprétation de l'orthophotographie 2017 et relevés terrains en 2018. La première carte illustre les habitats selon la typologie Natura 2000 pour les habitats d'intérêt communautaire (Figure 10), la deuxième carte les habitats selon la typologie EUNIS pour l'ensemble des habitats (Figure 11). Afin d'alléger la lecture et d'assurer la lisibilité, l'affichage a été fait à partir des habitats majoritairement représentés (Habitat 1) dans chaque unité cartographiée, sans prendre en compte les mélanges (Habitat 1 * Habitat 2). Une troisième carte montre la part d'habitat imbriqué ou non en mélange (Figure 12).

Figure 10 : Cartographie des habitats majoritaires du domaine selon la typologie Natura 2000 en 2018 + (Tableau 4)
Figure 11 : Cartographie des habitats majoritaires du domaine selon la typologie EUNIS en 2018 + (Tableau 4)
Figure 12 : Cartographie des habitats du domaine en mélange ou non en 2018

Figure 10 :

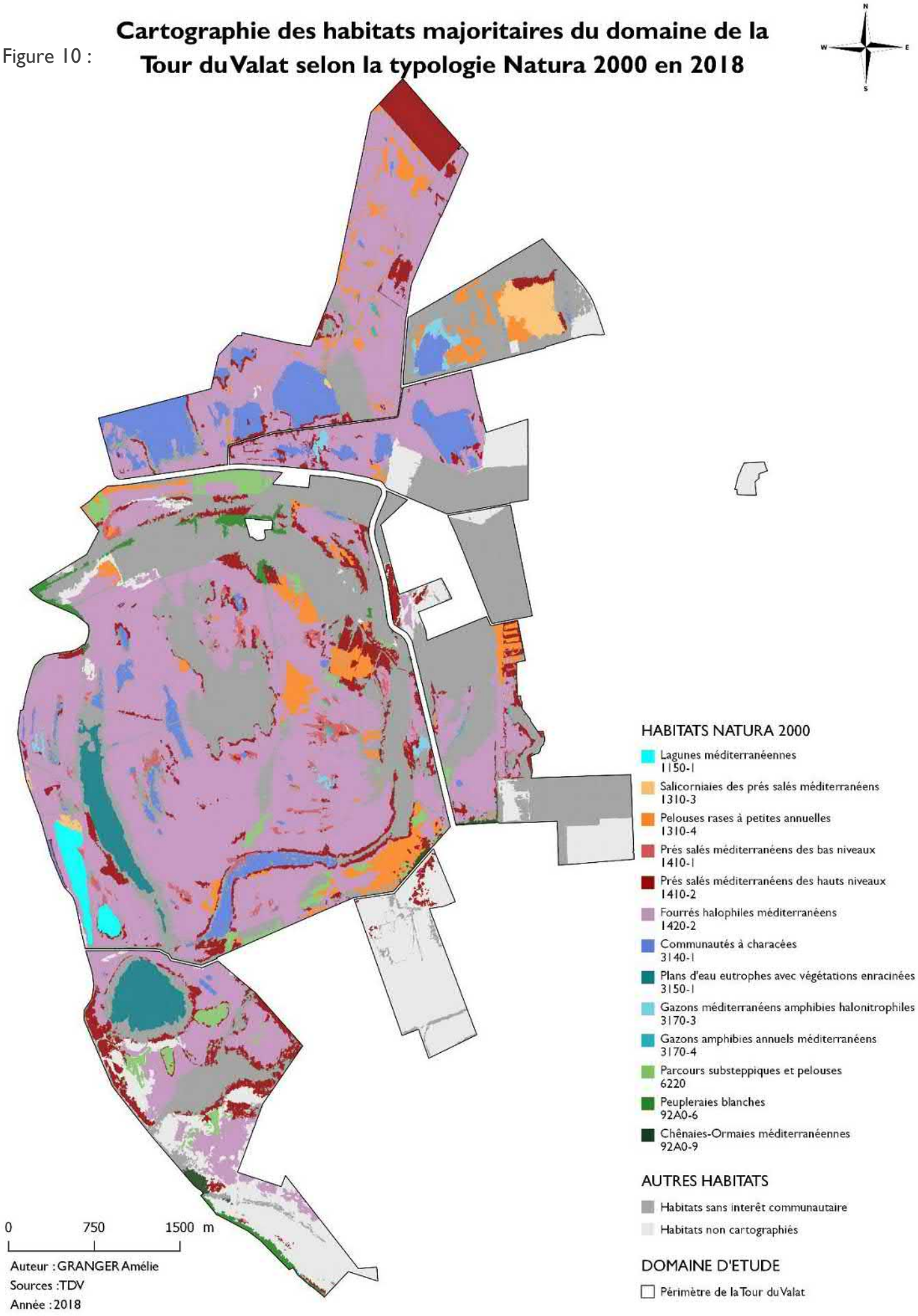

Cartographie des habitats majoritaires du domaine de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000 en 2018
N
W
E
S
HABITATS NATURA 2000
Lagunes méditerranéennes 1150-1
Salicorniaies des prés salés méditerranéens 1310-3
Pelouses rases à petites annuelles 1310-4
Prés salés méditerranéens des bas niveaux 1410-1
Prés salés méditerranéens des hauts niveaux 1410-2
Fourrés halophiles méditerranéens 1420-2
Communautés à characées 3140-1
Plans d'eau eutrophes avec végétations enracinées 3150-1
Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles 3170-3
Gazons amphibies annuels méditerranéens 3170-4
Parcours substeppiques et pelouses 6220
Peupleraies blanches 92A0-6
Chênaies-Ormaies méditerranéennes 92A0-9
AUTRES HABITATS
Habitats sans interêt communautaire
Habitats non cartographiés
DOMAINE D'ETUDE
Périmètre de la Tour du Valat
0
750
1500 m
Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV
Année : 2018

Figure 11 :

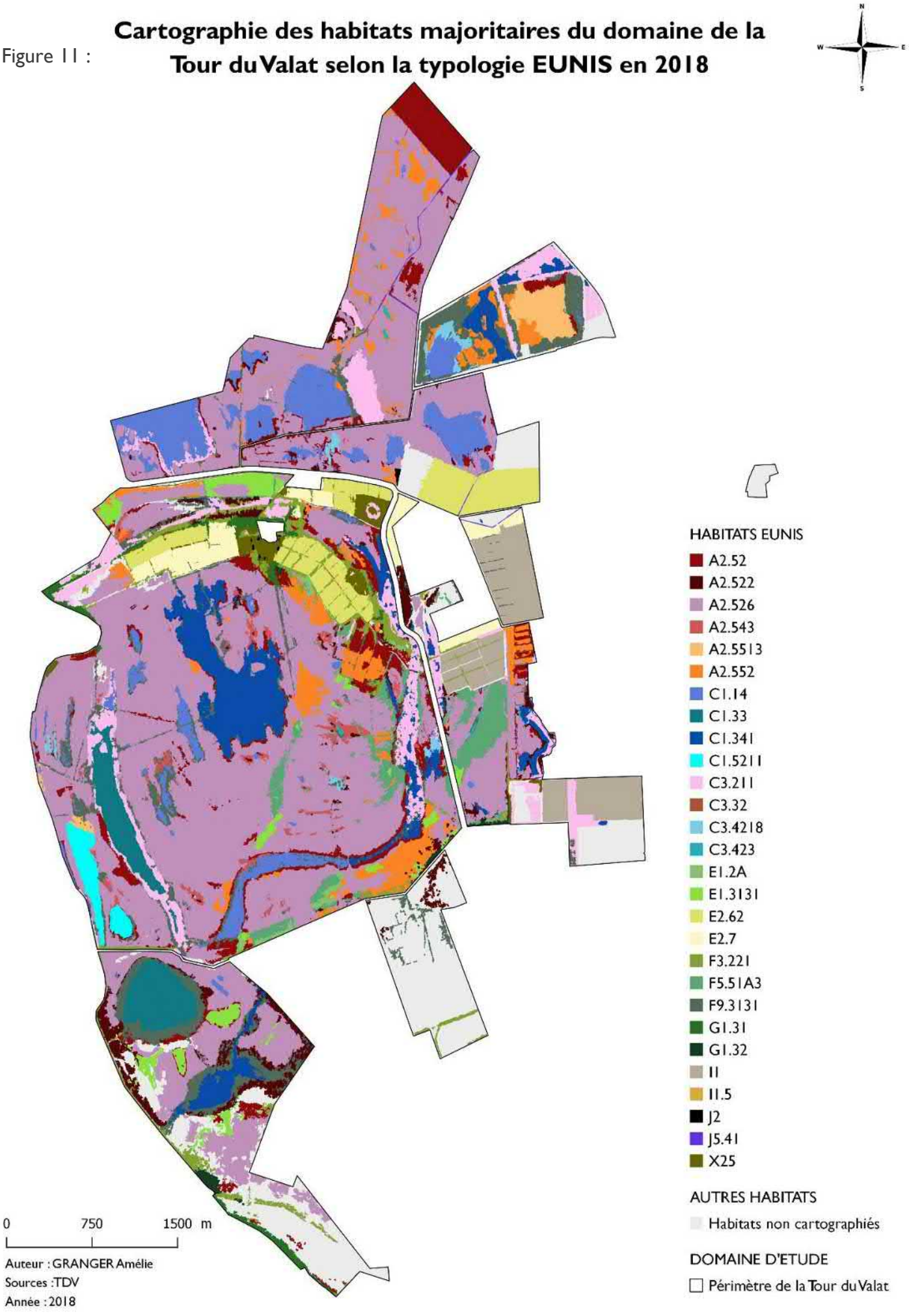

Cartographie des habitats majoritaires du domaine de la Tour du Valat selon la typologie EUNIS en 2018
N
W
E
S
HABITATS EUNIS
A2.52
A2.522
A2.526
A2.543
A2.5513
A2.552
C1.14
C1.33
C1.341
C1.5211
C3.211
C3.32
C3.4218
C3.423
E1.2A
E1.3131
E2.62
E2.7
F3.221
F5.51A3
F9.3131
G1.31
G1.32
I1
I1.5
J2
J5.41
X25
AUTRES HABITATS
Habitats non cartographiés
DOMAINE D'ETUDE
Périmètre de la Tour du Valat
0
750
1500 m
Auteur : GRANGER Amélie
Sources :TDV
Année : 2018

Figure 12 :

Cartographie des habitats du domaine de la Tour du Valat selon qu'ils soient en mélanges ou non en 2018



Tableau 4 : Habitats identifiés sur le site et correspondances des typologies Natura 2000 et EUNIS

CLASSES	CODE NATURA 2000	CODE ELEMENTAIRE NATURA 2000	INTITULES NATURA 2000	CODE EUNIS	INTITULES EUNIS	SURFACES (ha) habitat majoritaire	SURFACES (%)[7]
LAGUNES TEMPORAIRES	1150*[8]	1150-2*	Lagunes méditerranéennes	C1.5211	Formations athalassiques à *Ruppia*	16,9	0,7%
SANSOUÏRES ANNUELLES	1310	1310-3	Salicorniaies des prés salés méditerranéens	A2.5513	Marais salés pionniers à *Salicornia* spp.	20,9	0,8%
PRES -SALES ANNUELS		1310-4	Pelouses rases à petites annuelles subhalophiles	A2.552	Communautés halo-nitrophiles pionnières du littoral méditerranéen	94,6	3,7%
PRES-SALES VIVACES	1410	1410-1	Prés salés méditerranéens des bas niveaux	A2.543	Gazons des marais salés côtiers méditerranéens	23,4	0,9%
PRES-SALES VIVACES		1410-2	Prés salés méditerranéens des hauts niveaux	A2.52	Partie supérieure des marais salés	113,5	4,5%
JONCHAIES DENSES		1410-2	Prés salés méditerranéens des hauts niveaux	A2.522	Marais salés méditerranéens à *Juncus maritimus* et *Juncus acutus*	53,6	2,1%
SANSOUÏRES VIVACES	1420	1420-2	Fourrés halophiles méditerranéens	A2.526	Fourrés des marais salés méditerranéens	978,9	38,5%
MARAIS	3140	3140-1	Communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques	C1.14	Tapis immergés de charophytes des plans d'eau oligotrophes	130,9	5,1%
MARAIS DEGRADES	3150	3150-1	Plans d'eau eutrophes avec végétations enracinées avec ou sans feuilles flottantes	C1.33	Végétations immergées enracinées des plans d'eau eutrophes	54,7	2,1%
MARES TEMPORAIRES	3170*	3170-3*	Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles (Heleochloion)	C3.423	Gazons méditerranéens amphibies à *Crypsis*	9,6	0,4%
MARES TEMPORAIRES		3170-4*	Gazons amphibies annuels méditerranéens (Nanocyperetalia)	C3.4218	Communautés méditerranéennes amphibies à petites herbacées	2,1	0,1%
GAZONS A BRACHYPODE DE PHENICIE	6220*	6220*	Parcours substeppiques de graminées et annuelles du Thero-Brachypodietea	E1.2A	Pelouses à *Brachypodium phoenicoides*	6,1	0,2%
PELOUSES SECHES ANNUELLES		6220-2*	Pelouses à thérophytes méditerranéennes mésothermes	E1.3131	Communautés annuelles calciphiles ouest-méditerranéennes	32,7	1,3%
RIPISYLVES	92A0	92A0-6	Peupleraies blanches	G1.31	Forêts riveraines méditerranéennes à peupliers	16,8	0,7%
RIPISYLVES		92A0-9	Chênaies-Ormaies méditerranéennes	G1.32	Ormaies riveraines méditerranéennes	5,1	0,2%
COMMUNAUTES FLOTTANTES DES EAUX PEU PROFONDES				C1.341	Communautés flottantes des eaux peu profondes	118,3	4,6%
PRAIRIES MESIQUES NON GEREES				E2.7	Prairies mésiques non gérées	41,8	1,6%
TERRES AGRICOLES				I1	Cultures et jardins maraîchers	82,4	3,2%
PRAIRIES AMELIOREES				E2.62	Prairies améliorées humides, souvent avec des fossés de drainage	80,1	3,1%
VEGETATION ET BOISEMENTS ANTHROPIQUES				X25	Jardins domestiques des villages et des périphéries urbaines, bordures de chemins et canaux avec végétations anthropiques ainsi que les zones anthropiques hors bâtis	19,2	0,8%
FOURRES DE TAMARIS				F9.3131	Fourrés ouest-méditerranéens de Tamaris	137,4	5,4%
FOURRES DE FILAIRES				F5.51A3	Fourrés occidentaux à *Phillyrea*	55,6	2,2%
FOURRÉS CADUCIFOLIÉS				F3.211	Fourrés caducifoliés subméditerranéens franco-ibériques	54,4	2,1%
SCIRPAIES				C3.27	Formations halophiles à *Scirpus, bolboschoenus* et *schoenoplectus*	111,6 (Seulement en habitat secondaire)	
ROSELIERES				C3.211	Phragmitaies inondées	112,3	4,4%
CANAUX				J5.41	Canaux d'eau non salée complètement artificiels	4,8	0,2%
CANNES DE PROVENCES				C3.32	Formations à *Arundo donax*	0,4	>0%
BATIS				J2	Constructions à faible densité	0,9	>0%
JACHERES INONDEES				I1.55	Jachères inondées avec communautés rudérales annuelles ou vivaces	0	>0%
FRICHES, JACHERES OU TERRES ARABLES RECEMMENT ABANDONNEES				I1.5	friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	0.1	>0%
NON CARTOGRAPHIES						277.5	10,9%

[7] Pourcentage de recouvrement de chaque classe d'habitat sur le périmètre total d'étude (2545 hectares)

[8] * Habitats prioritaires Natura 2000

La végétation du delta du Rhône est contrôlée par le régime hydrique et la salinité. La variation et la combinaison de ces deux facteurs prépondérants engendrent une grande diversité d'habitats (Aguilera Delgado M. 2004). Les différentes unités de végétation présentes sur la Tour du Valat ont déjà été largement décrites dans les plans de gestion précédents et leur identification s'est appuyée sur des périodes de prospection de terrain, qui, complétées par la campagne de 2018, ont permis d'aboutir à une liste des habitats identifiés sur le domaine amenée à évoluer (Tableau 4). Au total, 9 habitats d'intérêts communautaires ont été identifiés dont 3 prioritaires ainsi qu'un ensemble d'habitats non classés dans la Directive (Annexe 4). Seuls les habitats d'intérêts communautaires cartographiés et prospectés à ce jour ont été décrits dans des fiches habitats (Annexe 4). Un ensemble d'information important à prendre en compte dans la gestion du domaine n'a pas été présenté sur les cartes et est disponible à partir des métadonnées (Mélanges, remarques, etc.).

89,1% des surfaces du domaine ont été complétée à ce jour en 2018 : 2267.5 hectares ont été cartographiés sur 2545 hectares, dont 1559.8 hectares d'intérêt communautaire et 707.7 hectares sans intérêt communautaire (Tableau 4, Figures 10, 11). Par exemple, les roselières sont un habitat en tant qu'habitats d'espèces d'oiseaux prioritaires pour l'Europe (Directive Oiseaux) comme le butor, le héron pourpré, le busard des roseaux.

Le paysage de la Tour du Valat est dominé par des végétations de fourrés halophiles méditerranéens (1420) puisqu'elles recouvrent 43,2% (978.9 ha) des surfaces déjà cartographiées en 2018 (2267.5 ha). Elles sont suivies par les prés-salés méditerranéens de hauts et bas niveaux (1410) qui représentent 8,4% (190,5 ha), les fourrés ouest-méditerranéens de Tamaris représentent 6,1% (137,4 ha), les zones aquatiques des communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques (3140) recouvrent 5,8% (130,9 ha) et les communautés flottantes des eaux peu profondes 5,2% (118,3 ha), les prés-salés annuels et sansouïres annuelles (1310) représentent 5,1% (115,5 ha) et les phragmitaies inondées 5,0% (112,3 ha).

HABITATS EN MELANGES

La figure 12 illustre la part des milieux présents en mélange selon la typologie EUNIS : les habitats (Communautaires ou non) se divisent en sous types selon qu'il s'agit de mélanges temporel ou spatial. Au total 17.7% (401.8 ha) des habitats cartographiés sont mélangés et se divise nt en 67 combinaisons effectives. Par exemple, l'habitat des fourrés des marais salés méditerranéens (A2.526) est le plus représenté sur le domaine (978,9 ha) et se décline en cinq combinaisons de mélanges spatiaux à ce jour. La figure 13 ci-dessous montre les surfaces recouvertes par l'habitat A2.526 pures et en mélanges :

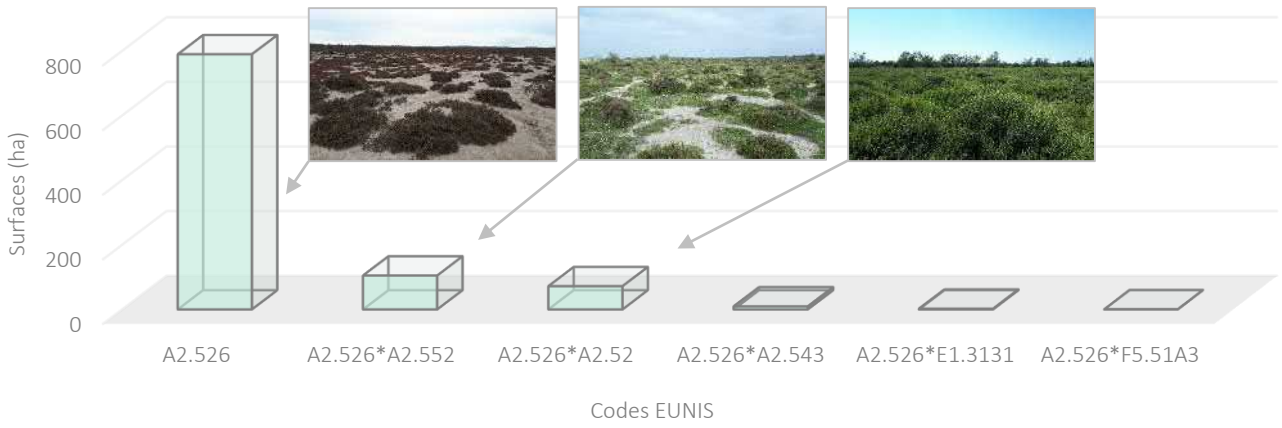


Figure 13 : Graphique des surfaces recouvertes par les fourrés des marais salés méditerranéens A2.526 pures et en mélanges en 2018 selon EUNIS

80.6% des surfaces occupées par ces fourrés sont recouvertes par l'habitat à l'état pur (789.5 ha). Les mélanges représentent des surfaces beaucoup moins importantes : le mélange des fourrés des marais salés méditerranéens et des communautés halo-nitrophiles pionnières du littoral méditerranéen (A2.526*A2.552) couvrent 104,9 ha sur 978,9 ha

(10.7%). Les fourrés des marais salés et des parties supérieures des marais salés (A2.526*A2.52) représentent 72,0 ha (7,4%) de cette classe (Figure 13, Tableau 5).

Tableau 5 : Surfaces des habitats présents sur les milieux cartographiés en 2018

INTITULES EUNIS	CODE EUNIS	SURFACES (ha)	SURFACES (%)
Fourrés des marais salés	A2.526	789,5	80,6
Fourrés des marais salés*Communautés halo-nitrophiles pionnières	A2.526*A2.552	104,9	10,7
Fourrés des marais salés*Partie supérieure des marais salés	A2.526*A2.52	72,0	7,4
Fourrés des marais salés*Gazons des marais salés	A2.526*A2.543	9,5	1,0
Fourrés des marais salés*Communautés annuelles	A2.526*E1.3131	2,3	0,2
Fourrés des marais salés*Fourrés à *Phillyrea*	A2.526*F5.51A3	0,6	0,1
TOTAL		978,9	100

Certains habitats n'ont jamais été identifiés en mélange comme les lagunes méditerranéennes (1150), les ripisylves d'intérêt communautaire (92A0), les plans d'eau eutrophes avec végétations enracinées (3150), les formations à *Arundo donax*, les prairies améliorées ou encore les prairies mésiques non gérées. En revanche certains habitats se trouvent toujours en mélange temporel comme les formations halophiles à *Scirpus, Bolboschoenus* et *Schoenoplectus* puisqu'il s'agit d'un stade de succession des végétations.

ETUDES DES HABITATS EN 2004 ET 2018

La comparaison a été réalisée seulement pour les principaux habitats génériques de la Directive Habitat-Faune-Flore (DHFF) puisque leurs interprétations n'étaient pas descendues aux niveaux élémentaires en 2004. L'évaluation a été réalisée sur un périmètre de 2259.8 hectares correspondant aux limites du domaine en 2004, excluant aussi les terres non prospectées (Annexe 2). Les tableaux présentent le nombre d'entités cartographiées pour chaque classe Natura 2000, les périmètres et surfaces respectives des habitats en 2004 et 2018.

Tableau 6 : Surfaces, périmètres et nombres de polygones des classes d'habitats d'intérêt communautaire en 2004 et 2018

	SURFACES (HA)		PERIMETRES (KM)		NOMBRE POLYGONES	
INTITULES ET CODES NATURA 2000	2004	2018	2004	2018	2004	2018
Lagunes côtières 1150	-	16,9	-	6,8	-	2
Végétations pionnières à *Salicornia* et autres espèces annuelles 1310	-	82,9	-	192,7	-	267
Prés-salés méditerranéens 1410	410,6	183,1	257,8	471,0	366	679
Fourrés halophiles méditerranéens 1420	1005,3	973,9	241,8	698,3	127	271
Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* sp. 3140	202,9	122,7	67,4	106,0	78	122
Lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition 3150	48,3	54,7	11,0	16,5	6	6
Mares temporaires méditerranéennes 3170	21,6	7,3	15,4	18,1	27	31
Parcours substeppiques de graminées et annuelles 6220	63,2	38,8	31,0	65,6	48	87
Forêts-galeries à *Salix alba* et *Populus alba* 92A0	-	16,8	-	32,9	-	80
TOTAL	1752,0	1497,2	624,4	1607,9	652	1545

En 2004, 2123,2 hectares ont été numérisés manuellement dont 1752,0 d'intérêt communautaire représentant 652 polygones et un périmètre total de 624,4 kilomètres. En 2018, 2139,3 hectares ont été cartographiés dont 1497,2 d'intérêt communautaire représentant 1545 polygones pour un périmètre de 1607,9 kilomètres, soit 2,6 fois plus grand qu'en 2004 (Tableau 6). Non reconnus sur le domaine en 2004, trois classes d'habitats ont été rajoutées en 2018. Les

résultats des tests statistiques ont validé l'hypothèse H1 : P/S de 2004 < P/S de 2018 (p-value < 2.2e-16). Les deux échantillons sont significativement différents, les périmètres tracés en 2018 sont significativement plus précis qu'en 2004.

Les tableaux suivants présentent environ 90% des surfaces des habitats majoritaires cartographiés en 2018 selon le découpage des habitats de 2004 (Tableau 7).

Tableau 7 : Habitats et surfaces cartographiées en 2018 selon le découpage de l'habitat des parcours substeppiques de graminées et annuelles 6220 (63.2 ha) identifié en 2004

INTITULES ET CODES NATURA 2000	SURFACES (HA) CARTOGRAPHIEES EN 2018	SURFACES (%)
Parcours substeppiques de graminées et annuelles 6220	15,6	24,6
Végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles 1310	13,3	21,1
Fourrés halophiles méditerranéens 1420	8,8	14,0
Prés-salés méditerranéens 1410	6,2	9,8
Non cartographiés	6,1	9,6
Végétations et boisements anthropiques	4,3	6,9
Fourrés de Filaires	3,5	5,6

24.6% des surfaces cartographiées en 6220 en 2004 ont été reclassées dans cette même classe en 2018. 21.1% ont été caractérisées en 1310, 14.0% apparaissent en 1420, 9.8% en 1410, 9.6% n'ont pas été renseignés à ce jour. 6.9% ont été classées en végétations et boisements anthropiques et 5.6% en fourrés de filaires.

Tableau 8 : Habitats et surfaces cartographiés en 2018 selon le découpage de l'habitat des prés-salés méditerranéens 1410 (410.6 ha) identifié en 2004

INTITULES ET CODES NATURA 2000	SURFACES (HA) CARTOGRAPHIEES EN 2018	SURFACES (%)
Fourrés halophiles méditerranéens 1420	103,0	25,1
Prés-salés méditerranéens 1410	101,8	24,8
Fourrés de Tamaris	57,4	14,0
Non cartographiés	27,8	6,8
Végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles 1310	24,6	6,0
Roselières	20,7	5,0
Prairies améliorées	18,8	4,6
Fourrés caducifoliés	12,6	3,1
Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à Chara sp. 3140	9,2	2,3

Seules 24.8% des surfaces cartographiées en 1410 en 2004 ont été reclassées dans cette même classe en 2018 et 25.1% ont été caractérisées en 1420. 14.0% apparaissent en fourrées de tamaris et 6.8% n'ont pas encore été renseignées à ce jour (Tableau 8).

Tableau 9 : Habitats et surfaces cartographiées en 2018 selon le découpage de l'habitat des Fourrés halophiles méditerranéens 1420 (1005.3 ha) identifié en 2004

INTITULES ET CODES NATURA 2000	SURFACES (HA) CARTOGRAPHIEES EN 2018	SURFACES (%)
Fourrés halophiles méditerranéens 1420	819,7	81,5
Prés-salés méditerranéens 1410	50,6	5,0
Non cartographiés	40,7	4,1

81.5% des surfaces cartographiées en 1420 en 2004 ont été reclassées dans cette même classe en 2018. 5% ont été caractérisés en 1410 et 4.1% n'ont pas été renseignées à ce jour (Tableau 9).

Le découpage inverse a été effectué pour la classe des végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles. Le tableau suivant présente les surfaces des habitats majoritaires cartographiés en 2004 selon le découpage de l'habitat 1310 en 2018.

Tableau 10 : Habitats et surfaces cartographiées en 2004 au sein de l'habitat des végétations pionnières à S*alicornia* et autres espèces annuelles 1310 identifié en 2018 (82.9 ha)

INTITULES ET CODES NATURA 2000	SURFACES (HA) CARTOGRAPHIEES EN 2018	SURFACES (%)
Fourrés halophiles méditerranéens 1420	36,6	44,1
Prés-salés méditerranéens 1410	24,7	29,8
Parcours substeppiques de graminées et annuelles 6220	13,3	16,0

44.1% des surfaces cartographiées en 1310 en 2018 étaient classées en 1420 en 2004. 29.8% ont étaient caractérisés en 1410 et 16.0% en 6220 (Tableau 10).

DISCUSSION

COMPARAISON DES METHODES

Le contour des entités du paysage a été tracé selon deux méthodes : Numérisation manuelle et segmentation automatique (Figure 14). A titre d'exemple, le secteur de Giraud entièrement prospecté et photo-interprété a permis de faire l'état des lieux des avantages et des inconvénients des techniques présentées (Tableau 11). D'après la bibliographie, les principales différences observées entre deux personnes appliquant la même méthode proviennent de l'appréciation des séparations entre les habitats. Sur le terrain les limites entres les milieux sont rarement nettes et forme souvent des écotones, c'est pour cela que la numérisation induit une forte influence de l'opérateur sur les résultats et la qualité dépend entre autres du temps passé sur le terrain (Ichter J. et al., 2015).

Dans le cadre de la présente étude, la photo-interprétation manuelle des contours a laissé une certaine place à la subjectivité et à d'éventuelles erreurs d'appréciation des contours demandant une forte pression de terrain. Etant donnée l'étendue du domaine, la numérisation manuelle des limites aurait été un travail très laborieux. La méthode de segmentation par ordinateur des entités est particulièrement intéressante, puis qu'elle est plus facilement reproductible, adaptable en fonction des paramètres d'entrée, plus rapide, plus précise et moins subjective. La segmentation permet un niveau de précision quasi impossible à atteindre manuellement bien que le temps important lié à l'attribution des polygones à un habitat reste long. Le bilan général du temps passé reste favorable à la méthode de segmentation permettant d'expérimenter et mettre en avant les outils du logiciel Géoclassifer GUI.

Le périmètre moyen cartographié en 2018 est 2.6 fois plus grand que celui de 2004 : à l'échelle de travail, les changements réels d'habitats ne peuvent pas influencer le périmètre moyen des groupes d'habitats. De ce fait les différences observées sont dûes à une augmentation de la précision des contours des objets apportée par la segmentation. Le choix des paramètres d'entrée (Tolérance, surface minimale) ont permis volontairement d'apporter un niveau de détail élevé permettant de cartographier les habitats de petite taille à fort intérêt patrimonial. Ils ont aussi permis de distinguer les milieux ayant des caractéristiques spectrales proches (Pelouses, prés-salés vivaces et annuels).

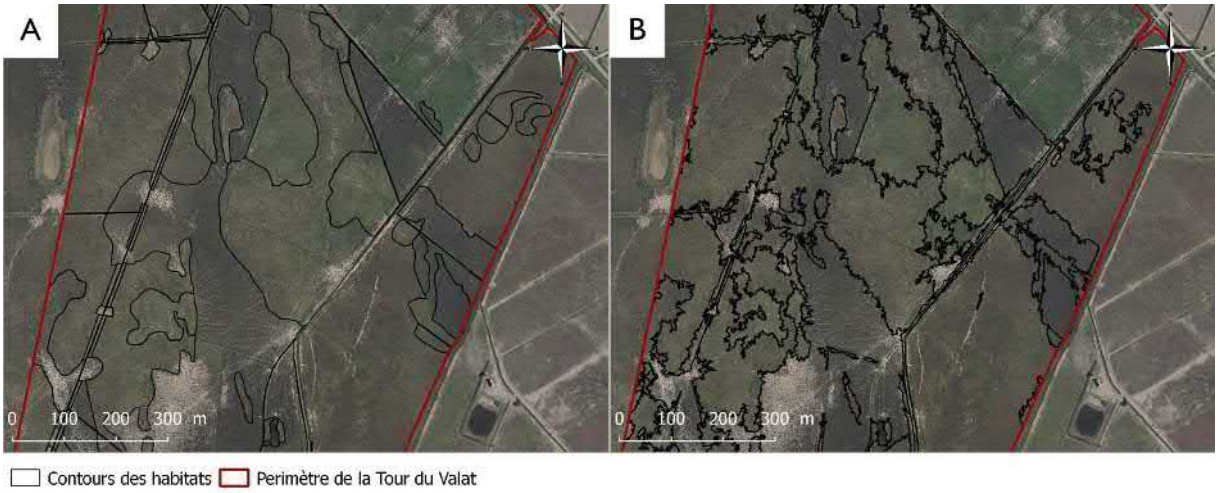


Figure 14 : (A) Résultats de la numérisation manuelle des contours des habitats sur fond IGN-F en 2018, (B) Résultats de segmentation des contours des habitats sur fond IGN-F après fusion des polygones en 2018

Tableau 11 : Avantages et inconvénients des deux méthodes dans le cadre de l'étude

	METHODE DE NUMERISATION	METHODE DE SEGMENTATION
Délimitations des habitats	🟡 Subjectif dans l'interprétation des limites des polygones	🟢 Contours tracés automatiquement par la segmentation
Précision des contours	🟢 Précision variable selon le temps passé à la numérisation	🟢 Précision variable selon le choix des paramètres pour la segmentation
Caractérisation des habitats		🔴 Temps important lié à l'attribution des polygones à un habitat Attribuer un habitat possède également une part de subjectivité et joue sur le contour du polygone habitat final après fusion
Temps de travail	🔴 Temps de digitalisation long et laborieux	🟡 Phase de post-traitement exigeante (choix des paramétrages), temps de traitement rapide par rapport à la numérisation de tous les contours (5h)
Automatisation du tracé des polygones	🔴 Non automatisable	🟢 Automatisable
Reproductibilité	🔴 Difficilement reproductible, induit des risques de biais en cas de changement d'opérateur	🟢 Méthodologie facilement reproductible en utilisant les mêmes paramètres
Risques d'erreur	🔴 Important en cas de changement d'observateurs lors de l'interprétation et le tracé des contours des habitats	🔴 Risque d'erreur lié au choix de l'ordinateur lors du rattachement des pixels voisins visuellement proches mais n'appartenant pas à un même habitat
Changement d'échelle	🔴 Exige de reproduire une nouvelle numérisation	🟢 Changement des paramètres de segmentation

LIMITES DE LA METHODE DE 2018

Plusieurs limites liées à la segmentation ont été rencontrées :

Limites liées aux SIG

Grand nombre de polygones

Le processus de segmentation a généré plus de 68 000 polygones sur les 2545 ha, c'est-à-dire une taille moyenne de polygones de 374 m² engendrant un travail de photo-interprétation des entités important. Le choix des paramètres dépend des résultats attendus : l'augmentation de la taille minimale de la plus petite entité cartographiée aurait produit moins de segments mais aurait causé une perte d'informations sur les habitats d'intérêt communautaire et prioritaire de petite surface comme les mares temporaires qui constituent l'un de principaux enjeux de conservation du domaine.

Segmentation des habitats hétérogènes

La faible tolérance a engendré une segmentation des milieux visuellement hétérogènes impliquant un travail de fusion important a posteriori. Les outils de l'éditeur d'ArcGIS ont permis de faire des sélections multiples très rapides de polygones voisins appartenant à une même classe afin de leur attribuer un code habitat identique. Ce problème a été notamment rencontré pour les fourrés halophiles méditerranéens (1420-2) présentant des densités de végétations

variables, se répartissant sur de grandes étendues : la segmentation a séparé en de nombreux polygones cet habitat (Figure 15).

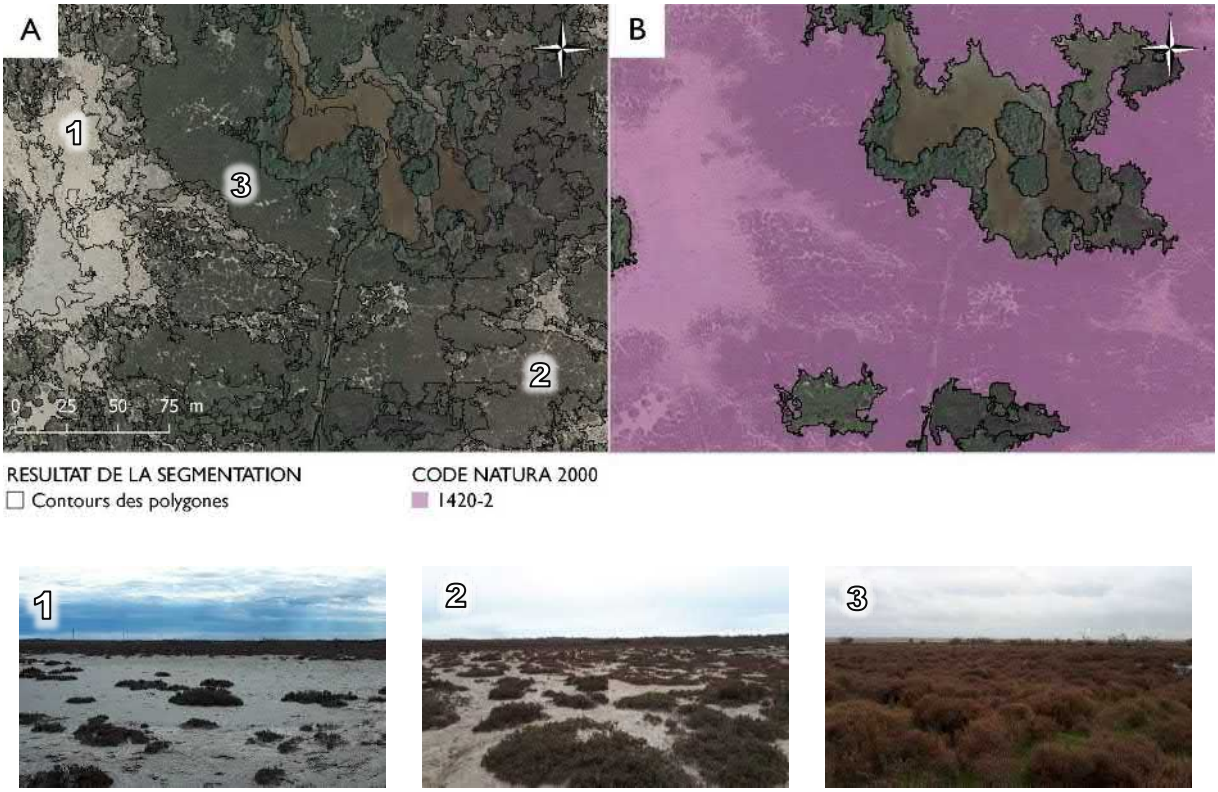


Figure 15 : (A) Résultat de la segmentation sur fond IGN-F (B) Résultat de l'interprétation des polygones pour la classe des fourrés halophiles méditerranéens

Génération de « trous »

Quelques polygones n'ont pas pu être photo-interprétés en raison de leur complexité visuelle occasionnant un certain nombre de « trous » non renseigné sur la carte. Ces entités ont dû être traitées au cas par cas grâce aux connaissances des gestionnaires ou avec des prospections terrain permettant de compléter les vides. Pour la suite du travail il serait possible d'utiliser une tablette terrain équipé d'un logiciel nomade permettant de localiser ces habitats et renseigner en temps réel la classe correspondante.

Polygones mixtes

Le procédé de segmentation a automatiquement rattaché les objets d'une taille inférieure à 100 m² avec le polygone ayant les caractéristiques spectrales les plus proches puisque par exemple les arbres isolés ne constituent pas un habitat naturel à eux seuls. Les polygones comprenant des entités mixtes ont été assignés à l'habitat visuellement le plus dominant ou ont été classées en mélange.

Ombres portées

Le processus de segmentation a tracé le contour des ombres portées de certains objets (Boisements, bâtiments, haies…) visibles sur l'orthophotographie. Ces polygones sombres ont été rattachés à la classe réellement présente, correspondant le plus souvent à l'habitat jouxtant ces ombres.

Limites liées à la photo-interprétation

Orthophotographie

L'utilisation de la seule photo aérienne de référence n'a pas toujours été suffisante pour interpréter les habitats et a parfois demandé l'utilisation de sources auxiliaires de données induisant un léger biais dans l'interprétation des habitats. Chaque milieu possède une signature spectrale c'est-à-dire une quantité d'énergie émise ou réfléchie en fonction de la longueur d'onde qui lui est propre. L'opérateur base son analyse sur les caractéristiques intrinsèques des surfaces ainsi que leur disposition dans l'espace. Un même habitat peut avoir des « aspects » différents : visuellement très proches,

certains groupes peuvent avoir une apparence similaire, tandis que d'autres peuvent présenter des aspects très différents sur la photographie. Des variations de teintes, l'hétérogénéité des végétations, les essences qui composent le peuplement, la structure, le stade phénologique et l'interprétation visuelle des habitats selon les personnes ou la qualité de l'orthophotographie sont des facteurs impliquant une difficulté de caractérisation, voire un risque d'erreur lors de l'identification (Figure 16). A titre d'exemple, la figure 16 montre les variations visuelles pour trois types d'habitats majoritaires (1310-4, 1410-1, 6220-2) qu'ils soient en mélanges ou non.

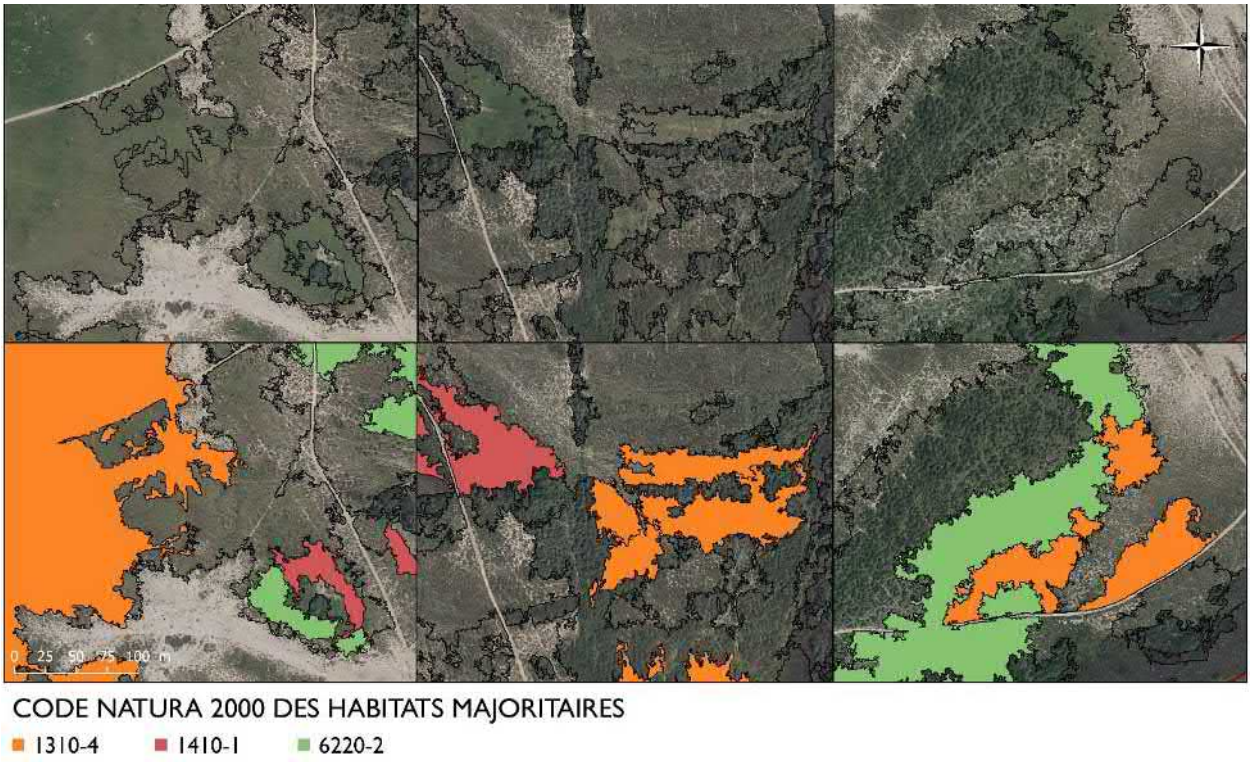


Figure 16 : Exemple de cas montrant les variations des caractéristiques visuelles pour trois classes habitats de la Directive Natura 2000, avant et après photo-interprétation

Mono-date

La photographie de référence sur laquelle la segmentation a été appliquée ne permet pas d'accéder à certaines informations comme la présence de successions temporelles saisonnières. La segmentation a été réalisée sur une image à un instant « t » acquise en 2017. Des erreurs peuvent être causées par le décalage temporel existant entre les habitats exprimés sur l'orthophotographie de référence et le terrain actuel (Niveau, d'eau, différences intersaisons et interannuelles) résultant de dynamique naturelle. Ce dernier point peut être illustré par la succession temporelle de l'habitat eaux oligo-mesotrophes calcaires avec végétation à chara sp. (3140-1) à développement précoce où les communautés flottantes des eaux peu profondes vers l'habitat des scirpaies se développant seulement durant l'été. De ce fait le groupement des scirpaies a été identifiable seulement sur le terrain et non sur photo aérienne.

Limites liées à l'interprétation des habitats

Complexités des référentiels

La mise en œuvre de la Directive à l'échelle de l'Union Européenne a révélé de nombreux problèmes, notamment l'identification des habitats sur le terrain et l'absence d'informations sur la distribution de ces derniers. En conséquence, la Directive a réalisé de nombreux travaux d'enquête afin de compléter les connaissances sur de nombreux habitats et espèces (Evans D., 2006). A une échelle locale, la Tour du Valat réalise aussi des travaux permettant une amélioration des connaissances, dont un certain nombre encore en cours ne règlent pas tous les problèmes et des incertitudes subsistent quant à l'identification de certains habitats. Dans le cadre de l'étude, certaines limites ont été notées lors de l'utilisation des typologies : les Cahiers habitats de la Directive Natura 2000 sont limités aux habitats d'intérêt communautaire cités en annexe, c'est à dire à certains types d'habitats considérés comme rares, menacés ou représentatifs de chaque classe

d'habitat à l'échelle de l'Union Européenne (Cohez D. et al., 2011). Les autres milieux présents et non classés d'intérêt communautaire nécessitent l'utilisation d'une autre typologie. Déjà constaté en 2004, l'absence de travaux récents sur certains groupements végétaux peu ou pas décrits en Camargue laisse le champ ouvert à des possibilités d'interprétation des milieux assez aléatoires par les gestionnaires. En 2011, un important travail d'expertise et d'évaluation des habitats avait été réalisé pour le plan de gestion. A l'époque, il avait permis de citer un ensemble de difficultés liées à l'interprétation des habitats, encore d'actualité en 2018. Depuis 2004, la publication du Tome 3 habitats Côtiers, du Tome 4 milieux agro-pastoraux des Cahiers d'habitats Natura 2000 et la diffusion des fiches descriptives du Parc Naturel Régional de Camargue ont permis de préciser les données de la Directive (Cohez D. et al., 2011). Bien que certaines améliorations aient été apportées en 14 ans, comme l'ajout de la description des végétations pionnières à *Salicornia* et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses (1310), il existe encore de nombreuses discussions à ce sujet. D'autre part, plusieurs déclinaisons d'habitats élémentaires comme celle des rivières, canaux et fossés eutrophes des marais naturels (3150-4) identifiées sur le domaine en 2004 ont été abandonnées par la Directive, obligeant les gestionnaires à requalifier ces milieux.

Complexité des correspondances

Bien qu'il existe de nombreuses classifications d'habitats, il est généralement possible d'obtenir des correspondances mais les liens proposés sont souvent de plusieurs à plusieurs (n-n) plutôt que de un pour un (1-1) (Ichter J. et al., 2015). Cette situation a été rencontrée lors de la correspondance des prés-salés du 1410 de la typologie Natura 2000 et les codes EUNIS. Ainsi, une description plus précise de ces prés-salés sera effectuée en aval sur le domaine afin de caractériser ces végétations selon une entrée EUNIS.

Regroupement de végétations différentes au sein d'une même classe selon la directive « Habitats »

Certains groupements floristiquement très différents correspondent à une même catégorie définie par la Directive « Habitats ». Difficilement photo-interprétable, il peut être noté que certaines végétations de prés-salés ont posé des difficultés de rattachement aux typologies. Leurs divers aspects ont demandé un travail important de terrain (Figure 17).



Prés-salés à *Juncus maritimus*



Prés-salés à *Juncus acutus*



Prés-salés à *Elytrigia atherica* et *Trifolium maritimum*



Prés-salés à *Aeluropus littoralis*

Figure 17 : Exemple de différents aspects du 1410 identifiés sur le domaine

Manques d'étude sur certains milieux

Des erreurs de classement peuvent être générées par le manque d'informations sur certains secteurs. Afin d'étudier en détail la végétation et savoir si les groupements permettent un rattachement aux habitats de la Directive, une réévaluation de certaines zones du domaine est envisageable.

A titre d'exemple, les habitats des communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques (3140-1) et des plans d'eau eutrophes avec végétation enracinée avec ou sans feuilles flottantes (3150-1) pourront faire l'objet d'un travail futur qui permettra de mieux les départager. Une évaluation des niveaux « trophiques » des eaux pourrait être intéressante, permettant de prendre en compte les paramètres physiques, biologiques (Transparence en profondeur et teneur en chlorophylle) et chimiques (Teneur en phosphates et nitrates).

Le problème de manque d'informations a aussi été rencontré avec les mares temporaires méditerranéennes (3170) : au niveau national il a été décidé que l'ensemble d'une pièce d'eau doit être classée en 3170 lorsque qu'un cortège végétal de mare temporaire est présent en bordure (Arganion 2018, comm pers). Or en Camargue la notion de pièce d'eau est très relative compte tenu du fait que la plupart des mares se trouvent dans des sansouïres également inondées une partie de l'année. Bien que des communautés de mares temporaires existent en bordure de marais, la totalité de la zone

aquatique ne correspond pas à l'habitat 3170 et inclut souvent des prés-salés méditerranéens de bas niveau (1410-1), à distinguer du 3170. Le Conservatoire Botanique et la Tour du Valat ont prévu un travail spécifique sur les mares afin de qualifier correctement ces habitats.

Variations météorologiques

La variabilité des conditions météorologiques entraîne des spécificités dans l'expression des végétations annuelles. En constante évolution, des spécificités peuvent être notées au niveau de leurs abondances et de leurs phénologies. En 2018 le printemps particulièrement pluvieux a été favorable à l'expression des communautés annuelles (Parcours substeppiques de graminées et annuelles du Thero-Brachypodieta 6220 et pelouses rases à petites annuelles subhalophiles 1310-4 en particulier) et aux communautés des mares temporaires (3170). Certaines mosaïques mêlant prés-salés à annuelles et sansouïres vivaces (1310-4 x 1420-2) sont possiblement liées à ces conditions particulièrement propices et n'auraient pas été caractérisées ainsi lors d'un printemps plus sec. De plus, en fonction des années il est aussi possible d'observer une surreprésentation de certaines espèces non caractéristiques des habitats.

Dynamiques saisonnières des végétations

En Camargue l'interprétation des habitats est souvent complexe en raison de la dominance visuelle saisonnière de certaines espèces. Le mois ou la saison des sorties de terrain peut influencer la fiabilité de l'interprétation : Certains types de milieux doivent êtres prospectés dans une même période plutôt courte et d'autres doivent être prospectés plusieurs fois dans l'année à des saisons différentes. Des visites trop tardives peuvent privilégier l'observation des espèces estivales au dépend des annuelles indicatrices de certains groupements. Etant donnée la grandeur du domaine d'étude, la plupart des sites d'intérêt communautaire prospectés n'ont été visités qu'une seule fois. Or, une unique campagne de terrain ne permet pas d'apprécier les successions temporelles saisonnières. Ce cas a été rencontré pour les pelouses à thérophytes méditerranéennes mésothermes (Figure 18) : toutes les annuelles composant cet habitat ont un cycle printanier court et doivent être recherchées en avril et mai. Ces espèces, une fois sèches, sont plus difficiles à reconnaître ou disparaissent avec la sècheresse rendant leur identification impossible. De la même manière, les prés-salés annuels peuvent avoir des végétations qui disparaissent au profit des formations des prés-salés à vivaces au cours de la saison.

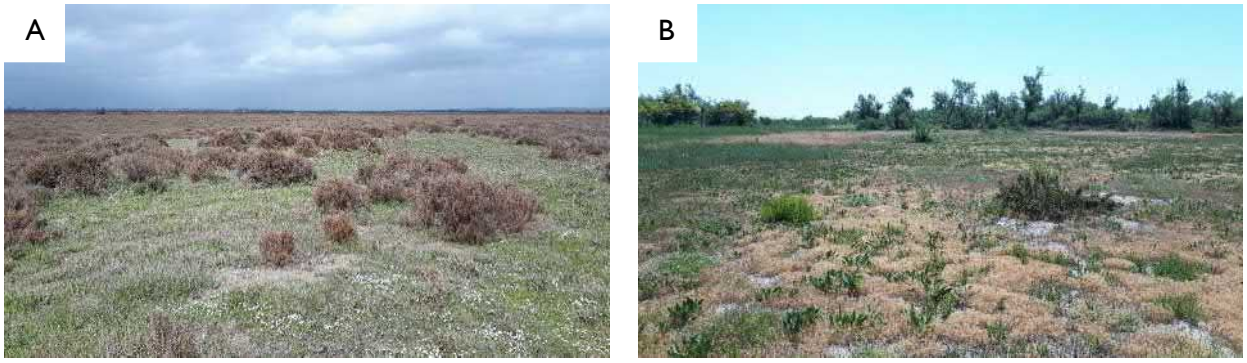


Figure 18 : Différents aspects du 1310 selon la saison : (A) Avril 2018, (B) Juin 2018

Identifications des mélanges

La présence plus ou moins abondante d'espèces compagnes ou transgressives d'un habitat voisin ne suffit pas à déterminer une mosaïque d'habitats (Spatiale ou temporelle). Il faut être en présence soit d'un recouvrement important d'une ou plusieurs espèces dominantes de deux habitats, soit des cortèges de plusieurs de leurs espèces caractéristiques. Sur certains terrains anciennement perturbés, des mélanges impliquant jusqu'à 3 habitats ont été identifiés, compliquant ainsi le rattachement aux typologies (Cohez D. et al., 2011). Ces informations figurent toutes dans la colonne des remarques de la table attributaire.

Subjectivité des botanistes

Les relevés phytosociologiques ont été réalisés par deux botanistes. De ce fait, l'interprétation des habitats a pu être biaisée par une part de subjectivité. Selon les opérateurs, les résultats peuvent être différents remettant en question la

réitération de la cartographie en cas de changement d'observateur terrain. Plusieurs réunions d'équipe ont été organisées pour définir des règles à respecter sur le terrain et diminuer les différences de subjectivité lors de l'interprétation.

COMPARAISON DES CARTES REALISEES EN 2004 ET 2018

Les logiciels, les méthodes, la saisie des données et le niveau de détails choisis impliquent que les travaux ne sont pas équivalents entre les deux années : la comparaison 2004/2018 a été principalement qualitative et n'a pas fait appel à des statistiques poussées. D'une manière générale, le pattern de distribution des habitats d'intérêt communautaire est proche entre 2004 et 2018. La plupart des grands ensembles de végétation ont été cartographiés aux mêmes endroits. En 2004, les principales erreurs de classement qui avaient été constatées semblaient avoir pour origine la mauvaise qualité de l'orthophotographie entraînant une interprétation erronée des limites des habitats, voire des habitats eux-mêmes, une méconnaissance générale des espèces indicatrices des végétations ou des visites trop tardives privilégiant l'observation de certaines espèces au dépend d'autres.

Habitats non identifiés en 2004

En 2004, certains habitats déjà présents mais non caractérisés à l'époque manquaient à la carte. L'habitat des lagunes méditerranéennes (1150) n'avait pas été identifié : La Saline et la Baisse des Courlis classées aujourd'hui en lagunes (16.9 hectares), apparaissaient anciennement en marais du 3150 bien que la Baisse des Courlis aurait déjà dû être mise en lagune. En revanche, la Saline à l'époque était un marais permanent du 3150 à cause d'une importante fuite du canal de drainage voisin. La classe des lagunes de la Directive a été rajoutée à la liste des habitats présents sur le domaine suite à des relevés phytosociologiques dans ces zones aquatiques.

L'habitat 1310 est présent sur le domaine de la Tour du Valat mais n'avait pas été cartographié en 2004. Cet oubli avait déjà été reconnu en 2011, de ce fait, en 2018 une attention particulière a été portée à ces végétations afin de les faire figurer dans la nouvelle cartographie. A ce jour, 82,9 hectares ont déjà été identifiés sur le périmètre d'étude. En 2004, les pelouses rases à petites annuelles subhalophiles (1310-4) avaient été cartographiées principalement comme fourrés halophiles méditerranéens (1420) prés-salés méditerranéens (1410) et parcours substeppiques de graminées et annuelles (6220), ou comme habitat d'intérêt non communautaire (Figure 19). Ces confusions peuvent être de plusieurs origines : en 2004, l'habitat 1310 n'avait pas encore été décrit dans les Cahiers habitats rendant son interprétation laborieuse. De plus, les espèces indicatrices de l'habitat ont pu être masquées par d'autres végétaux dominants les pelouses du 6220. D'autres espèces halophiles vivaces transgressives des prés-salés à vivaces et des sansouïres peuvent dominer l'habitat visuellement en début de la saison estivale tandis que les tapis de graminées annuelles caractéristiques ont déjà disparu. Alors que les salicorniaies des prés-salés méditerranéens (1310-3) couvrent de vastes surfaces dans le sud de la Camargue, seuls de petits tapis de salicornes annuelles, de soude maritime et de soude commune existent sur le site, mais n'avait pas été cartographiés en 2004, sans doute en raison de la taille réduite des formations observées, de la variabilité spatiale et temporelle de ces groupements et des dates de prospections tardives.

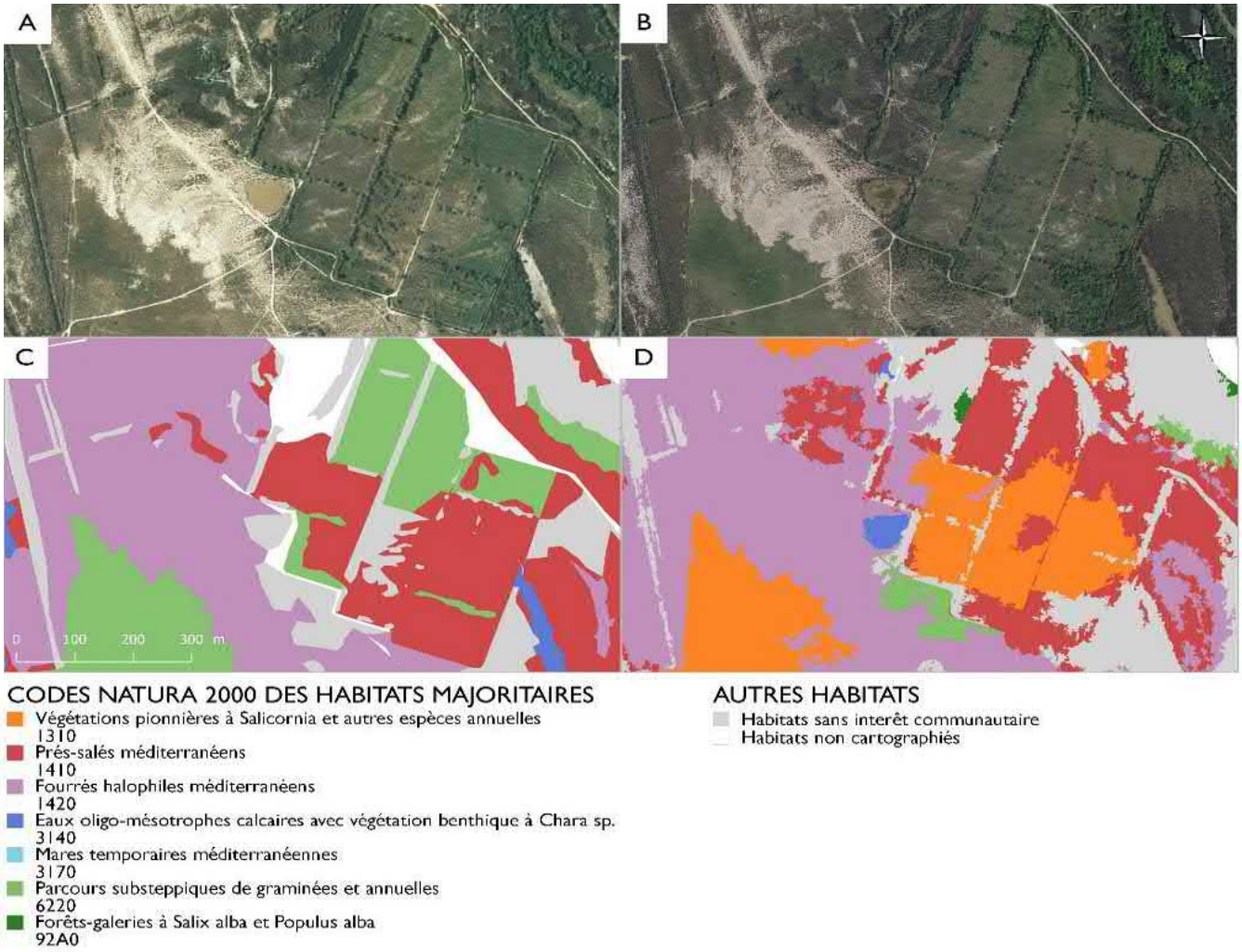


Figure 19 : (A) IGN-F 1998 ; (B) IGN-F 2017 ; (C) Résultat de la cartographie 2004 sur fond IGN-F 1998 ; (D) Résultat de la cartographie 2018 sur fond IGN-F 2017

Problèmes d'interprétation

De nombreuses dissimilitudes sont dues à un changement d'interprétation des habitats du domaine pouvant engendrer des différences de surfaces cartographiées importantes entre les années.

En 2004, l'habitat des prés-salés méditerranéens était le deuxième habitat considéré comme étant le plus représenté sur le territoire : 410,6 hectares du domaine avaient été cartographiés comme couverts par ces végétations, principalement en bordure de mares et de marais, contre 183,1 hectares en 2018. Les visites effectuées en 2010 ont relevé une probable confusion avec d'autres groupements végétaux lors de la première expertise.

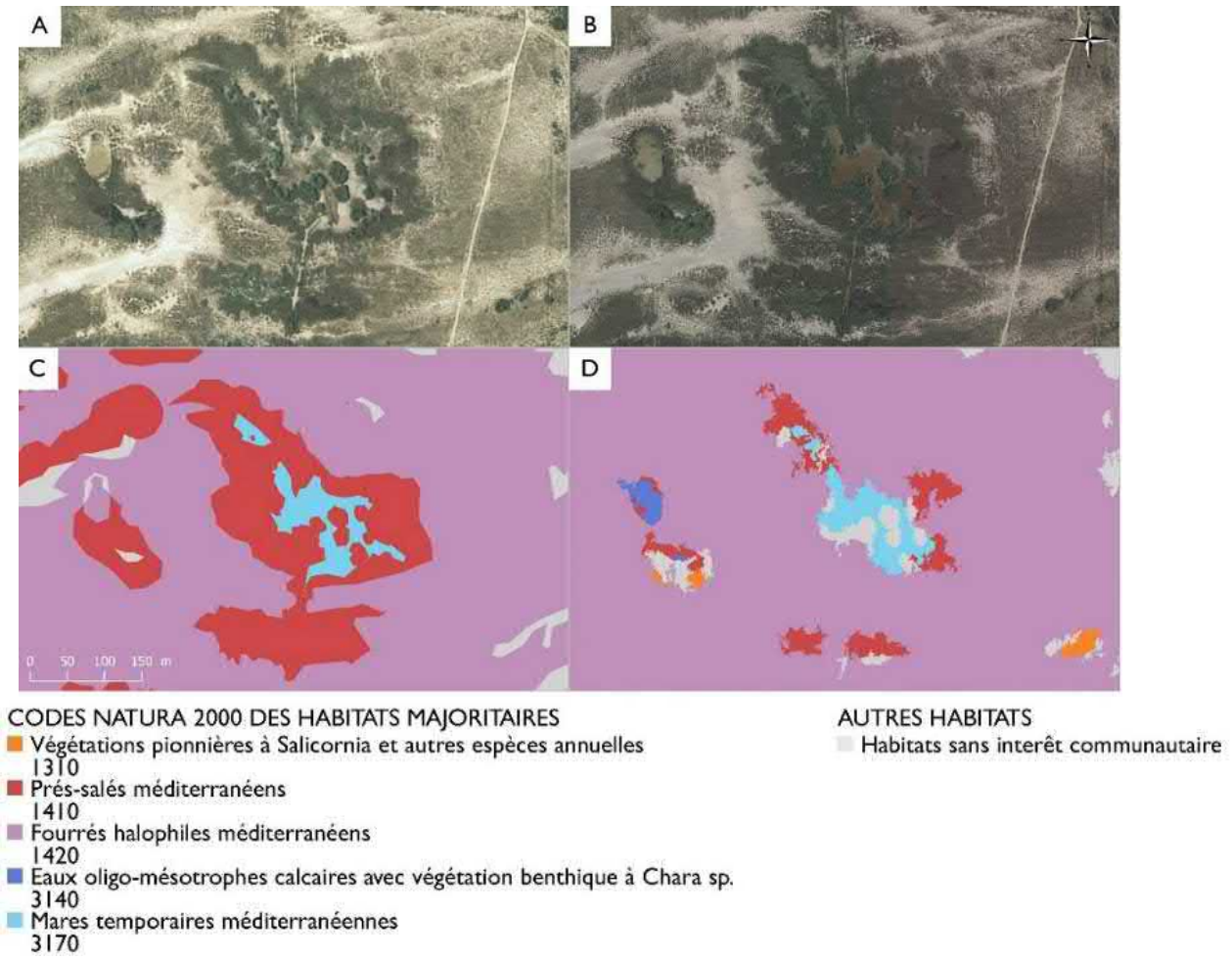


Figure 20 : (A) IGN-F 1998 ; (B) IGN-F 2017 ; (C) Résultat de la cartographie 2004 sur fond IGN-F 1998 ; (D) Résultat de la cartographie 2018 sur fond IGN-F 2017

Un autre point important était une tendance à classer tous les habitats en habitats d'intérêt communautaire. Laissant de côté les milieux d'intérêt non communautaire en 2004, cette tendance peut expliquer en partie la part plus importante d'habitats classés par la directive en 2004 par rapport à 2018 : ces différences observées ne correspondent pas à une perte d'habitat mais à un changement d'interprétation de ces derniers.
A titre d'exemple en 2004, tous les marais abritant des characées, les marais irrigués assez riches en nutriments comme les Relongues et le Saint Seren, ainsi que tous les canaux d'irrigation et de drainage avaient été classés en 3140-1, sans prendre en compte le degré de trophie des eaux.
Au total sur le périmètre, 202,9 hectares ont été classés en 2004 dans cette catégorie contre 122,7 en 2018. Un certain nombre de pièces d'eau classées en 3140-1 en 2004 ont été requalifiées en 2018 : Aujourd'hui considérées sans intérêt communautaire, ces zones ont été classées comme communautés flottantes des eaux peu profondes et l'étaient probablement déjà en 2004.

De grandes différences de surfaces pour le groupe des mares temporaires ont aussi été relevées. En 2004, 21,6 hectares avaient été classés en habitat prioritaire 3170, alors que 7,3 hectares l'ont été en 2018. En 2004, les bordures de marais peu profonds (Saint Seren, Baisse des Sarcelle), inondés en grande partie par pompage de l'eau du Rhône, avaient été classées comme mares temporaires (Figure 21). Temporairement inondés, certains groupements végétaux avaient été rattachés à l'habitat des mares de la Directive. En 2018, l'interprétation de ces milieux a été modifiée (Cf : Résultats – partie Manques d'étude sur certains milieux) et seules certaines bordures de marais peu profonds (Marais de Moncanard, Mare des roselières des Faïsses) présentant des conditions écologiques similaires à certaines mares ont été rattachées à l'habitat communautaire. S'y rajoute le fait que les eaux sont souvent des eaux d'irrigation eutrophes, et que le gestionnaire considère que ces conditions ne sont pas entièrement naturelles.

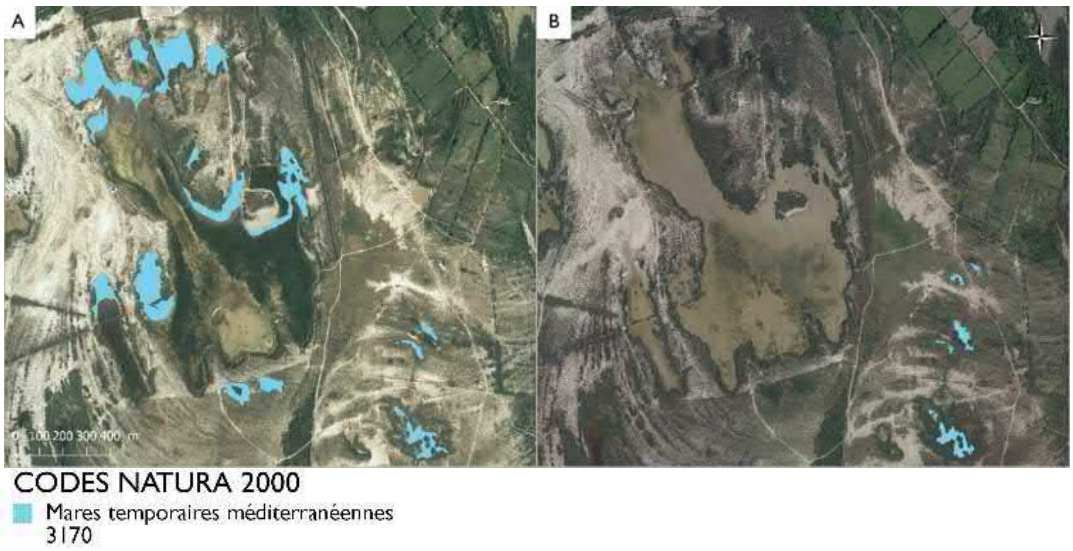


Figure 21 : (A) Résultats de cartographie du 3170 en 2004 sur fond IGN-F 1998, (B) Résultats de cartographie du 3170 en 2018 sur fond IGN-F 2017

D'autres facteurs peuvent jouer : en 2004 seul le groupement du 3170-3 apparaissait alors que les mares temporaires du 3170-4 étaient déjà connues. De plus, certaines mares endoréiques, non répertoriées en 2004, ont été identifiées en 2018 sur Giraud. Plusieurs raisons expliquent cet oubli comme des difficultés de classification des groupements à *Cressa cretica*, des visites de terrain trop tardives, ou encore l'évolution naturelle des milieux depuis le changement de gestion du réseau hydraulique : il est tout à fait possible que *Lythrum tribracteatum* soit apparu au cours du temps, car les premières prospections en 2010 montrent que seulement quelques plants étaient déjà présent dans ces mares. Cet exemple illustre une dynamique naturelle liée à la gestion, comme celle qui s'observe actuellement sur le Verdier.

En 2004, 91 hectares avaient été rattachés aux pelouses à thérophytes méditerranéennes mésothermes et seulement 39 hectares ont été cartographiés en 2018. La majorité de ces végétations avaient déjà été identifiée en 2004 sur les localités suivantes : l'Esquineau, l'est des Abeilles, le Sud de Buisson vert, les Montilles de Cabane rouge, la pointe sud des Faisses, Campouceu, et Ferigoulet. Néanmoins, plus de la moitié des surfaces représentées en 2004 ont été considérées comme mal classées lors de l'expertise des habitats. Ces erreurs avaient été causées par des confusions entre les habitats dues à la mauvaise qualité de l'orthophotographie de référence, une méconnaissance de certains groupements végétaux et à des visites tardives privilégiant les espèces estivales.

Méthodologie

Un ensemble de problèmes de cartographie a été identifié sur le travail réalisé en 2004 : les règles de numérisations et d'accrochages n'avaient pas été respectées engendrant une superposition de nombreux polygones pouvant fausser les données réelles de surfaces. De plus, le tracé grossier des contours (Figure 20) et un manque important d'uniformité en ce qui concerne les limites ont été constatés induisant des problèmes de jonctions entre les entités et les surfaces relevées.

Evolution réelle du terrain

Il est difficile de savoir si le changement détecté entre les années est dû aux modifications réelles reflétant une évolution du terrain ou à un défaut de cartographie dû au changement de méthode et d'observateurs. Dans le cas présent, la différence de surface d'habitats d'intérêt communautaire constatée entre 2004 et 2018 ne correspond pas forcément à une perte de ces milieux mais à l'ensemble des facteurs précédemment cités. Le biais d'interprétation introduit par le changement de méthodologie, de logiciel et d'opérateur sont des facteurs importants à prendre en compte dans l'analyse.

En combinant les résultats obtenus et les connaissances des gestionnaires, certaines différences reflètent de réels changements des végétations. Une fermeture de certains milieux ouverts tels que les pelouses du 6220 aux regards des fourrés de filaires ou les prés-salés méditerranéens (1410) en bordures de marais colonisés par les tamarissaies en sont l'exemple.

VERIFICATION ET TAUX D'ERREURS

Afin d'assurer une bonne qualité de l'interprétation réalisée à partir de la photographie aérienne un travail de validation et d'évaluation a été mis en place. Chaque classe d'habitat a été réévaluée une par une sur ordinateur pour d'éventuelles corrections grâce aux connaissances des gestionnaires. Ce travail a permis de disposer d'une meilleure estimation de zones occupées par les habitats à haute valeur de biodiversité. En 2004, l'erreur d'interprétation avait été calculée sur 100 polygones tirés aléatoirement sur les 1930 numérisés manuellement, afin de vérifier l'exactitude des résultats obtenus par photo-interprétation et prospection de terrain : L'erreur d'interprétation avait été calculée et considérée comme acceptable. Néanmoins, un travail a posteriori a relevé un ensemble d'erreurs qui n'a pas été pris en compte dans le calcul lié à l'interprétation des habitats résumée dans le plan gestion.

En 2018, afin de calculer les pourcentages d'erreur entre les résultats de la photo-interprétation et la réalité du site, des prospections de validation pourront être mises en place. Après fusion des polygones correspondant à un même habitat, la réalisation d'un tirage aléatoire de 30 polygones par classe habitat et la vérification sur le terrain de la classe assignée permettra de calculer l'erreur entre les habitats photo-interprétés et la vérité terrain via des matrices de confusion sous GRASS.

PERSPECTIVES ET OUVERTURES

L'évolution matérielle et technologique permet aujourd'hui d'embarquer des logiciels SIG (Système d'Information Géographique) sur des smartphones ou des tablettes pour de nombreuses utilisations. De plus en plus utilisés lors de l'acquisition de données de terrain, ils permettent la saisie d'une multitude d'informations géolocalisées très rapidement. Ainsi équipé de dispositif de positionnement géographique précis, il serait possible de les utiliser dans le cadre de la cartographie d'habitat en renseignant la table attributaire lors des prospections de terrain.

Une autre possibilité serait d'utiliser le logiciel « open-source Lizmap » hébergé sur un serveur, qui permet depuis QGIS® de créer une carte collaborative : ce service de cartographie en ligne permettrait un accès instantané et interactif aux données géographiques de la carte des habitats pour de nombreux utilisateurs.

D'autres méthodes auraient pu être utilisées pour la réalisation de la cartographie des habitats du domaine en s'appuyant sur la technologie du logiciel eCognition Essentials. De nouvelles fonctions d'analyse d'images automatisées comme la segmentation ou la classification « orientée objet » offrent aux utilisateurs un flux de travail rapide. L'approche orientée objet du logiciel permet de prendre en compte à la fois les valeurs spectrales de l'image mais aussi les paramètres morphologiques des objets comme la taille, la forme, la texture, la topologie et les éléments avoisinants. Néanmoins, cette méthode demande des compétences spécifiques en informatique et un coup d'achat du logiciel non négligeable.

Il a été noté que l'utilisation de la seule photo aérienne de référence n'a pas toujours été suffisante pour interpréter les habitats. Afin de palier à ce biais, il serait intéressant de travailler sur plusieurs dates/saisons en utilisant une approche multi-date. En gardant les mêmes paramètres spatiaux, ceci augmenterait même l'efficacité de la segmentation, en prenant en compte la variabilité phénologique de la végétation ainsi que les dynamiques des eaux de surface. Cela permettrait entre autre de mieux distinguer les submersions temporaires et permanentes ainsi que la périodicité des inondations.

Une amélioration qui aurait pu être apportée à la cartographie aurait été de favoriser une entrée EUNIS qui est plus détaillée que celle de la Directive. La correspondance aurait été réalisée par la suite d'EUNIS vers Natura 2000 pour les habitats d'intérêts communautaires.

Par la suite, le travail de cartographie réalisé pourra être complété grâce à un ensemble de données qui pourront être rajoutées ultérieurement comme des points de relevés de végétation, des données d'occurrence d'espèces, de conservation ou un ensemble de données permettant de décrire l'environnement physique (Géologie, topographie, pédologie, climat). De plus, les données de recouvrement des habitats pourront être rajoutées a posteriori puisqu'elles représentaient une charge de travail trop importante, difficile à apprécier jusqu'à aujourd'hui.

Les habitats non prospectés à ce jour seront complétés par les botanistes et le gestionnaire afin de disposer d'une cartographie achevée du domaine.

CONCLUSION

Le travail réalisé a permis de répondre aux objectifs fixés, à savoir la proposition d'une méthode semi-automatique de cartographie sollicitant les outils récents de la segmentation pour la réalisation d'une carte cohérente et actuelle des habitats naturels sur le domaine, utilisable par les gestionnaires. Effectuée quatorze ans après l'ancienne carte, il paraissait nécessaire de disposer d'un tel travail. L'intérêt de la cartographie produite dépend de sa qualité, de sa reproductibilité mais également de la correspondance aux besoins des gestionnaires et de son adaptabilité à d'autres sites.

La méthode de cartographie des habitats du domaine par segmentation et photo-interprétation réalisée en 2018 a montré ses avantages, bien que des limites aient aussi été retenues. Permettant d'obtenir des résultats très détaillés et de séparer des habitats qui ne sont distinguables que sur le terrain avec les paramètres choisis, elle est aussi plus rapide que les méthodes manuelles, même si elle n'exclut pas des vérifications terrain. Les campagnes de prospections qui ont couvert les habitats cryptiques et ceux posant des difficultés de détermination comme les pelouses, les mares temporaires, les marais, les prés-salés à annuelles et vivaces permettent d'assurer une bonne qualité du résultat de ces zones. Selon le temps consacré au terrain, la connaissance des habitats, la bonne résolution des orthophotographies utilisées, les résultats peuvent être de très bonne qualité. Le travail sur le terrain est une étape primordiale de la cartographie qui permet de diminuer le risque de confusion par photo-interprétation. Le choix des données de paramétrage de la segmentation du logiciel Geoclassifer GUI (Taille minimale des polygones, tolérance) peut être largement modifié et adapté aux besoins : afin d'identifier rapidement des grands types de peuplement et leur répartition approximative ou au contraire de produire une carte très détaillée d'un site.

Annexe 1 : Cartographie des toponymes du domaine
Annexe 2 : Carte des habitats numérisés manuellement sur le terrain
Annexe 3 : Périmètre d'étude de la Tour du Valat
Annexe 4 : Fiches descriptives des habitats Natura 2000 identifiés sur le domaine

APPORT PERSONNEL ET PROFESSIONNEL



Durant mon stage de fin d'étude j'ai dû mobiliser de nombreuses compétences. Pour commencer j'ai dû faire preuve d'organisation, d'autonomie et faire des propositions lors de cette expérience enrichissante et formatrice. L'objectif premier de mon stage était de mettre à jour la cartographie des habitats naturels de 2004 sur le domaine par photo-interprétation et numérisation manuelle sous QGIS et à l'aides de photos aériennes récentes. J'ai réalisé une longue phase de recherche bibliographique pour me renseigner sur les méthodes de cartographies existantes et les outils à utiliser afin de répondre à la demande de mes encadrants. J'ai eu l'occasion d'assister à des conférences présentées par des membres de la Tour du Valat sur le projet SWOS et le développement d'un logiciel de télédétection de la cartographie des zones humides : GEOclassifier GUI. J'ai aussi pris contact avec des personnes externes à la fondation afin d'échanger sur leur méthode de travail et leur expérience comme le Conservatoire Botanique National Méditerranéen, le syndicat mixte Camargue gardoise, les membres de la Fédération des Conservatoires d'espaces naturel ou encore le Parc Naturel Régional De Camargue. J'ai pu échanger avec des géomaticiens, des chargés de missions ainsi que des botanistes sur les typologies utilisées et leurs choix dans les cartographies d'habitats afin d'améliorer la méthodologie et les résultats obtenus en 2004. Cette première phase de mon travail m'a permis de faire des suggestions, proposer des améliorations de la méthode anciennement utilisé en 2004 lors des réunions d'équipe. J'ai pu mettre en avant et suggérer l'utilisation des méthodes alternatives mobilisant des outils récents comme la segmentation permettant de délimiter automatiquement des polygones. Ces rassemblements ont été le lieu de communication entre les différents membres du projet afin de mobiliser au mieux les compétences de chacun pour définir une méthodologie optimale répondant aux besoins des gestionnaires, utilisable par tous et pouvant être compléter dans le temps. Suite à ces entrevues, mes propositions ont été prises en compte et les objectifs principaux de mon stage ont été modifiés afin de tester une méthode faisant appel à la segmentation valorisant les outils du logiciel GeoClassifer GUI. Nous avons aussi décidé d'actualiser le choix des typologies en utilisant la typologie Natura 2000 pour les habitats d'intérêts communautaires et EUNIS en remplacement de la typologie Corine Biotope anciennement utilisé en 2004. Nous avons réussi à trouver des compromis permettant de répondre aux demandes des membres m'encadrant afin de développer une méthode délimitant les habitats de manière très précise et fine afin d'apprécier et gérer les habitats d'intérêts prioritaires tels que les mares temporaires et les pelouses. La méthode a suscité un grand intérêt au sein d'autres équipes pour de la cartographie a plus petite échelle. Suite à de nombreuses discussions, j'ai appris que de nombreuses structures étaient très demandeuses de mon retour d'expérience de la méthode par segmentation en alternative à la méthode de digitalisation manuelle, principalement utilisée dans la plupart des structures. J'ai aussi participé à l'ensemble des prospections terrain pour la cartographie des habitats : accompagnée par les botanistes j'ai appris à reconnaitre les espèces caractéristiques des groupements végétaux et à définir les classes correspondantes. Au niveau personnel, ce stage a été une expérience très formatrice. Il m'a permis d'appréhender divers concepts et techniques liés à la cartographie et techniques d'inventaires afin d'avoir une vision générale des possibilités que celles-ci offrent. J'ai aussi découvert de nouveaux outils disponibles avec divers logiciels et le comme GeoClassifer et ArcGIS.

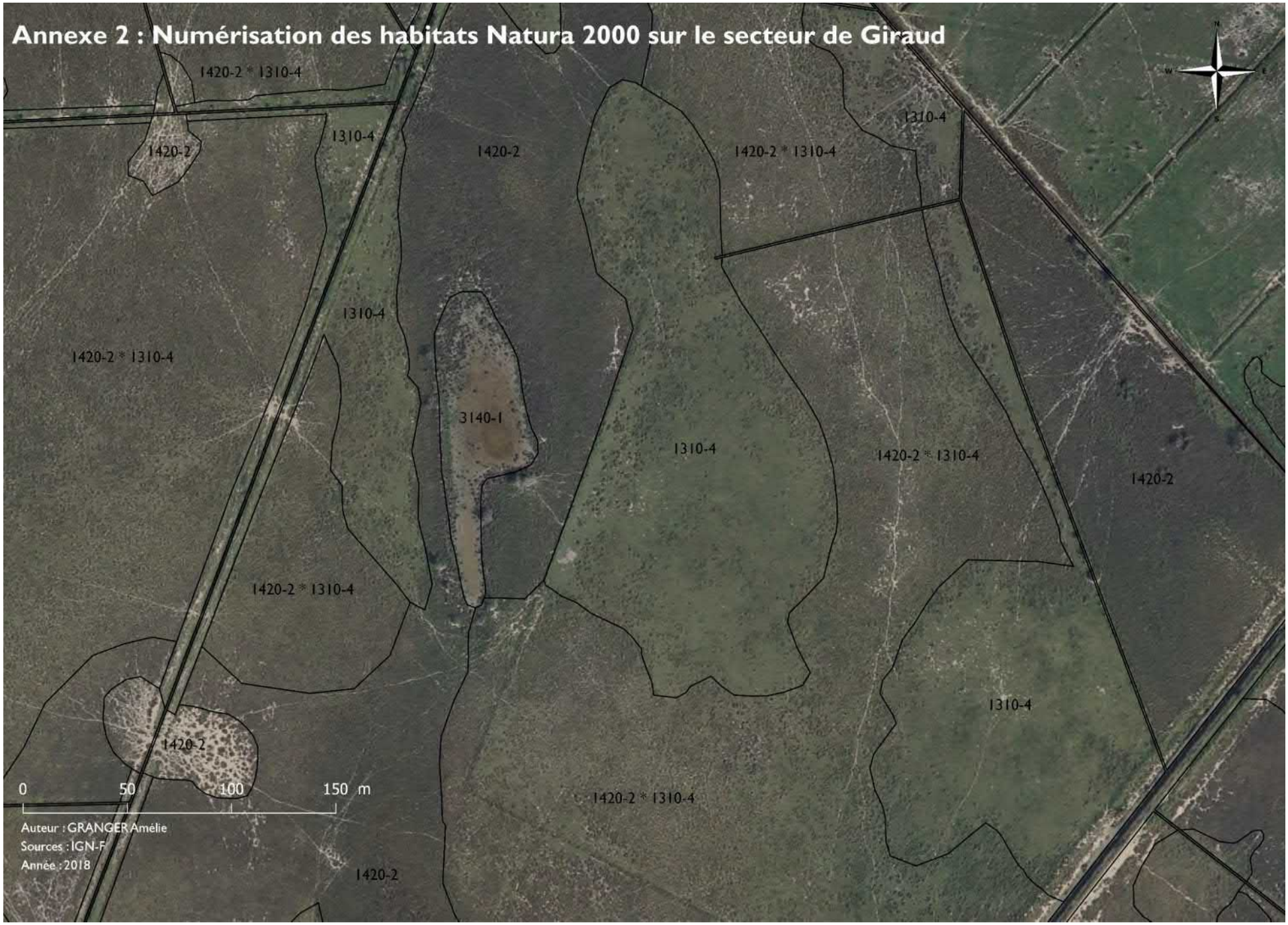
Durant mon séjour à la tour du Valat j'ai eu la chance de partager avec de nombreux employés sur des thématiques environnementales et de gestion. J'ai eu l'opportunité d'échanger à propos de leur métier, leur formation et leurs missions au sein de la fondation. J'ai assisté à diverses activités annexes à mon stage comme le bagage des spatules et des flamants roses avec des équipes spécialisées. J'ai aussi découvert de nouvelles espèces comme le *Damasonium polyspermum*, le *Leste macrostigma* ou la rainette méridionale (*Hyla meridionalis*) lors des prospections des mares temporaires avec le conservateur de la réserve naturelle régionale. Enfin, j'ai participé à quelques comptages d'oiseaux dans les marais du domaine ou encore à la manade du domaine.

En conclusion, ces missions m'ont permis d'appréhender le fonctionnement d'une équipe de travail mêlant gestionnaire de la réserve naturelle, botanistes, géomaticien.

ANNEXES

Annexe I




Annexe 2 : Numérisation des habitats Natura 2000 sur le secteur de Giraud
1420-2 * 1310-4
1420-2
1310-4
1420-2
1420-2 * 1310-4
1310-4
1420-2 * 1310-4
1310-4
3140-1
1310-4
1420-2 * 1310-4
1420-2
1420-2 * 1310-4
1420-2
1310-4
1420-2
1420-2 * 1310-4
1420-2
0
50
100
150 m
Auteur : GRANGER Amélie
Sources : IGN-F
Année : 2018

Annexe 3 :

Périmètre d'étude du domaine de la Tour du Valat



Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation à Chara sp.

Milieux humides
Eaux douces dormantes et communautés aquatiques

3140



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA	**FORT**
	Riche en espèces et menacé
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE	Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

L'habitat englobe toutes les communautés végétales d'eaux douces des lacs, étangs et mares (bordure et profondeur) où se développent en mélange ou non des characées, petites algues vertes pionnières printanières ou estivales. Ces masses d'eau sont non polluées, peu riches en éléments nutritifs et riches en bases et peuvent être couverte par des tapis d'algues charophytes. Les characées constituent des habitats favorables à la reproduction de la faune aquatique.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Tous ces sites sont déclinés en un habitat élémentaire :

◆ *3140-1 : Communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques*

Sur le domaine cet habitat fait principalement référence aux habitats alimentés en surface et/ou la nappe phréatique par des eaux pauvres en nutriments et peu salées, à savoir les eaux de pluie. Ces eaux sont généralement non ou très peu polluées par les nitrates mais surtout les phosphates. L'habitat est donc retrouvé dans les marais temporaires oligo-saumâtres non connectés aux eaux d'irrigation du Rhône. Les peuplements de charophycées peuvent être monospécifiques ou composés d'espèces appartenant à un ou plusieurs genres : *Chara, Nitella, Tolypella, Nitellopsis, Lamprothamnion.*



VULNERABILITE

Les characées sont sensibles à la dégradation ou la modification du milieu (fuite des canaux d'irrigation, pollution, comblement, perte de transparence, envasement, variation du niveau d'eau…), ainsi qu'à la concurrence d'autres végétaux aquatiques. Tous ces facteurs ont fait considérablement régresser ces communautés végétales.

EVOLUTION ET MENACES

La principale menace qui pèse sur cet habitat sur le site est la modification du fonctionnement hydrologique, notamment l'entrée d'eau issue des réseaux de canaux de drainages périphériques induisant une dégradation des communautés végétales.

Cartographie des eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétations à Chara sp. de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

3150

Lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition

Milieux humides
Eaux douces dormantes et communautés aquatiques



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

© Cohez D.

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA **FAIBLE**
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Communautés végétales dominées par des potamots à feuille large, myriophylles et divers macrophytes enracinés ou flottants des lacs, étangs, mares eutrophes et des canaux. Fonctionnellement, ces habitats sont plutôt dépendants de la masse d'eau stagnante et peu concernés par les entrées et sorties d'eau. L'habitat est en nette progression dans les zones d'agriculture intensive.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Cet habitat occupe sur le domaine la plupart des marais irrigués assez riches en nutriments ainsi que tous les canaux d'irrigation et de drainage. Ils sont soit irrigués directement par les eaux du Rhône, soit en communication par la nappe avec ces mêmes eaux (irrigation ou drainage) ; leurs eaux sont douces à saumâtre.

Tous ces sites sont déclinés en deux habitats élémentaires :

◆ *3150-1 : Plans d'eau eutrophes à végétation enracinée avec ou sans feuilles flottantes*. L'habitat est surtout développé dans les étangs, mares et lacs éventuellement d'origine anthropique mais ayant retrouvé des caractéristiques fonctionnelles « naturelles », dans des zones peu profondes.

L'habitat 3150 pourrait également inclure les communautés végétales de l'habitat 1150, dont la présence sur le site est incertaine.

VULNERABILITE

Les macrophytes sont sensibles à l'envasement, à l'hypereutrophisation lié aux intrants ou à la trop forte densité d'anatidés, et à la surcharge piscicole. L'habitat régresse également en raison de la présence d'espèces invasives envahissantes.

EVOLUTION ET MENACES

Cet habitat n'est à priori pas menacé sur le site.

Cartographie des lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

3170 *

Mares temporaires méditerranéennes

Milieux humides

Eaux douces dormantes et communautés aquatiques



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE
(*) HABITAT PRIORITAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA	**TRES FORT**
	Aire de répartition restreinte et menaces fortes
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE	Défavorable mauvais

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Plans d'eau temporaires très peu profonds, existant seulement en hiver ou à la fin du printemps, à végétation amphibie très riche et singulière formant des pelouses basses dominées par les annuelles. Il y a 3 phases qui se succèdent : une phase aquatique d'eaux douces oligo-mésotrophes à eutrophes en hiver, une phase amphibie au printemps avec le développement de la végétation et une phase terrestre de la fin du printemps au début de l'automne à végétation halophile de roselières basses ou prés salés.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

La Tour du Valat est sans conteste l'espace naturel camarguais où l'habitat mares temporaires est le mieux représenté ; en particulier, le domaine abrite les seuls mares temporaires de Camargue à *Damasonium polyspermum* et *Lythrum tribracteatum*. Ces mares, uniquement alimentées par les eaux de pluie sont des milieux oligotropohes d'une grande richesse biologique.

Une série d'emprunts a été creusée durant les années 1960 et 1970 afin de surélever les chemins. Aujourd'hui beaucoup de ces emprunts présentent un faciès proche d'une mare temporaire « naturelle » et il est important de garder en mémoire leur origine artificielle.
Tous ces sites sont déclinés en deux habitats élémentaires :

◆ *3170-3 Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles :* Les végétations de l'Helochloion et en particulier les groupements à *Cressa cretica* ainsi que *Crypsis aculeata* et les milieux a *Crypsis schoenoides* et *Crypsis aculata.*

◆ *3170-4 Gazons amphibies annuels méditerranéens :* L'habitat se rencontre en bordure de mares ou de marais. Les communautés du Nanocyperion occupent les mares endoréiques oligotrophes à assèchement printanier (alimentées par les eaux de pluie) sur des substrats calcaires ou siliceux basiques. Cet habitat inclut les mares a *Damasonium polyspermum*, *Lythrum tricracteatum*, les stations importantes de *Lythrum t.* seul, et les mares avec *Lythrum t.* et Elatine

VULNERABILITE

Habitat rare, de petite taille et très riche en espèces patrimoniales. Il est sensible aux modifications hydrologiques, à la pollution ou encore à l'abandon du pâturage.

EVOLUTION ET MENACES

La principale menace est liée à l'altération du fonctionnement hydrologique.

Cartographie des mares temporaires méditerranéennes de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018



1150 *

Lagunes côtières

Habitats côtiers et végétations halophytiques

Eaux marines et milieux à marées

HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

(*) HABITAT PRIORITAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA	INCONNU
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE	Défavorable mauvais

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Etendues d'eau salée côtières peu profondes, connectées à la mer ou récemment isolés par une barrière de sable, de salinité et de volume d'eau variables. Ces habitats abritent un faible nombre d'espèces dominantes soumises à de fortes variations de salinité et de température selon la pluviosité, l'évaporation et les apports d'eau marine.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

L'habitat est décliné en un seul habitat élémentaire :

- *1150-2 : Lagunes méditerranéennes.*

Les communautés à *Ruppia spp* présentes sur le site sont en effet similaires aux peuplements des lagunes méditerranéennes. Assez rares, elles sont retrouvées seulement dans quelques baisses très saumâtres, vestiges des anciennes salines, et non ou peu irriguées par les eaux du Rhône. Cet habitat peut également être rattaché à une phase aquatique des mares endoréiques : Communautés flottantes des eaux peu-profondes (*Callitrichio-batrachion : Ranunculus baudotii, Callitriche spp)*

En l'absence de connectivité avec les eaux marines, ces communautés ne peuvent de ce fait être rattachées à l'habitat Lagunes méditerranéennes comme le préconise le Manuel d'interprétation de la Directive.

VULNERABILITE

L'habitat est sensible aux pollutions en raison du faible renouvellement des eaux et de la forte sédimentation, est souvent soumis à des crises de dystrophie et fait l'objet de nombreux conflits d'usage.

EVOLUTION ET MENACES

Entrée d'eau non maîtrisée en provenance des canaux de drainages limitrophes.

Cartographie des lagunes côtières de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

1310

Végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses

Habitats côtiers et végétations halophytiques
Marais et prés salés atlantiques et continentaux



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA **MOYEN**
Aire de répartition restreinte

ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE
Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Végétations annuelles herbacées basses très variées, composées en particulier de salicornes annuelles, de soudes et de graminées. Pouvant subir un assèchement estival et des variations de salinité importantes l'habitat s'observe uniquement durant cette période, où le développement atteint son optimum, et correspond à un stade de la dynamique de succession vers les prés salés vivaces. Le pâturage extensif et les micro-perturbations sont favorables à l'habitat.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

L'habitat a végétations pionnières a salicornia et autres espèces annuelles inclut sur le domaine les tapis de salicornes et de soudes annuelles des bordures plus ou moins salées et/ou organiques des lagunes et des étangs saumâtres, les étendues de *Parapholis* et autres graminées annuelles halo-nitrophiles des hauts de sansouïre à assèchement précoce et certaines végétations à *Spergularia*.

Deux habitats élémentaires sont présents :

- *1310-3 : Salicorniaies des prés salés méditerranéens*, caractérisées par des tapis de salicorne annuelle et de soude occupant de petites surfaces sur le site.

- *1310-4 : Pelouses rases à petites annuelles subhalophiles,* caractérisées par la succession de 2 groupements ; des tapis denses de *Parapholis incurva* en premier, suivis mi-mai par *Parapholis filiformis*. Ces habitats se développent sur les hauts de prés salés, berges des lagunes, des sites inondables, et des étangs saumâtres.

VULNERABILITE

L'habitat est en régression en relation avec les travaux d'aménagements hydrauliques en Camargue.

EVOLUTION ET MENACES

L'habitat 1310-4 est assez méconnu. Sa conservation, bonne pour l'instant, est très sensible à la gestion de l'eau : il disparait au profit des formations des prés salés vivaces en bordure des canaux d'irrigation.

Cartographie des végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

Prés salés méditerranéens (Juncetalia maritimi)

Habitats côtiers et végétations halophytiques
Marais et prés salés méditerranéens et thermo-atlantiques

1410



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA **MOYEN**
Aire de répartition restreinte

ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE
Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

L'habitat générique rassemble des végétations herbacées très diverses constituées majoritairement d'espèces pérennes des bas et hauts prés salés méditerranéens. Ces herbacées très diverses constituées majoritairement des plantes vivaces méso-hygrophiles et méso-halophiles situées sur des sols riches en sel, sablo-limoneux ou en bordure de marais. Il se présente souvent sous forme de mosaïques d'habitats avec la sansouïre ou les prés salés annuels. Le niveau d'engorgement et la salinité varient fortement selon la position des prés et l'assèchement estival.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Les prés salés rassemblent des végétations très diverses tant du point de vue de leur physionomie, que de leur écologie et de leur composition floristique. Les variations saisonnières de salinité conditionnent la grande diversité de végétations observées. Sur le domaine, elles sont constituées des formations de jonchaies hautes, de jonchaies basses, de milieux herbacés ras et pâturés, de pelouses hautes, de bordures de sansouire ou de marais.

Deux habitats élémentaires sont présents :

- *1410-1 : Prés salés méditerranéens des bas niveaux.* Végétations herbacées dominées par l'Élurope du littoral.

- *1410-2 : Prés salés méditerranéens des hauts niveaux.* Végétations herbacées moyennes à hautes, dominées floristiquement et physionomiquement par les Joncacées.

La majorité des prés salés de Camargue sont représentés, avec des jonchaies hautes (*Juncus acutus ou Juncus maritimus*) et basses (*Juncus gerardi*), des milieux herbacés à *Trifolium fragiferum* et *Lotus spp*, des pelouses à *Elytrigia atherica* et *Trifolium maritimum*, des bordures de sansouïre à *Elytrigia elongata* etc.

Toutefois, il est difficile de bien différencier les prés salés « naturels » des jonchaies homogènes à *Juncus maritimus* résultant de perturbations hydrauliques et s'étant souvent développés au détriment des premiers ou de fourrés halophiles.

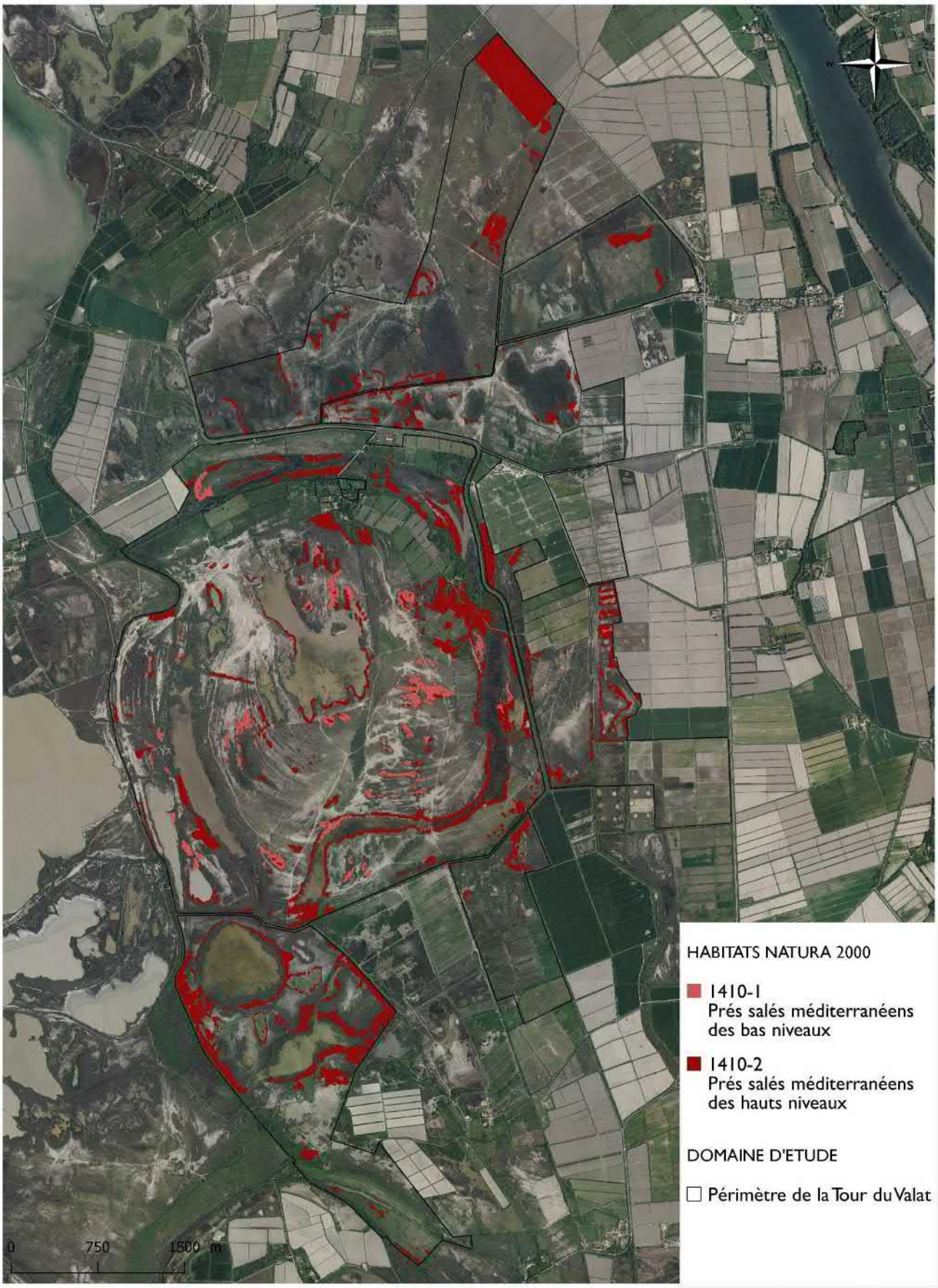
VULNERABILITE

Cet habitat est sensible aux modifications du régime hydrologique des marais littoraux.

EVOLUTION ET MENACES

Les jonchaies à *Juncus maritimus* progressent sur le domaine.

Cartographie des prés salés méditerranéens de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

1420

Fourrés halophiles méditerranéens

Habitats côtiers et végétations halophytiques
Marais et prés salés méditerranéens et thermo-atlantiques



HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA	**FORT**
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE	Aire de répartition restreinte Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Fourrés halophiles méditerranéens se développant sur ces sols limoneux compacts plus ou moins inondés en hiver, craquelés et recouverts d'efflorescences salines en été. Ces fourrés sont des formations très hétérogènes présentant des végétations de structure et physionomie contrastées. Les végétations basses a moyennes fermées ou ouvertes, denses ou peu couvrante sont dominées par des espèces buissonnantes et crassulescentes. Sous l'influence de la nappe d'eau salée la sansouïre héberge une très faible diversité d'espèces vivaces dont la densité est variable : sur les endroits plus élevés, moins salées les végétations sont denses et buissonnantes et sur les parties les plus basses, le sol est pratiquement nu et la végétation est composée d'halophytes clairsemées. Les formations végétales sont formées principalement de salicornes, de saladelles, de soudes ou encore d'obione.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Toutes les sansouïres du site sont déclinées en un habitat élémentaire :

◆ *1420-2 Fourrés halophiles méditerranéens,* habitat dominé par une végétation vivace basse à moyenne, fermée à subouverte, dominée floristiquement et physionomiquement par des espèces frutescentes sous-arbustives et crassulescentes des marais salés maritimes. Il se développe sur les vases salées des marais maritimes inondés pendant une assez grande partie de l'année.
Plusieurs sous-types sont présents sur le domaine : Principalement des formations broussailleuses d'*Arthrocnemum glaucum* et des fourrés *à Halimione portulacoides* et *Arthrocnemum fruticosum*, mais également des formations d'*Arthrocnemum fruticosum* en fourrés bas et denses et des tapis prostrés *d'Arthrocnemum perennis* à faible recouvrement dans les dépressions les plus humides des marais salés.

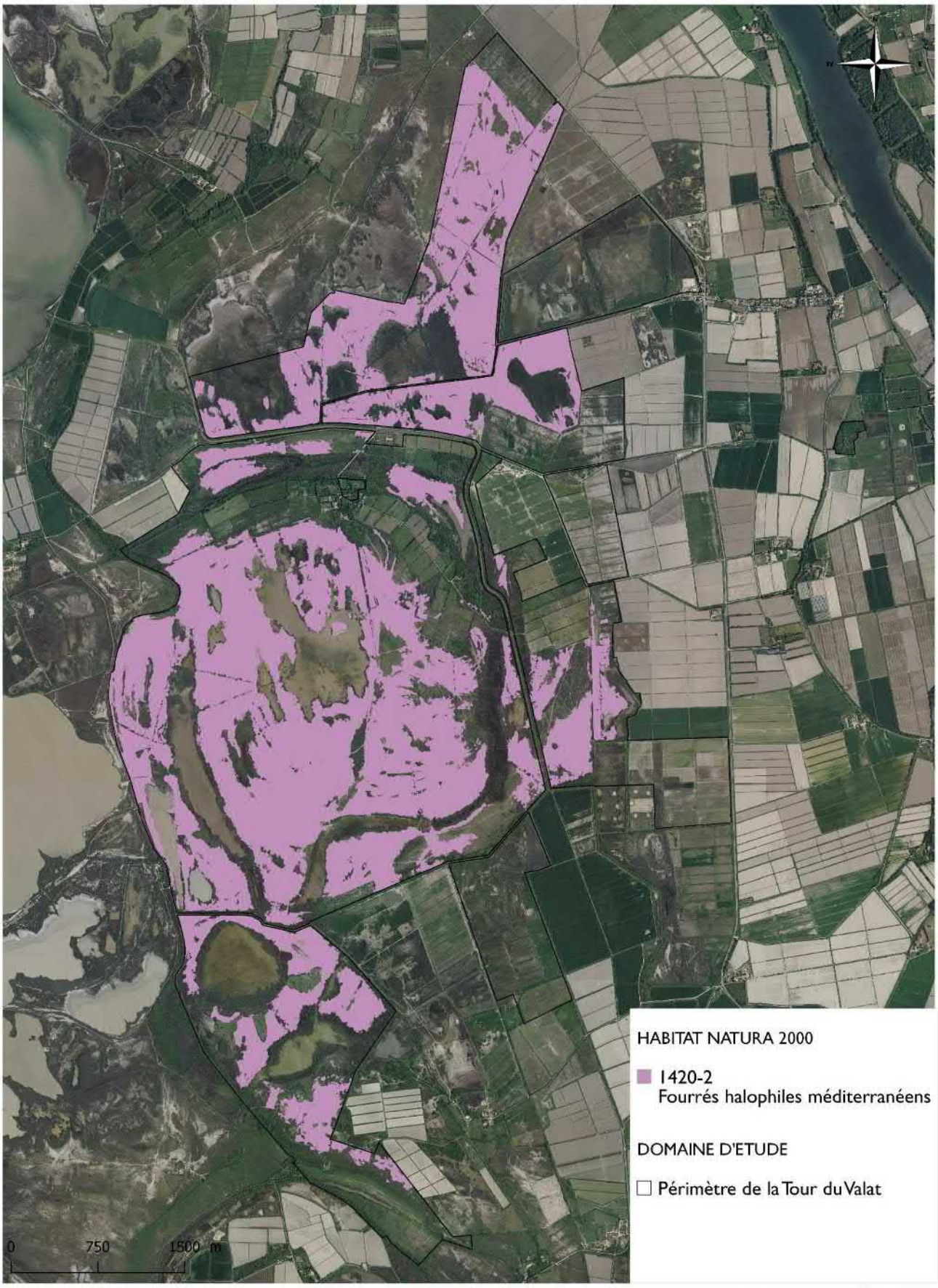
VULNERABILITE

Sensible au piétinement (fréquentation ou surpâturage) et aux modifications des conditions hydriques.

EVOLUTION ET MENACES

Formation stable sur le site, potentiellement menacée par des perturbations hydrologiques.

Cartographie des fourrés halophiles méditerranéens de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018



6220 *

Parcours substeppiques de graminées et annuelles du Thero-Brachypodieta

Habitats agropastoraux

Formations herbeuses sèches semi-naturelles et faciès d'embuissonnement

HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE
(*) HABITAT PRIORITAIRE

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA **MOYEN**
Aire de répartition restreinte mais habitat peu menacé

ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE
Défavorable inadéquat

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Milieux oligotrophes ouverts et stables se développant sur des sols calcaires et peu salés. Cet habitat est dominé par des plantes comme le Brachypode de Phénicie et des petites annuelles à floraison printanière qui s'imbriquent en mosaïques très serrées. Présentes sur les montilles d'origine fluviatile ou marine, ces pelouses ont fortement régressé en Camargue du fait de l'aplanissement de ces dernières pour la mise en culture.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Les pelouses de Camargue sont des milieux oligotrophes caractérisés par une relation dynamique, à travers le pâturage, entre l'abondance de la graminée vivace, légèrement tolérante aux remontées de sel estivales et celle des petites annuelles caractéristiques des parcours substeppiques à annuelles du Thero-brachypodietea.

Toutes les pelouses du site sont déclinées en un habitat élémentaire :

◆ *6220-2 : pelouses à thérophytes méditerranéennes mésothermes.* On retrouve les espèces caractéristiques accompagnant le Brachypode de Phénicie *(Brachypodium phoenicoides)* comme : *Brachypodium distachyon, Vulpia ciliata, Vulpia unilateralis, Scorpiurus muricatus, Trifolium scabrum, Trifolium lappaceum, Filago vulgaris, Evax pygmaea, Bartsia latifolia, Polygala monspeliaca, Euphorbia exigua*.

VULNERABILITE

De haute valeur patrimoniale (forte richesse animale et végétale), l'habitat est sensible à la fermeture du milieu.

EVOLUTION ET MENACES

L'habitat est en régression sur le site, les pelouses étant fortement colonisées par la Filaire à feuilles étroites (*Phyllirea angustifolia)* qui à terme présentes des recouvrements denses et homogènes de buissons et donc la perte du stade herbacée. La colonisation par les filaires résulte de nombreux facteurs (variations des pressions de pâturage, disparition du lapin de garenne, adoucissement à proximité des canaux d'irrigation ou drainages, etc). La dégradation des pelouses tend à faire évoluer l'habitat vers un milieu fermé, dominé par des fourrés de filaires.

Cartographie des parcours substeppiques de graminées et annuelles du Thero-Brachypodietas de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018



92A0

Forêts-galeries à Salix alba et Populus alba

Habitats forestiers

Forêts méditerranéennes à feuilles caduques

HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE

©EKBY Photoarchive/E. Logothetis

ENJEU DE CONSERVATION EN PACA	**MOYEN**
	Aire de répartition restreinte
ETAT DE CONSERVATION EN FRANCE	Défavorable mauvais

DESCRIPTION DE L'HABITAT

Forêts du bassin méditerranéen occupant le lit majeur des cours d'eau (recouvert d'alluvions temporairement inondées), caractérisée par des essences comme les frênes, les peupliers, les saules, les ormes, les aulnes. Ces ripisylves jouent plusieurs fonctions écologiques importantes : corridor écologique pour la faune, zone refuge et de reproduction, protection naturelle des berges ou encore régulation de la nappe phréatique.

PRESENCE SUR LE DOMAINE

Deux habitats élémentaires sont présents :

◆ *92A0-6 : Peupleraies blanches.* En Camargue, ces boisements se situent essentiellement en bordure des deux bras du Rhône avec la présence d'une nappe permanente au-delà d'un mètre, composé de *Populus alba, Populus nigra, Fraxinus angustifolia, Ulmus minor, Salix alba, Salix spp., Alnus spp.*, de lianes et souvent d'espèces des *Quercetalia ilicis*.

◆ *92A0-9 : Chênaie-ormaie méditerranéenne.* Ces bois sont dominés par les Ormes, se formant habituellement à la frange extérieure, plus sèche en régime méditerranéen, des galeries riveraines ou lacustres, sur des sols eutrophes.

VULNERABILITE

Ces forêts sont menacées par l'introduction d'espèces allochtones comme le Platane d'Orient, le Mûrier ou le Faux-Indigo buissonnant.

EVOLUTION ET MENACES

Cartographie des Forêts-galeries à Salix alba et Populus alba de la Tour du Valat selon la typologie Natura 2000



Auteur : GRANGER Amélie
Sources : TDV, IGN-F
Année : 2018

Listes et descriptions des habitats d'intérêt non communautaire :

COMMUNAUTES FLOTTANTES DES EAUX PEU PROFONDES

Communautés des eaux paléarctiques dominées par des Callitriches (Callitriche), des Renoncules (Ranunculus spp., sous-genre *Batrachium*) ou l'Hottonie des marais (*Hottonia palustris*). Ces communautés sont caractéristiques surtout des eaux superficielles à niveau fluctuant, sujettes à assèchement occasionnel.



PRAIRIES MESIQUES NON GEREES

Pâturages et prairies de fauche mésotrophes et eutrophes méditerranéenne.

TERRES AGRICOLES

Céréales et autres cultures occupant de grandes surfaces.



PRAIRIES AMELIOREES

Prairies améliorées humides, souvent avec des fossés de drainage



VEGETATION ET BOISEMENTS ANTHROPIQUES

Jardins domestiques, généralement de petites surfaces (<0,5ha), souvent avec une flore et une faune très mélangées et riches en espèces (cultures, pelouses, broussailles, parterres de fleurs, etc., fréquemment entrecoupés de chemins et de petites constructions) à proximité étroite des habitations humaines, des terrains agricoles, des habitats semi-naturels ou naturels.



FOURRES DE TAMARIS

Fourrés de tamaris caractérisant les paysages halophiles. Ces boisements monospécifiques affectionnent les secteurs submergés une partie de l'année mais asséchés en période estivale.



FOURRES DE FILAIRES

Fourrés occidentaux à filaires se présentant sous forme de fourrés mixtes thermoméditerranéens dominés par la filaire à feuilles étroites ou la filaire à feuille large. En absence d'herbivores spécialisés (lapins, moutons) cet habitat correspond principalement à un état de dégradation de l'habitat d'intérêt communautaire des Parcours substeppiques de graminées et annuelles du Thero-Brachypodieta.



FOURRÉS CADUCIFOLIÉS.

Formations se trouvant pour la plupart sur des stations humides à l'intérieur de la zone méditerranéenne de France avec *Rosa sempervirens, Rubus ulmifolius, Tamus communis, Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Crataegus monogyna* et, localement, *Coriaria myrtifolia*.



SCIRPAIES

Formations de scirpes souvent accompagnés de joncs bordant les plans d'eau.



ROSELIERES

Phragmitaies à roseaux communs des cours d'eau et des marais, inondées en permanence ou pendant de longues périodes de l'année. Il est composé de peuplements d'espèces semi-aquatiques se développant sur les berges de plans d'eau et de canaux.



CANAUX

Canaux salés et saumâtres continentaux et artificiels.



CANNES DE PROVENCES

Formations riveraines à grandes cannes très hauts d'*Arundo donax* bordant les cours d'eau.



BATIS

Bâtiments en zone de construction ou en zone rurale, où les constructions, les infrastructures routières et toutes autres surfaces imperméables sont à faible densité.



FRICHES, JACHÈRES OU TERRES ARABLES RÉCEMMENT ABANDONNÉES

Champs abandonnés ou en jachère et autres espaces interstitiels sur des sols perturbés. Jachères ou terres arables abandonnées plantées d'herbacées non graminoïdes à des fins de protection, de stabilisation, de fertilisation ou de mise en valeur. Ils sont colonisés par de nombreuses plantes pionnières, introduites ou nitrophiles. Ils fournissent parfois des habitats qui peuvent être utilisés par des animaux des espaces ouverts.

JACHERES INONDEES

Jachères inondées avec communautés rudérales annuelles ou vivaces

BORDURES DE CANAUX

Végétations des bordures de canaux d'irrigation.



NON CLASSES

Ensemble des habitats qui n'ont pas pu être identifiés ou prospectés à ce jour.

BIBLIOGRAPHIE

Aguilera Delgado M. 2004. « Cartographie des habitats de zone humide à l'aide des données de télédétection Application aux habitats de la Réserve Nationale de Camargue ». Mémoire de stage, PACA, France: Université de Lleida.

Aubel S. 2004. « Les milieux naturels humides de Camargue, enjeux et perspectives ». France: Parc naturel régional de Camargue.

Bell G., Neal S., et Medcalf K. 2015. « Ecological Informatics - Use of remote sensing to produce a habitat map of Norfolk ».

Bensettiti F., Deniaud J., Chavaudret-Laborie C., et Boullet V. 2005. *Cahier d'habitats Natura 2000. Tome 4 (vol.1) - Habitats agropastoraux*. Vol. Vol.1. T.1. Paris: La Documentation française.

Bensettiti F., Gaudillat V., et Haury J. 2002. *Cahier d'habitats Natura 2000. Tome 3 - Habitats humides*. Édité par Documentation Française. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, T. 3. Paris: La Documentation française.

Bissardon M., Guibal L., et Rameau J.C. 1997. *CORINE biotopes*. http://biodiversite.wallonie.be/fr/bissardon-m-guibal-l-rameau-j-c-1997-corine-biotopes-version-originale-type-d-habitats-francais-engref-aten-http-www-esp.html?IDC=3046&IDD=167772241.

CBNBP. 2008. « Guide méthodologique-Inventaire et cartographie des habitats naturels et semi naturels au Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien ». UMS 2699. Inventaire et suivi de la biodiversité. Paris: Conservatoire Botanique National du bassin parisien.

Clair M., Gaudillat V., et Herard K. 2006. « Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000 ». Guide méthodologique. Muséum national d'histoire naturelle Département Ecologie et gestion de la biodiversité UMS 2699 Inventaire et suivi de la biodiversité: Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux.

Cohez D., Chauvelon P., Yavercovsk N., et Ernoul L. 2011. « Plan de gestion 2011-2015 de la Réserve Naturelle Régionale de la Tour du Valat ». Tour du Valat, Arles, France.

Cohez D., Paix L., Gabrie L., et Olivier A. 2016. « Plan de gestion 2016-2020 de la Réserve Naturelle Régionale de la Tour du Valat ». Tour du Valat, Arles, France.

Dangre C. 2004. « Diagnostic des habitats naturels du domaine de la Tour du Valat (Camargue, Bouches du Rhone). Définition d'enjeux et prospections d'action de gestion. »

Delassus L., Magnanon S., Colasse V., Glemarec E., Guitton H., Laurent E., Thomassin G., Vallet J., Bioret F., et al. 2014. « Classification physionomique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire ». Brest: Conservatoire Botanique National de Brest.

DIREN Midi-Pyrénées. 2007. « Inventaire et cartographie des habitats naturels et habitats d'espèces - Natura 2000 - Midi-Pyrénées, 7300953 ». Cahier des charges Annexe 3.

DREAL Hauts-de-France. 2004. « Apports de la télédétection pour la connaissance des enjeux environnementaux ». 2004. http://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Apports-de-la-teledetection-pour-la-connaissance-des-enjeux-environnementaux.

Evans D. 2006. « The habitats of the european union Habitats directive ».

Guelmami A. 2018. « SWOS ». Tour du Valat, Arles, France.

Ichter J., Evans D., et Richard D. 2015. « Cartographie des habitats terrestres en Europe : une vue d'ensemble ». Rapport technique n°1/2015. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.

Institut Géographique National. 2007. « BD ORTHO ® Descriptif de livraison ».

« Jena Optronik ». 2018. 2018. https://www.jena-optronik.de/.

Laurent E., Delassus L., Hardegen M., Magnanon S., Sellin V., et Dissez C. 2017. « Aide au choix d'une méthode de cartographie des végétations. Guide méthodologique ». Brest: Conservatoire botanique national de Brest.

Lortic B. 2011. « Manuel de cartographie rapide : de l'échelle de la région à celle du mobilier urbain ». Marseille: IRD-Institut de recherche pour le développement.

Louvel J., Gaudillat V., et Poncet L. 2013. « EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce ». Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.

Olivier J., Hendoux F., Gaudillat V., et Deshayes M. 2010. « Cadre méthodologique pour une cartographie nationale des végétations naturelles et semi-naturelles terrestres en France (2010-2018, et au delà) ». Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.

Schwarz M., Weise K., Burjack I., Gräfe K., Knop A., et Höfer R. 2017. « SWOS SHb (SWOS Software Handbook) ». D3.2. Satellite-based Wetland Observation Servic.

Sellin V. 2016. « Méthode semi-automatisée de cartographie des grands types de végétations ». Programme « Connaissance et cartographie des végétations sur de grands territoires : étude méthodologique ». Brest: Conservatoire botanique national de Brest.

Sellin V., Magnanon S., Gourmelon F., Debaine F., et Nabucet J. 2015. « Etude expérimentale en cartographie de la végétation par télédétection ». *Cybergeo : European Journal of Geography*. https://doi.org/10.4000/cybergeo.27067.

Système d'information sur l'eau. 2011. « Les zones humides – points chauds de la biodiversité ». 2011. http://www.zones-humides.org/actualit%C3%A9-116.

The Ramsar Convention Manual: a Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). 2004. 3rd éd. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. http://www.moe.gov.lb/ProtectedAreas/pdf/ramsar_convention.pdf.

« The Ramsar Convention Secretariat ». 2014. 2014. ramsar@ramsar.org.

Tour du Valat. 2016. « Rapport d'activité 2016, Tour du Valat ». Le Sambuc, Arles: Tour du Valat.

Crédit photos : GRANGER Amélie

RESUMÉ

Mots clés : Cartographie, habitats naturels, segmentation, photo-interprétation, orthophotographie

Gestionnaire d'un domaine de 2545 hectares, la Tour du Valat est un institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, basé en Camargue. Elle développe depuis de nombreuses années des programmes de recherche sur ces écosystèmes, propose des méthodes innovantes de gestion et sensibilise les décideurs. Fondation privée reconnue d'utilité publique, elle œuvre dans tout le bassin méditerranéen.

La mission a consisté en la réalisation d'une nouvelle carte des habitats naturels sur l'ensemble du domaine, quatorze ans après la précédente en fonction des typologies réglementaires existantes : Natura 2000 et EUNIS. Utilisée comme référence depuis 2004 il paraissait nécessaire d'actualiser le travail de cartographie et de faire l'état des lieux actuels des végétations du domaine. L'objectif final étant de mettre à disposition des gestionnaires un outil d'aide à la décision pour les accompagner dans la préservation des milieux naturels à enjeux aussi bien que dans des actions de protection et de gestion. Combinant relevés de terrain, outils informatiques récents et photo-interprétation d'orthophotographies l'étude a permis de mettre à jour les connaissances sur les habitats naturels.

L'objectif principal du stage était de proposer et tester une méthodologie de cartographie et d'inventaire des habitats s'appuyant sur les outils de segmentation. Le processus de segmentation de la BD-Ortho 50 cm a consisté à regroupé dans des segments les pixels adjacents qui présentent des caractéristiques spectrales similaires. Développés dans le cadre du projet SWOS (The Satellite-based Wetland Observation Service), les outils du logiciel de télédétection de la cartographie des zones humides GEOclassifier ont été utilisés pour établir autant que possible une carte cohérente, détaillée et actuelle des habitats naturels sur la Tour du Valat.

Les milieux camarguais sont complexes et très hétérogènes. Ils sont gouvernés essentiellement par deux paramètres, le recouvrement en eau au cours de l'année et le taux de salinité. Une comparaison des surfaces des habitats a été réalisée avec les travaux de 2004 et 2018. Elle a permis d'évaluer qualitativement l'intérêt et les limites de la méthode de cartographie utilisée ou encore les évolutions réelles du terrain.

