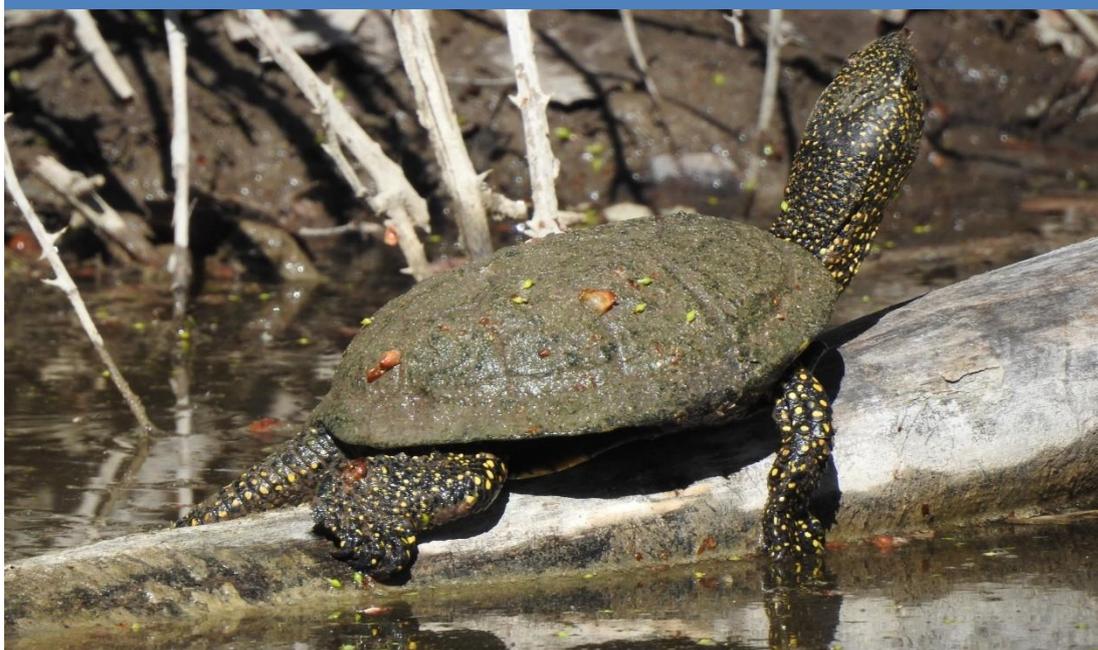




Etat des lieux des populations de Cistude d'Europe *Emys orbicularis* et de leur connectivité au sein des marais de la Vallée des Baux

Rapport d'étude

Mars 2021



Etude réalisée par :

A Rocha France
Mas Mireille, 3000 Chemin de Barbegal à l'Ilon
13280 RAPHELE-LES-ARLES
Mas.mireille@arocha.org
Siret : 44095088900038

Rapport remis en mars 2021**Auteurs :**

Timothée SCHWARTZ : Docteur en écologie, ingénieur forestier.
Tamara DIAZ VALERA : Ecologue (Volontaire du Corps Européen de Solidarité).
Gauthier DELMAS : Naturaliste (Volontaire en Service Civique)

Maitrise d'ouvrage :

Parc Naturel Régional de Camargue
Gaëtan Ploteau : Chargé de mission Natura 2000

Remerciements : Nous tenons à remercier sincèrement Joris Leprêtre pour le travail de cartographie et de bibliographie initial de ce projet. Nous remercions tous les observateurs, sans qui cette étude n'aurait pas été possible : Jean-Michel Pirastru, Gaëtan Ploteau, Delphine Haas, Nicolas Moutelière, Julie Sassano, Guillaume Villette et Annabelle Piat. Nous remercions le CEN PACA pour ses conseils à travers Florian Plaut et Bénédicte Meffre, ainsi que pour l'aide à l'accès aux données de SILENE FAUNE. Nous remercions également la LPO PACA et particulièrement Amine Flitti de nous avoir donné accès aux données de présence de la cistude sur le territoire d'étude pour la réalisation de cette étude. Nous remercions à travers elle tous les contributeurs et contributrices de la base de données FAUNE-PACA. Nous remercions également tous les contributeurs et contributrices de la base de données SILENE FAUNE.

Citation recommandée :

Schwartz Timothée, Diaz Valera Tamara et Delmas Gauthier. 2021. *Etat des lieux des populations de Cistude d'Europe Emys orbicularis et de leur connectivité au sein des marais de la Vallée des Baux*. Rapport d'étude. A Rocha France, 42p.

RESUME

La Cistude d'Europe *Emys orbicularis* est une petite tortue d'eau endémique de l'Europe, protégée et menacée en Europe et en région PACA. Elle possède des populations importantes dans les Bouches-du-Rhône et notamment en Camargue. Le site Natura 2000 des "Marais de la Vallée des Baux" abrite plusieurs populations de cistudes mais celles-ci sont mal connues, à l'exception de la population du marais de l'Ilon, du fait du caractère privé du territoire. Le site possède un réseau hydrographique dense qui pourrait relier ces populations entre elles. La présente étude visait à approfondir les connaissances sur les populations de cistude du site Natura 2000, ainsi qu'à évaluer le potentiel de corridor écologique du réseau hydrographique. Une recherche intensive de la présence de cistudes a été menée sur une grande partie du site au printemps 2020, au moyen de 189 transects de 100m répartis aléatoirement et prospectés 2 à 3 fois. 76 observations de cistudes ont été réalisées au cours de l'étude. La probabilité de détection des cistudes était de 0.400 [0.258;0.559] leur probabilité de présence par transect était de 0.222 [0.140;0.334]. Nos résultats montrent que la cistude est encore bien présente sur l'ensemble du site Natura 2000. Nous avons pu découvrir deux nouveaux noyaux (Canal de Faubraguette et Mas Mireille). Deux noyaux présumés éteints (Malaga et Fontaines de Mouriès) seraient à prospecter de façon approfondie afin de confirmer leur statut, et l'étang de la Gravière ainsi que le marais des Quatre platanes seraient à prospecter afin d'y vérifier la présence de l'espèce. L'état de conservation des différents noyaux de population est disparate, avec des noyaux importants en bon état (Ilon, Beauchamps, Etang du Comte) mais des noyaux plus périphériques dans un état de conservation défavorable, et en particulier celui de Figueirolle. Globalement, la connectivité entre noyaux est bonne, avec un réseau hydrographique fonctionnel, mais la connectivité entre la zone centrale autour du marais de l'Ilon, avec les populations à l'ouest de Barbegal (Figueirolle, Gravière, Beauchamps) serait à améliorer. Pour cela, des mesures de gestion des berges et des habitats autour du canal de la vallée des Baux sont préconisées.

Résumé	3
1. Préambule	5
2. Contexte	5
3. Objectifs de l'étude	5
4. Matériels et méthodes	6
4.1. Contact des propriétaires et identification des sites prospectables	6
4.2. Bibliographie et analyse de l'existant.....	6
4.3. Cartographie du réseau hydrographique	6
4.4. Définition de variables d'habitats et de connectivité	8
4.5. Sélection des transects à prospecter	11
4.6. Prospections de terrain	13
4.7. Saisie et analyse des données	13
4.7.1. Saisie des données.....	13
4.7.2. Analyse des données	14
4.8. Cartographie de la connectivité	16
4.9. Analyse de l'état de conservation et Recommandations de gestion	17
5. Résultats.....	17
5.1. Contact des propriétaires et identification des sites prospectables	17
5.2. Bibliographie et analyse de l'existant.....	19
5.3. Prospections de terrain	21
5.4. Analyse des données.....	23
5.5. Cartographie de la connectivité	28
5.6. Analyse de l'état de conservation et recommandations de gestion	31
6. Conclusion	36
7. Bibliographie	37

1. PREAMBULE

La Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*, Linnaeus (1758)) est une tortue aquatique discrète et craintive. Elle est actuellement menacée dans plusieurs régions de son aire de répartition, principalement à cause de la destruction des zones humides. Elle a disparu de plusieurs pays d'Europe (Suisse, Belgique, Pays-Bas) et est très menacée en Autriche, Allemagne, Pologne et Slovaquie. La France abrite encore de belles populations, réparties sur la plupart des zones humides au Sud de la Loire (Thienpont 2020; Mignet et al. 2020). La cistude est classée dans la catégorie « Quasi-menacée » (NT) sur la liste rouge mondiale, mais n'est plus considérée comme menacée en France (classée « Non concernée » (LC) depuis 2015) (UICN France, MNHN, et SHF 2015) même si ses populations continuent à diminuer (Thienpont 2020). La cistude est ainsi par exemple classée NT sur la liste rouge des reptiles menacés de Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) (Marchand et al. 2017). La cistude est inscrite aux annexes II et IV de la directive européenne « Habitats-Faune et Flore » (92/43/CEE). Elle est intégralement protégée par la loi française depuis 1979. Depuis 2011, elle bénéficie d'un Plan National d'Actions (PNA) (2011-2015 puis 2020-2029). Ce document prévoit, entre autres, un axe d'amélioration des connaissances actuelles sur les populations de Cistude ainsi qu'un axe sur les stratégies de reconnexion des populations.

2. CONTEXTE

Situé en région PACA dans le département des Bouches du Rhône, le site Natura 2000 des "Marais de la Vallée des Baux" fait partie du SIC FR9301596 dit des « Trois marais ». Il s'agit d'un complexe de zones humides relictuelles ou asséchées par drainage, situées entre des milieux agricoles ou steppiques (Crau) au Sud, et un massif calcaire xérique et rupestre (Alpilles) au Nord. Ces zones humides abritent plusieurs populations de cistudes plus ou moins bien connues selon les secteurs en raison notamment du caractère privé du territoire (à l'exception de la RNR de l'Ilon, propriété du Conservatoire du littoral, et du marais de Beauchamps, propriété de la ville d'Arles). Un réseau hydrographique assez bien développé et dense est présent sur cette zone, mais son potentiel de corridor écologique entre les différentes populations de cistude n'est pas connu.

La connaissance de la situation de la Cistude d'Europe sur la vallée des Baux est très variable selon les secteurs et globalement faible. En effet, seules deux études ont été réalisées sur la cistude sur ce territoire, toutes deux par notre association (Duguet 2004, Yvonnet 2011) mais ces dernières se sont limitées au seul marais de l'Ilon. Un premier recueil de données et de témoignages par le CEN PACA (Lombardini et Olivier, 2002) avait permis d'identifier certaines autres localités où l'espèce pourrait être encore présente aujourd'hui. De plus, les observations faites sur le terrain par l'association A Rocha et par divers naturalistes et observateurs locaux ont permis de confirmer l'existence d'autres populations, notamment sur les anciens marais de Figueirolle ou encore à l'Étang du Comte, présentes sur des propriétés privées. Or des mutations agricoles importantes sur certains sites du territoire posent la question de la pérennité de ces populations et de leur connexion avec les autres populations du territoire. Il est également possible que d'autres populations soient présentes sur d'autres sites privés de la zone.

L'enjeu de la présente étude était donc de :

- préciser spatialement les foyers de population pouvant agir comme "population source" en dehors du site de l'Ilon ;
- évaluer l'état du réseau hydraulique afin de déterminer son potentiel de corridor biologique pour la cistude.

3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans ce contexte, les objectifs de l'étude étaient de

- Localiser les populations de cistude de la vallée des Baux et déterminer leur état de conservation (qualité des milieux, densité apparente)
- Localiser les sites de présence potentielle de la cistude (à partir des données de connectivité et d'habitat)
- Mesurer et cartographier la connectivité du réseau hydrographique de la vallée des Baux pour les populations de cistude
- Définir des préconisations de gestion pour la conservation et la restauration des populations de cistudes de la vallée des Baux

Les objectifs de la présente étude s'inscrivent dans la continuité de deux actions de la déclinaison régionale du PNA Cistude (2013-2017) :

- Action N°5 : "Mettre à jour l'état des lieux des populations (...)" ;
- Action N°13 : "Favoriser la reconnexion des populations".

Ainsi que de l'action N°8 du dernier PNA (2020-2029) : « Accompagner une stratégie de reconnexion des populations ».

4. MATERIELS ET METHODES

4.1. CONTACT DES PROPRIETAIRES ET IDENTIFICATION DES SITES PROSPECTABLES

La majorité des sites potentiellement favorables à la cistude dans la vallée des Baux étant constituée de propriétés privées, nous avons pris contact avec les différents propriétaires de la zone d'étude en amont de la phase de terrain afin d'obtenir leur autorisation. Au cours de ces prises de contacts, nous avons également interrogé les propriétaires sur leur connaissance concernant la présence de tortues d'eau sur leur propriété.

4.2. BIBLIOGRAPHIE ET ANALYSE DE L'EXISTANT

Nous avons établi la synthèse des données anciennes et récentes portant sur la cistude d'Europe sur l'aire d'étude. Pour cela, nous avons rassemblé les données issues des études existantes (Lombardini et Olivier 2002; Olivier 2002; Duguet 2004; Yvonnet 2011), ainsi que celles des bases de données Faune PACA, SILENE Faune et A Rocha France.

4.3. CARTOGRAPHIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Nous avons réalisé la cartographie du réseau hydrographique de la vallée des Baux à partir des fonds cartographiques existants (OCSOL, base SIG A Rocha France) et au moyen de la photo-interprétation (Figure 1). Nous avons ainsi produit un fichier cartographique (C1) permettant d'afficher tous les canaux et roubines présents sur le secteur d'étude (fichier de type shapefile polyline). Au total, ce sont 298 km de canaux et roubines qui ont ainsi pu être cartographiés sur la zone d'étude.

Nous avons ensuite divisé ce réseau en sections de 100m de longueur. Nous avons supprimé les transects de longueur inférieure à 99m et créé un fichier cartographique (C2) regroupant et numérotant l'ensemble des transects ainsi obtenus (fichier de type shapefile polyline).

Nous avons également réalisé un fichier cartographique simplifié du réseau hydrographique (C3) (fichier de type shapefile polyline) en fusionnant les canaux et leur contre-canal et en reliant les roubines aux canaux dont elles étaient séparées par une digue franchissable par une cistude (à dire d'expert).

L'ensemble des fichiers ont été créés à partir du logiciel QGIS (v2.18.12) et au format shapefile (.shp).

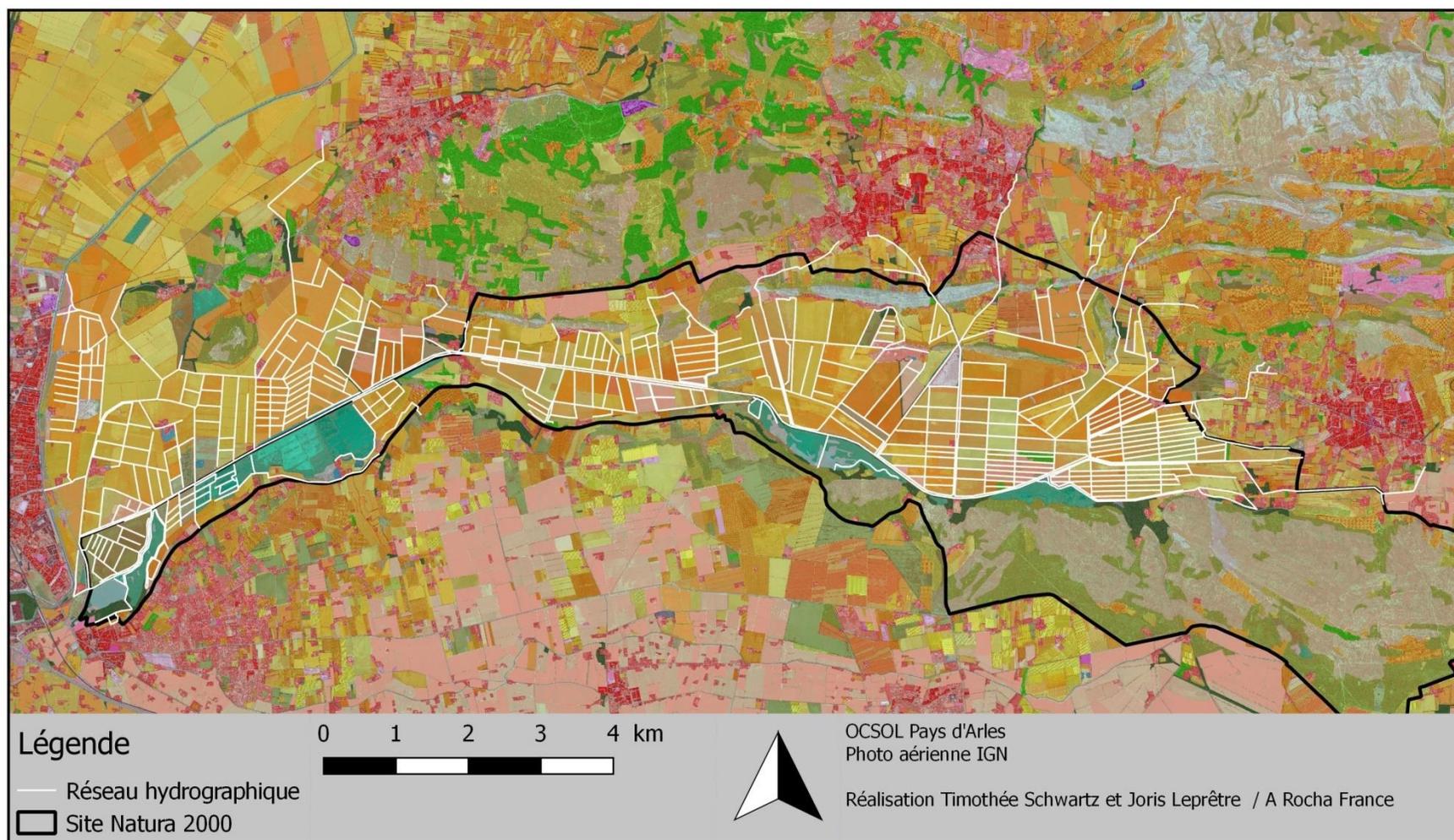


Figure 1 : Carte du réseau hydrographique présent en 2020 au sein des marais de la vallée des Baux et des marais d'Arles

4.4. DEFINITION DE VARIABLES D'HABITATS ET DE CONNECTIVITE

Nous nous sommes appuyés sur l'étude de Gendre (2007) et sur la littérature existante (Olivier 2002; Thienpont 2020) pour définir des variables descriptives de la favorabilité et de la connectivité potentielles des canaux et roubines de la zone d'étude pour la Cistude d'Europe, variables à relever sur le terrain (Tableau 1). Pour chaque modalité de chaque variable, nous avons affecté un score, à dire d'expert (Tableau 1) selon la méthode développée par le CEN LR (2007) :

Chaque variable se voit attribuer une classe de notes :

- de 0 à 1,
- de 0 à 2, Plus le paramètre obtient une note élevée, plus il est favorable à la Cistude.
- de 0 à 3.

Cette dernière notation (0 à 3) est utilisée pour la caractérisation des paramètres ayant une influence la plus significative – et prouvée – sur la répartition de la Cistude. Ainsi, ils auront d'avantage tendance à élever favorablement la note globale de potentialité écologique d'un canal en faveur de la Cistude.

La somme de ces scores par variable permet ainsi d'obtenir une mesure de la valeur de connectivité de la section de canal décrite.

Nous avons également calculé la surface d'habitat présent dans une zone tampon de 100m de rayon autour de chaque transect à partir de la cartographie OCSOL du Pays d'Arles au moyen du logiciel QGIS (Figure 2).

Pour les transects prospectés au cours de l'étude uniquement (voir Figure 3), nous avons également créé la matrice de distance entre chaque transect. Pour cela, à partir du logiciel QGIS, nous avons extrait le centre géographique de chaque transect. Nous avons ensuite placé manuellement chacun de ces points exactement sur le réseau hydrographique simplifié (C3) et utilisé la fonction « Chemin le plus court (de la couche vers le point) de QGIS pour calculer la distance minimale entre chaque point deux à deux à partir de ce réseau.

Enfin, à partir de cette matrice de distance, nous avons calculé la distance au transect occupé le plus proche, soit au cours de l'étude (transects avec au moins une détection de cistude en 2020) soit historiquement (transects avec au moins une observation de cistude sur toute la période, y compris cette étude).

Tableau 1 : Description des variables utilisées pour noter la favorabilité des canaux et roubines de la Vallée des Baux en 2020

	Note				Mesure	Remarque	Note maximum
	0	1	2	3			
Largeur du canal		<3 m	3 m < L <5 m	>5 m			3
Profondeur du canal		<0,20 m	> 1,50 m	0,20 m < P < 1,50 m			3
Orientation du canal					En degrés (0-180)		
Hauteur de la berge					En mètres	Pour chaque berge	
Pente de la berge		pente verticale (> 75°)	pente abrupte (45° < x < 75°)	Pente douce (< 45°)	divisé par 2 et arrondi	Pour chaque berge	3
Dérangement activités anthropiques		Public	Agricole/privée	Absence fréquentations	divisé par 2 et arrondi	Pour chaque berge	3
Entretien des berges	Oui	Non				Pour chaque berge	2
Description Ripisylve	Ripisylve arborée	absente	isolée	clairsemée	dense	/6	Pour chaque berge
	Rip arbustive	absente	isolée	clairsemée	dense	/6	Pour chaque berge
	Hélophytes Joncs	absente	isolée	clairsemée	dense	/6	Pour chaque berge
	Hélophytes Roseaux	absente	isolée	clairsemée	dense	/6	Pour chaque berge
	Ronciers	absente	isolée	clairsemée	dense	/6	Pour chaque berge
	Largeur de la ripisylve	<5 m	> 5 m			/2	Pour chaque berge
	âge de la ripisylve		Jeune	tout âge	vieillissant	/6	Pour chaque berge
	<i>Somme note ripisylve</i>		<10	10<=x<20	>=20		
Densité de la végétation basse	Dense	faible				Pour chaque berge	2
Végétation aquatique	Absente	< 20%	20 - 50%	>50 %			3
Accès à la berge	accès inexistant ou trop fréquent		Quelques accès			Pour chaque berge	2
Postes d'insolation	Absents	rares	Épars et réguliers	nombreux			3

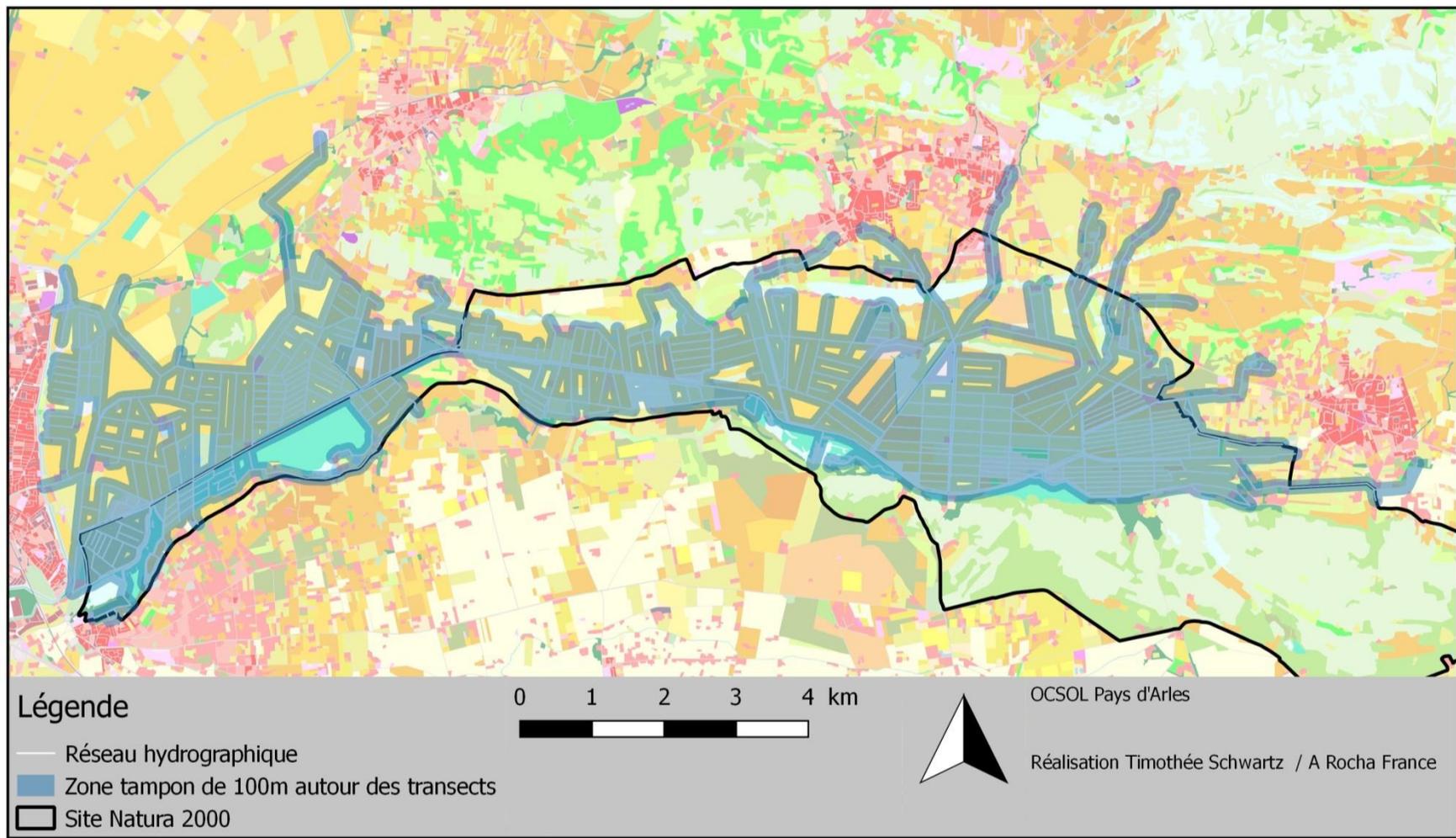


Figure 2 : Carte de l’emprise de la zone tampon de 100m autour du réseau hydrographique des marais de la vallée des Baux et des marais d’Arles

4.5. SELECTION DES TRANSECTS A PROSPECTER

Nous avons sélectionné les propriétés accessibles pour les prospections de terrain à partir des résultats de l'étape 4.1. Nous avons ensuite sélectionné les transects placés au sein de ces propriétés, puis nous avons procédé au tirage aléatoire de 200 transects.

Nous avons vérifié sur le terrain et par photo aérienne l'accessibilité de ces transects pour la prospection, ce qui nous a conduit à en écarter certains (secs, inaccessibles, etc).

Enfin, nous avons sélectionné certains transects supplémentaires à proximité de transects choisis aléatoirement pour certains observateurs afin de faciliter et optimiser le temps de prospection.

Les prospections de terrain ont eu lieu entre le 23/04/2020 et le 02/07/2020

189 transects ont été prospectés (représentant 18,9 km de canaux) dont 148 transects prospectés au moins 2 fois (14,8 km de canaux) (Figure 3). Au total, ce sont plus de 45,2 km qui ont été parcourus au cours des prospections par les 10 observateurs impliqués dans l'étude.

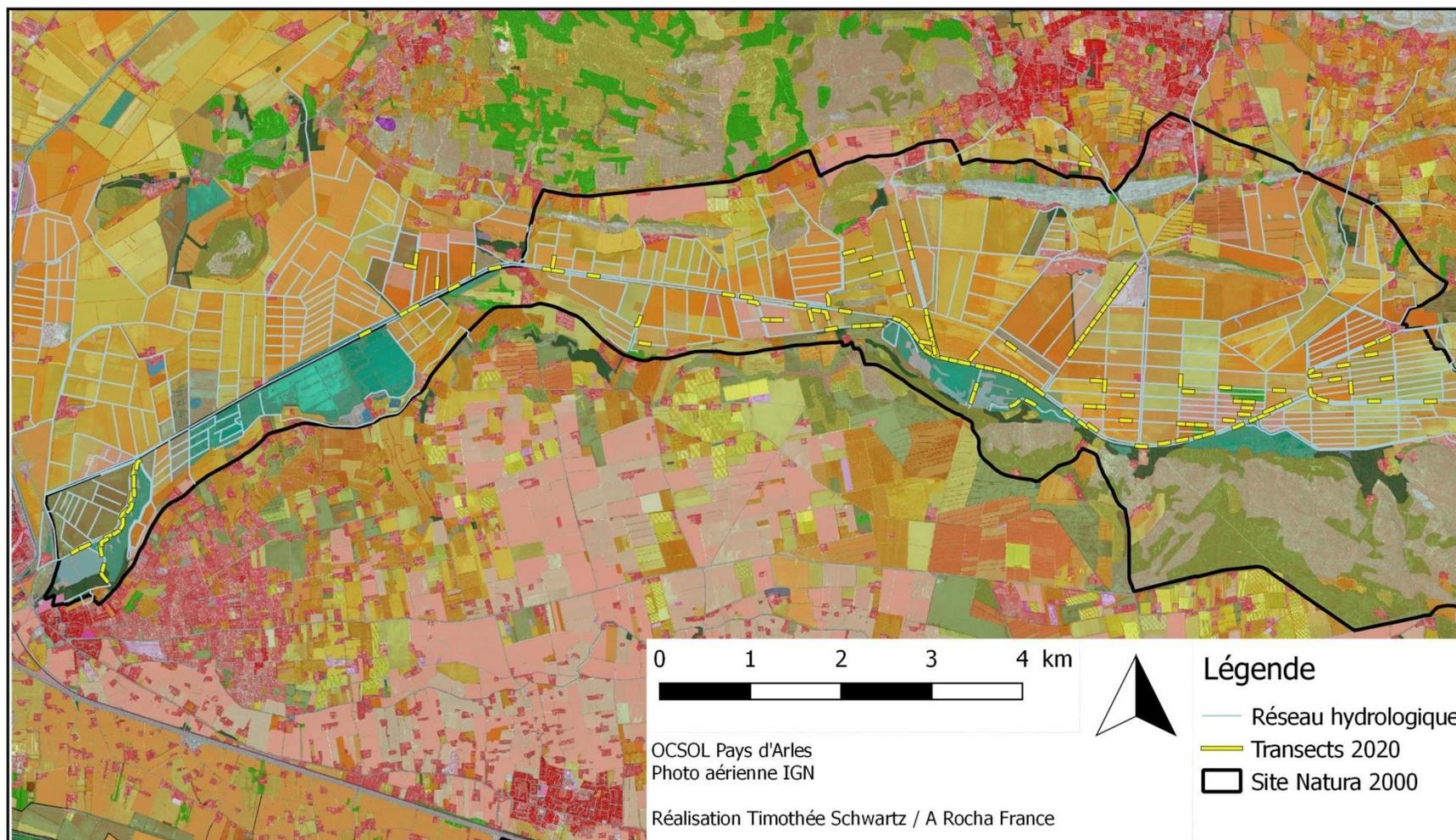


Figure 3 : Carte des transects prospectés au moins 2 fois au cours de l'étude au sein des marais de la Vallée des Baux et des marais d'Arles

4.6. PROSPECTIONS DE TERRAIN

Les prospections de terrain visent à détecter la présence de la cistude sur les transects choisis. Le protocole utilisé se base sur la méthode dite de « Site occupancy » (MacKenzie et al. 2002), qui permet de réaliser des suivis à large échelle sur des espèces faiblement détectables (Besnard et Salles 2010). Cette méthode cherche à évaluer la probabilité de présence d'une espèce à un temps t sur un site donné. Pour cela, chaque site est visité à plusieurs reprises afin d'estimer la probabilité de détection de l'espèce, elle-même utilisée pour estimer la probabilité de présence.

Le protocole de terrain ainsi que la fiche de terrain sont présentés en Annexe 1. Les variables relevées pour chaque prospection sont listées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Liste des variables relevées au cours des prospections de terrain

Variable relevée	Remarques
Date	
Observateur	
N° Passage	1, 2 ou 3
Heure de début	précision : minute
Heure de fin	précision : minute
Température de l'air	mesure au dixième de °C si thermomètre, sinon catégorie
Température de l'eau du canal	mesure au dixième de °C si thermomètre, sinon catégorie
Nébulosité	catégorie
Force du vent	catégorie
Discrétion sonore de l'observateur	catégorie
Visibilité du canal	catégorie
Nombre total de cistudes observées	
Nombre de cistudes mâles	
Nombre de cistudes femelles	
Type de comportement des cistudes observées (nombre d'individus par type)	Basking / Ponte / Accouplement / Déplacement
Remarques concernant les cistudes observées	
Espèce de tortue exotique observée	
Nombre total de tortues exotiques observées	
Autres espèces invasives observées	
Autres remarques	

Chaque transect prospecté a également été décrit à partir des variables listées dans le Tableau 1. La fiche de description des transects est présentée en Annexe 2.

Les prospections ont eu lieu entre les mois d'avril et juillet 2020. Chaque transect devait être prospecté 3 fois si possible, deux fois au minimum. Les transects prospectés une seule fois (par exemple pour cause d'assec) ont été écartés des analyses.

4.7. SAISIE ET ANALYSE DES DONNEES

4.7.1. SAISIE DES DONNEES

Les données ont été saisies sur une base de données dédiée créée sur le logiciel Microsoft Excel.

Ce fichier sépare les données d'observation de terrain des données de description des transects en deux feuilles distinctes. Dans chacune des feuilles, chaque transect constitue une seule ligne. Les différents passages sur un même transect sont donc décrits dans différentes colonnes d'une même ligne.

A partir de ce fichier, un fichier csv (A) a été créé à partir de Microsoft Excel, regroupant pour chaque transect sur une même ligne les informations liées aux observations de terrain et la description des transects, ainsi que les variables d'habitat issues de l'OCSOL décrites en 4.4. Comme certains observateurs n'ont pas relevé la température au moyen des thermomètres mis à disposition mais seulement noté les intervalles de températures, les variables de température ont été saisies d'une part avec les valeurs mesurées (pas de valeur pour les intervalles) et d'autre part de façon catégorielle, chaque catégorie correspondant à un intervalle noté (affectation aux catégories par post traitement pour les valeurs mesurées). Deux colonnes contenant les distances au transect occupé le plus proche en 2020 et pour toutes les années (cf. 4.4) ont été intégrées à ce fichier (A).

Les observations de faune effectuées au cours des prospections (y compris les observations de cistudes) ont par ailleurs été saisies au sein d'une base de données dédiée sous Microsoft Excel au format compatible SILENE FAUNE. La localisation des observations a été regroupée au niveau du centroïde du transect au sein duquel l'observation avait été notée.

Nous avons également créé un fichier csv (B) regroupant les surfaces des différents habitats (en colonne) au sein de la zone tampon de tous les transects de la zone d'étude (y compris ceux qui n'ont pas été prospectés au cours de l'étude) (en ligne). Nous y avons ajouté une colonne correspondant à la présence ou l'absence de cistude sur les transects, en considérant toutes les données historiques de présence de l'espèce (y compris cette étude).

4.7.2. ANALYSE DES DONNEES

Les analyses statistiques et les modélisations décrites ci-dessous ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.5.3) (R Core Team 2017).

4.7.2.1. SIMPLIFICATION DES HABITATS

Les surfaces des habitats naturels autour d'un site sont généralement corrélées entre elles, la présence d'un habitat étant très souvent liée à la présence de l'habitat voisin. Il n'est donc généralement pas possible d'utiliser plusieurs habitats dans une même modélisation. De plus, plusieurs dizaines d'habitats sont présents sur la zone d'étude ce qui rend peu pertinent toute analyse habitat par habitat.

A partir du package ade4 (Dray et Dufour 2007), nous avons réalisé une analyse en composante principale (ACP) sur les colonnes regroupant les différents habitats dans le fichier (B), afin de simplifier les différents habitats présents dans les zones tampons autour des transects. Nous avons choisi les trois premiers axes orthogonaux proposés par l'ACP pour cette analyse. Nous avons ensuite extrait les coordonnées de chaque habitat et de chaque transect sur ces trois axes. Ces coordonnées pour chacun des trois axes ont été intégrées aux fichiers (A) et (B). Les coordonnées des différents habitats sur les différents axes permettent de vérifier si ces axes correspondent à des gradients environnementaux connus (artificialisation, degré d'humidité, fermeture du milieu, etc).

4.7.2.2. MODELISATION DE LA PROBABILITE DE PRESENCE BRUTE SUR TOUTE LA ZONE D'ETUDE

Nous avons modélisé l'effet de l'habitat présent autour des transects sur la probabilité de présence de la cistude sur la zone d'étude à partir du fichier (B). Pour cela, nous avons construit un modèle linéaire généralisé (loi de distribution binomiale, fonction de lien Logit) avec la présence ou l'absence de cistude sur un transect en variable de réponse, en considérant toutes les données historiques de présence de l'espèce (y compris cette étude), et les coordonnées des trois axes pour chaque transect en facteurs additifs.

Nous avons ensuite extrait les prédictions de la probabilité de présence pour chaque transect issues de ce modèle. Ces probabilités ont ensuite été intégrées au fichier cartographique (C2) et cartographiées sous QGIS pour l'ensemble des canaux et roubines de la zone d'étude.

4.7.2.3. MODELISATION DE L'EFFET DE LA DISTANCE AU TRANSECT OCCUPE ET DE L'EFFET DE LA NOTE DE FAVORABILITE SUR LA PROBABILITE DE PRESENCE BRUTE SUR LES TRANSECTS PROSPECTES

Nous avons modélisé l'effet de la distance au transect occupé (par la cistude) le plus proche sur la probabilité de présence de la cistude sur la zone d'étude à partir du fichier (A). Pour cela, nous avons construit un modèle linéaire généralisé (loi de distribution binomiale, fonction de lien Logit) avec, en variable de réponse, la présence ou l'absence de cistude sur un transect en considérant toutes les données historiques de présence de l'espèce (y compris cette étude), et la distance au transect occupé le plus proche en variable explicative. Nous en avons déduit la distance à partir de laquelle la probabilité de présence était inférieure à 0,1.

De même, nous avons modélisé l'effet de la note de favorabilité d'un transect (cf. 4.4) sur la probabilité de présence de la cistude au moyen d'un modèle linéaire généralisé de structure identique.

4.7.2.4. MODELES HIERARCHIQUES : MODELISATION DE LA PROBABILITE DE DETECTION ET DE PRESENCE DES CISTUDES EN 2020

A partir des données de présence ou d'absence de cistude sur chaque transect à chaque passage du fichier (A), nous avons cherché à estimer la probabilité de détection des cistudes ainsi que leur probabilité de présence pour les transects prospectés en 2020. Nous avons utilisé le package unmarked (Fiske et Chandler 2011) et la fonction « unmarkedFrameOccu » pour construire des modèles hiérarchiques.

Nous avons tout d'abord estimé la valeur moyenne de ces deux probabilités au cours de l'étude, en construisant un modèle nul.

Nous avons ensuite modélisé séparément les probabilités de détection et de présence, en maintenant l'autre probabilité constante dans les modèles (~1).

Pour chacune des deux probabilités, nous avons tout d'abord construit un modèle pour chaque variable ou combinaison de variables d'intérêt (Tableau 3).

Pour la probabilité de présence seulement, nous avons effectué une sélection de modèles sur la base de l'AIC afin d'identifier le ou les meilleur(s) modèle(s) (plus petite valeur d'AIC, $\Delta AIC > 2$). Nous avons ensuite utilisé le meilleur modèle pour estimer la probabilité de détection.

Concernant la probabilité de détection, les variables de détection n'ont pas toujours été notées par chaque observateur à chaque passage ce qui rend délicat toute comparaison entre modèles. Du fait de la taille du jeu de données, nous avons choisi de ne pas exclure les observations pour lesquelles certaines variables n'avaient pas été décrites. Nous avons donc estimé la probabilité de présence à partir des modèles pour les lesquels les variables modélisées étaient corrélées significativement à la probabilité de présence et comparé ces valeurs à celle obtenue à partir du modèle nul.

Pour les deux probabilités, nous avons retenu l'estimation du modèle nul lorsque les estimations des probabilités à partir des meilleurs modèles étaient similaires à celle du modèle nul.

Tableau 3 : Variables testées dans les modèles hiérarchiques. « ² » : test de l'effet quadratique de la variable continue considérée. « + » : test de l'effet additif des variables considérées

	Probabilité de détection	Type de variable	Probabilité de présence	Type de variable
Variables testées	Date de prospection	Continue	Note de favorabilité	Continue
	Date de prospection ²	Continue	Postes de basking	Catégorielle
	Durée de la prospection	Continue	Végétation aquatique	Catégorielle
	Durée de la prospection ²	Continue	Orientation du canal	Continue
	Température de l'eau (catégorie)	Catégorielle	Largeur du canal	Catégorielle
	Température de l'air (catégorie)	Catégorielle	Hauteur berge A + hauteur berge B	Continue
	Couverture nuageuse	Catégorielle	Profondeur du canal	Catégorielle
	Force du vent	Catégorielle	Présence d'une ripisylve	Catégorielle
	Heure de début de prospection	Continue	Catégorie de canal	Catégorielle
	Heure de début de prospection ²	Continue	Coordonnées sur l'axe 1	Continue
	Discrétion de l'observateur	Catégorielle	Coordonnées sur l'axe 2	Continue
	Visibilité	Catégorielle	Coordonnées sur l'axe 3	Continue
	Observateur	Catégorielle	Coordonnées sur l'axe 1 + axe 2 + axe 3	Continue
			Distance au transect occupé le plus proche	Continue
			Distance au transect occupé le plus proche ²	Continue
			Présence de tortue de Floride	Catégorielle

4.7.2.5. MODELES HIERARCHIQUES : MODELISATION DE LA PROBABILITE DE DETECTION ET DE LA DENSITE DES CISTUDES EN 2020

Pour cette analyse, nous nous sommes appuyés sur la méthode dite « de Royle » ou N-mixture models (Royle 2004). Cette méthode est très similaire à la méthode de « Site occupancy » mais elle s'appuie sur des données de comptage d'individus par site. Elle permet d'estimer la densité d'individus par site, corrigée par la probabilité de détection. Nous avons donc procédé de la même manière que pour l'analyse précédente, en utilisant les données de comptage de cistude sur chaque transect à chaque passage du fichier (A). Nous avons utilisé le package unmarked et la fonction « unmarkedFramePCount ».

4.8. CARTOGRAPHIE DE LA CONNECTIVITE

Toutes les cartes ont été réalisées avec le logiciel QGIS v2.18.12

A partir des observations historiques et des observations réalisées au cours de l'étude ainsi que des résultats des analyses décrites ci-dessus, nous avons réalisé les cartes suivantes :

- Carte des observations historiques
- Carte des observations effectuées au cours de l'étude
- Carte de la probabilité de présence de la cistude d'Europe sur l'ensemble de la zone d'étude et du statut des différents noyaux de population
- Carte du score de favorabilité des transects décrits superposée aux données de présence

A partir du fichier des transects (C2), nous avons créé une zone tampon autour de chacun de taille correspondant à la distance correspondant à une probabilité d'occupation de moins de 0,1 (cf. 4.7) ainsi que les distances trouvées dans la littérature (80% des déplacements d'individus observés de moins de 500m et 95% de moins d'1km en Camargue d'après Olivier (2002)). Nous en avons déduit les secteurs non occupés par l'espèce par interprétation graphique et produit une carte de la connectivité entre noyaux de population.

4.9. ANALYSE DE L'ETAT DE CONSERVATION ET RECOMMANDATIONS DE GESTION

Nous avons synthétisé les résultats afin de définir l'état de conservation de chaque noyau de population de cistude sur la zone d'étude. Pour cela nous nous sommes basés sur les critères de la méthodologie INPN, à savoir pour chaque noyau de population :

- Effectif des populations
- Estimation des effectifs (quelques individus / plus de 10 / plusieurs dizaines / inconnu)
- Dynamique temporelle des effectifs (hausse / baisse / stabilité / inconnu)
- Aire de répartition des populations
- Taille géographique du noyau (moins de 10 hectares / de 10 à 50 hectares / plus de 50 hectares)
- Dynamique temporelle de la taille (hausse / baisse / stabilité / inconnu)
- Habitat d'espèce
- Connectivité avec autres populations (forte / modérée / faible)
- Qualité de l'habitat pour la cistude sur le noyau (à partir de la description des canaux et de la probabilité de présence) (bonne / moyenne / mauvaise)
- Dynamique temporelle de la qualité (hausse / baisse / stabilité / inconnu)
- Pressions et menaces pour chaque population (fortes / modérées / faibles)

Cette connaissance de l'état de conservation des noyaux, croisée à la cartographie de la continuité et à celle de la présence avérée et potentielle de l'espèce, permettra de définir les préconisations de gestion.

5. RESULTATS

5.1. CONTACT DES PROPRIETAIRES ET IDENTIFICATION DES SITES PROSPECTABLES

Les propriétés identifiées et le résultat des contacts sont décrits dans le tableau 4. La majorité des propriétaires privés de la zone d'étude ont pu être contactés et la majorité a donné son accord pour pouvoir mener des prospections sur leurs terres. Deux propriétaires nous ont confirmé la présence de cistude sur leur propriété soit historiquement (Fontaines de Mouriès) soit au cours des dix dernières années (Mas Magali – secteur entre le Mas Mireille et le Mas de la Plantade).

Tableau 4 : Liste des principales propriétés de la vallée des Baux et résultat des contacts établis le cas échéant pour procéder aux prospections des canaux présents

Propriétés	Propriétaire	Gestionnaire	Contacté	Accès	Remarques
Marais de Beauchamps	Ville d'Arles	CEN PACA	OUI	OUI	
RNR de l'Ilon	Conservatoire du Littoral	PNR Alpilles	OUI	OUI	
Marais de l'Ilon Est	M. Mme Couturier		OUI	OUI	
Canal de la Vallée des Baux	Propriétaires privés / ASA	ASA	NON	OUI	accès via les propriétaires des fonds
Manade Chauvet (mas de Cadenet)	Julien ROUX		OUI	OUI	
Barbegal	ROUX		OUI	OUI	sur la partie au Nord du Château
Mas de Goudègue Est	MOSCHINI		NON	NON	en général pas favorables d'après leur voisin
Mas de Goudègue Ouest	NOVELLI		OUI	OUI	
Mas Mireille (EARL Les deux rives)		Julien ROUX (fermier)	OUI	OUI	
Domaine de Pradelles	DE BOTTON		OUI	OUI	
Poney club Le Rouget	Sabine LUPARIA		OUI	OUI	jamais vu de cistudes dans les canaux
Mas Magali	NOVELLI		OUI	OUI	cistudes sur certains secteurs de la propriété
Mas du Pas de Loche	PAINVIN		OUI	OUI	
Mas de la Plantade	?	GALLE	OUI	OUI	pas de contact avec les propriétaires ; contact avec le fermier
Mas de Baraquet	?		NON	NON	pas de contact avec les propriétaires
Etang du Comte	CALLET		OUI	OUI	
Malaga	CALLET		OUI	OUI	
Fontaines de Mouriès	PIERRE		OUI	OUI	cistudes historiquement mais pas depuis des décennies
Joyeuses Garde	QUIQUERAN		NON	NON	pas de contact avec les propriétaires
Marais des Quatre platanes	SALINAS		NON	NON	pas de contact avec les propriétaires
Etang de la Gravière	SCHNEIDER		NON	NON	pas de contact avec les propriétaires

5.2. BIBLIOGRAPHIE ET ANALYSE DE L'EXISTANT

Les données recueillies sont quasi exclusivement issues des bases de données Faune PACA, SILENE-FAUNE et A ROCHA France.

205 observations de cistude ont ainsi pu être recensées sur la zone d'étude depuis 1999 (Figure X).

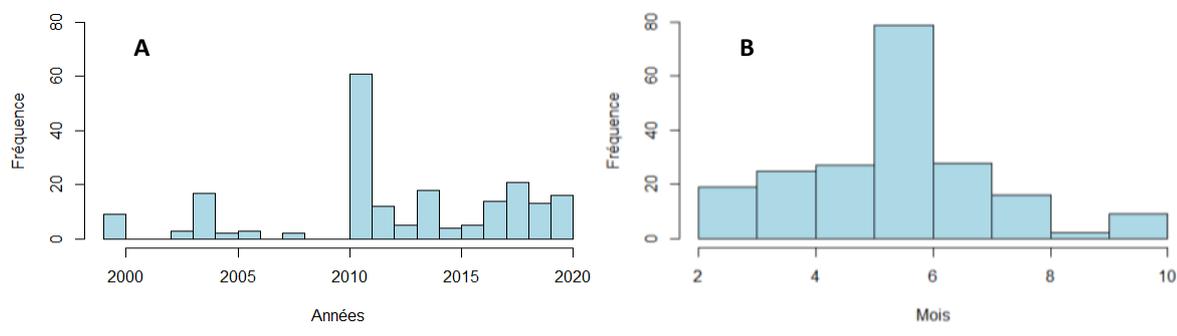


Figure 4 : (A) Fréquence des observations de cistudes sur la Vallée des Baux entre 1999 et 2020 (hors étude) ; (B) Fréquence des observations de cistudes dans la Vallée des Baux par mois de l'année sur la période 1999-2020 (hors étude).

La majorité des observations historiques proviennent des études menées par A Rocha France en 2004 et 2011. Les données sont sporadiques jusqu'en 2010 et plus régulières à partir de 2012 avec entre 10 et 20 observations rapportées par an sur la zone d'étude. Les observations se répartissent entre mars et octobre avec un pic d'observations en juin. Ce pic est biaisé du fait de l'étude d'A Rocha en 2011 (étude CMR concentrée sur les mois de mai et juin 2011, cf Yvonnet 2011).

A partir des observations de cistude recueillies, on peut identifier 7 secteurs de présence historique de l'espèce sur la zone d'étude (Figure 5), à savoir :

- Le Marais de Beauchamps
- L'étang de la Gravière*
- Les anciens marais de Figueirolle
- Le Mas Mireille*
- Le Marais de l'Ilon
- Le secteur étang du comte – marais des quatre platanes
- Malaga*

Pour les 3 secteurs identifiés avec une « * », les dernières observations sont anciennes et remontent à plus de 15 ans. Par ailleurs les contacts avec les propriétaires et l'analyse de la bibliographie ont également permis d'établir que la cistude était présente historiquement sur le site des Fontaines de Mouriès (où elle n'a pas été réobservée par les propriétaires depuis plusieurs décennies) et au Nord du Mas Mireille à l'Ouest du Pont de l'Ilon (secteur du Mas Baraquet) où lors des curages des canaux l'ancien propriétaire (M. Novelli) observait systématiquement des cistudes par le passé.

La majorité des observations ont été effectuées sur le secteur du Marais de l'Ilon. Cependant il peut exister un biais géographique du fait des deux études menées par l'association A Rocha France sur le site en 2004 et en 2011, ainsi que par le statut de protection du site qui peut, lui aussi, biaiser la pression de prospection en attirant les observateurs extérieurs.

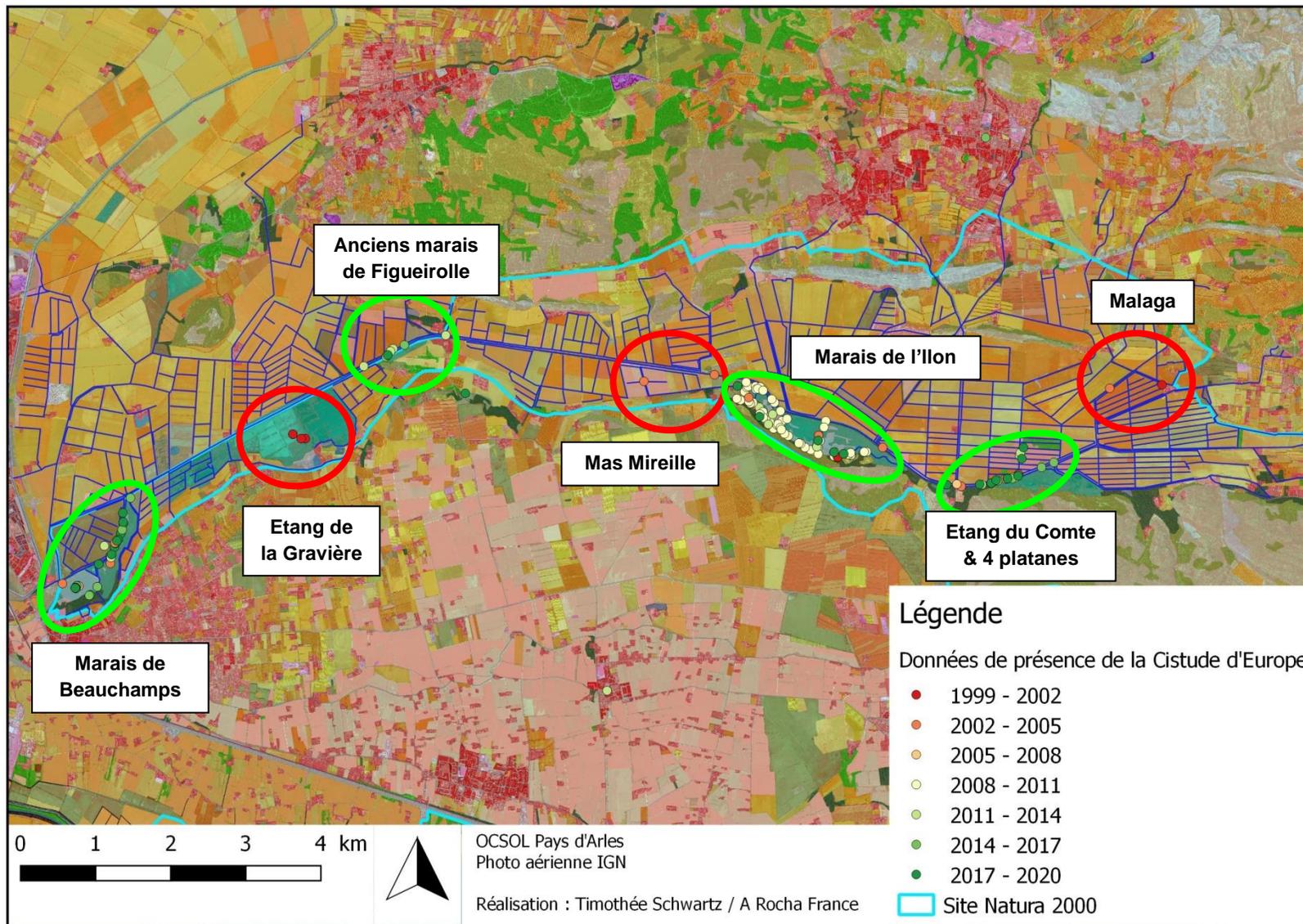


Figure 5 : Carte de la répartition spatiale et temporelle des observations de Cistude d'Europe sur la Vallée des Baux entre 1999 et 2020. En vert les secteurs avec présence récente avérée, en rouge les secteurs avec des observations anciennes (> 15 ans).

5.3. PROSPECTIONS DE TERRAIN

Au cours des prospections de terrain, nous avons effectué 76 observations de cistudes (dont 16 hors protocole) et 37 observations de tortues de Floride (dont 22 hors protocole) (Figure 7).

Nos observations confirment que les deux espèces sont bien présentes sur la zone d'étude. La tortue de Floride semble principalement présente sur les canaux les plus importants. La cistude est présente sur les tous types de canaux et roubines.

Par ailleurs, nous avons observé de nombreuses autres espèces au cours de nos prospections (43 espèces d'oiseaux, 18 espèces d'odonates, ainsi que d'autres reptiles comme le lézard à deux raies *Lacerta bilineata*).



Figure 6 : Tortues de Floride *Trachemys scripta elegans* ©Tamara Diaz

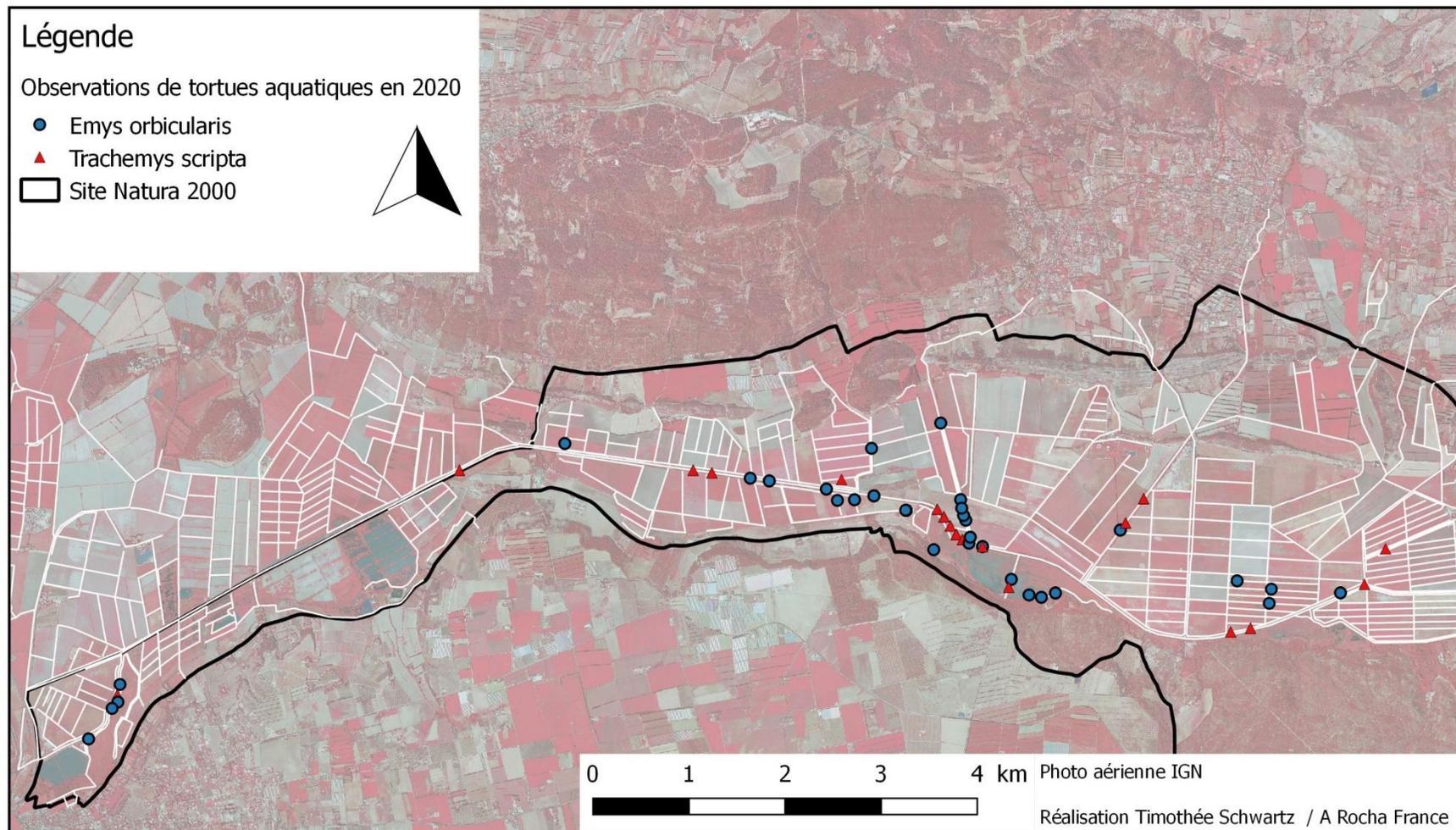


Figure 7 : Carte des observations de Cistude d'Europe et de Tortue de Floride effectuées au cours de l'étude

5.4. ANALYSE DES DONNEES

5.4.1. MODELISATION DE LA PROBABILITE DE PRESENCE BRUTE SUR TOUTE LA ZONE D'ETUDE

La carte de la probabilité de présence de la cistude en fonction des habitats naturels présents dans un rayon de 100m autour des transects (Figure 9) indique une probabilité de présence forte sur les secteurs de Beauchamps, Gravière Ouest, Figueirolle, Ilon, et Quatre platanes.

En revanche, cette probabilité est faible (<10%) sur le reste de la zone d'étude.

En croisant ces probabilités avec les observations de cistude, deux secteurs ont des probabilités de présence forte mais pas d'observation en 2020 : les secteurs de Figueirolle et des Quatre platanes. A l'inverse, trois secteurs ont des probabilités de présence faible mais des observations : le secteur du Mas Mireille, le canal de Faubraguette et l'Etang du Comte (Figure 9). Deux secteurs de présence historique de l'espèce ont une probabilité de présence faible et n'ont pas fait l'objet d'observations ni récentes ni au cours de l'étude (Fontaines de Mouriès et Malaga). Enfin, un secteur a une forte probabilité de présence mais n'a pas pu être prospecté en 2020 : il s'agit du secteur à l'ouest de l'étang de la Gravière.

Concernant les transects prospectés au cours de l'étude, la note de favorabilité est positivement corrélée à la probabilité de présence de la cistude ($\beta_x=0.15$, $SE=0.07$, $p=0.02$) (Figure 8). A l'inverse, la distance au transect occupé le plus proche est corrélée négativement avec cette probabilité ($\beta_x=-1.02$, $SE=0.32$, $p<0.01$) (Figure 8). Ainsi au-delà de 1000m d'un transect occupé, la probabilité de présence de la cistude est inférieure à 10%.

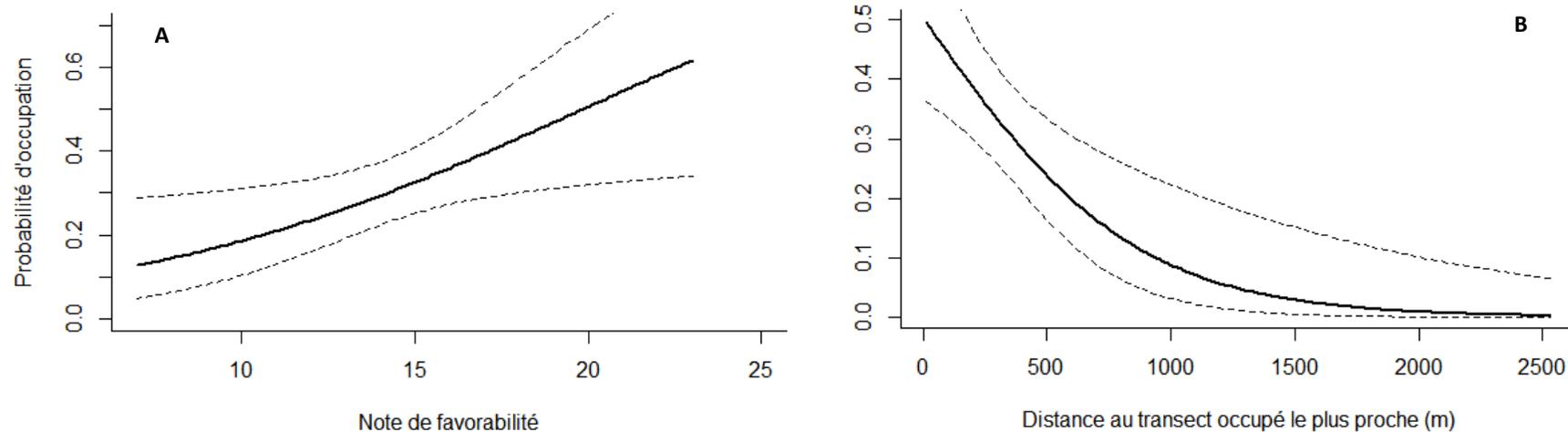


Figure 8 : Effet de la note de favorabilité (A) et de la distance au transect occupé le plus proche (B) sur la probabilité d'occupation par la Cistude d'Europe d'un transect prospecté en 2020.

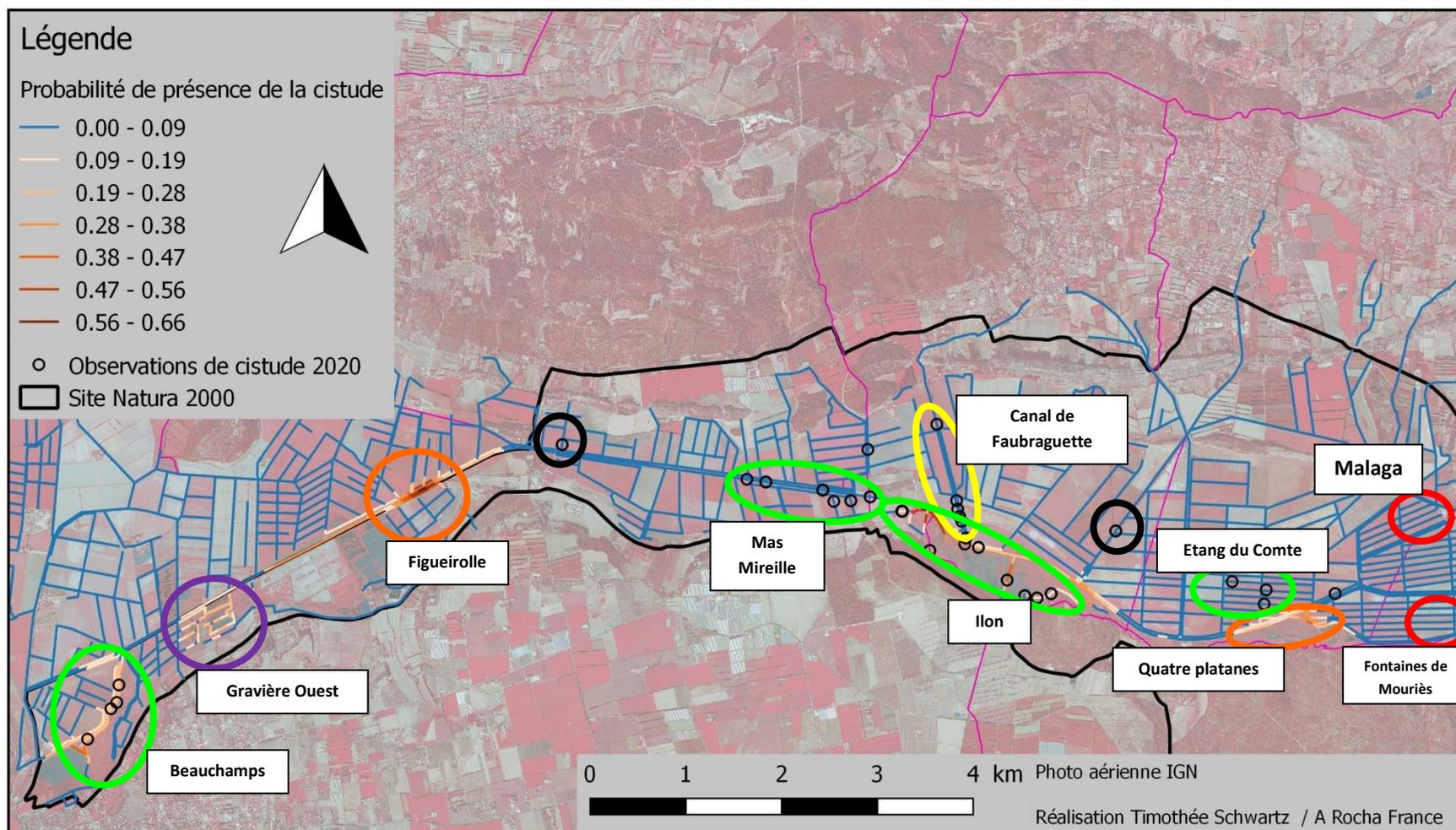


Figure 9 : Carte de la probabilité de présence de la Cistude d'Europe en fonction des habitats présents dans un rayon de 100m autour des canaux et roubines de la Vallée des Baux. Les secteurs en vert sont les secteurs avec un noyau de population connu historiquement et confirmé en 2020 / en rouge, les noyaux connus mais non confirmés en 2020 / en jaune les nouveaux noyaux identifiés en 2020 / en noir les observations ponctuelles localisées en 2020 / en violet les secteurs avec une probabilité de présence forte mais non prospectés en 2020 / en rouge les noyaux connus historiquement (>15 ans) et a priori disparus

5.4.2. MODELES HIERARCHIQUES : MODELISATION DE LA PROBABILITE DE DETECTION ET DE PRESENCE DES CISTUDES EN 2020

Le modèle nul permet d'estimer une probabilité de détection moyenne de la cistude de 0.400 [0.258;0.559] au cours des prospections effectuées sur la zone d'étude. Par ailleurs, ce même modèle permet d'obtenir une estimation de la probabilité de présence moyenne de 0.222 [0.140;0.334] par transect. Seule la force du vent a un effet significatif sur la probabilité de détection des cistudes au cours de l'étude (Tableau 5) : celle-ci diminue par vent moyen et fort. Aucune variable testée n'a d'effet significatif sur la probabilité de présence de la cistude, ce qui est confirmé en comparant l'AIC des meilleurs modèles qui est équivalent à celui du modèle nul (Tableau 5).

Tableau 5 : Significativité de l'effet des différentes variables sur les probabilités de détection et de présence de la cistude d'Europe sur les transects prospectés au sein de la vallée des Baux en 2020. « - » : pas d'effet. « * » : effet significatif ($p < 0.05$). Le score d'AIC des modèles correspondants est donné pour la modélisation de la probabilité de présence uniquement. Les scores des meilleurs modèles ($\Delta AIC < 2$) sont en gras et les variables explicatives correspondantes sont soulignées.

Probabilité de détection		Probabilité de présence		
Variables explicatives	Effet	Variables explicatives	Effet	AIC
Date de prospection	-	<u>Note de favorabilité</u>	-	219.56
Date de prospection ²	-	Postes de basking	-	222.22
Durée de la prospection	-	Végétation aquatique	-	220.27
Durée de la prospection ²	-	<u>Orientation du canal</u>	-	217.85
Température de l'eau	-	Largeur du canal	-	222.64
Température de l'air	-	Hauteur berge A + hauteur berge B (additif)	-	/
Couverture nuageuse	-	Profondeur du canal	-	222.81
Force du vent	*	<u>Présence d'une ripisylve</u>	-	218.49
Heure de début de prospection	-	Catégorie de canal	-	222.51
Heure de début de prospection ²	-	Coordonnées sur l'axe 1	-	220.54
Discrétion de l'observateur	-	Coordonnées sur l'axe 2	-	220.57
Visibilité	-	Coordonnées sur l'axe 3	-	220.84
Observateur	-	Coordonnées sur l'axe 1 + axe 2 + axe 3 (additif)	-	223.16
		<u>Distance au transect occupé le plus proche</u>	-	218.62
		Distance au transect occupé le plus proche ²	-	220.13
		Présence de tortue de Floride	-	220.41
		<u>(Modèle nul)</u>		218.84

5.4.3. MODELES HIERARCHIQUES : MODELISATION DE LA PROBABILITE DE DETECTION ET DE LA DENSITE DES CISTUDES EN 2020

Le modèle considérant un effet de l'importance de la végétation aquatique sur la densité de cistudes permet d'estimer une probabilité de détection moyenne de chaque individu de cistude de 0.361 [0.232;0.513] au cours des prospections effectuées sur la zone d'étude. Le modèle considérant un effet quadratique de la durée de prospection sur la probabilité de détection permet d'estimer une densité moyenne de 0.546 [0.301;0.988] individus par transect soit un total estimé de 81 [44;146] individus sur l'ensemble des transects prospectés. Seule la durée de prospection a un effet significatif sur la probabilité de détection des cistudes au cours de l'étude (Tableau 6) : celle-ci augmente avec la durée de prospection. Trois variables ont un effet significatif sur la densité : la note de favorabilité du transect, l'abondance de postes de basking et la présence de ripisylve (Tableau 6).

Tableau 6 : Significativité de l'effet des différentes variables sur la probabilité de détection et sur la densité de la cistude d'Europe sur les transects prospectés au sein de la vallée des Baux en 2020. « - » : pas d'effet. « * » : effet significatif ($p < 0.05$). Le score d'AIC des modèles correspondants est donné pour la modélisation de la probabilité de présence uniquement. Les scores des meilleurs modèles ($\Delta AIC < 2$) sont en gras et les variables explicatives correspondantes sont soulignées.

Probabilité de détection		Densité		
Variables explicatives	Effet	Variables explicatives	Effet	AIC
Date de prospection	-	Note de favorabilité	*	306.78
Date de prospection ²	-	Postes de basking	*	311.71
Durée de la prospection	*	<u>Végétation aquatique</u>	-	304.34
Durée de la prospection ²	*	Orientation du canal	-	309.87
Température de l'eau	-	Largeur du canal	-	314.68
Température de l'air	-	Hauteur berge A + hauteur berge B (additif)	-	/
Couverture nuageuse	-	Profondeur du canal	-	314.61
Force du vent	-	Présence d'une ripisylve	*	307.09
Heure de début de prospection	-	Catégorie de canal	-	313.96
Heure de début de prospection ²	-	Coordonnées sur l'axe 1	-	311.61
Discretion de l'observateur	-	Coordonnées sur l'axe 2	-	312.98
Visibilité	-	Coordonnées sur l'axe 3	-	312.5
Observateur	-	Coordonnées sur l'axe 1 + axe 2 + axe 3 (additif)	-	314.41
		Distance au transect occupé le plus proche	-	309.13
		Distance au transect occupé le plus proche ²	-	311.02
		Présence de tortue de Floride	-	312.86
		(Modèle nul)		310.98

5.4.4. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DES MODELES HIERARCHIQUES

Notre étude est l'une des rares utilisant la méthode de Site occupancy chez la cistude. Eudes (2014) a mené l'une des premières études de ce type sur cette espèce en France, mais les sites prospectés dans cette étude sont beaucoup plus grands que nos transects, ce qui ne permet pas de comparer son estimation de probabilité de détection avec la nôtre. Notons que le seul effet que nous avons constaté sur la probabilité de détection pour nos modèles de Site occupancy est celui de la force du vent, également identifié par Eudes (2014) dans son étude en Midi-Pyrénées. Il semble donc important de choisir des journées sans vent pour réaliser un tel protocole.

Notre estimation de 0.4 pour la probabilité de détection permet de dire qu'il faudrait plus de 5 passages pour pouvoir avoir plus de 90% de chance de détecter la présence de la cistude si elle est effectivement présente sur l'un des transects prospectés en 2020, avec le protocole détaillé dans ce document. Or nous n'avons réalisé que 2 ou 3 passages sur chacun des transects. Ce constat explique la taille de l'intervalle de confiance dans l'estimation de la probabilité de présence, et ne permet pas de modéliser finement les variables associées à cette probabilité. Notre étude est sans doute l'une des premières utilisant les modèles N-mixture chez la cistude d'Europe. Nous ne pouvons donc pas comparer nos résultats de densité. Cependant cette densité est corrélée positivement avec la note de favorabilité des transects ainsi qu'à la présence d'une ripisylve et de postes de basking, ce qui peut avoir des implications en termes de gestion.

5.5. CARTOGRAPHIE DE LA CONNECTIVITE

La note de favorabilité des transects obtenue à partir de la description des transects prospectés sur le terrain nous a permis de créer une carte de la valeur écologique des canaux et roubines prospectés pour la cistude (Figure 10). La note de favorabilité est corrélée positivement à la probabilité de présence de la cistude (cf. 5.4) et permet donc une bonne approximation du niveau de connectivité de la portion de canal décrite. La valeur écologique des canaux et roubines est globalement bonne sur les principaux noyaux (Ilon, Beauchamps, Etang du Comte) mais elle est nettement plus basse sur les canaux décrits situés entre l'Ilon et Figueirolle (Mas de la Mérindole, Mas Goudègue, Mas Mireille, Barbegal) ainsi qu'au Nord du marais de l'Ilon (Canal de Faubraguette, canal des Pompes, Pradelles) et à Malaga.

En couplant cette note de favorabilité des transects avec la distance de dispersion moyenne des cistudes autour des transects occupés par la cistude, on obtient une première approche de la connectivité du réseau hydrographique de la Vallée des Baux pour la cistude (Figure 11). Cette cartographie permet d'identifier une zone centrale principale constituée des noyaux du Mas Mireille, de l'Ilon et du Canal de Faubraguette. Cette zone « cœur » semble bien connectée avec une deuxième zone plus à l'est constituée des noyaux de l'étang du Comte et des Quatre platanes : le canal de la vallée des Baux semble ici un corridor parfaitement fonctionnel pour permettre à des individus de transiter d'une zone à l'autre. En revanche, la zone « cœur » semble plus déconnectée du noyau de Figueirolle : une seule observation a été effectuée au niveau de Barbegal cette année, et les notes de favorabilité des transects prospectés entre le Mas Mireille et Figueirolle sont basses. Même si le canal de la vallée des Baux constitue toujours ici un corridor fonctionnel, les habitats sur ses berges ne sont pas attractifs pour la cistude, ce qui pourrait limiter fortement les chances que des individus transitent entre ces deux secteurs. Enfin, le noyau de Beauchamps semble totalement déconnecté. Cependant, l'étang de la Gravière n'a pas pu être prospecté au cours de cette étude : s'il s'avère abriter une population de cistude, il serait alors probable que les noyaux de Figueirolle et de Beauchamps puissent être connectés et constituer alors, avec la gravière, une autre zone « cœur » importante.

Globalement, nous constatons que le réseau hydrographique de la vallée des Baux est fonctionnel et qu'aucun obstacle n'empêche les cistudes de circuler de l'Est à l'Ouest de la zone d'étude, notamment via le canal de la vallée des Baux. Ce constat permet de penser qu'aucun noyau de population connu n'est totalement isolé sur la zone d'étude.

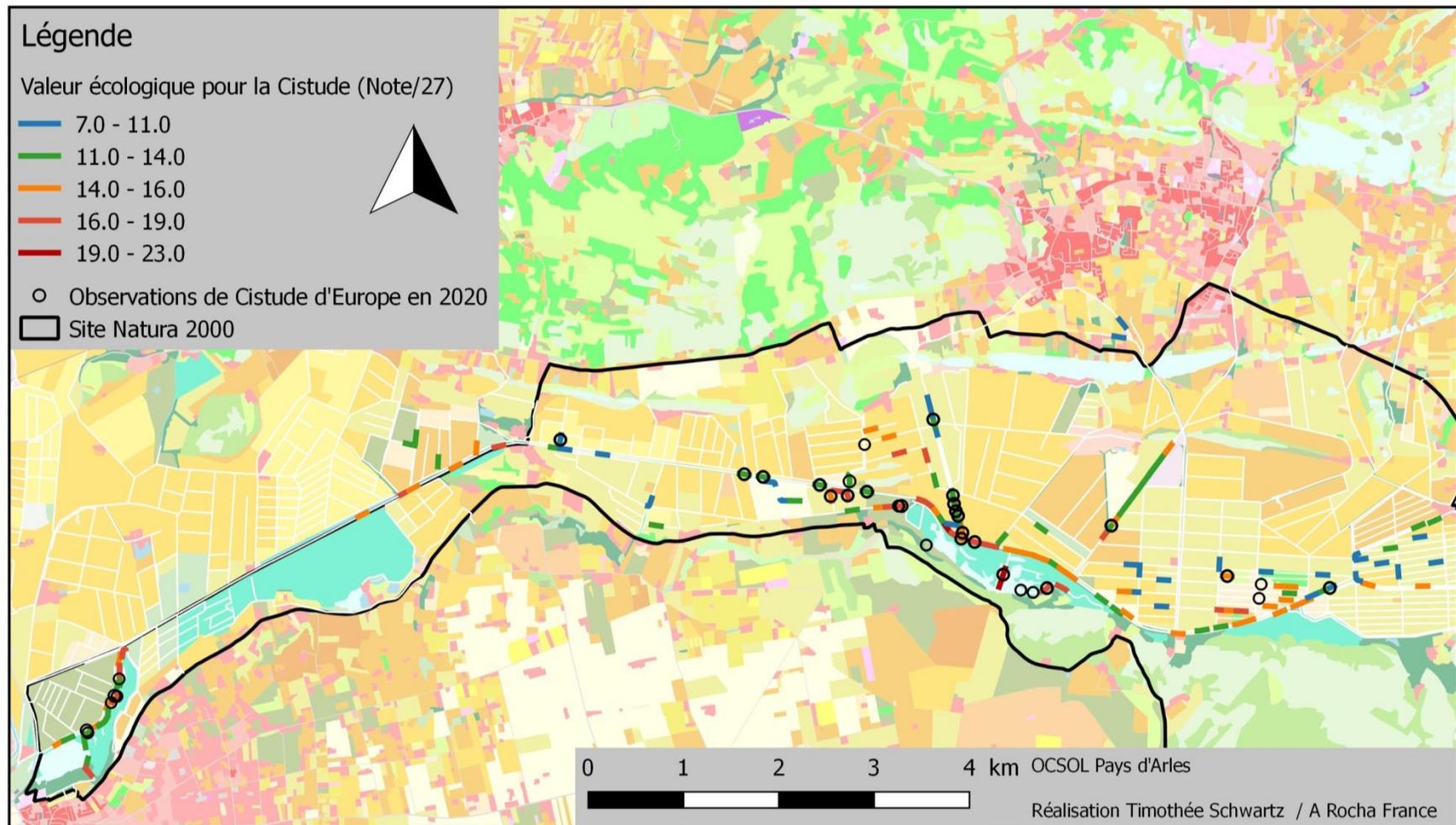


Figure 10 : Carte de la valeur écologique pour la Cistude d'Europe des canaux et roubines prospectés au cours de cette étude

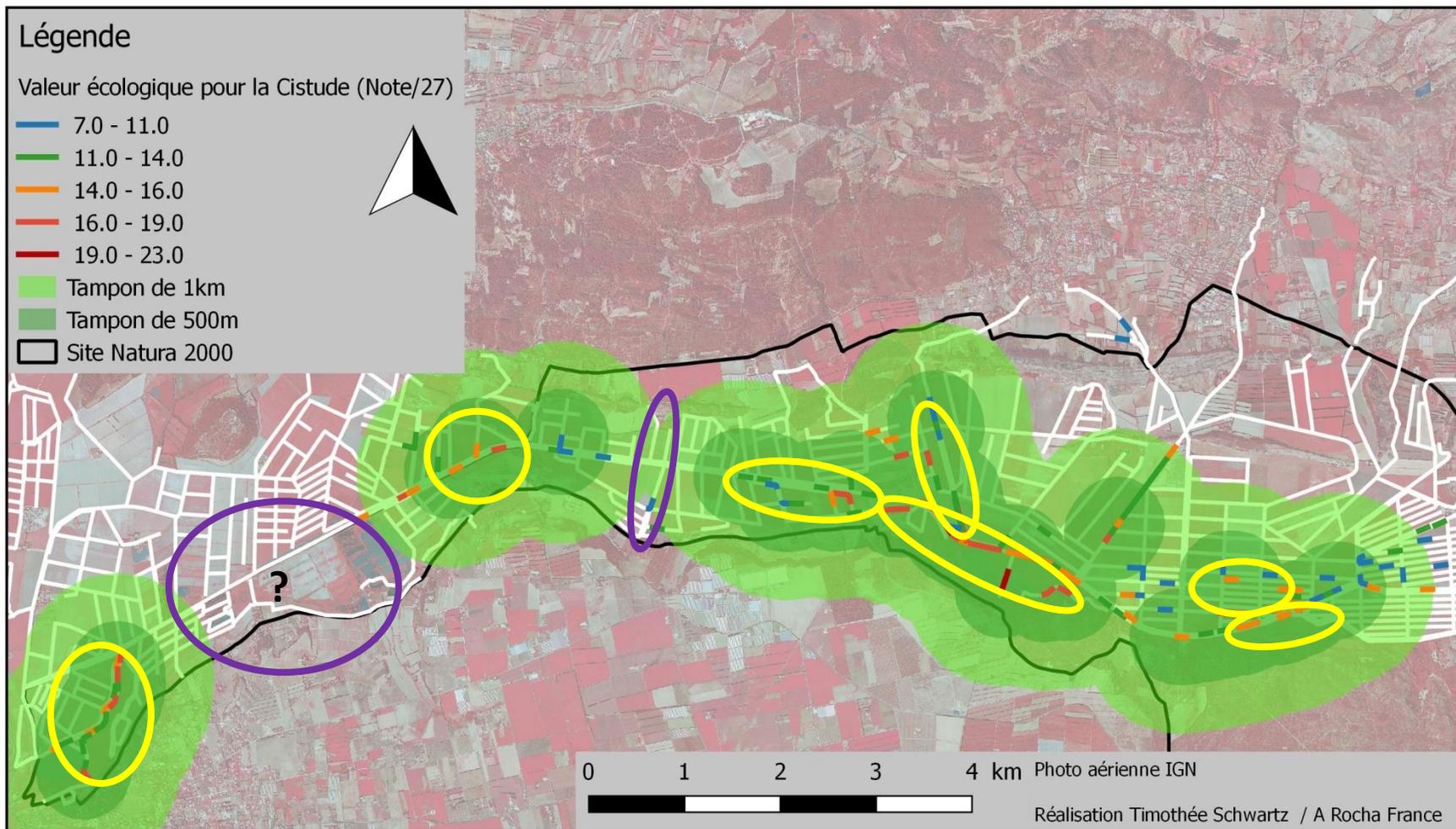


Figure 11 : Carte de connectivité des noyaux de populations de Cistude d'Europe de la Vallée des Baux (localisés en jaune). Les secteurs entourés en violet sont les éventuels « points noirs » (zones de rupture de connectivité).

5.6. ANALYSE DE L'ÉTAT DE CONSERVATION ET RECOMMANDATIONS DE GESTION

Notre analyse de l'état de conservation des différents noyaux de population de cistude identifiés sur la zone d'étude montre des situations très disparates (Tableau 7) (Figure 12) : les noyaux de l'Ilon et de l'Etang du Comte ont un état de conservation favorable, avec de belles populations aux effectifs stables ou en augmentation. En revanche, tous les autres noyaux ont un état de conservation défavorable, et le noyau de Figueirolle a un état de conservation mauvais. Pour ce dernier, la population est connue depuis de nombreuses années et la dégradation récente de l'habitat (liée à un changement de propriétaire des terres et une destruction des habitats présents) est à corrélérer à l'absence d'observation de cistude effectuée sur ce noyau au cours de la présente étude. A noter pour les noyaux de la Gravière et des Quatre Platanes, l'absence de connaissances sur la taille des populations ou sur leur dynamique. L'acquisition de connaissances est donc un enjeu crucial pour ces deux populations. Concernant les noyaux du Mas Mireille et de Faubraguette, ces populations ont été découvertes au cours de l'étude (même si des observations avaient déjà été effectuées aux abords du Mas Mireille) et leur présence soulève plusieurs questions : s'agit-il de noyaux pérennes ou d'individus satellites du marais de l'Ilon ? Au vu du nombre d'observations, la première option semble la plus plausible. Quels sont leurs sites de reproduction et quels habitats fréquentent-elles ? Quelle est la dynamique de ces noyaux ? De futures études seront nécessaires pour répondre à ces questions. Enfin, concernant les populations (observations historiques) de Malaga et des Fontaines de Mouriès, aucune observation n'a été effectuée en 2020 ni au cours des 15 dernières années. Sur le site de Malaga et plus encore aux Fontaines de Mouriès, certains habitats semblent pourtant toujours favorables à la cistude. Des prospections supplémentaires sur ces habitats et sur des sites périphériques seraient à organiser afin de confirmer l'absence de l'espèce sur ces sites.

Tableau 7 : Etat de conservation des différents noyaux de population identifiés au sein de la Vallée des Baux

	Effectif des populations		Aire de répartition des populations		Habitat d'espèce			Pressions et menaces		Etat de conservation
	Estimation	Dynamique temporelle	Taille du noyau	Dynamique temporelle	Connectivité	Qualité	Dynamique temporelle	Niveau	Détail	
Beauchamps	plusieurs dizaines	Stabilité ou baisse	10-50ha	Inconnu	Modérée	Bonne	Stabilité	Modérées	Fréquentation ; chiens ; tortues de Floride	Défavorable - inadéquat
Gravière	Inconnu	Inconnu	>50ha	Inconnu	Modérée	Bonne	Baisse	Modérées	Jussie ; gestion des niveaux d'eau	Défavorable - inadéquat
Figueirolle	plus de 10	Baisse	10-50ha	Baisse	Modérée	Moyenne	Baisse	Fortes	Disparition de la zone humide ; gestion des niveaux d'eau ; curage des canaux	Défavorable - Mauvais
Mas Mireille	plus de 10	Inconnu	10-50ha	Inconnu	Modérée	Moyenne	Baisse	Modérées	Curage des canaux ; sénescence ripisylve	Défavorable - inadéquat
Ilon	plusieurs dizaines	Stabilité ou baisse	>50ha	Stabilité ou baisse	Forte	Bonne	Stabilité	Faibles	Tortues de Floride	Favorable
Faubraguette	plus de 10	Inconnu	<10ha	Inconnu	Forte	Moyenne	Baisse	Fortes	Entretien des berges ; curage des canaux	Défavorable - inadéquat
Etang du Comte	plusieurs dizaines	Hausse	10-50ha	Hausse	Modérée	Bonne	Hausse	Modérées	Gestion des niveaux d'eau ; curage des canaux	Favorable
Quatre platanes	Inconnu	Inconnu	10-50ha	Inconnu	Modérée	Bonne	Stabilité	Faibles	Gestion du marais (roue-cage)	Défavorable - inadéquat

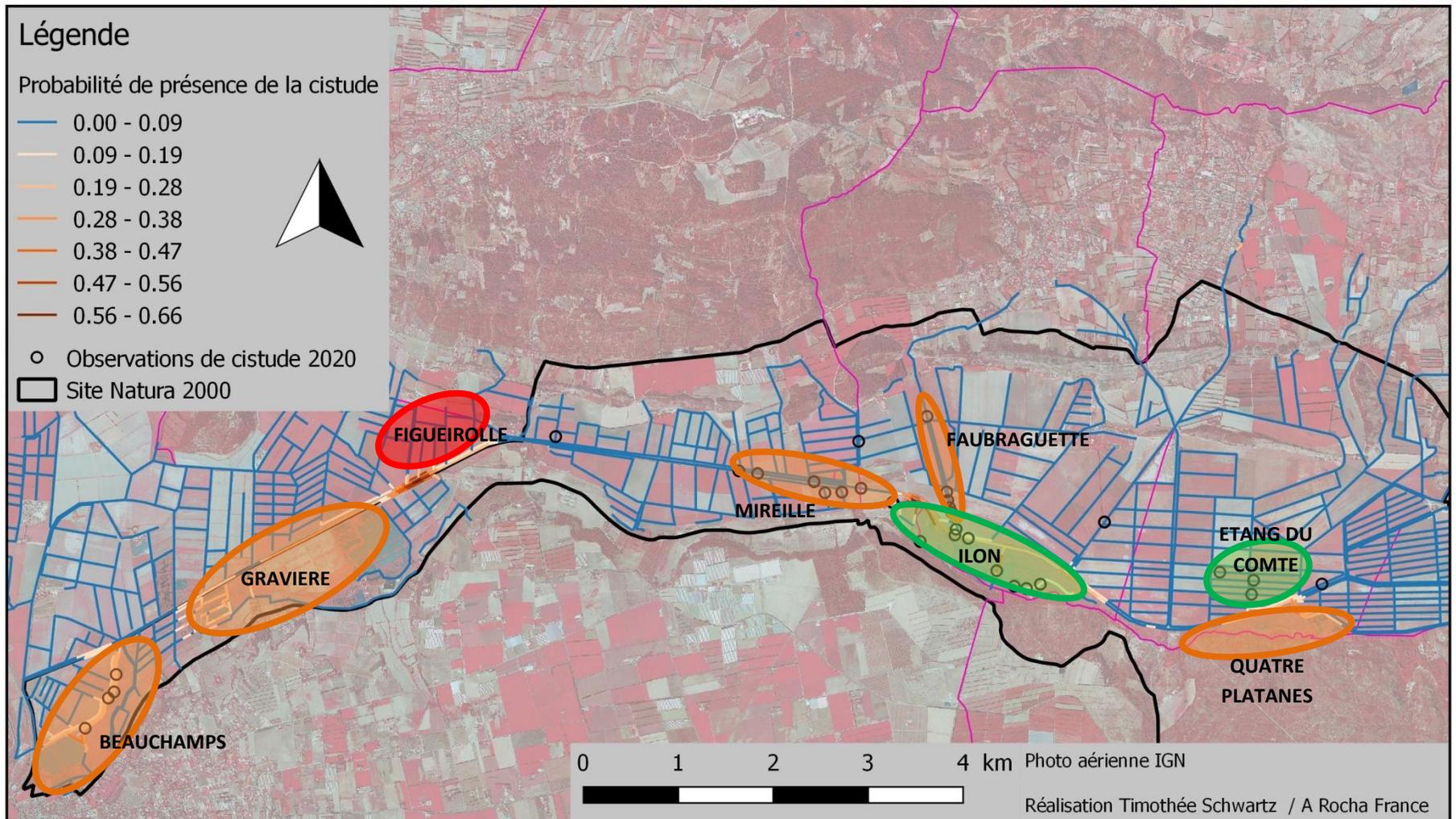


Figure 12 : Carte de l'état de conservation des noyaux de population de la Cistude d'Europe dans la vallée des Baux. Vert : état de conservation favorable. Orange : état de conservation défavorable inadéquat. Rouge : état de conservation défavorable mauvais.

En croisant l'état de conservation des noyaux de population, les menaces et pressions identifiées, la carte de continuité écologique, la favorabilité des transects prospectés pour la cistude, nous avons identifié les préconisations de gestion suivantes sur la zone d'étude (Tableau 8 et figure 13).

Tableau 8 : Préconisations de gestion pour améliorer l'état de conservation des populations de cistude au sein de la Vallée des Baux

N°	Secteur	Description des menaces et pressions	Type d'action	Descriptif
1	Gravière	Présence de jussie sur de grandes surfaces ; gestion des niveaux d'eau (assecs volontaires) ; pas d'observations récentes (<2005) ; pas d'accès	Connaissance	Rechercher la cistude sur l'étang de la Gravière en période favorable (avril - juillet) ; caractériser la qualité de l'habitat pour la cistude (secteurs Gravière / extension souhaitable sur Galégière et Montmajour)
2	Figueirolle	Disparition de la zone humide (transformation en pâturages) ; gestion des niveaux d'eau (assecs) ; curage des canaux en période sensible	Restauration zone humide	Permettre une conservation / restauration de tout ou partie de la zone humide ; permettre une remise en eau partielle au printemps ; organiser les dates d'entretien des roubines en fonction des périodes sensibles
3	Barbegal - Mérindole	Absence de ripisylve ; berges abruptes ; absence d'habitat de qualité (grandes cultures et maraichage) ; zone de faible connectivité entre noyaux	Restauration zone humide / Restauration ripisylve + gestion des berges	Mettre en place une gestion différenciée des berges (laisser la ripisylve se développer d'un côté du canal ou d'un contre canal) ; changer la destination des terres proches du canal (pâturage ?) ; augmenter le niveau d'eau dans les roubines au printemps / été
4	Mireille - Baraquet	Curage des canaux en période sensible ; sénescence de la ripisylve sur les secteurs favorables ; absence de ripisylve sur des secteurs à fort potentiel	Restauration ripisylve	Protéger la ripisylve présente (saules têtards) ; planter de nouveaux linéaires
5	Faubraguette	Entretien des berges à la mauvaise période ; curage des canaux ; berges abruptes : accès difficile aux habitats de reproduction	Restauration zone humide / Restauration ripisylve + gestion des berges	Améliorer le calendrier d'entretien des berges et de curage des canaux ; aménager des accès aux berges ; changer destination des terres (pâturage)
6	Canal des Pompes	Pentes abruptes ; qualité de l'eau (STEP)	Restauration ripisylve + gestion des berges	Aménager des accès aux berges ; suivre la qualité de l'eau dans le canal
7	Pradelles	Céréaliculture intensive ; assec des canaux et roubines au printemps / été	Restauration zone humide	Changer destination des terres (pâturage ?) ; augmenter le niveau d'eau dans les roubines au printemps / été
8	Quatre platanes	Pas d'observation récente de cistudes ; accès impossible ; gestion du marais par roue-cage	Connaissance	Rechercher la cistude sur le site en période favorable (avril - juillet)
9	Canal Van Ens	Absence de ripisylve ; berges abruptes	Restauration ripisylve + gestion des berges	Mettre en place une gestion différenciée des berges (laisser la ripisylve se développer d'un côté du canal ou d'un contre canal) ; aménager des accès aux berges
10	Malaga - Joyeuse Garde	Niveaux d'eau trop bas ; curage en période sensible ; absence d'habitats favorables / ripisylves	Restauration ripisylve / Restauration zone humide	Augmenter le niveau d'eau dans les roubines au printemps / été ; améliorer le calendrier d'entretien des berges et de curage des canaux ; favoriser le développement de la ripisylve (via plantation ou gestion des berges)

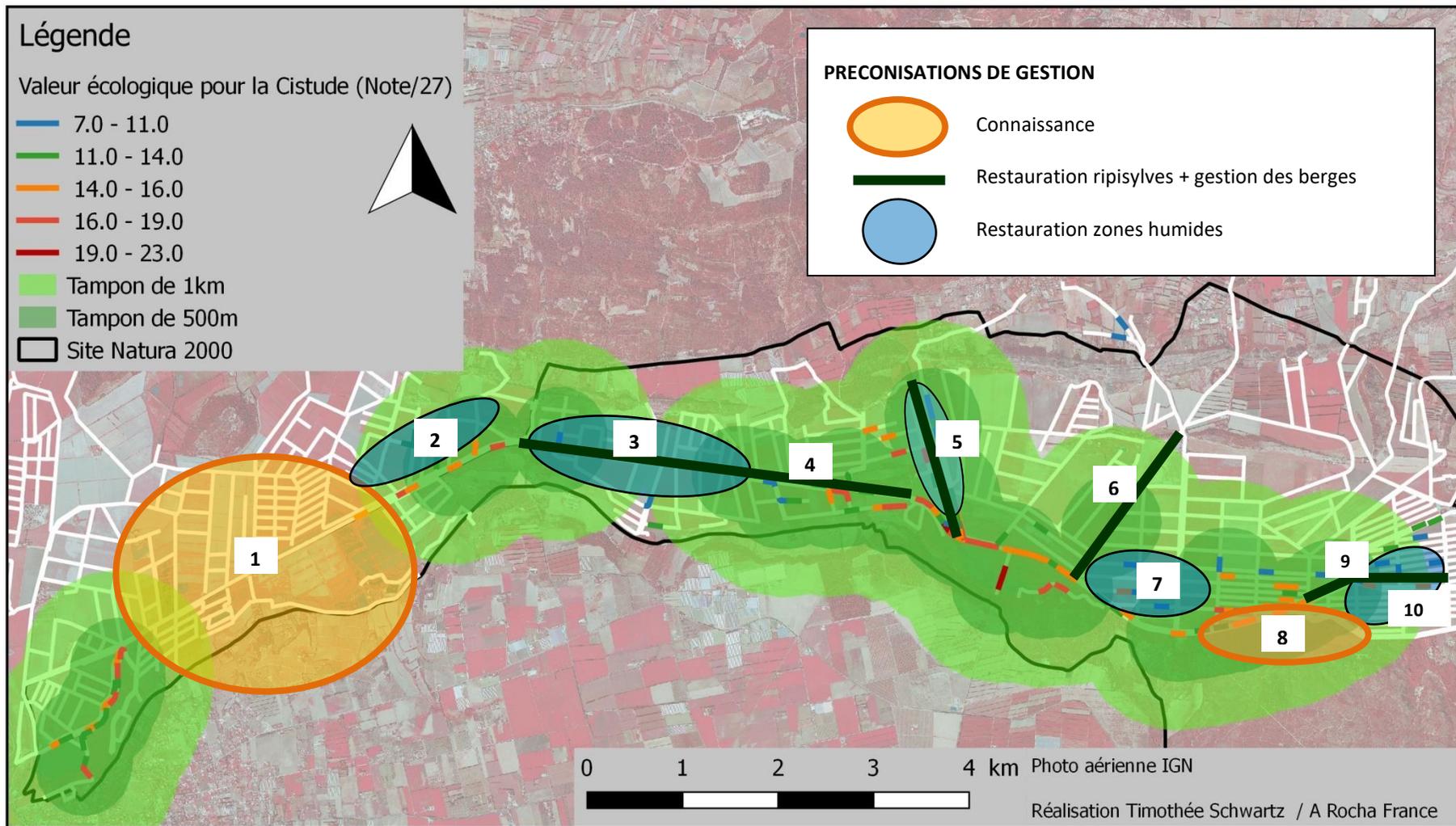


Figure 13 : Localisation des préconisations de gestion pour améliorer l'état de conservation des populations de cistude au sein de la Vallée des Baux

6. CONCLUSION

Cette étude a permis de confirmer la présence de la cistude sur de nombreux sites où elle était connue ou suspectée dans la vallée des Baux. La cistude est encore bien présente sur l'ensemble du site Natura 2000. De plus, nous avons pu découvrir de nouveaux noyaux (Canal de Faubraguette et Mas Mireille) qui feront utilement l'objet de prospections et d'études complémentaires à l'avenir. Deux noyaux présumés éteints (Malaga et Fontaines de Mouriès) seraient à prospecter de façon approfondie afin de confirmer leur statut, et l'étang de la Gravière ainsi que le marais des Quatre platanes seraient à prospecter afin d'y vérifier la présence de l'espèce. L'état de conservation des différents noyaux de population est disparate, avec des noyaux importants en bon état (Ilon, Beauchamps, Etang du Comte) et des noyaux plus périphériques moins bien lotis. En particulier, le noyau de Figueirolle (situé hors Natura 2000) est préoccupant, le site ayant fait l'objet d'une transformation importante des habitats très récemment (assèchement de la zone humide, curage des canaux). Ce noyau est à l'interface entre le noyau de Beauchamps et celui de l'Ilon et sa restauration nous semble aujourd'hui une priorité.

Globalement le réseau hydrographique de la vallée des Baux est bien connecté et ne présente pas de discontinuité. La connectivité entre noyaux est donc globalement bonne, même si la connectivité entre la zone centrale autour du marais de l'Ilon, avec les populations à l'ouest de Barbegal (Figueirolle, Gravière, Beauchamps) serait à améliorer. Pour cela, des mesures de gestion des berges et des habitats autour du canal de la vallée des Baux sont possibles. Globalement sur la zone d'étude, la combinaison d'une restauration des ripisylves et des habitats de zone humide, avec une gestion adaptée des berges des canaux, permettrait de favoriser la pérennité, le développement et la connectivité des différents noyaux de population de cistude identifiés.

Enfin, cette étude a permis la combinaison de techniques d'étude et d'analyse originales pour cette espèce, qui pourront être développées et reproduites sur d'autres sites.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Besnard, Aurelien, et Jean-Marc Salles. 2010. « Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000. » DREAL PACA pôle Natura 2000.
- CEN L.R. 2007. « ÉTUDE DES POTENTIALITÉS ÉCOLOGIQUES ET SMCG PRÉCONISATION DE GESTION DES CANAUX EN CAMARGUE GARDOISE; CONCEPTION ET APPLICATION D'UNE MÉTHODE PRATIQUE SUR UNE ZONE PRIORITAIRE POUR LA CISTUDE D'EUROPE ». Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon.
- Dray, Stéphane, et Anne-Béatrice Dufour. 2007. « The **Ade4** Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists ». *Journal of Statistical Software* 22 (4). <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>.
- Duguet, Muriel. 2004. « TORTUES D'EAU DOUCE EN VALLÉE DES BAUX, JUILLET -AOÛT ,ÉTUDE DES POPULATIONS DE CISTUDE D'EUROPE (*Emys orbicularis*) ET DE TORTUE DE FLORIDE (*Trachemys scripta elegans*) RELATIVE A LA RÉPARTITION DES INDIVIDUS,A LA LUTTE CONTRE LA PRÉDATION DES SITES DE PONTES ET A L'ATTITUDE DES HABITANTS EN VALLÉE DES BAUX ». A Rocha France.
- Eudes, Manon. 2014. « L'état de conservation des populations de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Midi-Pyrénées. Estimation de paramètres démographiques, optimisation du protocole CMR et lancement d'un suivi par « Site-Occupancy » ». Master 2 Sciences de l'Environnement Terrestre, Spécialité Science de la Biodiversité et Ecologie. Aix Marseille Université.
- Fiske, Ian, et Richard Chandler. 2011. « unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance ». *Journal of Statistical Software* 43 (10): 1:23.
- Lombardini, Katia, et Anthony Olivier. 2002. « Complément d'inventaire Amphibiens/Reptiles du site Natura 2000 des Marais de Crau (P.R. 100) ». CEEP.
- MacKenzie, Darryl I., James D. Nichols, Gideon B. Lachman, Sam Droege, J. Andrew Royle, et Catherine A. Langtimm. 2002. « ESTIMATING SITE OCCUPANCY RATES WHEN DETECTION PROBABILITIES ARE LESS THAN ONE ». *Ecology* 83 (8): 2248-55. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2248:ESORWD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2).
- Marchand, Marc Antoine, Cédric Roy, Julien Renet, Julie Delauge, Dorothée Meyer, et Céline Hayot. 2017. « Liste rouge régionale des amphibiens et reptiles de Provence-Alpes-Côte d'Azur ».
- Mignet, Fabien, Jean-Yves Barnagaud, Laurent Barthe, Albert Bertolero, Valérie Bosc, Florine Escot, Romain Fleuriau, et al. 2020. « Geographic variation in body size among French populations of the European pond turtle ». *Amphibia-Reptilia*, octobre, 1-11. <https://doi.org/10.1163/15685381-bja10036>.
- Olivier, Anthony. 2002. « Ecologie, traits d'histoire de vie et conservation d'une population de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Camargue ». Diplôme EPHE, Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- R Core Team. 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.
- Royle, J. Andrew. 2004. « N-Mixture Models for Estimating Population Size from Spatially Replicated Counts ». *Biometrics* 60 (1): 108-15. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x>.
- Thienpont, Stéphanie. 2020. « Plan National d'Actions en faveur de la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) 2020-2029. » Société Herpétologique de France. Ministère de la Transition Écologique.
- UICN France, MNHN, et SHF. 2015. « La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris ». Paris.
- Yvonnet, Chloé. 2011. « Etat de conservation de la population de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) sur le marais de l'Ilon ». Rapport de stage de BTS GPN. A Rocha France.

Annexe 1 : Protocole de prospection des transects cistude

PROTOCOLE ETUDE CISTUDE

Equipement nécessaire :

- Jumelles
- Feuille de terrain + stylo
- Thermomètre eau / air
- Téléphone smartphone (GPS built in) ou GPS de terrain avec transects enregistrés (fichier GPX fourni)
- Bottes...

Conditions météorologiques :

- Pas ou peu de vent (max 30km/h)
- Soleil ou partiellement couvert (belles éclaircies)
- Si possible avant 14H
- A partir de 8h (selon température, à partir de 15°C température extérieur)

Durée des prospections :

10 minutes minimum (plus si nécessaire) par transect. Noter systématiquement l'heure de démarrage et de fin !

Avant la prospection :

Avant d'arriver au départ du transect (20-30m de distance), noter la date, l'observateur, le numéro du transect, le numéro du passage, remplir les conditions météo y compris la température de l'air (température exacte en °C, les catégories sont utiles uniquement en cas d'absence ou de panne du thermomètre, dans ce cas se référer à la température donnée par meteofrance.com pour l'heure donnée), éventuellement de l'eau si un accès au canal prospecté est possible avant le début du transect (sinon le faire à la fin de la prospection si un accès possible est identifié au cours de la prospection).

La température de l'air doit être prise à l'ombre et si possible près du sol.

Le numéro du transect peut être obtenu en cliquant sur le transect sur l'appli dédiée de votre smartphone.

Noter l'heure de démarrage

Pendant la prospection :

Attention à être le plus discret possible ! La progression doit être lente et minutieuse. Penser à anticiper les sites de basking potentiels pour pouvoir les observer à distance ou avec discrétion (branches, objets flottants, troncs, grosses racines, pierres...). Penser à observer l'eau, surtout quand les canaux sont peu profonds, car il est souvent possible d'observer les cistudes entrain de nager ! Parfois on voit un « nuage » de vase avancer dans l'eau... Un gros « plouf » est potentiellement indicateur d'une tortue qui a plongé... un examen attentif des alentours (en restant discret) peu permettre de voir son auteur sortir sa tête de l'eau pour repérer l'intru...

Noter toutes les observations de cistudes dans la fiche. Si possible noter le sexe des individus observés (femelle : plus grosses et carapace bombée ; mâle : œil rouge, plus petit et plus plat).

Noter le comportement correspondant pour chaque individu (si une seule tortue, entourer, si plusieurs tortues, indiquer le nombre d'individus pour chaque comportement)

Noter également les tortues de Floride (tempe rouge ou tempe jaune) ou toute autre espèce de tortue aquatique (prendre une photo si possible si un doute sur identification) : nombre et comportement, dans le cadre dédié.

Noter toute autre remarque utile (dérangement, bruit extérieur...), observations subsidiaires, dans le champs « remarques »

Repérer les points éventuels d'accès à l'eau du canal

A la fin de la prospection :

Noter l'heure de fin

Mesurer la température de l'eau, la distance moyenne d'observation possible du canal pendant la prospection (moins de 10m, entre 10 et 30m, plus de 30m), la discrétion de l'observateur (selon la végétation et le type de végétation : discret, moyennement discret, bruyant).

Remplir tout champ de la feuille qui n'a pas encore été rempli (le cas échéant).

Transmission des informations :

Scanner ou photographier la fiche de terrain et l'envoyer à timothee.schwartz@arocha.org

n°Transect : Localisation : Observateur

2- Relevé caractérisation des canaux "habitats"

Caractéristiques des berges

			0	1	2	3
Largeur canal				<3 m	3 m < L < 5 m	>5 m
Profondeur canal				<0,20 m	> 1,50 m	0,20 m < P < 1,50 m
	R N/O	R S/E	Orientation du canal (°)			
Hauteur (m)			pente verticale (> 75°)		pente abrupte (45° < x < 75°)	Pente douce (< 45°)
Pente			1		2	3
Dérangement (activités anthropiques)			Public		Agricole/privée	Absence fréquentations
Entretien des berges			Oui	Non		

Végétation ripisylve

Composition ripisylve	R N/O	R S/E	0	1	2	3
Ripisylve arborée			absente	isolée	clairsemée	dense
Ripisylve arbustive			absente	isolée	clairsemée	dense
Hélophyte type joncs			absente	isolée	clairsemée	dense
Hélophyte type roseaux			absente	isolée	clairsemée	dense
Ronciers			absente	isolée	clairsemée	dense
Largeur ripisylve			<5 m	> 5 m		
âge ripisylve				Jeune	tout âge	vieillissant
Densité végétation basse			Dense	faible		
Végétation aquatique			Absente	< 20%	20 - 50%	>50 %
Accès berges			accès inexistant ou trop fréquent	Quelques accès		
Postes d'insolation			Absents	rare	Épars et réguliers	nombreux

Remarques

Score...../60

Espèces invasives : espèce(s)..... nombre :

Présence de pièges à poisson : Oui Non nombre :

Autres remarques :

