Suivi pluriannuel de la population de Cistude d'Europe sur les marges de l'étang de l'Or

Approche démographique par capture marquage et recapture

Poursuite de la lutte contre la Tortue de Floride

Années 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018

Symbo

biodiversité

Janvier 2019

+ Conseil départemental de l'Hérault
+ Communautés de communes :
Grand Pic Saint-Loup
Pays de Lunel
+ Communauté d'agglomération Pays de l'Or
+ Montpellier Méditerranée Métropole

Etablissement Public Territorial Bassin de l'Or
Symbo

ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon

Département Hérault

Suivi pluriannuel de la population de Cistude d'Europe sur les marges de l'étang de l'Or

Approche démographique par capture marquage et recapture

Poursuite de la lutte contre la Tortue de Floride

Années 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018

Rédacteurs

Eve Le Pommelet & Ludovic Cases
Syndicat Mixte du Bassin de l'Or - Lunel

Guillelme Astruc & Aurélien Besnard
Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive UMR 5175 - Montpellier

Olivier Scher
Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon

Avec la collaboration du CEN L-R et du Département de l'Hérault

SOMMAIRE

1. Contexte général 1
   1.1. Les sites Natura 2000 « Etang de Mauguio » 1
   1.2. Justificatifs et objectifs généraux du projet 1
2. Suivi pluriannuel de la population de Cistude d'Europe 3
   2.1. Contexte, justifications et objectifs de l'opération 3
   2.2. Description de l'opération et dispositif de mise en œuvre 5
   2.3. Résultats 9
   2.4. Conclusion perspectives 26
3. Poursuite de la lutte contre la tortue de Floride 28
   3.1. Contexte, justifications et objectifs de l'opération 28
   3.2. Description de l'opération et dispositif de mise en œuvre 29
   3.3. Résultats 30
   3.4. Conclusion – perspectives 31
4. Autres actions menées en parallèle au projet 32
   4.1. Actions en faveur de la Cistude d'Europe 32
   4.2. Formation/échanges d'expériences relatifs à la lutte contre les tortues exotiques 33
5. Bibliographie 34

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

1.1. LES SITES NATURA 2000 « ETANG DE MAUGUIO »

L'étang de l'Or et ses marges ont été désignés sites Natura 2000 au titre des directives européennes « Habitats » (1992) et « Oiseaux » (1979). Leur périmètre commun s'étend sur 7025 hectares et concerne huit Communes de l'Hérault et une Commune du Gard pour partie:

- Aigues-Mortes (Gard) ;
- Candillargues ;
- La Grande-Motte ;
- Lansargues ;
- Marsillargues ;
- Mauguio-Carnon ;
- Pérols ;
- Saint-Just ;
- Saint-Nazaire-de-Pézan

Le DOCOB Natura 2000 pour les sites Etang de Mauguio, dont la maîtrise d'ouvrage de l'élaboration a été confiée au Syndicat, a été validé à l'unanimité le 18 décembre 2008 et approuvé par arrêté préfectoral en date du 4 février 2009. Depuis janvier 2009, le SYMBO est l'animateur de sa mise en œuvre.

Le site Natura 2000 se décline en une mosaïque d'habitats naturels, s'organisant autour de la lagune, habitat prioritaire. Ainsi, 14 habitats naturels d'intérêt communautaire ont été répertoriés, hébergeant nombre d'espèces végétales à forte valeur patrimoniale. **Les inventaires naturalistes de 2007 ont montré que les marais de l'étang de l'Or abritent la plus importante population naturelle de Cistude d'Europe connue dans le département de l'Hérault.**

Cistude d'Europe

39 mesures sur 43 inscrites au DOCOB ont été engagées depuis 2009 avec des moyens financiers majoritairement alloués aux actions prioritaires, et visant la plupart des habitats et espèces pour lesquels l'enjeu régional de conservation est particulièrement fort. 19 contrats agricoles ont été signés (+ un abandon) ainsi que 12 contrats non agricoles non forestiers, lesquels portent principalement sur la restauration du fonctionnement hydraulique des marais du nord de l'étang. Le dispositif contractuel est ainsi le mode privilégié de mise en œuvre des mesures du DOCOB.

Le DOCOB des sites « Etang de Mauguio » est disponible au lien Internet suivant :
http://www.etang-de-l-or.com/docob_etang_mauguio.htm

1.2. JUSTIFICATIFS ET OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

Fin 2011, au terme des trois premières années d'animation, un premier bilan de la mise en œuvre du DOCOB a été dressé. **Celui-ci a mis en exergue un manque relatif au suivi et à l'amélioration des connaissances des sites Natura 2000**.

En 2013, un travail « Appui à l'amélioration de la capitalisation des données naturalistes sur les sites Natura 2000 Etang de Mauguio » [ETU08 du DOCOB] a permis de faire une première liste des suivis et inventaires en cours sur le site Natura 2000, **et en particulier d'identifier les difficultés rencontrées et/ou lacunes en la matière.**

Concernant la Cistude d'Europe, les principales conclusions de ce travail ont été les suivantes.

Plusieurs acteurs sont en possession de données au titre de leurs compétences propres :

- Le CEFE-CNRS, en sa qualité de tête de réseau du pôle « Amphibiens-Reptiles » du SINP Languedoc-Roussillon
- Le CEN L-R, en sa qualité d'animateur du PNA « Cistude », et en sa qualité de prestataire de suivis sur les Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département de l'Hérault (domaine de Tartuguière)
- Le Symbo, en sa qualité d'animateur Natura 2000

Les observations relatives à cette espèce sont basées pour la plupart sur un protocole de capture-marquage-recapture (CMR). C'est l'animateur Natura 2000 qui finalement dispose des données locales les plus nombreuses à ce sujet. En effet, il était déjà en possession des données du CEN L-R, et il est également un des principaux contributeurs d'observations sur le site Natura 2000.

Cependant, la plupart des données actuelles ne reflètent que la localisation de l'espèce localement sans donner d'indication en termes démographiques (taille des noyaux de population, taux de mortalité, taux de recrutement, etc.). Seuls quelques éléments démographiques ont été mis en évidence sur le noyau de population du Mas du Grès.
La connaissance de la population de Cistude d'Europe sur le site est donc très partielle. Un seul noyau de population sur les trois principaux connus a fait l'objet d'une première analyse des traits démographiques. De plus, seuls quelques secteurs ont fait l'objet d'investigations spécifiques dans le cadre des inventaires du DOCOB (2008).

Or depuis 2008, année de validation du DOCOB, de nombreuses observations d'individus ont été faites (130 individus observés lors des inventaires du DOCOB, plus de 340 individus différents répertoriés par le Symbo jusqu'en 2014), y compris sur de nouveaux secteurs, sans que ces données aient été réellement exploitées et/ou exploitables.

Le PNA « Cistude » ne prévoit pas en outre de suivi spécifique sur le territoire Natura 2000 de l'étang de l'Or.

L'amélioration du protocole de piégeage, et plus globalement la mise en place d'un suivi pertinent des noyaux de population les plus importants (ou nouveaux) serait une avancée certaine dans la connaissance de l'état de conservation de l'espèce au niveau local.

Le programme européen LIFE LAG'Nature (2009-2013) a été l'occasion d'étendre ces opérations d'inventaire aux tortues exotiques. Elles sont piégées annuellement de façon systématique depuis 2009 par le Symbo, et remises en centre de récupération. Plus de 140 individus ont ainsi été retirés du milieu naturel jusqu'en 2014.

Les moyens logistiques mis en place pour les opérations de suivi de la population de Cistude sont une réelle opportunité de poursuivre cette lutte contre les tortues exotiques, d'autant plus nécessaire que les inventaires menés lors du DOCOB ont mis en évidence des signes de reproduction in situ.

Ce projet s'inscrit complètement dans les objectifs du DOCOB « Etang de Mauguio » et répond en particulier à trois actions :

- ETU05 - Compléter l'étude de la population de Cistude par la prospection de secteurs encore non visités
- ETU08 - Suivre l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire, des espèces à forte valeur patrimoniale (déterminantes ZNIEFF) et des habitats d'espèces
- HAB06 - Elaborer et mettre en œuvre un programme de lutte contre les espèces animales envahissantes

Il est de plus complémentaire aux actions inscrites au PNA « Cistude » (actions n°5 et 14).

Ce projet a été cofinancé à hauteur de 80 % par le Ministère de la transition écologique et solidaire dans le cadre de la mise en œuvre du DOCOB « Etang de Mauguio ».

2. SUIVI PLURIANNUEL DE LA POPULATION DE CISTUDE D'EUROPE

2.1. CONTEXTE, JUSTIFICATIONS ET OBJECTIFS DE L'OPERATION

2.1.1. Etat des lieux des inventaires et données disponibles

2.1.1.1. Principales données du DOCOB (2008)

Les prospections réalisées dans le cadre de l'élaboration du DOCOB font état de **130 observations (de 1991 à 2007) d'individus de Cistude d'Europe, en particulier sur les trois principaux noyaux de populations connus**, et présentés ci-dessous :

Commune(s)	Secteurs	Données
Candillargues Lansargues	Bérange : amont et aval du barrage anti-sel	25 individus capturés (Bérange et contre-roubine), 3 individus observés (Pierre Fiche)
Lansargues	Nord de Tartuguière (du Berbian à la Piscine Mare)	30 individus capturés
St-Nazaire-de-Pézan	Marais du Grès	64 individus capturés (Mas du Grès), 3 individus observés (Mas Neuf), 1 individu observé (Port Dur)

Une étude du noyau de population du secteur du Marais du Grès a été menée en 2006 (Zecchini S., 2006). Sur la base de 64 individus différents recensés, le noyau de population est estimé à 73 individus (erreur standard : 3,8), entre 68 et 83 individus avec un intervalle de confiance à 95%. Deux avaient déjà été capturés et marqués en 2004 sur d'autres secteurs (Bérange aval et nord de Tartuguière), traduisant un flux d'animaux entre différents noyaux de population. Le sexe-ratio est apparu biaisé en faveur des mâles (1,46) avec 59% de mâles et 41% de femelles. La population est considérée âgée avec 75 % d'animaux matures sexuellement (adultes et vieux adultes, 8 ans et plus) et 25 % d'animaux immatures (4 à 7 ans) et juvéniles (0 à 3 ans).

2.1.1.2. Données du Symbo

Le Symbo a débuté ses observations en 2004, en collaboration avec le CEN L-R, selon la technique de capture-marquage-recapture (CMR). Le programme européen LIFE LAG'Nature a été l'occasion d'intensifier ses observations.
De plus, en 2013, dans le cadre du projet de capitalisation des données naturalistes sur l'étang de l'Or, il a mené un important travail de restructuration de ses données en interne. Les données concernant la Cistude jusqu'alors stockées dans des tableurs Excel et/ou dans des tables attributaires du SIG, ont été reprises pour être intégrées à une base de données structurée. Un certain nombre d'informations (caractéristiques des tortues marquées), uniquement consignées sur papier jusqu'alors ont été informatisées. **622 observations concernant la Cistude d'Europe, sur la période 2004 à 2013 ont ainsi pu être récupérées** dont 229 géo référencées. Une perte dommageable du référencement spatial des observations en particulier avant 2009 et en 2011 est toutefois à noter.

Sur ces 622 observations (capture ou recapture), 325 l'ont été entre 2012 et 2013. 338 individus ont été marqués par le Symbo (162 mâles, 145 femelles, 11 immatures, et 20 indéterminés). 81 individus différents ont été observés sur la commune de Candillargues, 84 à Lansargues et 184 à St-Nazaire-de-Pézan (dont 121 individus différents dans le secteur du Marais du Grès).
La campagne de piégeage 2013 a permis de recenser 51 nouveaux individus et mis en avant la présence de la Cistude d'Europe sur deux nouveaux secteurs sur la commune de Saint-Nazaire-de-Pézan (roselière communale et Dardaillon aval).

Courant 2013, le Symbo a rencontré le chercheur Aurélien Besnard du CEFE/CNRS à Montpellier, spécialisé dans le traitement statistique des données CMR. Cette rencontre a été l'occasion de tester la pertinence des

données jusqu'alors acquises en termes d'amélioration des connaissances de la population locale. Il en est ressorti que le **jeu de données n'était pas statistiquement viable en raison de l'hétérogénéité de la pression de piégeage, dans le temps (au cours des ans) mais aussi dans l'espace** (certains secteurs piégés une année, pas l'autre, etc.). Après traitement statistique, et au vue des intervalles de confiance énormes obtenus, **il n'était pas possible d'interpréter les indicateurs tels que le taux de mortalité, le taux de recrutement, la taille estimée de la population (ou des différents noyaux de population existants), qui pourraient renseigner sur l'état de conservation de l'espèce au niveau local.**
Conformément à l'autorisation de capture d'espèces protégées délivrée par les Services de l'Etat, les observations de Cistude d'Europe faites par le Symbo sont communiquées annuellement aux services de l'Etat concernés (DREAL LR) sous forme d'un bilan, au CEN L-R en sa qualité d'animateur du Plan National d'Action (PNA) sous forme de feuille de calcul Excel.

2.1.1.3. Le PNA « Cistude »

Le PNA « Cistude (2011-2015) a été coordonné localement par le CEN L-R. Il prévoyait diverses actions d'amélioration des connaissances, de gestion et de sensibilisation. Parmi elles, **l'action n°5 « Compléter l'étude de répartition de l'espèce et réaliser des cartes »** était en relation directe avec le présent projet. Elle avait pour objectif de préciser la répartition de l'espèce sur certains secteurs pour mieux évaluer l'évolution du statut de l'espèce au niveau national, ainsi que favoriser une meilleure prise en compte dans la gestion des zones humides et dans les grands projets d'aménagements. Cependant, les résultats attendus étaient une série de cartes homogènes reprenant la répartition de l'espèce dans chaque région de façon précise **sans toutefois que des données d'ordre démographique soient recherchées.**

2.1.1.4. Suivi des ENS de Tartuguière

Le CEN L-R réalise des inventaires dans le cadre du PNA, auquel contribue financièrement le Département de l'Hérault. En 2014, celui-ci a commandé une prestation complémentaire au CEN L-R dans l'objectif de faire un inventaire « état zéro » du noyau de population de Cistude sur le domaine de Tartuguière avant travaux. En effet, un projet visant à renaturer le site, fortement modifié pour les besoins d'un film, sera lancé en 2019.

2.1.2. Justifications du projet et objectifs

Malgré l'implication de plusieurs acteurs qui récoltent de nombreuses données, **aucune d'entre elles ne suffisent à caractériser démographiquement les noyaux de populations de Cistude d'Europe en présence. Or, seul ce type de données renseignerait réellement sur l'état de conservation au niveau local de la population de Cistude d'Europe, ainsi que sur son évolution.** De plus, les observations faites depuis les inventaires réalisés lors de l'élaboration du DOCOB conduisent à penser que les effectifs sont plus importants que supposé et que d'autres secteurs autres que ceux connus sont également colonisés par l'espèce.

Le bref état des lieux des données existantes présenté ci-dessus montre que **le Symbo conduit un effort de prospection non négligeable sur plusieurs noyaux de population qui, amélioré, permettrait des avancées certaines dans la connaissance de l'espèce localement. Il bénéficie en outre aujourd'hui d'une expérience de près de 10 ans dans ce domaine et du matériel de piégeage nécessaire.** En sa qualité d'animateur Natura 2000, il a également pour mission de coordonner les suivis réalisés sur les sites « Etang de Mauguio ».

Les objectifs du projet était donc de :

- **Mettre en place un suivi pluriannuel permettant l'acquisition de données démographiques**
- **Confirmer la colonisation de deux nouveaux secteurs sur St-Nazaire-de-Pézan**
- **Améliorer la coordination des suivis par les différents partenaires et la mutualisation des données**

2.2. DESCRIPTION DE L'OPERATION ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE

L'opération a consisté à mettre en œuvre sur 4 ans (2015-2018) une **campagne de capture-marquage-recapture (CMR) sur 4 noyaux de population de Cistude selon un protocole préalablement précisé et amélioré par rapport à l'existant avec l'appui du CEFE-CNRS.** Dès 2014, le Symbo et ses partenaires ont appliqué un protocole strict d'échantillonnage, les données pour cette année ont donc été intégrées aux résultats pour certains sites prospectés.

2.2.1. Ressources humaines mobilisées et partenaires

Les campagnes de terrain ont été réalisées par Ludovic CASES, technicien au Symbo, habilité par la DREAL LR à la capture des spécimens de Cistude d'Europe, assisté de stagiaires non rémunérés recrutés pour l'occasion.
La chargée de mission Natura 2000, Eve LE POMMELET, est intervenue sur les volets administratifs (subventions, conventions de partenariat, reporting du projet, rendus), analyse de données et coordination.
Le traitement statistique des données a fait l'objet d'une convention de partenariat avec le CEFE-CNRS avec contrepartie financière.

Les principaux partenaires ont été :

- Le CEN L-R en sa qualité d'animateur du PNA « Cistude », de son expertise en la matière et des prestations de suivis qu'il mène en parallèle et opérateur des campagnes de CMR sur le site de Tartuguière ;
- Le Conseil départemental de l'Hérault, le Conservatoire du Littoral, les communes de Candillargues, Lansargues et St-Nazaire-de-Pézan et personnes privées, en leur qualité de propriétaires de terrains visés par les campagnes de piégeage ;
- La Communauté d'agglomération Pays de l'Or en sa qualité de gestionnaire des terrains du Conservatoire du Littoral ;
- L'EPHE/CEFE-CNRS, en la personne d'Aurélien Besnard et de *Guillelme* Astruc pour l'analyse et interprétation des données démographiques, et en la personne de Philippe Geniez, administrateur de la base de données MALPOLON.

De nombreux étudiants ont assisté le Symbo lors de ce suivi pluriannuel, qu'ils en soient ici remerciés.

2014	• Mallaury HAMON : première année BTS Gestion et Protection de la Nature • Jérémie LAVERGNE : première année BTS Gestion et Protection de la Nature • Manon MAZAS : première Science Technique de l'Agronomie et du Vivant • Maeline CERDAN : classe de troisième
2015	• Laura GUILLAIN : première année BTS Gestion et Protection de la Nature • Morgane LUCCHIN : première année BTS Gestion et Protection de la Nature • Geoffrey SABATIER: Seconde Gestion des Milieux Naturels et de la Faune
2016	• Simon GUIU : Deuxième année DUT Génie Biologique • Vincent GAROYA : première année BTS Gestion et Protection de la Nature • Vincent THIERROUX: Formation professionnelle.
2017	• Saveria LEANDRI : License Pro Gestion et aménagement des espaces • Manon GERTSCH : License Pro Gestion et aménagement des espaces
2018	• Maud LEMASSON : 1ere année Master Gestion des Littoraux et des Mers • Romain PORTES : BTS Gestion et Protection de la Nature

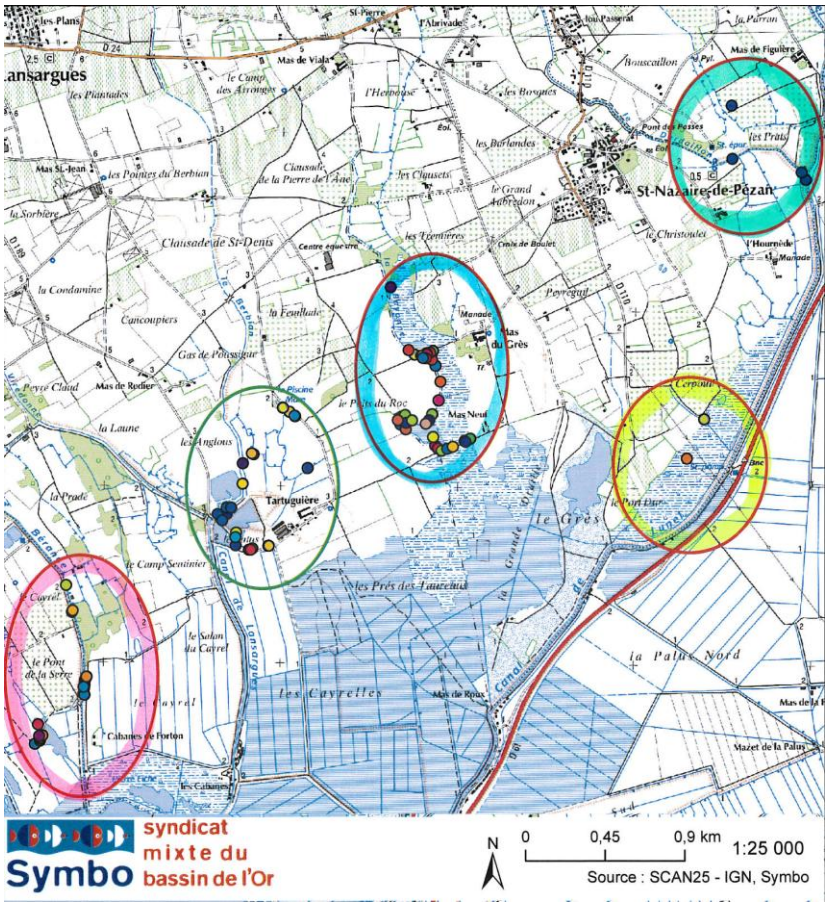
Enfin, le réseau de piégeurs agréés sur le pourtour de l'étang de l'Or, en particulier Jannick FESQUET sur la commune de Saint-Nazaire-de-Pézan et Jérémy FUSTER sur la commune de Mauguio, a collaboré régulièrement avec l'équipe du Symbo lors des différentes campagnes de terrain.

Sur le site de Tartuguière, le protocole CMR a été mis en œuvre par Thomas GENDRE, Marine COURONNE et Olivier SCHER avec l'aide précieuse de nombreux stagiaires en BTS, Licence ou Master et services civiques : Thomas AUCHER & Maryline Lopes d'Andrade (2014), Tiago BRISSAUD (2015), Oscar hadj BACHIR & Olivier ENJALBERT (2016), Maxime PERABO (2017) et Charlotte EPLE (2018).

2.2.2. Localisation des noyaux de population étudiés

Parmi les 4 noyaux de population envisagés pour l'étude :

- 2 sont connus :
  - le secteur du Petit marais – Bérange (Communes de Candillargues-Lansargues) : l'étude permettra d'acquérir des données démographiques jusqu'alors absentes sur ce secteur ;
  - le secteur du marais du Grès (Commune de St-Nazaire-de-Pézan) : l'analyse des données aux termes du suivi pourra être comparée à celle effectuée en 2006, et ainsi donner, si possible, des éléments d'évolution au cours du temps des tendances démographiques.
- 2 sont peu connus : le secteur du Dardaillon et celui de la roselière communale (Commune de St-Nazaire-de-Pézan) : l'étude permettra d'affirmer ou non la présence de réels noyaux de populations, et dans l'affirmative, d'améliorer les connaissances quant à la répartition de l'espèce sur le site Natura 2000, et d'obtenir là aussi des données démographiques.



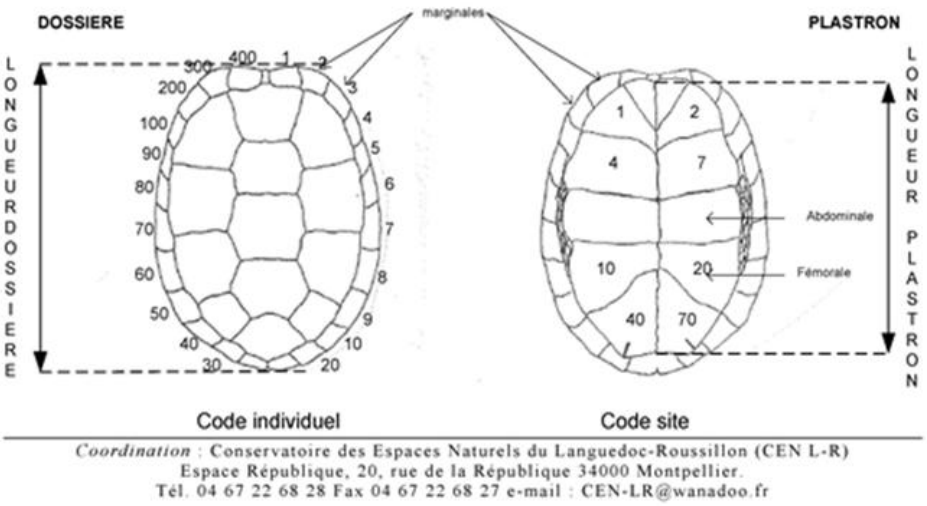
St-Nazaire-de-Pézan - Dardaillon
St-Nazaire-de-Pézan - Roselière
St-Nazaire-de-Pézan - Marais du Grès
Candillargues – Petit Marais, Bérange

En parallèle, le CEN L-R a réalisé des campagnes de capture-marquage –re capture pour le compte du Département sur le Domaine départemental de Tartuguière (cercle vert sur la carte). Les données acquises ont été mises en commun et utilisées dans les traitements statistiques prévus dans le présent projet.

2.2.3. Méthode de capture – marquage – recapture

Les individus ont été capturés à l'aide de nasses, de verveux ou encore de cages-pièges utilisées pour la capture des tortues exotiques. Les deux premiers systèmes de piégeage sont munis de flotteurs afin qu'une partie des pièges reste toujours émergée pour éviter la noyade des individus capturés. La cage-piège est conçue de telle sorte qu'une partie reste toujours émergée. Différentes tailles existent afin que la cage soit adaptée à la configuration des sites de piégeage.

Le marquage des individus se fait par l'intermédiaire d'encoches réalisées sur la carapace à l'aide d'une lime selon un système de notation normé (cf.schéma ci-dessous).



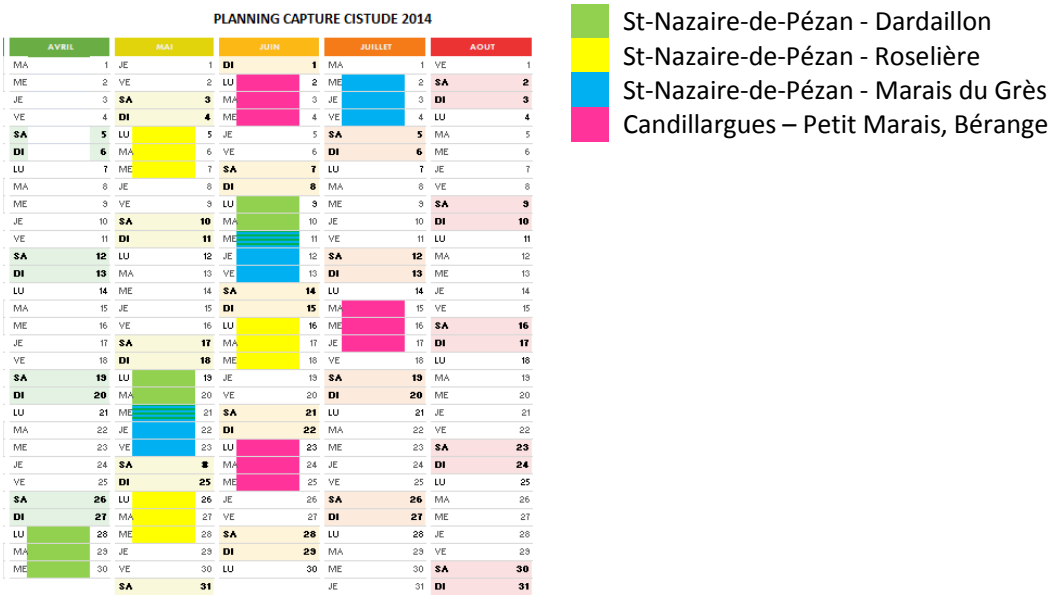
A chaque capture, sont retranscrits sur une fiche de terrain puis dans la base de données du Symbo les descripteurs suivants :

- Code de l'observation (propre à la base de données du Symbo)
- Date de l'observation
- Observateur
- Structure dont est issu l'observateur
- Département du lieu de l'observation
- Commune du lieu de l'observation
- Code insee de la commune
- Précision du lieu
- Coordonnée X de la localisation du piège
- Coordonnée Y de la localisation du piège
- Système de coordonnées utilisé
- Nom latin de l'espèce
- Nom commun de l'espèce
- Référentiel taxon utilisé
- Code de marquage de l'individu capturé
- Sexe de l'individu capturé
- Couleur des yeux de l'individu capturé
- Age et classe d'âge de l'individu capturé
- Présence ou non d'œufs
- Longueur de la carapace
- Longueur du plastron
- Autres remarques concernant l'individu capturé (blessures, signes morphologiques distinctifs)
- Type de contact (piégé, vu…)
- Contexte d'acquisition
- Modalités de diffusion des données

Les individus capturés sont de plus photographiés (côté dos et ventre) et les clichés intégrés à la base de données pour établir des fiches par individu.

2.2.4. Echantillonnage

Pour pouvoir être traitées statistiquement, les données doivent être acquises selon un échantillonnage normé. La pression de piégeage doit être homogène dans le temps (au cours des ans) mais aussi dans l'espace (différents secteurs piégés). A cette fin, chaque secteur sera échantillonné sur le **principe de 3 jours de piégeage, pièges tous les 50 m, en 3 sessions à 3 semaines d'intervalle.** Différents types de pièges ont été utilisés selon la configuration des secteurs, mais ont été les mêmes et localisés au même endroit d'une année sur l'autre.
Le piégeage a été assuré par Ludovic CASES qui possède **une autorisation de capture temporaire à but scientifique avec marquage** (renouvelée en 2016).
Sur Tartuguière, les mêmes autorisations ont été acquises pour les salariés impliqués dans l'action.



2.2.5. Analyse et interprétation des données

2.2.5.1. Estimation des tailles des noyaux de populations

L'utilisation de modèles de type Capture-Marquage-Recapture (CMR par la suite) en population fermée permet d'estimer la taille d'une population échantillonnée à plusieurs dates au cours d'une même saison de reproduction (Otis et al., 1978). Ces modèles posent l'hypothèse d'une survie locale de 100% au cours de la saison (pas de mortalité, pas d'émigration), qu'il n'y a pas non plus de recrutement local (pas de natalité, pas d'immigration) et que la zone est prospectée de manière homogène au cours des sessions de capture. La méthode ne contraint pas à avoir des sessions homogènes en termes d'effort de capture, cette variation de l'effort pouvant être modélisée.

Ces méthodes étant basé sur l'hypothèse que la population est fermée, cette hypothèse a été testée pour chaque population et chaque année à l'aide du logiciel libre Close Test (Stanley & Burnham, 1999). Ce test est cependant relativement sensible aux faibles effectifs, comme c'est le cas de plusieurs noyaux étudiés ici, faibles effectifs qui ont tendance à estimer un degré d'ouverture de la population significatif alors qu'il n'en est rien (ce test est basé sur des chi-deux qui sont très sensibles aux petits effectifs). Ce test est aussi sensible à l'hétérogénéité de capture et dans le cas où elle est forte conduire à aussi à conclure à tort à l'ouverture de la population. L'interprétation des résultats de ce test est donc à manier avec précaution.

L'utilisation du logiciel MARK (White et Burnham, 1999), permet à partir de ces données de CMR d'estimer la taille d'une population tout en testant diverses hypothèses sur le comportement des individus échantillonnés notamment en réponse à la capture ainsi que celui de la qualité relative des différentes sessions en termes de pression de capture. Ces modèles permettent en effet de tester si le taux de capture et de recapture varie ou non selon les sessions ; si tous les individus ont tous la même probabilité de capture ou s'ils présentent une hétérogénéité de leur probabilité de capture (notamment en fonction du sexe). L'utilisation de ces modèles impose d'avoir au moins trois passages au cours de la saison. Huit modèles ont ainsi été testés, avec une probabilité de capture égale ou non à la probabilité de recapture, variant dans le temps ou constante, avec un effet selon le sexe ou non. La comparaison de la pertinence relative des modèles se base sur un indice *ad-hoc* fournit par le logiciel MARK.

Le protocole de capture était basé sur trois jours de capture successifs répétés au cours de trois sessions séparées par trois semaines d'intervalle. Les captures des trois occasions de capture successives ont été regroupées comme c'est le cas dans les études de ce type et ceci pour éviter qu'une trop forte réponse à la capture ne soit détectée dans les données (trap-dépendance). Les analyses ont donc été menées sur trois sessions de captures (quatre dans le cas du marais de Candillargues).

2.2.5.2. Estimation des survies et recrutement

Des analyses avec des modèles de type « Robust design » sur les individus adultes ont ensuite été menées. Ces modèles permettent d'analyser des données organisées selon deux niveaux d'échantillonnage temporel à savoir des sessions primaires que sont les années et des sessions secondaires que sont les sessions de capture réalisées au sein d'une même année. Ces modèles permettent une analyse du jeu de données complet (donc sur l'ensemble des années), ainsi qu'une estimation de la survie, de la probabilité de capture et de recapture et des effectifs annuels (Kendall et al., 1997). Ces analyses ont aussi été menées dans le logiciel MARK et les modèles dits de « Pradel » (Pradel et al., 2009). Ces modèles permettent d'estimer les paramètres de survie, qui correspond à la probabilité qu'a un individu de survivre entre deux occasions de capture (entre t et t+1, entre 2014 et 2015 par exemple), et de séniorité, c'est-à-dire la probabilité qu'a un individu présent au temps (t+1) d'avoir déjà été présent à la session précédente (cad au temps (t)). Le complémentaire de la seniority (soit 1-seniority) nous donne par conséquent la proportion de nouveaux recrutés dans la population.

Dans tous les modèles testés, nous avons fixé une survie et une séniorité constante, et une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture (en effet cette hypothèse est largement vérifiée dans les analyses en population fermée).

2.2.5.3. Sélection de modèles

La pertinence relative des différents modèles pour expliquer les données est comparée à l'aide du critère AIC (Akaike Information Criterion ; Burnham & Anderson, 1998) qui représente le meilleur compromis entre ajustement aux données et nombre de paramètres utilisés (Lebretonet*al.,*1992). Le meilleur modèle est celui avec le plus petit AIC. Si la différence d'AIC entre deux modèles est inférieure à 2, les deux modèles sont considérés comme équivalents (Burnham et Anderson, 1998) et nous choisissons le modèle avec le moins de paramètres pour accentuer la parcimonie des résultats au vu de la relativement faible quantité de données.

2.3. RESULTATS

2.3.1. Roselière de Saint-Nazaire-de-Pézan

2.3.1.1. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2014

Peu de capture d'individus sur ce site puisque seulement 4 individus ont été capturés au cours des 3 sessions de capture, avec une session (la seconde) sans aucune capture. L'estimation de la taille de la population a donc été établie sur un modèle constant (aucun effet sur la probabilité de capture), et donne des valeurs pour ce site de 6 individus, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 5 et 21 individus. La probabilité de capture moyenne est estimée à 0.30 par session.

Tableau 1.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site de la roselière communale de St-Nazaire pour l'année 2014*	Roselière communale St- Nazaire
Nb sessions	3
Nb captures	5
Nb individus capturés	4
Probabilité de capture	0.30
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	6 [5-21]

Le suivi de ce site a été abandonné en 2015 en raison du nombre très faible de captures.

2.3.2. Marais de Candillargues

2.3.2.1. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2014

Sur ce site 84 individus différents ont été identifiés au cours des 3 sessions de capture réalisées en 2014 pour un total de 133 captures. Le meilleur modèle est le modèle M(o), qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, et constante dans le temps (estimée à 0.33). L'estimation de l'effectif sur ce site est de 120 individus, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 104 et 154 individus.

Tableau 2.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais de Candillargues pour l'année 2014*	Marais de Candillargues
Nb sessions	3
Nb captures	133
Nb individus capturés	84
Probabilité de capture	0.33
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	120 [104-154]

2.3.2.2. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2015

22 individus différents ont été identifiés au cours des 4 sessions de capture menées en 2015 pour un total de 32 captures. Les estimations de l'effectif n'ont pas pu être menées de manière indépendante entre mâles et femelles car aucune recapture d'individu femelle n'a été réalisée. Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, et constante dans le temps (estimée à 0.09). L'estimation de l'effectif sur ce site est de 69 individus, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 35 et 192 individus. A noter que cette probabilité nulle de recapture des femelles pose question et entraine probablement un biais négatif dans les estimations des effectifs. L'analyse menée uniquement sur les effectifs de mâles fournit une estimation de 23 individus avec un intervalle de confiance à 95% entre 14 et 62 individus (modèle intégrant une probabilité de capture constante et égale à la probabilité de recapture, estimée à 0.16 (IC 95% [0.06-0.38]).

Tableau 3. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais de Candillargues pour l'année 2015*	Marais de Candillargues
Nb sessions	4
Nb captures	32
Nb individus capturés	22
Probabilité de capture	0.09
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	69 [35-192]

2.3.2.3. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2016

Sur ce site 25 individus différents ont été identifiés au cours des 3 sessions de capture de 2016 pour un total de 28 captures. Les estimations de l'effectif menées de manière indépendante entre mâles et femelles montrent que le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, et variable dans le temps (tableau 4). L'estimation de l'effectif mâle sur ce site est de 28 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 12 et 135 individus, et le nombre de femelles est estimé à 21 individus (IC 95% [13-67]) (figure 1).

Tableau 4. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais de Candillargues pour l'année 2016*	Candillargues (tous individus)	Candillargues (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	28	Mâles 14 Femelles 11 Indéterminés 3
Nb individus capturés	25	Mâles 12 Femelles 10 Indéterminés 3
Probabilités de capture	0.11	Mâles de 0.03 à 0.21 Femelles de 0.09 à 0.42
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	80 [40-217]	Mâles 28 [12-135] Femelles 21 [13-67]

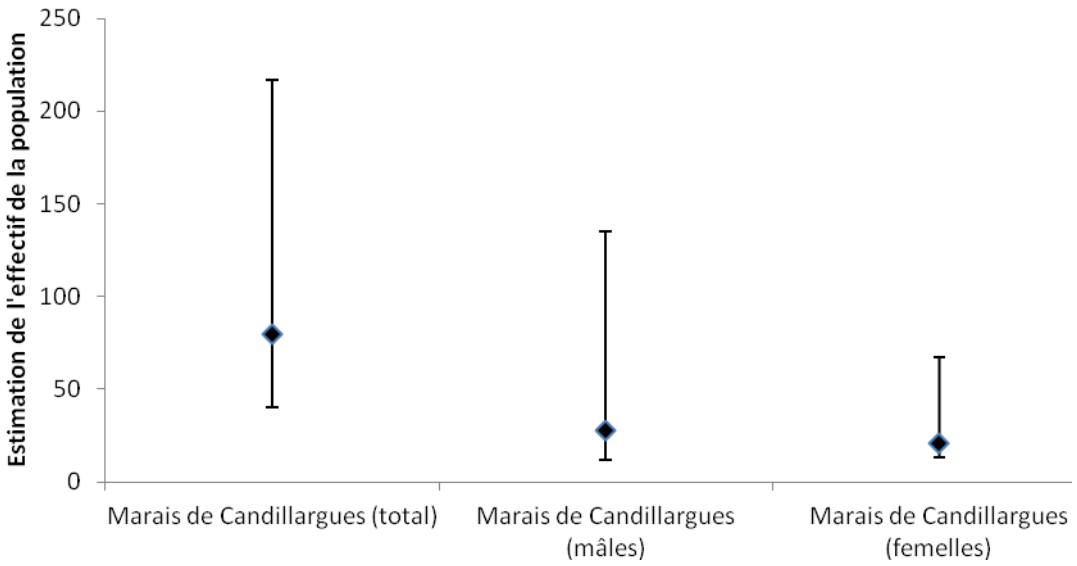


Figure 1. *Estimations des effectifs du noyau de population de cistude d'Europe sur le site du marais de Candillargues pour l'année 2016. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.2.4. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2017

Sur ce site 17 individus différents ont été identifiés au cours des 4 sessions de capture de 2017 pour un total de 21 captures (23 captures en comptant 2 juvéniles qui n'ont pas pu être marqués donc pas pris en compte dans les analyses), mais avec les regroupements des occasions de capture, un seul individu (un immature) apparait recapturé d'une session à une autre dans le jeu de données. Les estimations de l'effectif sont donc impossibles cette année sur ce site.

2.3.2.5. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2018

Sur ce site, seuls 5 individus différents ont été identifiés au cours des 3 sessions de capture sans aucune recapture d'individus. Les estimations de l'effectif sont donc impossibles cette année sur ce site.

2.3.2.6. Estimation de la survie et du recrutement en « Robust design » sur les adultes

Le meilleur modèle est celui intégrant une probabilité de capture constante au cours d'une même année mais différente entre les années avec une valeur de 0.36 (IC95% [0.28-0.44]) pour l'année 2014, de 0.07 (IC95% [0.04-0.11]) pour la seconde année, de 0.12 (IC95% [0.06-0.22]) pour 2016, de 0.05 (IC95% [0.02-0.12]) pour 2017 et de 0.01 (IC95% [0.002-0.07]) pour 2018. La probabilité de capture est donc très différente selon les années, et décroit progressivement d'un maximum en 2014 vers un minimum en 2018.
La probabilité de survie est estimée à 0.71 (IC95% [0.47-0.87]) et la séniorité à 0.86 (IC95% [0.70- 0.94]). L'estimation des effectifs d'adultes est estimée à 107 individus [93-133] en 2014, à 82 individus [49-151] en 2015, à 71 individus [42-141] en 2016, à 63 individus [27-178] en 2017, et en 2018 l'effectif adulte est estimé à 49 individus [10-293] (figue 2). A noter que les faibles taux de capture des dernières années conduisent à un accroissement très important des intervalles de confiance.

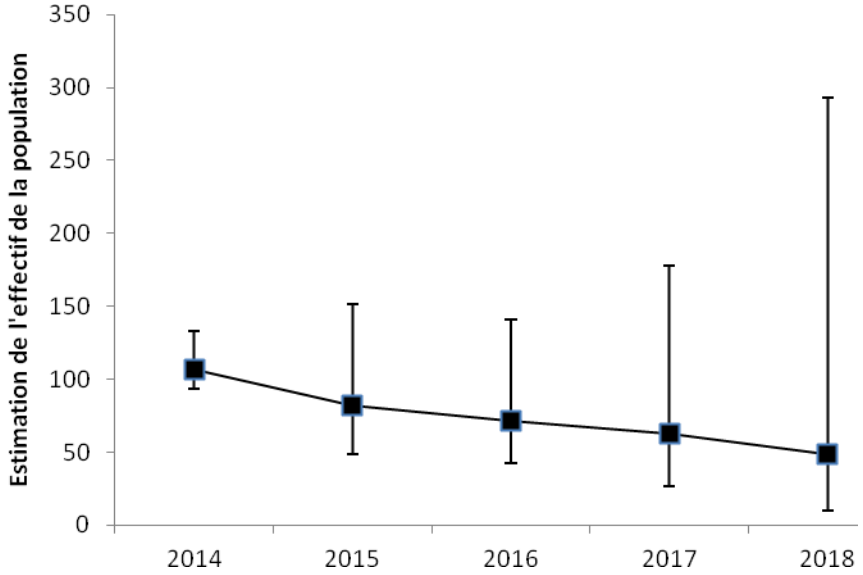
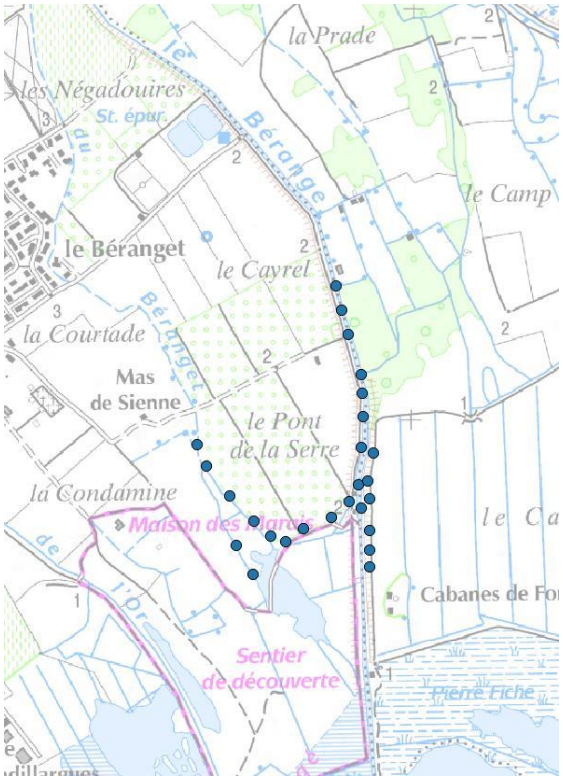


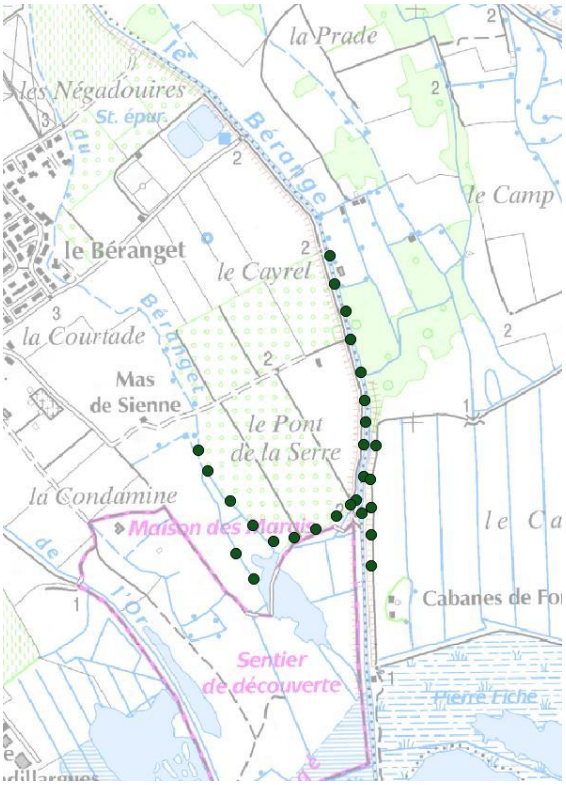
Figure 2.*Estimation des effectifs adulte (mâles et femelles) entre 2014 et 2018 sur le site de Candillargues prédit par le modèle de type « Robust design ». Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

Les années 2017 et 2018 ayant très peu de captures (et de recapture), l'imprécision des estimations tend à augmenter, contrairement à la logique du protocole qui visent à ce que les paramètres démographiques deviennent de plus en plus précis au fur et à mesure des années.

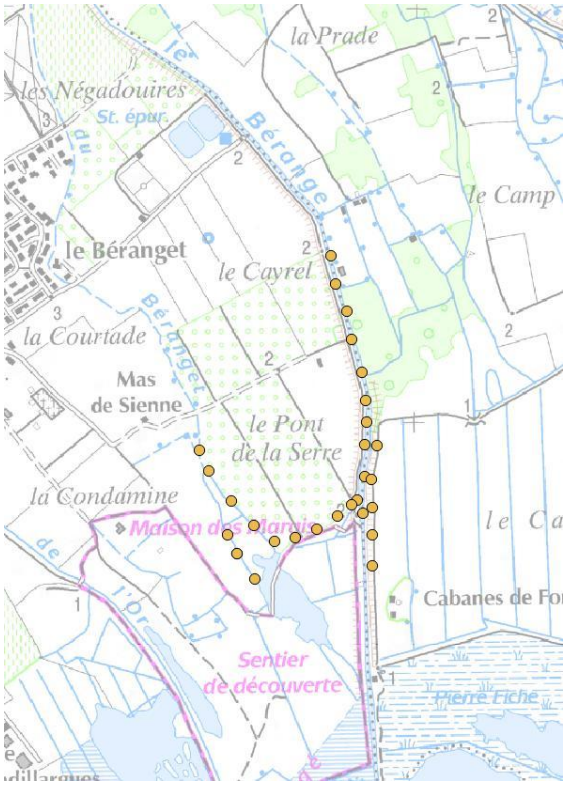
2.3.2.7. Représentation cartographique de la disposition des pièges



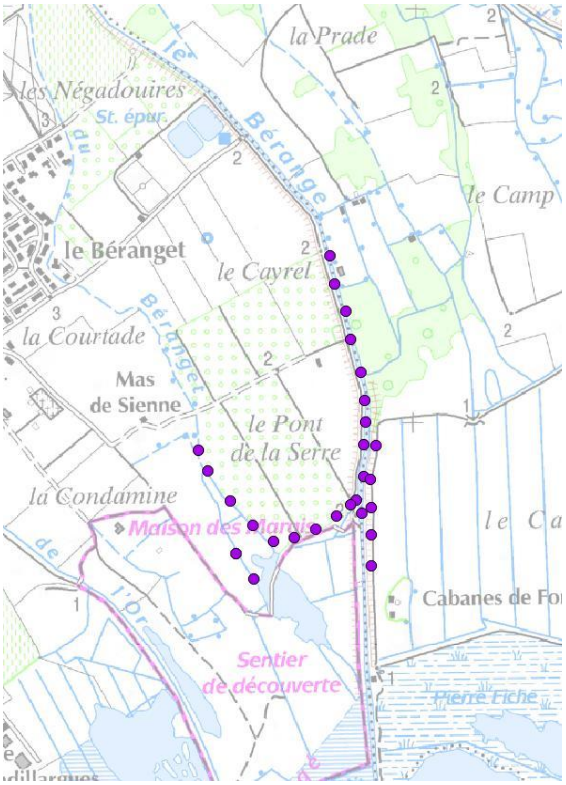
2015



2016



2017



2018

2.3.3. Marais du Grès Saint-Nazaire-de-Pézan

2.3.3.1. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2014

Sur ce site 84 individus différents ont été identifiés au cours des 3 sessions de capture de 2014 pour un total de 115 captures. Le meilleur modèle est le modèle M(b), qui indique une trap-dépendance (avec une probabilité de capture de 0.47 et de recapture de 0.17, qui démonterait un « évitement à la recapture »). L'estimation de l'effectif sur ce site est de 98 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 89 et 216 individus.

Tableau 5. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2014*	Marais du Grès
Nb sessions	3
Nb captures	115
Nb individus capturés	84
Probabilité de capture et de recapture	p : 0.47 c : 0.17
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	98 [89-216]

2.3.3.2. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2015

Sur ce site 66 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2015 pour un total de 94 captures. Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable selon les sessions et le sexe des individus. Pour les mâles, la probabilité de capture est comprise entre 0.10 et 0.38, pour les femelles elle est faible, allant de 0.02 à 0.14.
L'estimation de l'effectif sur ce site est de 55 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% entre 39 et 101 individus, et un effectif d'individus femelles de 40 individus avec un intervalle de confiance compris entre 30 et 75.

Tableau 6. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2015*	Marais du Grès
Nb sessions	3
Nb captures	94
Nb individus capturés	66
Probabilités de capture	0.02-0.47
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	Mâles 55 [38-101] Femelles 40 [30-75]

2.3.3.3. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2016

Sur ce site 56 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2016 pour un total de 64 captures. Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable selon les sessions et le sexe des individus. Pour les mâles, la probabilité de capture est comprise entre 0.05 et 0.41, pour les femelles elle est faible, allant de 0.05 à 0.21 (tableau 2).
L'estimation de l'effectif sur ce site est de 38 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% entre 27 et 79 individus, et un effectif d'individus femelles de 108 individus avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 45 et 366 (figure 3).

Tableau 7.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2016*	Marais du Grès (tous individus)	Marais du Grès (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	64	Mâles 27 Femelles 28 Indéterminés 9
Nb individus capturés	56	Mâles 25 Femelles 23 Indéterminés 8
Probabilités de capture	De 0.1 à 0.21	Mâles de 0.05 à 0.41 Femelles de 0.05 à 0.10
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	149 [95-277]	Mâles 38 [27-79] Femelles 108 [45-366]

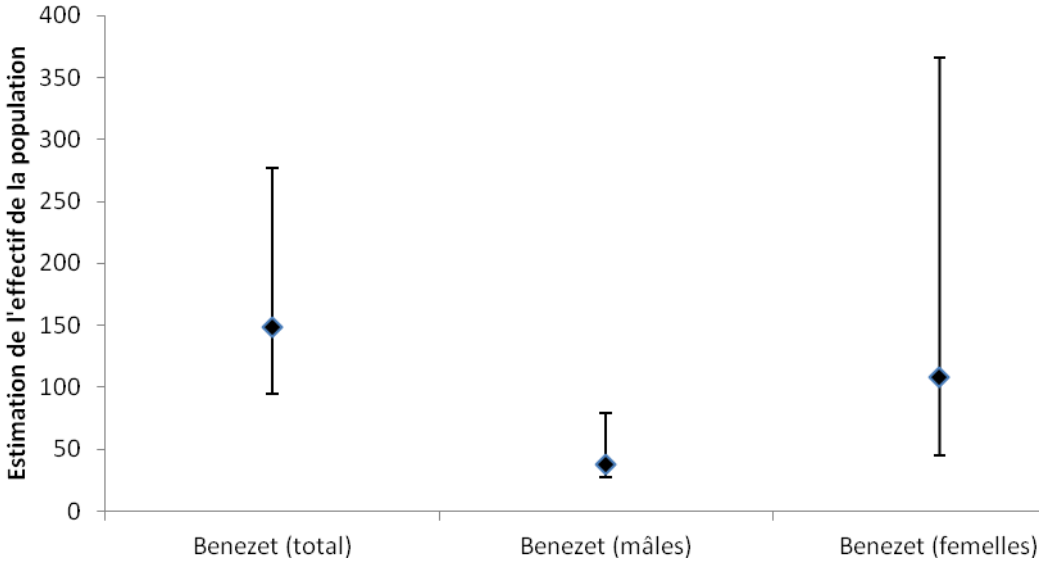


Figure 3.*Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2016. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.3.4. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2017

Sur ce site 48 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2017 pour un total de 67 captures (dont 5 juvéniles non marqués et 6 individus vus plusieurs fois au cours de la même session), soit 55 captures utilisées dans les analyses. Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable dans le temps mais égale selon le sexe des individus, comprise entre 0.07[0.03-0.16] pour la première session, de 0.17 [0.08-0.33] pour la seconde et 0.23 [0.11-0.42] pour la troisième et dernière session, la probabilité de capture augmente donc au cours du temps (tableau 8).
L'estimation de l'effectif sur ce site est de 48 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% entre 30 et 98 individus, et un effectif d'individus femelles de 43 individus avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 27 et 89 (figure 4).

Tableau 8. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2017*	Marais du Grès (tous individus)	Marais du Grès (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	55	Mâles 23 Femelles 21 Indéterminés 11
Nb individus capturés	48	Mâles 20 Femelles 18 Indéterminés 10
Probabilités de capture	De 0.06 à 0.22	De 0.06 à 0.22
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	122 [77-235]	Mâles 48 [30-98] Femelles 43 [27-89]

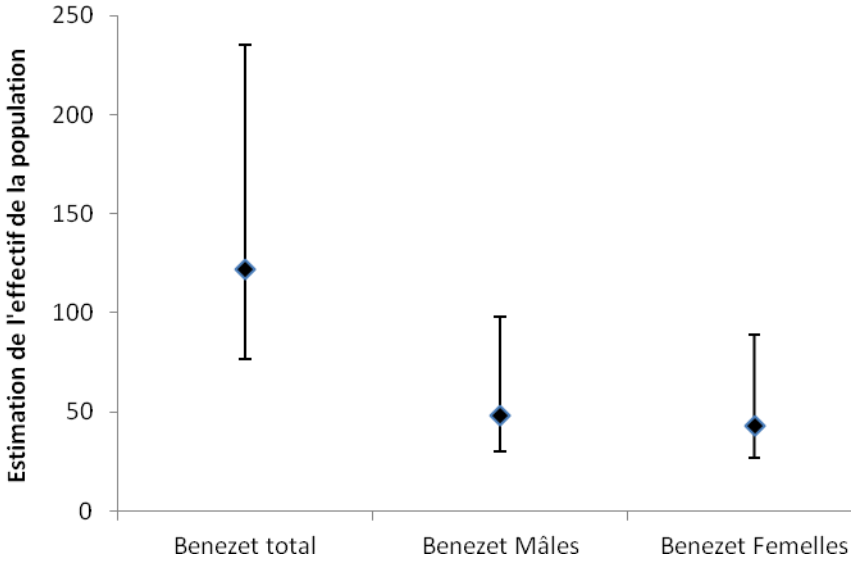


Figure 4. *Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2017. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.3.5. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2018

Sur ce site 62 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2018 pour un total de 98 captures (dont 19 recapturées plusieurs fois au cours de la même session). Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable dans le temps mais égale selon le sexe des individus, comprise entre 0.29 [0.18-0.43] pour la première session, de 0.31 [0.19-0.45] pour la seconde et 0.17 [0.09-0.27] pour la troisième et dernière session (tableau 9).
L'estimation de l'effectif sur ce site est de 47 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% entre 36 et 73 individus, et un effectif d'individus femelles de 45 individus avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 35 et 71 (figure 5).

Tableau 9.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2018*	Marais du Grès (tous individus)	Marais du Grès (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	79	Mâles 40 Femelles 35 Indéterminés 4
Nb individus capturés	62	Mâles 29 Femelles 29 Indéterminés 4
Probabilité de capture	De 0.16 à 0.30	De 0.16 à 0.31
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	108 [84-158]	Mâles 47 [36-73] Femelles 45 [35-71] Immatures 11 [8-23]

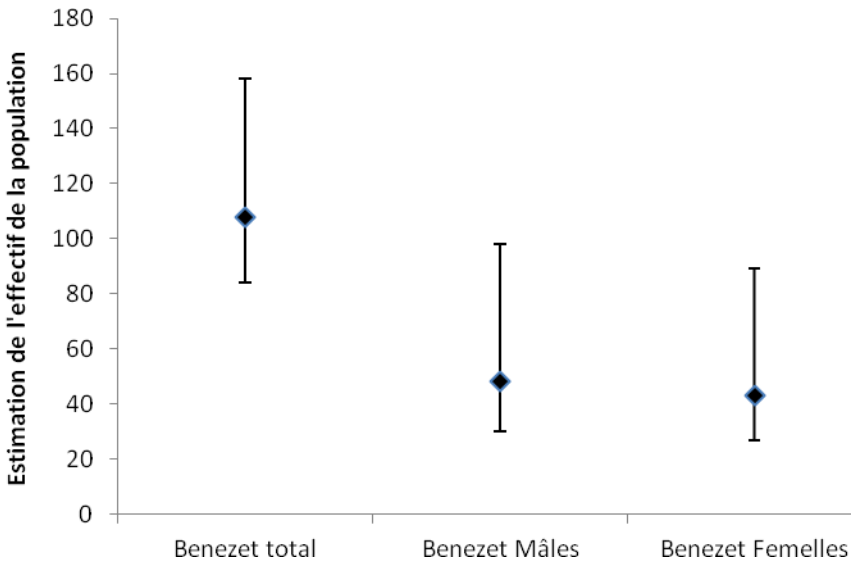


Figure 5.*Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site du marais du Grès pour l'année 2018. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.3.6. Estimation de la survie et du recrutement en « Robust design » sur les adultes

Le meilleur modèle est celui intégrant une probabilité de capture variable au cours du temps, et différente selon les sexes, avec en revanche une survie et une séniorité égale entre mâles et femelles. La probabilité de survie est estimée fixe à 0.74 (IC95% [0.67-0.80]) et la séniorité à 0.85 (IC95% [0.77 - 0.90]) quelque soit le sexe.

Pour les mâles, la probabilité de capture est comprise entre 0.07 et 0.32. L'effectif adulte est estimé à 70 individus [53-105] en 2014, à 61 individus [45-94] en 2015, à 55 individus [38-92] en 2016, à 43 individus [30-72] en 2017 et à 38 individus [32-57] en 2018. L'effectif semble donc décroitre au fil du temps, sans toutefois que cette baisse soit significative.

Pour les femelles, la probabilité de capture est comprise entre 0.04 et 0.36. L'effectif adulte est estimé à 61 individus [48-88] en 2014, à 50 individus [36-79] en 2015, à 45 individus [33-74] en 2016, à 41 individus [28-72] en 2017 et à 42 individus compris entre 33 et 65 individus en 2018 (figure 6).

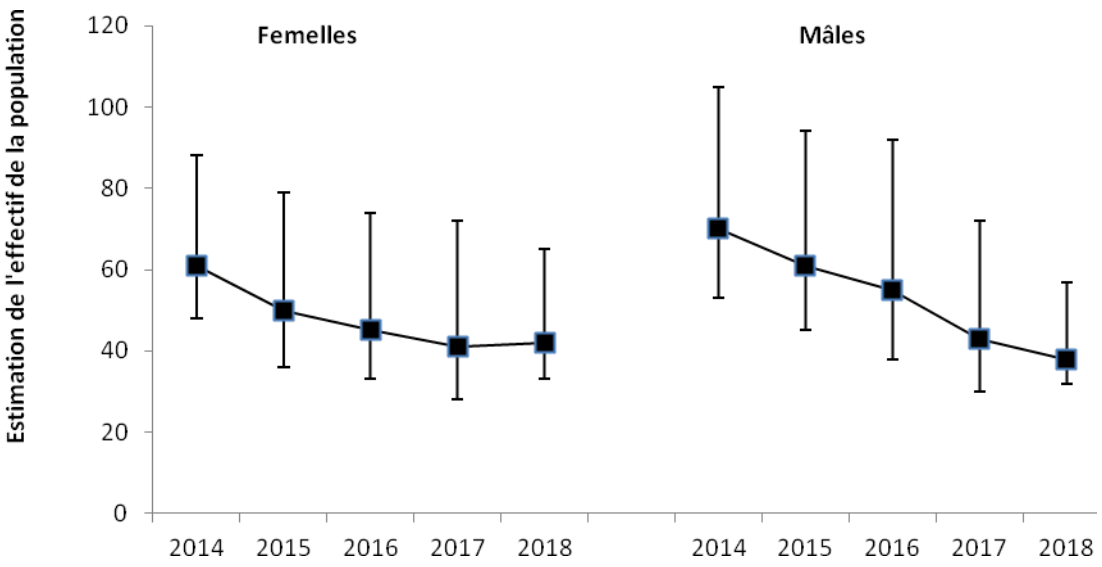
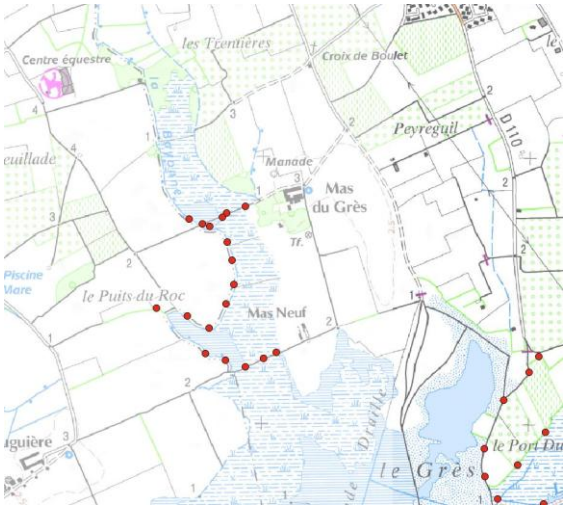
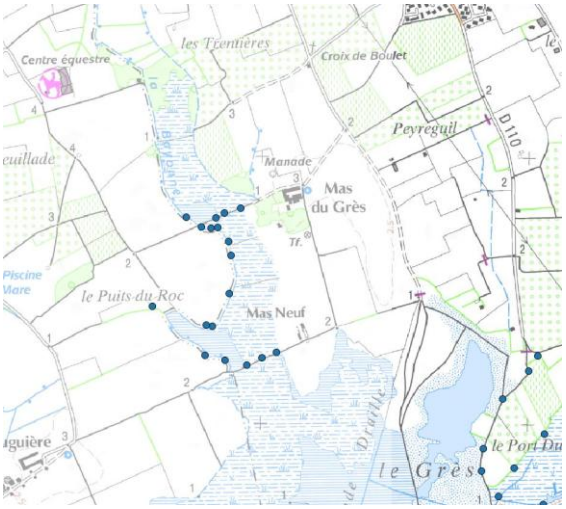


Figure 6.*Estimation des effectifs adultes (mâles et femelles) de Cistude d'Europe entre 2014 et 2018 sur le site du marais du Grès prédit par le modèle de type « Robust design ». Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

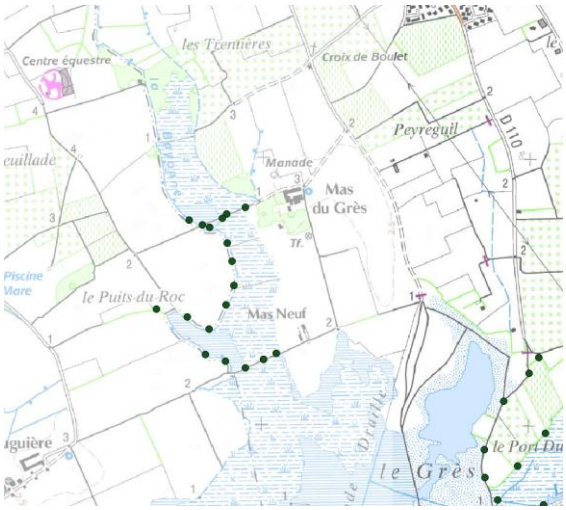
2.3.3.7. Représentation cartographique de la disposition des pièges



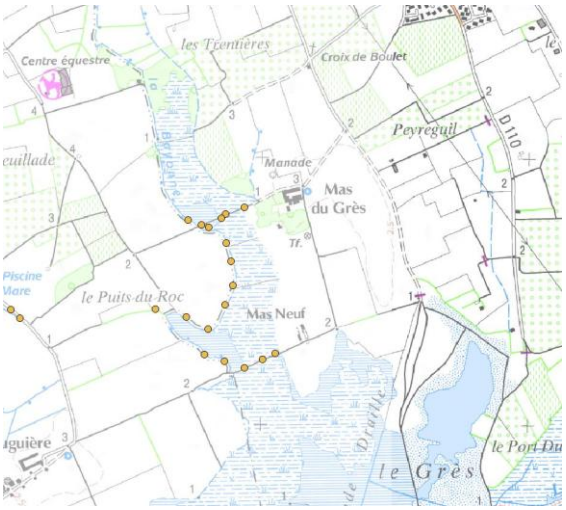
2014



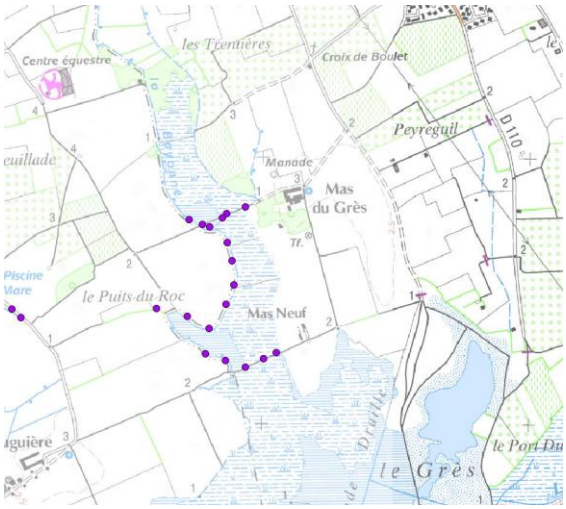
2015



2016



2017



2018

2.3.4. Tartuguière Lansargues

2.3.4.1. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2015

Sur ce site 42 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2015 pour un total de 50 captures. Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable dans le temps allant de 0.12 à 0.25. L'estimation de l'effectif sur ce site est de 91 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 62 et 166 individus.

L'analyse avec intégration du sexe et stade des individus montre que le meilleur modèle est celui avec une probabilité de capture constante et égale à la probabilité de recapture. Cette probabilité est estimée à 0.20 (IC95% [0.09-0.42]) pour les mâles adultes, 0.12 (IC95% [0.03-0.35]) pour les femelles adultes et 0.28 (IC95% [0.08-0.63]) pour les immatures. Les estimations d'effectifs sur ce site sont de 35 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 23 et 82 individus, 54 individus femelles (IC95% [32-178]) et 10 individus immatures, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 7 et 33 individus.

Tableau 10. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site de Tartuguière pour l'année 2015*

	Tartuguière (tous individus)	Tartuguière (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	50	50
Nb individus capturés	42	42
Probabilité de capture	De 0.12 à 0.25	Mâles 0.20 [0.09-0.42] Femelles 0.12 [0.03-0.35] Immatures 0.28 [0.08-0.63]
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	91 [62-166]	Mâles 35 [23-82] Femelles 54 [32-178] Immatures 10 [7-33]

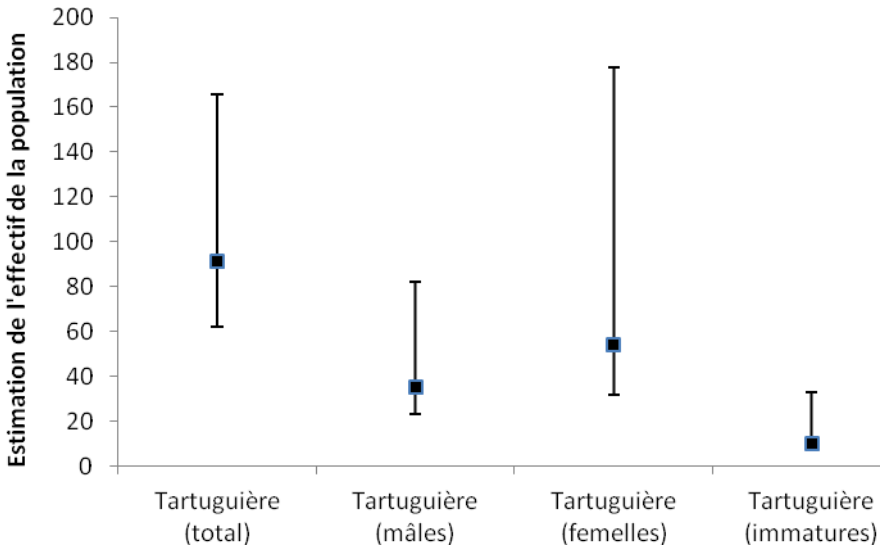


Figure 7. *Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site de Tartuguière en 2015. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.4.2. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2016

Sur ce site 76 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2016 pour un total de 95 captures (tableau 11). Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture, variable dans le temps allant de 0.1 à 0.33. L'estimation de l'effectif sur ce site est de 138 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 108 et 200 individus (figure 8).

L'analyse avec intégration du sexe et stade des individus montre que le meilleur modèle est celui avec une probabilité de capture égale à la probabilité de recapture mais variable dans le temps, avec des valeurs comprises entre 0.14 et 0.31 selon les sessions (tableau 11). Les estimations d'effectifs sur ce site sont de 72 individus mâles, avec un intervalle de confiance compris entre 56 et 109 individus, 56 individus femelles (IC95% [43-87]) et 5 individus immatures (IC95% [3-15]) (figure 8).

Tableau 11.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site de Tartuguière pour l'année 2016*

	Tartuguière (tous individus)	Tartuguière (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	95	Mâles 54 Femelles 36
Nb individus capturés	76	Mâles 41 Femelles 32
Probabilité de capture	0.10 à 0.33	0.14 à 0.31
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	138 [108-200]	Mâles 72 [56-109] Femelles 56 [43-87] Immatures 5 [3-15]

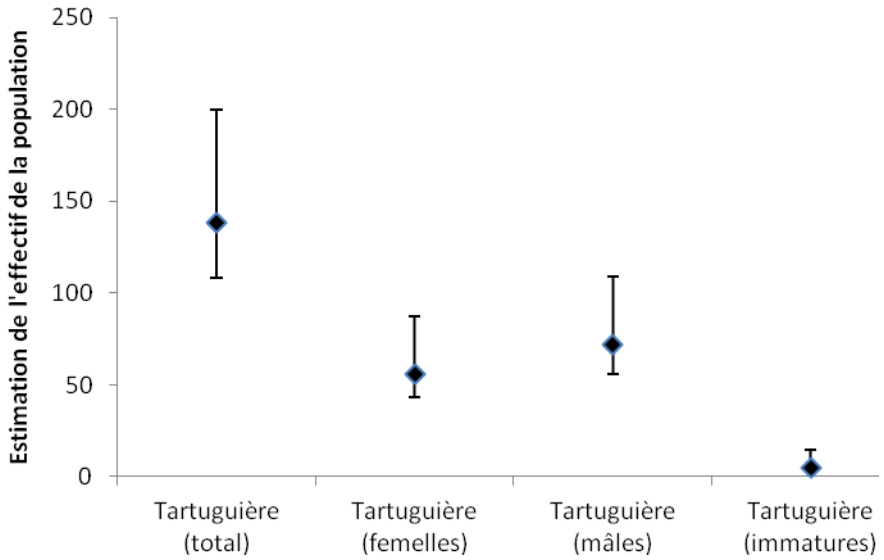


Figure 8.*Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site de Tartuguière en 2016. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.4.3. Estimation des tailles de population en population fermée pour l'année 2017

Sur ce site 69 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2017 pour un total de 85 captures (tableau 12). Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture constante et égale à la probabilité de recapture. La probabilité de capture est estimée à 0.21 [0.13-0.30]. L'estimation de l'effectif sur ce site est de 138 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 103 et 208 individus (figure 9).

L'analyse avec intégration du sexe et du stade des individus montre que le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture constante et égale à la probabilité de recapture, estimée à 0.21 [0.14-0.31] (tableau 12). Les estimations d'effectifs sur ce site sont de 54 individus mâles, avec un intervalle de confiance compris entre 39 et 87 individus, 36 individus femelles (IC95% [26-62]) et 42 individus immatures (IC95% [30-70]) (figure 9).

Tableau 12.*Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site de Tartuguière pour l'année 2017*	Tartuguière (tous individus)	Tartuguière (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	85	Mâles 38 Femelles 21 Immatures 26
Nb individus capturés	69	Mâles 28 Femelles 19 Immatures 22
Probabilité de capture	0.21	0.21
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	138 [103-208]	Mâles 54 [39-87] Femelles 36 [26-62] Immatures 42 [30-70]

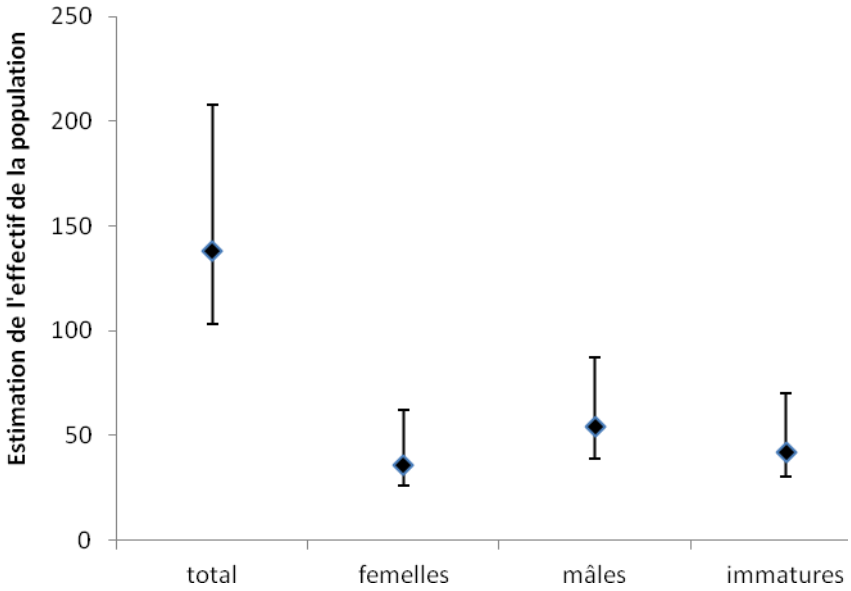


Figure 9.*Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site de Tartuguière en 2017. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.4.4. Estimation des effectifs en population fermée pour l'année 2018

Sur ce site 100 individus différents ont été identifiés au cours des trois sessions de capture de 2018 pour un total de 133 captures (tableau 13). Le meilleur modèle est le modèle qui indique une probabilité de capture et de recapture variables dans le temps. La probabilité de capture est estimée à 0.32 [0.23-0.43] pour la première session, à 0.19 [0.12-0.27] pour la seconde et à 0.35 [0.25-0.46] pour la troisième. L'estimation de l'effectif sur ce site est de 156 individus, avec un intervalle de confiance à 95% entre 131 et 202 individus (figure 10).

L'analyse avec intégration du sexe et du stade des individus montre que le meilleur modèle est le modèle qui intègre une probabilité de capture (et donc de recapture) variable dans le temps sans différence entre sexe (tableau 13). Les estimations d'effectif sur ce site sont de 98 individus mâles, avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 82 et 129 individus, 40 individus femelles (IC95% [32-57]) et 13 individus immatures (IC95% [10-24]) (figure 10).

Tableau 13. *Estimations des effectifs de cistudes d'Europe sur le site de Tartuguière pour l'année 2018**	Tartuguière (tous individus)	Tartuguière (sexes)
Nb sessions	3	3
Nb captures	133	Mâles 89 Femelles 34 Immatures 9
Nb individus capturés	100	Mâles 65 Femelles 27 Immatures 7
Probabilité de capture	0.19-0.35	0.19-0.35
Estimation et Limites inf. et sup. de l'intervalle de confiance à 95%	156 [131-202]	Mâles 98 [82-129] Femelles 40 [32-57] Immatures 13 [10-24]

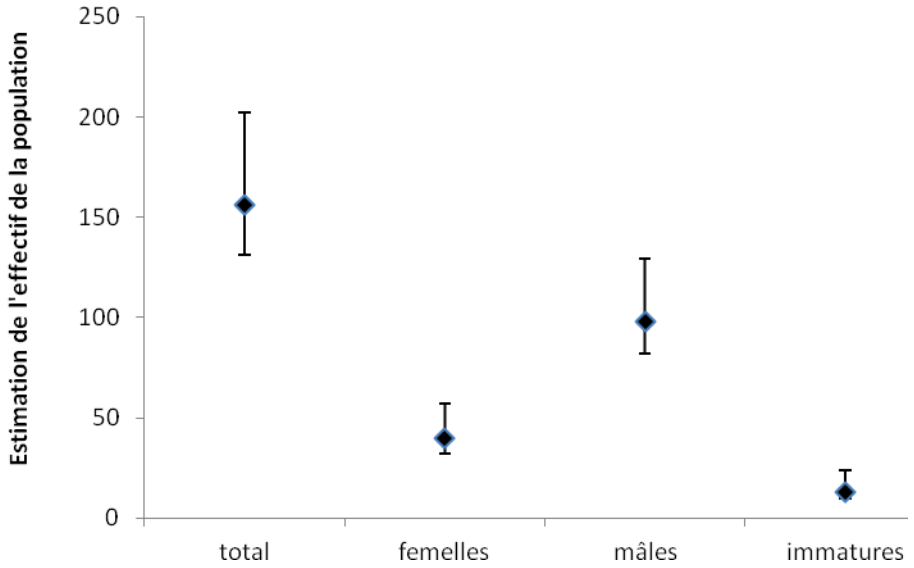


Figure 10.*Estimations des effectifs de cistude d'Europe sur le site la Tartuguière en 2018. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.4.5. Estimation de la survie et du recrutement en « Robust design » sur les adultes

Le meilleur modèle est celui intégrant une probabilité de survie et séniorité fixes et une probabilité de capture variable au cours du temps, et différentes selon les sexes.

Pour les mâles, la survie est estimée à 0.82 [0.73-0.88] et la séniorité à 0.74 [0.66-0.80], avec une probabilité de capture comprise entre 0.02 et 0.34. L'estimation de la population est estimée à 57 individus [IC95% 41-94] en 2013, 62 individus [IC95% 44-99] en 2014, à 62 individus [IC95% 42-119] en 2015, à 80 individus [IC95% 64-109] en 2016, à 83 individus en 2017 [IC95% 61-126] et à 94 individus [IC95% 78-124] en 2018.

Pour les femelles, la probabilité de survie est estimée fixe à 0.81 (IC95% [0.69-0.89]) et la séniorité à 0.90 (IC95% [0.71 - 0.96]). La probabilité de capture est comprise entre 0.01 et 0.26.
L'estimation de la population femelles est estimée à 96 individus [IC95% 56-185] en 2013, 100 individus [IC95% 66-170] en 2014, à 80 individus [IC95% 46-154] en 2015, à 76 individus [IC95% 52-124] en 2016, à 67 individus [IC95% 42-119] en 2017 et à 54 individus [IC95% 40-96] en 2018 (figure 11).

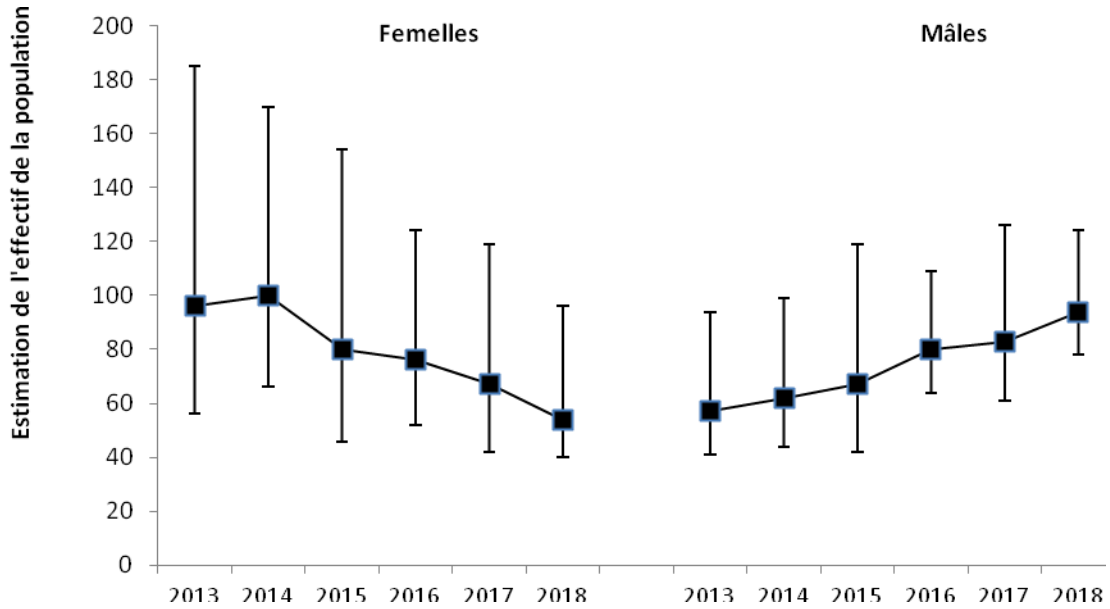
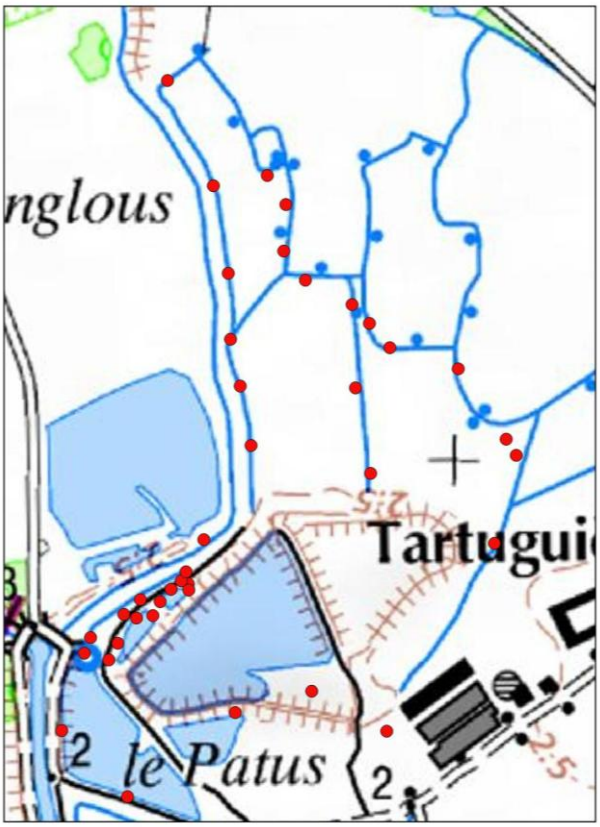


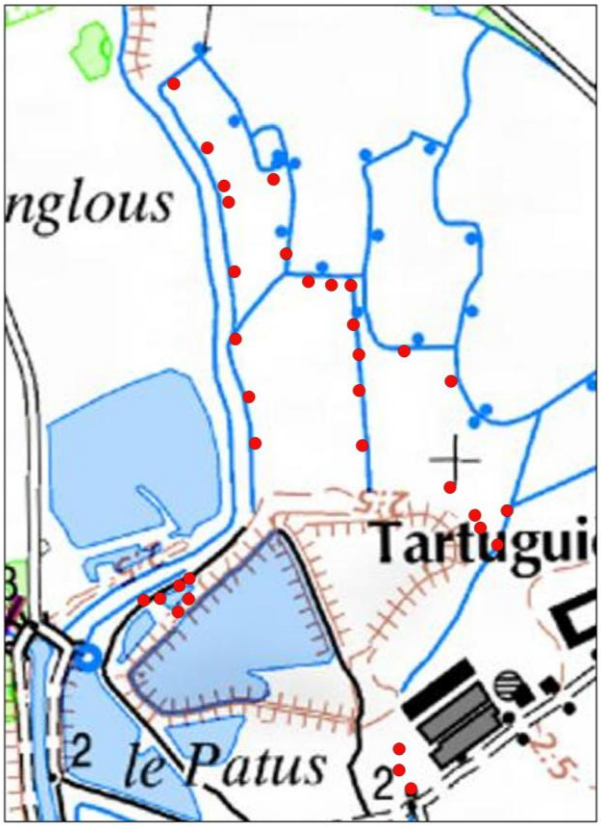
Figure 11.*Estimation des effectifs adultes (mâles et femelles) de Cistude d'Europe entre 2013 et 2018 sur le site de Tartuguière prédit par le modèle de type « Robust design ». Les barres sont les intervalles de confiance à 95%.*

2.3.4.6. Représentation cartographique de la disposition des pièges

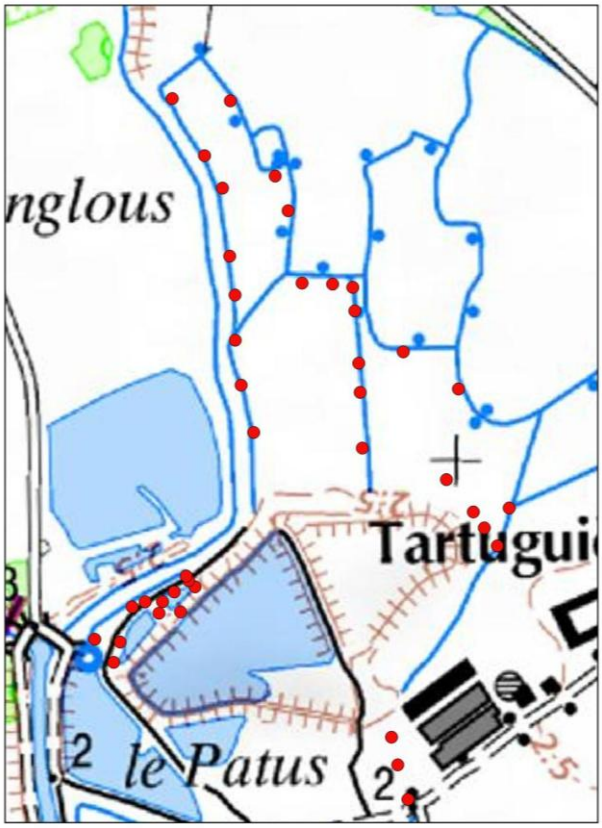


2015

2016

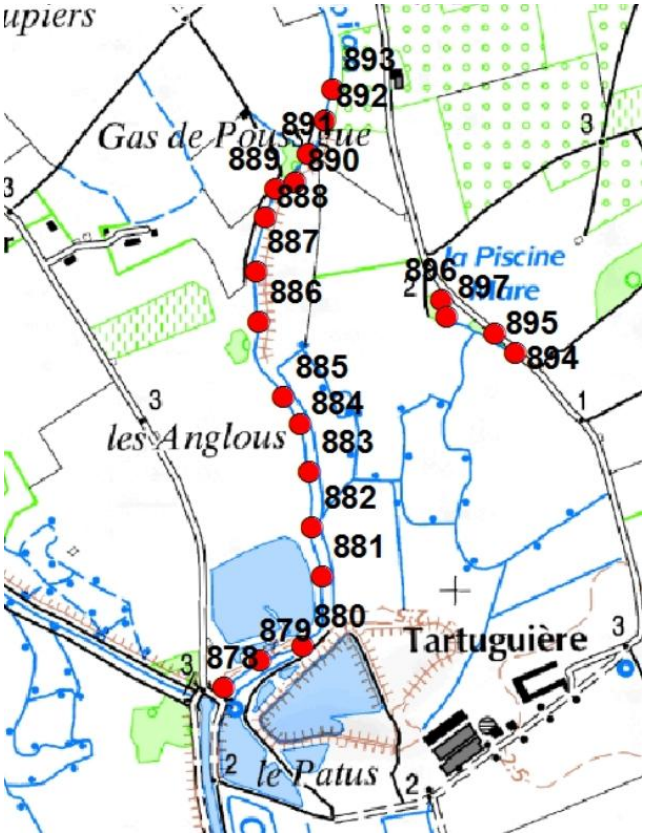


2017



2018

Piégeage complémentaire par le Symbo en 2018



2.4. CONCLUSION PERSPECTIVES

L'ensemble des analyses tend à montrer un déclin prononcé des effectifs de cistude sur plusieurs sites d'étude. Ce déclin est cependant local et ne signifie pas nécessairement un déclin à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude. Certains sites comme Tartuguière semblent en effet se maintenir à des effectifs élevés. Par ailleurs, les estimations de survie obtenues par les analyses inter-annuelles sont systématiquement très inférieures à ce qui est attendu pour une telle espèce (aux alentours de 0.95). De manière symétrique le taux de seniority est lui aussi très faible en comparaison avec ce qui est attendu ce qui suggère un fort recrutement sur les sites.
Faibles survies et forts recrutements sur une espèce longévive dans un système comme celui de l'étang de l'Or suggère une très forte ouverture des noyaux de population.
En effet le dispositif en piège fixe fait que les individus qui sortent de la zone de piégeage sont considérés comme morts, de même les individus qui colonisent la zone sont considérés comme du recrutement. **Le fait que des noyaux se maintiennent avec de bons effectifs, que des juvéniles et immatures soient régulièrement capturés et que les zones piégées soient de relative petite taille comparé à l'ensemble de la zone d'étude renforce cette hypothèse que les noyaux étudiés sont très ouverts aux échanges et qu'un déclin local de ces noyaux ne peut s'interpréter comme un déclin à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude.**

La mise en parallèle des résultats de l'étude menée en 2006 (Zecchini S., 2006) et des résultats du présent suivi pluri annuel sur le marais du Grès semble conforter cette conclusion puisqu'aucun déclin des effectifs n'est observé sur un pas de temps de plus de 10 ans.

L'ensemble de ces résultats, mis en relation avec les observations de Cistude dans la zone d'étude, laissent à penser que **de nombreux sites favorables pour cette espèce existent autour de l'étang de l'Or**, favorisant la dispersion d'un secteur à l'autre, au gré des conditions environnementales (météorologie, salinité, etc.). Ce **fonctionnement en système très ouvert entre les différents noyaux connus à ce jour ne permet pas à l'issue de ces suivis d'établir des estimations fiables des tendances des effectifs de la population dans son ensemble**, ni des taux de survie et de recrutement à l'échelle de l'ensemble de la population.
La question qui se pose aujourd'hui est donc bien de comprendre **comment l'espace est utilisé par cette espèce**.
En termes de gestion, **l'enjeu fondamental est d'assurer la continuité entre ces différents noyaux de population.**
A ce stade, il ne semble **pas pertinent de poursuivre un suivi de type CMR, le système étant trop ouvert pour que les estimations obtenues soient véritablement interprétables en termes de démographie.** Le marquage ne pourrait avoir un intérêt que dans le cas où un nouveau gros noyau de population serait découvert pour estimer ses effectifs. Ceci rejoint d'ailleurs les préconisations à venir du prochain PNA en cours de rédaction.

Parmi les options de suivi, **il parait à ce stade prioritaire de mieux comprendre comment l'espèce utilise le secteur d'étude et se distribue sur l'ensemble de la zone.** Pour se faire il pourrait être intéressant de mettre en œuvre un protocole orienté sur des questions de distribution plutôt que d'effectifs. Ceci pourrait reposer sur la prospection en présence-absence de nombreuses zones réparties sur l'ensemble de la zone potentielle de présence. Ceci conduit à mettre en œuvre :

- **Des campagnes d'observation** à vue (à minima 2/an), avec pointage au GPS des individus observés, selon un maillage spatial défini et un effort standardisé
- **Des campagnes de piégeage, sans marquage,** sur de nouveaux secteurs potentiellement favorables selon un protocole à standardiser (au moins 2 ou 3 sessions sur le même secteur à 3 semaines d'intervalles), en relevant la présence-absence de l'espèce. A noter que sur certains secteurs (plus profonds), les verveux pourraient être plus efficaces que les nasses, à tester donc.

Ces données peuvent être analysées avec des méthodes spécifiques (« site occupancy ») permettant de modéliser le taux d'occupation des sites en tenant compte du fait que l'espèce n'est pas systématiquement détectée sur le terrain même lorsqu'elle occupe le site prospecté.

Un travail de diagnostic de la continuité (état des roubines, mise en eau, etc.) sur un secteur donné devrait être également mené en parallèle.

Enfin dans les perspectives à plus long-terme, un travail de suivi fin des déplacements des individus à l'aide de GPS apparaît comme une des pistes les plus intéressantes pour comprendre le fonctionnement de la population à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude. Si le matériel disponible pour le moment est encore limité pour une espèce comme la Cistude (tout du moins à des tarifs abordables), les évolutions sont rapides et une veille technologique doit être envisagée.

A noter que sur l'ENS de Tartuguière, il a été proposé de poursuivre la mise en œuvre du protocole CMR afin de comprendre comment la population de Cistude présente sur ce site réagira à la modification de certaines parties de son habitat du fait de la profonde renaturation du site.

3. POURSUITE DE LA LUTTE CONTRE LA TORTUE DE FLORIDE

3.1. CONTEXTE, JUSTIFICATIONS ET OBJECTIFS DE L'OPERATION

Les inventaires menés lors de l'élaboration du DOCOB ont confirmé la présence de la Tortue dite « de Floride » *Trachemys scripta elegans*. Si la présence de cette espèce était déjà connue en différents secteurs du nord de l'étang de l'Or (St Marcel, Bérange, Tartuguière, Marais du Grès…), le statut reproducteur n'était pas encore avéré.

Ces observations ont motivé **la participation du Symbo aux opérations de tests et mise en place de lutte à grande échelle contre cette espèce dans le cadre du programme LIFE + LAG'Nature (2009-2013)** piloté par le CEN L-R.

Après une année de test de différents pièges (2009), le Symbo a mené plusieurs campagnes de piégeage de tortues exotiques sur 2010, 2011, 2012, et 2013. Celles-ci ont conduit à des résultats peu encourageants jusqu'à fin 2012. En 2013, **l'utilisation de cages-pièges conçues par un chasseur – piégeur agréé de St-Nazaire-de-Pézan, M. Fesquet, a permis la capture de plus de 80 individus en une saison.**

Nombre d'individus de tortues exotiques capturés par saison

2010	2011	2012	2013
9	29	14	**81**

A la différence des nasses, la cage-piège permet de traquer les tortues exotiques sur le fond du plan d'eau. La cage-piège de 2 mètres de haut, présentée ci-contre, possède une trappe d'entrée au bas de la cage. Appâtée avec du poisson, elle rend possible la capture des tortues exotiques sur les sites les plus profonds. Les cages ne sont jamais totalement immergées afin de ne pas noyer les tortues capturées.
Des modèles moins volumineux, moins hauts, ou cylindriques ont également été testés avec succès sur le site de Tartuguière.
L'efficacité réelle de ces pièges a incité le Conservatoire des Espaces Naturels à proposer d'organiser sur Saint Nazaire de Pézan et Lansargues, le 21 octobre 2013 la réunion annuelle cistude afin de présenter cette nouvelle technique de piégeage.

Le Symbo a donc acquis une réelle expérience en matière de lutte contre les tortues de Floride. De plus, le nombre d'individus piégés en 2013 dénote **une présence certaine de ces espèces exotiques sur le site Natura 2000.**

Le PNA « Cistude » prévoit dans son programme l'a**ction n°14 - Organiser la régulation des populations de tortues à tempes rouges en milieu naturel : «** *Une régulation des populations peut être envisagée sur certains sites, les méthodes seront à adapter au contexte local. La mise en place d'une régulation des populations par capture nécessite préalablement l'élaboration d'une technique de capture de l'espèce fiable (moindre capturabilité de l'espèce au piège verveux que la cistude) ainsi qu'une formation des personnes qui seront amenées à l'appliquer* ».

L'action du Symbo répond tout à fait aux prescriptions du PNA.

Ce projet est l'opportunité de mettre à profit à plus long terme cette expérience en parallèle du suivi « Cistudes » à un moindre coût.

3.2. DESCRIPTION DE L'OPERATION ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE

3.2.1. Ressources humaines mobilisées et partenaires

Les campagnes de terrain seront réalisées par Ludovic CASES, technicien au Symbo, assisté de stagiaires non rémunérés recrutés pour l'occasion. Elles seront menées en parallèle au suivi « Cistude ».
Les principaux partenaires sont :

- Le Conseil général de l'Hérault, le Conservatoire du Littoral, les communes de Candillargues, Lansargues et St-Nazaire-de-Pézan et personnes privées, en leur qualité de propriétaires de terrains visés par les campagnes de piégeage
- La Communauté d'agglomération Pays de l'Or en sa qualité de gestionnaire des terrains du Conservatoire du Littoral

Enfin, le réseau de piégeurs agréés sur le pourtour de l'étang de l'Or, en particulier Jannick FESQUET sur la commune de Saint-Nazaire-de-Pézan et Jérémy FUSTER sur la commune de Mauguio, a collaboré régulièrement avec l'équipe du Symbo lors des différentes campagnes de terrain.

3.2.2. Méthode de piégeage

Les opérations de piégeage des tortues exotiques ne feront pas l'objet d'un protocole précis. L'objectif n'est pas d'assurer un suivi de ces espèces mais de les retirer du milieu. **Une complémentarité sera recherchée avec le suivi « Cistude » pour articuler dans le temps et l'espace les opérations de piégeage menés en parallèle et ainsi minimiser les coûts.** La campagne de terrain se déroulera sur minimum 8 semaines.

Plusieurs espèces, déjà observées sur le site Natura 2000, sont visées par cette lutte :

Trachemys scripta elegans	*Trachemys scripta scripta*	*Graptemys ouachitensis*
Signe distinctif notable : Bande rouge sur les tempes.	**Signe distinctif notable :** Sous espèce de tortue à tempes rouges. Bande jaune sur les tempes.	**Signe distinctif notable :** Fenêtres jaunes pâles sur le dessus de la tête. Tache jaune sous les yeux.

Une fois capturés, les observations seront intégrées à la base de données du Symbo. Certains descripteurs seront associés à ces observations :

- Code de l'observation (propre à la base de données du Symbo)
- Date de l'observation
- Observateur
- Structure dont est issu l'observateur
- Département du lieu de l'observation
- Commune du lieu de l'observation
- Code insee de la commune
- Précision du lieu
- Coordonnée X de la localisation du piège
- Coordonnée Y de la localisation du piège
- Système de coordonnées utilisé
- Nom latin de l'espèce
- Nom commun de l'espèce
- Référentiel taxon utilisé
- Numérotation de l'individu capturé
- Sexe de l'individu capturé
- Classe d'âge de l'individu capturé
- Présence ou non d'œufs
- Longueur de la carapace
- Longueur du plastron
- Autres remarques concernant l'individu capturé (blessures, signes morphologiques distinctifs)
- Type de contact (piégé, vu…)
- Contexte d'acquisition
- Modalités de diffusion des données

Les individus seront ensuite transportés dans un centre de récupération (« Tortue passion », Vergèze).

3.3. RESULTATS

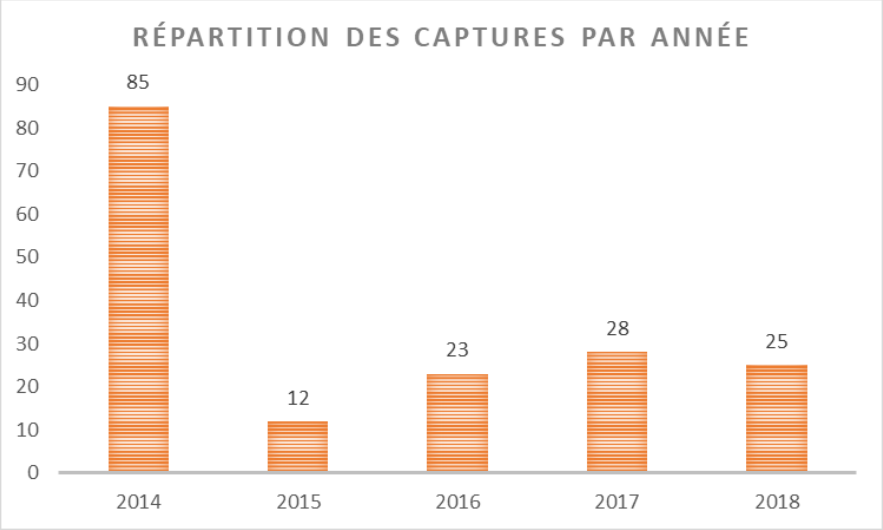
A l'occasion des campagnes de piégeage menées de 2014 à 2018, **4 espèces de tortues exotiques ont été capturées pour un total de 173 individus** :

- Trachemys scripta elegans (Wied, 1839) – 169 individus
- Trachemys scripta Troostii X Trachemys scripta elegans – 1 individu
- Trachemys scripta (Schoepff, 1792) – 2 individus
- Graptemys pseudogeographica (Gray, 1831) – 1 individu

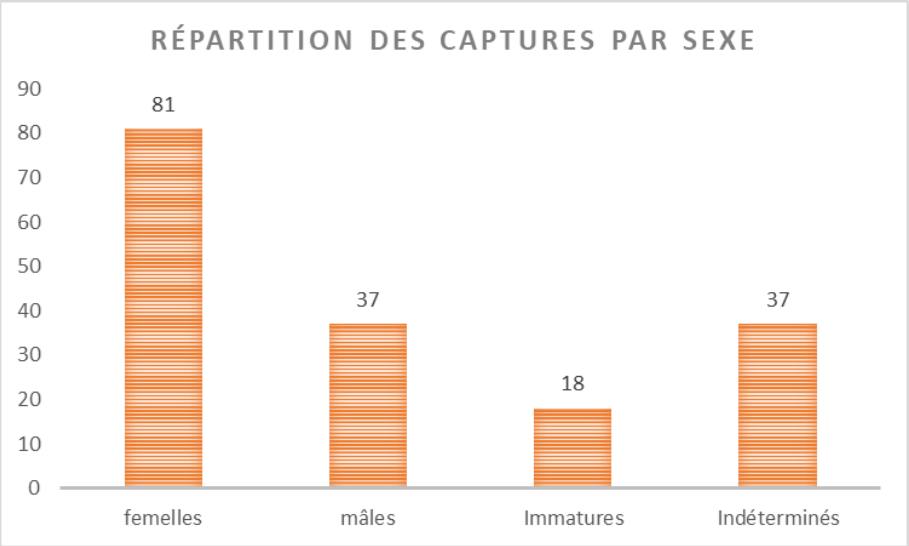
Graptemys Pseudogeographica

Hybride Trachemys scripta elegans et Trachemys scripta scripta ?

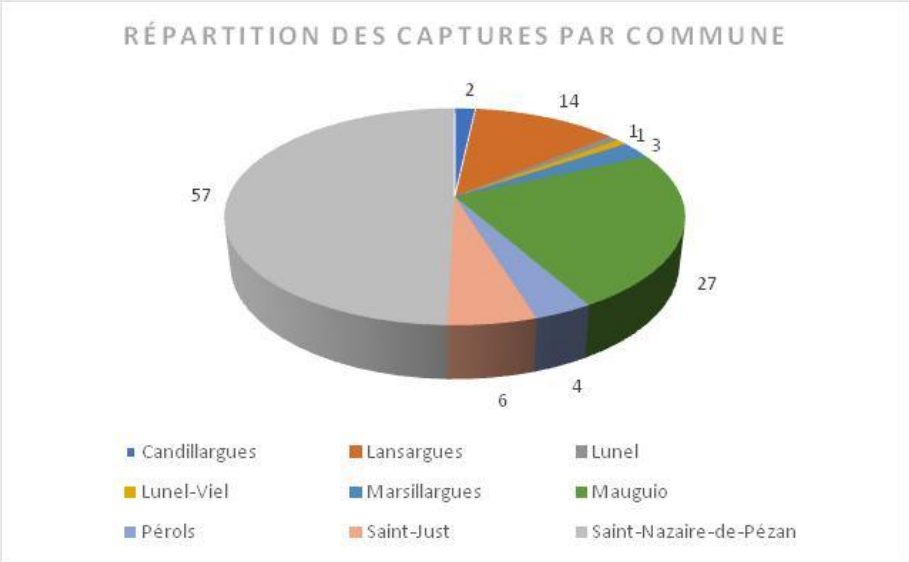
La répartition des captures par année (2014-2018), sexe et commune est présentée ci-après :



En 2014, 85 individus ont été capturés, essentiellement lors de campagnes de piégeage sur le golf de la Grande-Motte (48 individus). En 2015, peu d'individus ont été capturés. Le nombre de captures se stabilise sur les trois dernières années à une vingtaine d'individus. La pression de piégeage n'étant pas constante dans le temps, il n'est pas possible d'approfondir l'analyse.



Le nombre important d'individus capturés au sexe indéterminé ne permet pas de conclure à un ratio en faveur des femelles ou des mâles. La capture d'immatures (Trachemys scripta elegans), notamment loin des centres urbains, laisse à penser qu'il y pourrait y avoir de la reproduction in situ.



Hors session de piégeage au golf de la Grande-Motte en 2014, c'est à Saint-Nazaire-de-Pézan que le nombre de captures est le plus important. C'est lié à la pression de piégeage plus importante sur ce secteur.

3.4. CONCLUSION – PERSPECTIVES

En moyenne, une vingtaine d'individus sont capturés par ans mais le nombre de captures est très lié à la pression de piégeage, et au type de matériel utilisé. La cage « Fesquet » qui repose au fond de l'eau semble beaucoup plus efficace que les nasses pour ces espèces. De nombreux individus ont également été capturés « accidentellement » dans des cages à ragondins. Il est donc important de sensibiliser les piégeurs agréés à la reconnaissance de ces espèces. Sans déployer des moyens logistiques et humains spécifiques à la capture de ces espèces exotiques, il semble intéressant de poursuivre le retrait du milieu naturel au gré d'autres opérations de piégeage.

4. AUTRES ACTIONS MENÉES EN PARALLÈLE AU PROJET

4.1. ACTIONS EN FAVEUR DE LA CISTUDE D'EUROPE

4.1.1. Sensibilisation des pêcheurs amateurs

En marge du suivi, le Symbo a réalisé une affiche pour sensibiliser les pêcheurs à la ligne amateurs. Cette affiche incite les pêcheurs d'eau douce à ne pas utiliser d'ardillons sur leurs hameçons afin de ne pas blesser les cistudes lors de captures accidentelles. Ces affiches ont été placées sur des arbres le long des cours d'eau, sur les communes de Candillargues, et Lansargues.

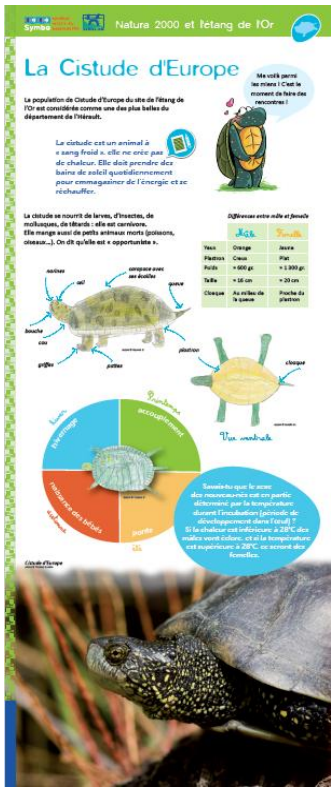
Affiche de sensibilisation et mise en place au bord du cours d'eau

4.1.2. Actions de sensibilisation du public scolaire et du grand public

En 2016-2017, 2 classes (école Henri de Bornier – Lunel) en particulier ont été sensibilisées à la Cistude d'Europe, dans le cadre d'un projet d'élaboration collective d'une exposition itinérante sur le site Natura 2000 de l'Etang de l'Or. Les élèves avaient pour objectif de créer les contenus d'un panneau relatif à l'espèce et son cycle biologique.
Depuis, l'exposition circule dans les établissements scolaires et autres établissements public, et concourt donc à sensibiliser aux enjeux de protection de l'espèce. Sur 2017-2018, plus de 2 000 élèves ont travaillé sur l'exposition.

En outre, chaque année, une animation spécifique (découverte sur le terrain de l'espèce, explication du suivi mis en œuvre…) à la Cistude d'Europe est menée par le Symbo auprès de 3 classes du Bassin de l'Or.

Enfin, lors de la fête de la Nature édition 2017, ½ journée a été consacrée à la découverte de l'espèce auprès du grand public.



4.1.3. Aménagement de postes d'insolation

En 2016, sur le site de Candillargues, les techniciens du Symbo et de l'agglomération du Pays de l'Or ont disposé des troncs d'arbres morts dans un marais fréquenté par les cistudes. L'objectif de ces petits aménagements était de rendre ce plan d'eau à l'origine pauvre en support d'insolation plus attractif pour les cistudes.

Mise en place d'un poste d'insolation

4.2. FORMATION/ECHANGES D'EXPERIENCES RELATIFS A LA LUTTE CONTRE LES TORTUES EXOTIQUES

En avril 2016, à la demande de l'ATEN, le Symbo a proposé une journée terrain à une vingtaine de techniciens, sur les actions de lutte contre les espèces exotiques qu'il réalise sur son territoire. Cette rencontre a été l'occasion de présenter in situ l'utilisation des cages-pièges.

Démonstration de l'utilisation des cages pièges

Cette même année, l'expérience du Symbo en matière de lutte contre les tortues exotiques a également été relayée via une web conférence organisée par « Idéale connaissance ».

Une opération de sensibilisation auprès des piégeurs agréés impliqués dans la régulation de la population de ragondins sur le pourtour de l'étang de l'Or a été organisée par le Symbo en septembre 2017. L'objectif était de leur apporter des éléments de reconnaissance des différentes espèces de tortues présentes sur le site (Cistude, espèces exotiques).

Les structures/organismes listées ci-après ont contacté le Symbo pour des informations concernant les pièges utilisés :

- AAPPMA d'Agde
- Bureau d'étude Belge « aquabiotica »
- Communauté d'Agglomération Var Estérel Méditerranée pour l'embouchure de l'Argens
- Fédération de pêche du Rhône
- FREDON Bretagne
- Métropole de Lyon
- Pays de Montbéliard agglomération
- Syndicat Mixte des Bassins Versant Caux Seine

5. BIBLIOGRAPHIE

Burnham, K. P. & D.R. Anderson. 1998. Model selection and inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag.

Kendall, W. L., J. D. Nichols, & J. E. Hines. 1997. Estimating temporary emigration using capture-recapture data with Pollock's robust design. Ecology 78:563-578.

Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert, & D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. Ecological Monographs 62:67–118.

Mignet, F., Gendre, T., Reudet, D., Malgoire, F., Cheylan, M. & A. Besnard. 2014. Short-terme evaluation of the success of the reintroduction program of the European pond turtle : the contribution of space-use modeling. Chelonian Conservation and Biology, 13(1):72-80

Otis, D. L., K. P. Burnham, G.C. White, & D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monographs, 62.

Stanley, T.R., and K.P. Burnham. 1999. A closure test for time-specific capture-recapture data. Environmental and Ecological Statistics 6: 197-209.

White, G.C. & Burnham, K.P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. Bird Study 46 (Suppl.): 120–139.

Zecchini, S. 2006. Gestion des Zones Humides favorables à la tortue Cistude d'Europe et projet de réintroduction en Languedoc-Roussillon. Contribution au programme régional d'actions 2006, CEN L-R – Université Montpellier II, 25 p.