

5.11 Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*)

Auteurs : Jean-Yves Georges, Maud Berroneau, Contributeurs : Stéphanie Darblade, Didier Leveau, Christophe Coïc

La Cistude d'Europe *Emys orbicularis* est une petite tortue d'eau douce emblématique des zones humides et des milieux stagnants peu circulants. La répartition pan-européenne de la Cistude d'Europe suggère une certaine capacité d'adaptation face aux conditions climatiques. Par exemple, les femelles suivent la règle de Bergmann (BERGMANN, 1847) selon laquelle la taille corporelle adulte et la taille de la ponte sont positivement corrélées à la latitude, à l'inverse du nombre de pontes (Joos *et al.*, 2017) : les populations boréales, dont la saison de ponte relativement courte ne permet pas aux femelles plus d'une ponte par an, ont évolué vers des morphes plus grands, capables de stocker un plus grand nombre d'œufs. A l'inverse, dans les populations méridionales où la saison de ponte plus longue est favorable à des pontes doubles voire triples pour une même femelle, la taille adulte serait moins sujette à la sélection.

De par sa physiologie ectotherme, le cycle de vie de la Cistude d'Europe est directement tributaire des conditions thermiques : dates d'entrée/sortie en activité et en reproduction, budget-temps (repos, insolation, alimentation, déplacement), structure et dynamique de population (sexe déterminé par la température d'incubation, (PIEAU, 1975), etc. Par ailleurs, de par son écologie amphibie, la Cistude d'Europe est également tributaire des conditions hydriques, que ce soient les conditions d'humidité du sol sur les sites de ponte qui impactent le succès reproducteur, ou les risques d'assèchement des plans d'eau qu'elle exploite qui impactent le maintien, ou la dispersion, des individus. Ainsi, la Cistude d'Europe est susceptible d'être impactée, directement (par sa physiologie) et indirectement (par ses habitats terrestres et aquatiques), par le changement climatique à différents niveaux de sa morphologie, de sa phénologie, et de sa démographie.

La Région Nouvelle-Aquitaine est, à l'échelle du territoire national, la région accueillant le plus grand nombre de populations fonctionnelles de Cistude d'Europe, les plus grands effectifs, et une grande diversité d'habitats et de sites de ponte (voir Section « sélection des sites »). La région représente la limite entre les populations de cistudes de types français (haplotype IIa) et ibérique (VIb, (LENK *et al.*, 1999) dont les différences génétiques sont susceptibles de contribuer, au moins en partie, au schéma de Bergmann décrit précédemment. Enfin, les modèles climatiques suggèrent qu'au cours du 21^{ème} siècle, la région subira des changements marqués des conditions météorologiques et hydriques révélatrices de l'étendue des impacts liés au changement climatique à plus grande échelle : ainsi, selon le scénario RCP8.5 (scénario sans politique climatique) (GIEC, 2013), il est prédit (LE TREUT, 2013) :

1. Une poursuite du réchauffement de l'air qui pourrait atteindre 4°C à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005 ;
2. Peu d'évolution des précipitations annuelles, mais des contrastes saisonniers, avec une diminution des précipitations estivales sur la seconde moitié du 21^{ème} siècle ;
3. La poursuite de la diminution du nombre de jours de gel et de l'augmentation du nombre de journées chaudes avec de l'ordre de 60 journées plus chaudes par rapport à la période 1976-2005 ;
4. L'assèchement des sols de plus en plus marqué en toute saison ;

5. Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des entrées d'eaux maritimes lors d'événements exceptionnels (notamment vagues de submersion, tempêtes), avec, sur le long terme, salinisation de l'ensemble du réseau hydrique côtier par la montée du niveau de la mer et la diminution de l'apport d'eau douce continentale.

Nos connaissances actuelles sur la biologie et l'écologie de l'espèce, ectotherme dulçaquicole peu tolérante à l'assèchement et/ou à la salinisation du milieu, permettent de prédire d'éventuels impacts de ces évolutions climatiques sur les populations de Cistude d'Europe en Nouvelle-Aquitaine :

1. Liée à l'augmentation du nombre de journées chaudes, il est prédit une augmentation de la durée de la saison d'activité, conduisant à une augmentation du nombre de pontes par femelle et à une diminution de la taille de ponte associée, à long terme, selon la règle de Bergmann (1847), à une diminution de la taille corporelle adulte ;
2. Liée à la diminution des précipitations estivales, il est prédit un assèchement des mares et des sols, conduisant à une diminution de la disponibilité des zones humides favorables à la Cistude d'Europe et au succès reproducteur ;
3. Liée à la poursuite du réchauffement, il est prédit une augmentation de la température d'incubation des œufs, conduisant à la féminisation des populations (PIEAU, 1975) ;
4. Liée à la probable salinisation directe et/ou indirecte de son habitat et à la tolérance limitée de l'espèce aux eaux saumâtres, il est prédit une redistribution spatiale des noyaux de population ;
5. Lié à l'ensemble de ces facteurs, il est aujourd'hui impossible de prédire si l'augmentation du nombre de pontes attendu compensera une éventuelle diminution de la taille des pontes. Cependant, un assèchement des sols conduira probablement à une diminution du succès à l'éclosion, voire à un déplacement des sites de ponte et qu'un assèchement du réseau hydrique (notamment fossés et mares) conduira à un dysfonctionnement du cycle de vie (enchaînement et durée des phases d'hivernation/estivation, de reproduction/accouplement, de ponte), voire à terme à un mouvement des populations vers des zones potentiellement plus propices.

Le volet Cistude du programme les sentinelles du climat vise à tester ces prédictions et apporter les premiers éléments de réponse d'un éventuel impact du changement climatique sur les populations de cistudes de la Nouvelle-Aquitaine. En 2017, une étude préliminaire a été conduite pour tester la faisabilité de :

- en lien avec la première prédiction, détecter les pontes pour définir la saison de ponte ;
- en lien avec la deuxième prédiction, localiser les habitats critiques terrestres et aquatiques de vie des cistudes ;
- en lien avec les dernières prédictions, localiser les sites de ponte pour mettre en œuvre un suivi des conditions de développement et du succès reproducteur.

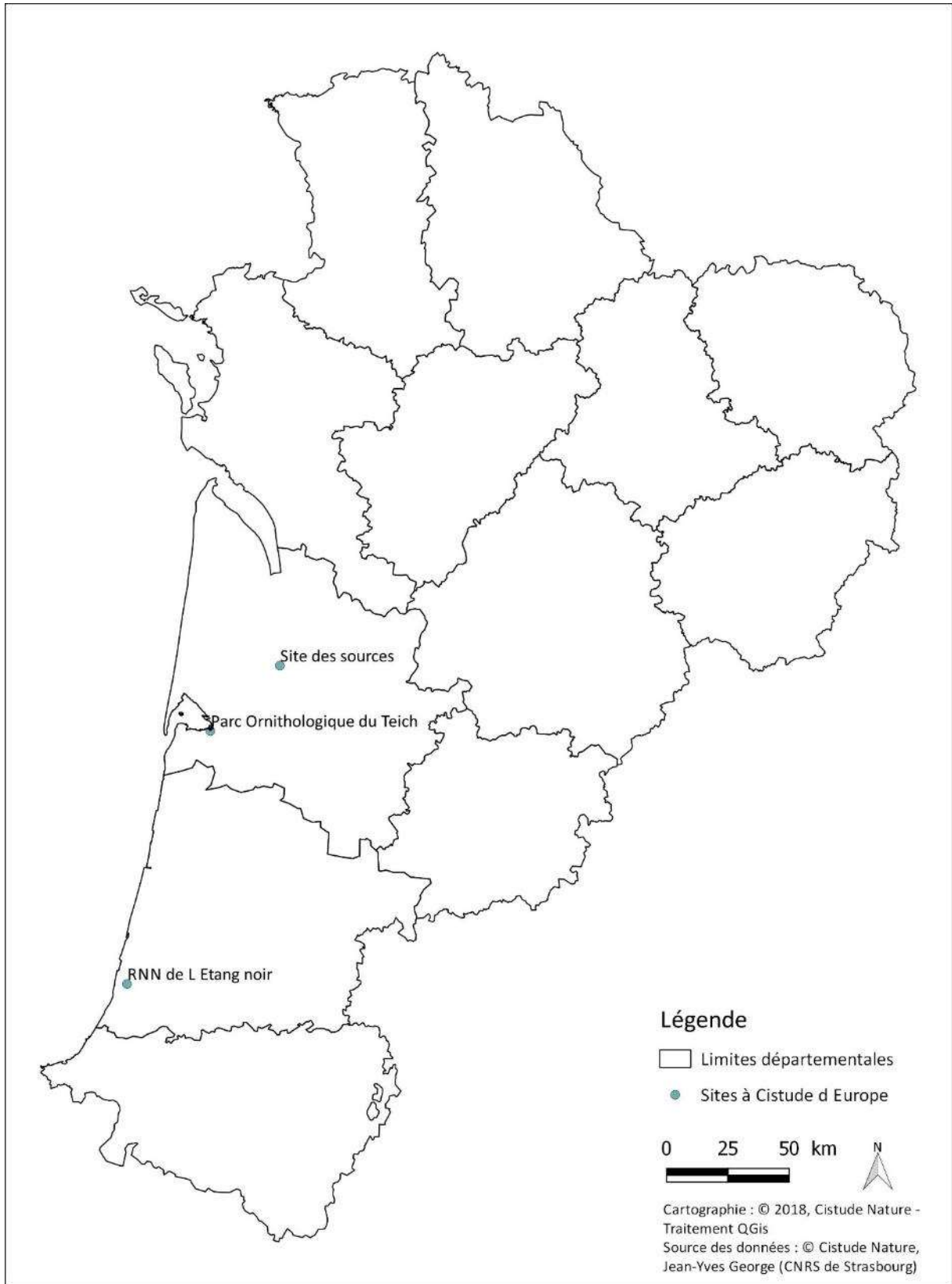
5.11.1 Matériel et méthodes

- *Sélection des sites*

Trois premiers sites ont été retenus pour mener une étude exploratoire de la phénologie et des sites de ponte de la Cistude d'Europe par télémétrie spatiale GPS en lien avec les conditions météorologiques en Nouvelle-Aquitaine (Fig. 188). Cette étude est une preuve de concept de l'utilisation, à l'échelle d'une région, de la méthode validée à l'échelle d'un site (GEORGES & ROY, s. d.). Pour la première année, les sites ont été sélectionnés sur un secteur volontairement réduit, à l'échelle de la seule ex-Aquitaine. L'étude sera éventuellement étendue à l'ensemble de la Nouvelle-Aquitaine en fonction des premiers résultats et des possibilités logistiques et partenariales réelles d'extension sur les autres anciennes régions de l'actuelle Nouvelle-Aquitaine.

Le choix de ces trois premiers sites se justifie par les raisons suivantes :

1. Ce sont des populations d'importance majeure à l'échelle de l'ex-Aquitaine, exploitant des habitats contrastés représentatifs de la région susceptibles de répondre différemment face aux effets variés du changement climatique ;
2. Ces populations sont situées sur des espaces naturels protégés bénéficiant de plans de gestion qui garantissent la pérennité des suivis. Ces populations ont déjà fait l'objet d'un suivi qui permet d'établir un état initial en début d'étude.



Sites de suivis de la Cistude d'Europe.

Fig. 188. Situation géographique des zones prospectées de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe.

- *Description des sites choisis*

Trois sites ont été choisis, pour cette étude exploratoire, en concertation entre Cistude Nature, acteur historique des suivis Cistude en Aquitaine, et l'IPHC, et après acceptation par les gestionnaires des sites.

Le site des Sources (Fig. 189) est représentatif de l'habitat zones humides en milieu circulant, susceptible d'être affecté par des épisodes d'assèchements et d'inondations. Il fait l'objet d'un plan de gestion et abrite une population de cistudes suivies par Cistude Nature depuis 2004.

Le site du Teich (Fig. 189) est situé sur la Réserve Ornithologique du Teich. Il illustre les cas de zones humides spatialement restreintes (enclavées par des zones saumâtres inappropriées à la Cistude d'Europe) susceptibles d'être impactées par des entrées d'eau marines lors d'évènements exceptionnels comme ceux de 1999 où les digues ont cédé à la houle, mais également sur le long terme par la salinisation progressive des bassins (montée du niveau de la mer, diminution de l'apport en eau douce continentale). La population du Teich est suivie depuis 2016.

Le site de l'Etang Noir (Fig. 189) est situé sur la Réserve Naturelle Nationale de l'Etang Noir. Il est représentatif d'une zone humide stagnante, a priori protégée d'évènements à risques : l'Etang Noir constitue le témoin de cette étude. La population de l'Etang Noir est suivie depuis 2015.

Ces 3 sites (Fig. 189) permettent ainsi d'aborder la question de la vulnérabilité des habitats de la Cistude d'Europe face aux effets attendus du changement climatique, par 3 approches :

- les risques d'assèchement des prairies et des abords (digue, etc.), milieux favorables à la ponte et à la dispersion, en particulier sur le site des Sources et l'Etang Noir ; la fréquence et l'intensité de ces assèchs étant supposées augmenter avec le changement climatique ;
- à l'inverse, les risques d'inondation des sites de ponte, dont la fréquence et l'intensité sont également supposées augmenter avec le changement climatique en alternance avec les forts assèchs ;
- les risques de salinisation des mares et étangs, en particulier sur le site du Teich, par entrées d'eaux marines et diminution d'apport en eau douce continentale.

Ces critères de sélection et les caractéristiques des sites étudiés sont résumés ci-dessous dans les 0 et Tab. LXXXVIII et illustrés dans la Fig. 189.

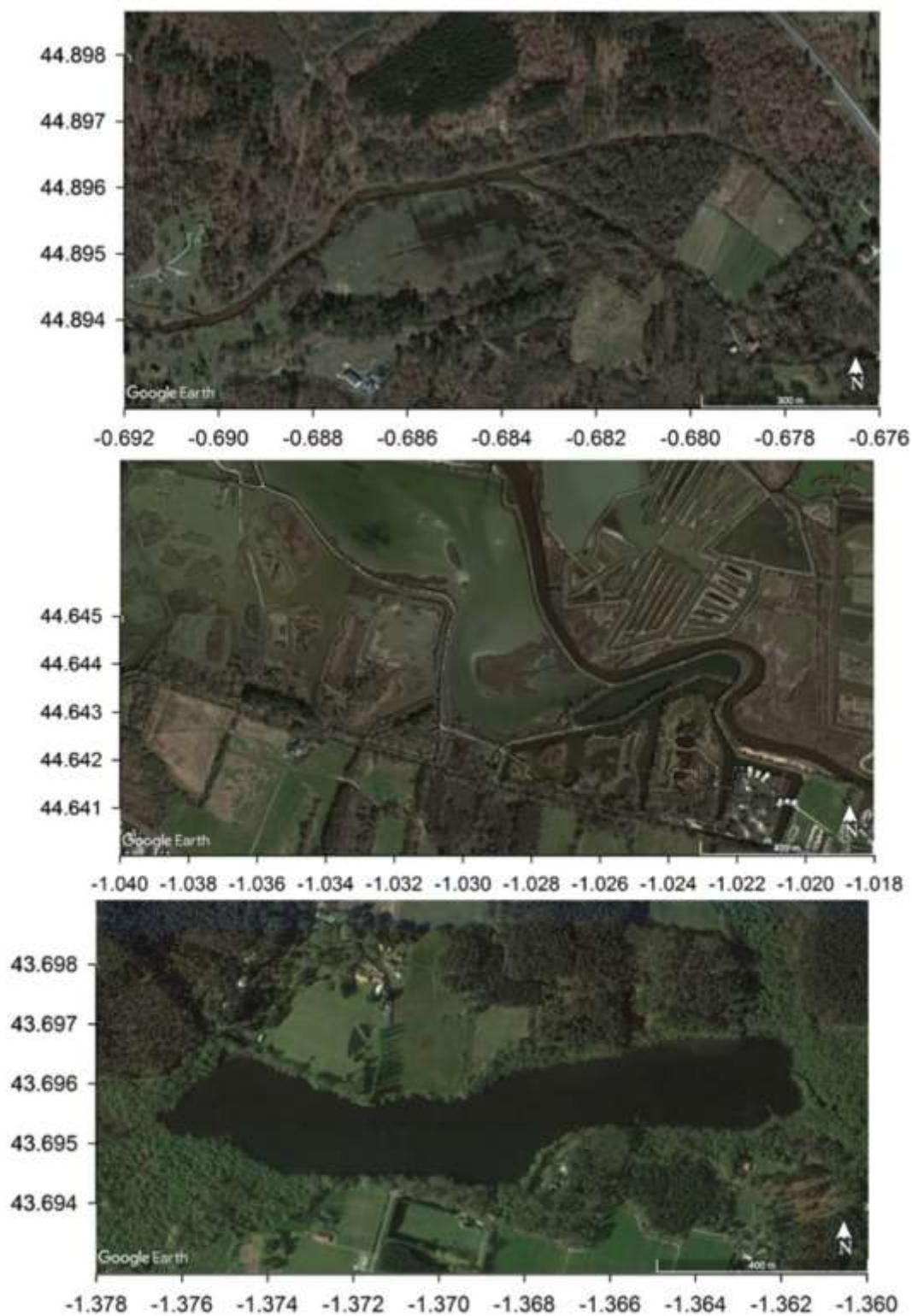


Fig. 189. Situation géographique des sites d'études validés de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe (de haut en bas : Site des Sources, Site du Teich, Site de l'Étang Noir).

Tab. LXXXVII. Critères de sélection des sites de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe.

N° site	Dénomination	Hydrologie	Risques possibles liés au CC	Plan de gestion	Population suivie depuis
1	Site des sources	Douce circulante	Inondations, assèchements	Oui	2004
2	Site du Teich	Douce à saumâtre	Salinisation exceptionnelle	Oui	2016
3	Site de l'Étang noir	Douce stagnante	Risques limités (site témoin)	Oui	2015

Tab. LXXXVIII. Caractéristiques des sites étudiés de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe.

Département Commune	Dénomination	Type d'habitat	Superficie	Statut	Code statut	Propriétaire Gestionnaire	Accord	Structure de suivi et nom de l'observateur
33, Le Haillan	Les Sources	Zones humides	238 ha	N2000	FR-7200805	Syndicat Intercommunal des Jalles de Landes à Garonne	oui	Cistude Nature, Maud Berroneau
33, Le Teich	Le Teich	Zones humides	110 ha	ZNIEFF 1	FR-720002370		oui	Réserve Ornithologique du Teich, Didier Leveau
40, Seignosse/Tosse	Étang Noir	Zones humides	52 ha	ZNIEFF 1 et 2	FR-720000963 FR-720001983	Syndicat mixte de gestion des milieux naturels	oui	Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Noir, Stéphanie Darbade

• *Définition et positionnement des points d'échantillonnage*

Les points d'échantillonnage se font à deux niveaux (Tab. LXXXIX, Fig. 190, Annexe 42):

- Sur le terrain, les points de piégeage de cistudes sont établis selon la méthode standard de capture/marquage/recapture (CMR) habituellement utilisée pour les suivis démographiques. Les instruments de piégeage sont des nasses à double-entrée, classiquement utilisées pour les suivis de tortues d'eau douce (PRIOL, 2009). Les nasses sont placées sur les secteurs connus pour être fréquentés par les cistudes. Elles sont systématiquement munies d'un appât, d'un flotteur et d'une plaque plastifiée d'identification. Chaque nasse est géoréférencée au moment de sa pose sur un support fixe, d'où elle est retirée en dehors de sessions de piégeage et replacée au plus près lors des sessions successives. Les sessions de piégeage sont de 5 jours, échelonnées toutes les 3-4 semaines (selon les sites), de mars à septembre 2017.

- Toutes les cistudes adultes femelles ainsi capturées et faisant plus de 450 g sont équipées d'un GPS miniaturisé (modifié à l'IPHC, masse finale 20 g ; (GEORGES & ROY, s. d.). Les GPS sont programmés pour enregistrer, toutes les heures, sans cycle de repos, la position horodatée des animaux émergés (un GPS immergé ne fournit pas d'information). Ce protocole d'échantillonnage permet une autonomie théorique des batteries de 24 jours, compatible avec la fréquence des sessions de piégeage par CMR. Les GPS sont ainsi remplacés lors des sessions de CMR successives.

Tab. LXXXIX. Caractéristiques des échantillonnages par piégeage à la nasse de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe

Dénomination du site	Longueur linéaire piégée (en m)	Altitude (en m)	Point GPS de départ (Long/Lat)	Point GPS d'arrivée (Long/Lat)	Nb jours de piégeage	Nb pièges	Total [Pièges*jours]
Les Sources	1500	30			37	35	1295
Le Teich	400	0			45	25	1125
L'Étang Noir	4000	10			30	36	1080

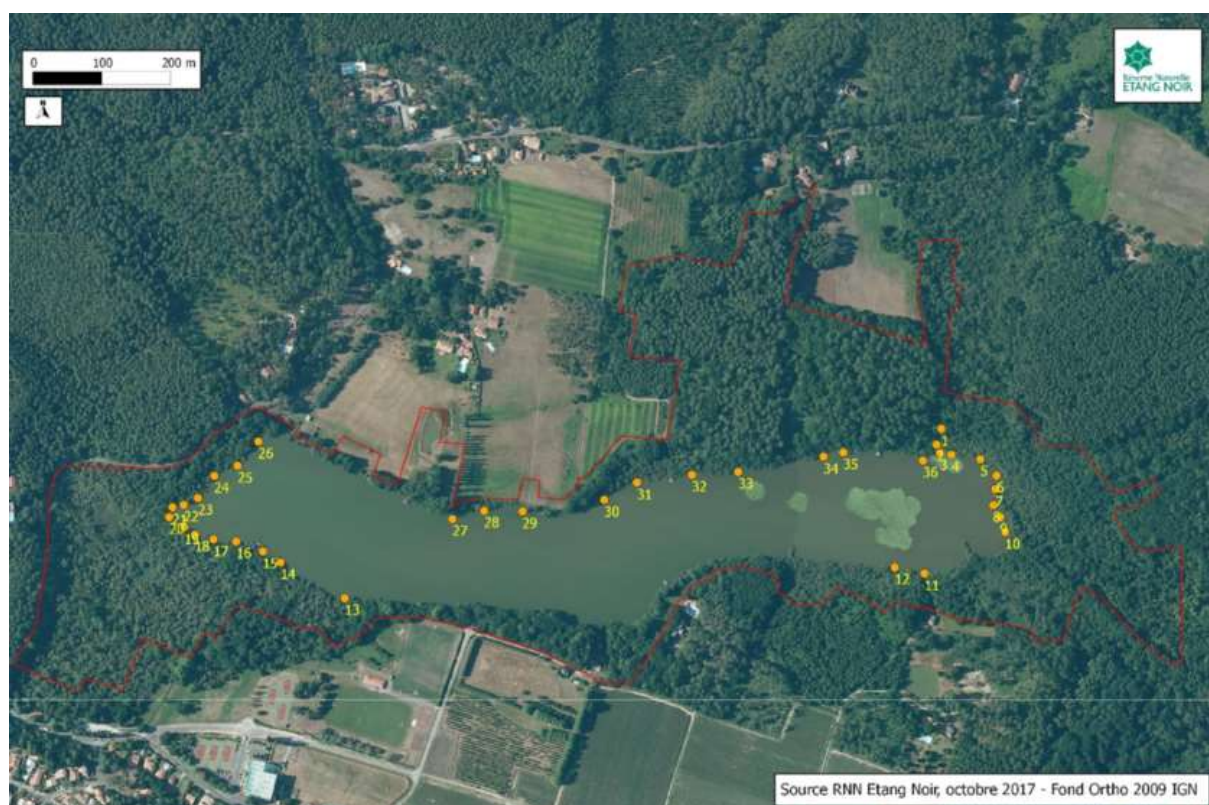


Fig. 190. Un exemple de situation des pièges de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de l'espèce Cistude d'Europe sur photographie aérienne.

• **Méthode de relevés et détermination des espèces**

Le protocole standard établi par Georges & Roy (soumis) a été mis en place sur les 3 sites :

A chaque capture, chaque Cistude fait l'objet des suivis suivants :

- **Identification** : à l'aide des marques individuelles sur carapace utilisées dans le cadre de la CMR ;
- **Etat de santé** :
 - o **Morphométrique** : observation directe de la dossière, du plastron et des parties molles avec photographies des anomalies externes ;
 - o **Biométrique** : mesure de la masse corporelle (à l'aide d'une balance plateau ; $\pm 1g$), de la longueur et largeur de la dossière et du plastron (à l'aide d'un pied à coulisse ; $\pm 1mm$) ;
- **Pose de GPS** :
 - o pour les femelles de masse corporelle $> 450 g$, la carapace est nettoyée à l'emplacement de fixation du GPS à l'aide d'un papier de verre et d'acétone pour retirer les éventuels épibiontes et dégraisser la surface où sera fixée l'unité ;
 - o un système de support est fixé sur la carapace à l'aide d'une colle bi-composant type Araldite à prise rapide ; ce système permet de fixer et de remplacer facilement les GPS lors des captures successives ;
 - o un émetteur VHF est fixé (uniquement sur le Site des Sources en 2017) pour faciliter la localisation (et donc a priori la recapture) des cistudes équipées de GPS ; les émetteurs VHF ayant une autonomie de plusieurs mois, ils sont directement fixés sur la carapace à l'aide de la même colle ;
 - o une fois équipé, l'animal est maintenu isolé dans une caisse à l'abri de la lumière et de la chaleur jusqu'à durcissement de la colle ; il est surveillé par un observateur dédié jusqu'à son relâcher ;
 - o l'animal équipé est pesé et photographié avant d'être relâché ;
 - o les date/heure et lieu de la capture et du relâché sont notés : l'animal est relâché sur son lieu de capture.

Ces informations étaient reportées sur des fiches individuelles de relevés présentés plus bas (Fig. 191).

Les actions de terrain ont été majoritairement menées par les agents des sites, après qu'ils aient bénéficié d'une formation initiale selon Georges & Roy (soumis) faite en début de saison par JY Georges, qui est intervenu épisodiquement sur site en fonction des besoins exprimés par les partenaires.



Fig. 191. Un exemple de déploiement de GPS dans l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe (JYGeorges ©).

A chaque recapture d'une Cistude équipée d'un GPS, le GPS est retiré et remplacé par un nouveau. Les GPS sont déchargés le jour même au bureau et les batteries rechargées pour un redéploiement ultérieur. Le nom de fichier de sauvegarde des données GPS suit le format « emys_site_aaaammjj_gpsbbb.csv », où « _ » sépare les champs d'information suivants :

- site est le nom du site : 4 lettres, en minuscule :
 - o sour pour le Site des Sources
 - o teic pour le site du Teich
 - o etan pour le site de l'Etang Noir
- aaaammjj est la date de récupération du GPS, sous le format année/mois/jour : 8 chiffres; exemple : 20170329 pour le 29 mars 2017.
- bbb est l'identité de la Cistude d'Europe : 3 chiffres ; exemple : 007.

- **Conditions météorologiques requises**

Compte tenu des autres missions des personnes en charge sur le terrain, les sessions de CMR ont été planifiées en début de saison pour toute la durée de la saison, sans pouvoir préfigurer des conditions météorologiques aux dates initialement choisies. Ainsi, certaines sessions de CMR n'ont pas bénéficié des conditions optimales (à savoir temps calme, sec, ensoleillé). Cependant, une CMR de Cistude peut se faire dans n'importe quelles conditions météorologiques, mais l'efficacité des captures peut souffrir de conditions météorologiques ventées et humides, sans que cela n'ait jamais été quantifié.

- **Nombre de campagne de relevés**

Les sessions de piégeage étaient de 5 jours, échelonnées toutes les 3-4 semaines (selon les sites), de mars à septembre 2017. Sur le site des Sources, des prospections supplémentaires étaient menées lorsque la météo semblait favorable à des captures manuelles (Tab. XC).

Tab. XC. Caractéristiques des campagnes de relevés 2017 de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe

Effort de piégeage	Site des Sources	Site du Teich	Site de l'Etang Noir
	27/03-07/04	03-07/04	17-21/04
	24-28/04	24-28/04	08-12/05
	15-19/05	15-19/05	19-23/06
	05-09/06	05-09/06	10-14/07
	26-30/06	26-30/06	31/07-04/08
	17-21/07	17-21/07	21-25/08
		07-11/08	
		28/08-01/09	
		18-22/09	
Nombre de jours	37	45	30
Nombre de nasses	35	25	36
Nasses*jour	1295	1125	1080

• *Fiche de relevés*

Les 3 sites utilisaient les fiches de terrain établies par Cistude Nature (PRIOL, 2009). Ces fiches permettent, à court terme, de noter les informations relatives à chaque capture (identité, type de marquage, morphologie, biométrie, sites et conditions de capture) et à chaque déploiement/récupération de GPS (n° GPS, date/heure de pose et dépose). A long terme, ces fiches de relevés contribuent à la base de données du suivi démographique de chaque population (Annexe 43).

• *Analyses et statistiques*

Les données GPS ont été analysées à l'aide d'une boîte à outils développée sous Matlab® (Georges, non publié, Fig. 192). L'analyse permet, dans le cadre de cette étude, de :

- nettoyer les données GPS et retirer les outliers ;
- reconstruire les déplacements des animaux (Fig. 192 en haut à gauche) ;
- replacer ces traces sur une carte fournie par les partenaires, ou à défaut, sur une carte GoogleEarth ;
- identifier les évènements de ponte probable (horodatés et localisés) en considérant que les positions nocturnes sont, chez les femelles adultes, potentiellement associées à un comportement de ponte (Fig. 192, données nocturnes en rouge, données diurnes en bleu).

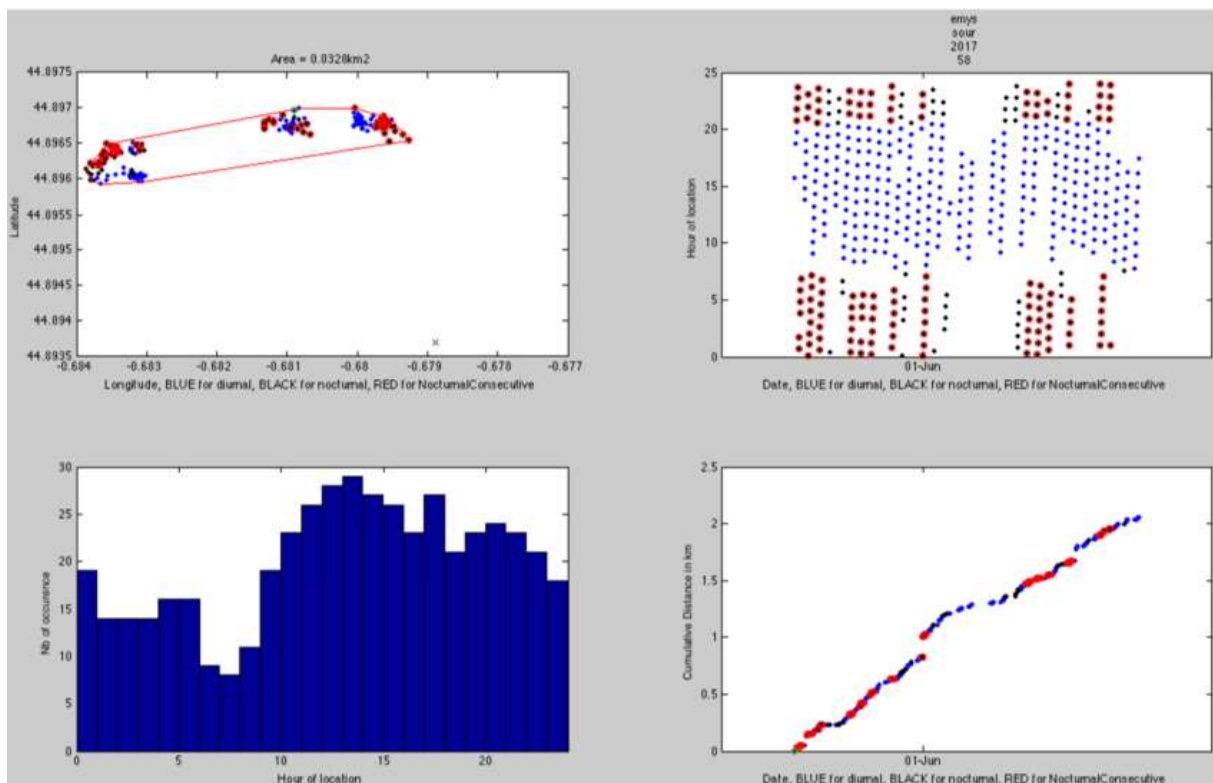


Fig. 192. Exemple de représentation graphique des résultats d'un suivi individuel dans l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe.

5.11.2 Résultats exploratoires

- *Bilan des captures, déploiements et recaptures*

Sur les Sources, 6 sessions de CMR ont été menées du 29 mars au 21 juillet 2017, à intervalles de temps irréguliers : 9 cistudes ont été équipées de GPS, parmi lesquelles 5 ont été recapturées (taux de recapture 55%) dont 4 re-équipées. Plusieurs captures et recaptures ont été faites à la main, lors de prospections ponctuelles de la zone.

Sur le Teich, 9 sessions de CMR ont été menées du 3 avril au 22 septembre 2017, toutes les 3 semaines : 6 cistudes ont été équipées de GPS, parmi lesquelles 4 ont été recapturées (taux de recapture 67%) dont 1 re-équipée.

Sur l'Étang Noir, 6 sessions de CMR ont été menées du 17 avril au 25 août 2017, toutes les 4 semaines : 5 cistudes ont été équipées de GPS, parmi lesquelles 3 ont été recapturées (taux de recapture 60%) dont 2 re-équipées. Une capture a été faite de manière opportuniste à la main lors d'une intervention pédagogique sur la zone.

- *Bilan des données gps obtenues*

Le Tab. XCI ci-dessous présente le bilan des données GPS obtenues en 2017 pour chaque site. Il illustre pour chaque individu (en ligne, identité en colonne 2), l'effort de re-équipement (colonne 2), la durée du suivi GPS (colonnes 3 à 5), le nombre de données GPS obtenues (colonne 6) ainsi que des informations de base sur les déplacements. Ces informations sont résumées sous forme de carte (Fig. 193-Fig. 194).

Tab. XCI. Bilan des données GPS obtenues lors des campagnes de relevés de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe

Site	Identité (Nb de captures)	Début_ Suivi	Fin_ Suivi	Durée_ Suivi_j	Nb_loc_G PS	Nb_loc/j	DistCumul ée_km	Domaine_km 2
sour	33(2)	29/03	18/07	111,1	602	5,4	3,43	0,21
sour	56(2)	07/04	07/06	61,3	490	8,0	2,28	0,02
sour	58(1)	19/05	21/06	33,1	479	14,5	2,05	0,03
sour	70(3)	29/03	28/07	120,9	1636	13,5	2,57	0,02
sour	102(1)	16/05	27/06	41,6	672	16,1	3,81	0,06
teic	7(1)	20/06	15/07	24,6	168	6,8	0,47	0,01
teic	212(1)	12/04	26/05	43,8	378	8,6	0,89	0,01
teic	231(2)	11/04	09/06	59,1	479	8,1	0,73	0,00
teic	250(1)	21/06	17/07	25,9	125	4,8	0,48	0,00
etan	3(2)	19/04	12/07	83,9	569	6,8	3,80	0,19
etan	8(1)	11/05	12/06	32,1	395	12,3	4,54	0,14
etan	12(1)	01/06	13/07	41,8	196	4,7	3,63	0,15

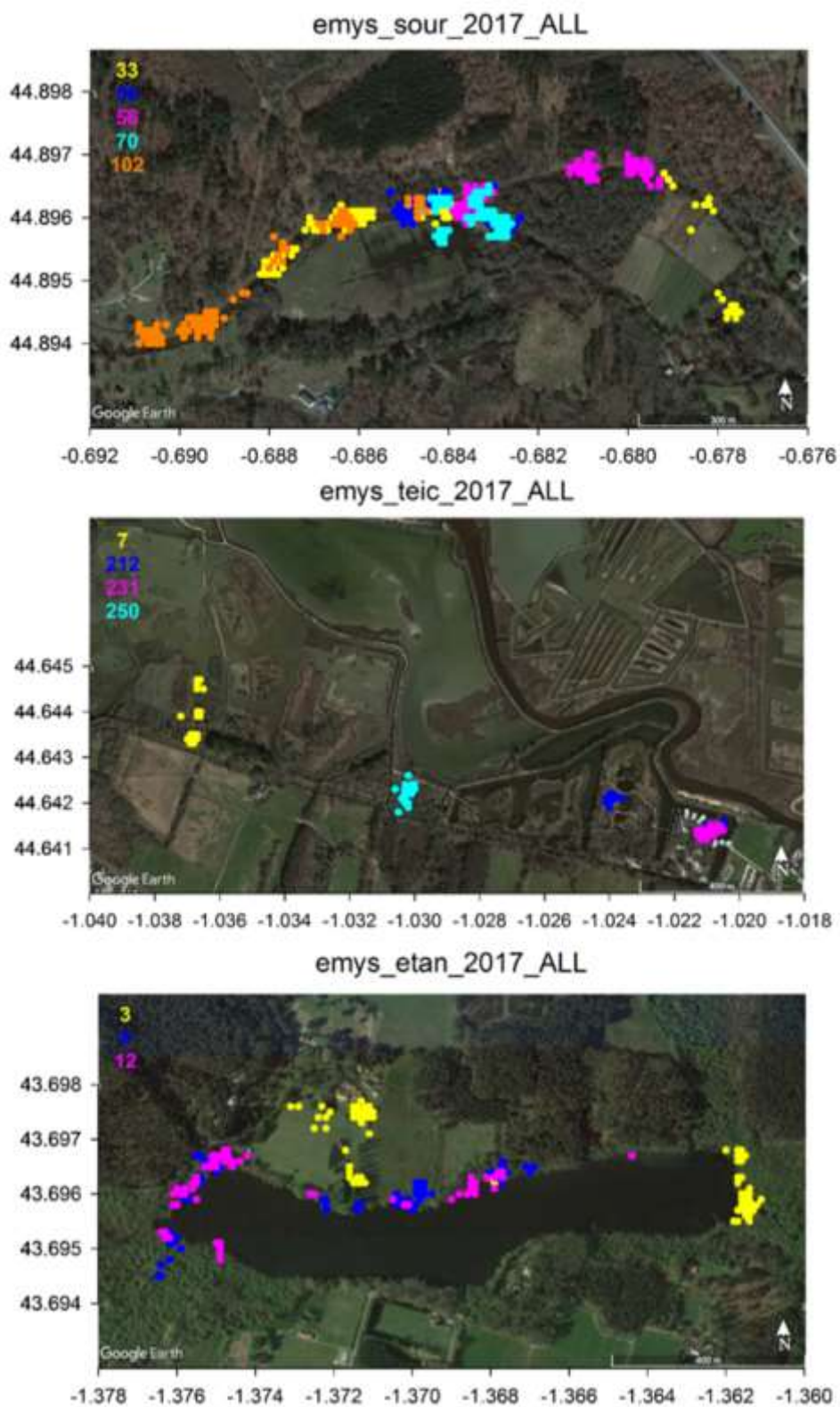


Fig. 193. Situation géographique des positions GPS (diurnes et nocturnes, une couleur par individu) obtenues sur l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe (de haut en bas : Site des Sources, Site du Teich, Site de l'Etang Noir).

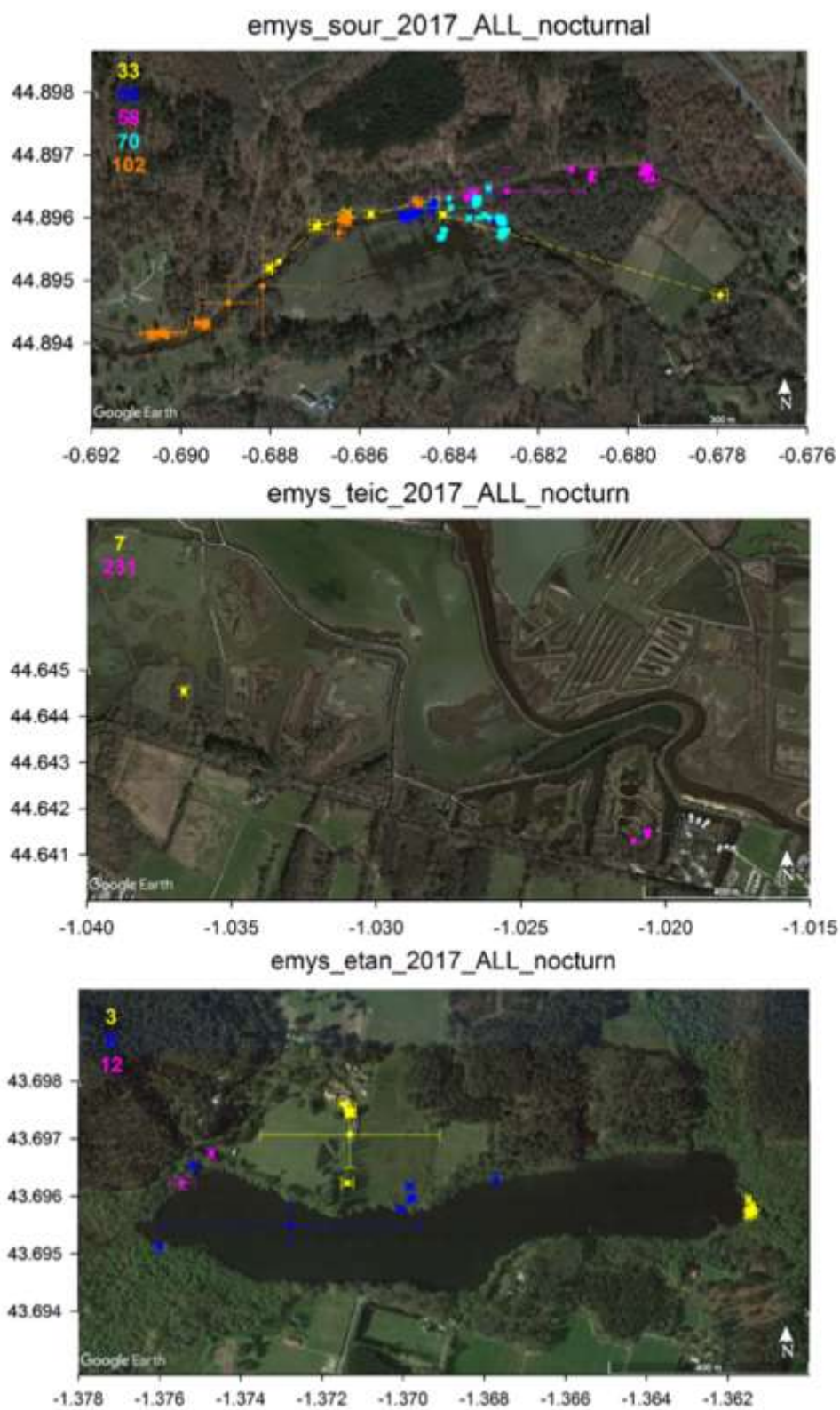


Fig. 194. Situation géographique des positions GPS nocturnes (moyenne \pm ET, une couleur par individu) obtenues sur l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe (de haut en bas : Site des Sources, Site du Teich, Site de l'Etang Noir).

• *Estimation des évènements de pontes probables*

L'analyse fine des données GPS nocturnes a permis d'identifier les évènements de pontes probables, de les dater et de les localiser (plusieurs positions GPS étant obtenues lors d'une nuit donnée, une position moyenne \pm écart-type est calculée). A l'exception des cistudes 212 et 250 du Teich, toutes les cistudes (soit 83%) ont présenté des comportements émergés nocturnes, suggérant qu'elles ont tenté de pondre. L'interprétation des données des cistudes 56 et 102 du site des Sources est délicate et ne permet pas, à ce stade du développement de l'analyse, de conclure à d'éventuelles pontes. Parmi les 8 cistudes ayant probablement pondu, les cistudes 33, 58 et 70 du Site des Sources semblent avoir pondu à deux reprises sur des zones plus ou moins éloignées (Tab. XCII).

Tab. XCII. Estimation (dates de montée et position [moyenne \pm Ecart-Type]) des évènements de pontes probables lors des campagnes de relevés de l'habitat zones humides dans le cadre du suivi de la Cistude d'Europe

Site	Identité	Taille (cm)	Date	Latitude (°)	Longitude (°)
sour	33	143	21/06/17	44,89606 \pm 0,00005	-0,68574 \pm 0,00005
sour	33	143	09/07/17	44,89530 \pm 0,00000	-0,68780 \pm 0,00000
sour	56	160	?		
sour	58	145	28/05/17	44,89670 \pm 0,00000	-0,67970 \pm 0,00000
sour	58	145	14/06/17	44,89649 \pm 0,00003	-0,68310 \pm 0,00000
sour	70	144	18/05/17	44,89630 \pm 0,00000	-0,68400 \pm 0,00000
sour	70	144	01/07/17	44,89570 \pm 0,00000	-0,68285 \pm 0,00005
sour	102	144	?		
teic	7	153	21/06/17	44,64455 \pm 0,00008	-1,03665 \pm 0,00008
teic	212	154	Pas de ponte		
teic	231	145	28/05/17	44,64144 \pm 0,00005	-1,02061 \pm 0,00004
teic	250	145	Pas de ponte		
etan	3	164	25/05/17	43,69576 \pm 0,00005	-1,36143 \pm 0,00005
etan	8	162	30/05/17	43,69629 \pm 0,00011	-1,36770 \pm 0,00000
etan	12	140	10/06/17	43,69674 \pm 0,00007	-1,37472 \pm 0,00007

5.11.3 Discussion

Cette étude préliminaire a permis de prouver la faisabilité, à partir d'un protocole original (Georges & Roy, soumis), d'une étude multi-sites de la phénologie de la reproduction et des sites de ponte chez la Cistude d'Europe. Plus précisément, les 3 objectifs initiaux ont été atteints :

– **des pontes ont été détectées.** En 2017, les pontes se sont étalées du 18 mai au 9 juillet. Ces dates sont en cohérence avec les observations historiques dans la région (PRIOL, 2009). Le suivi individuel a permis d'identifier 3 individus ayant réalisé des double-pontes probables. Les effectifs limités ne permettent pas de tester un éventuel lien entre double-ponte et taille des femelles. Le fait que ces double-pontes n'aient été observées que sur le seul site des Sources en 2017 soulève la question de l'éventuelle contribution génétique au phénomène : une **étude de la génétique des populations** pourrait permettre de distinguer la contribution des caractéristiques génétiques (type français versus ibérique, ces dernières étant supposées faire plus de pontes de petite taille) et des caractéristiques individuelles (taille corporelle) sur la phénologie de la reproduction. Le site des Sources est déjà connu pour abriter une population au brassage génétique non négligeable : le milieu courant de la Jalles côtoyant de grandes villes en amont et en aval, des individus extérieurs à la population ont été relâchés par des particuliers au cours des dernières décennies. Il sera donc intéressant de vérifier si ce constat de double-pontes s'observe sur d'autres sites d'études ces prochaines années afin d'établir une corrélation avec la génétique.

– **des zones de vie terrestres (et aquatiques) des cistudes ont été localisées.** Les GPS utilisés dans cette étude permettent d'horodater les positions des animaux émergés (à terre, notamment lors de déplacements, de la dispersion ou encore, chez les femelles, du comportement de ponte, ou en insolation aquatique lorsque le haut de la carapace est hors de l'eau). Le croisement de ces données avec les cartographies des habitats des sites suivis permettra d'identifier des zones de vie terrestres et aquatiques. Cela permettra sur le long terme de caractériser les habitats critiques de l'espèce et d'identifier les risques potentiels liés aux effets du changement climatique sur la modification ou la perte de ces habitats prédits en début de document. A ce jour, il n'existe pas de données équivalentes pour comparer nos résultats sur l'ensemble des sites. Par la suite, pour améliorer les taux de recapture des animaux équipés, des émetteurs VHF doivent être associés aux GPS. Par ailleurs, un **suivi de la température de l'eau et de l'air des habitats critiques à l'aide de sondes autonomes** paraît nécessaire. De plus, les GPS ne fournissant qu'une position par heure sans information sur le comportement des animaux entre deux positions, un **suivi du comportement individuel et de température interne à l'aide d'enregistreurs miniaturisés implantés** paraît nécessaire. Ces enregistreurs implantés ayant une autonomie d'un an, l'analyse combinée des données environnementales (météo, température de l'eau), physiologiques (température interne) et comportementales permettra d'identifier les dates de début/fin de saison d'activité et les stratégies comportementales adoptées par les cistudes face à d'éventuelles variations des conditions thermiques et/ou hydriques représentatives des effets du changement climatique.

– **des sites de ponte ont été localisés.** Ces sites seront également replacés sur les cartes habitats lorsque celles-ci auront été transmises par les partenaires de terrain, afin de caractériser les habitats de ponte et identifier les risques potentiels liés aux effets du changement climatique. A ce jour, il n'existe pas de données équivalentes pour comparer nos résultats sur l'ensemble des sites. Par la suite, un **suivi des conditions thermiques du sol au niveau des nids** paraît nécessaire pour évaluer le sex-ratio des pontes et l'éventuelle féminisation prédite des populations en lien avec le réchauffement climatique. Un **suivi des nids** permettra par ailleurs d'évaluer le succès reproducteur. Si les prochaines



sessions de terrain prouvent la faisabilité de suivre suffisamment de nids localisés par GPS ou par des prospections de terrain, il sera envisageable de débiter un suivi individuel, depuis leur naissance, des jeunes cistudes produites au cours de ce programme et de déterminer *a posteriori*, dès l'apparition des premiers caractères sexuels vers 4-5 ans d'âge, le sex-ratio effectif, en lien avec les conditions d'incubation.