



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Service du Patrimoine Naturel Muséum national d'Histoire naturelle

Pierre Alexis Rault



Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann sur la propriété du Domaine de Bouis

-Bilan de trois années de suivi-



Rapport SPN

Janvier 2015

Le Service du Patrimoine Naturel (SPN)

Inventorier - Gérer - Analyser - Diffuser

Au sein de la direction de la recherche, de l'expertise et de la valorisation (DIREV), le Service du Patrimoine Naturel développe la mission d'expertise confiée au Muséum national d'Histoire naturelle pour la connaissance et la conservation de la nature. Il a vocation à couvrir l'ensemble de la thématique biodiversité (faune/flore/habitat) et géodiversité au niveau français (terrestre, marine, métropolitaine et ultra-marine). Il est chargé de la mutualisation et de l'optimisation de la collecte, de la synthèse et la diffusion d'informations sur le patrimoine naturel.

Placé à l'interface entre la recherche scientifique et les décideurs, il travaille de façon partenariale avec l'ensemble des acteurs de la biodiversité afin de pouvoir répondre à sa mission de coordination scientifique de l'Inventaire national du Patrimoine naturel (code de l'environnement : L411-5).

Un objectif : contribuer à la conservation de la Nature en mettant les meilleures connaissances à disposition et en développant l'expertise.

En savoir plus : <http://www.mnhn.fr/spn/>

Directeur : Jean-Philippe SIBLET

Directeur adjoint et responsable du pôle Connaissance: Laurent PONCET

Directeur adjoint et responsable du pôle Conservation: Julien TOUROULT

INPN

Inventaire National
du Patrimoine Naturel



Porté par le SPN, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du SINP et de l'Observatoire National de la Biodiversité.

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de mutualiser au niveau national ce qui était jusqu'à présent éparpillé à la fois en métropole comme en outre-mer et aussi bien pour la partie terrestre que pour la partie marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance, l'expertise et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : <http://inpn.mnhn.fr>

Convention Service du Patrimoine Naturel / Fondation d'Entreprise du Golf de Vidauban pour l'Environnement

Le Service du Patrimoine Naturel (SPN) du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) a été missionné par la Fondation d'Entreprise du Golf de Vidauban pour l'Environnement (FEGVE) afin de réaliser une étude sur 5 ans. Cette étude vise à caractériser la biodiversité inhérente au site du bois de Bouis ainsi que les enjeux associés, et à la comparer avec des écosystèmes de référence. Ainsi, l'étude devra rendre compte de la place du site dans un contexte plus globale (Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures, Trame Verte et Bleue). En outre, le SPN sera force de proposition quant aux mesures de gestion à mettre en place en faveur de la préservation de la biodiversité du site. Des indicateurs seront élaborés et/ou adaptés pour suivre l'efficacité de celles-ci. Enfin, une attention particulière devra être attachée à la réalisation de documents à destination du grand public.

Etude réalisée pour :

Fondation d'entreprise du Golf de Vidauban pour l'environnement
Golf de Vidauban, RD72
83550, Vidauban

Etude réalisée par :

Muséum National d'Histoire Naturelle
Service du Patrimoine Naturel
57 rue Cuvier – CP 41
75005 PARIS

Rédacteur :

Pierre- Alexis Rault, Chargé de mission (e-mail: parault@mnhn.fr)

Responsable scientifique :

Jean Philippe Sibley, directeur du Service du Patrimoine Naturel

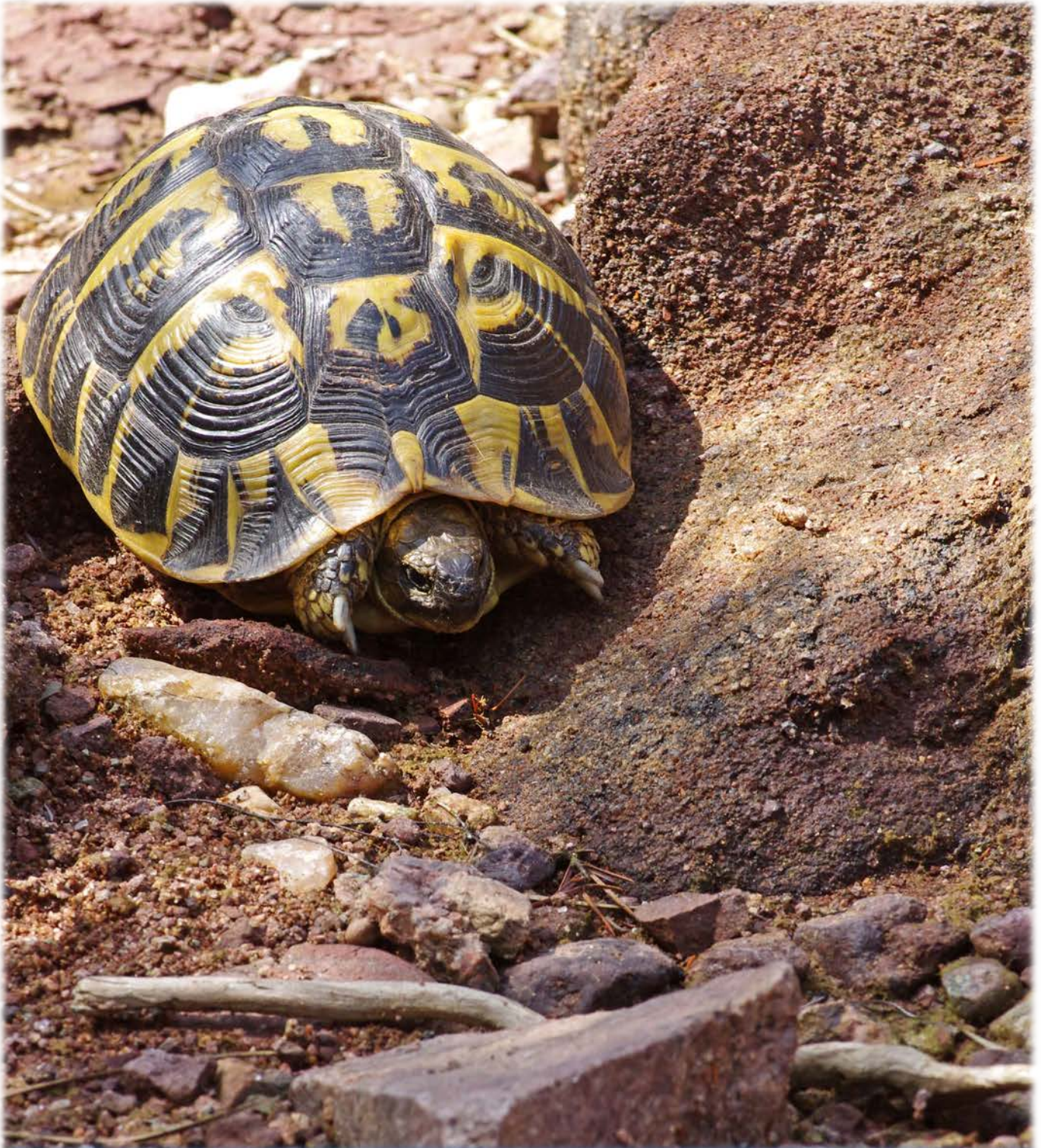
Relecture :

Katia Herard

Crédit photographique : Pierre Alexis Rault

1^{ère} de couverture : vue sur le site et Tortue d'Hermann *Testudo Hermannii* Gmelin, 1789

4^{ème} de couverture : vue sur le site et Tortue d'Hermann *Testudo Hermannii* Gmelin, 1789



Remerciements :

Je remercie toute l'équipe de la Fondation d'entreprise du golf de Vidauban pour l'environnement, ainsi que le personnel du parcours de golf pour leur accueil et leur implication dans le projet, et les trois étudiants, sans qui cette étude n'aurait pas pu aboutir (Michaël Latocha, Elfie Corfa et Yoann Prioul). Un grand merci également à l'équipe du CEFE-EPHE : à Marc CHEYLAN pour ses nombreux conseils et sa disponibilité, ainsi qu'à Guillaume ASTRUC et Thibaut COUTURIER, et leurs stagiaires. Enfin, je tenais à remercier la Réserve naturelle nationale de la Plaine des Maures, son directeur scientifique, Dominique GUICHETEAU, et son conseil scientifique, ainsi que la SOPTOM et notamment Stéphane GAGNO.

Référence :

Rault PA (2015). Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann sur la propriété du Domaine de Bouis. Bilan de trois années de suivi. Rapport MNHN-SPN, 33 p.

Table des matières

Table des figures.....	6
1. Introduction.....	7
2. La Tortue d’Hermann.	10
3. Matériels et méthodes.....	14
3-1. Le site d’étude.	14
.....	15
3-2. Evaluation de l’état de conservation de la Tortue d’Hermann dans l’enceinte du parcours de golf.	17
3-2-1.Méthode de « Capture-Marquage-Recapture » (CMR).	17
3-2-2. Stratégie d’échantillonnage.....	17
3-2-3. Analyse des données.....	19
3-3. Autres données.....	20
4. Résultats et discussion.	21
4-1. Evaluation de l’état de conservation de la Tortue d’Hermann dans l’enceinte du parcours de golf.	21
Description du jeu de données :	21
Capacité d'accueil du site :	24
Caractéristiques démographiques des deux populations :	28
4-3. Données hors protocole de CMR.....	30
5. Conclusions et perspectives.	31
Bibliographie.....	32

Table des figures

Figure 1 : Répartition géographique des deux sous-espèces de <i>Testudo hermanni</i> : en rouge <i>T. h. hermanni</i> et en bleu <i>T. h. boettgeri</i> (Couturier, 2011).....	10
Figure 2 : Extension historique et actuelle de la Tortue d'Hermann en France (Cheylan <i>et al.</i> , 2009). 10	
Figure 3 : Différence de forme et de coloration entre <i>Testudo hermanni hermanni</i> (à gauche) et <i>Testudo hermanni boettgeri</i> (à droite). (Cheylan <i>et al.</i> , 2009).....	11
Figure 4 : Tortue d'Hermann en lisière d'un massif de bruyère arborescente, assurant sa thermorégulation	11
Figure 5 : Ligne de croissance (à gauche : adulte ; à droite : vieil adulte)	12
Figure 6 : Alimentation.....	12
Figure 8 : Incendie de 2003	14
Figure 7 : Propriété du Bois de Bouis.....	14
Figure 9 : Périmètres réglementaire et domaine de Bouis	15
Figure 10 : Secteurs débroussaillés en novembre 2013.	16
Figure 11 : Prise de vue au centre de la zone débroussaillée de la partie Nord avant (en haut, 06 novembre 2013) et après (en bas, 19 mars 2014) intervention.....	16
Figure 12 : Sectorisation des prospections dur le parcours	18
Figure 13 : Cartographie des habitats sur la zone nord du périmètre du parcours	20
Figure 14 : proportion d'individus en fonction du nombre de capture individuel	21
Figure 15 : individus retrouvé mort ou blessé sur le parcours suite aux travaux de débroussaillage...22	
Figure 16 : répartition des sites de ponte prédatés découverts entre 2012 et 2014.....	22
Figure 17 : Proportion du type d'activités observées	23
Figure 18 : prise alimentaire.....	23
Figure 19 : Indice de Jacobs pour chacun des habitats présents dans le secteur Sud du parcours de golf (en négatif l'habitat est parmi les moins occupés, en positif l'habitat est parmi les plus occupés).	24
Figure 20 : Indice de Jacobs pour chacun des habitats présents dans le secteur Nord du parcours de golf (en négatif l'habitat est parmi les moins occupés, en positif l'habitat est parmi les plus occupés).	24
Figure 21 : répartitions des recaptures de part et d'autre des zones de jeu entre 2012 et 2014.....	25
Figure 22 : individu G042 traversant les espaces de jeu.	26
Figure 23 : représentation de l'indice de Jacob pour chaque habitat.	27
Figure 24 : répartition des observations de <i>Testudo hermanni</i> lors du suivi par CMR de 2012 à 2014.	29
Figure 25 : répartition des observations réalisées en dehors du protocole de CMR.	30
Tableau 1 : Exemple théorique d'histoire de capture (1=capturé 0=non capturé)	17
Tableau 2 : Nombre d'occasion de capture par année pour chaque partie du Parcours	17
Tableau 3 : proportion de surface d'habitat par catégorie de l'indice de Jacob calculé pour chaque partie du parcours	27



1. Introduction.

Contexte et objectifs

Espèce emblématique du paysage méditerranéen européen et seule tortue terrestre de France, la Tortue d'Hermann *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 est en fort déclin sur l'ensemble de son aire de répartition (Cheylan *et al.*, 2009). Pressions urbanistiques, changements de pratiques agricoles (abandon d'activités traditionnelles, intensification des cultures, mécanisation des techniques), incendies (notamment fréquence accrue des régimes de feu), prélèvements, prédateurs sont autant de menaces pesant sur cette espèce. La perte et la dégradation de ses habitats demeurent la principale cause de son déclin (Couturier, 2011). En France, elle ne subsiste plus qu'en Corse, où l'on trouve encore de belles populations, et dans le Var, où la situation de l'espèce est plus critique (Cheylan, 2010). Dans ce département, le principal noyau populationnel se situe dans la Plaine des Maures (Cheylan, 2004).

Sollicité par la Fondation d'Entreprise du Golf de Vidauban pour l'Environnement (FEGVE), la Société d'Histoire naturelle Alcide-d'Orbigny (SHNAO) a réalisé plusieurs études sur le domaine du bois de Bouis entre 2007 et 2009. L'une d'entre elles portait sur la Tortue d'Hermann, l'objectif étant d'établir un état de référence de la population sur le Domaine. Les prospections ont été réalisées sur l'ensemble du domaine à raison d'une dizaine de jours par an. La recherche d'individus avait lieu toute la journée en insistant sur les périodes d'activité maximale de l'espèce. A chaque contact, le sexe et l'âge des individus étaient relevés. L'identification des individus était réalisée par photographie de la carapace et du plastron. Un catalogue a ainsi été réalisé, permettant l'identification de 66 individus. Selon cette étude, l'espèce semble plutôt répartie sur une surface d'environ 250 ha au niveau du parcours de golf et de sa proche périphérie (500 m de distance) (Boitier, 2010) ; aucun individu n'ayant été contacté au-delà pendant la durée de l'étude. Toujours d'après cette même étude, la distribution des individus y est très inégale. Des densités plus importantes ont été observées dans le sud-ouest de cette zone, dans un secteur de vignes abandonnées (proche du hameau de Bérard), alors que très peu d'individus avaient été contactés dans l'enceinte du parcours de golf. Six sites de pontes ont également été découverts lors de ces 3 années d'études. Ces éléments fournissent une base de travail, mais ne permettent pas de conclure quant à la viabilité des populations présentes. Outre les recommandations de gestion, l'auteur propose un suivi global de la Tortue d'Hermann à raison d'un inventaire général d'une année tous les 5 ans, mais préconise également d'approfondir les recherches sur le secteur où les densités sont les plus élevées (affiner l'analyse des effectifs et de la répartition des individus, axer les recherches sur la compréhension de l'utilisation de l'espace, chercher et protéger les zones de pontes).

A partir de ces résultats, nous avons souhaité approfondir les connaissances concernant cette espèce sur le domaine de Bouis ; l'objectif étant d'évaluer l'état de conservation de la population, puis, sur cette base, d'accompagner la structure propriétaire dans ses choix de gestion. Cette nouvelle étude se déroulera sur la durée de la convention entre le SPN/MNHN et la FEGVE (2012-2016). Elle s'intègre parfaitement aux programmes, encore en place à ces débuts, en France pour la conservation de l'espèce : un des objectifs du Plan national d'action (2009-2014) en faveur de la Tortue d'Hermann est en effet d'augmenter les connaissances portant sur les populations et les habitats de cette espèce afin de mieux cibler les actions de conservation (Cheylan *et al.*, 2009).





Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann dans l'enceinte du parcours de golf :

Bien que l'étude menée entre 2007 et 2009 préconise d'accentuer les travaux à l'extérieur du parcours, il nous est apparu pertinent d'évaluer dans un premier temps l'impact du parcours lui-même sur la Tortue d'Hermann. En effet, ce secteur, divisé en deux parties clôturées, est le plus susceptible d'être impacté au sein du domaine. Dans ce sens, les efforts d'échantillonnage seront concentrés sur cette zone.

L'étude descriptive des populations est essentielle dans la mise en place de programme de conservation d'espèces menacées. En effet, comprendre les variations d'effectifs de populations et identifier les différents processus qui les affectent, permettent de mieux appréhender l'évolution de ces populations. Ainsi, la méthode dite de « capture-marquage-recapture » est utilisée lorsque tous les individus d'une population ne sont pas « accessibles » en même temps. Elle permet une approche fine des processus démographiques. Il s'agit de la méthode plus pertinente concernant l'estimation des effectifs pour cette espèce (Couturier, 2011).

Les différentes variables récoltées, ainsi que la cartographie fine des habitats du parcours, devraient nous permettre à terme :

- (1) d'évaluer l'intérêt du site pour l'espèce (estimation des effectifs),
- (2) de préciser la structure démographique des populations,
- (3) d'évaluer la qualité des habitats et la capacité d'accueil du site (connectivité, fonctionnalité),
- (4) identifier les pressions s'exerçant sur cette population et définir des mesures appropriées pour les réduire.

La première année d'étude (2012) nous a permis d'obtenir une vue d'ensemble de la situation de la Tortue d'Hermann dans l'enceinte du parcours de golf. Il a été constaté une différence importante en termes d'effectif allant du simple au double entre la population Sud et la population Nord. Compte tenu des résultats obtenus, il a été jugé pertinent d'approfondir les investigations pour, d'une part affiner la connaissance de ces populations et, dans un second temps, assurer une meilleure intégration des besoins de cette espèce dans le futur plan de gestion du site. Suite à la seconde année de prospections (2013), plusieurs questions demeurent encore : quels sont les facteurs écologiques, d'origine naturelle ou anthropique, pouvant expliquer la répartition hétérogène de l'espèce sur le site ? Comment expliquer la distribution déséquilibrée observée entre la partie Nord et la partie Sud du parcours ? La population est-elle viable ?

Depuis cette seconde année d'étude (2013), le but est donc de consolider la connaissance des populations du golf. Une réorientation du plan d'échantillonnage a été appliquée. Ainsi, à compter de cette date, l'accent est mis sur une des deux populations chaque année. Au printemps 2013, trois sessions de capture ont eu lieu sur le secteur Sud et huit sur le secteur Nord. En 2014, l'effort d'échantillonnage est principalement focalisé sur la population Sud.

Les résultats présentés dans ce rapport porteront principalement sur l'analyse des paramètres démographiques des deux populations, ainsi que sur l'analyse de l'utilisation des habitats par la Tortue d'Hermann et la potentialité d'accueil du site (surface d'habitats disponibles). Pour ce dernier point, la première approche s'appuiera sur l'utilisation de l'indice de Jacobs permettant de traduire l'utilisation préférentielle des différents types d'habitats par l'espèce. A terme, l'objectif est d'identifier les facteurs environnementaux influençant la répartition des individus sur ce site. Des





réflexions sont engagées sur l'utilisation d'analyses plus précises en complément de l'indice de Jacobs.

Répartition de la Tortue d'Hermann sur le domaine de Bouis :

Aux vues de la taille du site, il n'est pas possible d'étendre le protocole mis en place sur le parcours de golf à l'ensemble du domaine. Cependant, il sera intéressant d'apporter à minima des éléments quant à la répartition de l'espèce sur le domaine (données d'occurrence) en envisageant un protocole adapté hors parcours.

Les données récoltées au cours de cette étude alimenteront également la base de données du laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés de Montpellier (EPHE-CEFE-CNRS).





2. La Tortue d'Hermann.

Répartition :

L'aire de répartition de la Tortue d'Hermann s'étend sur les régions méditerranéennes et subméditerranéennes d'Europe, de l'Espagne à la Turquie. Deux sous-espèces de *Testudo hermanni* se partagent actuellement cet espace : *T. h. hermanni* (Gmelin, 1789) présente en France, Italie, Espagne et sur les grandes îles de la Méditerranée occidentale et *T. h. boettgeri* (Mojsosivics, 1889) cantonnée aux Balkans (figure 1). Cette dernière peut également être rencontrée en France, relâchée ou échappée accidentellement de captivité.



Figure 1 : Répartition géographique des deux sous-espèces de *Testudo hermanni* : en rouge *T. h. hermanni* et en bleu *T. h. boettgeri* (Couturier, 2011).

En France, la tortue d'Hermann occupait autrefois tout le pourtour méditerranéen. Aujourd'hui elle n'est présente qu'en Corse et dans le Var (figure 2). Dans ce dernier département, c'est au sein de la Plaine des Maures que se situe le noyau populationnel le plus important.

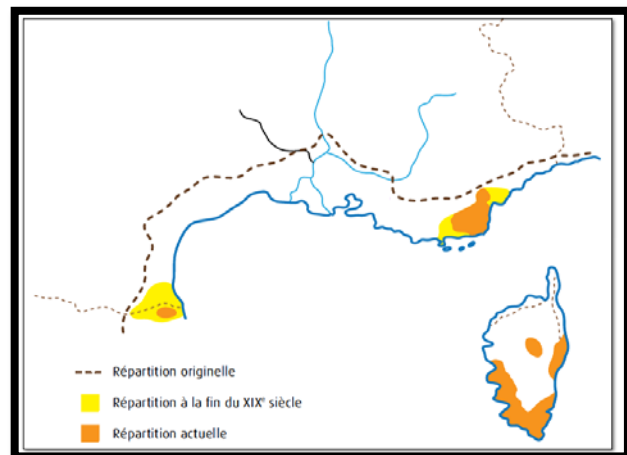


Figure 2 : Extension historique et actuelle de la Tortue d'Hermann en France (Cheylan *et al.*, 2009).

Description :

La tortue d'Hermann est une tortue terrestre de taille moyenne et de coloration jaune et noire. La taille des individus des populations varoises (sous espèces *hermanni*) oscille entre 130 et 179 mm, les mâles (130-149 mm) étant plus petits que les femelles (150-179 mm) (Bertolero *et al.*, 2011). Outre la taille, d'autres caractères dimorphiques apparaissent vers l'âge de 6-7 ans (10 cm) (Bertolero *et al.*, 2011) : chez le mâle, le plastron est plus ou moins concave (plat chez les femelles), la queue plus longue, plus épaisse à la base et pourvu d'un éperon corné terminal bien développé.



La distinction entre les deux sous-espèces, parfois délicate notamment du fait de possibles cas d'hybridation, se fait par un examen (figure 3) :

- Des dessins ventraux. Chez *T. hermanni hermanni*, deux lignes continues noires séparées par une zone plus claire au niveau de la suture médiane sont bien visible sur le plastron, alors que la sous espèce balkanique présente des dessins plus diffus ;
- Des sutures pectorale et fémorale, normalement plus longue que la première chez la sous-espèce occidentale et inversement pour l'orientale ;
- De la forme de la carapace plus trapézoïdale chez la sous-espèce *boettgeri*

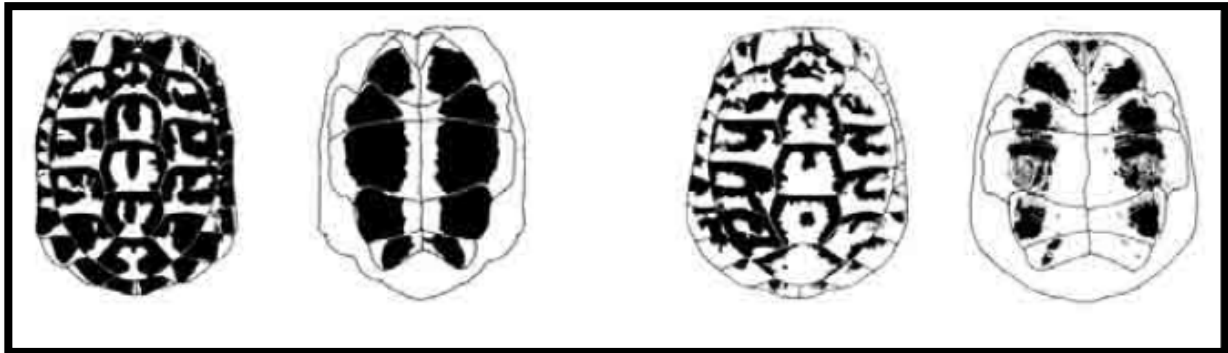


Figure 3 : Différence de forme et de coloration entre *Testudo hermanni hermanni* (à gauche) et *Testudo hermanni boettgeri* (à droite). (Cheylan *et al.*, 2009)

Biologie :

Activité. Comme la plupart des reptiles non aviens de régions tempérées, le rythme d'activité de la Tortue d'Hermann est dictés par les saisons. Sa période d'activité s'étend de la mi-mars à la mi-novembre. Les femelles sont plus actives en période de gestation (mai-juin), tandis que les mâles le sont plus en mars-avril et l'été (Cheylan, 2010). Les jeunes tortues sont quant à elles nettement moins actives de façon générale. Espèce exclusivement diurne dont l'activité dépend essentiellement des conditions météorologiques, elle sera plus active en début de journée au printemps et en automne (Couturier, 2011). L'activité de thermorégulation représente 60 % de son activité journalière (Cheylan, 2010) (figure 4). A partir d'une température de l'air environnant de 16°C, l'activité se développe, pour un *preferendum* thermique se situant entre 25°C et 30°C. Elle peut tolérer des températures maximales de l'ordre de 38-39°C. Lorsque les températures sont trop élevées, les individus diminuent leur rythme d'activité journalier, notamment en juillet-août (Cheylan *et al.*, 2009).



Figure 4 : Tortue d'Hermann en lisière d'un massif de bruyère arborescente, assurant sa thermorégulation





Reproduction. En Provence, la maturité sexuelle est tardive et se situe vers 11 ans pour les mâles et 11 ans et demi pour les femelles (Cheylan, 2010). Bien que pouvant avoir lieu tout au long de la période d'activité, on enregistre des pics d'accouplement au printemps et en fin d'été. Les femelles peuvent parcourir jusqu'à 200-300 m pour rejoindre un site de ponte entre début mai et début juillet. Bien souvent, on observe des concentrations de pontes importantes dans un espace réduit sur certains sites favorables c'est-à-dire dégagées, bien drainées et bien ensoleillées (Cheylan, 2010). Ces concentrations de pontes sont également le résultat de la dégradation et la perte d'habitats de l'espèce. Dans ces conditions, l'impact de la prédation peut être accru. Une femelle déposera en moyenne 4,2 œufs par an en Provence. Après une durée moyenne de 97 jours d'incubation (90 à 124 jours), l'éclosion a lieu lors des premières pluies de fin d'été, entre fin août et octobre, avec un pic de mi-septembre à mi-octobre (Couturier, 2011). Les taux d'éclosion sont proches de 90% sans prédation.

Longévité et survie. Dans la nature, les tortues d'Hermann peuvent atteindre l'âge de 50 ans (1%) (Cheylan, 2010). Les lignes de croissance permettent de déterminer l'âge des individus jusqu'à la maturité sexuelle (figure 6). Chez les vieux individus, ces lignes de croissance ne sont plus visibles ; les écailles sont lisses.

Tandis que le taux de survie annuelle est proche de 1 pour les adultes, il est d'environ 0,5 pour les juvéniles (0 à 2 ans) et de 0,8 pour les immatures (3 à 10 ans) (Cheylan, 2010). La mortalité au stade œuf varie entre 48% et 71% dans la plaine de Maures (Cheylan *et al.*, 2009).

Cette forte mortalité s'explique par une prédation qui se voit accentuée sur les sites où l'on observe d'importantes concentrations de pontes. Les faibles taux de survie des œufs et juvéniles sont compensés par la grande longévité et la forte survie des adultes. De ce fait, une mortalité accrue de cette classe d'âge est extrêmement préjudiciable au bon maintien de l'équilibre démographique des populations.

Régime alimentaire. Bien que principalement herbivore, le régime alimentaire de la Tortue d'Hermann se révèle être assez varié selon la période de l'année et les ressources disponibles avec une prédilection pour les espèces végétales appartenant aux familles des Astéracées, Fabacées et Poacées (Soler *et al.*, 2012). Dans une moindre mesure, elle consomme aussi des invertébrés ainsi que des cadavres de vertébrés et des excréments de mammifères. Les champignons et fruits sont également appréciés. Le large spectre alimentaire de la tortue semble refléter son comportement opportuniste, ne négligeant aucune ressource alimentaire facilement accessible (Gagno *et al.*, 2012).



Figure 5 : Ligne de croissance (à gauche : adulte ; à droite : vieil adulte)

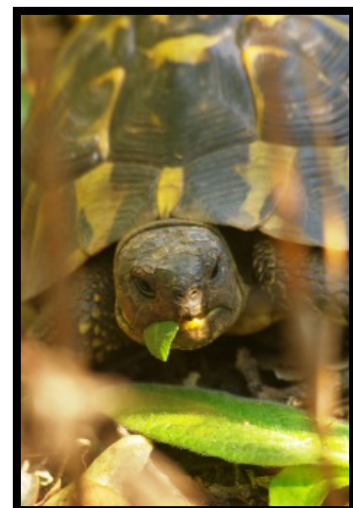


Figure 6 : Alimentation





Ecologie :

Habitat. On la rencontre principalement au sein de formations semi-ouvertes, type mosaïques de maquis et pelouses ouvertes. Cependant, elle fréquente une large gamme d'habitats, allant des formations forestières plus ou moins claires aux habitats dunaires côtiers, mais aussi des milieux plus anthropisés, tel que des pâtures ou des cultures, à conditions que le travail de ces dernières ne soit pas trop mécanisé. En revanche, elle fuit les secteurs trop artificialisés (tissu urbain notamment). De récents travaux (Couturier, 2011) suggèrent que l'espèce présente une bonne plasticité en termes de sélection d'habitats ; la stratégie adoptée à cet égard est adaptée suivant le contexte paysager dans lequel se trouvent les individus.

De façon générale, au cours de son cycle annuel d'activité, la tortue d'Hermann exploite différents habitats. En période hivernale, elle choisira un secteur bien drainé où les conditions thermiques et hygrométriques seront favorables à l'hivernation. La tortue passera alors l'hiver légèrement enterrée dans la litière du sol à proximité de buisson ou de rocher. Le sommet de sa carapace affleure dans bien des cas, la rendant notamment vulnérable au débroussaillage mécanique. A l'inverse, durant la saison la plus chaude, elles auront tendances à se rapprocher de stations plus fraîches. Il a été montré que la présence de cours d'eau n'a pas d'influence sur l'abondance ou l'occurrence de l'espèce en Provence. Cependant, certains éléments laissent supposer que l'accessibilité à une source d'eau, notamment durant les mois les plus secs, pourrait avoir un impact sur la *fitness* des individus (Couturier, 2011).

Domaine vital et mobilité. Espèce peu territorial, la tortue d'Hermann n'en demeure pas moins très attachée à son domaine vital. Celui-ci, toujours supérieur chez les femelles par rapport à celui des mâles (Cheylan, 2010), mesure en moyenne 1 ou 2 ha (Couturier, 2011), mais parfois plus (4,6 ha chez les mâles et jusqu'à 7,4 ha chez les femelles, Mazzotti *et al.*, 2002). En moyenne, les déplacements journaliers sont de l'ordre de 80 m, mais peuvent atteindre jusqu'à 450m (Cheylan, 2010). Ces déplacements concernent principalement la recherche alimentaire, le changement d'habitat entre les saisons et la reproduction (recherche de partenaire, ponte). Le contexte paysager semble avoir une influence sur les déplacements ; influence sans doute dû à l'accessibilité des ressources alimentaires, moins dispersées au sein d'une mosaïque d'habitat comprenant des secteurs de végétations herbacées denses (prairie, vignes abandonnées) en comparaison aux zones de maquis (Couturier, 2011).

Prédation. Jusqu'à 95% des pontes peuvent être prédatées sur certains sites du Var (Stubbs & Swingland, 1985 In Couturier, 2011), principalement par la fouine (Cheylan *et al.*, 2009). Dans les Maures, l'explosion des effectifs de sanglier depuis une vingtaine d'années entraîne de gros dégâts, de par leur activité, sur les sites de ponte (Cheylan *et al.*, 2009). Les immatures sont la proie des corvidae, laridae, sanglier, renard, fouine, mais aussi des chiens (Cheylan *et al.*, 2009). Au stade adulte, la prédation par ces derniers ne semble pas négligeable, notamment en périphérie des habitations, bien que l'essentiel concerne les prélèvements par l'Homme à des fins commerciales ou comme « animal de compagnie » (Cheylan *et al.*, 2009). Le rat noir peut également s'attaquer à des individus, principalement pendant la phase hivernale.





3. Matériels et méthodes.

3-1. Le site d'étude.

Sur la commune de Vidauban, la propriété du bois de Bouis (figure 7) se situe à cheval sur la Plaine des Maures et les premiers contreforts du Massif du même nom à l'est. Au sein des 830 ha du domaine, se trouve un parcours de golf de 126 ha, dont 45 ha sont dédiés au jeu (green, fairway, rough et bunker). Celui-ci est divisé en deux parties par la Route Départementale 72 qui le coupe d'est en ouest. De plus, environ 3,5 ha de la partie sud sont recouverts de bâti et jardin (« le hameau »). En tout, ce sont donc 48,5 ha du parcours, soit environ 6% du domaine, qui sont artificialisés. Chacune des deux parties du parcours, de 63 ha, a été clôturée en 2001 afin notamment de protéger les espaces de jeu des sangliers. En 2003, un incendie a ravagé près de 30 ha de zone naturelle à l'ouest du parcours (22,5 ha de la partie nord et 6,5 de la partie sud, figure 8).



Figure 7 : Incendie de 2003

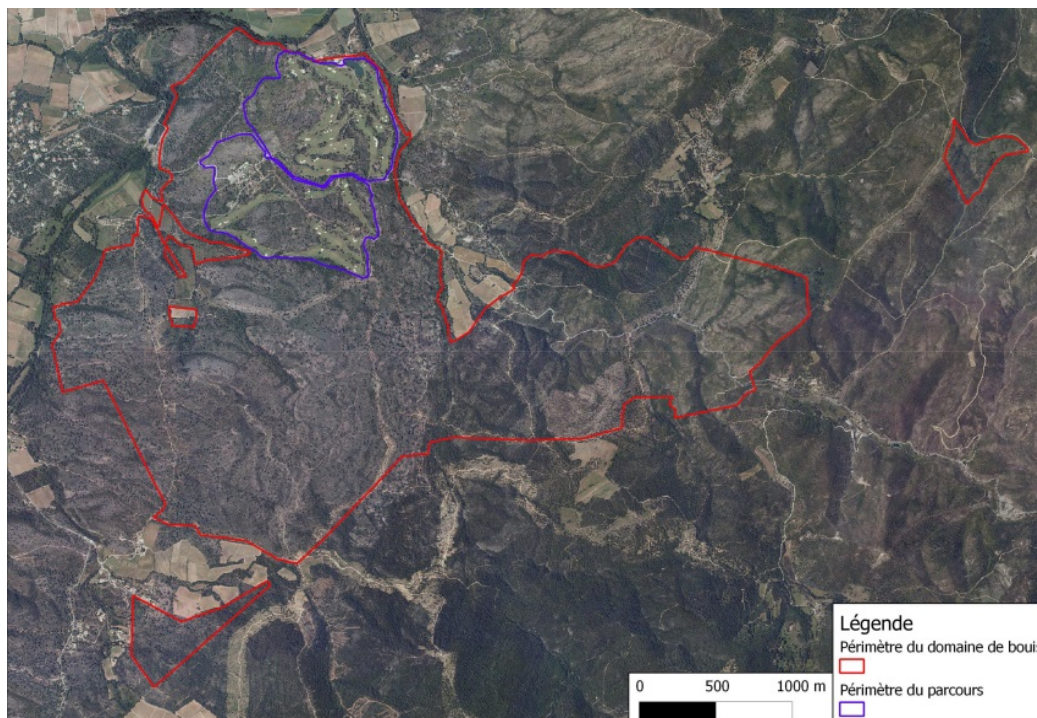


Figure 8 : Propriété du Bois de Bouis

Une partie du domaine (560 ha), dont la quasi-totalité du parcours (110 ha), se trouve au sein du site Natura 2000 FR 9301622 (figure 9). A ce titre, plusieurs parcelles dans l'enceinte clôturée font l'objet de gestion sous contrat N2000. Ces contrats ont pour vocation une gestion intégrée en faveur de la lutte incendie et de la Tortue d'Hermann. De plus, depuis 2009, le périmètre de la Réserve naturelle nationale de la Plaine des Maures englobe également une partie du domaine (460 ha) (figure9).



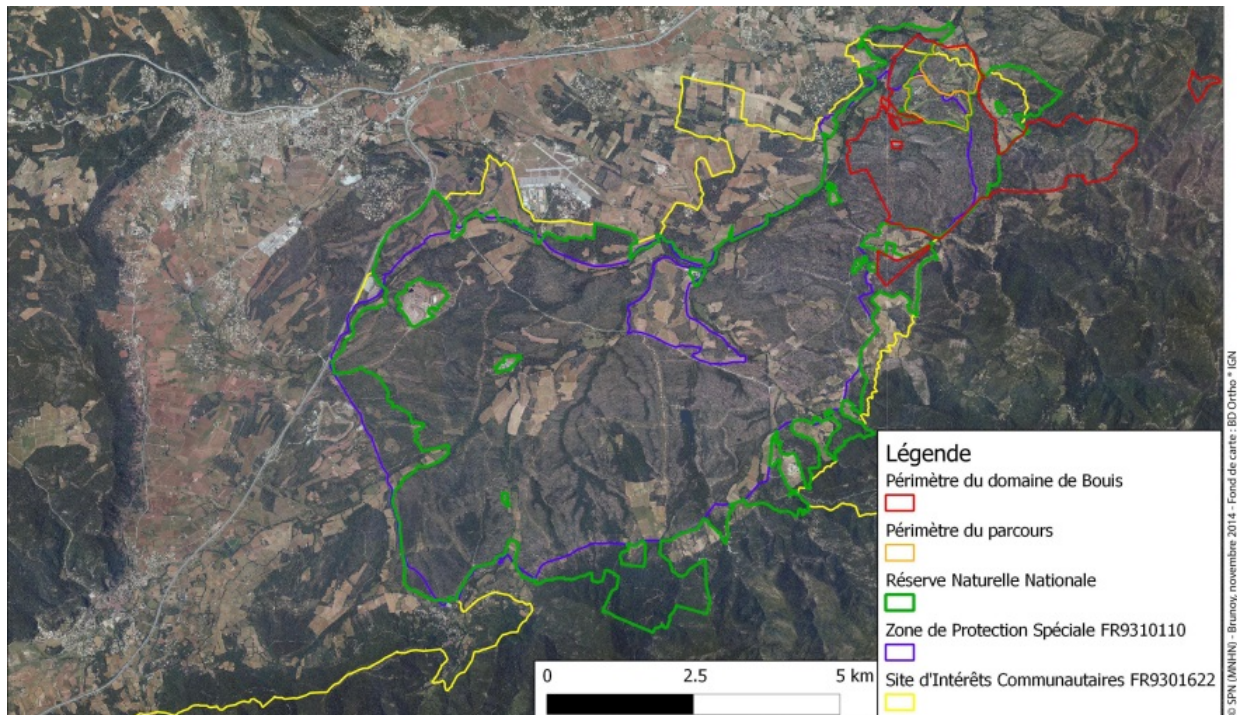


Figure 9 : Périmètres réglementaire et domaine de Bouis

En novembre 2013, d'importants travaux de débroussaillage ont eu lieu sur le parcours (figure 10). Sur la partie Nord du parcours, 20 ha d'espace à caractère naturelle ont été concernés par la création d'un ouvrage DFCl (Défense de la forêt contre les incendies) afin de renforcer le rôle de pare-feu que jouent les zones de jeu. Pour la partie sud, 7,6 ha ont fait l'objet de travaux effectués dans le cadre d'un contrat Natura 2000 (A32305R, anciennement AFH 005). L'objectif de ces travaux est de :

- lutter contre la fermeture du milieu qui rendrait homogène l'ensemble des habitats,
- maintenir les biotopes ouverts favorables aux espèces des milieux ouverts,
- ouvrir des zones de Bruyères ou de Callunes pour amorcer et permettre une pénétration par le cheptel et renforcer ainsi les potentialités pastorales.

Toutes ces opérations ont été uniquement réalisées de façon manuelle ; aucun engin lourd n'a été utilisé, seulement des débrousailluses manuelles. L'ouverture du milieu a été très importante, modifiant fortement la nature des habitats, notamment sur la partie Nord (figure 11). En effet, à l'origine principalement composés de formations structurellement hétérogènes de maquis (maquis haut, maquis bas à cistes), ces espaces sont maintenant très largement dominés par de la végétation rase de type pelouse siliceuse méditerranéenne, et ce, de façon relativement homogène sur de grande surface proportionnellement à la taille du site.



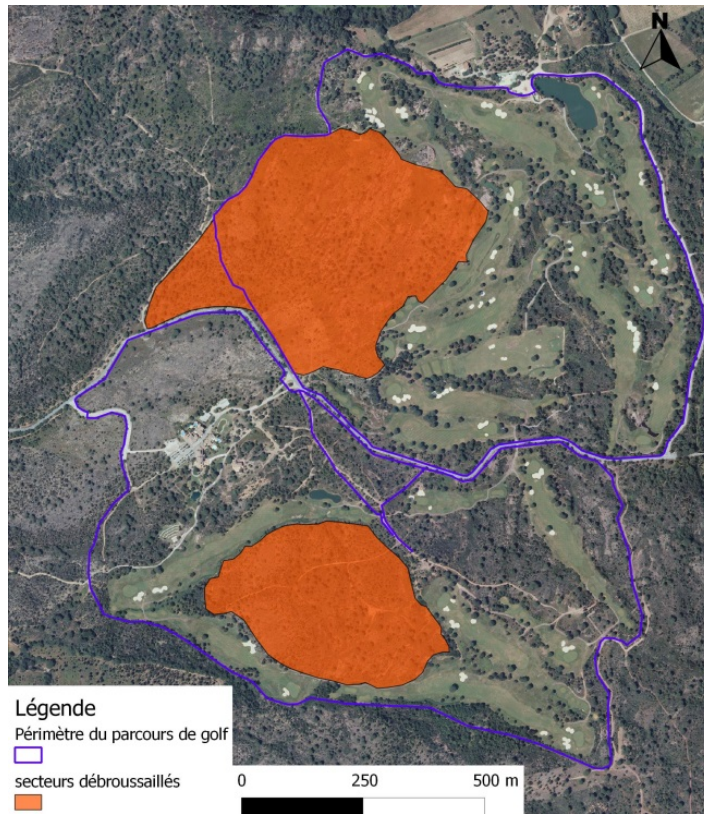


Figure 10 : Secteurs débroussaillés en novembre 2013.



Figure 11 : Prise de vue au centre de la zone débroussaillée de la partie Nord avant (en haut, 06 novembre 2013) et après (en bas, 19 mars 2014) intervention.





3-2. Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann dans l'enceinte du parcours de golf.

3-2-1. Méthode de « Capture-Marquage-Recapture » (CMR).

Cette méthode repose sur trois hypothèses qui doivent être respectées pour que les estimations ne soient pas biaisées (Besnard et Salles, 2010). Tout d'abord, lors des occasions de capture, les prospections doivent être réalisées de façon aléatoire sur l'ensemble du site d'étude. Ensuite, l'identification individuelle doit être immuable et sans erreur. Enfin, la population étudiée doit être « close ». Il ne doit y avoir ni émigration ou immigration, ni natalité ou mortalité entre la première et la dernière occasion de capture.

La CMR est basée sur le suivi individuel d'une partie de la population. Chaque individu observé pour la première fois est identifié par un marquage qui lui est propre. A chaque occasion de capture (dans notre cas, à chaque passage), un individu est soit capturé (1) soit il ne l'est pas (0). Nous obtenons donc des « histoires de capture » individuelles (suite de « 0 » et de « 1 »), c'est-à-dire une succession de présence ou d'absence au cours des occasions de capture (tableau 1). Il est dès lors possible d'estimer la probabilité de détection des individus et ainsi, d'obtenir une estimation des effectifs non-biaisée par la détection.

Tableau 1 : Exemple théorique d'histoire de capture (1=capturé 0=non capturé)

Occasion de capture	1	2	3	...
Individu 1	1	1	0	
Individu 2	1	0	1	
Individu 3	0	0	1	
	:			

3-2-2. Stratégie d'échantillonnage.

Les études récentes sur la Tortue d'Hermann (Couturier, 2011) préconisent un rythme de prospection de 5ha/h, permettant un maximum de contact en un minimum de temps en milieu naturel. Pour les surfaces engazonnées, nous avons estimé que ce rythme de prospection pouvait être plus que doublé (environ 12 ha/h). De plus, les prospections doivent avoir lieu lors du pic d'activité de la Tortue d'Hermann afin de réduire les biais liés à la détection de l'espèce. Elles doivent donc se dérouler dans la matinée lorsque les conditions climatiques sont les plus favorables (pas de pluie, peu de vent, températures clémentes) entre le 15 avril et le 15 juin (période d'activité maximale de l'espèce). C'est donc sur cette base que le protocole est élaboré.

En 2012, sur les 126 ha, 115,5 ha sont prospectés dont les 45 ha de zone de jeu. En effet, le hameau avait été exclu des prospections, ainsi qu'une zone adjacente de 7 ha, sous contrat N2000 et qui a accueilli une vingtaine d'ânes au printemps 2012 à ce titre. Ces 115,5 ha avaient été divisés en 3 secteurs. A partir 2013, le plan d'échantillonnage a été revu afin de permettre de libérer du temps pour d'autres travaux. Chaque partie a été divisée en deux secteurs (figure 12) et l'accent est mis sur une des deux parties une année sur deux (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre d'occasion de capture par année pour chaque partie du Parcours

Année	2012	2013	2014
Partie Nord	8	9	3
Partie Sud	8	2	6

Les prospections ont été réalisées en matinée par deux observateurs. Ces prospections sont effectuées de façon aléatoire sur l'ensemble de chaque secteur et uniquement si les conditions





météorologiques sont favorables à l'activité de la tortue. Il faut donc 2 matinées afin de réaliser un passage complet (occasion de capture) sur l'une des deux parties du parcours.

Lors de chaque capture, sont notés : l'heure de capture, le sexe et la taille de l'individu, une estimation de son âge en se basant sur les lignes de croissance, son activité (déplacement, alimentation, accouplement, parade, thermorégulation directe ou indirecte) et la présence éventuelle de blessures (marques de crocs, brûlures, autres). A chaque nouvelle rencontre, un marquage individualisé est réalisé sur les écailles marginales en utilisant une scie à métaux, voir une lime ou un cutter pour les jeunes individus (Couturier, 2011). Un marquage temporaire au feutre indélébile, reprenant le code affecté à l'animal, est effectué afin de réduire le temps de manipulation des individus déjà capturés au cours d'une même saison. Tous les contacts font l'objet d'une localisation par GPS.

Les temps de manipulations sont réduits au strict nécessaire (maximum 10 min) et sous couvert d'une demande d'autorisation de capture.

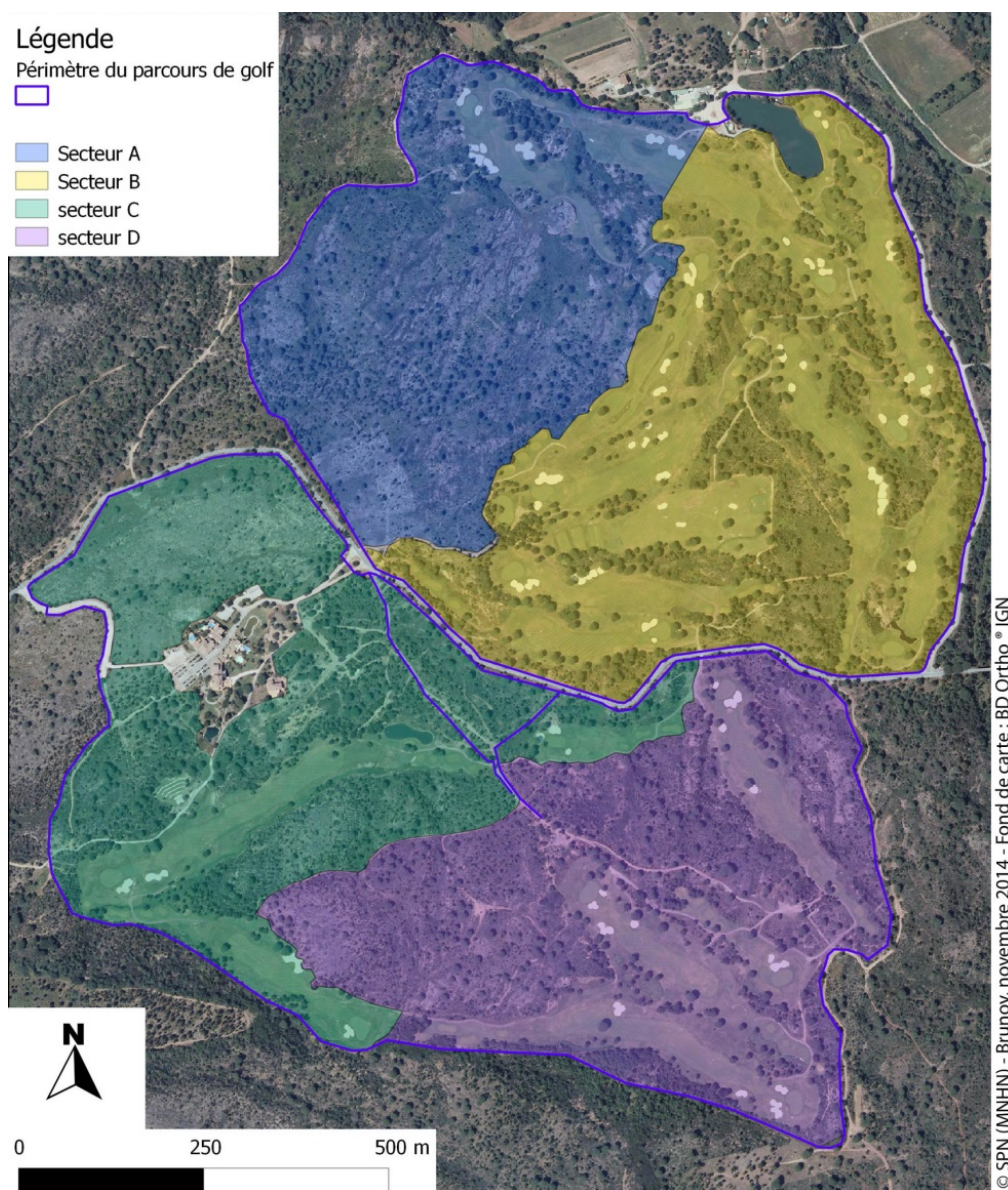


Figure 12 : Sectorisation des prospections dur le parcours





3-2-3. Analyse des données.

Paramètres démographiques :

Afin de pouvoir définir le mode de traitement des données issu de CMR, il est nécessaire de préciser au préalable si la population est dite « fermée » (aucun mouvement de population, pas de mortalité, ni natalité importante entre la première et la dernière session) ou non. Le test est effectué à l'aide du logiciel CloseTest v.3.

Les données de CMR sont ensuite traitées à l'aide du programme « capture » du logiciel MARK 6.1 en utilisant des modèles de type « closed-capture ». Pour l'estimation des effectifs, les individus inférieurs à 100 mm, moins détectables, sont exclus des analyses afin d'éviter de générer de l'hétérogénéité dans la probabilité de détection.

Sélection de l'habitat préférentiel :

Afin d'identifier les habitats utilisés par la Tortue d'Hermann sur le site lors de la période d'étude, nous avons utilisé l'indice de Jacobs (1974) qui permet d'évaluer la sélection d'un habitat i par l'animal. La valeur de cet indice, attribuée à chaque habitat présent dans la zone, varie entre -1 (évitement) et +1 (préférence).

$$\text{Indice de Jacob pour l'habitat } i : J_i = \frac{X_i - Y_i}{X_i + Y_i}$$

X_i est la fréquence des tortues trouvées dans le milieu i sur la totalité des tortues contactées.

Y_i est la fréquence du milieu i sur la totalité de la zone d'étude.

Pour calculer cet indice, l'habitat dans lequel l'observation a été réalisée est déterminé à partir de la cartographie des habitats réalisée sur le site en 2012 (figure 13). Le site étant principalement composé de pinèdes à Pins parasol ouvertes (recouvrement entre 10 et 40% -FAO, 1998-), nous avons pris le parti, pour cette cartographie, de décrire les habitats de sous-bois, sauf si le couvert de la strate arboré dépasse 40 %. De plus, pour simplifier les analyses, seul l'habitat dominant a été pris en compte. Parmi les milieux artificialisés, nous regrouperons sous l'expression zones de jeu, le green, zone de départ et d'arrivée où l'herbe est très rase, le fairway, zone d'herbe basse séparant le départ et l'arrivée, le rough, zone d'herbe plus haute et plus dense bordant le fairway, et les bunker, zones sableuses. Parmi les zones naturelles, se trouvent des formations ouvertes, des zones rocheuses, des formations buissonnantes (maquis haut, maquis à Cistes et maquis bas), et des formations forestières telles que des bois à Chênes verts, lièges et pubescents, ou des bois mixtes et peu denses de Chênes et Pin parasols. La zone abrite également des milieux plus ou moins humides, (phragmitaie, boisement humide et prairie humide).

Le calcul de cet indice ne prendra en compte que les résultats des deux premières années d'études, 2012 et 2013. En effet, les importants travaux de débroussaillments réalisés en novembre 2013 (voir 3-1. *le site d'étude*) ont fortement modifié la nature des habitats. Les Tortues d'Hermann étant très fidèles à leur domaine vital, la réponse à une telle perturbation n'est pas immédiate, voir absente. La prise en compte des données de suivi de 2014 engendrerait un biais dans le calcul de l'indice et dans l'analyse des résultats.



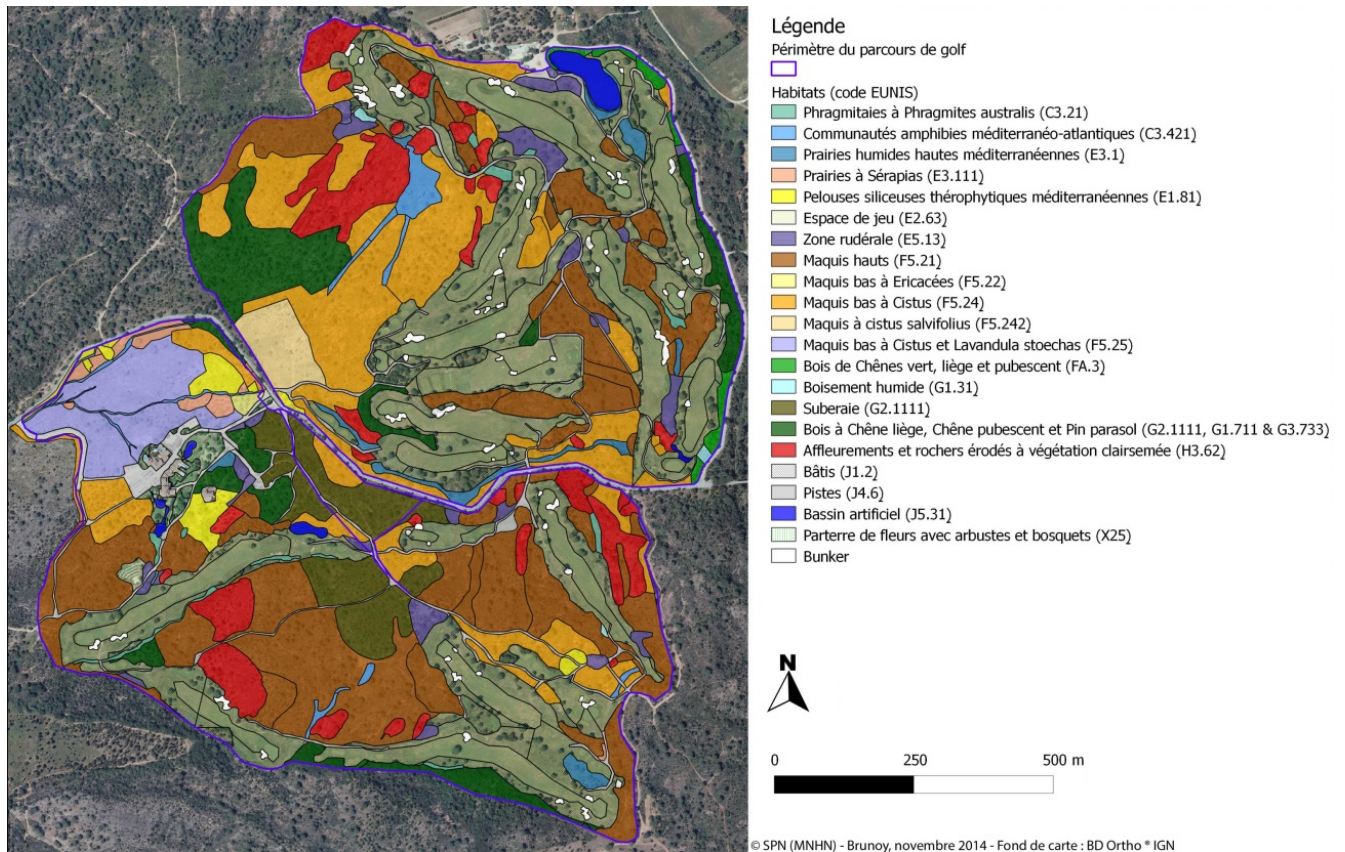
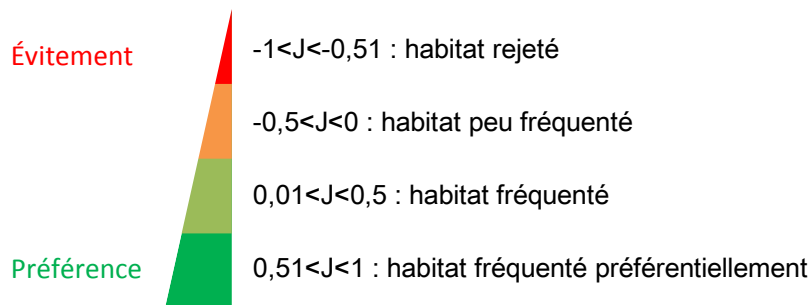


Figure 13 : Cartographie des habitats sur la zone nord du périmètre du parcours

Une fois le calcul de l'indice effectué pour chaque habitat, les résultats seront présentés sous forme de cartographie (figure 22), afin d'évaluer les secteurs à enjeux pour l'espèce. Pour faciliter la lecture de l'indice via la représentation cartographique, il a été choisi de différencier 4 classes, dont les seuils ont été déterminés à partir des résultats obtenus, de la façon suivante :



3-3. Autres données.

Au-delà des observations issues du protocole de CMR, des données ont été collectées sur l'espèce lors d'autres études mise en place aussi bien sur le Parcours que sur le reste du domaine ou de façon ponctuelle par les usagers du site. Toutes les données sont présentées et analysées sans traitement statistique particulier. Cependant, les informations concernant les individus identifiés sur le Parcours seront utilisées pour analyser les déplacements.





4. Résultats et discussion.

4-1. Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann dans l'enceinte du parcours de golf.

Description du jeu de données :

Au cours des trois années de suivi par la méthode de CMR, 262 observations ont été réalisées. Parmi elles, un individu, vu en 2012 sur la partie nord du Parcours, a été identifié après coup sur photo, comme un hybride de *T. h. hermanni* et de *T. h. boettgeri* (Gagno, com. pers.). Au nord, sur les 193 observations, 101 individus ont été identifiés. 15 observations concernaient des individus de moins de 100 mm. Au sud, 44 individus ont été marqués pour 68 observations dont 3 d'individus de moins de 100 mm. Parmi ces 44 individus, près des 2/3 n'ont été capturés qu'une seule fois.

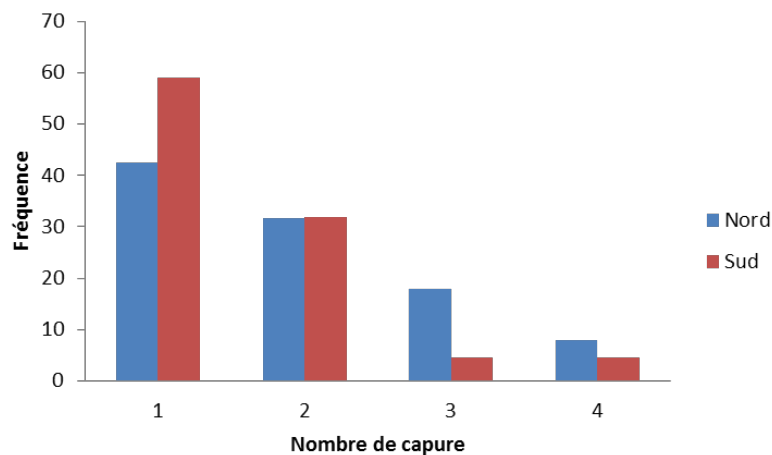


Figure 14 : proportion d'individus en fonction du nombre de capture individuel

Une vieille adulte femelle a été observée en 2013 dans la partie sud et en 2014 dans la partie nord. A ce jour nous ne savons pas comment l'individu a traversé les deux clôtures et la route. Il reste donc à vérifier si elle a pu emprunter une buse traversant la route ou si elle a été déplacée. Pour les analyses, cet individu a donc été considéré comme « mort » pour la partie sud. Cette observation reste exceptionnelle et ne remet pas en question le caractère clos des deux populations (voir *Caractéristiques démographiques des deux populations*, p. 27).

En dehors des données issues du suivi, 61 observations ont été effectuées ponctuellement. 26 d'entre-elles concernent des individus identifiés. Ces données seront utilisées dans l'analyse des déplacements. Par la suite, il sera intéressant de regarder si les autres observations concernent des tortues identifiées *a posteriori* ; ceci en vue de compléter ces analyses. De plus, deux individus (un adulte et un vieil adulte) portaient déjà une bague numérotée sur la carapace. Ce marquage a dû être effectué avant l'installation de la clôture en 2001. Les codes seront transmis à la Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux (SOPTOM) qui doit être à l'origine de ce baguage.

Données de mortalité. Parmi ces 26 observations, trois individus ont été retrouvés morts. Cet élément a été pris en compte dans les analyses d'effectifs. Un vieil adulte mâle, observé à trois reprises en 2014, a été découvert sans trace particulière, donc probablement mort de vieillesse ou de maladie. En revanche, les deux autres individus, trouvés dans les secteurs débroussaillés, l'un au nord, l'autre au sud, présentaient les marques de lames de débroussailleuse (figure 15 en haut). De





plus, deux individus, situés de part et d'autre du parcours dans les secteurs débroussaillés, présentaient une blessure en court de cicatrisation sur la carapace et provoquée également par ce type d'engin (figure 15, en bas).



Figure 15 : individus retrouvés morts ou blessés sur le parcours suite aux travaux de débroussaillage.

Trois autres individus, non marqués, ont été retrouvés morts, dont deux juvéniles découverts quasiment au même endroit dans l'eau. L'un d'eux ne présentait aucune trace et a dû se noyer. Le second présentait une marque au niveau de la carapace et semble avoir été prédaté, peut-être par un oiseau. Le troisième individu était un mâle adulte, retrouvé bloqué dans le grillage de la partie sud.

Site de ponte. 11 sites de pontes ont pu être relevés sur le parcours, deux dans la partie Sud contre 9 dans la partie Nord (figure 16). Ceux-ci ne faisant pas l'objet d'une recherche ciblée, il n'est pas possible de dire si cette différence entre les deux parties du parcours est significative ou non. Cependant, ces découvertes attestent bien de la reproduction sur le site. Pendant les premières années de leur vie, les jeunes tortues restent généralement près des lieux de ponte, ce qui en fait des habitats d'une importance capitale pour la survie de l'espèce (Cheylan *et al.*, 2009). Une attention toute particulière doit donc être portée à ces secteurs.

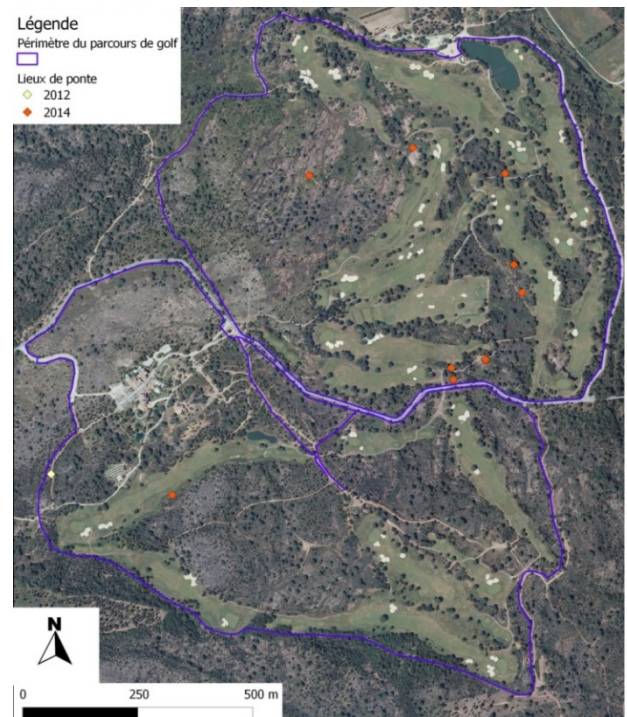


Figure 16 : répartition des sites de ponte prédatés découverts entre 2012 et 2014.





Activité. Lors de ces trois années de suivi, plus des deux tiers des individus observés étaient en thermorégulation (exposé ou non) aussi bien au sud qu'au nord du parcours (figure 17).

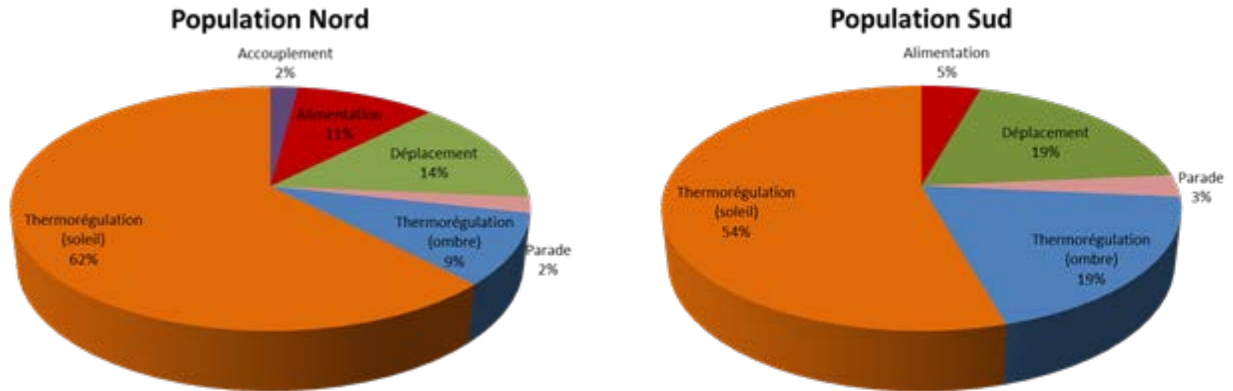


Figure 17 : Proportion du type d'activités observées

Concernant l'alimentation, outre la consommation de divers fabacées et astéracées (dont *Urospermum dalechampii*) ou encore de fruit du seul Mûrier présent sur le parcours Nord, deux prises alimentaires, non inédites mais moins fréquentes ont été relevées. En effet, en 2012, une femelle adulte a pu être observée en pleine dégustation de *Serapias* sp. En 2013, une jeune Tortue de 5 ans était en train de rogner les restes de tissus (chair ou tendon ?) d'un crâne de Sanglier (figure 18).



Figure 18 : prise alimentaire





Capacité d'accueil du site :

Indice de Jacob. Les résultats du calcul de l'indice de Jacob montre qu'au cours de la période d'étude, c'est-à-dire au printemps, les tortues ont fréquenté essentiellement le maquis haut, un milieu de type semi-ouvert, habitat typique de la Tortue d'Hermann (Bertolero *et al.*, 2011), aussi bien sur la partie nord que sur la partie sud du parcours. Dans la partie nord, les boisements mixtes à Chênes lièges, Chênes pubescents et Pins parasols sont également fréquentés, ainsi que les maquis bas à *Cistus* et, dans une moindre mesure, des formations plus basses, tels que les affleurements et rochers érodés à végétation clairsemée, les zones rudérales et les maquis bas à *Cistus salvifolius* (figure 20). Dans la partie sud, le maquis bas à *Cistus* et les affleurements et rochers érodés à végétation clairsemée ne sont pas les habitats recherchés préférentiellement par les tortues mais sont tout de même fréquentés et la subéraie semble légèrement exploitée par l'espèce (figure 19).

Valeur de l'indice de Jacob par habitat sur la partie nord du parcours

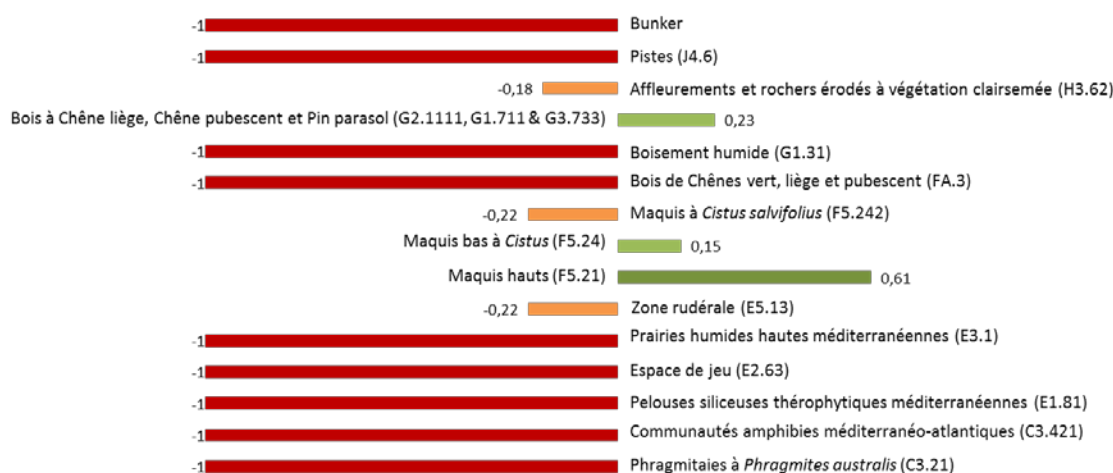


Figure 20 : Indice de Jacobs pour chacun des habitats présents dans le secteur Nord du parcours de golf (en négatif l'habitat est parmi les moins occupés, en positif l'habitat est parmi les plus occupés).

Valeur de l'indice de Jacob par habitat sur la partie sud du parcours

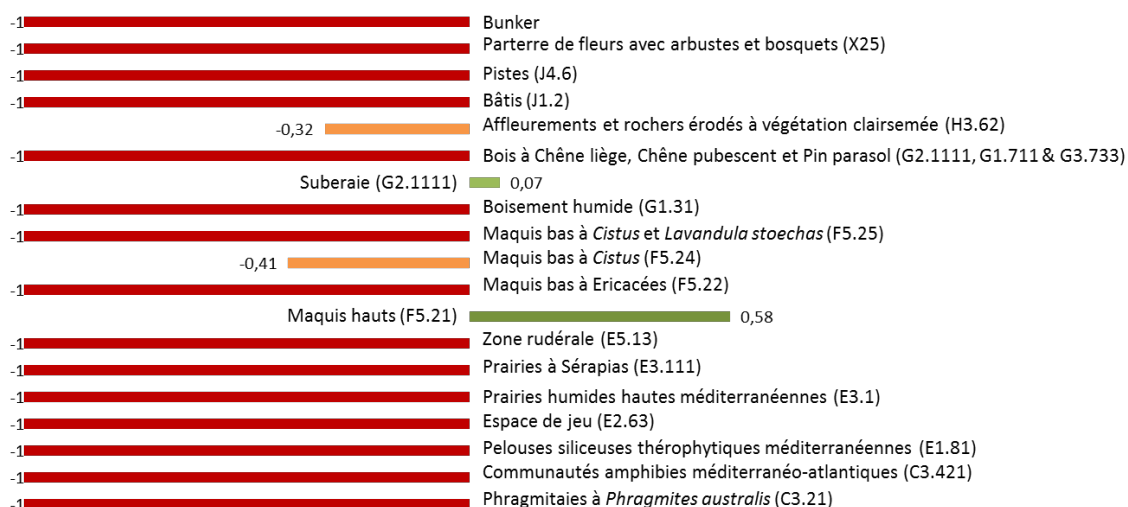


Figure 19 : Indice de Jacobs pour chacun des habitats présents dans le secteur Sud du parcours de golf (en négatif l'habitat est parmi les moins occupés, en positif l'habitat est parmi les plus occupés).





Enfin, aucun contact n'a été réalisé dans les zones artificialisées, ce qui rejoint les résultats de Couturier (2011), traduisant une probabilité d'occurrence faible de l'espèce en milieu artificiel. Même si, comme nous l'attendions, les espaces de jeu semblent être rejetées comme lieu de vie, ils ne forment pas une barrière pour l'espèce. En effet, plusieurs observations ont montré que des individus, de huit ans et plus, traversaient ces espaces (Figure 21). Jusqu'à cette année, aucune Tortue n'avait été observée directement en déplacement sur les zones de jeu, ni par nous, ni par les usagers du golf. L'hypothèse émise alors était que les déplacements devaient avoir lieu tôt le matin ou en soirée, c'est-à-dire en dehors des heures chaudes de la journée. Or, en 2014, deux individus ont été observés, en dehors des prospections, évoluant sur les fairways en journée. Une femelle adulte, déjà observée de part et d'autre des espaces de jeu en 2012, a été vue le 16/05/2014 à 12h50 traversant un fairway d'environ 40m de large (figure 22) alors que la température de l'air avoisinait les 30°C ; invalidant l'hypothèse émise. Le second individu, un mâle adulte, a été observé le 13/06/2014 à 17h30. Ces observations confirment donc que les espaces ouverts ne constituent pas une barrière infranchissable au printemps pour les adultes. En revanche, pour la fraction la plus vulnérable de la population, c'est-à-dire les juvéniles, nous n'avons pas d'information. Cependant, au vue de leur taille, leur conférant une inertie thermique moindre et leur faible capacité de dispersion (Moulherat *et al.*, 2014), le risque de surchauffe lié à la traversée, ainsi que l'exposition aux prédateurs ne sont sans doute pas négligeables.

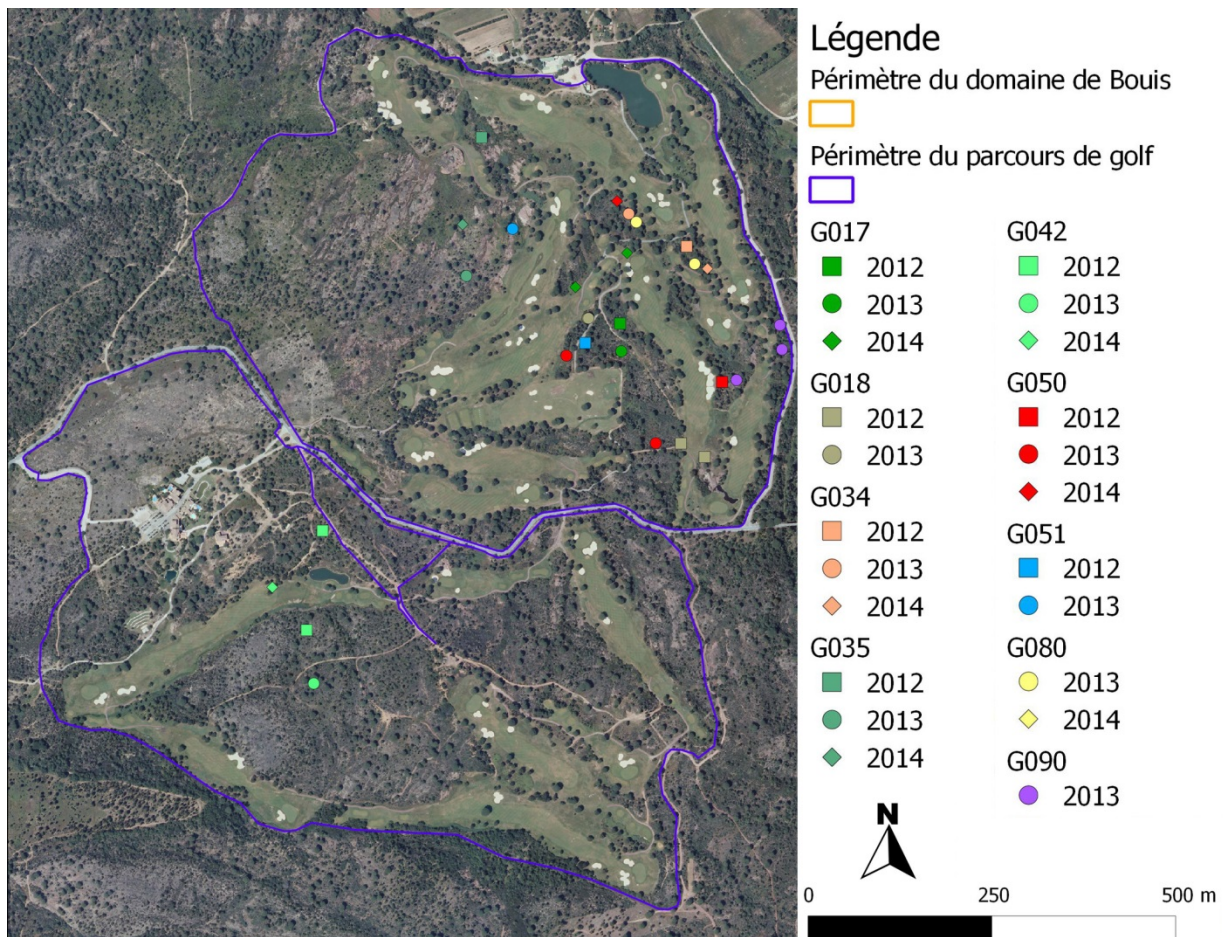


Figure 21 : répartitions des recaptures de part et d'autre des zones de jeu entre 2012 et 2014.





Figure 22 : individu G042 traversant les espaces de jeu.

A partir de la mesure de l'indice de Jacobs, il est possible d'obtenir une carte de la sélection des habitats par la Tortue d'Hermann pour la période 2012-2013 (Figure 23). En ce qui concerne les surfaces, la proportion d'habitats rejetés et partiellement rejetés est à peu près identique de part et d'autre du parcours (tableau 3). Il en est de même pour la part d'habitat sélectionné préférentiellement ou non.

Les deux secteurs débroussaillés en fin d'année 2013, constituaient des zones particulièrement favorables à l'espèce sur le site (figure 23) ; zones de maquis plus ou moins haut et structurellement hétérogènes. L'ouverture de ces milieux n'est pas sans conséquence probable pour cette espèce très fidèle à son domaine vital. Par ailleurs, celle-ci rend plus vulnérable les jeunes individus qui perdent la protection du couvert végétal. Même si cette ouverture va favoriser le développement de la strate herbacée, notamment en astéracées et fabacées, appréciées par l'espèce (Cheylan *et al.*, 2009) et ainsi faciliter l'accès à la nourriture, il est néanmoins préférable de procéder à de petites ouvertures de milieux plutôt que d'ouvrir le milieu sur de grandes surfaces (Del Vecchio *et al.*, 2011).

De fait, la question de l'impact de ces travaux de débroussaillage sur les populations présentes se pose, que ce soit à moyen terme ou à plus long terme. Une veille scientifique, plus particulièrement dans le cadre de contrats Natura 2000 et d'opérations DFCI, serait nécessaire afin de pouvoir évaluer les effets de ces pratiques sur des milieux abritant des espèces sensibles. De plus, dans ce contexte, une étude télémétrique permettrait de suivre les réponses comportementales d'individus soumis à ce type de perturbation et ainsi d'en estimer plus précisément les effets. Enfin, bien que complexe à mettre en place, une approche plus globale à travers l'étude d'autres taxons, notamment de la flore, serait bien évidemment intéressante. En effet, l'ouverture de milieux sera toujours favorable à certaines espèces, mais se fera au détriment d'autres. C'est à l'opérateur d'orienter son choix en lien avec la législation en vigueur sur son site.

Au-delà de l'effet potentiel sur la population elle-même, ces travaux biaisent directement les estimations des paramètres démographiques en modifiant la probabilité de détection des individus dans les zones concernées.





Enfin, si de tels travaux devaient encore avoir lieu, il est impératif de s'assurer que la période d'activité des tortues est bien finie et mettre en place un système de rotation des secteurs traités pour éviter que des surfaces aussi importantes soient impactées.

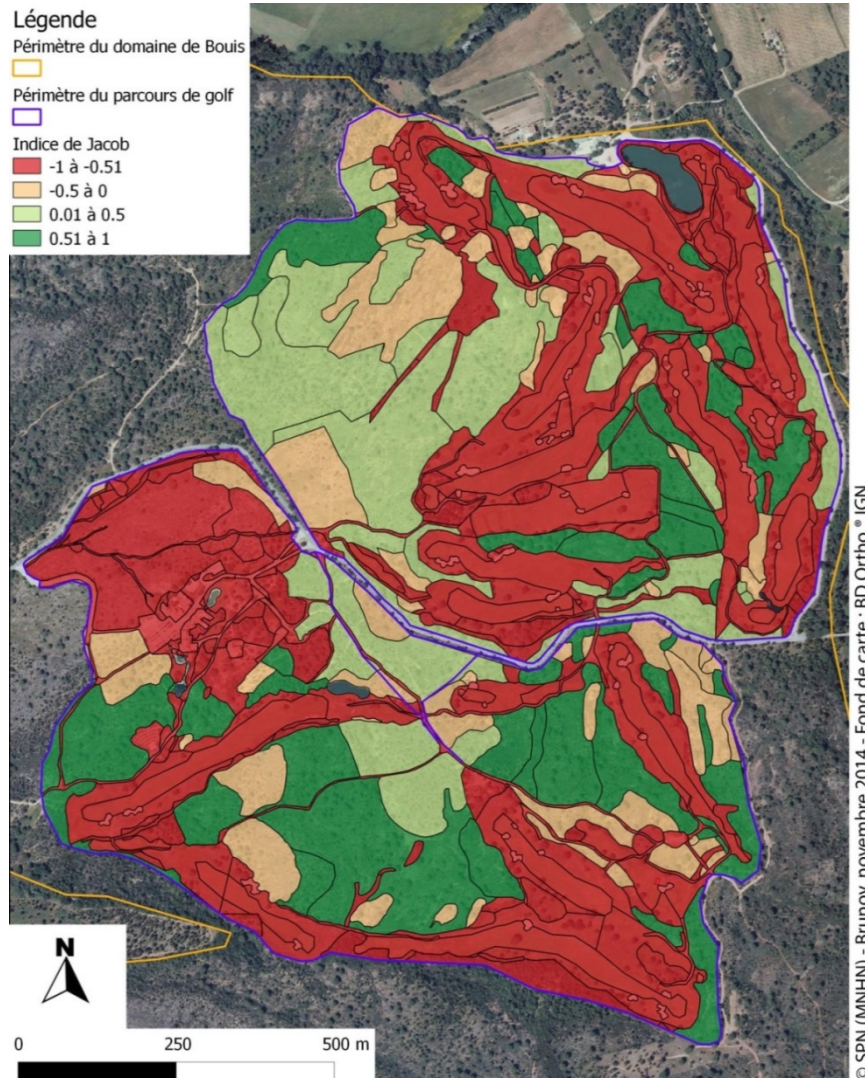


Figure 23 : représentation de l'indice de Jacob pour chaque habitat.

Le rouge indique un habitat rejeté ($-1 < J < -0,51$) et le orange, un habitat peu fréquenté par les tortues ($-0,5 < J < 0$) tandis que le vert clair représente des habitats fréquentés par les tortues ($0,01 < J < 0,5$) et le vert foncé, des habitats fréquenté préférentiellement ($0,51 < J < 1$)

Tableau 3 : proportion de surface d'habitat par catégorie de l'indice de Jacob calculé pour chaque partie du parcours

	-1 à 0,51	-0,50 à -0	0,01 à 0,5	0,51 à 1
Nord	48%	12%	28%	12%
Sud	50%	14%	8%	28%





Caractéristiques démographiques des deux populations :

Les deux populations en quelques chiffres

	Population Nord	Population Sud
Nombre d'occasions de capture	20	16
Nombre d'observations	193	68
Nombre d'individus marqués	101	44
Effectif estimé [IC95%]	103 [95 ; 119]	56 [47 ; 78]
densité	3,07 ind/ha [2,84 ; 3,55]	1,6 ind/ha [1,35 ; 2,42]
Sex-ratio estimé	0,78	0,83

Répartition. La Tortue d'Hermann a été observée dans presque tous les espaces à caractère naturel du parcours de golf (figure 24), à l'exception de deux secteurs de la partie Sud. A l'est du hameau, une zone de près de 2 ha à priori plutôt favorable à l'espèce (voir figure 23) est clôturée, empêchant tout déplacement. Elle devra si possible être ouverte afin de permettre une possible colonisation. Au nord du hameau, aucune tortue n'a été trouvée dans la zone incendiée en 2003 (voir figure 10), contrairement à celle de la partie Nord du parcours. Un incendie peut induire un fort taux de mortalité (Couturier, 2011). Il est possible que l'intensité du feu de 2003 ait été telle dans le secteur au nord du hameau que les Tortues d'Hermann s'y trouvant n'ont pas survécu. Ainsi, une intensité du feu plus importante que sur la partie Nord, mais aussi un possible effet « barrière » du hameau, pourraient être à l'origine de l'absence de Tortue d'Hermann sur cette zone.

Effectifs et densités. Chez les espèces longévives, comme la Tortue d'Hermann, il est difficile d'estimer des paramètres démographiques tels que la survie ou l'accroissement, lorsque la durée d'étude n'atteint pas au moins un temps de génération ; de l'ordre d'une dizaine d'année pour la Tortue d'Hermann. Pour ce type de paramètres, il est donc nécessaire de mettre en place des suivis sur de nombreuses années (Couturier, 2011). Nous en resterons donc à l'estimation de la taille des populations et du sex-ratio.

Les deux populations peuvent être considérées comme fermées (Stanley & Burnham Closure Test, Chi-square statistic= 37,24, df=30, p-value= 0,17 pour la population Nord et Chi-square statistic= 6,83, df=15, p-value= 0,96 pour la population Sud).

Le modèle retenu pour l'estimation des effectifs de la population Sud utilise une probabilité de capture constante dans le temps, ne variant pas en réponse à une première capture et identique pour tous les individus. Les analyses donnent une estimation de la probabilité de capture individuelle de 0,07 et des effectifs de 56 individus (IC95 % [47-78]), soit une densité de 1,6 individus/ha (IC95 % [1,35-2,42]).

En revanche, Pour la population Nord, le modèle retenu définit que les probabilités de capture et de recapture varient au cours du temps et que tous les individus n'ont pas la même probabilité de capture. Ceci est certainement dû aux travaux de débroussaillage qui ont eu lieu en novembre 2013. L'ouverture importante du milieu qui en a résulté a certainement eu un impact sur la



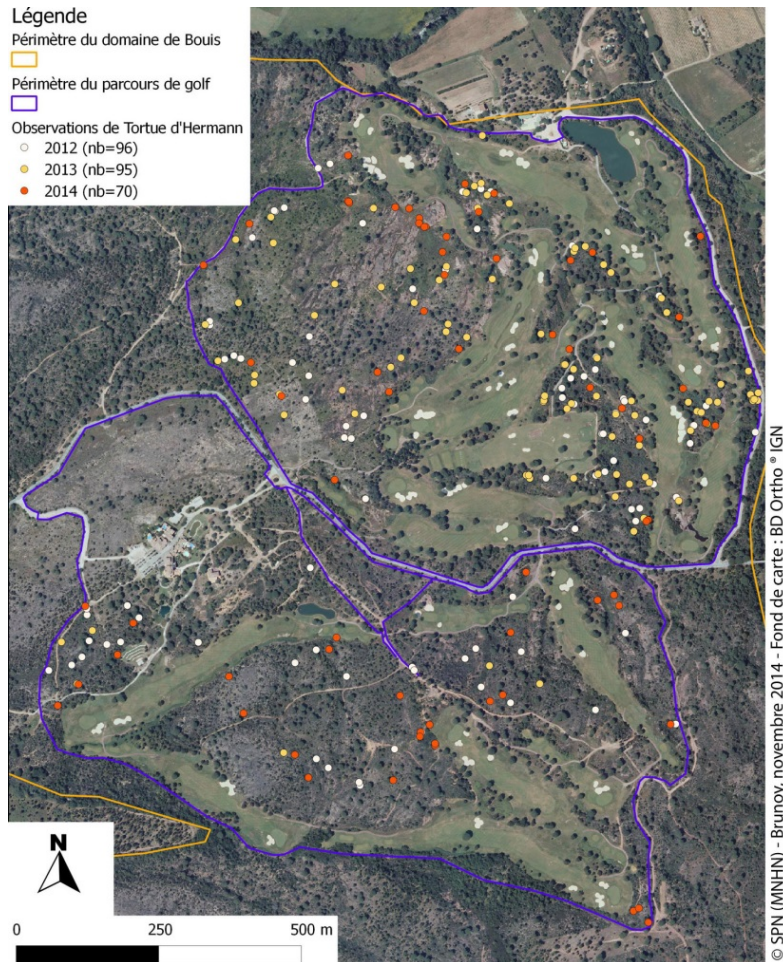


Figure 24 : répartition des observations de *Testudo hermanni* lors du suivi par

probabilité de détection de l'espèce. Dans ces conditions, la probabilité de capture est estimée par occasion de capture. Elle est en moyenne de 0,085 (comprise entre 0,02 et 0,14). L'effectif estimé est de 103 individus (IC95 % [95-119]), soit une densité de 3,07 individus/ha (IC95 % [2,84 -3,55]).

La disponibilité d'habitat favorable à l'espèce ne semble pas permettre d'expliquer la différence d'effectif entre les deux populations, étant donné que la proportion d'habitats sélectionnés ou rejetés est assez similaires de chaque côté du parcours (tableau 3). Le feu n'en est pas non plus la cause étant donné qu'une surface plus importante au nord a été incendiée. A ce jour, il nous est difficile d'en définir la cause. Un paramètre non évalué pourrait être la disponibilité en eau. Bien que, chez la Tortue d'Hermann, l'essentiel de l'apport en eau se fait par l'alimentation, cette espèce peut parcourir de longue distance, notamment en été, à la recherche d'un point d'eau (Cheylan et *al.*, 2009). Ainsi, l'absence d'un accès à l'eau en période estivale pourrait avoir un effet sur la fitness des individus et donc sur les populations (Couturier, 2011).

Plus globalement, les résultats obtenus sur le parcours sont dans la moyenne du secteur. Les densités connues dans la Plaine des Maures sont en général de moins de 2 individus/ha, mais peuvent par endroit atteindre les 5 à 10 individus/ha (Cheylan, 2009). Dans le Var, où les tendances évolutives demeurent préoccupantes de façon générale, le noyau populationnel de la Plaine des Maures ne semble pas menacé à court et moyen terme (Cheylan, com. pers.). A partir de ce paramètre, nous pouvons donc penser que les deux populations sont viables. Cependant, seul un





suivi sur le long terme nous permettrait de connaître les tendances démographiques de ces populations.

Le sex-ratio est globalement le même de part et d'autre du parcours et légèrement en faveur des femelles (0,78 au nord et 0,83 au sud). Il est difficile de déterminer l'effet sur les populations en l'absence de recul et surtout d'étude plus générale sur le sujet concernant l'espèce (Cheylan, com. pers.).

4-3. Données hors protocole de CMR.

En dehors du parcours, l'espèce a été contactée à 22 reprises de 2012 à 2014, sans avoir fait l'objet de recherche ciblée (Figure 25). De nombreux secteurs sont encore à explorer. La répartition actuellement connue n'est donc pas représentative de la réalité. Cependant, plusieurs observations n'en demeurent pas moins intéressantes.

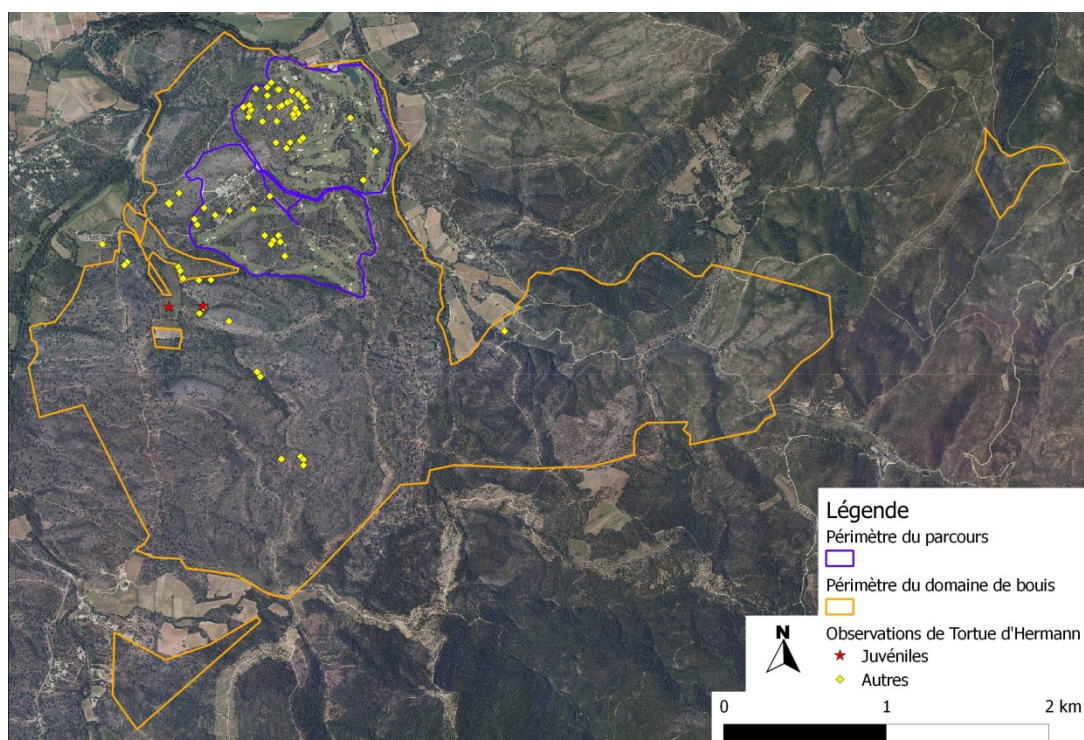


Figure 25 : répartition des observations réalisées en dehors du protocole de CMR.

En 2013, un juvénile de moins de un an est découvert au niveau d'ancienne vigne à l'ouest du Domaine. Comme nous l'avons déjà vu, les Tortues d'Hermann sont très attachées à leur lieu de naissance dans les premières années de leur vie. La préservation de ces sites est donc capitale pour l'espèce. Ce secteur était déjà identifié comme intéressant par les études antérieures à la convention (Boitier, 2010). Les vignes abandonnées sont généralement très appréciées par les tortues, notamment du fait de l'importante disponibilité de ressources alimentaires (Couturier, 2011). En 2014, un autre individu de moins de 1 an est observé à proximité, mais dans un secteur de maquis. Ces deux observations, bien que ponctuelles, révèlent le potentiel de cette zone. Il sera crucial de prendre en compte cet élément avant toute intervention de gestion.

Une Tortue a été trouvée à la limite des premiers contreforts du massif des Maures à l'est du Domaine en 2013. Cette donnée de présence de l'espèce au pied des premiers contreforts du massif





amène des perspectives de prospection dans ce secteur. Cet espace, plutôt dominé par des peuplements de Pin maritime, pourrait à nouveau faire l'objet de travaux de gestion important (lutte anti-incendie), comme nous avons pu le constater entre 2012 et 2013. Si la présence de l'espèce est confirmée dans cette aire, les travaux devront être adaptés en conséquence.

5. Conclusions et perspectives.

Evaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann dans l'enceinte du parcours de golf :

Bien que des paramètres démographiques, tel que la survie, n'ont pu être estimés, les densités relevées laissent présager de la viabilité des populations suivies. La différence d'effectifs, allant du simple au double entre la population Nord et celle du Sud, n'a actuellement pas pu être expliquée. La question mériterait donc d'être approfondie. Par ailleurs, les zones de jeux et de bâti sont inutilisées par les tortues. Elles apparaissent donc comme une perte directe d'habitats causée par le parcours de golf. Cependant, les zones de jeux ne semblent pas constituer une barrière infranchissable, du moins pour les individus de plus de huit ans. Néanmoins, les connaissances sur le domaine vital des tortues restent encore à améliorer sur le site. Il est donc difficile en l'état, de préciser si ces zones de passage en font partie ou s'il s'agit uniquement de passages occasionnels (pour la recherche de partenaires par exemple). Il pourrait être intéressant de mettre en place un suivi télémétrique ou de réaliser du « homing ¹ » afin d'estimer le domaine vital des individus et/ou d'affiner l'utilisation des habitats, ce qui permettrait ainsi de préciser l'utilisation du site par la Tortue d'Hermann. De plus, un suivi télémétrique d'individus présents notamment dans les secteurs ayant fait l'objet de travaux de débroussaillage permettrait d'analyser leur réponse comportementale face à ce type de perturbation (ouverture du milieu).

Cette étude a également permis de révéler au moins deux points susceptibles d'avoir un impact sur les populations, mais sur lesquels il est possible d'agir positivement :

- Les opérations de débroussaillage : il a été mis en évidence que l'habitat sélectionné préférentiellement par la Tortue d'Hermann sur le parcours est le maquis haut. Hors les opérations de débroussaillage visent en particulier ces formations. Il est donc impératif de mieux préparer en amont ce type de travaux s'ils doivent obligatoirement avoir lieu. L'ouverture de grands secteurs à l'image de ce qui a été fait en fin d'année 2013 est à proscrire. En effet, il est préférable de réaliser des ouvertures en mosaïque afin d'obtenir une matrice comprenant des îlots de végétation fonctionnels pour l'espèce. De plus, il est primordial de s'assurer que la période d'activité de la Tortue d'Hermann est finie, afin d'éviter tout accident comme il a été constaté.
- La clôture : tout d'abord, le secteur clôturé de la partie sud devra si possible être ouvert afin d'offrir une surface potentielle d'environ 2 ha. De plus, afin d'éviter que d'autres individus soient piégés dans la clôture, il serait intéressant de renforcer celle-ci à sa base. Il ne s'agit pas d'imperméabiliser le site, mais d'éviter que des individus se retrouvent à nouveau piégés. Par ailleurs, une bonne connaissance des paramètres démographiques des populations permettra également de mesurer, à terme, l'effet de la mise en place de passages à faune. Cependant, une bonne connaissance des facteurs régissant la démographie des espèces longévives est, comme nous l'avons vu, souvent longue à obtenir. Il n'est donc pas à l'ordre du jour de mettre en place ce type d'ouvrage. Enfin,

¹ Le homing correspond au comportement d'individus retournant vers leur lieu d'origine, leur domaine vital après un déplacement. L'expérience consisterait ici à déplacer des individus et suivre leur trajet retour vers leur domaine vital, et ainsi étudier leur attitude face aux zones de jeu.





cette clôture préserve les tortues de l'impact direct des sangliers. Elle fournit ainsi l'opportunité de suivre deux populations exemptes de cette pression. Il serait intéressant de les comparer à des populations proches pour en mesurer l'effet.

Au vu des résultats actuels, positifs quant à la viabilité de la population, il semble peu pertinent de prolonger plus avant l'étude par CMR. En revanche, afin d'obtenir des éléments plus précis quant aux tendances démographiques de ces populations, il serait intéressant de reconduire cette étude sur 3 ans tous les 10 ans environ (temps de génération), voir tous les 5 ans pour affiner les résultats.

Données hors protocole de CMR :

A l'extérieur du parcours, les prospections devront, si possible, être renforcées sur les secteurs sous échantillonnés et/ou identifiés comme d'intérêt pour l'espèce (site de ponte potentiel). L'amélioration des connaissances en terme de répartition, notamment sur la partie est du site se trouvant sur les premiers contreforts du massif des Maures, constitue également un enjeu fort et permettra la mise en place de mesures en faveur de cette espèce patrimoniale sur le Domaine.

Bibliographie.

- Bertolero A, Cheylan M, Hailey A, Livoreil B & Willemsen RE (2011). *Testudo hermanni* (Gmelin 1789) – Hermann's Tortoise. In : Rhodin AGJ, Pritchard PCH, van Dijk PP, Saumure RA, Buhlmann KA, Iverson JB & Mittermeier RA (Eds). Conservation Biology of Freshwater Turtle and Tortoises : A compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No 5, pp. 059.1-059.20, doi : 10.3854/crm.5.059.hermanniv1.2011, <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- Besnard A & Salles JM (2010). Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 pages.
- Boitier E (2010). Inventaire de la tortue d'Hermann dans un domaine de la Plaine des Maures (Var). Années 2007 à 2009. Rapport d'étude Fondation du Golf de Vidauban pour l'Environnement et Emmanuel Boitier Consultant. Montaignu-le-Blanc (avril 2010), 10p + catalogues annexés.
- Couturier T (2011). Ecologie et conservation de la Tortue d'Hermann (*Testudo Hermannii*). Approche multi-échelle dans un paysage méditerranéen perturbé. Thèse, école doctorales EPHE 472, 188p.
- Cheylan M (2010), La tortue d'Hermann *Testudo Hermannii* (Gmelin, 1789). In Vacher J.-P. & Geniez M. (cords) (2010). *Les reptiles de France, Belgique, Luxembourg & Suisse*. Biotope, Mèze (collection Parthénopé) ; Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, 267-273.





- Cheyland M, Catard A, Livoreil B & Bosc V (2009). Plan national d'actions en faveur de la Tortue d'Hermann *Testudo hermanni hermanni* 2009-2014. Berlin S, Recorbet B & Bentata V (coords). MEEDDM. Novembre 2009, 137p.
- Cheyland M (2004). Statut de la Tortue d'Hermann dans la plaine des Maures. Rapport pour le document d'objectifs Natura 2000. 12p + cartes
- Del Vecchio S, Burke R L, Rugiero L, Capula M, Luiselli L (2011). The turtle is in the details: microhabitat choice by *Testudo hermanni* is based on microscale plant distribution. *Animal Biology*. **61**, 249–261
- FAO, 1998. FRA 2000, termes et définitions. Document de travail 1, Département des forêts FAO. Rome, 18 novembre 1998. 19 pp
- Gagno S, Chapelin-Viscardi J D, Ponel P (2012). Mise en évidence de moeurs prédatrices chez la Tortue d'Hermann, *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 (Chelonii, Testudinidae), pendant la période estivale dans la région des Maures (Var, France). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*. **141**, 47-61
- Jacobs J (1974). Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*. **14**, 413-417.
- Mazzotti S, Pisapia A, Fasola M (2002). Activity and home range of *Testudo hermanni* in Northern Italy. *Amphibia-Reptilia*. **23**, 305-312
- Moulherat S, Delmas V, Slimani T, El Mouden H, Louzizi T, Lagarde F, Bonnet X (2014). How far can a tortoise walk in open habitat before averheating ? Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*. **22**, 186 - 192
- Soler J, Martinez-Silvestre A, Roca L (2012). Contribution à l'étude de l'alimentation de *Testudo hermanni* (Gmelin, 1789) dans le Parc de Garraf (NE de l'Espagne). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*. **142-143**, 79-88
- Stubbs D, Swingland I R (1985). The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Canadian Journal of Zoology*, **63**, 169-180





RESUME

Espèce emblématique du paysage méditerranéen européen, la tortue d'Hermann *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 est en fort déclin sur l'ensemble de son aire de répartition. Objet de nombreux travaux depuis des années, la Tortue d'Hermann fait partie des espèces dont l'étude est incontournable dans la plaine des Maures.

Dans ce contexte, il est essentiel de lui porter une attention particulière et ainsi de contribuer à l'apport de connaissance sur cette espèce. En ce sens, la Fondation d'Entreprise du Golf de Vidauban pour l'Environnement avait financé une première étude qui a été réalisée entre 2007 et 2009 par la Société d'Histoire naturelle Alcide-d'Orbigny.

Reprenant les conclusions de ce travail, le SPN a initié une importante étude concernant l'évaluation de l'état de conservation des populations du site à partir de 2012. Dans ce sens, un suivi de la population du site par la méthode de Capture-Marquage-Recapture est conduit. A travers cette étude, nous souhaitons caractériser le potentiel du site pour l'espèce. L'objectif est de mieux appréhender l'impact du golf et de proposer des mesures en faveur de cette espèce si besoin.

La méthode utilisée est identique à celle mis en place dans la plaine des Maures par le laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés de Montpellier (EPHE-CEFE-CNRS). Les données récoltées alimenteront également leur base de données. Le bilan de ces trois années est présenté ici.

Les données hors protocole sont également exposées.

Dans l'enceinte du parcours de golf, les estimations d'effectifs laissent présager de la viabilité des populations présentes aux vues des connaissances actuelles sur les populations de la Plaine des Maures et ce, malgré le fait que des paramètres comme la survie n'ont pu être mesurés.