



Station d'Observation et de Protection
des Tortues et de leurs Milieux

1065, route du Luc

F-83890 Carnoules

@ <https://www.tortuesoptom.org/>

☎ 04 94 78 26 41

✉ contact@soptom.org



Renforcement d'une population de Tortue d'Hermann sur un site incendié Approche innovante et retour d'expérience



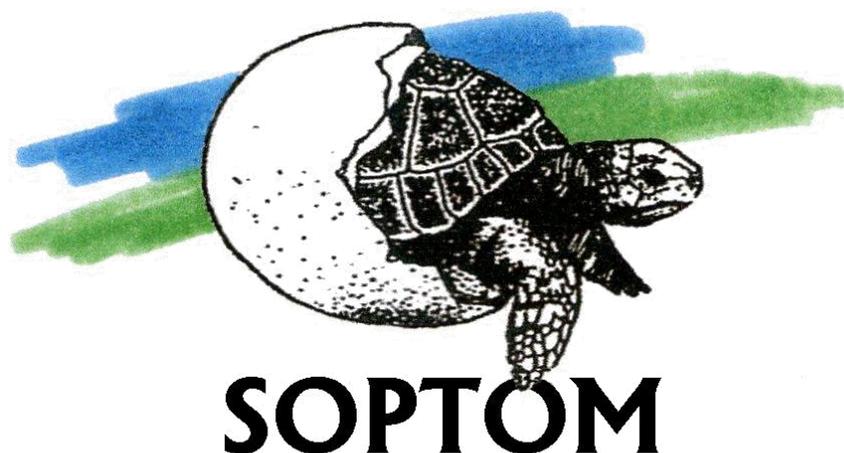


S.O.P.T.O.M.

Association loi 1901



*Centre de Recherche & de Conservation des Chéloniens
Centre de Soins Faune Sauvage*



SOPTOM

Station d'Observation et de Protection des Tortues & de leurs Milieux
Centre de Recherche & de Conservation des Chéloniens (AP n°17/041 du 8 mars 2017)
Centre de Soins Faune Sauvage (AP n°17/042 du 8 mars 2017)
1065, Route du Luc – 83660 Carnoules ☎ 04 94 78 26 41
<https://www.tortuesoptom.org/> contact@soptom.org
MADAGASCAR : Village des Tortues d'Ifaty / Tel (261) 34 19 84 15

N° SIRET : 345-240-592-00021

APE : 9723

Sébastien Caron, sebastien.caron@soptom.org
Jean-Marie Ballouard, jean-marie.ballouard@soptom.org

Photographies © SOPTOM, Sébastien Caron,
Jean-Marie Ballouard, Franck Bonin
Illustrations © Bernard Nicolas (SOPTOM et ARPE)



Sommaire

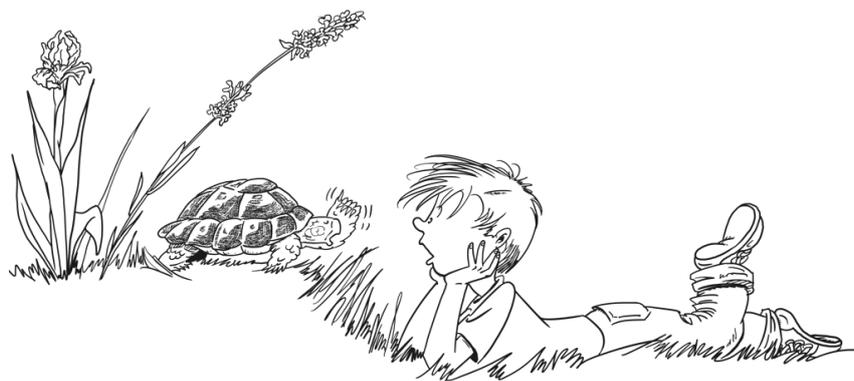
1. Résumé.....	6
2. L'association porteuse du projet.....	7
2.1. Présentation générale des activités.....	7
2.2. Organisation de l'association.....	7
2.3. Les deux entités conservatoires de la SOPTOM.....	8
3. Présentation du projet.....	9
3.1. Préambule : Restaurer des populations de tortues impactées par les incendies.....	9
3.2. Description de la présente étude.....	10
3.3. Caractère exemplaire et niveau de reproductibilité.....	12
3.4. Partenariats : leurs rôles et apports.....	12
3.5. Contribution à une dynamique et des stratégies territoriales.....	13
4. La Tortue d'Hermann et les menaces.....	14
4.1. Systématique.....	14
4.2. Menaces et protection.....	14
4.3. Répartition.....	15
4.4. Biologie générale.....	15
4.5. Statut.....	18
4.6. Les menaces majeures.....	18
4.6.1. Modification des habitats.....	18
4.6.2. Le réchauffement climatique.....	18
4.6.3. Les incendies et leurs effets.....	19
4.6.3.1. Des chiffres.....	19
4.6.3.2. Impacts démographiques.....	19
4.6.3.3. Impact comportemental.....	20
5. Les translocations conservatoires.....	22
5.1. Principes généraux.....	22
5.1.1. Définitions et classifications.....	22
5.1.2. Avantages/risques.....	23
5.1.3. Indentification des menaces.....	23
5.2. Un outil pour la conservation des chéloniens.....	23
5.2.1. Avant tout un outil de gestion.....	23
5.2.2. Les translocations au sein du nouveau PNA Tortue d'Hermann.....	24
5.2.3. Les translocations et le guide de gestion LIFE+.....	24
5.2.4. Précautions et méthodologies.....	25
5.2.5. Recommandations.....	25
6. REX sur la Tortue d'Hermann dans le Var.....	26
6.1. REX 1 - Réponses des individus survivants suite à un incendie.....	26
6.2. REX 2 - Réponses des tortues adultes suite à leur déplacement depuis un centre.....	27
6.3. REX 3 - Réponse des tortues adultes et juvéniles suite à leur sauvetage.....	29
6.4. Perspectives.....	30
7. Origine des individus : le centre conservatoire.....	32
7.1. Concepts.....	32
7.2. Origine des animaux.....	32
7.3. Conditions de détention et précautions.....	34
7.4. Suivi du cheptel.....	35
8. Planifier une translocation.....	37
8.1. Suivi de la conception du programme.....	37
8.2. Buts, objectifs, actions d'évaluation de l'opération.....	38
8.2.1. Facteurs influençant le succès et l'évaluation.....	38
8.2.2. Evaluation d'un renforcement de population de TH.....	39



8.3.	Evaluation des risques.....	40
8.4.	Stratégie de sortie.....	43
9.	Faisabilité et précautions.....	44
9.1.	Considérations biologiques et écologiques.....	44
9.1.1.	Connaissances biologiques et écologiques de base.....	44
9.1.2.	Utilisation des habitats.....	44
9.1.3.	Variation des domaines vitaux.....	45
9.1.4.	Ecologie des juvéniles <i>in-situ</i>	46
9.1.5.	Précautions biologiques et écologiques.....	47
9.2.	Considérations génétiques.....	48
9.2.1.	Risques génétiques.....	48
9.2.2.	Etude <i>in-natura</i>	48
9.2.3.	Précautions génétiques.....	49
9.3.	Considérations relatives aux maladies et aux parasites.....	50
9.3.1.	Risques de maladie.....	50
9.3.1.1.	Les mycoplasmes.....	51
9.3.1.2.	L'herpèsvirus.....	51
9.3.2.	Identification des pathogènes en captivité et <i>in-natura</i>	52
9.3.3.	Précautions sanitaires.....	52
9.4.	Considérations comportementales.....	53
9.4.1.	Comportement anti-prédateur.....	53
9.4.2.	Tempérament individuel : shy vs. bold.....	53
9.4.3.	Précautions comportementales.....	54
9.5.	Considérations du bien-être animal.....	55
9.5.1.	Concepts.....	55
9.5.2.	Les indicateurs.....	55
9.5.3.	Précautions liées au bien-être animal.....	56
9.6.	Considérations sociales et économiques.....	56
9.6.1.	Acceptabilité du projet.....	57
9.6.2.	Précautions et communication grand public.....	58
9.7.	Considérations réglementaires et pratiques.....	59
9.8.	Financements.....	59
9.9.	Diffusion de l'information.....	60
10.	Modalités de sélection des individus.....	61
10.1.	Disponibilité en individus et critères sexuels/âge.....	61
10.2.	Critères génétiques et sanitaires.....	61
10.3.	Critères physiques.....	61
10.4.	Critères comportementaux.....	62
10.5.	Précautions.....	62
11.	Sélection des sites.....	64
11.1.	Concepts.....	64
11.2.	Les sites candidats aux renforcements.....	64
11.3.	Méthodologie et grille d'évaluation.....	68
11.4.	Résultats.....	69
11.5.	Concertation sur les sites prioritaires.....	70
11.6.	Focus sur le site des Caps Taillat et Lardier.....	70
11.6.1.	Contexte.....	70
11.6.2.	L'incendie de 2017.....	71
11.6.3.	Un état des lieux en 2018.....	72
11.6.4.	Une étude comportementale en 2019.....	72
11.7.	Focus sur le site des Petites Maures.....	73
12.	Stratégies de relâcher.....	75



12.1.	Age et nombre d'individus	75
12.2.	Constitution de lots ?	76
12.3.	Point(s) et nombre de relâcher(s)	76
12.4.	Saison.....	77
12.5.	Acclimatation.....	77
12.6.	Interventions	78
13.	Le suivi en continu ou évaluation de l'opération	79
13.1.	Modalités de suivis	79
13.2.	Etat initial.....	79
13.3.	Périodes	80
13.3.1.	Suivi à court terme	80
13.3.2.	Suivis à moyen et long termes.....	81
13.4.	Indicateurs.....	82
13.4.1.	Survie	82
13.4.2.	Suivi comportemental	82
13.4.3.	Condition corporelle et croissance.....	Erreur ! Signet non défini.
13.4.4.	Le suivi démographique	83
13.4.5.	Suivi génétique	84
13.4.6.	Suivi sanitaire et mortalité	84
13.4.7.	Autres suivis.....	84
14.	Bibliographie.....	86
15.	Travaux scientifiques de la SOPTOM.....	97
16.	Liste des figures, tableaux et photographies	101
17.	Annexe I : Etude sur l'écologie d'une population de juvénile <i>in-situ</i>	102
18.	Annexe II : Attestation formation utilisation d'animaux de la faune sauvage non-hébergée à fins scientifiques.....	109
19.	Annexe III : Grille d'évaluation des sites	110
20.	Annexe IV : Partenariat OFB.....	112
21.	Annexe V : Validation du COPIL PNA TH.....	113
22.	Annexe VI : Lettres de soutien du PNPC, du CEN PACA et de la DREAL PACA	114
23.	Liste des acronymes	120



1. Résumé

Les feux de forêt sont des perturbations récurrentes qui ont un impact majeur sur les écosystèmes et la Tortue d'Hermann dans le Var. Les dernières décennies ont vu une augmentation de la fréquence et de l'extension des feux en raison des effets combinés du changement climatique et de l'histoire de l'utilisation des terres, en témoignent les incendies de 2003 qui ont ravagé 20 000 ha. D'autres incendies ont eu lieu depuis et ce récemment avec des répétitions annuelles (2016 et 2017).

L'impact direct des incendies sur la Tortue d'Hermann est de mieux en mieux connu. A dire vrai c'est probablement l'espèce la plus préoccupante en terme de conservation vis à vis de cet aléas. Les écosystèmes méditerranéens offrent de bonnes capacités de résilience vis à vis du feu et bon nombre d'espèces patrimoniales, notamment des oiseaux et même certaines plantes profitent des ouvertures de milieux. Pour autant ces aspects ne doivent pas occulter les conséquences du feu sur une des espèces de reptile les plus menacées d'Europe.

Les incendies de forêt apparaissent comme l'une des principales menaces pesant sur cette espèce après les pertes irréversibles d'habitats dues notamment à l'urbanisation. Les habitats et les populations présentent en théorie elles aussi des capacités de résilience après les feux mais un rythme de feu inférieur à 25 ans est très préjudiciable. La mortalité due au feu dans le Var est importante (autour de 70 %) et présente une forte variabilité entre sites : 35% à 80%, voire 95% comme c'est le cas lors de l'incendie de 2017 sur l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros.

Dans un contexte de réchauffement climatique, la fréquence des feux de forêt est amenée à s'intensifier dans les décennies à venir. La Tortue d'Hermann est une espèce longévive (près de 50-60 ans), à maturité tardive (10-12 ans) et à faible reproduction (3 à 4 œufs/an). Suivant l'intensité des feux, certaines sous-populations impactées n'auront sans doute pas le temps de se restaurer d'elles-mêmes avant qu'un prochain feu ne les touchent. Les translocations conservatoires de tortues peuvent donc tout à fait répondre à cette nécessité de restauration.

Nous bénéficions maintenant de plusieurs retours d'expériences. Avec toutes les précautions sanitaires et génétiques (cf. Lignes directrices de l'IUCN) qui s'imposent, les précédents résultats ont montré que la translocation est pertinente et qu'elle fournit des outils pour les décideurs politiques afin d'enrayer le déclin de l'espèce. Une expérimentation couronnée de succès a même laissé entrevoir la possibilité de réaliser des renforcements de population à l'aide de juvéniles.

Cette étude fait suite à la première étude (Caron *et al.*, 2011) validée par l'ensemble des instances représentatives (CNPN, DREAL PACA, CS de la RNN) réalisée lors de la première translocation expérimentale qui visait à réinsérer en milieu naturel des tortues sauvages adultes passées temporairement par la captivité. Cette étude cible les populations de Tortue d'Hermann à restaurer suite aux incendies qui ont sévi dans le Var.

Elle vise à définir les sites "d'accueil" les plus adéquats via une analyse qualitative basée sur la connaissance des lieux, l'expérience et la capacité de jugement de l'évaluateur. Le support des autorités locales, la maîtrise foncière du site et l'accord des propriétaires et/ou gestionnaires étant une étape primordiale, nous avons pu depuis l'année 2020 concerté avec les acteurs gestionnaires et propriétaires. Les précédents REX, l'évaluation des risques et l'étude de faisabilité confirment ici que cette translocation expérimentale est réalisable. Cinq sites ont été qualifiés de « bon » pour une opération de renforcement de population dont un qui s'avère faire l'unanimité après concertation, le site des Caps Lardier et Taillat. Nous avons également définis les modalités de sélection des individus, la stratégie de relâcher et les critères de suivi du succès/échec de l'opération.



2. L'association porteuse du projet

2.1. Présentation générale des activités

La SOPTOM est une association créée en novembre 1985 qui a pour but l'étude et la protection des Reptiles, plus spécifiquement des tortues et de leurs milieux en France et dans le monde. Elle travaille à faciliter une large coordination des spécialistes et des organismes voués à la conservation, tant en Europe que dans le reste du Monde, afin de mieux protéger les Chéloniens et leurs habitats. Elle a pour objectifs :

- L'amélioration des connaissances dans le but de faciliter la conservation des tortues et plus généralement des reptiles dont les serpents. Pour cela, elle suscite ou réalise de nombreuses études et recherches scientifiques et les publie.
- La participation à de nombreux "programmes de conservation" dont 4 Plans Nationaux d'Action.
- L'organisation de congrès et atelier de travail nationaux et internationaux.
- L'édition de revues et ouvrages (actes de séminaires, revue LA TORTUE etc.).
- L'information et la sensibilisation des jeunes et des adultes au statut sauvage des tortues, aussi bien lors d'événementiels, au Village des Tortues, lors de conférences ou encore animations dans les écoles.
- La limitation des trafics et mises en captivité.
- Le recueil et soins des tortues autochtones sauvages blessées.
- L'hébergement des tortues issues de saisies, ponctuellement l'accueil de tortues abandonnées.
- Le retour à la nature de certains animaux dans le cadre de programmes nationaux et internationaux validés par les Pouvoirs Publics.
- L'acquisition, la restauration et la gestion de terrains naturels.

Basée à Carnoules (Var) sur le nouveau site du « Village des Tortues », la SOPTOM dispose d'un Centre de Soins Faune Sauvage et d'un Centre d'Elevage Conservatoire dédié aux trois espèces de tortues françaises métropolitaines autochtones, c.à.d. la Tortue d'Hermann, la Cistude d'Europe et l'Emyde lépreuse.

La SOPTOM intervient en France mais également à l'étranger avec en particulier la création de démarches similaires à Madagascar et au Sénégal visant à protéger les espèces de tortues locales. Ainsi, elle est la fondatrice du concept "Village des Tortues" avec celui créé dans le Var (Gonfaron). En 1992, un Village est créé en Corse, près de Moltifao. Par la suite, ce Village sera confié au Parc Naturel Régional Corse. Un autre Village des Tortues a été construit à Noflaye (Sénégal) au début des années 2000'. Ce lieu d'information pour les sénégalais et les touristes est maintenant géré par une association locale sénégalaise. Quelques années plus tard, nous avons réalisé également un Village des Tortues à Madagascar, près de Toliara (Ifaty), avec une association locale, l'A.S.E. (Association de Sauvegarde de l'Environnement) pour étudier et protéger les deux tortues endémiques locales, *Astrochelys radiata* et *Pyxis arachnoides*".

2.2. Organisation de l'association

Le Conseil d'Administration de la SOPTOM est composé de 6 membres élus dont 3 composent le Bureau : Antoine Cadi (Président), Franck Bonin (Secrétaire), Eric Plouzeau (Trésorier), Bernard Devaux, Didier Biraud, Hélène Leblanc. Le Président du Conseil Scientifique est invité d'honneur à tous les réunions du Conseil d'Administration.



La SOPTOM dispose d'un Conseil Scientifique créé en 1995. Six personnes le compose et le Président du Conseil d'Administration est invité d'honneur :

- Xavier Bonnet (Président), UMR 7372, CNRS & Université de La Rochelle.
- Jean Lescure (MNHN, Président d'Honneur).
- Nicolas Bech (Université de Poitiers, UMR CNRS 7267).
- Aurélien Besnard (CEFE-EPHE, UMR 5175).
- Albert Martinez Silvestre (CRARC /Catalonian Reptiles & Amphibians Rescue Center).
- Liliana Tomovic (Université de Belgrade).

2.3. Les deux entités conservatoires de la SOPTOM

Autorisé par Arrêté Préfectoral AP n°17/042 du 8 mars 2017, le Centre de Soins Faune Sauvage est fermé au public et est habilité à soigner les spécimens sauvages de Tortue d'Hermann, Cistude d'Europe et d'Emyde lépreuse. Chaque année, environ une centaine de tortues sont traitées suite à divers problèmes. Deux tiers de ces animaux sont sauvés et peuvent rejoindre le milieu naturel. La plupart sont adultes et constituent donc des géniteurs potentiels ce qui rend ce travail d'autant plus important pour la sauvegarde de l'espèce. Une action du PNA Tortue d'Hermann (2018-2027) est dédiée (6.5 : "Assurer les soins aux tortues sauvages blessées et développer les centres de sauvegarde de la faune sauvage").



Photo 1. Cistude d'Europe (à gauche) et Tortue d'Hermann (à droite) soignées au CSFS.

Autorisé par Arrêté Préfectoral AP n°17/041 du 8 mars 2017, le Centre de Recherche et d'Elevage Conservatoire est également fermé au public. Il s'appuie sur une équipe scientifique compétente avec des critères biologiques fins (suivi sanitaire et génétique, recherche comportementales etc.). Ce centre est opérationnel pour accueillir, des tortues d'origine sauvage provenant : 1- de saisies dont l'origine sauvage a été confirmée ; 2- de plan de sauvetage en coordination avec les pouvoirs publics. Le centre est également habilité à accueillir des Cistudes d'Europe.

3. Présentation du projet

3.1. Préambule : Restaurer des populations de tortues impactées par les incendies

Face à des menaces diverses et soutenues, le maintien des populations d'espèces menacées nécessite de plus en plus couramment d'être assisté par des translocations. Parmi elles, les actions de translocation conservatoires sont utilisées afin de stabiliser certaines populations ou d'éviter leur extinction (IUCN, 1998 ; Seddon *et al.*, 2007 ; Carstairs *et al.*, 2019).

Les feux de forêt sont des perturbations récurrentes qui ont un impact majeur sur les écosystèmes et la Tortue d'Hermann dans le Var. Les dernières décennies ont vu une augmentation de la fréquence et de l'extension des feux en raison des effets combinés du changement climatique et de l'histoire de l'utilisation des terres, en témoignent les incendies de 2003 qui ont ravagé 20 000 ha. D'autres incendies ont eu lieu depuis et ce récemment avec des répétitions annuelles : ceux de 2016 sur Correns et Montfort-sur-Argens, puis ceux de 2017 (sur Hyères, Bormes-les-Mimosas, l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros).

La Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789) est l'une des espèces de reptiles les plus menacées en Europe occidentale (voir chapitre "4.5 Statut"). L'espèce a fortement décliné, principalement à cause de la disparition, la dégradation et la fragmentation des habitats dues à l'urbanisation et aux feux de forêts (voir chapitre "4.2 Menaces et protection"). Bien qu'ils jouent un rôle clé dans la composition et le fonctionnement des paysages méditerranéens, les incendies sont aujourd'hui considérés comme une menace sévère pour la biodiversité méditerranéenne (Moriando *et al.*, 2006 ; Syphard *et al.*, 2009).

Aujourd'hui attisées en raison des effets combinés du changement climatique, de l'anthropisation et de la fermeture des milieux, leur fréquence et leur intensité altèrent la capacité d'adaptation des espèces (Couturier *et al.*, 2014a,b). C'est tout particulièrement le cas d'espèces *longévives* et peu mobiles telles que les tortues. Les populations de Tortue d'Hermann dans le Var sont particulièrement impactées (voir Chapitres "4.6.3 Les incendies et leurs effets"). Selon le Plan National d'Actions (PNA) en faveur de la Tortue d'Hermann (Celse *et al.*, 2017), les incendies de forêt apparaissent comme l'une des principales menaces après les pertes irréversibles d'habitats dues notamment à l'urbanisation (voir Chapitre "4.2 Menaces et protection").

Dans un contexte où les populations sont affaiblies par de nombreuses menaces et où le réchauffement climatique risque d'attiser la fréquence des feux de forêt, certaines populations impactées n'auront sans doute pas le temps de se restaurer d'elles-mêmes avant qu'un prochain feu ne les touche. Des actions de translocation visant à accélérer le recrutement et la résilience des populations les plus précaires peuvent être une réponse appropriée à cette menace. Néanmoins, le succès de ce type d'intervention n'est pas garanti et nécessite des retours d'expériences solides avant d'être généralisé. La réalisation d'une telle action est le résultat d'un processus global allant de l'identification des facteurs menant au déclin d'une population aux décisions politiques (Figure 1). Ces décisions doivent se baser sur des expériences concrètes. Or, nous bénéficions maintenant de plusieurs Retours d'Expériences (REX) positifs (Ballouard, Caron & Bonnet, *in press*¹). Ces opérations

¹ Ballouard, J.-M., Bonnet X., and Caron S. Successful translocations of the Hermann's Tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) offer promising approach to restore populations after fire. Pages xx-xx in S.C. Walls and K.M. O'Donnell, editors. *Strategies for Conservation Success in Herpetology*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, University Heights, OH, USA.



ont été menées avec toutes les précautions sanitaires et génétiques (cf. Lignes directrices de l'IUCN, IUCN/SSC, 2013) requises (Caron *et al.*, 2011 ; Celse *et al.*, 2014).

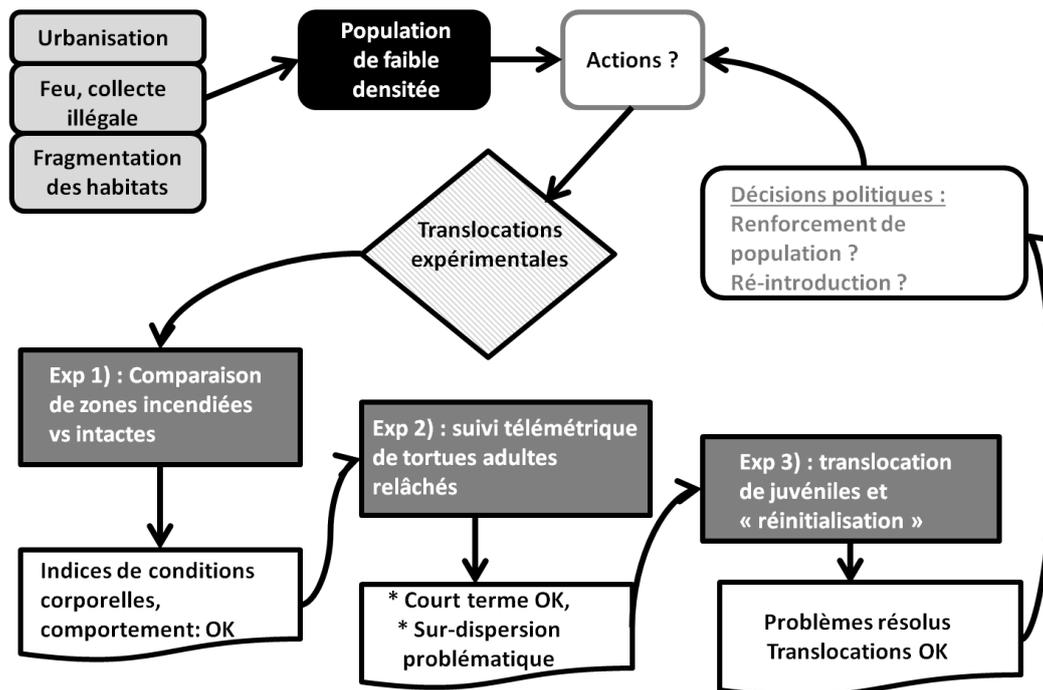


Figure 1. Organigramme expérimental illustrant la translocation.

Le première REX (2009) concerne la viabilité d'un site incendié pour la population résidente (Lecq *et al.*, 2013). Les deux autres REX concernent deux opérations expérimentales de translocation (voir Chapitre "6 REX sur la Tortue d'Hermann dans le Var") en vue de renforcer des populations (Caron *et al.*, 2013 ; Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Pille *et al.*, 2018 ; Caron *et al.*, 2021). Le second REX concerne des individus sauvages rescapés et gardés en captivité pendant des années (2013-2016). La troisième expérimentation menée en 2017-2018 a laissé entrevoir la possibilité de réaliser des renforcements de population à l'aide de juvéniles alors que les autres retours d'expériences étaient basés sur des adultes (Ballouard, Caron & Bonnet, *in press*).

Bien que des problèmes aient été identifiés, ces expériences ont montré des résultats encourageants (boîtes blanches, Figure 1) orientant les décideurs quant à l'utilisation des translocations en tant que mesure conservatoire afin d'enrayer le déclin de l'espèce.

3.2. Description de la présente étude

Les deux premières expériences de translocation menées dans le Var ont permis de montrer une bonne survie et une bonne adaptabilité des individus adultes d'origine sauvage suite à leur relâché. La seconde opération a permis de confirmer les résultats de la première expérience sur un site différent, mais surtout a permis de mettre en évidence la bonne adaptation des juvéniles. Ces résultats vont dans le sens d'une étude menée sur le long terme dans le Delta de l'Ebre en Espagne entre 1987 et 1997 (Bertolero *et al.*, 2007). De fait, la translocation des tortues issues de sauvetage dans le cadre de projets impactant l'environnement (séquence ERC) peut être un outil à utiliser mais en dernier recours. Il permet d'assurer un avenir aux individus tout en faisant profiter certaines populations de leur apport (renforcement des populations impactées par exemple par des feux).

En outre, les individus nés en captivité pourraient également être de bons candidats, ce qui permettrait de relâcher un plus grands nombre d'individus. En effet, un certain nombre de caractéristiques font des reptiles de bons candidats pour les programmes de translocation à partir de

spécimens captifs, notamment une fécondité élevée, le manque de soins parentaux, le fait que de nombreuses espèces puissent être élevées en captivité de manière très rentable ou encore que certains amphibiens et reptiles semblent conserver en captivité des traits comportementaux et physiologiques génétiquement programmés, contrairement aux mammifères ou oiseaux par exemple (Germano & Bishop, 2009). De fait, des juvéniles issus de reproduction en captivité pourraient alimenter des opérations de renforcement de population, en ayant bien évidemment préalablement sélectionnés ceux étant les plus aptes, via par exemple leur comportement (timides vs téméraire). Ces programmes dits de « *head starting* » visent à produire des jeunes individus à partir de géniteurs sauvages de souche génétique locale. L'objectif est ici de relâcher des individus (d'une certaine taille) dans une population de faible densité afin d'accélérer de façon artificielle la démographie de celle-ci via le recrutement des jeunes classe d'âge (Heppell *et al.*, 1996 ; Alberts, 2007 ; Sacerdote-Velat *et al.*, 2014 ; Burke, 2015 ; Quinn *et al.*, 2018 ; Daly *et al.*, 2019 ; Radzio *et al.*, 2019 ; McGovern *et al.*, 2020 ; Mullin *et al.*, 2020 ; Nagy *et al.*, 2020).

Bien que des retours d'expérience existent chez d'autres espèces (par ex. du genre *Gopherus* au USA), aucune étude n'a encore testé l'efficacité d'un renforcement d'une populations du genre *Testudo* via la translocation de juvéniles issus d'un élevage conservatoire. Les REX concernant les translocations de juvéniles sont rares pour la plupart des taxons. De tels programmes utilisent de manière conventionnelle des individus adultes (Alberts, 2007 ; Germano & Bishop, 2009). Toutefois, du fait de leur jeune âge, les juvéniles ne sont pas encore inféodés à leur habitat. Une bonne tolérance à la nouveauté et donc une meilleure adaptation à un nouveau milieu est ainsi supposée chez cette classe d'âge par rapport aux adultes (Germano *et al.*, 2017).

Ce projet expérimental de renforcement rentre en concordance avec deux actions du PNA (voir Chapitre "5.2.2 Les translocations au sein du nouveau PNA Tortue d'Hermann") qui ont pour objectif d'accompagner les populations de tortues dans leur adaptation face au changement global. A l'instar de la première expérimentation menée dans le cadre du programme LIFE (2010-2014), l'objectif est ici d'apporter des réponses méthodologiques sur la façon dont peut être mené un tel projet (par ex. combien de sites de relâcher, d'individus, quels âges etc.). Ce REX permettra de produire un guide méthodologique reproductible dans d'autres contextes que celui du Var (notamment sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce de l'Espagne à la Grèce). Au travers d'un suivi éco-physiologique expérimental, une action de ce type vise d'une part à mesurer la faisabilité d'une telle opération, et d'autre part, à définir les conditions favorisant au mieux la survie et la sédentarisation des tortues.

Les translocations conservatoires (Voir "Chapitre 5 Les translocations") impliquent une série de pré requis et procédures diverses et complexes en termes de planification et d'exécution (May, 1991) : bilan des connaissances, origine des individus destinés à être relâchés (sauvages vs. nés en captivité), absence ou présence de l'espèce sur le site choisi, évaluation de l'adaptabilité des animaux captifs, support des autorités locales, maîtrise foncière du site et accord des propriétaires, connaissance des causes de déclin de l'espèce, contrôles sanitaires et génétiques, critères de sélection des habitats appropriés et expertise des potentiels sites, protocoles visant à maximiser les chances de succès, critères de suivi du succès etc.

L'ensemble de ces procédures est ce que l'on appelle une étude de faisabilité. Elle constitue un préalable indispensable avant toute opération de translocation d'une espèce. Bénéficiant d'une première étude de faisabilité réalisée en 2011 (Caron *et al.*, 2011), et validée par l'ensemble des instances représentatives (CNPN, DREAL PACA, CS de la RNN), la présente étude vise à :

- (1) Sélectionner des sites « d'accueil » candidats. Etablir que le ou les sites choisis pour l'opération correspondent bien aux besoins de l'espèce. Une expertise sur site est ici nécessaire via une analyse qualitative basée sur la connaissance des lieux, l'expérience et

la capacité de jugement de l'évaluateur etc. Les critères d'éligibilité définis en 2011 (Caron *et al.*, 2011) pour la première expérimentation de translocation ont été actualisés, notamment au regard de la bibliographie, des retours d'expérience et de la nature même des sites visés (incendies passés).

- (2) Rencontrer, porter à connaissances et concerter avec les acteurs gestionnaires et propriétaires (CD83/ENS, Conservatoire du Littoral, CEN PACA, PNPC, ONF). En effet, le support des autorités locales, la maîtrise foncière du site et l'accord des propriétaires et/ou gestionnaires est une étape primordiale.
- (3) Définir les modalités de sélection des individus. C'est un des paramètres préopérateur le plus important à prendre en compte dans le cadre de projets de translocation.
- (4) Choisir les protocoles et suivis visant à maximiser les chances de survie des spécimens relâchés, mais aussi de définir les critères de suivi du succès/échec de l'opération.

3.3. Caractère exemplaire et niveau de reproductibilité

Cette étude s'inscrit dans la continuité des études et expériences menées par la SOPTOM depuis plus d'une dizaine d'années. Sébastien CARON (salarié) et Antoine CADI (Président de la SOPTOM) sont des membres internationaux de l'IUCN et du groupe de spécialiste de l'IUCN travaillant sur les méthodologies de translocation et les lignes directrices ("Conservation Translocation Specialist Group"). Ce groupe a pour vocation à lutter contre la perte massive et persistante de biodiversité en utilisant les réintroductions comme un outil responsable pour la gestion et la restauration de la biodiversité. Les précédents REX ont pu être publiés dans des revues internationales scientifiques et ont permis notamment la rédaction du guide de gestion lors du programme LIFE. Deux des précédents REX ont été publiés dans les REX de l'IUCN (Caron *et al.*, 2013 ; Caron *et al.*, 2021). Nous accordons une importance majeure à la vulgarisation et au retour d'expérience, au caractère expérimentale et novateur, la transparence et la reproductibilité de l'opération.



Global conservation
translocation perspectives: 2021

Case studies from around the globe
Edited by Pritpal S. Soorae



L'évaluation écologique et sanitaire ("état initial") suivie d'une translocation expérimentale nous permettraient de "faire un grand bon" dans l'amélioration de nos connaissances quant à la possibilité de restaurer les populations de Tortue d'Hermann suite à des incendies, ce dans un contexte de réchauffement climatique omniprésent. En fonction des résultats obtenus, ce type d'opération serait reproductible sur les sites où les populations de Tortue d'Hermann auraient subi de graves pertes (entre 0 et 95% de mortalité par ex.).

3.4. Partenariats : leurs rôles et apports

Les gestionnaires/propriétaires des potentiels sites identifiés lors de cette étude de faisabilité et avec qui nous travaillons depuis des années ont été impliqués dans la démarche de ce projet. Il s'agit tout particulièrement du Parc National de Port-Cros (PNPC), du Conservatoire du Littoral, des Département du Var (83) et des Alpes-Maritimes (06), de l'ONF et du CEN PACA. Tous ces acteurs permettent de disposer d'un rôle "support" en garantissant l'inaliénabilité des terrains, la



pérennité du site et des actions de gestion en sa faveur. Au même titre, le coordinateur et l'animateur du Plan National d'Actions en faveur de la Tortue d'Hermann (DREAL PACA et CEN PACA) ont été intégrés à la démarche tout comme le Comité de pilotage (COFIL). Diverses réunions de concertation/présentation de cette étude ont eu lieu durant toute l'année 2020 (COFIL PNA, PNPC, CDL, Département du Var). Ces partenaires permettent notamment le REX dans le cadre du PNA.

La SOPTOM est dotée d'un Conseil Scientifique bénévole qui accompagne les salariés au quotidien. Elle travaille en partenariat avec de nombreux autres scientifiques (voir Chapitre "15 Travaux scientifiques de la SOPTOM"). Dans le cadre de ce projet, les méthodologies de relâchés, les protocoles de suivi et les objectifs opérationnels à atteindre seront définis en concertation avec l'ensemble de ces acteurs. D'autres partenaires technico-financiers tels que l'OFB ou la Région Sud permettent de soutenir financièrement ce projet. Un COFIL sera mis en place.

3.5. Contribution à une dynamique et des stratégies territoriales

Aux niveaux local et régional. La région PACA est un « hotspot » de biodiversité à l'échelle française comme européenne. Sa situation au point de rencontre des régions biogéographiques alpine et méditerranéenne ainsi que sa façade maritime en font un territoire extrêmement riche en termes de nombre d'espèces présentes et en particulier d'espèces rares et endémiques. Avec 53 espèces, la région abrite près de 63 % des espèces d'amphibien et de reptile que compte la France métropolitaine. Huit espèces sont d'ailleurs aujourd'hui considérées comme menacées à l'échelle de la région (Marchand *et al.*, 2017).

Afin de préserver cette biodiversité il convient pour faire émerger les solutions fondées sur la nature, améliorer les continuités écologiques, sauvegarder la faune sauvage. Depuis 2018, la Région Sud nous soutient chaque année dans nos projets en lien avec la thématique de restauration de la Tortue d'Hermann suite aux incendies. En 2017, la Région Sud a fait de l'urgence climatique sa priorité. Elle se veut une région exemplaire en matière d'environnement. Elle s'est notamment donnée comme défis "d'étudier les conditions de réintroduction d'espèces disparues et soutenir les centres de sauvegarde de la faune sauvage" (action 67). La Région a lancé en 2019 puis 2020 un appel à projets «adaptation au changement climatique pour préserver la biodiversité régionale» visant à faire émerger des projets de préservation d'espèces emblématiques régionales. Il constitue le principal levier de financement de la Région pour préserver, reconquérir et valoriser la biodiversité.

Au niveau national. Ce projet est intégré dans une stratégie nationale opérationnelle puisqu'une action du Plan National d'Actions Tortue d'Hermann (2018-2027) est dédiée à ce projet. En effet, la SOPTOM est la structure "réfèrent" concernant les deux actions de translocations expérimentales qui figurent dans le PNA. L'action concernée est représentée au sein de l'objectif : (1) Améliorer et diffuser la connaissance nécessaire à la conservation de l'espèce via l'action 2.6 "Suivre les expérimentations sur la réintroduction de spécimens captifs ou issus de sauvetages".

Au niveau international. Le Congrès mondial de la nature de l'UICN se tiendra en septembre 2021 à Marseille. C'est donc la Région Sud, terre de la Tortue d'Hermann, qui sera l'endroit où le monde se réunit pour définir les priorités et guider les actions de conservation et de développement durable au niveau international. Notre projet a donc une résonance toute particulière en cette année 2021 spéciale, après le report du congrès suite à la pandémie de COVID-19. Parmi les 7 thématiques du congrès, 2 sont directement en lien avec nos objectifs et actions : "Accélérer l'atténuation et l'adaptation pour faire face aux dérèglements climatiques" et "Faire progresser le savoir, l'apprentissage, l'innovation et la technologie".



4. La Tortue d'Hermann et les menaces

4.1. Systématique

La Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) fait partie de la famille des Testudinidés (tortues terrestres) qui regroupe 11 genres et près de 40 espèces. Dans la nomenclature générique habituelle, au sein du genre *Testudo* et de l'espèce *hermanni*, on reconnaît traditionnellement 2 sous-espèces (Pérez *et al.*, 2013 ; Zenboudji *et al.*, 2016) :

- *Testudo hermanni hermanni* (Gmelin, 1789) ou Tortue d'Hermann occidentale, présente à l'ouest de la plaine du Pô (Péninsule italienne, Sicile, Sardaigne, Corse, Baléares, Massif des Albères et Provence).
- *Testudo hermanni boettgeri* (Mojsisovics, 1889) ou Tortue d'Hermann orientale, présente sur la région méditerranéenne de la péninsule balkanique et quelques petites îles de Méditerranée orientale).

Les populations françaises appartiennent à deux lignées distinctes sur le plan phylogénétique. Les populations provençales affichent une diversité génétique extrêmement faible et on y trouve de nombreux hybrides avec *Testudo hermanni boettgeri*. Elles sont relativement proches phylogénétiquement des populations continentales italiennes. Les populations corses sont quant à elles rattachées aux populations siciliennes.

4.2. Menaces et protection

Les causes de régression sont multiples et diverses selon les régions considérées (Celse *et al.*, 2014 ; 2017). On peut les hiérarchiser en fonction de leur gravité constatée ou présumée :

- Pertes irréversibles d'habitats via notamment les activités anthropiques (urbanisation).
- Dégradation de la qualité des habitats (incluant l'effet des incendies de forêts).
- Pratiques agricoles et forestières défavorables.
- Fragmentation des populations.
- Prédation et prélèvement d'individus.
- Introduction d'animaux étrangers aux populations naturelles.

Au niveau international, la Tortue d'Hermann est inscrite à l'Annexe II de la Convention de Washington (ou CITES) pour le contrôle du commerce international des espèces menacées d'extinction ainsi qu'à l'Annexe II de la Convention de Berne. Au niveau européen, l'espèce est inscrite aux Annexes II et IV de la directive Habitats Faune Flore (directive 92/43 CEE du Conseil du 21 mai 1992), à l'Annexe A du règlement (CE) n°38/97 (Conseil du 9 décembre 1996, Modifié par le règlement (UE) n°709/2010 du 22 juillet 2010), qui met en œuvre la CITES dans l'Union européenne.

Sur le plan national, l'espèce est protégée par l'arrêté ministériel du 19 novembre 2007. Son prélèvement ou la destruction de spécimens est passible de 150 000 € d'amende et 3 ans de prison.

En application de l'arrêté du 8 octobre 2018 fixant les règles générales de détention d'animaux d'espèces non domestiques, la détention de tortues d'Hermann par des particuliers est soumise à déclaration préfectorale : jusqu'à 6 spécimens (hors juvéniles nés dans l'élevage), les animaux doivent être marqués par transpondeur électronique et d'origine licite. Au-delà de 6 spécimens adultes, un certificat de capacité et une autorisation d'ouverture sont nécessaires. Dans tous les cas un registre d'entrées / sorties doit être tenu à jour.



4.3. Répartition

La distribution de *Testudo hermanni hermanni* s'étend de l'Italie, à l'Espagne en passant par les îles méditerranéennes (Sardaigne, Sicile, Baléares, Corse). En Espagne, l'espèce occupe naturellement le Massif des Albères dans les Pyrénées orientales ; elle a été introduite aux Baléares (Minorque et Majorque) dès les périodes préhistoriques et dans le Delta de l'Ebre dans les années 90'. En Italie, elle a disparue de nombreuses régions et présente une distribution diffuse le long des côtes. Sur les îles italiennes, elle est localisée sur le pourtour côtier du Nord et du Sud-est de la Sicile, et dans une petite région du nord-ouest de la Sardaigne (Celse *et al.*, 2017).

La Tortue d'Hermann occupait historiquement l'ensemble de la région méditerranéenne française. Au 19^{ème} siècle, elle n'était plus présente qu'en Provence et en Roussillon, sous forme de populations localisées. La population roussillonnaise semble s'être éteinte dès les années 1960. En Provence, l'espèce occupe uniquement le sud et le centre du département du Var : massif et plaine des Maures, plateau de Flassans-Gonfaron, massif de la Colle du Rouet et plaine de Palayson, bordure occidentale du massif de l'Estérel. L'existence de populations autochtones dans les Bouches-du-Rhône et les Alpes-Maritimes reste hypothétique. Les populations de la Corse sont plus étendues, bien que morcelées (Livoreil, 2009).

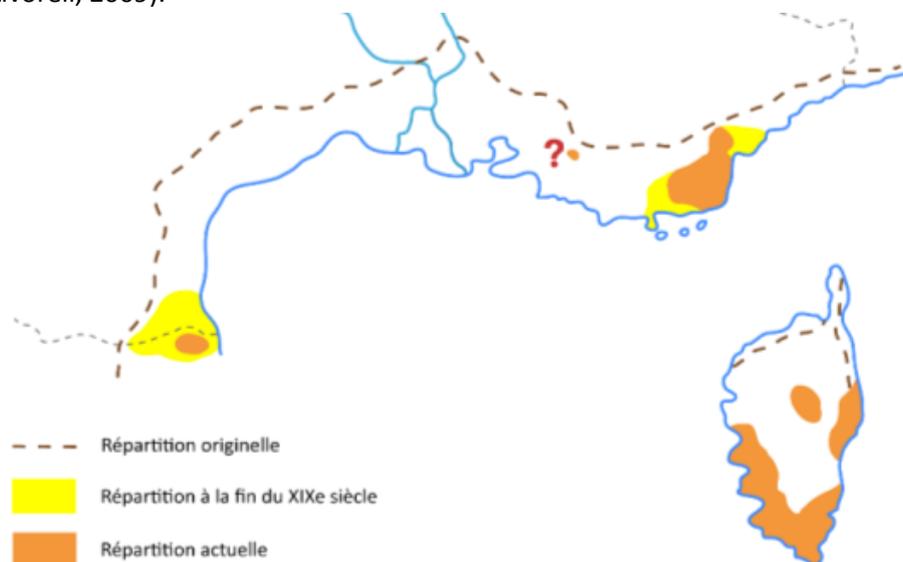


Figure 2. Aire de répartition Française.

4.4. Biologie générale

D'après Stubb *et al.*, 1984 ; Bertolero *et al.*, 2011 ; Celse *et al.*, 2017 ; Ballouard *et al.*, 2020 etc.

Seule tortue terrestre native en France métropolitaine (Corse et Var), la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789) occupe la quasi-totalité des formations végétales du biome méditerranéen depuis le niveau de la mer jusqu'à 700 m d'altitude environ. L'espèce a une préférence marquée pour les formations végétales offrant une alternance de bosquets, broussailles et pelouses sèches. Elle fréquente assidûment les lisières et les diverses interfaces entre milieux. Elle s'aventure peu en terrain découvert et fait défaut dans les forêts denses et les vignes en exploitation. Sa distribution actuelle en France correspond presque strictement à celle du Chêne liège (*Quercus suber*) sur sol cristallin et le Chêne vert (*Quercus ilex*) sur terrain calcaire. On la trouve aussi dans les pinèdes claires de Pin mésogéen (*Pinus pinaster*) et de Pin parasol (*Pinus pinea*).



Figure 3. Tortue d'Hermann.

C'est une espèce diurne de taille moyenne (longueur maximale de la carapace : 20 cm pour les femelles dans le Var). Solitaire, sédentaire et non-territorial, c'est une espèce longévive (60 à 80 ans en milieu naturel), mais la mortalité est importante aux stades juvéniles et d'œufs. Elle est active pendant 8 à 9 mois, de la première quinzaine du mois de mars jusqu'à la fin octobre-début novembre, avec des pics d'activité en mai-juin et septembre.

Chez les adultes et sub-adultes, la distinction des sexes est relativement aisée. Les femelles sont sensiblement plus grosses que les mâles. La maturité sexuelle est tardive (12-13 ans). La plupart des ces caractères sexuels secondaires s'individualisent à partir d'une longueur corporelle de 10 cm, ce qui correspond à un âge d'environ 6-7 ans : (1) le plastron est concave chez les mâles, plat chez les femelles ; (2) une queue plus longue et épaisse chez les mâles ; (3) l'écaille supra caudale des mâles est fortement recourbée vers le plastron et les écailles anales sont très échancrées et peu larges. De manière générale, les femelles sont sensiblement plus grosses que les mâles (+12%).

Les comportements sexuels s'observent principalement au printemps (avril-mai) et en fin d'été (août-septembre). Trois œufs en moyenne sont pondus par an et par femelle, généralement en mai-juin. La durée d'incubation des œufs est en moyenne de 97 jours et les éclosions sont liées aux premières pluies de fin d'été. L'âge des individus est corrélé à la taille de la dossière (« Straight Carapace Length ») (SCL) : Juvénile < 100mm (1 à 6 ans) ; 100 < Sub-adule < 130mm (7 à 12 ans) ; Adulte > 130mm (> 12 ans ; Stubb *et al.*, 1984 ; Bertolero *et al.*, 2011). Il est possible de déterminer précisément l'âge des plus jeunes individus (12 ans) grâce aux stries de croissance visibles sur les écailles.

Comme tout animal ectotherme, elle est dépendante du milieu et de la température ambiante pour maintenir sa température aux alentours de 25 à 30°C. Les femelles peuvent conserver les spermatozoïdes pendant plusieurs années dans les replis des oviductes. Au cours de son cycle annuel (Figure 4), la Tortue d'Hermann doit pouvoir trouver sur un espace limité des habitats qui correspondent aux différentes phases de son activité annuelle et quotidienne. D'avril à juin, durant le pic d'activité de l'espèce, et en automne, elle fréquente préférentiellement les milieux ouverts à semi-ouverts où la strate herbacée est importante. En été, elle utilise des milieux plus frais et plus humides dans les maquis hauts ou pinèdes et affectionne la proximité des cours d'eau (lisières et

ripisylves). En hiver, elle hiberne 3 à 5 mois, de novembre à mars. Elle recherche des habitats offrant des conditions de température et d'hygrométrie favorables dans des zones bien drainées et généralement arborées, avec une couche épaisse de litière de feuilles.

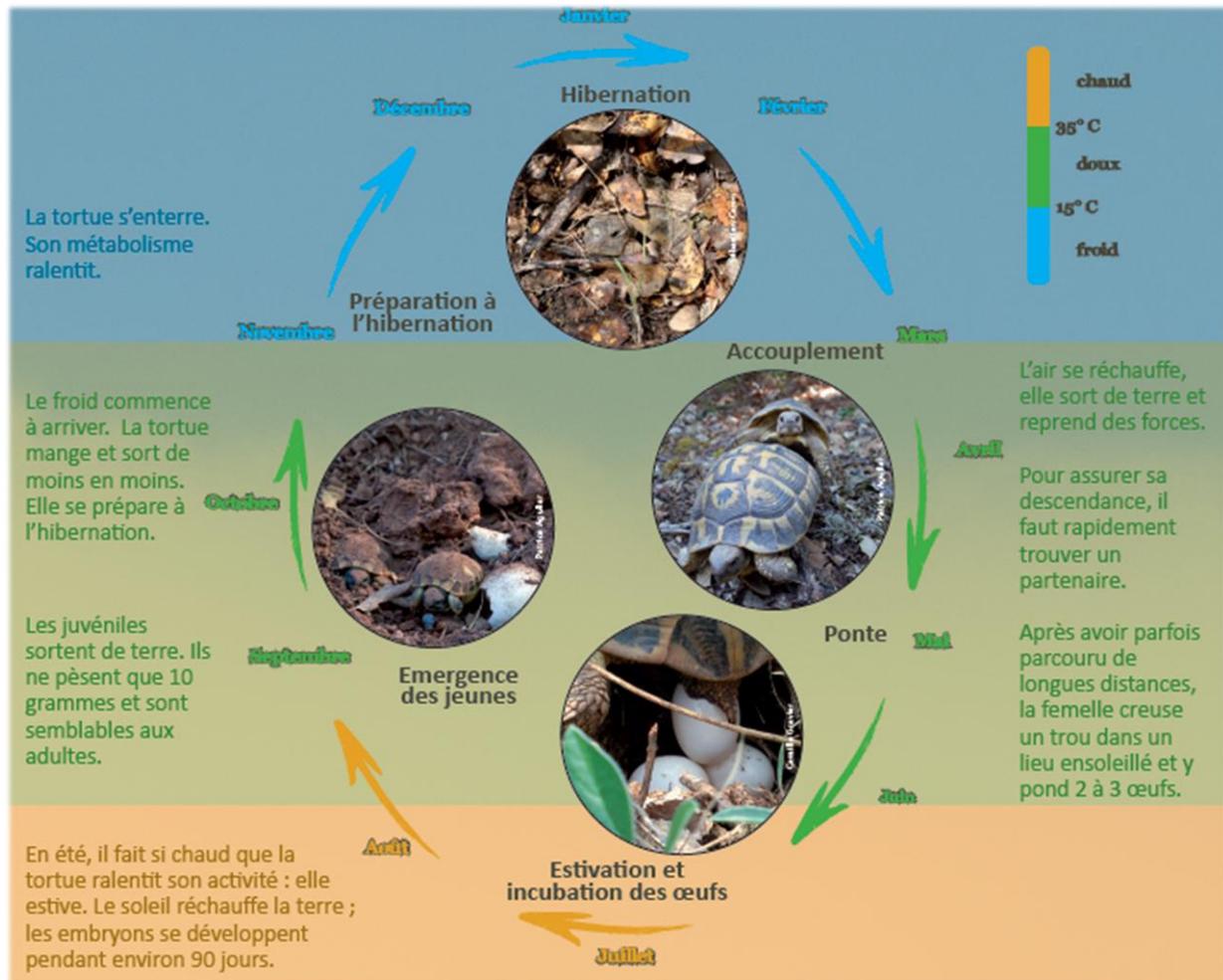


Figure 4. Cycle d'activité de la Tortue d'Hermann au cours de l'année.

Ses déplacements s'effectuent au sein d'un domaine vital variable selon les sites (Ballouard *et al.*, 2020), plus important chez les femelles que chez les mâles, compris généralement entre 1 et plus de 15 hectares, parfois plusieurs dizaines. Les mouvements journaliers et saisonniers sont restreints de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. En cas de perturbation de leur milieu de vie (incendie, dégradation de leur habitat), les individus ayant quitté leur domaine vital cherchent si possible à y retourner. Il en est de même pour des animaux qui ont été déplacés intentionnellement.

Principalement herbivore, son choix alimentaire se dirige vers les plantes annuelles ou vivaces de la strate herbacée. Elle consomme préférentiellement des Astéracées, des Fabacées, des Poacées et des Renonculacées. Elle peut occasionnellement consommer des fruits, des invertébrés ainsi que des restes de cadavres (petits rongeurs) ou des excréments de mammifères. La consommation de petits cailloux ou de terre n'est pas rare. Leur besoin en eau est en partie assuré par l'alimentation mais les tortues adultes sembleraient pouvoir effectuer des déplacements importants afin de rejoindre un point d'eau, surtout en période estivale.

La prédation s'exerce sur les pontes et les jeunes tortues, mais aussi les adultes. Les jeunes tortues sont mangées par les carnivores, les corvidés et les sangliers. Dans le Var, le sanglier prolifère et représente une menace sérieuse pour les populations. Les aires de ponte se réduisent et sont de plus

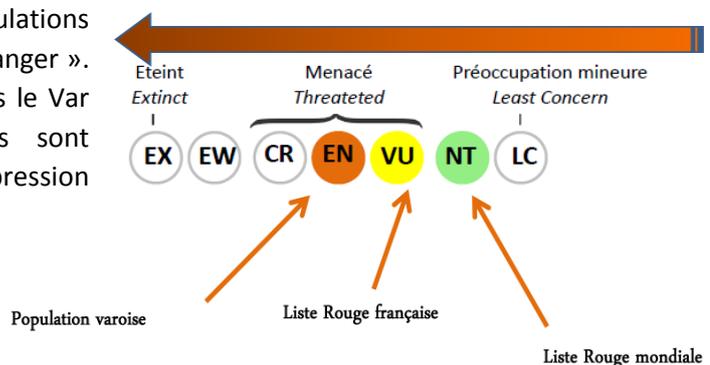
en plus retournées par l'activité des sangliers. Les mammifères tels que les sangliers, renards, fouines ou blaireaux peuvent également être responsables de mortalité sur les adultes. Bien souvent, des tortues peuvent être retrouvées avec les membres sectionnés ou arrachés. Les morsures de chiens constituent la deuxième cause d'entrées en clinique (30%, Gagno *et al.*, 2013).

4.5. Statut

Plus de la moitié des 360 espèces de tortues ont menacées d'extinction. Les chéloniens sont le groupe de Vertébrés avec le plus grand risque d'extinction (Stanford *et al.*, 2020). La Tortue d'Hermann est classée en tant que « Quasi-menacé » sur la Liste Rouge Mondiale et « Vulnérable » sur la Liste Rouge de France.

Ordre	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Région PACA (2016)	France (2015)	Monde (2013)
Testudines	Testudinidae	<i>Testudo hermanni</i>	Tortue d'Hermann	EN	VU	NT

Au sens de la terminologie UICN, les populations varoises entrent dans la catégorie « en danger ». Elle ne subsiste plus qu'en Corse et dans le Var en effectifs réduits. Ses populations sont largement menacées par une pression anthropique de plus en plus forte.



4.6. Les menaces majeures

4.6.1. Modification des habitats

L'attractivité touristique sur le pourtour méditerranéen en fait l'une des régions où l'augmentation du nombre d'habitants est la plus importante au niveau international. Indéniablement, cet attrait a pour conséquence une augmentation importante de l'emprise des aménagements anthropiques sur les milieux naturels. Dans le Var comme ailleurs, cette anthropisation se traduit par la perte et la fragmentation durables des habitats (Fahrig, 2003 ; Nivelle, 2017 ; Caron & Bosc, 2019). Entre 1990 et 2012, les territoires artificialisés (zones anthropiques) sont passés de 42 202 ha à 5 617 ha soit une augmentation de 13 415 ha (le réseau routier n'étant pas pris en compte). Ils ont à la fois remplacé les territoires agricoles (5 259 ha) et les forêts et milieux semi-naturels (8 204 ha).

D'autres changements ont pour conséquence une dégradation de la qualité des habitats. En effet, la déprise agropastorale couplée à la mécanisation (Couturier *et al.*, 2014b) et l'extension des zones cultivées (notamment viticoles) entraînent la fermeture des milieux favorables aux tortues (Livoreil *et al.*, 2009 ; Bertolero *et al.*, 2012 ; Luiselli *et al.*, 2014). Au même titre que l'ensemble de la biodiversité méditerranéenne, l'ensemble des changements de l'utilisation des terres a fortement impacté et fragilisé les populations de tortues d'Hermann. Les densités ont drastiquement diminuées et les populations se retrouvent de plus en plus isolées (Celse *et al.*, 2017).

4.6.2. Le réchauffement climatique

Du fait de leur métabolisme dépendant des conditions extérieures, les reptiles et amphibiens sont susceptibles d'être particulièrement impactés par le réchauffement climatique. Par exemple, une des



principales théories pour expliquer la durée de vie des espèces repose sur la vitesse du métabolisme : plus ce dernier est lent, plus l'espérance de vie serait élevée. Chez les espèces ectothermes comme les tortues, une augmentation des températures induirait une élévation du métabolisme (Stark, Pincheira-Donoso & Meiri, 2020). Ceci suggère que les hausses de température pourraient dramatiquement réduire leur longévité et de ce fait leur démographie. La région PACA est l'une des régions où les conséquences du réchauffement climatique risquent d'être les plus fortes. Les différents modèles climatiques développés (notamment par le GIEC) s'accordent pour prévoir, pour la région méditerranéenne, au-delà de l'augmentation de température, une diminution importante des précipitations pendant la saison estivale, augmentant ainsi le stress hydrique pour les organismes. Chez la Tortue d'Hermann, le risque d'impact indirect sera potentiellement néfaste en raison de l'effet additif sur les autres menaces (Monastersky, 2014).

4.6.3. Les incendies et leurs effets

4.6.3.1. Des chiffres

Sur le département du Var (83), 310 incendies de plus de 4 hectares ont été cartographiés par l'ONF entre 1958 et 2006 (48 ans). Au total, 140 263 hectares ont brûlé au moins une fois, soit 23.18% de la surface du département. 16.4% du territoire a brûlé une fois et 6.8% du territoire 2 à 5 fois. Les incendies ne se distribuent pas de façon aléatoire sur le territoire, ils sont plus fréquents dans la partie littorale du département, en particulier dans les massifs des Maures et de l'Esterel (Cheylan, Couturier & Astruc, 2008). L'anthropisation du milieu et la proximité de l'urbanisation semblent être des risques aggravant et favorisent la répétition des feux sur ces secteurs.

A l'échelle de l'aire de répartition historique de la Tortue d'Hermann, les incendies de forêts ont couvert au moins 54% du territoire depuis 1958, soit en moyenne une superficie de 1,1% par an (sans compter les répétitions d'incendie sur une même zone). Une partie importante du Massif des Maures a brûlé 3 fois et plus ces 50 dernières années (13,5%), soit un temps de passage du feu compris entre 12 et 16 ans seulement (Cheylan, Couturier & Astruc, 2008).

Les dernières décennies ont vu une augmentation de la fréquence et de l'extension des feux en raison des effets combinés du changement climatique et de l'histoire de l'utilisation des terres, en témoignent les incendies de 2003 qui ont ravagé 20 000 ha au cœur de l'aire de répartition de l'espèce. D'autres incendies ont eu lieu récemment : en 2016 sur les communes de Correns et Montfort-sur-Argens, en 2017 sur Hyères, Bormes-les-Mimosas, Cavalaire, ou encore Ramatuelle sur l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros où plusieurs milliers d'hectares ont été détruits.

4.6.3.2. Impacts démographiques

L'impact des feux ne sera pas le même selon les organismes. Certaines espèces de reptiles comme le Lézard ocellé (*Timon lepidus*) peuvent en bénéficier, *via* notamment les ouvertures de milieux qui en résultent (Santos & Cheylan, 2013). Les traits d'histoire de vie caractéristiques d'une espèce longévive (ex : maturité tardive, faible nombre d'œufs, faible recrutement) et sa capacité de déplacements limitée font de la Tortue d'Hermann une espèce particulièrement vulnérable (Couturier *et al.*, 2011).

Suite aux incendies, les populations peuvent mettre plusieurs décennies avant de retrouver leur densités et structures démographiques initiales (e.g. plus de 27 ans dans la plaine des Maures, Cheylan, Couturier & Astruc (2008). La mortalité d'une population est en général très importante (environ 60%) mais elle présente une forte variabilité entre sites (35% à 80%) (Cheylan *et al.*, 2008,



Couturier *et al.*, 2011) et dépend des habitats présents (Hailey, 2000), des conditions météorologiques, ou de la période (Cheylan, Couturier & Astruc, 2008).

Sur le site Cap Taillat/Cap Lardier propriétés du Conservatoire du Littoral), le feu qui a sévit en 2017 a même engendré » un taux de mortalité de plus de 90 % (Couturier *et al.*, 2019). L'impact extrême de cet incendie sur la population de tortues pose donc la question de sa résilience et de sa capacité à reconstituer une population viable.

Si l'intensité et/ou l'ampleur d'un feu sur un site influence la résilience d'une population, c'est plus la fréquence des feux sur un même site qui est déterminante. Il est admis qu'une forte fréquence (<20-30 ans) des feux peut localement entraîner l'extinction d'une population (Couturier *et al.*, 2014a). Ainsi, les zones incendiées 2 fois et plus (Massif de l'Estérel, est et ouest du Massif des Maures) ne possèdent plus de populations vraiment viables alors que des zones incendiées une fois (plateau de Flassans-Gonfaron, Plaine des Maures, partie centrale des Maures, presqu'île de St-Tropez) possèdent des densités de tortues satisfaisantes.



Photo 2. Divers états possibles de tortues ayant succombées à un incendie.

4.6.3.3. Impact comportemental

Outre son impact direct sur les populations, le feu peut avoir également des effets négatifs indirects sur les individus survivants, éléments indispensables pour la reconstitution de la population. Le passage d'un incendie a pour conséquences immédiates la disparition des abris, de la litière, de la nourriture et des différents microhabitats utilisés par les tortues. Les conditions de vie sont très défavorables dans les mois qui suivent l'incendie. La disparition d'abris couplée à l'augmentation des températures suite à la disparition des couvertures arbustives et arborés peuvent être préjudiciables. La disparition de la litière peut être problématique pour l'estivation et l'hibernation. Les premières semaines et mois suivant un incendie sont particulièrement critiques avant l'arrivée des premières pluies qui peuvent parfois mettre deux mois à arriver.

Suite à l'incendie sur les Caps Lardier et Taillat, le suivi par télémétrie d'une tortue adulte rescapée trouvée au milieu de la zone incendiée a cependant montré que les tortues pouvaient s'accommoder d'un tel changement. En effet, l'individu mâle en question a trouvé refuge pendant la période estivale dans une cavité créée par la combustion d'une souche. Après avoir passé plusieurs semaines dedans, celui-ci est sorti peu avant l'arrivée des premières pluies et n'avait perdu que quelques grammes (données non publiées).

Lors d'une étude menée entre 2002 et 2009, nous avons suivi parallèlement des tortues d'Hermann dans des habitats intacts et incendiés, proches les uns des autres. Au cours de l'été 2003, un violent incendie a ravagé la moitié de la zone étudiée (Lecq *et al.*, 2014, voir "Chapitre 6.1 REX 1 - Réponses des individus survivants suite à un incendie"). Un suivi de télémétrie a montré que les individus de chaque zone étaient des tortues résidentes et non des vagabondes. Les tortues sont des animaux sédentaires et philopatriques. Bien qu'un incendie ait engendré une modification radicale de leur domaine vital, pour autant les individus survivants sont restés sur place. Le suivi de la condition corporelle des individus avant et après l'incendie sur plusieurs années a montré une bonne adaptation des individus qui ont survécu à l'incendie, ce bien que l'habitat ait été considérablement modifié. Sur le plus long terme, bien que l'habitat reste largement modifié pendant plusieurs années, le feu peut favoriser les années qui suivent l'apparition d'une strate herbacée dense et particulièrement riche, notamment en papilionacées (Catard, Tartary & Camoin, 2010).



Photo 3. Tortue survivante équipée et souches d'arbres servant de cachettes.

Plus largement, cet exemple illustre l'adaptabilité des populations faces à cette menace. Ici, un nombre suffisant d'individus permettront sur le long terme de restaurer la population de façon naturelle. Mais, ce cas n'est pas forcément représentatif de l'ensemble des situations dans le Var. Suivant l'intensité des feux, le nombre d'individus fondateurs de la population à restaurer pourrait s'avérer insuffisant pour assurer la résilience de la population. De plus, l'état fragile des populations à faibles densités couplé à leur fragmentation défavorise les possibilités de recrutements, que ce soit via les naissances ou via l'arrivée d'individus migrants des populations adjacentes.

L'urbanisation et les changements climatiques sont des facteurs aggravants. Les différents scénarios climatiques prévoient une augmentation de la fréquence des feux en milieu méditerranéen (Pausas & Keeley, 2009 ; Sanz-Aguilar *et al.*, 2011 ; Couturier *et al.*, 2014a). Certaines populations impactées n'auront sans doute pas le temps de se restaurer d'elles-mêmes, par exemple avant qu'un nouveau feu ne les touche. La viabilité de certaines populations repose donc sur la mise en place de mesures de conservation proactives telles que les translocations qui permettront d'accélérer le recrutement des populations et ainsi assurer leur résilience.

5. Les translocations conservatoires

5.1. Principes généraux

5.1.1. Définitions et classifications

La translocation est le déplacement par l'Homme d'organismes vivants d'une zone géographique vers une autre (IUCN/SSC, 2013). Les translocations peuvent déplacer des organismes vivants de la nature ou d'origine captive. Les translocations peuvent être accidentelles ou intentionnelles. Les transferts intentionnels peuvent répondre à une variété de motivations, y compris pour réduire la taille de la population, pour le bien-être, les intérêts politiques, commerciaux ou récréatifs, ou pour des objectifs de conservation. Une typologie des translocations de conservation, basée sur les définitions suivantes a été définie (IUCN/SSC, 2013 ; Seddon *et al.*, 2014 ; Armstrong *et al.*, 2019).

La translocation de conservation est le mouvement et la libération intentionnels d'un organisme vivant dont l'objectif principal est un avantage de conservation. Cela comprend généralement l'amélioration de l'état de conservation de l'espèce localement ou globalement, et/ou la restauration des fonctions ou processus naturels de l'écosystème. Ce type de translocation implique la libération d'organismes qui exclut le fait de placer les organismes dans des conditions qui, à des fins de gestion, diffèrent considérablement de celles que ces organismes subissent dans leurs habitats naturels. Les relâchers peuvent avoir lieu à l'intérieur ou à l'extérieur de l'aire de répartition indigène de l'espèce. L'aire de répartition indigène d'une espèce est la répartition connue ou déduite générée à partir des données historiques (écrites ou verbales) ou des preuves physiques de l'occurrence de l'espèce.

Si la translocation a lieu à l'intérieur de l'aire de répartition indigène, on parle ici de restauration de la population qui comprend deux activités :

- Le **renforcement** est le mouvement et la libération intentionnels d'un organisme dans une population existante de conspécifiques. Il vise à améliorer la viabilité de la population, par ex. en augmentant la taille de la population, en augmentant la diversité génétique ou en augmentant la représentation de groupes ou stades démographiques spécifiques.
- La **réintroduction** est le mouvement et la libération intentionnels d'un organisme à l'intérieur de son aire de répartition indigène dont il a disparu. Elle vise à rétablir une population viable de l'espèce focale dans son aire de répartition indigène.

Si la translocation a lieu en-dehors de l'aire de répartition indigène, on parle alors d'introduction. Deux types d'introduction à la conservation sont reconnus :

- La **colonisation assistée** est le mouvement et la libération intentionnels d'un organisme en-dehors de son aire de répartition indigène pour éviter l'extinction des populations de l'espèce locale. Ceci est effectué principalement là où la protection contre les menaces actuelles ou futures probables dans l'aire de répartition actuelle est jugée moins faisable que sur d'autres sites.
- Le **remplacement écologique** est le mouvement et la libération intentionnels d'un organisme en-dehors de son aire de répartition indigène pour remplir une fonction écologique spécifique. Ceci est utilisé pour rétablir une fonction écologique perdue par extinction, et impliquera souvent la sous-espèce existante la plus appropriée, ou un proche parent de l'espèce éteinte au sein du même genre.



5.1.2. Avantages/risques

Les translocations de conservation représentent un avantage pour la conservation, mais peuvent comporter également des risques en raison d'intérêts écologiques, sociaux et économiques. L'évaluation de toute proposition au projet devrait inclure l'identification des avantages potentiels et des impacts négatifs potentiels, couvrant les aspects écologiques, sociaux et économiques. Cela sera par exemple plus simple pour un renforcement ou une réintroduction dans l'aire de répartition indigène par rapport à toute translocation hors de l'aire indigène.

Les transferts de conservation hors de l'aire de répartition indigène entraînent en général des risques potentiellement élevés qui sont souvent difficiles ou impossibles à prévoir avec précision. C'est notamment le cas de l'acceptabilité sociale. Cette dernière sera moins évidente lorsqu'il s'agit d'un projet où les populations de l'espèce concernée ne sont plus présentes sur le territoire comparée à un projet se déroulant sur un territoire où l'espèce est toujours présente. Dans tous les cas, le niveau absolu de risque doit être mis en balance avec l'échelle des avantages escomptés.

5.1.3. Identification des menaces

Il devrait généralement y avoir des preuves solides que la ou les menaces qui ont causé une extinction ou un déclin des populations ont été correctement identifiées voire supprimées ou suffisamment réduites. Qu'elles soient directes (feu) ou indirectes (dégradation de l'habitat), ces menaces peuvent compromettre les avantages de la réalisation du projet de conservation. Les menaces peuvent également être biologiques, physiques (telles que les événements climatiques extrêmes), ou sociales, politiques ou économiques, ou une combinaison de celles-ci.

Ainsi, tout déplacement proposé pour la conservation doit être pensé en considérant d'abord les causes passées de déclin ou d'extinction sévère de la population. Elles peuvent être différentes selon les saisons et les contextes géographiques. Leur identification doit tenir compte des attributs biologiques et du cycle biologique de l'espèce. Si des menaces viennent à être identifiées, des mesures doivent permettre de spécifier les moyens d'atténuer ou éviter ces menaces. Les menaces provoquant des extinctions locales sont souvent aiguës mais contrôlables au contraire des menaces qui opèrent sur tout ou partie de l'aire de répartition de l'espèce (agents pathogènes, prédateurs ou concurrents introduits, changement généralisé d'utilisation des terres, polluants atmosphériques et changement climatique). Ces dernières sont plus difficiles à gérer.

Les évaluations des menaces doivent tenir compte de la capacité d'adaptation de l'espèce focale. Cette capacité aura tendance à être plus élevée dans les populations présentant une diversité génétique élevée, une capacité de dispersion à longue distance et / ou une capacité de colonisation efficace.

5.2. Un outil pour la conservation des chéloniens

5.2.1. Avant tout un outil de gestion

Face à l'emprise anthropique croissante sur les milieux naturels, l'utilisation de translocation est de plus en plus courante. En France, son utilisation vise principalement à mitiger ou compenser les impacts de projets d'aménagement sur des espèces d'intérêt patrimonial (Miller *et al.*, 2014 ; Germano *et al.*, 2015). Dans le cadre de la doctrine « Éviter, Réduire, Compenser » (ERC), cette opération est généralement utilisée en tant que mesure d'accompagnement/réduction. La faible mobilité des tortues ainsi que leur longévité les rendent aussi bien vulnérables à la perte d'habitat qu'à la perte d'un petit nombre d'individus (Kearney *et al.*, 2009 ; Germano *et al.*, 2017). Par



conséquent, c'est l'un des vertébrés chez qui les mesures de translocations sont les plus justifiées. Aux Etats-Unis tout particulièrement, les tortues terrestres font couramment l'objet d'opération de translocations, en général suite à des projets d'extension de zone militaire (Nussear *et al.*, 2012 ; Walde & Boarman, 2016 ; Mulder *et al.*, 2017) ou de développement de parc éolien ou photovoltaïque (Farnsworth *et al.*, 2015 ; Brand *et al.*, 2016 ; Dickson *et al.*, 2019 ; U.S. Fish and Wildlife Service, 2020). En Europe, ces projets tendent à se développer et les projets de déplacements devraient donc s'intensifier.

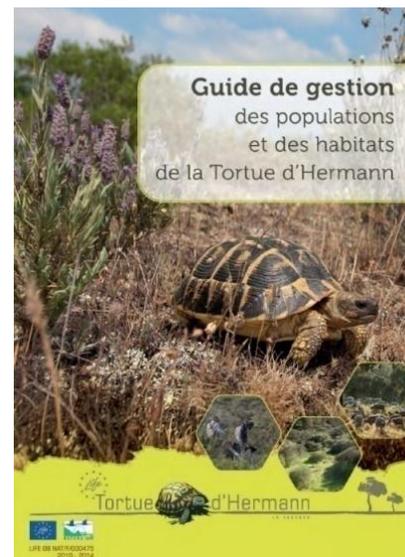
5.2.2. Les translocations au sein du nouveau PNA Tortue d'Hermann

Un second Plan National d'Actions Tortue d'Hermann (2018-2027) a vu le jour en 2018 (Celse *et al.*, 2017). Les actions sont regroupées au sein de 8 objectifs spécifiques assez proches de ceux qui constituaient le premier PNA 2009-2014 en faveur de l'espèce. Chaque objectif est décliné en actions qui ont vocation soit à être menées de manière transversale sur l'ensemble de l'aire de répartition, soit à être appliquées sur des sites pilotes sur lesquels les moyens d'action seront concentrés. Chaque action bénéficie d'une structure chargée de son suivi. La SOPTOM est la structure "réfèrent" concernant les translocations expérimentales qui y sont représentées au travers de deux actions : 2.6 "Suivre les expérimentations sur la réintroduction de spécimens captifs ou issus de sauvetages") ET 6.6 "Mettre en œuvre des opérations ponctuelles de translocation d'individus sauvages issus de sauvetage").



5.2.3. Les translocations et le guide de gestion LIFE+

Un guide de gestion des populations et des habitats de la Tortue d'Hermann a été rédigé fin 2014 (à l'issue du programme LIFE+ TH) par le CEN PACA, la SOPTOM, l'EPHE, l'ARPE, l'ONCFS et le CEN Corse. Il contient une synthèse sur la biologie de cette espèce, les menaces la touchant, les outils de gestion et de conservation disponibles, les exemples d'expérimentation sur sites pilotes et les échanges d'expériences au niveau européen. A ce titre, le retour d'expérience de notre second REX (voir "Chapitre 6.2 REX 2 - Réponses des tortues adultes suite à leur déplacement depuis un ") y figure tout comme le descriptif des suivis types à mener (spatiaux, comportementaux, physiologiques, sanitaires et génétiques).



5.2.4. Précautions et méthodologies

Les translocations sont souvent critiquées du fait de nombreux échecs et de l'absence de publications des résultats (Miller *et al.*, 2014). En effet, le déplacement d'espèces n'est pas un acte anodin. Il génère d'importantes perturbations chez les spécimens en raison du stress engendré lors du transport et de la manipulation, mais également lors d'un changement brusque d'environnement (Dickens *et al.*, 2010). Au-delà de l'impact sur la survie des individus, ce stress peut notamment se manifester par un phénomène de dispersion considéré comme l'une des causes majeures d'échecs des translocations (Letty *et al.*, 2007). Une forte dispersion peut en effet augmenter la vulnérabilité de l'animal face à la prédation et la difficulté à trouver des ressources (Teixeira *et al.*, 2007 ; Swaisgood, 2010).

5.2.5. Recommandations

Il est primordial de prendre en compte les recommandations de l'Union Internationale de Conservation de la Nature (IUCN) relatives aux translocations (IUCN/SSC, 2013). Dans le cas de translocations d'individus issus de confiscations, elles doivent être lues conjointement avec les Lignes directrices de la CITES relatives à l'utilisation des spécimens vivants confisqués appartenant à des espèces inscrites aux annexes (CITES, 2010).

Compte-tenu des risques important (notamment génétiques et sanitaires) liés à la libération dans les populations sauvages de nouveaux individus, ces derniers doivent être sélectionnés sur la base d'analyses sanitaire et génétique rigoureuses. Le choix du site de relâché doit également être conforme aux besoins saisonniers de l'espèce ; il doit permettre l'accès rapide à des ressources et microhabitats favorables.

Les retours d'expérience sont donc primordiaux et doivent être basés sur des évaluations adaptées afin d'enrichir les connaissances et de réaliser à posteriori des versions plus efficaces de ces opérations (Ewen *et al.*, 2014). Ces REX sont d'autant plus fondamentaux du fait de la variabilité des réponses possibles suivant les populations ou bien en fonction de la configuration du site sélectionné pour la dite translocation (Attum *et al.*, 2010 ; Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Attum & Cutshall, 2015).

Par exemple, une des complexités de la translocation de chéloniens réside dans le fait que les tortues expriment généralement un fort comportement de « *homing* »² (Chelazzi & Francisci, 1979), se traduisant par le parcours de grandes distances (Celse *et al.*, 2017). Le *homing* est la capacité innée que possède un animal de naviguer vers son lieu d'origine (son territoire ou bien un lieu de reproduction) en traversant des lieux inconnus. Après une translocation, la dispersion est par ailleurs l'une des premières causes d'échec des programmes de translocation chez les Reptiles (Germano & Bishop, 2009). Il est donc important de considérer une distance suffisante entre les milieux source et receveur (> 10 km ; Pille *et al.*, 2018). La sélection des individus les plus aptes est également un choix important et doit être optimisée en fonction de l'âge (souvent des adultes, en bonne santé ; Pille *et al.*, 2018).

² Capacité à retourner au lieu d'origine (Germano & Bishop, 2009).



6. REX sur la Tortue d'Hermann dans le Var

Un bilan des opérations de translocation menées de 1975 à 2011 a été réalisé lors de la première étude de faisabilité présentée au CNPN (Caron *et al.*, 2011). Depuis, trois retours d'expérience (d'expériences que nous avons menées entre 2009 et 2018) nous permettent non seulement de poser les bases sereines d'un futur projet, mais aussi de cibler les objectifs et les hypothèses de cette nouvelle opérations expérimentale.

6.1. REX 1 - Réponses des individus survivants suite à un incendie

Bien que les feux soient une menace prépondérante, les tortues survivantes jouent un rôle centrale dans la résilience de la population. Connaître la capacité des individus survivants à persister sur un site brûlé est donc essentiel pour la conservation de l'espèce.

De 2002 à 2009, nous avons suivi une population de tortues d'Hermann séparée en deux par une autoroute construite dans les années 90' (Lecq *et al.* 2014). Suite aux terribles incendies estivaux de 2003, seule une partie de la population a été impactée. Cette configuration nous a donné l'opportunité de comparer et de suivre dans le temps les indices de condition corporelle des tortues entre les zones intacte et brûlée. Cet indice fournit une estimation intégrative de la mesure dans laquelle les individus font face aux variations et aux impacts environnementaux.

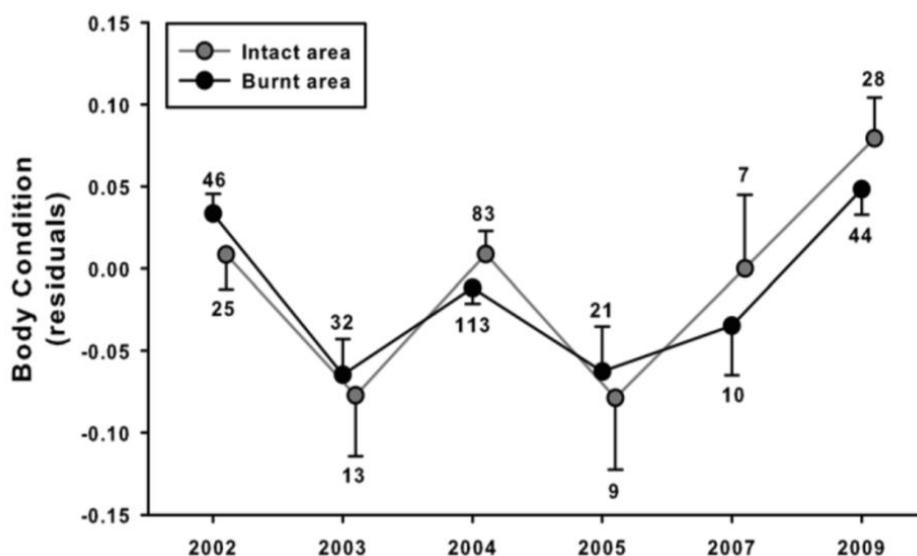


Figure 5. Comparaison de la condition corporelle³ des individus situés sur la zone intacte et sur la zone brûlée, avant et après le feu de 2003.

Six années après les incendies, l'impact du feu sur la végétation est encore très marqué. Alors que les grands arbres sont abondants sur la zone intacte, une végétation buissonnante et ouverte prévaut dans la zone brûlée. Sur les deux zones, la condition corporelle moyenne des tortues a fluctué au fil du temps, sans différences entre les deux zones (Figure 5). Une expérience de télémétrie a montré que les individus de chaque zone étaient des tortues résidentes et non des vagabondes qui passaient d'une région à l'autre. Bien que des différences subtiles existent, les tortues vivant dans les zones brûlées et intactes utilisaient de la même façon leurs microhabitats.

³ Résidus issus de la relation entre la taille et la masse de l'animal.



En conclusion : (i) Les tortues survivantes dans une zone ravagée par le feu peuvent maintenir leur condition corporelle comme des individus vivant dans une zone intacte. Ainsi, les individus provenant de zones brûlées ne doivent pas être transférés vers des zones supposées meilleures. (ii) Les zones brûlées dépeuplées sont susceptibles d'être appropriées pour les programmes de renforcement de la population. Un autre suivi mené sur le site des Caps Lardier et Taillat suite à l'incendie de 2017 a corroboré ces résultats (Ballouard *et al.*, 2021). En effet, deux années après l'incendie, 9 femelles survivantes situées en marge de la zone incendiée utilisaient de façon significative le milieu incendié et montraient des indices de conditions corporelles stables.

6.2. REX 2 - Réponses des tortues adultes suite à leur déplacement depuis un centre

Dans le cadre du programme LIFE+ Tortue d'Hermann (2010-2014), et de la mise en œuvre du Plan National d'Actions en faveur de la Tortue d'Hermann (2009-2014), une première expérimentation de translocation a été menée pour répondre à une question avant tout pratique concernant la gestion de population de tortues dans le Var. En raison de capacités d'accueil limitées des structures habilitées à la détention de tortues sauvages, des solutions alternatives au maintien en captivité devaient être testées. D'autre part, les translocations s'inscrivent de façon logique dans le cadre de la préservation des populations sauvages à travers le renforcement des populations.



Photo 4. Relâcher sans acclimatation et tortue équipée.

Le projet expérimental a été conduit grâce à la validation par le CNPN d'un cahier des charges (Caron *et al.* 2011), fixant les différents niveaux conditionnant le succès de l'opération : sélection et examen des sites, obtention des autorisations CNPN, sélection et préparation des animaux (tests sanitaires, génétiques), modalités de transport et d'accueil, protocole de suivi, etc.

Il s'agissait ici de déterminer le succès du relâcher de 24 individus sauvages sur un site inaliénable (propriété foncière et gestion, CEN PACA). Ces spécimens avaient séjournés en condition de semi-captivité durant 2 à 8 années. L'étude visait également à identifier les meilleures conditions (méthodologie) de relâcher des individus, à savoir sans acclimatation durant le printemps ou l'automne (pré-hibernation). Pour répondre à ces questions, le suivi scientifique reposait avant tout sur une évaluation éco-physiologique de la réponse à court terme des individus. Le suivi de l'expérimentation a été un succès. Sur la totalité du suivi (2012-2016), plus de 12 000 positions ont été enregistrées et de nombreux paramètres mesurés. Le devenir de chacune des tortues a pu être précisément évalué via l'étude de la survie, des comportements et de l'écophysiologie. De nombreuses communications scientifiques et articles ont découlés de cette expérimentation (Caron

et al., 2013 ; Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Caron *et al.* (eds.), 2014 ; Pille *et al.*, 2018 ; Ballouard, Caron & Bonnet, *in press*).

L'intensité du suivi a permis de montrer des comportements (dont la reproduction) essentiels pour évaluer l'expérience. Le suivi télémétrique des individus a été mené durant 3 années et a permis de confirmer la sédentarisation des individus relâchés (Pille *et al.*, 2018 ; Figure 6) ainsi que la période de relâcher la plus propice à savoir le printemps.

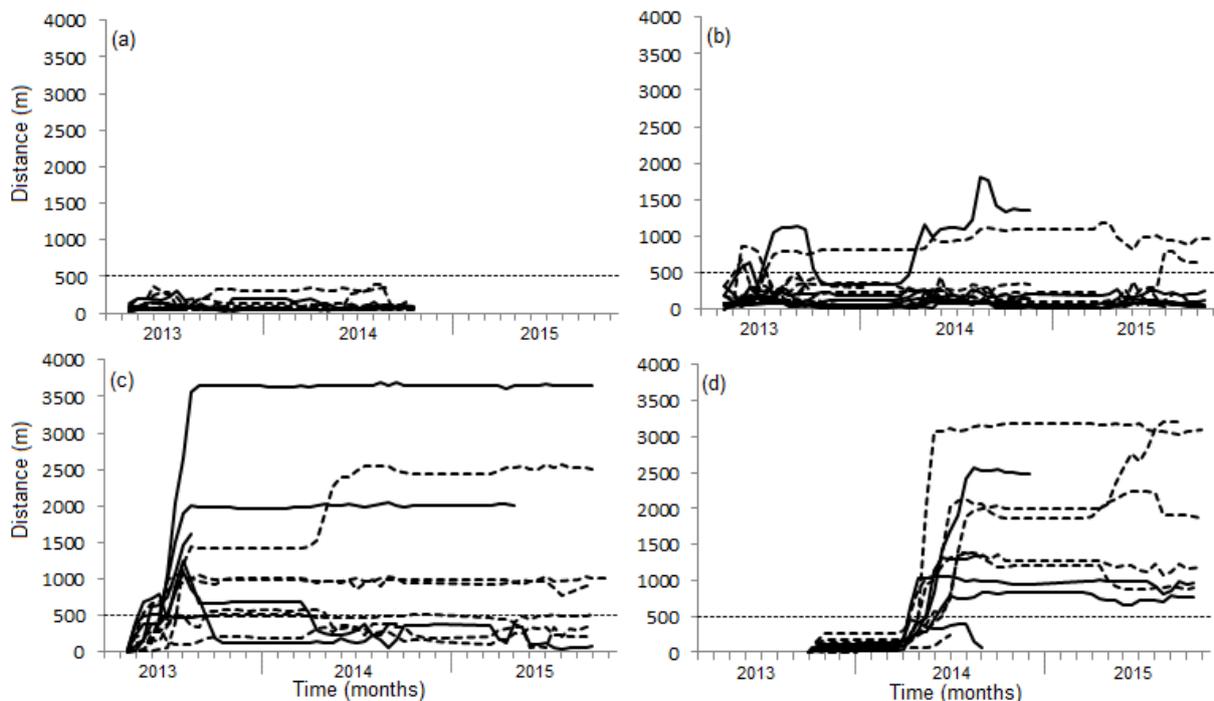


Figure 6. Distance en ligne droite parcourue en fonction du temps par les tortues suivies par radiopistage, depuis les points de capture.⁴

Les individus affichaient une survie annuelle moyenne de 0.86 pour ceux relâchés au printemps et de 0.83 pour ceux relâchés à l'automne. Ce taux n'est pas statistiquement différent des tortues sauvages également suivies. Les tortues relâchées au printemps ou à l'automne dispersaient davantage que les tortues résidentes ou contrôles. Une grande variabilité interindividuelle a été observée. D'après la courbure des mouvements observés (ligne droite ascendante versus plateau), les mouvements des tortues ont pu être classés en 2 phases : la dispersion et la sédentarisation. Bien que les distances au point de départ étaient en majorité plus élevées que celles des individus sauvages, les tortues suivies ayant survécues se sont sédentarisées la seconde année après leur relâché. Dès lors, on considère qu'elles peuvent participer à la résilience de la population en place.

Bien que la survie et la dispersion ne fussent pas optimaux, les résultats de cette étude sont très encourageants et apportent des réponses pratiques quant aux méthodologies à employer.

- Relâcher les tortues directement (hard release) est moins coûteux qu'avec une phase d'acclimatation (soft release) et apporte de bons résultats.
- Relâcher les tortues au printemps apporte de meilleurs résultats qu'à l'automne.
- Les sites de relâcher doivent être suffisamment grands pour tamponner la dispersion des individus.

⁴ a) contrôles; b) résidents; c) relâchés au printemps; d) relâchés à l'automne. Les mâles sont représentés par une ligne continue, les femelles par une ligne en pointillée.

6.3. REX 3 - Réponse des tortues adultes et juvéniles suite à leur sauvetage

Une seconde translocation expérimentale (Caron & Ballouard, 2018a ; Caron *et al.*, 2021) a été menée dans le cadre d'une mesure d'accompagnement de la séquence ERC. Cette opération s'inscrivait dans le cadre de l'action 6.6 du nouveau PNA (2018-2027) "Mettre en œuvre des opérations ponctuelles de translocation d'individus sauvages issus de sauvetage".

Suite aux différents avis positifs, les 10 spécimens capturés sur le site "source" ont subi des examens sanitaires ainsi que des tests morphométriques et comportementaux. Les spécimens ont été relâchés sur un site "receveur" inaliénable (propriété foncière et gestion, CEN PACA) situé à 30 km du site "source". Cette opération constituait une excellente opportunité d'apporter un nouveau retour d'expérience sur ce genre d'opération notamment afin d'étudier les réponses à une translocation en fonction de l'âge des individus. En effet, on suppose souvent que la survie des juvéniles est faible. Sur la base de ce critère, ils sont généralement écartés des projets de translocation. Un regard très attentif a donc été porté sur les juvéniles dont c'était une première opportunité d'étudier l'effet d'une translocation.

Non imaginé au départ mais faisant face à une forte dispersion dans les premières semaines qui ont suivi le relâcher, nous avons pris la décision de "rapatrier" les tortues s'éloignant de plus de 1 km du point de relâcher. Au-delà de cette valeur, on considère que les tortues présentent un éloignement important de la zone initiale de relâcher (Pille *et al.*, 2018). Cette manipulation peut être sujet à discussion, cependant plusieurs raisons justifient ce choix.

De plus, dans le but de limiter la dispersion des individus et donc leur mortalité, une adaptation de la mesure a consisté à réaliser des opérations « réinitialisation » consistant à ramener à leur lieu de libération les tortues ayant effectué des mouvements importants depuis leur site de relâcher (1 km). A notre connaissance cette expérience n'a jamais été réalisée lors d'une translocation (Caron *et al.*, 2021).



La première expérience de translocation a montré que les tortues se dispersent fortement la 1^{ère} année, notamment les 5 premiers mois après un relâcher printanier (Pille *et al.*, 2018). Plus les tortues s'éloignent du site d'accueil, plus elles doivent faire face à des dangers potentiels de mortalité (habitations, chiens, routes, etc.). Cette intervention peut donc permettre de favoriser la survie des individus. Rapatrier les individus pendant cette période critique de dispersion pourrait obliger les tortues à se sédentariser sur un site.

Suite au relâché des individus sans acclimatation durant le printemps 2017, une évaluation du succès de l'opération a été réalisée durant les 2 années suivant la translocation. Divers paramètres ont été étudiés comme la survie, les mouvements de sédentarisation, l'utilisation de l'habitat et la condition trophique des animaux. Des tortues adultes résidentes de la population hôte et d'une population témoin voisine ont également été suivies par radiotracking. Chaque tortue a été localisée 3 à 5 fois par semaine, ce qui nous a permis de décrire précisément les schémas de mouvement, notamment le moment et les lieux de sédentarisation (Caron & Ballouard, 2018a).

Après 16 mois de suivi, la mortalité était nulle. Dans un premier temps, la plupart (85%) des individus relâchés a montré une dispersion excessive en se déplaçant au-delà de 1 km autour du point de relâcher. Trois des 5 juvéniles ont parcouru des distances du même ordre de grandeur que les tortues adultes (plus de 7 km sur 10 mois d'activité pour un individu). Deux des 5 juvéniles se sont

installés sous la limite de 1 km, ce dès la première année. Nous avons ensuite récupéré les individus ayant « *surdispersés* » afin de les ramener au point de relâcher initial. Une seule réinitialisation a permis à 50% des tortues ayant « *surdispersé* » de se sédentariser ; une deuxième voire une troisième réinitialisation ont été nécessaire pour 75 % des individus. Le suivi du second printemps (2018) a permis de confirmer la sédentarisation d'une grande partie des tortues relâchées sur le site receveur.

Malgré la dispersion relativement importante, les individus se sont bien adaptés à leur nouvel environnement, trouvant suffisamment de ressources trophiques pour maintenir leur condition corporelle dans une fourchette normale (c'est-à-dire équivalente à celle des tortues sauvages résidentes et témoins). Cela a été notamment le cas des individus les plus jeunes qui ont visiblement profité d'habitats semi-ouverts favorables mais aussi de microhabitats leur permettant de se cacher (litière), autour du point de relâché.

Ce retour d'expérience est un succès (Caron *et al.* 2021) et apporte de nouveaux éléments. (1) Cette étude confirme notamment que les ronciers et autres-buissons épineux sont largement utilisés par les individus les plus jeune comme refuges naturels. Ces éléments du paysage sont probablement des facteurs importants favorisant le succès de leur translocation. (2) Les opérations de « *réinitialisation* » ont été essentielles ici pour favoriser l'établissement dans la zone ciblée. Elles sont donc susceptibles d'améliorer la survie des individus relâchés. (3) La sédentarisation relativement rapide (<1 ans) et la bonne survie des juvéniles sur le court terme sont encourageantes et nous poussent à croire que les juvéniles sont de bons candidats pour de futures translocations.



Photo 5. Suivi par radiotracking.

6.4. Perspectives

A ce jour, trois expériences de translocation avec des retours probants ont finalement été réalisées chez la Tortue d'Hermann. La première a réintroduit des adultes et sub-adultes dans le Delta de l'Ebre en Espagne entre 1987 et 1997 (Bertolero *et al.*, 2007). La seconde et la troisième font référence aux expériences mentionnées dans les REX2 et 3 (voir Chapitres 6.2 et 6.3). Si les méthodes de suivi sont bien différentes (évaluation par Capture-Marquage-Recapture (CMR) en Espagne et suivi télémétrique dans le Var), la même technique de relâcher sans enclos d'acclimatation a été utilisée. Cette dernière a l'avantage notamment d'être moins couteuse que si on passe par une phase d'acclimatation sur site (Weise *et al.*, 2014). Dans les trois cas, les résultats ont été encourageants (faible taux de mortalité et des mouvements similaires aux tortues résidentes). D'autres retours d'expériences sont nécessaires, notamment ceux concernant le déplacement d'individus issus de programmes d'élevage (« *head started*»). Cette technique consiste à maintenir des juvéniles en captivité durant leur période de grande vulnérabilité à la prédation (Sacerdote-Velat *et al.*, 2014 ; Burke, 2015 ; Nafus *et al.*, 2016 ; Quinn *et al.*, 2018 ; McGovern *et al.*, 2020 ; Mullin *et al.*, 2020 ; Nagy *et al.*, 2020).

Des juvéniles issus de reproduction en captivité pourraient alimenter de façon significative des opérations de réintroduction et de renforcement de populations. De nombreuses questions méthodologiques se posent : l'âge des individus, leur nombre, le mixage avec des individus adultes pourrait-il augmenter l'efficacité des programmes de translocation ?, etc.

La survie des jeunes tortues dans la nature est souvent plus faible que les celles des tortues adultes (Shine & Iverson, 1995 ; Heppell, 1998 ; Tuberville *et al.*, 2009 ; Tuberville *et al.*, 2014). Néanmoins, il est possible que les jeunes puissent mieux s'adapter à un nouveau milieu. Comme bon nombre d'espèces, la Tortue d'Hermann est philopatride (Chelazzi & Francisci, 1979) et les individus passent l'ensemble de leur vie au même endroit. Ce caractère est certainement davantage développé chez les adultes que chez les juvéniles de nature plus exploratoire.

Une translocation peut en effet engendrer des phénomènes de stress liés à la modification radicale de l'environnement d'un individu associés ou non à des mouvements de *surdispersion* qui agissent en retour sur la survie des individus. Il est donc possible que les juvéniles s'adaptent mieux dans un nouvel environnement que les adultes. Egalement, suivant leur comportement (téméraires vs. timides), certains individus seraient peut-être même plus enclin à s'adapter à un nouvel environnement. Les individus relâchés devront être en capacité de répondre de façon adéquate à des situations auxquelles ils n'ont pas été habitués (e.g. prédateur. Griffin *et al.*, 2000), tout particulièrement pour des animaux issus d'élevage.

A ce jour, il n'existe pas de retour d'expérience sur cette espèce voire des espèces proches du genre *Testudo*. En somme, ces interrogations nécessitent de mener d'autres projets expérimentaux.



7. Origine des individus : le centre conservatoire

7.1. Concepts

Face à la pression anthropique et la destruction d'habitat, la survie de beaucoup d'espèces sauvages dépend de la survie de petites populations dont les habitats sont réduits et altérés. Dans de telles conditions, des stratégies métapopulationnelles de gestion interactive entre individus sauvages-et captifs peuvent augmenter la survie des espèces « clé » (Conway, 1995 ; Pedrono *et al.*, 2004). Autant que possible, l'élevage en captivité doit être effectué en parallèle avec des études de terrain, des efforts de conservation et l'éducation environnementale (Mallinson, 1995 ; Snyder *et al.*, 1996).

L'établissement de populations captives fait partie des outils nécessaires pour préserver les possibilités de réintroduction et de renforcement des populations sauvages. Elles doivent être fondées et gérées selon des principes scientifiques sains dont le but principal est de garantir la survie de l'espèce (Mallinson, 1995). Quand un élevage est associé à des efforts de sauvegarde des populations sauvages, il peut aider à la conservation des habitats en générant l'intérêt du public (Durrell & Mallinson, 1987 ; Mallinson, 1995).

La population fondatrice (captive ou pas) retenue doit idéalement être étroitement liée au stock génétique d'origine de la population à renforcer. Les individus retenus pour la translocation ne doivent pas mettre en péril la population sauvage fondatrice ou le stock captif (IUCN, 1998). Bien que les individus sauvages semblent/pourraient être de meilleurs candidats aux translocations que les captifs (Bright & Morris, 1994 ; Fischer & Lindenmayer 2000), les individus provenant de ces élevages ont un rôle légitime à jouer dans la restauration d'un certain nombre d'espèces menacées.

Les principes vétérinaires de base suggèrent que les élevages en captivité avec un objectif de restauration doivent être réalisés dans les conditions suivantes (Mallinson, 1995 ; Snyder *et al.*, 1996) qui constituent un principe de prévention :

- Les populations captives doivent être maintenues à l'écart des autres espèces.
- L'élevage doit être conduit dans l'aire de répartition naturelle de l'espèce pour réduire l'exposition des individus à des pathogènes exotiques.
- Le stock de fondateur ne doit pas être issu d'origines diverses (privé et parcs zoologiques), mais doit être directement issu du milieu naturel ou d'installations où l'espèce à un bon suivi de prévention des maladies.
- Les installations doivent être fermées au public et le personnel doit pratiquer des mesures de prophylaxie rigoureuse.

7.2. Origine des animaux

La SOPTOM a ainsi initié un programme de recueil des tortues d'Hermann sauvages sauvées, prélevées, saisies ou bien soignées qui constituent le pool géniteur du centre (Tableau 1). Ainsi, certaines sont issues d'opérations de sauvetage en amont de projets d'aménagements urbains. D'autres ont été saisies et une origine via des prélèvements *in-natura* a été démontrée. D'autres encore ont été ramenées au Centre de Soins Faune Sauvage de la SOPTOM pour y être soignées. Une fois rétablis, ces individus sont normalement relâchés dans la nature. Cependant, certains n'ont pas pu l'être, soit parce que leurs blessures étaient trop importantes, soit parce que leur point de capture n'était pas connu. Enfin, des tortues prélevées par les particuliers mais dont on ne connaît pas exactement la provenance géographique dans le Var complètent ce lot de tortues. Ces tortues



alimentent le seul élevage conservatoire français de la Tortue d'Hermann dument habilité par l'Arrêté Préfectoral n°17/041 du 8 mars 2017.

Tableau 1. Nombre d'individus du centre selon leur âge et leur sexe (au 1^{er} janvier 2021).

Type	Année de naissance	Femelles	Mâles	ND	Total
Adultes géniteurs	ND	22	18	0	40
Adultes en transit	ND	8	4	0	12
Juvéniles	2011	5	2	5	12
	2013	0	1	32	33
	2014	2	0	34	36
	2015	0	0	28	28
	2016	0	0	12	12
	2017	0	0	11	11
	2018	0	0	27	27
	2019	0	0	8	8
	2020	0	0	14	14
TOTAL					233



Photo 6. Eclosion en incubateur (à gauche) et jeunes tortues d'Hermann (à droite).

Dans le cadre de ce projet, les tortues candidates au renforcement sont donc issues d'un pool d'individus dont les géniteurs adultes (N=40) ont été génétiquement identifiés *Testudo hermanni hermanni* de souche varoise (Pérez *et al.*, 2013 ; Bech *et al. soumis*⁵). Depuis 2011, ces individus permettent de produire chaque année un certain nombre de juvéniles (entre 8 et 36) de Tortue d'Hermann à des fins conservatoires. Ces jeunes constituent le pool d'individus candidats aux opérations de translocation (N=181). Le centre accueille également 12 individus adultes (« en transit ») issus de saisies. Ces tortues sont en attente d'analyse génétique et destinées à être relâchées dans la nature.

⁵ Bech N., Nivelles D., Caron S., Ballouard J-M, Arnal V., Bonnet X. & C. Does hybridization threaten the genetic integrity of an endangered tortoise?

7.3. Conditions de détention et précautions

Le protocole d'élevage conservatoire et le plan prophylactique figurent en annexes du précédent cahier des charges (Caron *et al.*, 2011). Il cadre notamment le recueil de tortues d'Hermann sauvages confiées ou bien des tortues captives abandonnées. Les tortues d'origine sauvage du Centre d'Elevage Conservatoire sont dans la partie isolée du public, du Centre de Soins Faune Sauvage (CSFS) et des autres espèces captives abandonnées ou saisies (exotiques ou pas) présentes au « Village des Tortues ». Elles côtoient très peu l'humain si bien qu'elles possèdent de bons réflexes anti-prédateurs (Micheli *et al.*, 2014⁶).

Un grillage imperméable permet de prévenir toutes intrusions de tortues de l'extérieur (notamment celles issues du Village des Tortues). Les mesures prophylactiques permettent d'éviter la transmission de pathogènes depuis l'extérieur et la surveillance sanitaire régulière menée dans les enclos permettent de détecter toute maladie apparaissant après l'examen d'entrée.

Les individus sont maintenus dans des enclos extérieurs offrant des conditions d'habitat « semi-naturel » avec de la végétation sous-arbustive locale et des refuges artificiels (Photo 7). Les adultes sont détenus dans des enclos (n= 6) de 25 m² (soit 2-3 m²/individus). Les mâles et les femelles sont séparés dans des enclos distincts. Ils sont regroupés une fois par an pendant 3 à 4 semaines pour les accouplements. Les juvéniles sont regroupés par classe d'âge et maintenus dans des enclos de 4 m² (0.3 m²/individus) eux-mêmes situés dans des tunnels intégralement grillagés. Le nombre d'individus dans les enclos varie en fonction de leur âge. Plus les individus sont âgés, plus la densité par enclos diminue).



Photo 7. Enclos utilisé au centre (à gauche pour les adultes, à droite pour les juvéniles).

Lors de la période de ponte (mai à début juillet), les femelles font l'objet d'une surveillance accrue. Lorsque une ponte est observée, les œufs sont déterrés et placés dans un incubateur artificiel (EXOTERRA Incubateur version 2). Lors du premier hiver, les nouveau-nés sont en général gardés à l'intérieur des bâtiments, sous des lampes UV chauffantes de façon à maximiser leur chance de survie. Les individus reçoivent quotidiennement une alimentation variée constituée de végétation de fourrage (pissenlits, trèfles, légumineuses etc., 30-70% suivant la saison, majoritairement au printemps), de légumes (salades, endives, carottes etc., 20-60%, majoritairement l'été), et de fruits (15-30%). Suivant les saisons, le tout est en général complété par des granulés (type Mazuri, 10-20%) et parfois des aliments carnés (5%, granulés carnés). Les abreuvoirs sont remplis quotidiennement.

⁶ Micheli G., Caron S., Michel C. & J-M., Ballouard (2014) Le comportement anti-prédateur de la tortue d'Hermann, *Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789, est-il altéré après un long séjour en semi-captivité ? *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **152** : 1-12.

Chaque enclos possède son propre kit de nettoyage de façon à éviter les transmissions de pathogènes d'un enclos à l'autre. Les ustensiles sont nettoyés après chaque utilisation avec du VIRCON spray 1%. Les individus sont sujets à des inspections cliniques et visuelles régulières notamment lors du recensement mensuel. La présence de mycoses, de parasites externes et les signes cliniques de symptômes de maladies respiratoires (Upper Respiratory Tract Disease) sont systématiquement recherchés : léthargie, nez qui coule, yeux larmoyants, paupière enflées ou scellées.

7.4. Suivi du cheptel

Les individus sont tous identifiés individuellement qu'ils soient adultes ou juvéniles. Les adultes sont marqués avec une bague métallique (type LXXX) disposée sur les écailles marginales (M1 ou M2). Une puce électronique est également insérée en sous cutanée dans la cuisse gauche.

Les nouveau-nés sont identifiés à l'aide de tâches de peinture régulièrement renouvelées jusqu'au marquage définitif. Les juvéniles sont marqués à partir de leur 3^{ème} année grâce à des encoches (Figure 7). Les individus sont photographiés (plastron et dossière) ; les formes des tâches et couleurs variant d'un individu à l'autre permettent leur identification aisée.

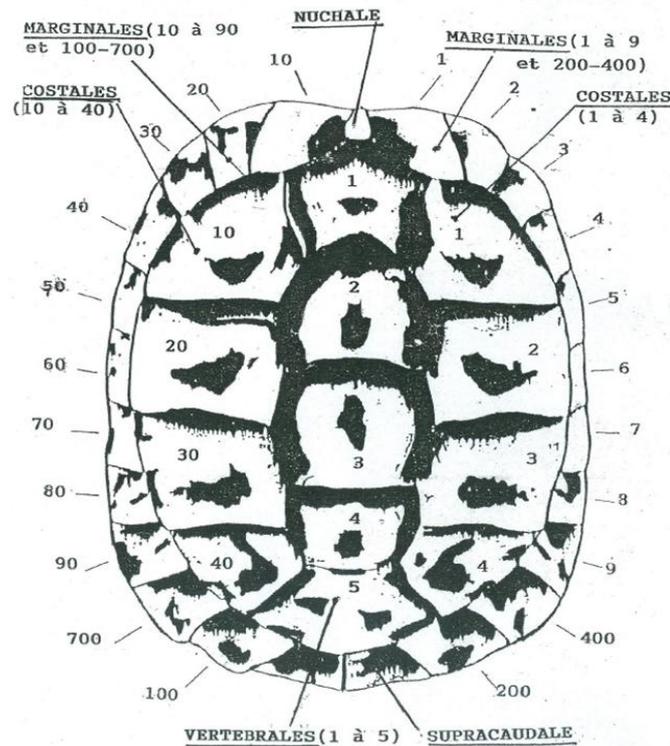


Figure 7. Codes de marquage attribués aux individus.

Tableau 2. Taille des individus (SCL) au 15 octobre 2020 selon leur année de naissance⁷.

Année de naissance	Moyenne de SCL (mm)	Erreur standard	Valeur minimale	Valeur maximale
2011	105,58	10,25	79	119,5
2013	92,03	12,69	66,1	114,5
2014	87,42	8,75	67	104
2015	81,27	7,43	67,3	95,2
2016	72,13	6,72	58	84,5
2017	71,30	4,97	58	75,5
2018	75,47	5,83	56,5	88,7
2019	55,24	4,90	46,5	61,4
2020	39,79	2,01	36,4	43

Les individus font l'objet de contrôles sanitaires réguliers mensuels durant toute la saison d'activité (mars à octobre). A ces occasions, les individus sont mesurés, pesés (à 0.1 g près) et examinés pour

⁷ SCL= longueur de la carapace, (mm).

vérifier leur état sanitaire. Ces mesures permettent de suivre la croissance des individus et de vérifier leur état de santé. Les individus peuvent afficher des taux de croissance différents, d'où parfois une grande variabilité des tailles pour chaque classe d'âge (Tableau 2). Il est ainsi possible d'évaluer la condition corporelle des individus (indice ICC) en utilisant la régression logistique entre la taille de l'animal (SCL, mm) et sa masse (g). Des individus avec des écarts à la moyenne importants (résidus négatifs=ICC) peuvent traduire des déficits en terme d'acquisition de ressources trophiques. En l'état actuel, l'ensemble des individus juvéniles présente une condition corporelle qui ne dévie pas significativement de la moyenne (Figure 8).

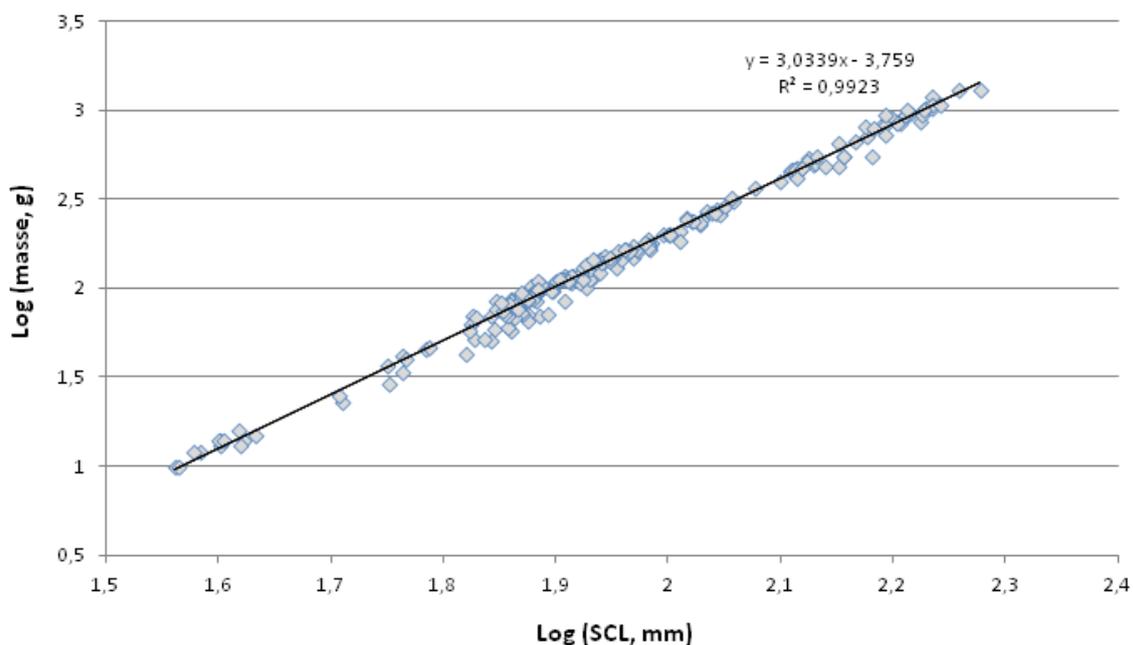


Figure 8. Régression linéaire entre la taille (SCL) et la masse des individus au 15 octobre 2020.



Photo 8. Jeunes tortues nées en incubateur ou directement en enclos extérieur.

8. Planifier une translocation

8.1. Suivi de la conception du programme

Les objectifs de la translocation de conservation doivent être clairement définis. Toute translocation de conservation doit suivre un processus logique allant de la conception initiale à l'évaluation de la faisabilité et des risques, à la prise de décision, à la mise en œuvre, au suivi, à l'ajustement et à l'évaluation (Pérez *et al.*, 2012 ; IUCN/SSC, 2013).

Sa planification exige de définir précisément un but, des objectifs et des actions. Ces dernières prennent en compte différentes phases : (1) La phase d'établissement se termine lorsque les effets après le relâcher ne sont plus opérationnels. (2) La phase de croissance est souvent caractérisée par des taux élevés d'augmentation et/ou d'expansion de l'espèce, se poursuivant jusqu'à ce que la population approche de la capacité de charge. Enfin, (3) la phase de régulation commence par la réduction de la survie et/ou du recrutement en raison de l'augmentation de la densité de population. Les taux et la durée des phases d'établissement et de croissance varient considérablement ; ils sont spécifiques à l'espèce et influencent l'organigramme de la translocation.

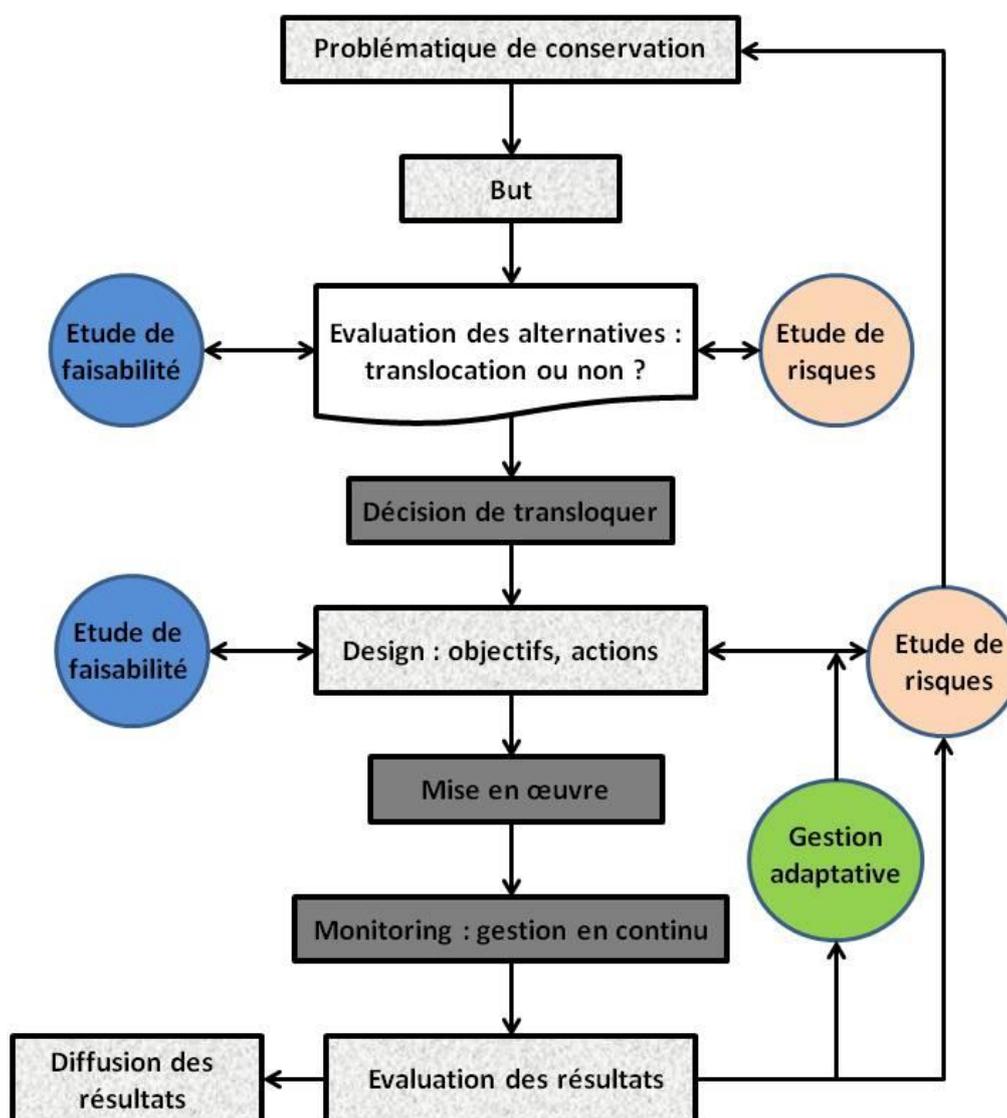


Figure 9. Planification d'une translocation conservatoire.

Un objectif est une déclaration du résultat attendu du transfert de conservation. Il doit articuler le bénéfice de conservation prévu et peut être exprimé par exemple en termes de taille de population souhaitée, le tout dans un laps de temps global. Il peut y avoir plus d'un objectif, bien que la clarté de l'objectif puisse souffrir à mesure que le nombre des objectifs augmente. Les objectifs détaillent comment le(s) but (s) seront atteints; ils doivent être clairs et spécifiques et garantir qu'ils traitent toutes les menaces actuelles identifiées ou présumées pesant sur l'espèce. Les actions sont des énoncés précis de ce qui doit être fait pour atteindre les objectifs ; ils doivent être mesurés, indiqués si possible les ressources nécessaires, bénéficiés de calendriers. Les actions sont les éléments par rapport auxquels les progrès de la translocation seront suivis et évalués.

Le suivi du déroulement d'une translocation est une activité essentielle. Il doit être considéré comme faisant partie intégrante de la conception de la translocation et non pas simplement ajouté à un stade ultérieur. L'effort investi dans l'élaboration de buts et d'objectifs réalistes est le point de départ d'un programme de surveillance ; sa conception doit refléter les phases de développement de la population transférée et répondre au moins aux points suivants :

- Quelles preuves mesureront les progrès accomplis vers l'atteinte des objectifs de transfert et, finalement, le succès ou l'échec ?
- Quelles données devraient être collectées, où et quand ; quelles méthodes et protocoles devraient être utilisés ?
- Qui collectera les données, les analysera et assurera leur conservation ?
- Qui sera chargé de diffuser les informations de suivi aux parties concernées ?

8.2. Buts, objectifs, actions d'évaluation de l'opération

8.2.1. Facteurs influençant le succès et évaluation

L'évaluation doit faire partie intégrante des opérations de translocation. La mise en place d'un programme de suivi scientifique doit permettre de s'assurer du succès ou de l'échec d'une telle action. Idéalement, un succès doit permettre l'établissement d'une population autonome avec une forte probabilité de persistance à long terme, le tout sans assistance, c.à.d. sans apport de nourriture, sans soins vétérinaires et sans contrôle des prédateurs etc. (Griffith *et al.*, 1989 ; Kleiman, 1989 ; Seddon, 1999 ; Fisher & Lindenmayer, 2000 ; Germano & Bishop, 2009).

De nombreux facteurs peuvent affecter le succès de translocations de Vertébrés. Il est donc nécessaire de minimiser l'impact de ces facteurs lors de la phase de préparation du projet (Craven *et al.*, 1998). Les difficultés comportementales majeures rencontrées dans les translocations animales ont attiré à la dispersion des individus dans près de 45% des cas (Berger-Tal, Blumstein & Swaisgood, 2019). Les causes principales d'échec pour les reptiles sont souvent associées au « *homing* », aux fortes dispersions et à un habitat inadapté (Germano & Bishop, 2009). Pour d'autres, l'hétérozygotie individuelle favoriserait le succès d'une translocation (Scott *et al.*, 2020).

Par ailleurs, le succès de nombreuses translocations reste incertain en raison d'un manque d'homogénéisation des méthodologies et de présentation des résultats (Fisher & Lindenmayer, 2000 ; Sutherland *et al.*, 2010). L'une des préoccupations communes aux évaluateurs est la nécessité de définir des critères de succès dans le cadre de l'initiative en question. Idéalement, ces critères doivent être compatibles avec la biologie de l'espèce cible et le contexte socio-économique dans lequel la translocation est développée (Germano *et al.*, 2014). Les paramètres pour juger du succès d'une translocation ne sont pas vraiment clairs, malgré leur large débat dans la littérature. C'est particulièrement vrai pour les reptiles et les amphibiens (Burke, 1991 ; Seigel & Dodd, 2000 ; Riedl *et al.*, 2008).

Beaucoup de translocations impliquant des tortues ont consisté à suivre les individus sur une période de trois ans au plus. Cependant, cette période ne permet pas l'évaluation de la reproduction ultérieure et du recrutement (Germano & Bishop, 2009). Les tortues étant des espèces longévives, à maturité tardive et avec une faible fécondité, d'autres auteurs considèrent que cette phase de suivi post-relâcher doit être supérieure à 20-30 ans pour les Chéloniens (Wallis, 2009 ; Sutherland *et al.*, 2010). Les évaluations à court et à long terme impliquent le suivi de la mortalité, de la fidélité aux sites, de la santé, de la reproduction et des interactions sociales (Griffith *et al.*, 1989 ; Germano & Bishop, 2009). Les individus résidents sauvages doivent également être suivis. Considérant qu'il n'existe aucun consensus clair sur ce qui constitue le succès de translocation, et qu'il est difficile de réaliser un suivi à long terme, des auteurs proposent d'évaluer ce succès à court terme en examinant différents indicateurs comme le stress, la survie, la condition corporelle des individus, les comportements de reproduction, d'alimentation, la stratégie anti-prédatrice ou encore les mouvements et l'utilisation de l'habitat (Pedrono & Sarovy, 2000 ; Teixeira *et al.*, 2007 ; Riedl *et al.*, 2008 ; Tuberville *et al.*, 2008 ; Attum *et al.*, 2011 ; Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Tarszisz, Dickman & Munn, 2014 ; Pille *et al.*, 2018 ; Mc Kee *et al.*, 2021).

Le suivi à long terme n'exige cependant pas un suivi intensif régulier (Bertolero, 2003). La détermination de la viabilité d'une population étant un travail de longue haleine, Bertolero, Oro & Besnard (2007) proposent de définir une évaluation par étapes pour les opérations concernant la réintroduction de la Tortue d'Hermann. De cette façon, les objectifs peuvent être évalués à court et moyen terme, ce qui est utile pour l'identification des problèmes potentiels.

8.2.2. Evaluation d'un renforcement de population de TH

Des critères d'évaluation des opérations de réintroduction de la Tortue d'Hermann ont été déterminés (Bertolero, 2002, 2003 ; Bertolero, Oro & Besnard, 2007). Ils ont été repris afin d'être adaptés aux opérations de renforcements à partir d'individus adultes (Caron *et al.*, 2011). Ici, ces critères pourraient différer sensiblement en raison de l'âge des individus sources, c.à.d. des juvéniles (Tableau 3). *Ce travail de définition des actions/critères se fera en 2021 avec l'ensemble des membres du CS de la SOPTOM, les chercheurs que nous solliciterons ainsi que les gestionnaires de site. Ce qui figure ci-dessous est donc à titre de réflexion.*

Objectif 1 : S'assurer de la condition trophique, de la survie et de la sédentarisation/dispersion des juvéniles. Différents types d'actions de suivi/évaluation sont envisageables (voir Tableau 3 et Exemples de critères d'évaluation propres à une opération de renforcement de Tortue d'Hermann à partir d'individus juvéniles. "Chapitre 13 Le suivi en continu ou évaluation de l'opération").

Un suivi à court terme de 2 à 3 années est nécessaire suite à un renforcement de Tortue d'Hermann. Dans nos études précédentes, les différents critères d'évaluation (=actions) ont permis de comparer les individus relâchés avec des individus sauvages "résidents" et "contrôles" afin d'observer d'éventuels écarts à la normale sauvage (Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Pille *et al.*, 2018 ; Caron *et al.*, 2021). Ici, il ne sera pas possible de faire de même en raison de la difficulté de trouver des juvéniles de tortues sur le terrain, de surcroît dans des milieux impactés par les incendies. Des juvéniles « captifs contrôles » seront utilisés comme témoins pour juger de l'adaptation des tortues relâchées à leur nouvel environnement (via la condition trophique notamment).

Objectif 2 : Valider la reproduction des juvéniles libérés, augmentation de la densité de la population et colonisation. Différents types d'actions de suivi/évaluation sont envisageables (voir (voir Tableau 3 et Exemples de critères d'évaluation propres à une opération de renforcement de



Tortue d'Hermann à partir d'individus juvéniles."Chapitre 13 Le suivi en continu ou évaluation de l'opération").

L'objectif à moyen terme pourrait être défini par le temps qui sépare la troisième/quatrième année depuis la réinsertion des individus et la première année à partir de laquelle leur descendance peut se reproduire (vraisemblablement de la quatrième année à 15-20 ans après réinsertion suivant l'âge des juvéniles).

Objectif 3 : Croissance et viabilité de la population. Différents types d'actions de suivi/évaluation sont envisageables (voir Tableau 3 et Exemples de critères d'évaluation propres à une opération de renforcement de Tortue d'Hermann à partir d'individus juvéniles."Chapitre 13 Le suivi en continu ou évaluation de l'opération").

L'évaluation à long terme (>20 ans) est la seule qui permette de déterminer si le succès d'une réintroduction est réel, et donc si les individus réinsérés ont permis la formation d'une population autonome. Si la population du secteur et des alentours croît année après année ($\lambda \geq 1$) et si la viabilité de la population est avérée, on pourra considérer que les individus réinsérés ont participé à ce succès. A moyen et long terme, des densités en constante augmentation et un fort taux d'individus relâchés encore présents à une période donnée resteront des bons indicateurs.

Tableau 3. Exemples de critères d'évaluation propres à une opération de renforcement de Tortue d'Hermann à partir d'individus juvéniles.

But : Restauration de la population de Tortue d'Hermann d'un site incendié (renforcement) et analyse des processus d'adaptation suite au relâcher de jeunes tortues nées en captivité		
Objectif n°1 à court terme	Objectif n°2 à moyen terme	Objectif n°3 à long terme
S'assurer de la condition trophique, de la survie et de la sédentarisation des juvéniles	Valider la reproduction des tortues libérées, la colonisation et l'augmentation de la densité	Croissance et viabilité de la population
(1) Survie réelle des relâchés	(8) Fidélité au site et survie réelle des relâchés	(13) Densité *
(2) La condition corporelle des relâchés et leur croissance	(8) Condition corporelle des relâchés	(14) Taux de croissance de la population *
(3) Dispersion des relâchés	(8) Reproduction des juvéniles devenus adultes	(15) Analyse de viabilité *
(4) La sédentarisation des relâchés ou fidélité au site	(9) Densité ⁸ *	(16) Suivi génétique *
(5) Suivi comportemental anti-prédateur des relâchés	(10) Survie locale *	
(6) Suivi sanitaire des relâchés	(11) Structure de la population équilibrée *	
(7) Utilisation des habitats et micro-habitats par les relâchés	(12) Colonisation *	

8.3. Evaluation des risques

Toute translocation comporte des risques de ne pas atteindre ses objectifs et/ou de causer des dommages involontaires. Le risque d'impacts involontaires et indésirables sera généralement le moins élevé dans les renforcements de population et le plus grand dans les transferts hors de l'aire

⁸ * Critères dépendant des individus relâchés et sauvages résidents dans le cadre d'un renforcement.



de répartition indigène. Il se traduit par l'association de quatre facteurs : un danger, une probabilité d'occurrence, sa gravité et son acceptabilité. Le danger est un événement redouté (par lui-même et par ses conséquences) pouvant créer un dommage ou un préjudice. Le risque est le résultat du préjudice et évalué comme la probabilité de survenance de tout facteur de risque (ou danger), combinée à la gravité de son impact.

Toute translocation peut ne pas fournir les résultats escomptés ou avoir des conséquences inattendues. La probabilité d'obtenir les résultats souhaités est favorisée par l'identification précoce des facteurs de risque qui pourraient être rencontrés dans tous les aspects de la translocation. L'éventail des risques possibles est déterminé par : le nombre de facteurs de risque survenant, l'incertitude sur l'occurrence de chaque facteur de risque, l'incertitude sur la gravité de ses impacts, l'ignorance des autres facteurs de risques possibles, le niveau de compétence des responsables de la mise en œuvre, les effets cumulatifs de tous les risques survenus et la mesure dans laquelle ces risques interagissent.

Par conséquent, la gamme complète des dangers possibles à la fois pendant une translocation et après la libération d'organismes doit être évaluée à l'avance. Les risques individuels augmenteront généralement avec l'augmentation d'échelle suivante : la durée de toute période d'extinction, l'ampleur des changements écologiques au cours de toute période d'extinction, le degré de dépendance critique de l'espèce focale vis-à-vis des autres, le nombre d'espèces à transférer, les différences génétiques entre la forme originale et les individus transférés, les impacts négatifs potentiels sur les intérêts humains, la probabilité d'impacts écologiques inacceptables et si la translocation se fait à l'intérieur ou à l'extérieur de l'aire de répartition indigène (IUCN/SSC, 2013).

Une évaluation des risques doit examiner attentivement toutes les informations sur la biologie de l'espèce, les agents pathogènes, l'origine génétique des individus, les impacts économiques, une évaluation de la disponibilité des ressources nécessaires, les rôles écologiques possibles de l'espèce focale etc. L'étendue de l'évaluation des risques doit être proportionnelle au niveau de risque identifié. Lorsque les données sont insuffisantes, l'évaluation des risques peut être uniquement qualitative, mais elle est nécessaire car le manque de données n'indique pas une absence de risque.

		Gravité					
		0	1	2	3	4	
Probabilité	0	0	0	0	1	1	Nulle
	1	0	0	1	2	2	Improbable
	2	0	1	2	3	3	Possible
	3	0	1	3	4	4	Probable
	4	1	2	3	4	4	Certaine
		Nulle	Faible	Modéré	Elevée	élevée	

Probabilité (potentialité) : Nulle - Improbable - Possible - Probable - Certaine.

Gravité (impact) : Nulle - Faible - Modéré - Elevé - Très élevé (catastrophique).

Risque : Nul (0) - Acceptable (1) - Modéré (2) - Elevé (3) - Inacceptable (4).

Figure 10. Matrice qualitative des risques.

La décision de procéder ou non à une translocation nécessite de peser les risques potentiels par rapport aux bénéfices attendus. Cela signifie évaluer les probabilités que différents résultats peuvent survenir (quantitativement ou qualitativement) et attribuer des valeurs à ces résultats. L'utilisation de cadres de prise de décision structurés est recommandée, de sorte que la logique, les jugements de valeur et les lacunes dans les connaissances qui sous-tendent ces décisions soient clairs pour toutes les personnes impliquées.



La gestion du risque vise à en réduire les différentes formes ou sources. Dès que l'on a évalué les plus fortes vulnérabilités, on connaît mieux les causes, les objets de risque, et les conséquences pour ces vulnérabilités. Il existe diverses stratégies pour traiter les risques, telles que la prévention, les actions correctives et les palliatifs. Après que chaque risque a été évalué individuellement, il devient possible de les comparer les uns-aux-autres et de les trier pour gérer les priorités. De toute évidence, les risques qu'il faut réduire en priorité sont ceux qui apparaissent à la fois avec une probabilité élevée, et des conséquences importantes. Les risques acceptables sont peu fréquents et peu graves. Les risques fréquents et graves sont inacceptables. Entre les deux, il faut gérer les risques.

Tableau 4. Evaluation qualitative des risques inhérents au projet de renforcement.

Dangers identifiés	Probabilité	Gravité	Evaluation du risque
Localisation du site hors aire de répartition historique	Nulle	Modéré	0
Causes de déclin non identifiées	Nulle	Elevé	1
Causes de déclin non maîtrisées (incendie)	Possible	Elevé	3
Événements imprévisibles (incendie)	Possible	Elevé	3
Méconnaissance de l'état des populations du site	Improbable	Elevé	2
Méconnaissance de la biologie de l'espèce	Improbable	Modéré	1
Indisponibilité alimentaire sur site receveur	Improbable	Elevé	2
Site receveur sans maîtrise foncière ni protection	Nulle	Elevé	1
Site receveur de faible superficie	Nulle	Elevé	1
Présence de prédateurs spécialisés sur site	Possible	Elevé	3
Génétique non adaptée dans le stock source	Nulle	Nulle	0
Présence de mycoplasmes dans le stock source	Possible	Modéré	2
Présence d'herpèsvirus dans le stock source	Nulle	Elevé	1
Dépendance critique vis-à-vis des autres espèces	Improbable	Modéré	1
Spécimens maltraités, en mauvaises conditions	Nulle	Elevé	1
Absence de comportements anti-prédateurs	Improbable	Elevé	2
Impacts négatifs sur les conspécifiques	Improbable	Faible	0
Impacts négatifs sur d'autres espèces	Improbable	Nulle	0
Impacts négatifs sur les intérêts humains	Improbable	Faible	0
Activités humaines nuisibles	Possible	Faible	1
Mauvaises communication	Possible	Modéré	2
Mauvais gestes (relâchés, prélèvements)	Possible	Modéré	2
Absence de protocoles scientifiques de suivis	Nulle	Elevé	1
Incompétence des responsables de la mise en œuvre	Improbable	Modéré	1
Absence de financements pour suivis	Improbable	Elevé	2

Les incendies et la présence d'un prédateur spécialisé sur le site constituent ici les deux risques "élevé" quel que soit le site envisagé. Les autres risques sont évalués de nulle à modéré. L'évaluation des risques conforte la mise en œuvre de cette expérimentation.

Le risque "incendie" est inhérent à l'ensemble du Bassin Méditerranéen. Les débroussaillages, les Obligations Légales de Débroussaillage (OLD), les pare-feux, les moyens humains et matériels mis en place dans le cadre de la stratégie nationale de Défense des forêts contre les incendies (DFCI) sont autant d'outils préventifs et correctifs de lutte contre les feux.

La présence de prédateurs est un phénomène naturel. Depuis 2002, plus de 800 tortues d'Hermann sauvages sont arrivées blessées et ont été soignées au Centre de Soins Faune Sauvage de la SOPTOM.



Les débroussaillages (36%), les chiens errants ou non-tenus en laisse (30%) et les véhicules (10%) sont les trois principales causes de blessures et de rentrée en soins des tortues. La majorité des tortues concernées sont adultes. La part des prédateurs naturels dans les retours d'animaux est très faible (Gagno *et al.*, 2013). Les autres prédateurs naturels identifiés lors d'une étude menée (Ballouard *et al.*, *in prep.*⁹ ; Pille *et al.*, 2018) sont pour 2/3 la Fouine et le Renard. Certains auteurs recommandent de limiter l'activité des prédateurs sur le site de relâcher (Calvete & Estrada, 2004) ou bien d'éviter les sites fréquentés par les prédateurs de l'espèce relâchée (Bertolero, Oro & Besnard, 2007). Cependant, les prédateurs naturels que sont notamment la Fouine et le Renard sont communs sur l'ensemble de l'aire de répartition de la Tortue d'Hermann. Ils ne sont pas forcément évitables et doivent être considérés comme des éléments naturels de l'environnement des animaux relâchés (Pille *et al.*, 2018) notamment quand la prédation touche autant les animaux sauvages que relâchés.

8.4. Stratégie de sortie

Toutes les translocations ne se déroulent pas comme prévu. Il y aura un moment où investir des ressources supplémentaires ne sera plus justifié, malgré les ajustements de gestion préalables. Une stratégie de sortie doit faire partie intégrante de tout plan de transfert. Avoir une stratégie en place permet une sortie ordonnée et justifiée (IUCN/SSC, 2013).

La décision d'interrompre est défendable si la conception de la translocation comprend des indicateurs d'échec et les limites tolérables de leur durée (IUCN/SSC, 2013). A l'instar de ce qui a été précédemment réalisé (Caron *et al.*, 2011), des indicateurs quantitatifs de succès/échec seront déterminés en 2021/2022 avec l'ensemble des partenaires scientifiques du projet. En fonction du suivi de ces indicateurs (voir Chapitres "8.2 Buts, objectifs, actions d'évaluation de l'opération" et "13 Le suivi en continu ou évaluation de l'opération") mais aussi des risques associés (voir "Chapitre 8.3 Evaluation des risques"), il peut être envisagé de stopper l'opération (par ex. une mortalité sévère due à un prédateur spécialisé).

Egalement, les conséquences écologiques inattendues d'une translocation sur l'habitat, d'autres espèces) doivent être surveillées. L'apparition d'impacts négatifs non intentionnels et indésirables suite à une translocation peut entraîner des changements radicaux de gestion ou même une annulation de la translocation (IUCN/SSC, 2013). Cela semble très peu probable ici au regard de l'espèce concernée.

Enfin, si des conséquences socio-économiques et financières indésirables voire inacceptables devaient se produire, des changements dans la gestion voire une stratégie de sortie sont à envisager. Cela semble improbable ici.

⁹ Ballouard J-M., Caron, S., Fumagalli, L. & X., Bonnet, *in prep.* Exact mortality rate and the importance of natural predation in adult Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*).



9. Faisabilité et précautions

Cette opération de renforcement de population propose l'utilisation de jeunes tortues (âgées entre 3 et 9 ans) issues de l'élevage conservatoire de la SOPTOM. Les paragraphes suivants doivent permettre de poser au mieux les bases de ce projet de façon à obtenir des résultats optimaux, c.à.d. survie des individus relâchés et recrutement dans la population autochtone.

L'objectif principal d'une translocation est la performance souhaitée de l'espèce focale en termes de performance de sa population, de comportement et/ou de ses rôles écologiques après la translocation. Cependant, la conception d'un tel projet est soumise à la fois à des opportunités et à des contraintes, qui toutes influencent la faisabilité de l'opération. L'évaluation de la faisabilité doit couvrir l'ensemble des facteurs biologiques et non biologiques pertinents (IUCN/SSC, 2013).

En suivant les prérogatives de l'IUCN, nous avons identifié une dizaine de facteurs de faisabilité devant être pris en compte, à savoir les connaissances biologiques et écologiques acquises sur l'espèce, l'identification des menaces (voir " Chapitre 4.6 Les menaces majeures"), la sélection des sites (voir "Chapitre 11 Sélection des sites") dont on a la maîtrise foncière et la gestion, l'origine génétique (voir "Chapitre 7 Origine des individus : le centre conservatoire) et la sélection des individus sur des critères sanitaires et comportementaux, le "Bien-être" animal, les considérations sociales, économiques et réglementaires, les sources de financements, auxquelles se rajoutent les méthodologies et protocoles de suivis (voir "Chapitres 12 Stratégies de relâcher et 13 Le suivi en continu ou évaluation de l'opération").

9.1. Considérations biologiques et écologiques

9.1.1. Connaissances biologiques et écologiques de base

Les connaissances nécessaires sur toute espèce candidate à la translocation doivent inclure ses besoins en habitat biotique et abiotique, ses relations interspécifiques et sa biologie de base (voir "Chapitre 4 La Tortue d'Hermann "). Outre les connaissances biologiques de base (croissance, alimentation, dimorphisme sexuel etc.), les connaissances doivent notamment couvrir des aspects tels que les capacités de déplacement, les domaines vitaux, la prédation, les maladies (voir "Chapitre 9.3.2 Identification des pathogènes en captivité et *in-natura*) ou encore l'utilisation des habitats qui permet de choisir de façon approprié un site (voir "Chapitre 11 Sélection des sites").

9.1.2. Utilisation des habitats

Faire correspondre l'adéquation et la disponibilité de l'habitat aux besoins des espèces candidates est au cœur de la faisabilité et de la conception. L'habitat doit répondre aux besoins biotiques et abiotiques totaux de l'espèce candidate dans l'espace et le temps et à tous les stades de la vie. En outre, l'adéquation de l'habitat doit inclure l'assurance que la libération d'organismes et leurs mouvements ultérieurs sont compatibles avec les utilisations des terres autorisées dans les zones touchées (IUCN/SSC, 2013).

Une étude de Cheylan *et al.* (2010) montre un effet clair de l'ouverture du milieu, avec de plus fortes abondances en tortues dans les milieux ouverts que dans les milieux fermés. Ces milieux ouverts lui permettent en effet d'assurer bon nombre de ses besoins vitaux : prises de nourriture, activité de thermorégulation, pontes etc. Néanmoins, on peut constater que l'espèce occupe également certains espaces boisés, ce qui montre une relative adaptabilité de l'espèce à différents milieux. L'eau ne semble en revanche pas agir sur l'abondance en tortues (Cheylan *et al.*, 2010). L'utilisation



des Systèmes d'Information Géographique (SIG) permet de caractériser, localiser et réaliser une première évaluation des habitats favorables (Seddon *et al.*, 2007 ; Kingsbury & Attum, 2009).

Une cartographie des habitats actuellement favorables à l'espèce a été élaborée par Cheylan *et al.*, (2010) à partir du croisement entre les points d'observation de tortues et la cartographie des habitats forestiers établie par l'IFN. La classification des choix opérés par les tortues (habitats préférentiellement recherchés) repose sur le calcul d'un indice (dit de Jacob, Figure 11) qui prend en compte la fréquence des observations de tortues dans les différents types d'habitats rapportée à la fréquence de ces habitats sur le territoire considéré. Un indice positif indique une utilisation préférentielle de l'habitat. A l'échelle de l'ensemble de l'aire de distribution, cette carte fait apparaître l'extrême fragmentation des habitats hautement favorables et l'étendue des habitats peu favorables à défavorables.

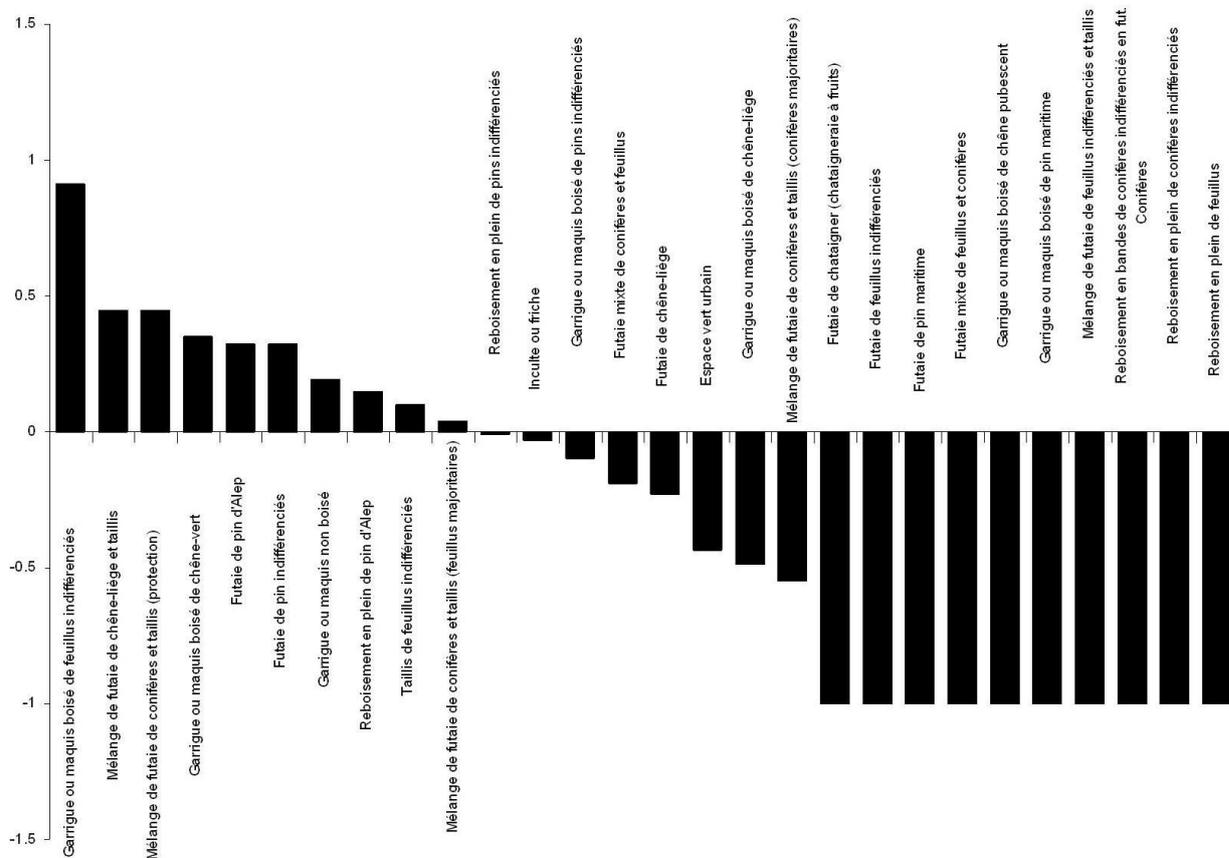


Figure 11. Habitats préférentiellement recherchés (Indice de Jacob).

9.1.3. Variation des domaines vitaux

L'estimation précise de la taille des domaines vitaux (DV) qu'occupent les individus d'une espèce est cruciale pour les gestionnaires. Elle permet de mieux définir la taille minimale des sites à protéger et de limiter la fragmentation des populations. Grâce à des suivis par radiotracking menés sur l'ensemble de la saison d'activité entre 2010 et 2018 (Ballouard *et al.*, 2020¹⁰), les domaines vitaux annuels de 165 tortues d'Hermann provenant de 9 sous-populations de France continentale ont été obtenus par la méthode des polygones convexes minimum (MCP).

¹⁰ Ballouard J.-M., Deleuze S., Andreo L., Rozec F., Thomas N., Laffargue P., Aferiat M., Bonnet X., Catard A. & Caron S. (2020) What is the real home range of the Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni* Gmelin, 1789)? Implication for conservation. *Naturae*, 6: 101-111. <https://doi.org/10.5852/naturae2020a6>



Tableau 5. Moyennes et médianes des tailles des domaines vitaux annuels (DV) en hectares des tortues suivies par télémétrie sur 9 sites dans le Var¹¹.

Site	Type de milieu dominant	Période	Sexe (nombre)	Domaine Vital annuel (MCP)		
				Moyenne ± SE	Médianes	Min-Max
La Pardiguière	Maquis clairsemé	2017	F (9)*	7,85 ± 1,19	8,18	[2,98 – 13,12]
			M (10)	1,97 ± 0,41	1,61	[0,72 – 5,08]
			F+M	4,75 ± 0,9	3	[0,72 – 13,1]
Bombardier	Maquis clairsemé	2015	F (5)	4,73 ± 1,18	4,64	[2,06 – 4,57]
			M (5)	4,94 ± 1,0	5,5	[1,78 – 7,64]
			F+M	4,84 ± 0,73	5,1	[1,78 – 7,64]
Neuf Riaux	Maquis clairsemé	2012-2013	F (8)	3,51 ± 0,62	3,66	[1,20 – 6,5]
			M (8)	4,78 ± 1,71	2,86	[1,36 – 15,79]
			F+M	4,14 ± 0,89	3,11	[1,20 – 15,79]
Fiassans	Mosaïque agricole	2010-2011	F (22)	9,92 ± 3,23	4,52	[0,55 – 60,09]
			M (21)	6,69 ± 1,83	4,02	[1,07 – 45,5]
			F+M	8,27 ± 1,83	4,26	[0,55 – 60,1]
Callas	Maquis dense et forêt	2010-2011	F (17)*	19,8 ± 4,41	14,11	[3,26 – 71,3]
			M (15)	5,45 ± 1,55	5,45	[1,84 – 26,08]
			F+M	13,12 ± 2,73	7,68	[1,84 – 71,3]
Castelli	Maquis dense et forêt	2016	F (5)	5,49 ± 3,69	1,68	[1,62 – 20,25]
			M (4)	8,65 ± 5,79	3,18	[2,25 – 25,9]
			F+M	6,9 ± 3,11	2,3	[1,62 – 25,99]
Lambert	Maquis dense et forêt	2012	F (8)*	26,98 ± 10,53	15,47	[3,70 – 94,9]
			M (6)	3,51 ± 1,14	3,06	[1,03 – 8,49]
			F+M	16,92 ± 6,68	8,33	[1,03 – 94]
Pennafort	Maquis dense et forêt	2017	F (5)	13,73 ± 5,16	7,17	[3,91 – 30,84]
			M (2)	6,85 ± 0,56	6,85	[6,29 – 7,41]
			F+M	11,76 ± 3,78	7,17	[3,91 – 30,84]
Saint-Daumas	Maquis dense et forêt	2012-2013	F (14)*	16,03 ± 4,08	9,01	[3,39 – 47,67]
			M (11)	5,7 ± 1,21	4,14	[2,34 – 15,56]
			F+M	11,29 ± 2,48	6,93	[2,34 – 47,67]

Les grands domaines vitaux mesurés sur plusieurs populations contrastent avec les données précédemment publiées sur le sujet. Notre étude montre que le DV d'une Tortue d'Hermann occupe environ 9 ha (valeur médiane 5,2 ha) alors que la valeur moyenne de référence pour les populations françaises n'est que de 2 hectares. Cette différence s'explique par les petites tailles d'échantillons obtenus sur de courtes périodes des études précédentes. Les suivis intensifs menés fournissent une vision plus réaliste de la taille des domaines vitaux. Globalement, la taille des DV augmente au printemps lorsque l'activité des individus est la plus importante, se stabilise pendant la saison estivale, voire en automne. Il est essentiel que l'établissement de zones de protection et de corridors prenne en compte ces nouvelles données, tout particulièrement les valeurs maximales (>15ha).

9.1.4. Ecologie des juvéniles *in-situ*

Les informations concernant l'écologie des juvéniles de reptiles sont très rares (en comparaison avec les adultes) en raison de leur nature cryptique due à leur petite taille et leur vie cachée. De plus, il est souvent admis que la survie des juvéniles est très faible. Or, on ne dispose donc à ce jour que de très partielles informations sur leur comportement et l'utilisation de l'espace. Du fait de contraintes différentes (notamment la prédation), l'écologie des juvéniles (e.g. utilisation de l'habitat) peut être différente de celle des individus adultes. Il est donc essentiel d'améliorer les connaissances sur cette classe d'âge afin (1) de mieux connaître les points clés permettant d'améliorer leur survie, par exemple en sélectionnant des sites de relâcher appropriés ou en gérant les habitats naturels ; (2) de disposer de références dans le but d'évaluer le succès du renforcement. On peut ainsi par exemple comparer le comportement des jeunes (relâchés vs. sauvages) et constater d'éventuelles déviations de leurs traits d'histoire de vie (dispersion).

¹¹ Les astérisques indiquent une différence significative (Mann-Whitney U-tests) entre les mâles et les femelles (N=165).



Sur un site où nous avons pu mettre en évidence un nombre important et auparavant insoupçonné de jeunes tortues d'Hermann grâce à un réseau de plaques refuges (Ballouard *et al.*, 2013), 20 juvéniles ont été équipés d'émetteurs VHF et suivis durant deux années (voir Annexe I : Etude sur l'écologie d'une population de juvénile *in-situ*). Grâce au suivi réalisé en 2015 et 2016 sur l'ensemble de la saison d'activité, nous avons pu analyser et caractériser différents paramètres écologiques chez les juvéniles dans un contexte paysager de mosaïque agricole.



Photo 9. Juvénile de 1 an de Tortue d'Hermann.

Le nombre important de localisations réalisées permet d'avoir une bonne estimation de la taille des domaines vitaux. Avec une moyenne de 2.9 ha, les domaines vitaux sont relativement importants et varient de quelques centaines de mètres carrés à plusieurs dizaine d'hectares (mas =17 ha). Cependant, leur taille reste inférieure à celle des adultes évaluant sur cette zone (moyenne = 8,00 ha, médiane 4 ha, Ballouard *et al.*, 2020). Les mouvements journaliers sont en général de faible ampleur (la plupart de moins de 10 m), mais des mouvements importants possiblement liés à des comportements exploratoires ont été observés.

Les juvéniles occupent préférentiellement des habitats semi-ouverts avec une strate sous arbustive importante (roncier) qui leur permet probablement de se cacher et de se protéger des prédateurs. A l'inverse, les juvéniles évitent les zones ouvertes (prairies) et fermées (forêt).

9.1.5. Précautions biologiques et écologiques

Une espèce relâchée peut avoir des impacts majeurs (souhaitables/indésirables, intentionnels, non prévus) sur d'autres espèces et sur les fonctions de l'écosystème (par ex. concurrence interspécifique, prédation, transmission de maladies, réseaux trophiques etc.). Les preuves montrent que les risques d'effets indésirables augmentent considérablement lorsqu'une espèce est transférée en-dehors de son aire de répartition indigène. Les impacts négatifs peuvent ne pas apparaître avant de nombreuses années (IUCN/SSC, 2013).

Les conséquences écologiques d'une translocation comprennent celles qui affectent non seulement les espèces transférées, mais aussi les autres espèces ou processus écologiques dans la communauté de destination. Les caractéristiques biologiques d'une espèce dans une zone source peuvent indiquer ses performances attendues dans une zone de destination. Cependant, les réponses des espèces peuvent être différentes dans les conditions écologiques de la zone de destination en raison, par exemple, d'un changement de prédateurs ou de parasites ou d'un niveau de compétition différent, ou d'interactions avec d'autres espèces déjà présentes (IUCN/SSC, 2013).

Ainsi, il paraît essentiel que des refuges ainsi que des habitats diversifiés préférentiels ouverts (maquis, garrigues voire friches) et plus ou moins fermés (taillis, futaies) soient présents sur le site de relâcher choisi. D'autre part, la surface de l'emprise de l'opération doit être suffisamment importante afin de pouvoir tamponner une éventuelle dispersion sur des dizaines d'hectares.

9.2. Considérations génétiques

9.2.1. Risques génétiques

Le risque génétique est sans aucun doute l'un des paramètres préopératoires le plus important à prendre en compte dans le cadre de projets de translocation (May, 1991 ; Burke, 1991 ; Seigel & Dodd, 2000 ; IUCN/SSC, 2013). Que se soit pour la population source (élevage) ou hôte (sur site de relâcher), considérer l'hybridation potentielle entre la Tortue d'Hermann occidentale (*Testudo hermanni hermanni*) et la Tortue d'Hermann des Balkans (*Testudo hermanni boettgeri*) est une approche nécessaire. En effet, cette dernière est une sous-espèce provenant de l'Europe de l'Est, mais elle est grandement susceptible de se trouver au contact des sous-populations sauvages de notre Tortue d'Hermann par le biais du commerce légal et illégal d'animaux de compagnie. L'hybridation de ces deux sous-espèces est depuis longtemps connue en captivité (Cheylan, 2001 ; Soler *et al.*, 2012) et plus récemment dans la nature en France continentale, Espagne et Italie (Mazzotti, 2004; Fritz *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2014; Zenboudji *et al.*, 2016 ; Bech *et al.*, *in press*).

9.2.2. Etude in-natura

Afin de prendre plus précisément la mesure du phénomène, nous avons étudié le statut génétique des individus sauvages varois (600) sur la base de 16 marqueurs moléculaires microsatellites et de simulations. L'hybridation a été évaluée à l'aide de la signature génétique d'environ 100 individus échantillonnés dans les Balkans de *Testudo hermanni boettgeri*, une sous-espèce introduite d'Europe de l'Est.

Dans le cadre d'une étude récente menée de 2013 à 2016 et en cours de publication (Nivelle 2017 ; Bech *et al.*, *soumis*), l'étude de la structuration génétique de la Tortue d'Hermann dans le Var a montré une signature génétique homogène sur l'ensemble des sous-populations identifiées, ce malgré leur fragmentation. Une proportion importante d'individus homozygotes (consanguinité) a également été trouvée confirmant les précédentes études (Fritz *et al.*, 2006 ; Pérez *et al.*, 2013 ; Zenboudji *et al.*, 2016). Les résultats ont également révélé la présence de 18% d'hybrides dans les sous-populations varoises (Figure 12). Cette hybridation affecte plusieurs générations de tortues (F1, F2 et F3). Cette introgression génétique est susceptible de menacer la valeur sélective des individus sur le long terme (Keller & Waller, 2002 ; Charlesworth & Willis, 2009). Cette question n'est pas résolue d'autant que l'apport de nouveaux allèles pourrait diminuer les risques de dépression consanguine des populations enclins à une forte homozygotie en conférant des avantages biologiques (taux de croissance, succès de reproduction, survie etc.) aux nouvelles générations hybrides : l'hétérosis, nommé également vigueur hybride (Shull, 1948 ; Fitzpatrick & Shaffer, 2007 ; Kaeppeler, 2012). Egalement, une forte proportion d'hybrides a été retrouvée parmi les individus nés en captivité dans les élevages varois (soit ~ 60%). Cela suggère que des dizaines de milliers de tortues captives dans la zone représentent un réservoir majeur d'hybrides qui ont probablement contaminé le pool sauvage pendant des décennies.

Cet impact possible à long terme est soutenu par l'abondance relative des hybrides F2 et F3 (soit 16,5%) trouvés sur le terrain alors que la maturité nécessite au moins 8 à 12 ans chez cette espèce. Ces hybrides ne peuvent pas être facilement caractérisés à l'aide de traits phénotypiques. La présence de nombreux hybrides F2 et F3 montre que (i) les individus F1 peuvent persister pendant de longues périodes et se reproduire, (ii) la caractérisation des hybrides (par exemple F1, F2 et au-delà) est difficile en utilisant uniquement le profil phénotypique, et (iii) un processus d'hybridation en



cours est en place depuis au moins plusieurs décennies. Dans l'ensemble, le niveau d'hybridation est fort et profondément enraciné dans les populations sauvages de France continentale.

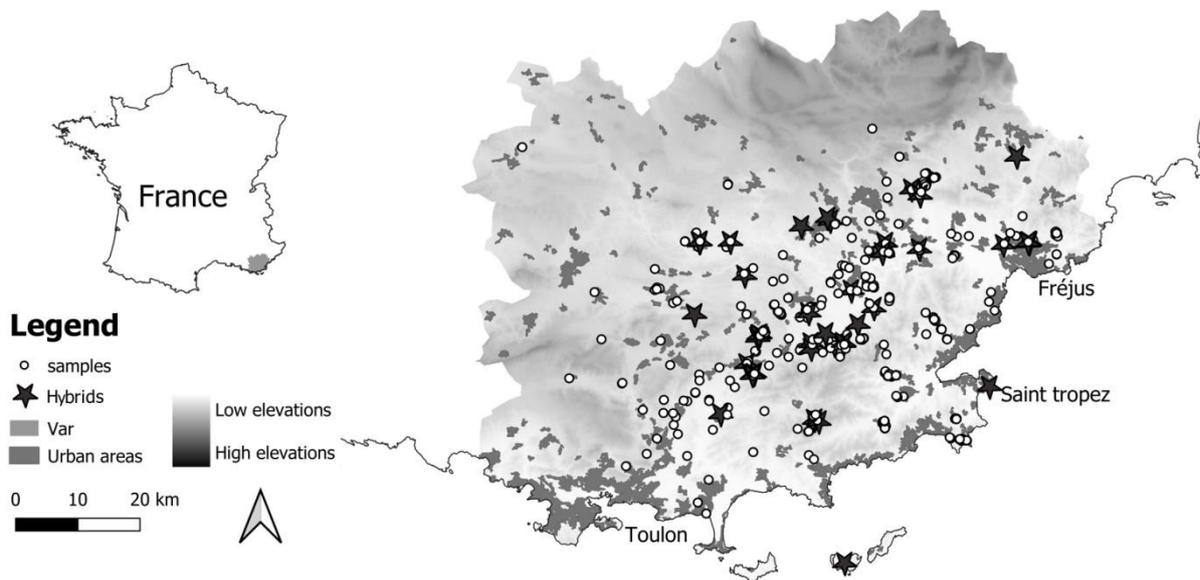


Figure 12. Localisations des tortues échantillonnées dans le Var et des hybrides détectés à posteriori d'après le logiciel NEWHYBRID.

9.2.3. Précautions génétiques

L'échange de gènes entre les individus relâchés et les résidents est un des objectifs d'un renforcement. Ici, le risque d'hybridation avec des espèces ou sous-espèces étroitement apparentées est nul. La signature génétique étant homogène dans toutes les sous-populations varoises et les juvéniles à relâchés étant tous issus de géniteurs varois certifiés, il n'y pas de risque d'observer une moindre aptitude de la progéniture (réduction de la vigueur ou du succès de la reproduction) et/ou une perte d'intégrité pour l'espèce.

L'ensemble des individus géniteurs du centre ont fait l'objet d'analyses génétiques confirmant leur origine varoise ainsi que l'absence d'hybridation avec la Tortue des Balkans (voir "Chapitre 7 Origine des individus : le centre conservatoire). Le nombre d'individus géniteurs est suffisamment important et d'origines diverses pour assurer une diversité génétique viable permettant une bonne vigueur des individus relâchés, de leur survie (dépression de consanguinité), de leur rendement reproductif et leur adaptation face aux changements environnementaux. Peu de géniteurs peuvent contribuer à restaurer ou des populations de tortue en dépit d'une apparente faible variation génétique (Milinkovitch *et al.*, 2013). Les individus proviennent d'une trentaine de localisations différentes réparties dans le Var. De ce fait, bien que les individus proviennent d'environnements sensiblement différents de la zone de destination, leur ressemblance génétique avec la sous-population résidente visée ne devrait pas entraîner une mauvaise adaptation. Au contraire, l'apport de nouveaux individus permettra dans ce contexte de favoriser la diversité génétique de la population source et sans doute de réduire le risque de dépression de consanguinité associé à la perte d'individus suite à un incendie.

L'introduction de « nouveaux gènes » dans des populations isolées et sévèrement assujetties à une dépression consanguine, peut permettre de stopper un déclin précipité vers l'extinction et d'augmenter la population (Madsen *et al.*, 1999). Une récente étude a montré qu'à moins que les nombreuses causes de mortalité d'origine anthropique ne soient supprimées (braconnage, feu,

fragmentation des habitats), l'intensification de l'aridité du bassin méditerranéen (réchauffement climatique) augmentera la mortalité juvénile et le risque de quasi-extinction des populations dont celle du Var, à cause d'une diminution dans le recrutement. L'expansion et l'interconnexion des aires protégées permettraient d'une part de faciliter le déplacement de l'aire de répartition de l'espèce, et d'autre part, d'augmenter la diversité génétique afin de favoriser l'adaptation locale des populations aux futurs changements environnementaux (Fernández-Chacón *et al.*, 2011).

9.3. Considérations relatives aux maladies et aux parasites

9.3.1. Risques de maladie

Malgré toutes les précautions appropriées, aucun organisme transféré ne peut être totalement exempt d'infection par des micro-organismes ou des parasites, avec un risque conséquent de leur propagation (IUCN/SSC, 2013). Ainsi, l'évaluation du risque de maladie doit commencer au stade de la planification et se concentrer sur les agents pathogènes connus dans le stock source. Ces agents sont susceptibles d'avoir des effets indésirables sur d'autres organismes sur le site receveur. La probabilité estimée d'occurrence et la gravité de l'impact de tout agent pathogène potentiel doit être revu périodiquement pendant la mise en œuvre (Bobadilla Suarez *et al.*, 2017).

Les agents pathogènes dans les élevages captifs sont bien connus pour être plus répandus que dans les populations sauvages. Les risques sanitaires lors des translocations sont donc bien réels lorsque l'on sélectionne des individus sans « historique ». Bien que des risques subsistent lorsque l'on réalise des translocations d'animaux sauvages d'un endroit à un autre (Woodford & Rossiter, 1994), les chances que ces individus soient en contact avec des maladies exotiques sont généralement bien plus faibles que pour des individus captifs (Snyder *et al.*, 1996).

Au 20^{ème} siècle, les animaux destinés aux translocations n'étaient pas souvent examinés (parasites, maladies et blessures) par des biologistes professionnels ou des vétérinaires (Griffith *et al.*, 1993). L'analyse virologique est pourtant l'un des deux critères de sélection primordial vu les risques encourus par les populations sauvages en cas d'introduction d'agents pathogènes (May, 1991). Le risque d'introduction de maladies et de pathogènes nouveaux pour la population résidente doit être minimisé voir nul (notamment concernant l'herpès-virose).



Photo 10. Prise de sang réalisée lors de suivis sanitaires.

Chez les Chéloniens, deux agents pathogènes sont particulièrement redoutés : l'herpès-virus (Testudinid HerpesViruses, TeHV) et les mycoplasmes. Ces deux organismes sont connus pour entraîner des maladies respiratoires (Upper Respiratory Tract Diseases, URTD) très contagieuses et potentiellement mortelles (Origi, 2012 ; Jacobson *et al.*, 2014). D'autres agents comme les picornavirus, ranavirus ou encore les Chlamydia existent mais dans des proportions bien plus faibles (Kolesnik, Obiegala & Marschang, 2017 ; Mitura *et al.*, 2017).

9.3.1.1. Les mycoplasmes

Mycoplasma spp. sont des organismes unicellulaires proches des bactéries. Ils provoquent des affections respiratoires, sont des pathogènes pour *Gopherus agassizii* et *G. polyphemus* et ont été associées aux déclin de population de tortues aux États-Unis (Brown *et al.*, 1994 ; Ashton & Burke, 2007 ; Jacobson *et al.*, 2014). La contamination se fait essentiellement par des tortues grecques, chez lesquelles la mycoplasmosse constitue un problème majeur (Mathes, 1998).

Tous les mycoplasmes ne sont pas identiques et ils ne sont probablement pas tous pathogènes ou du moins pas pour toutes les espèces de chéloniens. Par exemple, les mycoplasmes sont également présents chez plusieurs espèces de tortues d'eau douce chez lesquelles on constate l'absence de maladie clinique et aucune mort massive associée (Ossiboff *et al.*, 2015). Cela semble suggérer que cette bactérie est probablement un commensal de ces tortues.

D'une façon globale, nous n'avons pas assez de données pour conclure quoi que ce soit pour le genre *Testudo* (Origgi, *com. pers.*). La Tortue d'Hermann apparaît peu sensible cliniquement aux mycoplasmes (Ballouard *et al.*, *in press*¹²) et elle cohabite avec les tortues grecques dans de nombreux élevages. Cinquante pourcent des consultations de *Testudo graeca* sont liées à des rhinites alors que pour la Tortue d'Hermann, c'est moins de 1 %. Ceci ne signifie pas que la Tortue d'Hermann n'héberge pas de mycoplasmes, mais plutôt qu'elle déclenche les symptômes (rhinites) exceptionnellement dans la région (Fertard, *com. pers.*). On ne sait pas encore si la Tortue d'Hermann élimine facilement l'infection mycoplasmaïque ou si elle reste porteuse asymptomatique de cet agent pathogène.

De nombreux organismes sont non pathogènes jusqu'à ce que la co-infection ou les cofacteurs, ou les conditions de stress (générées par ex. en milieu naturel par le manque de nourriture, les températures, les prédateurs etc.) créent des conditions qui favorisent la pathogénicité (Arvy & Fertard, 2001 ; Zimmerman *et al.*, 2010 ; Jacobson *et al.*, 2014).

9.3.1.2. L'herpèsvirus

L'herpèsvirus est la maladie virale la plus grave des tortues terrestres (Pasmans *et al.*, 2008). Très contagieuse, elle se présente souvent de manière épidémique. Fréquemment retrouvée en élevage chez toutes les tortues méditerranéennes et aussi certaines tortues exotiques (Muller *et al.*, 1990 ; Drury *et al.*, 1999), elle est fortement transmissible à la Tortue d'Hermann et est responsable d'affections respiratoires à l'issue souvent létale (Marschang *et al.*, 1997). Certains individus succombent à l'infection en quelques jours (ou rapidement), tandis que d'autres plus résistants développent des anticorps et se remettent après quelques semaines. Les anticorps empêchent la diffusion et la multiplication du virus, mais ne l'éliminent pas. Même si les animaux apparaissent parfaitement sains et actifs, on se doit de considérer chaque tortue qui a réchappé d'une telle infection comme une menace. Des tortues cliniquement saines constituent une menace pour les populations sauvages (Blahak, 2000 ; Une *et al.*, 2000 ; Blahak, 2006) puisque les tortues infectées peuvent être porteuses asymptomatiques (infections latentes), la maladie clinique étant réactivée dans certaines conditions de stress (par exemple un déplacement), lors d'un parasitisme majeur ou bien après l'hibernation (Arena & Warwick, 1995 ; Pettan-Brewer & Co, 1996).

¹² Ballouard J-M, Bonnet X, Jourdan J, Martinez-Silvestre A, Gagno S, Fertard B, Caron S. First detection of herpesvirus and mycoplasma in free-ranging Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*), and in potential pet vectors. *bioRxiv*. [doi: https://doi.org/10.1101/2021.01.22.427726](https://doi.org/10.1101/2021.01.22.427726)



9.3.2. Identification des pathogènes en captivité et *in-natura*

Le commerce légal et illégal des Chéloniens en tant qu'animaux de compagnie est aujourd'hui susceptible de mettre en contact les populations sauvages et captives de tortues. De nombreuses espèces se retrouvent ainsi dans des enclos dont des espèces exotiques telles que la Tortue grec (*Testudo graeca*). Les relâchés anarchiques de tortues par les particuliers ou encore les tortues échappées de captivité contribuent potentiellement à la dissémination des agents pathogènes.

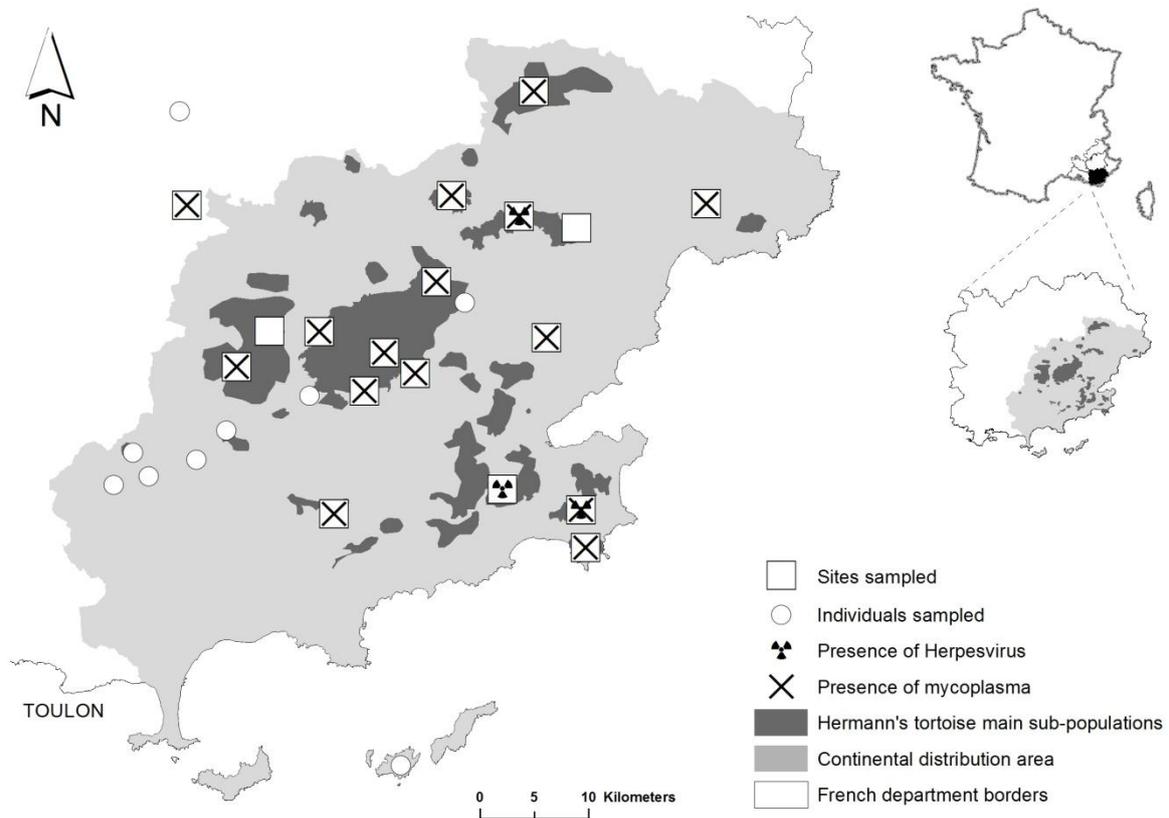


Figure 13. Sites naturels échantillonnées au sein de l'aire de répartition varoise de la Tortue d'Hermann.

Lors de l'étude sanitaire menée de 2012 à 2016 à la fois dans les populations captives et naturelles, la présence des deux pathogènes a été mise en évidence sur l'ensemble de l'aire répartition de la Tortue d'Hermann dans le Var (Ballouard *et al.*, *in press*). De nombreuses tortues exotiques et potentiellement hybrides (20%) ont été trouvées en captivité. La présence inquiétante de 7 individus porteurs de l'herpèsvirus dans 3 sous-populations sauvages a été confirmée. De plus, les mycoplasmes ont été détectés dans la quasi intégralité (15/18) des sous-populations étudiées avec des fréquences allant de 2.5 à 25 % (Figure 13). Les tortues grecs ont montrées des taux d'infection particulièrement élevés aux mycoplasmes (18% en captivité, 50 % en nature), suggérant que cette espèce est un vecteur potentielle. Cette étude encourage de futurs travaux de recherche, afin de mieux connaître leur incidence sur la mortalité des individus dans la nature. Surtout, elle démontre que connaître la prévalence de ces 2 pathogènes en milieu captif et naturel est essentiel dans le cadre de mesures conservatoires.

9.3.3. Précautions sanitaires

La gestion de la maladie et du transfert de pathogènes connus est importante, à la fois pour maximiser la santé des organismes transférés, mais aussi surtout afin de minimiser le risque d'introduction d'un pathogène (nouveau ou pas) dans la zone de destination (IUCN/SSC, 2013). Des

précautions raisonnables doivent donc être prises et une prophylaxie appropriée appliquée, sur l'ensemble du processus de renforcement de population et tout particulièrement dans le cadre de l'élevage des « *headstarted* ».

Les géniteurs et juvéniles présents dans l'élevage conservatoire de la SOPTOM sont tous soumis à des analyses sanitaires poussées et des mesures de prophylaxie (quarantaine, tests sanitaires, désinfections régulières etc.) s'appliquent au quotidien. L'herpèsvirus n'a jamais été détecté depuis la création de cet élevage. Des mycoplasmes ont été détectés chez certains adultes, déplacés par la suite dans des enclos distincts.

Dans le cadre de ce projet, les juvéniles choisis seront testés aux mycoplasmes, et probablement à d'autres agents comme les picornavirus (Marschang, 2011, 2014 ; Kolesnik, Obiegala & Marschang, 2017). En somme, les individus candidats au relâcher devront être exempts des deux principaux pathogènes précédemment cités et souvent retrouvés en captivité (Soares *et al.*, 2004 ; Salinas *et al.*, 2011 ; Kolesnik, Obiegala & Marschang, 2017). De plus, les individus présentant des parasites externes voire des mycoses seront également écartés.

9.4. Considérations comportementales

D'une façon générale, chez les Vertébrés, un meilleur succès des translocations est constaté quand les animaux sont issus du milieu naturel (Bright & Morris, 1994 ; Fischer & Lindenmayer, 2000), ce qui ne semble pas être le cas d'une façon générale pour les amphibiens et reptiles (Germano & Bishop, 2009). Si les différents facteurs précédemment cités sont primordiaux pour accroître les chances de succès d'une opération de translocation, les aspects comportementaux ne sont pas à négliger (Watters & Meehan, 2007 ; Germano & Bishop, 2009 ; Germano *et al.*, 2017). Les individus relâchés devront être en capacité de répondre de façon adéquate face à des situations auxquelles ils n'ont pas été habitués (e.g. prédateur. Griffin *et al.*, 2000), tout particulièrement pour des animaux issus d'élevage (McDougall *et al.*, 2006). En effet, les variations interindividuelles comportementales peuvent notamment prédire la façon dont les individus vont s'adapter à un nouvel environnement.

9.4.1. Comportement anti-prédateur

Les individus élevés en captivité sont susceptibles de ne pas disposer de comportement anti-prédateur, ce qui peut compromettre leur survie dans la nature. Des manipulations répétées par l'être humain peuvent réduire voire faire disparaître les comportements de défense (principalement la rétraction des membres) chez les tortues vivant en captivité (Livoreil *et al.*, 2003). Nous avons évalué en 2012 le comportement anti-prédateur de tortues adultes du centre l'élevage conservatoire et l'avons comparé avec des tortues sauvages et des tortues d'origine captives au contact du public (Micheli *et al.*, 2014). Leurs réactions à l'approche de l'Homme et lors de manipulations ont été mesurées. Les tortues de l'élevage ont un comportement anti-prédateur (rétraction) davantage proche des individus sauvages que des tortues captives au contact du public (Village des Tortues). De façon encourageante, les conditions de captivité offertes par le centre d'élevage permettent le maintien de ce comportement essentiel à la survie de l'animal dans la nature. Il s'agira de réaliser une évaluation similaire lors du processus de sélection des juvéniles.

9.4.2. Tempérament individuel : shy vs. bold

L'étude de la personnalité des individus peut avoir des implications dans la conservation. Chez les reptiles, le tempérament peut influencer le comportement de dispersion, d'exploration et leur capacité d'adaptation (Cote *et al.*, 2010 ; Ward-Fear *et al.*, 2018). Ces traits conditionnent le succès



des opérations de translocations. Les différents comportements qui peuvent être observés chez un individu peuvent persister et être associés à un trait comportementale par exemple « téméraire » ou « timide ». Ces traits peuvent influencer le comportement de dispersion, d'exploration (Møller & Garamszegi, 2012 ; Germano *et al.*, 2017). Chez la Tortue d'Hermann, les travaux antérieurs montrent une grande disparité des patrons de mouvement et d'utilisation d'habitat parmi des tortues relâchées (Pille *et al.*, 2018). Ces variations suggèrent des personnalités différentes.

En vue de réaliser une éventuelle sélection des individus sur ce critère de personnalité, nous avons cherché dans un premier temps à savoir s'il était possible de catégoriser le comportement d'individus de différentes classes d'âge de l'élevage. Grâce à un parcours d'obstacles et différents tests (réplicats), nous avons ici cherché à explorer les liens entre la personnalité et le comportement exploratoire des tortues (Oullion, 2020). Lors des expériences, nous avons distingué des individus qui ont "toujours", "parfois" et "jamais" terminé le parcours.

Les résultats tendent à montrer que les comportements observés sont le résultat de personnalités différentes plutôt que du hasard, ce pour une partie des tortues (les "toujours" et "jamais"). Ces deux profils de tortue semblent bien se distinguer et affichent des comportements stables, liés à un type de personnalité : (1) Les tortues ayant toujours fini le parcours auraient une personnalité téméraire (*bold*) et seraient davantage exploratrices. (2) Les tortues n'ayant pas terminé le parcours et ayant montré des comportements d'hésitation auraient une personnalité plus timide ou un caractère plus prudent (*shy*).

La moitié des individus semblaient avoir des comportements intermédiaires (les « parfois ») où il n'est pas possible d'attribuer un tempérament particulier. En somme, le gradient de personnalité observé peut être corrélé au comportement exploratoire des individus avec une répercussion possible sur leur dispersion, et donc de façon ultime sur leur survie. Ainsi, des individus dit téméraires auraient davantage la capacité de s'adapter à un nouveau milieu et seraient donc enclin à une meilleur survie post-relâcher. Cependant, cette dernière pourrait être contrebalancée par une prise de risque importante. Bien que de nouvelles questions émergent, ce type d'expérience nous offre de nouvelles perspectives pour améliorer la méthodologie de relâcher et donc l'efficacité d'une opération de translocation.



Photo 11. Parcours expérimental avec différents modules.

9.4.3. Précautions comportementales

Des analyses comportementales des tempéraments vont être poursuivies en 2021 sur l'ensemble du cheptel d'individus juvéniles candidats au relâcher. Des lots expérimentaux pourront ainsi être

constitués. La sélection des candidats pourra être complétée par des manipulations visant à mesurer le comportement anti-prédateur des tortues. A l'instar de ce que nous avons réalisé chez des adultes de différentes origines (Livoreil *et al.*, 2003 ; Micheli *et al.*, 2014), il s'agira de sélectionner des jeunes tortues affichant de meilleures capacités de défense.

9.5. Considérations du bien-être animal

9.5.1. Concepts

Notre société s'intéresse de plus en plus aux conditions de vie des animaux (Kendall, Lobao & Sharp, 2009). Un débat sérieux est d'ailleurs toujours d'actualité sur l'utilisation des animaux. Bien que les opinions et les philosophies qui ont été exprimées dans ce débat soient diverses (Hewson, 2003), un thème central mutuellement acceptable s'est développé: le souci que tout soit mis en œuvre pour assurer le bien-être des animaux sous la responsabilité des chercheurs et que ces animaux ne souffrent pas indûment (Moberg, 1985).

Un animal ressent des besoins, mais également des attentes. Selon les réponses à ces attentes et ces besoins, il est capable d'éprouver des sentiments positifs comme négatifs. La notion de bien-être des animaux comprend donc l'état physique, mais également l'état mental positif de l'animal (les deux états étant interdépendants l'un de l'autre) : un animal en situation de bien-être, c'est un animal qui se porte bien physiquement et mentalement.



Les règles du bien-être animal sont basées sur le principe des 5 libertés individuelles : (1) absence de faim, de soif et de malnutrition ; (2) absence de peur et de détresse (les conditions d'élevage ne doivent pas lui induire de souffrances psychiques) ; (3) absence de stress physique et/ou thermique (l'animal doit disposer d'un certain confort physique) ; (4) absence de douleur, de lésions et de maladie (l'animal ne doit pas subir de mauvais traitements pouvant lui faire mal ou le blesser et il doit être soigné en cas de maladie) ; (5) liberté d'expression d'un comportement normal de son espèce (son environnement doit être adapté à son espèce).

9.5.2. Les indicateurs

Ainsi, considérer le bien-être des individus captifs et candidats au relâcher est nécessaire pour la réussite du projet (IUCN/SSC, 2013 ; Harrington *et al.*, 2013). Le problème pour répondre à cette préoccupation est de savoir comment évaluer le bien-être des animaux. Comment mesurer la qualité de la vie animale ? La science du bien-être animal utilise des mesures telles que la longévité, la maladie, l'immunosuppression, le comportement, la physiologie (stress) et la reproduction, bien qu'il y ait débat sur lequel de ces indicateurs indique le mieux le bien-être animal (Broom, 1991).

Evaluer les réponses physiologiques d'un animal au stress fait partie de cette batterie d'indicateurs (Moberg, 1985). On peut légitimement se poser la question si des animaux vivant en captivité sont sensibles au stress ou pas. De même, la manipulation et le transport d'un animal d'un site à un autre engendre indéniablement un stress chez l'animal (Fazio *et al.*, 2014). Celui-ci peut être de courte durée, on parlera alors plutôt de réponse au stress ou stress immédiat. Suivant sa capacité d'adaptation, l'individu sera capable d'y faire face. Ce stress ne doit pas se transformer en stress chronique qui sur le long terme sera létal.

Les animaux hébergés en captivité sont confrontés à un large éventail de défis environnementaux potentiellement provocateurs (éclairage artificiel, exposition à un son fort ou aversif, odeurs excitantes, températures ou des substrats inconfortable, mouvements restreints, l'espace réduit, proximité forcée avec les humains, possibilités d'alimentation réduites, maintien dans des groupes sociaux anormaux etc.). Face à tous ses éléments et comme il est impossible de reproduire en captivité les éléments présents *in-natura*, il nous appartient plutôt, en tant que gestionnaires et gardiens d'animaux en captivité, d'évaluer les enclos et les pratiques d'élevage pour assurer le bien-être optimal des animaux sous nos soins (Morgan & Tromborg, 2007).

Concernant ces indicateurs, nous en utilisons de nombreux afin de s'assurer que les animaux se portent bien. Ainsi, la condition corporelle des individus (indice ICC) est suivie en continu (voir "Chapitre 7.4 Suivi du cheptel). Les individus sont recensés chaque fois ce qui nous permet de détecter d'éventuelles maladies ou problèmes mineurs. Nous constatons très peu de mortalité. Ainsi, par exemple, seulement un juvénile est décédé en 2020 sur les 185. Les comportements observés semblent normaux et proches de ceux observés *in-natura* (cf. "Chapitre 9.4.1 Comportement anti-prédateur"). Les tortues s'accouplent et les femelles pondent etc.

Concernant la physiologie, nous avons menée une étude (Sibeaux *et al.*, 2016¹³) visant à déterminer la gamme des variations naturelles des paramètres physiologiques (condition corporelle, taux de corticostérone) pour établir des lignes de base utiles. Les taux basaux de corticostérone des individus présents dans l'élevage conservatoire ne différaient pas beaucoup de ceux observés en milieu naturel (Ballouard, Deleuze & Caron, 2014).

9.5.3. Précautions liées au bien-être animal

Les règles du bien-être animal prévoient différentes modalités que nous appliquons dans notre élevage. (1) Les animaux sont surveillés (capacités professionnelles appropriées, visites fréquentes, premiers soins de tout animal malade ou blessé. (2) Les bâtiments sont adaptés et entretenus avec un accès à l'extérieur. (3) Une conduite d'élevage appropriée : alimentation saine en quantité suffisante proposée à des intervalles correspondant aux besoins physiologiques des animaux, accès à une eau d'une qualité adéquate, aucune substance administrée, aucunes pratiques douloureuses.

Outre le respect de ces normes, tout doit être mis en œuvre pour minimiser les risques (stress notamment) sur l'ensemble du processus qui va du maintien en captivité (élevage), au suivi des individus, en passant par leur transfert d'un site à un autre (Harrington *et al.*, 2013). Pour cela des règles simples doivent être respectées :

- Les individus sont transportés dans des caisses adaptées (taille).
- Les individus sont transportés dans des conditions environnementales satisfaisantes (T°C).
- Les animaux sont manipulés quand nécessaire (ex. prise de mesure 1 fois/mois).
- Les manipulations sont rapides et réalisées par des personnes formées.

9.6. Considérations sociales et économiques

Les translocations sont en général des projets de longue haleine qui requièrent un engagement financier et politique à long terme (IUCN/SSC, 2013). Il faut que le programme soit pleinement compris, accepté et soutenu par les collectivités locales et la population (May, 1991). Cependant, la publicité faite autour de ces opérations peut véhiculer de mauvaises idées et détourner cet outil de

¹³ Sibeaux, A., Michel, C.L., Bonnet, X., Caron, S., Fournière, K., Gagno, S. & J-M., Ballouard (2016) Sex-specific ecophysiological responses to environmental fluctuations of free-ranging Hermann's tortoises: implication for conservation. *Conservation Physiology*, **4**(1): cow054; [doi:10.1093/conphys/cow054](https://doi.org/10.1093/conphys/cow054).



son objectif de conservation en laissant croire aux aménageurs qu'il est facile de déplacer des populations (Seigel & Dodd, 2000).

La faisabilité d'un projet de translocation doit prendre l'acceptabilité de l'ensemble des acteurs impliqués ou qui seront potentiellement impliqués même indirectement dans sa mise en œuvre. Aussi, sa planification doit tenir compte des circonstances socioéconomiques, des attitudes et des valeurs du grand public par exemple, des motivations et des attentes, des comportements et des changements de comportement, ainsi que des coûts et avantages prévus. Si les activités humaines mettent en péril l'opération, il faut prendre des mesures immédiates pour les minimiser dans la zone (IUCN/SSC, 2013).

9.6.1. Acceptabilité du projet

Ce projet de conservation élaboré par l'une des principales structures (SOPTOM) participant à la mise en œuvre du Plan National d'Action en faveur de la Tortue d'Hermann (2018-2027) se raccorde à deux de ses actions (voir "Chapitre 5.2.2 Les translocations au sein du nouveau PNA Tortue d'Hermann). Il a ainsi reçu l'aval de la DREAL PACA (coordinateur) ainsi que de l'ensemble des partenaires impliqués dans la conservation de l'espèce (COFIL).

Les communautés humaines vivant autour d'une zone de translocation auront des intérêts légitimes dans toute translocation. Ces intérêts seront variés et les attitudes de la communauté peuvent être extrêmes et contradictoires. Par conséquent, nous devons tenir compte des circonstances socio-économiques, des attitudes et des valeurs de la communauté, des motivations et des attentes, des comportements et des changements de comportement, ainsi que des coûts et avantages prévus du transfert. Leur compréhension est à la base du développement d'activités de relations publiques pour orienter le public vers une translocation.

Certains intérêts et attitudes des différents usagers des territoires pourraient ne pas être forcément en accord avec ceux d'un projet de translocation. Par exemple, la présence d'une espèce protégée peut générer des réglementations contraignantes. Des impacts économiques négatifs peuvent également se produire. Si réintroduire un animal qui avait disparu peut engendrer des nouvelles contraintes sur un territoire, renforcer une population déjà existante devient plus facilement acceptable. Les risques sociaux et économiques sont limités voir nuls.

L'acceptabilité doit aussi prendre en compte les représentations associées à l'espèce cible. Par exemple, une espèce prédatrice ou simplement mal aimée) entraînera des représentations négatives autour du projet. Dans notre cas, la Tortue d'Hermann bénéficie d'un grand capital sympathie auprès du public (Ballouard *et al.*, 2020¹⁴). A titre d'exemple, suite à l'incendie de 2017 dans le Golfe de Saint-Tropez (site des 2 Caps), les riverains du site incendié se sont eux-mêmes organisés pour collecter des fonds pour la restauration du milieu et le sauvetage des tortues (Caron & Ballouard, 2018b).

Quel que soit le site choisi (qui sera grand en superficie et qui bénéficiera d'un statut de protection), la présence de la Tortue d'Hermann sur le site et son capital sympathie jouent en sa faveur. A ce jour, et dans un contexte de projet de renforcement d'une des espèces les plus charismatiques de Provence, les sources d'oppositions paraissent minimes.

¹⁴ Ballouard J-M., Conord M., Johany A., Jardé N., Caron S., Deleuze S. & X. Bonnet (2020) Is popularity a double-edge sword? Children want to protect but also harvest tortoises. *The Journal of Environmental Education*, 51:5, 347-360, [DOI: 10.1080/00958964.2019.1693329](https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1693329).



9.6.2. Précautions et communication grand public

Le contexte local économique entourant la Tortue d'Hermann n'est pas simple. Une carte de sensibilité mise en œuvre en 2020 associée à une note de la DREAL PACA¹⁵ est souvent perçue négativement par le monde économique en raison des freins à la mise en œuvre de projets de développement urbains, d'infrastructures, voire à la remise en culture des friches agricoles ou l'exploitation forestière. Cependant, le site choisi bénéficiera d'un statut de protection légal, sera grand et verra donc les activités humaines réduites en son sein (voir "Chapitre 11 Sélection des sites"). Egalement, le grand capital sympathie dont jouie cette espèce auprès du public (*Ballouard et al.*, 2020), tout comme d'autres espèces de Testudo (*Pérez et al.*, 2012), peut s'avérer être une menace en raison des comportements de collecte de spécimens dans la nature et de relâchers illégaux de tortues captives.

Ces deux constats nous amèneront à être vigilant et à devoir définir avec précaution les éléments relatifs à la communication/concertation, qu'elle soit dirigée vers le grand public ou vers les acteurs locaux. La communication destinée au grand public fait partie intégrante du projet (Wimberget et al., 2010). Si possible, ces programmes de conservation doivent faire participer la population locale (*Attum et al.*, 2008). Il conviendra donc que les communautés humaines trouvent un intérêt légitime dans ce projet de renforcement de population de Tortue d'Hermann. La mise en place d'un comité de pilotage permettra d'assurer la concertation des principaux acteurs de la conservation autour du projet, qu'ils soient institutionnels, propriétaires et gestionnaires des terrains.

Il importera donc à court et moyen terme de travailler à l'acceptation et même à l'adhésion du public au projet. La translocation d'une espèce animale est un fait médiatique fort en matière d'environnement, sans compter que la tortue est un animal qui a bonne presse. C'est l'occasion de faire connaître ce qui est fait en matière de préservation de l'espèce. Le message est facile à faire passer. Ces actions de sensibilisation et d'informations pré et post translocation devront aussi être réalisées afin de favoriser l'appropriation de l'espèce par le public et ainsi de pérenniser les actions entreprises.

Il est donc primordial de définir un plan de communication adapté en accord avec les gestionnaires et services de l'Etat. Des mécanismes de communication et d'engagement pourront être élaborés pour assurer un lien entre partenaires et usagers sur l'ensemble du projet. Si un projet de renforcement est une opportunité pour sensibiliser le public, certains effets délétères peuvent être potentiellement observés (dérangement des animaux voir prélèvement des individus). Mettre en place un programme d'éducation à destination du public n'est pas une garantie que celui-ci supportera davantage le projet ou bien que la translocation sera davantage un succès (*Reading et al.*, 1997).

A notre que nous avons durant toute l'année 2020 communiquer et concerter avec les différents propriétaires/gestionnaires de milieux naturels dans les départements du Var et des Alpes-Maritimes (Conservatoire du Littoral, CD83 et 06, ONF, CEN PACA, Parc National de Port-Cros). Ce projet a bien été reçu par tout le monde (voir "Chapitre 3.4 Partenariats : leurs rôles et apports").

¹⁵ Note de la DREAL du 4 janvier 2010 sur les « Modalités de prise en compte de la Tortue d'Hermann et de ses habitats dans les projets d'aménagement ». La carte de sensibilité (réalisée par la SOPTOM, le CEN PACA et l'EPHE) hiérarchise les enjeux relatifs à la Tortue d'Hermann. Au sein de cette aire, 4 niveaux de sensibilité (rouge, jaune, vert et bleu) ont été définis sur la base de campagnes d'inventaires et de diagnostics de territoires, réalisés par un comité d'experts.



9.7. Considérations réglementaires et pratiques

La politique relative à la translocation et à la Tortue d'Hermann en France est soumise à de nombreuses réglementations régionales, nationales et internationales. Cette opération expérimentale est placée sous le contrôle de la DREAL PACA et du Ministère par l'intermédiaire du Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN) qui sera chargé de statuer sur les demandes d'autorisations de relâcher. La libération des individus ne se fera que sur l'accord de ces instances et de la Préfecture du département. En outre, elles garantiront l'obtention des différentes autorisations liées à la mise en œuvre du projet (capture, relâcher, transport des animaux et manipulations).

Les manipulations suivront les prérogatives délivrées dans le cadre de l'utilisation des animaux à des fins scientifiques (UAFS) et le respect de la règle des 3R, Réduire - Raffiner - Remplacer (Sneddon *et al.*, 2017). Le suivi des déplacements des tortues nécessitera l'utilisation d'appareil de radiopistage (émetteurs VHF, GPS). Faciles à placer sur la carapace des tortues, nous accorderons une attention toute particulière sur la masse de cet équipement qui n'excédera pas 7% et surtout l'encombrement qu'il pourrait occasionner (Zemanova, 2020).

Suivant les manipulations prévues (prises de sang, équipements, mesure corporelles), une Demande d'Autorisation de Projet (DAP) pourra être requise auprès du Ministère de la Recherche. Cette demande pourra être faite via le Centre d'Etude Biologique de Chizé - CNRS en tant qu'Etablissement Utilisateur partenaire sous conventionnement avec la SOPTOM. D'autre part, une personne au sein de l'équipe SOPTOM a suivi et validé la formation sur l'utilisation d'animaux à des fins scientifiques de niveau Concepteur (voir Annexe II : Attestation formation utilisation d'animaux de la faune sauvage non-hébergée à fins scientifiques), et pourra être désignée responsable.

Enfin, deux vétérinaires administrateurs de l'association SOPTOM se rendront disponibles et pourront être consultés pour conseil ou en cas de problème (ex. identification de points limites).

9.8. Financements

Ce type de projet ne peut voir le jour que s'il est assuré financièrement (IUCN/SSC, 2013). A minima, un financement sur 2 ans doit permettre de couvrir la bonne préparation du projet et de sa mise en œuvre. Sa réalisation doit au moins prendre en compte l'année qui suit immédiatement le relâcher. En effet, cette période est la plus critique pour la survie des individus. Les sources/agences de financement doivent être conscientes que des changements peuvent intervenir pendant la mise en œuvre ; les budgets doivent donc être suffisamment flexibles pour s'adapter à ces changements.

Depuis 2018, nous bénéficions du soutien de la Région Sud en lien avec la thématique de restauration de la Tortue d'Hermann suite aux incendies. La Région Sud s'est notamment donnée comme défis "d'étudier les conditions de réintroduction d'espèces disparues et soutenir les centres de sauvegarde de la faune sauvage".

Depuis ce début d'année 2021 et ce pour deux ans (1^{er} février 2021 au 31 janvier 2023), le tout nouveau Office français de la biodiversité (OFB) a apporté son soutien financier à ce projet (convention n°OFB.20.1329) de restauration dans le cadre du lancement du programme MobBiodiv Restauration 2021 (Plan France Relance). Il s'agit ici de "restaurer une sous-population de Tortue d'Hermann sur un site via une opération expérimentale innovante de translocation, ce afin de bénéficier d'un retour d'expérience tangible dans le cadre notamment du PNA en faveur de l'espèce (2018-2027). Dans la continuité de l'étude de faisabilité menée en 2020, le présent projet s'attachera à mener un état initial (évaluation écologique/sanitaire des tortues survivantes) sur un site identifié



dans l'étude de faisabilité puis une translocation (renforcement) dont le succès sera évalué ici lors de la première année".

Par ailleurs, ce type de projets génère un fort attrait du grand public et des mécènes auprès desquels il est possible de trouver des financements.

9.9. Diffusion de l'information

La diffusion des informations doit commencer à partir de l'intention même de réaliser une translocation, et continuer ensuite tout au long des progrès ultérieurs. Cela sert notamment à sensibiliser et soutenir la translocation avec les principales parties concernées, à répondre à toutes les exigences légales, à transférer et partager les expériences scientifiques en publiant les résultats dans des revues à comité de lecture (IUCN/SSC, 2013). Généralement, les résultats des translocations à succès sont bien plus valorisés/publicés que ceux à échec (Miller *et al.*, 2014). Pourtant, chaque projet, qu'il soit une réussite ou pas, augmente notre connaissance des pratiques. Il est de notre responsabilité d'utiliser ces connaissances accumulées, afin que chaque nouveau projet de transfert ait de meilleures chances de réussir que les précédents (Berger-Tal, Blumstein & Swaisgood, 2019). Les mécanismes de communication doivent être adaptés au public visé. La diffusion peut également se faire par le biais des médias, et de plus en plus par Internet et les réseaux sociaux (IUCN/SSC, 2013).

La protection de la Tortue d'Hermann mobilise un vaste réseau de compétences scientifiques et naturalistes tant en France qu'à l'échelle européenne. L'organisation régulière de colloques est l'occasion d'un important échange d'informations et d'expériences pour le plus grand profit des différents acteurs de la protection et de la conservation de l'espèce. Comme toute opération de ce type, il est également nécessaire de communiquer sur les méthodologies et résultats afin de contribuer à l'évaluation rétrospective et à la comparaison avec d'autres tentatives de translocation. Ce processus se fait idéalement par des publications scientifiques dans des revues *peer-reviewed* (Kingsbury & Attum, 2009 ; Sutherland *et al.*, 2010). La SOPTOM adhère activement à cette démarche au travers des publications qu'elle réalise. Ces dernières confèrent une gage de qualité aux travaux scientifiques menés (voir "Chapitre 15 Travaux scientifiques de la SOPTOM). La participation à de nombreux colloques nationaux et internationaux va également dans ce sens. Enfin, dans l'intérêt général, les résultats seront rendus accessibles au grand public.

La diffusion vise à garantir que le maximum d'informations sur une translocation de conservation soit disponible en temps opportun et de manière appropriée pour les publics cibles. Par conséquent, la communication doit commencer au stade de la planification, suivie par des rapports sur les progrès aux étapes clés du projet, et avec cette information diffusée à toutes les parties concernées. Une communication efficace au cours du processus vise à limiter les conflits avec les parties intéressées, et est garant que toute translocation soit entreprise avec intégrité et sans motifs cachés (IUCN/SSC, 2013).



10. Modalités de sélection des individus

L'évaluation et le choix des individus se feront en ne faisant pas prendre de risques sanitaires aux tortues sauvages présentes sur les sites, critère primordial de ce genre d'opérations (Arena & Warwick, 1995 ; Woodford, 2000). Les présentes modalités de sélection ont essentiellement pour but de sélectionner les animaux aptes à une réinsertion en milieu naturel. Cependant, il est primordial de minimiser le stress que subissent les individus. En effet, les stress peuvent s'accumuler, conduisant ainsi à une « détresse ». Regrouper les différentes phases d'analyses/évaluations des individus (avec un temps de récupération de plusieurs semaines à plusieurs mois) permet de minimiser leur manipulation et augmente le succès des translocations (Teixeira *et al.*, 2007).

Ces évaluations sont primordiales et doivent être menées dans l'objectivité et la transparence en respectant des mesures/précautions d'hygiène et de santé (Cunningham, 1996 ; Woodford, 2000 ; Leighton, 2002 ; IUSN/SSC, 2013). Nos modalités sont basées sur celles mises en œuvre lors de la première translocation expérimentale (Caron *et al.*, 2011). Elles doivent prendre en compte les conditions suivantes : (1) animaux présentant peu ou pas de risques sanitaires/génétiques pour les populations sauvages ; (2) animaux en bonne condition physique ; (3) animaux ayant le plus de chance d'adaptation aux nouvelles conditions de vie.

10.1. Disponibilité en individus et critères sexuels/âge

Il est très important de considérer l'âge des spécimens libérés et le choix d'adultes ou de juvéniles dans le cadre de translocation (Massot *et al.*, 1994 ; Sarrazin & Legendre, 2000 ; Robert *et al.*, 2004). La majorité des opérations concernant les tortues font appel à des adultes mais certaines à des subadultes ou juvéniles issus ou non de reproduction en captivité (MacDonald, 1996 ; Pedrono & Savory, 2000 ; Kuchling, 2008 ; Wallis, 2009). Les juvéniles ou subadultes peuvent être moins affectés par la captivité et se disperser moins que les adultes (Pedrono & Savory, 2000). Comme Bertolero (2003) le suggère pour la Tortue d'Hermann ou Cadi & Miquet (2004) pour la Cistude d'Europe, les adultes ou les jeunes de six ans (subadultes) sont de meilleurs candidats que les juvéniles. Germano & Bishop (2009) préconisent de relâcher des œufs ou des jeunes lorsqu'il s'agit d'espèces pratiquant le « homing ».

Nous disposons d'un cheptel (voir "Chapitre 7 Origine des individus : le centre conservatoire) et faisons le choix pour cette opération d'utiliser des juvéniles et/ou subadultes. Ces jeunes constituent le pool d'individus candidats aux opérations de translocation (N=181).

10.2. Critères génétiques et sanitaires

Tous les juvéniles sont nés de parents d'origine sauvage et génétiquement conformes aux individus varois (voir "Chapitre 9.2.3 Précautions génétiques"). Ils présenteront également peu ou pas de risques sanitaires conformément aux précautions énoncées au Chapitre 9.3.3).

10.3. Critères physiques

La condition physique des jeunes individus captifs peut être mesurée en utilisant des paramètres comme la condition corporelle, l'absence de signes cliniques de maladie etc. Beaucoup de ces variables sont faciles à évaluer sur des animaux captifs (Alberts *et al.*, 1998 ; Arvy & Fertard, 2001 ; U.S. Fish & Wildlife Service, 2011). Lors de la pesée et des mesures morphométriques (voir "Chapitre 7.4 Suivi du cheptel), on vérifiera que le poids de l'animal ne s'éloigne pas du poids théorique (Willemsen *et al.*, 2002). Un examen sémiologique permet de rechercher et dépister toutes les



anomalies (Alberts *et al.*, 1998 ; Arvy & Fertard, 2001 ; U.S. Fish & Wildlife Service, 2011). L'inspection à distance permettra d'apprécier le dynamisme, la tenue sur les pattes, la mobilité normale de l'ensemble de membres (voir détails dans Caron *et al.*, 2011).



Photo 12. Suivi de la condition physique des tortues via la pesée et les mesures.

10.4. Critères comportementaux

Les animaux ayant le plus de chance d'adaptation aux nouvelles conditions de vie seront sélectionnés sur la base de leurs attitudes comportementales (voir "Chapitres 9.4.3 Précautions comportementales").

10.5. Précautions

Il existe une faune helminthique naturelle connue (Gagno, 2005, 2006 ; Longepierre & Grenot, 1998). Certaines espèces sont très spécifiques comme celles appartenant aux Oxyuridés pour le genre Testudo. Des protozoaires sont communs chez les Chéloniens terrestres et généralement considérés comme des commensaux, plus que comme de réels parasites (MacArthur *et al.*, 2004). Les individus sont régulièrement suivis et des analyses coproscopiques réalisées. Nous n'avons jamais observé de selles anormales ni de baisse de la condition physique associée à une mortalité (1 seul juvénile est décédé en 2020 sur les 185). Des examens de selles de routine auront lieu pendant la phase de sélection. Par précaution, les tortues recevront un traitement anti-helminthes de "groupe" (Panacur® 50 mg/Kg deux fois à 15 jours d'intervalle/ voie oro-gastrique) sous forme de poudre à verser sur la nourriture en fonction du poids total des animaux contenus dans l'enclos.

Les paramètres sanguins (critères hématologiques) peuvent être utiles pour évaluer les dérèglements physiologiques chez les Reptiles en général. Le plasma est utilisé afin de déterminer les concentrations en divers métabolites (Alberts *et al.*, 1998 ; Oliveira-Junio *et al.*, 2009 ; Sibeaux *et al.*, 2016). Une analyse parasitologique sanguine vise à diagnostiquer différentes pathologies parasitaires affectant les animaux (Alberts *et al.*, 1998). Ces critères ne seront pas utilisés ici contrairement au travail mené lors de la première translocation (Caron *et al.*, 2011) et lors de notre étude (Sibeaux *et al.*, 2016) en raison notamment de la petite taille des spécimens, du caractère intrusif de la prise de sang associée à la quantité de ce dernier nécessaire pour réaliser ce type d'analyses sanguines.

En fonction des résultats sanitaires, on isolera les individus « *non conformes* » et l'on maintiendra les candidats potentiels dans leurs enclos. La probabilité d'une contamination après les analyses par l'herpèsvirus et des mycoplasmes est très faible. Afin de ne pas engendrer de stress supplémentaire et de diminuer les risques, les analyses sanitaires seront réalisées à l'automne 2021, la sélection comportementale au printemps 2021. Un arbre décisionnel est proposé sur la Figure 14 Arbre décisionnel de sélection des individus.. Il permet de prendre les décisions adéquates en fonction des

résultats d'analyses. Une planification temporelle est également précisée. Le devenir des tortues « non sélectionnées pour le relâcher » dépend de la nature de l'analyse qui a conduit à cette décision : herpèsvirus = euthanasie, condition physique ou comportement inadéquat = enclos originel.

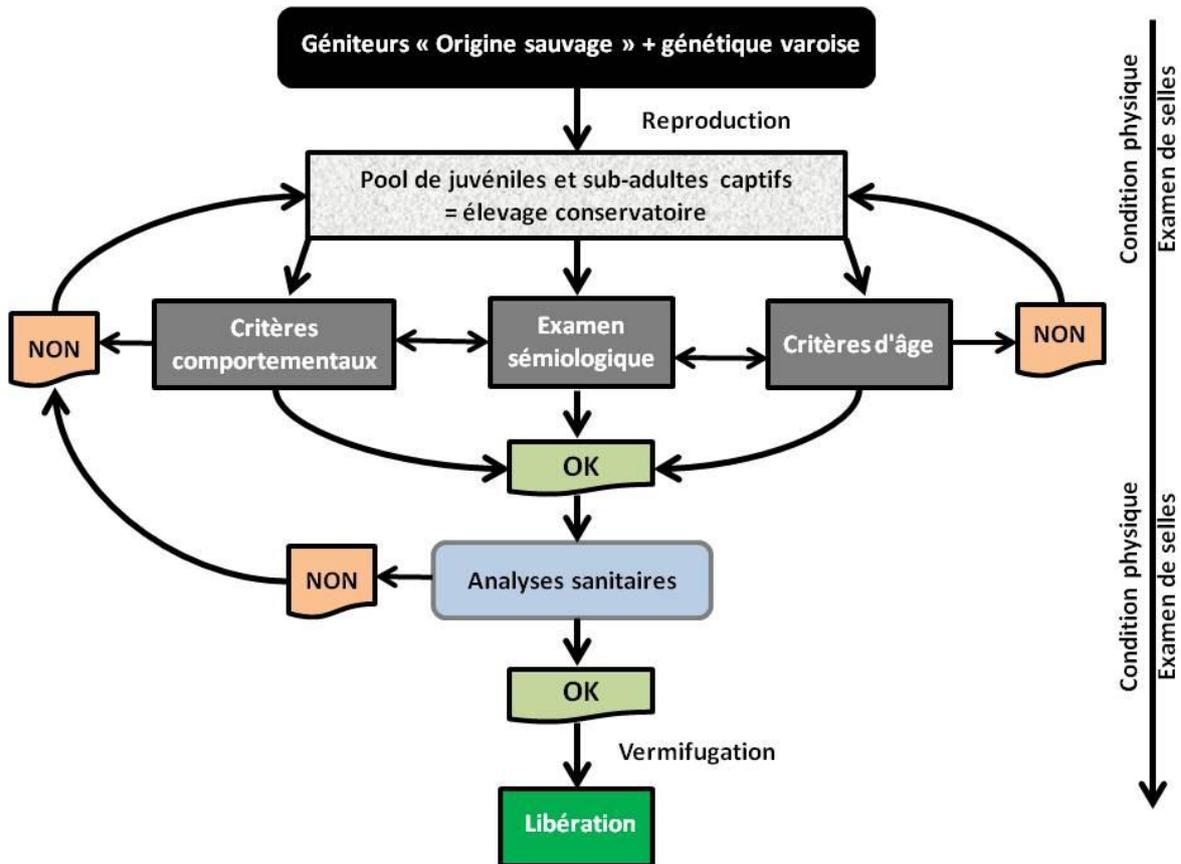


Figure 14. Arbre décisionnel de sélection des individus.

Les salariés de la SOPTOM sont particulièrement sensibilisés aux risques sanitaires auxquels les populations sauvages de *Testudo hermanni hermanni* varoises pourraient être exposées en cas de translocation d'animaux. Des précautions spéciales seront prises pour éviter la transmission de germes pathogènes entre d'une part les tortues du cheptel destinées ou non aux translocations, et d'autre part entre les-tortues transloquées et les tortues sauvages résidentes (Berry & Christopher, 2001 ; U.S. Fish & Wildlife Service, 2011) : désinfection du matériel, intervention de personnel qualifié et application du plan prophylactique.

Après avoir pris en compte toutes ces considérations, les principaux risques pouvant subsister sont la possible contamination par un agent pathogène ou un animal qui tombe malade après les analyses ; la présence de faux négatif dans les analyses, notamment vis-à-vis des mycoplasmes (Kolesnik *et al.*, 2017), et enfin l'existence d'agents pathogènes inconnus ou non testés (bien que nous ayons pris en compte les risques sanitaires les plus communs et graves). Malgré toutes les précautions appropriées, aucun organisme transféré ne peut être totalement exempt d'infection par des micro-organismes ou des parasites (IUCN/SSC, 2013). Ainsi, l'évaluation du risque de maladie doit commencer au stade de la planification et se concentrer sur les agents potentiellement présents dans le stock et connus pour être les plus problématiques, ici l'herpèsvirus.



11. Sélection des sites

11.1. Concepts

La procédure type de sélection des sites candidats aux « translocations » d'individus doit tenir compte de nombreux critères (May, 1991 ; Griffith *et al.*, 1989 ; Kleiman, 1989) et notamment des préconisations de l'IUCN (IUCN/SSC, 2013). La faisabilité écologique et technique de cette étape s'appuie sur les besoins de l'espèce tant au niveau de la surface que de la qualité des milieux nécessaires. La maîtrise d'usage du site sur le long terme est indispensable au maintien des habitats afin garantir la pérennité des actions entreprises (Chivers, 1991 ; May, 1991 ; IUCN/SSC, 2013). De façon général un site de translocation doit :

- Répondre à tous les besoins pratiques pour une libération efficace avec le moins de stress pour les organismes libérés.
- Permettre aux organismes libérés d'exploiter rapidement les milieux.
- Répondre à un maximum d'exigences biotiques et abiotiques de l'espèce.
- Être un habitat approprié à tous les stades de vie de l'espèce.
- Être adéquat en termes d'habitats pour tous les besoins saisonniers.
- Être suffisamment grand pour atteindre le bénéfice de conservation requis.
- Avoir une connectivité adéquate aux habitats convenables si le milieu est fragmenté.

Étant donné que même les évaluations les plus détaillées de l'habitat peuvent ne pas saisir toute la gamme des variations environnementales pendant la durée de vie des individus de l'espèce focale, il faut s'attendre à la perte par mort ou à la dispersion d'individus transférés sur certains sites ou certaines années (IUCN/SSC, 2013).

Dans le cadre de la translocation de 2013 (voir "Chapitre 6.2 REX 2 - Réponses des tortues adultes suite à leur déplacement depuis un centre), les critères d'éligibilité des sites de réinsertion de tortues d'Hermann adultes ont été déclinés en tenant compte de tout cela (Caron, Bertolero & Cheylan dans Caron *et al.*, 2011). On parlait ici de spécimens sauvages sauvées en amont de projet d'urbanisation sur le territoire français, maintenus en captivité temporairement et en attente de devenir. Les critères ici sont équivalents avec quelques modifications.

11.2. Les sites candidats aux renforcements

La maîtrise foncière d'un site ainsi que sa gestion pérenne sont les points primordiaux dans la sélection d'un site pour une telle opération. Le second point d'importance est la superficie du site ; celle-ci doit être suffisamment vaste afin de tamponner les éventuels mouvements de dispersion des tortues (Pille *et al.*, 2018). Des collaborations/conventions doivent être menées entre les services de l'Etat, la structure porteuse du projet et les propriétaires/gestionnaires. Un aspect réglementaire de protection du site (Réserve Naturelle Nationale, APPB, Parc National) garantira la gestion future du site et la pérennité du programme. Le risque qu'encourt le site par rapport aux activités anthropiques (dont la présence de routes) et aux catastrophes naturels est à prendre en compte.

Nous avons ciblé les terrains sous maîtrise foncière du Conseil Départemental 83 (10 sites), du Conservatoire du Littoral (10 sites) et de l'Office Nationale des Forêts (3 sites) (voir Tableau 6). Nous n'avons pas retenu de sites maîtrisés foncièrement par le CEN PACA en raison de leurs faibles superficies.



Tableau 6. Caractéristiques générales des 23 sites de l'étude de faisabilité¹⁶.

Site- "Lieu-dit"	Communes	Feux	Surface (ha)	Sensibilité ¹⁷	Foncier
La Blaquière	Vidauban	1990, 2003	72	Vert-Jaune	CD 83
Domaine de Saint Jean de l'Est	Fréjus-St Raphaël	1962	378	Bleu	CD 83
Domaine du Trapan	Bormes-les-Mimosas	1965, 1990, 2017	42	Bleu	CD 83
Baou d'Enfer	Le Lavandou	1990	54	Vert	CD 83
San Luen	Le Muy	1962	53	Rouge	CD 83
Domaine de Tamary	La Londe-les-Maures	1986	104	Bleu	CD 83
Font Olivier	Le Muy	1962	248	Vert	CD 83
Forêt des Bertrands	Hyères	1986	97	Vert	CD 83
Sainte-Christine	Cuers	1989	76	Vert	CD 83
Rigodoune	Carcès	1975	82	Vert	CD 83
Escaillon-les-Clos	Roquebrune-SA	1962	205	Vert	CD 83
Haute Cavalière	Roquebrune-SA	1962	50	Vert	CD 83
Les Petites Maures	Roquebrune-SA	1962, 1990, 2003	596	Vert	CDL
Massif de l'Estérel	Mandelieu-la-Napoule (06)	RAS	918	RAS	CDL
Cap Bénat	Bormes-les-Mimosas	2017	71	Bleu	CDL
Corniche des maures - 1	Cavalaire-sur-Mer	1990	241	Vert	CDL
Corniche des maures - 2	Cavalaire-sur-Mer	1990	241	Vert	CDL
Vallée de la Môle	La Môle	RAS	108	Vert-Jaune	CDL
Cap Lardier	La Croix Valmer	2017	346	Vert-Jaune	CDL
Cap Taillat	Ramatuelle	2017	143	Vert-Jaune	CDL
RBI des Maures	Collobrières Bormes-les-Mimosas	1973, 1990	2531	Bleu-Vert	ONF
RBI de l'Estérel	Fréjus-St Raphaël Les Adrets	1964, 1987	2055	Bleu	ONF
Castelli	Fréjus	2003		Bleu	ONF

¹⁶ CD 83 = Conseil départementale ; CDL = Conservatoire du Littoral ; ONF = Office National des forêts.

¹⁷ Note de la DREAL du 4 janvier 2010 sur les « Modalités de prise en compte de la Tortue d'Hermann et de ses habitats dans les projets d'aménagement ». La carte de sensibilité (réalisée par la SOPTOM, le CEN PACA et l'EPHE) hiérarchise les enjeux relatifs à la Tortue d'Hermann. Au sein de cette aire, 4 niveaux de sensibilité (rouge, jaune, vert et bleu) ont été définis sur la base de campagnes d'inventaires et de diagnostics de territoires, réalisés par un comité d'experts.



Ainsi, 23 sites ont été retenus pour cette étude de faisabilité (Figure 15). Ils sont tous localisés au sein de l'aire de répartition varoise de la Tortue d'Hermann (Celse *et al.*, 2018) et ont été partiellement ou totalement parcourus par au moins un incendie au cours des 50 dernières années. En 2020 et 2021, 21 sites ont fait l'objet d'une évaluation ; les sites des Caps Lardier et Taillat ont été évalués en 2018 et 2019 lors de l'évaluation de l'impact de l'incendie survenu en 2017 (Couturier & Besnard, 2018 ; Ballouard *et al.*, *in press*¹⁸).



Photo 13. Site des Caps Lardier et Taillat dans l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros.



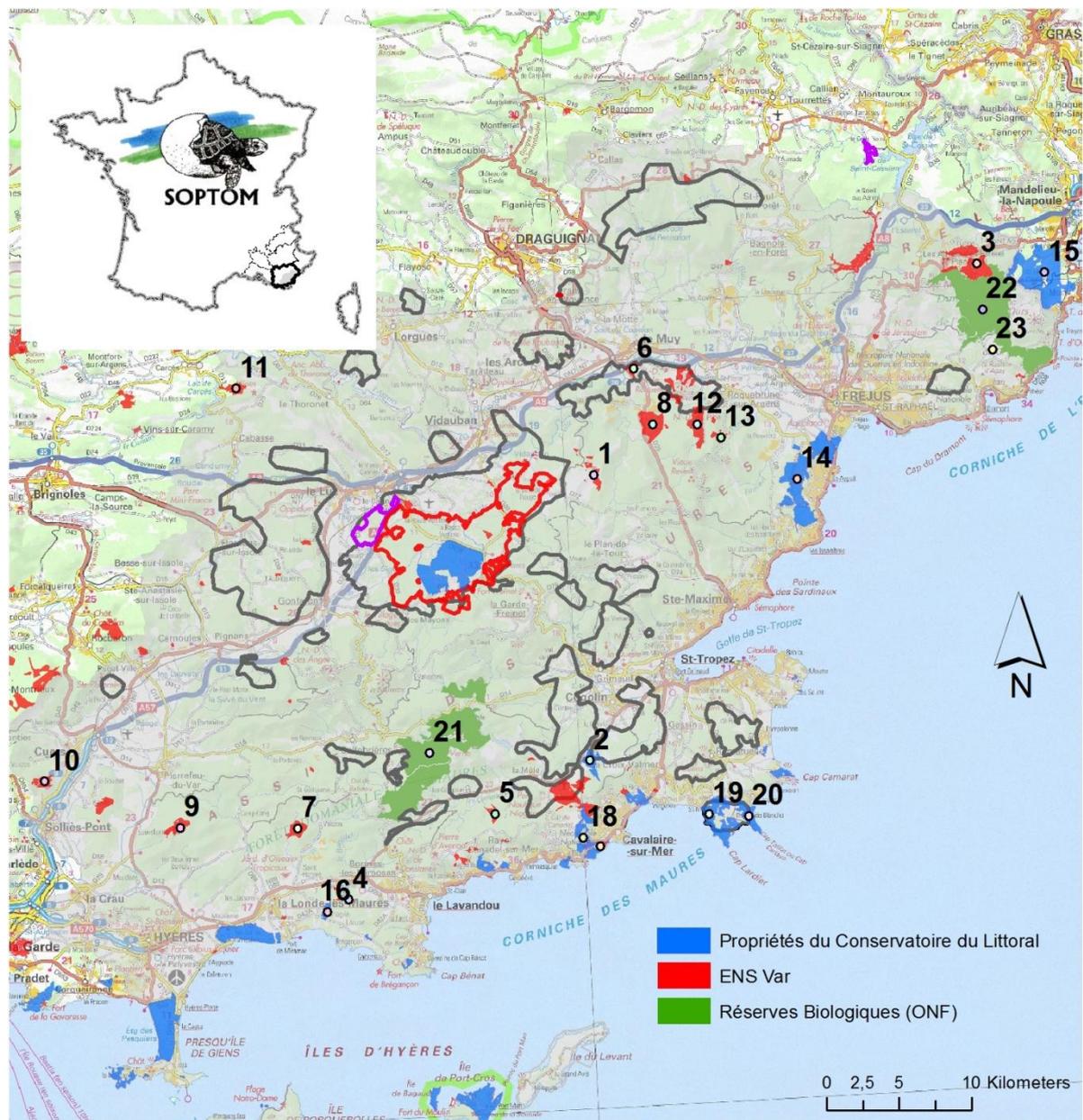
Photo 14. Site des "Petites Maures".



Photo 15. Site du Massif de l'Estérel.

¹⁸ Ballouard, J-M., Motteau, E., Fosseries, G., Kouyoumdjian, L., Porco, L., Geoffroy, D., Moussay, C. & S., Caron, *in press*. Etude "post-incendie" des mouvements des Tortues d'Hermann *Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789 au Caps Lardier et Taillat : évaluation de leur potentiel de recolonisation. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, **35**.

Renforcement d'une population de Tortue d'Hermann sur un site incendié
Approche innovante et retour d'expérience



- | | |
|---|--|
| RNN Plaine des Maures | Aire de répartition de la Tortue d'Hermann |
| APPB | Noyaux majeurs |
-
- | | | |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| ○ 1 La Blaquière | ○ 9 Forêt des Bertrands | ○ 17 Corniche des maures - Bon Poteau |
| ○ 2 Vallée de la Môle | ○ 10 Sainte-Christine | ○ 18 Corniche des maures - Fenouillet |
| ○ 3 Domaine de Saint Jean de l'Est | ○ 11 Rigodoune | ○ 19 Cap Lardier |
| ○ 4 Domaine du Trapan | ○ 12 Escaillon-les-Clos | ○ 20 Cap Taillat |
| ○ 5 Baou d'Enfer | ○ 13 Haute Cavalière | ○ 21 RBI des Maures |
| ○ 6 San Luen | ○ 14 Les Petites Maures | ○ 22 RBI de l'Estérel |
| ○ 7 Domaine de Tamary | ○ 15 Massif de l'Estérel | ○ 23 Castelli |
| ○ 8 Font Olivier | ○ 16 Cap Bénat | |

Figure 15. Localisation des 23 sites retenus pour cette étude de faisabilité.



11.3. Méthodologie et grille d'évaluation

Des études préliminaires sont primordiales afin d'établir que le milieu choisi pour l'opération correspond bien aux besoins de l'espèce (ressources alimentaires, ensoleillement etc.) et qu'il peut accueillir le nombre d'animaux prévus (Harmon, 2000 ; Kuchling, 2009). De telles opérations ne devraient avoir lieu que si les besoins liés à l'habitat et au paysage de l'espèce sont satisfaits. Ainsi, il est important de réaliser une évaluation préliminaire de sites en effectuant des visites brèves sur le terrain (MacDonald *et al.*, 2000). Une analyse qualitative basée sur la connaissance des lieux, l'expérience et la capacité de jugement de l'évaluateur, utilisant une hiérarchisation ascendante-descendante des critères fondamentaux pour maintenir une population viable, est nécessaire.

Afin d'évaluer la pertinence de chacun des sites et de les classer les uns par rapport aux autres, la grille d'évaluation initialement créée par Albert Bertolero (chercheur, expert IUCN du groupe « Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group » et spécialiste de l'espèce dans les projets de réintroduction en Catalogne) a été utilisée. Cette grille regroupe différents critères, a priori importants pour la survie des tortues d'Hermann relâchées. Ils ont été développés à partir de l'expérience du projet de réintroduction de la Tortue d'Hermann au Delta de l'Ebre (Bertolero, 2002, 2003 ; Bertolero *et al.*, 2007).

Cette grille a été modifiée par nos soins pour répondre davantage au contexte de cette étude. Initialement constituée de 13 critères d'évaluation, elle en présente ici 20 (voir Annexe III : Grille d'évaluation des sites). Chaque critère d'évaluation est classé selon l'une des quatre catégories possibles (inadéquat, moyen, bon, optimal). Ces catégories sont attribuées lorsqu'une des conditions préalablement définies (d'après l'écologie de l'espèce) dans la grille est validée. Par exemple, un site présentant des habitats variés avec de la forêt et des zones ouvertes (de type friche ou prairie) constitue une formation végétale optimale, alors qu'une plantation dense et homogène constitue une formation inadéquate. Pour chaque catégorie de classification, une valeur ascendante de -2 à 4 est attribuée (-2 = inadéquat, 1 = moyen, 2 = bon, 4 = optimal).

Deux observateurs (SC et JMB) expérimentés (+ de 10 ans d'expérience) ont parcouru chacun des sites afin de visualiser l'ensemble des différents habitats présents. Les prospections consistaient à emprunter (en véhicules 4x4, à vélo ou à pieds) les voies et la plupart des chemins (drailles) parcourant les sites. Des observations depuis les points culminants ont permis d'évaluer le relief et les macro-habitats (prairie, vallon, lisière etc.) présents alors que des intrusions dans la végétation ont permis d'apprécier plus finement la disponibilité des refuges, micro-habitats favorables. Compte tenu de la situation particulière de l'année 2020 pour cause de Covid-19, la majorité des prospections ont eu lieu en automne.

La majorité des critères (n=13 ; C1-C13) renseigne sur les caractéristiques écologiques d'un site favorable à l'espèce (climat, formation végétale, relief, possibilités d'alimentation etc.). La somme des valeurs attribuées à chaque critère constitue un score dit « écologique ». Comme pour la première translocation (Caron *et al.*, 2011), nous n'avons pas pu correctement évaluer deux critères (nombre d'espèces prédatrices C10 et densité des prédateurs potentiels C11). Ainsi, afin de ne pas défavoriser un site par rapport à un autre, nous leur avons attribué un score de 1 (moyen) sur tous les sites. Le score de 46 est la note maximale pouvant être attribuée sur la base de ces critères. D'autres critères de choix liés à la situation générale du site et à sa gestion ont été pris en compte (n= 6 ; C14-C20), à savoir :



L'étendue de la surface foncière (C14). Il s'agit d'un critère décisif compte-tenu de la potentielle dispersion des individus suite à un relâcher (plusieurs centaines de mètres à kilomètres). Plus un site est grand, meilleurs seront les chances que les individus se sédentarisent dans une zone protégée.

L'isolement de la population (C15). Une population connectée à des populations voisines bénéficiera d'apport d'individus dispersants qui participeront à la restauration naturelle de la population impactée par les feux. Dès lors, il sera davantage pertinent de restaurer de façon artificielle une population isolée. Plus un site est isolé (barrières naturelles ou anthropiques), meilleure sera sa note.

Distance au centre conservatoire de la SOPTOM (C16). Les individus relâchés sont susceptibles de faire du *homing*. Plus le site sera éloigné, plus faibles seront les risques d'observer de tels comportements (Germano & Bishop, 2009).

Accessibilité du site (C17). Pour évaluer correctement ce projet, les individus devront être suivis par télémétrie, le site et ses différents habitats disponibles devront être accessibles pour l'homme (via des chemins ou des drailles). Un site avec peu d'accès ne sera pas bien noté.

La pertinence « feu » (C18). Le temps de restauration naturelle d'une population va dépendre de nombreux facteurs dont le temps écoulé depuis la dernière perturbation, le taux de mortalité suite à l'incendie. Il sera donc d'autant plus pertinent d'accélérer le recrutement des juvéniles sur des populations qui ont été plus récemment incendiées et qui ont subi une mortalité sévère (>70-80%).

Maitrise du risque incendie (C19). Ce risque est évalué selon la surveillance dont bénéficie le site, les mesures de gestions et son isolement. Par exemple, un site proche de zones périurbaine sans surveillance aura un risque fort d'être incendié, il recevra donc un score minimal (-2).

Densité initiale de la population (C20). Des populations avec de faibles densités auront une faible capacité de restauration naturelle (par exemple en raison du faible taux de rencontre entre les individus survivants). Ainsi, les sites à faibles densités (sensibilité verte) ont une note élevée.

Pour chaque site, un score FINAL est attribué. Il correspond à la somme de tous les critères (C1-C20). À partir de ces valeurs a été construit un rang de classification des sites. Nous avons défini un niveau de classification en nous basant sur la note maximale pouvant être atteinte (score total = 74). Un site est classé « *optimal* » si il atteint un score FINAL de 64 (90 % de la note max) ; « *bon* » si il atteint 50 (70 % de la note max), « *moyen* » si il atteint 40 (50 % de la note max), « *inadéquat* » si il est inférieur à 40.

11.4. Résultats

Aucun des sites n'a reçu la note optimale (score supérieur à 60). Cinq sites ont été qualifiés de « *bon* » pour une opération de renforcement de population. Il s'agit des sites des Caps Lardier et Taillat (CDL), des Petites Maures (CDL), du Castelli (ONF) et du Domaine du Trapan (CD 83). Malgré un échantillonnage plutôt important, l'absence de sites dits « *optimaux* » reflète d'une certaine façon l'état de conservation générale des populations de tortues d'Hermann de plus en plus soumis à des pressions et menaces diverses (Caron & Bosc, 2019¹⁹). La sélection du ou des sites de relâcher doit donc faire appel à des compromis dans la mesure où certains critères comme la taille du site et des critères de risque sont respectés. Néanmoins les trois premiers sites mentionnés nous apparaissent (à dire d'experts) comme des sites pertinents en vue de réaliser cette première expérimentation de renforcement de population.

¹⁹ Caron, S. & V., Bosc, 2019. Fiche d'évaluation de l'état de conservation de la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) au titre de Natura 2000. DHFF, 30 pages.



Tableau 7. Evaluation des sites : scores écologiques/finaux et classification.

Sites	Score "écologique"	Score FINAL	Classification
Cap Lardier	33	57	
Cap Taillat	33	55	
Les Petites Maures	36	54	Bon
Castelli	32	53	
Domaine du Trapan	35	51	
Corniche des Maures - Fenouillet	30	46	
RBI des Maures	27	45	
RBI de l'Esterel	26	45	
Massif de l'Esterel	27	44	Moyen
Les Blaquières	29	43	
Cap Benat	25	43	
Sainte Christine	30	43	
Domaine de Tamary	24	37	
Saint Luen	24	37	
Font Olivier	23	35	
Escaillon-les-Clos	22	34	
Corniche des Maures - Bon Poteau	15	33	
Vallée de la Môle	24	33	Inadéquat
Forêt des Bertrands	19	31	
Rigodoune	21	30	
Haute Cavalière	22	30	
Baou d'enfer	12	24	
Domaine de Saint Jean de l'Est	3	17	

11.5. Concertation sur les sites prioritaires

Au-delà du soutien des membres du COPIL du Plan National d'Action en faveur de la Tortue d'Hermann (dont la DREAL, le CD3 et le CDL), nous avons reçu un avis favorable du Conseil Scientifique du Parc National de Port-Cros (PNPC), gestionnaire du site du Cap Lardier, ainsi que du CEN PACA, gestionnaire du site du Cap Taillat (Voir Annexe VI). Ces deux sites sont des propriétés du Conservatoire du Littoral (CDL) incluses dans l'aire d'adhésion du PNPC. La Mairie de Roquebrune-sur-Argens, gestionnaire du site du CDL "Les Petites Maures" nous soutient également.

11.6. Focus sur le site des Caps Taillat et Lardier

11.6.1. Contexte

Les Caps Lardier et Taillat constituent l'une des dernières zones naturelles préservées du littoral varois. Situés sur les communes de la Croix-Valmer et de Ramatuelle dans le Var, ils ont été acquis respectivement en 1978 et en 1987 par le Conservatoire du Littoral. Le site fait partie de l'ensemble du site classé des 3 Caps (Camarat, Taillat et Lardier) et s'intègre dans le site NATURA 2000 de la Corniche varoise (site FR 9301624 « Corniche Varoise »). Situé sur le territoire du Parc National de



Port Cros (aire d'adhésion), il bénéficie en outre d'une protection en tant que site classé. Il abrite la dernière population littorale varoise de Tortue d'Hermann. L'espèce fait partie des forts enjeux de conservation pour le Parc National de Port-Cros et le Conservatoire des Espaces Naturels de PACA (CEN PACA), respectivement gestionnaires du Cap Lardier et du Cap Taillat. A ce titre, l'espèce bénéficie d'un suivi attentif depuis plusieurs années ainsi que de mesures conservatoires.

Le climat est méditerranéen, caractérisé par des étés secs et chauds et des hivers humides et doux. Le site reçoit des précipitations annuelles de 809 mm, ainsi qu'une température moyenne annuelle de 14,3°C. Juillet reste le mois le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 21,7°C (climate-data.org). La couverture végétale du site se caractérise par un maquis haut (sols siliceux) où la Bruyère arborescente (*Erica arborea*) domine. Les forêts, très présentes aussi, sont principalement composées de Chêne liège (*Quercus suber*), Chêne vert (*Quercus ilex*), Chêne pubescent (*Quercus pubescens*), et de Pin parasol ou « Pin pignon » (*Pinus pinea*). La végétation est aussi dominée par le Calicotome (*Calicotome spinosa*), la Filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*), le Ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*) ou encore le Ciste à feuilles de sauge (*Cistus salviifolius*). Avant l'incendie, les milieux ouverts étaient plutôt rares et cantonnés aux bords de pistes ou aux espaces gérés pour la défense contre l'incendie.

L'incendie de 2017 a bouleversé la mosaïque d'habitats sur la quasi intégralité du site. Les différentes strates de végétation ainsi que l'ensemble des refuges naturels (litière, tas de bois, buisson dense) ont été touchées, les seuls pins parasols qui ont résisté se situent sur la zone de frange de l'incendie. La repousse d'une végétation rudérale étant très importante suite à un incendie, on observe aujourd'hui une dominance des Astéracées, principalement du Chardon laiteux (*Galactites tomentosa*), atteignant plus d'un mètre de hauteur mais laissant tout de même de la place à d'autres espèces.

Depuis 2011, un suivi régulier de la population de tortues par Capture-Marquage-Recapture a été mis place sur les zones les plus favorables. Une densité de 2,21 tortues/ha (Bergeon & Gonzales, 2018) a été constatée en 2015 sur le Cap Lardier. La population des deux caps semble posséder des caractéristiques génétiques et sanitaires qui la rendent unique avec l'absence de pathogènes et d'individus hybrides (Bech *et al.*, *in press* ; Ballouard *et al.*, *in press*) bien qu'un individu suspect ait été trouvé récemment (Ballouard, Motteau & Caron, 2019).

11.6.2. L'incendie de 2017

L'incendie de juillet 2017 a impacté près de 80% des deux sites (500 ha) en l'espace de 2 jours (24 et 25 juillet). Un diagnostic post-incendie a été réalisé sur le site du Cap Taillat deux jours après l'incendie. Une mortalité des tortues d'Hermann de plus de 90% fut constatée sur les deux sites : 36 individus morts, 4 tortues vivantes, aucun juvénile trouvé (Caron & Ballouard, 2018b).

Dans les jours qui ont suivi l'incendie, le suivi télémétrique d'un mâle rescapé a montré que celui-ci avait pu trouver refuge dans un trou formé par la consommation d'une racine. Il a ainsi pu rejoindre une zone propice sans avoir à quitter la zone incendiée, suggérant une bonne adaptation ainsi que le caractère philopatrick de l'espèce, quand bien-même le milieu est dévasté (Lecq *et al.*, 2014).



Photo 16. Tortue survivante équipée.

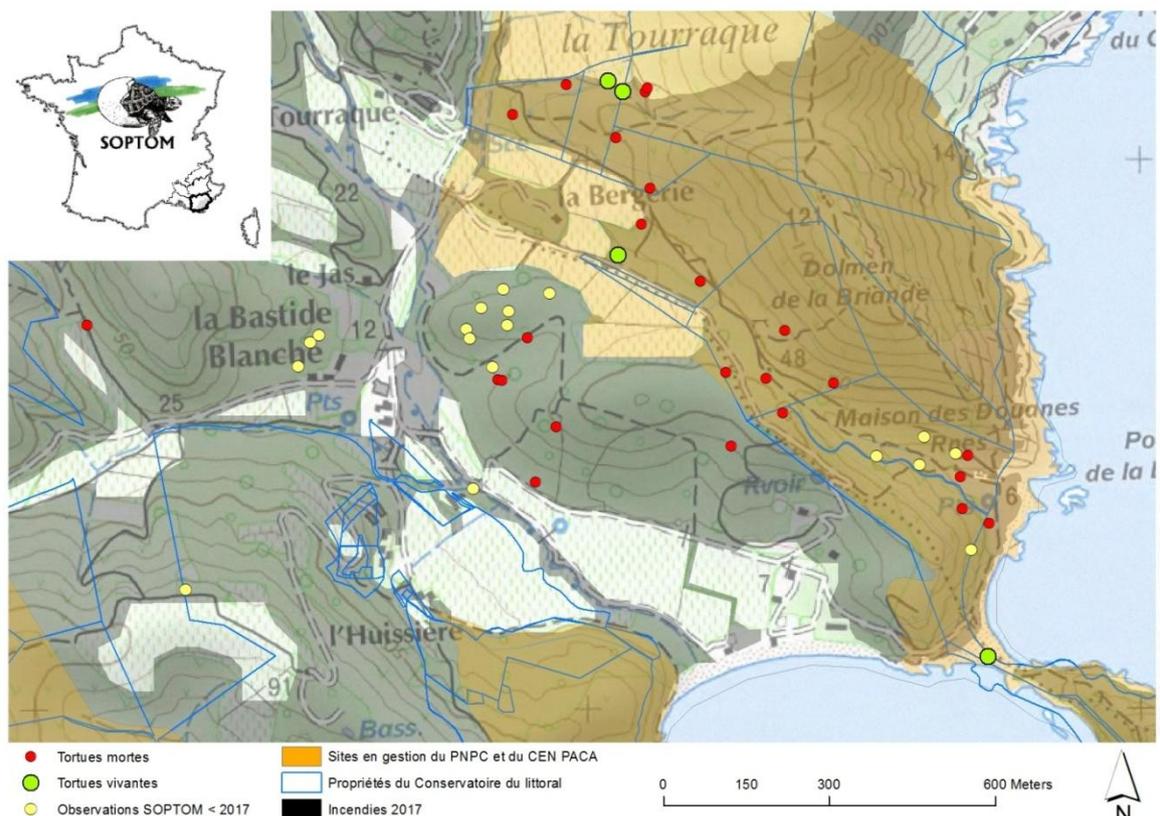


Figure 16. Localisation des tortues mortes et vivantes retrouvées suite à l'incendie.

11.6.3. Un état des lieux en 2018

En 2018, il a été décidé de réaliser un état des lieux de la population un an après l'incendie (Caron & Ballouard, 2018b). Le protocole commun mis en œuvre par le CEN PACA, la SOPTOM et le PNPC reprenait les préconisations données sur la Plaine des Maures (Cheylan *et al.*, 2006) en l'adaptant au contexte du Cap Lardier. Suite au recalage du protocole en partenariat avec le CEFE-CNRS (Besnard, 2017), un maillage a été produit et la méthode en "présence-absence" mise en œuvre (Occupancy, MacKenzie *et al.*, 2002). Les suivis par Capture-Marquage-Recapture (CMR) et d'occupation de l'espace apportent des informations incontournables pour suivre l'évolution de la population et donc suivre les processus de recolonisation.

Le quadrillage quasi-intégral des deux sites a confirmé la première évaluation et a fait état d'une mortalité de 90% pour une abondance de 0,2 à 0,7 ind/ha (Couturier & Besnard, 2018), ce qui est considéré comme extrêmement faible (Celse *et al.*, 2018). Par comparaison, les taux de survie dans le massif des Maures oscillent entre 30 et 80 % (Couturier *et al.*, 2013). Sur la zone du Cap Lardier, seulement 8 individus (3 femelles, 2 mâles, 3 juvéniles) ont ainsi été recensés au printemps 2018 (Bergeon & Gonzales, 2018).

11.6.4. Une étude comportementale en 2019

Une étude télémétrique en 2019 (Ballouard, Motteau & Caron, 2019 ; Ballouard *et al.*, 2021) a permis de mieux comprendre le comportement des tortues survivantes. Afin d'apporter rapidement des informations concrètes, nous avons équipé 15 tortues adultes (9 femelles et 6 mâles) survivantes en périphérie de la zone brûlée avec des émetteurs VHF et des enregistreurs GPS. Les premiers résultats montrent que la plupart des individus utilisent de façon significative le milieu incendié. L'observation de déplacements unidirectionnels suivis de trajets sinueux suggère que 4 femelles ont été

susceptibles de pondre sur les marges externes de la zone brûlée. La condition corporelle des individus a fluctué au cours de la saison mais n'est pas différente de celle des individus d'une population contrôle. Ces résultats offrent des perspectives encourageantes car ces individus participeront à la résilience de la population. Néanmoins, considérant la très faible densité de tortues sur les potentiels fronts de recolonisation (0,7 individus par hectare), la restauration naturelle de la population sera probablement particulièrement longue. Des actions de renforcement favoriseraient le retour de l'espèce sur le moyen terme (30 ans) et permettraient d'éviter les phénomènes de dépression génétique, ainsi que l'extinction de la population à court terme si un autre feu venait à se déclarer.

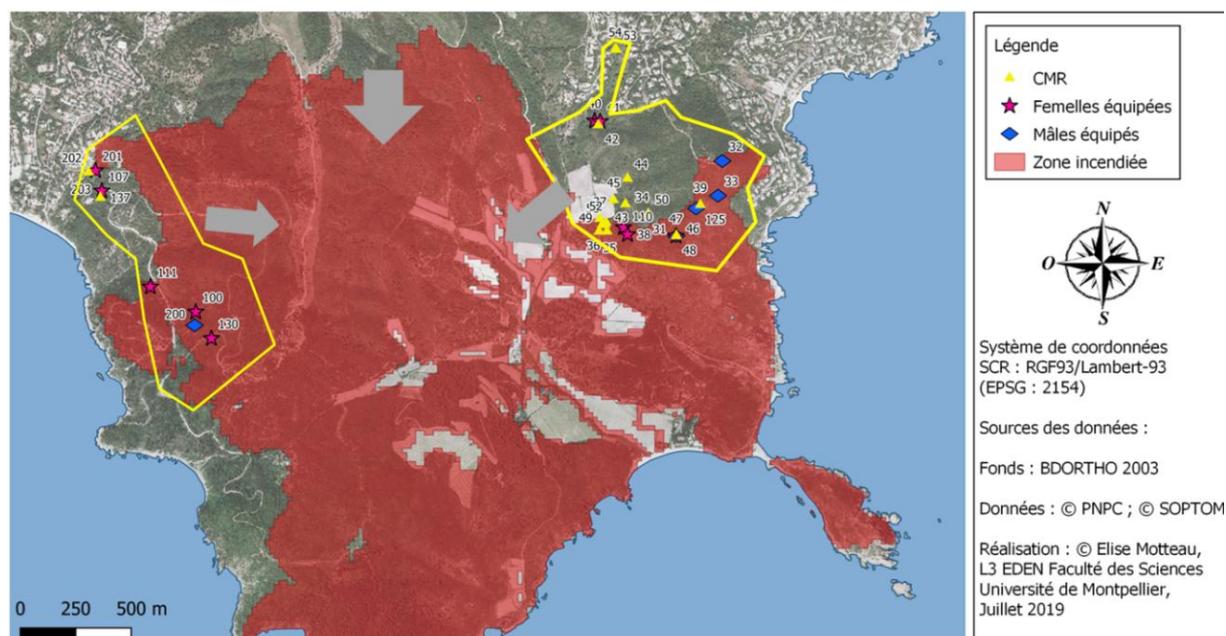


Figure 17. Front potentiel de colonisation et localisation des tortues recensées en 2019.

11.7. Focus sur le site des Petites Maures

Acquis en 1988 et d'une surface de 518 hectares, le site des Petites Maures est situé sur la façade littorale du Massif des Maures sur la commune de Roquebrune-sur-Argens qui en a la gestion. C'est un site emblématique du Conservatoire du littoral avec des milieux naturels et des espèces à forte valeur patrimoniale (Conservatoire du littoral, 2007). Voisin du site du Domaine de Cavalières de 83 ha, le Conservatoire deviendra propriétaire à terme d'un site continu d'une surface de 800 hectares.

C'est une zone à dominante forestière avec la présence d'habitats typiques du milieu méditerranéen et du Massif des Maures : forêt de chênes sempervirents, maquis avec bruyère arborescente et arbousier. Le site a brûlé en 2003 ce qui confère une large place aux formations pionnières post-incendies comme les cistaies. Il englobe trois unités naturelles constituées par les bassins versants complets des ruisseaux de la Gallarde et du Reydissart. La partie avale des ruisseaux présente en outre une remarquable formation en oued. Les versants orientés ouest sont davantage recouverts de chênaies. Notons la présence d'un ouvrage DFCI.

Le plan de gestion va être réalisé à partir de 2022 et visera notamment à la restauration des milieux remarquables dégradés, l'accroissement des données naturalistes, une gestion active et passive du risque incendie et la limitation de l'érosion via l'entretien de zones ouvertes (mosaïque de milieux).

Le Conservatoire du littoral vise une gestion intégrée basée sur la mise en valeur des milieux naturels locaux en essayant d'augmenter leur capacité de résilience face aux incendies.

La connaissance et le suivi scientifique de la faune, de la flore et de habitats naturels sont très partiels sur le site. Un plan de gestion devrait voir le jour d'ici 2 à 3 ans. Le bilan écologique du plan de gestion réalisé en 2007 ne fait état que d'observations très ponctuelles de l'espèce. Bien que des inventaires herpétologiques aient été programmés, ceux-ci n'ont pas encore été mis en œuvre. Notons lors de notre rencontre avec les gestionnaires le signalement de 2 individus sur le site.



12. Stratégies de relâcher

Il est depuis longtemps reconnu que les approches fondées sur des hypothèses sont essentielles pour accroître le succès de la translocation de la conservation (Armstrong & Seddon, 2008 ; Fischer & Lindenmayer, 2000 ; Seddon *et al.*, 2007). La mise en œuvre d'une translocation de conservation va au-delà de la libération des individus. Une translocation, y compris dans une zone très appropriée, peut échouer en raison d'une libération mal conçue. Outre les précautions requises, il s'agira de définir ici la stratégie de relâcher.

Dans le cadre de ce projet qui a une vocation expérimentale, les choix méthodologiques suivants devront être orientés afin d'optimiser le succès de l'opération (survie des individus) mais conçu pour connaître l'efficacité des différentes options (méthodes) testées. Ces choix devront être réalisés en concertation avec l'ensemble des acteurs scientifiques impliqués pendant la phase de préparation en 2021. La phase de suivi des populations initiales devra également permettre d'orienter ces choix.

Ce travail de définition des actions/critères se fera en 2021 avec l'ensemble des membres du CS de la SOPTOM, les chercheurs que nous solliciterons ainsi que les gestionnaires de site. Ce qui figure ci-dessous est donc à titre de réflexion.

12.1. Age et nombre d'individus

La réussite d'une telle opération peut être favorisée par un biais délibéré dans la sélection des fondateurs, par exemple en augmentant la proportion d'individus en âge de se reproduire ou bien en favorisant la proportion de juvéniles. Toute stratégie de ce type sera spécifique à l'espèce et aux circonstances (Germano & Bishop, 2009 ; IUCN/SSC, 2013). Certains groupes d'âge seraient plus appropriés pour la translocation que d'autres. Lorsqu'il s'agit d'espèces qui affichent de forts comportements de "homing", il peut être avantageux de libérer des œufs ou des individus plus jeunes plutôt que des adultes plus âgés qui ont eu suffisamment de temps pour développer de fortes associations avec un site d'origine (Germano & Bishop, 2009).

Au-delà des critères généraux retenus dans le choix des candidats à la translocation (voir "Chapitre 10 Modalités de sélection des individus"), l'âge/taille, le sexe ratio des tortues relâchées peuvent être choisis afin d'optimiser leur survie, sédentarisation mais également la croissance démographique (recrutement) de la population résidente ou nouvellement formée. Il s'agit ici d'avoir une approche visant à peser les coûts et les bénéfices liés au maintien en captivité des individus. En effet, il est admis que plus un individu sera grand (et aura donc été maintenu en captivité longtemps, ce qui aura généré un coût important), meilleure sera sa survie une fois relâché dans la nature (McGovern *et al.*, 2020).

Le thème récurrent dans l'analyse des translocations serait que les taux de réussite sont plus élevés lorsque davantage d'animaux sont relâchés ensemble (Fischer & Lindenmayer, 2000). Le succès d'un renforcement de reptiles et amphibiens pourrait augmenter avec le nombre d'individus relâchés (Germano & Bishop, 2009). Cependant, ce nombre dépend notamment du stock disponible dans l'élevage conservatoire, notamment après avoir sélectionné les candidats selon les critères évoqués au Chapitre 10. L'utilisation de l'ensemble du cheptel n'est pas souhaitable ; le nombre devra être ajusté en conséquence, en gardant un certain pourcentage du cheptel. En somme, le nombre choisi doit être le résultat d'un compromis entre ce qui est disponible et requis en tenant compte des risques associés à la perte des individus.



Dans le cadre de ce projet, il serait possible de relâcher des individus de 3 différentes catégories d'âges : petits juvéniles (3-5 ans) ; moyens juvéniles (5-7 ans) et grands juvéniles (8-10 ans). La sélection des individus se fera surtout sur la masse des individus qui détermine davantage le statut physiologique/hormonale des individus. Comme seule une partie seulement des individus pourra être sexée (≥ 5 ans), on pourrait équilibrer la sex-ratio au moins pour les individus les plus âgés.

Comme mentionné dans le Chapitre 9.4.3 ("Précautions comportementales"), l'objectif sera de tester l'influence de la personnalité des individus sur leur survie et dispersion. Là encore, il s'agira de réaliser des groupes statistiques homogènes et comparables, c.à.d. un minimum de 6 individus par classe d'âge et personnalité (téméraire vs timides).

Nous prévoyons ainsi de **relâcher environ entre 60 et 80 juvéniles dont 36 seraient équipées d'émetteurs**. Ce nombre de tortues permettrait de suivre 12 individus de chacune des catégories d'âge (12x3) ; dans chacune de ces classes d'âge nous aurions 2 personnalités (6x2) ; au total 18 (6x3) individus de chacune » des personnalités.

12.2. Constitution de lots ?

On ne constituera pas de « lots relâchers », c.à.d. des regroupements des futurs animaux à transloquer. Les individus seront maintenus dans leurs enclos respectifs et resteront en contact avec les autres individus de leur enclos jusqu'au transfert, même si ceux-ci ne sont pas destinés à être relâchés. L'avantage est important sur le plan du stress et surtout de la sécurité sanitaire (Flanagan, 2000). Si on garde les animaux dans leur lot d'origine, on n'a plus qu'à regrouper les individus retenus le jour du transfert (ces animaux sont déjà sensés être testés « négatifs », comme les autres individus du lot). On déplacera un individu d'un enclos à un autre uniquement si le résultat d'un test nous y incite. En effet, plus on bouge les animaux, plus on risque d'en contaminer de nouveaux. Dans le cas de « lots relâchers », si une tortue se trouvait être positive à un problème infectieux transmissible, cela remettrait le lot en cause. Comme nous avons à manipuler des agents pathogènes de portage inapparent (portage asymptomatique), changer sans cesse de lot est inutile et perturbateur, même pour regrouper les animaux en vue d'un relâcher (Fertard, *com. pers.*). Il n'existe pas de solution idéale, mais conserver les lots d'origine a tout de même un avantage supplémentaire important.

12.3. Point(s) et nombre de relâcher(s)

La localisation des points de relâcher devra bien entendu offrir de nombreux microhabitats favorables afin d'augmenter les chances de survie et de sédentarisation rapide des animaux. Suivant le nombre d'individus à relâcher ($N \geq 30$) et la surface du site (≥ 200 hectares), il pourra être question de choisir un ou plusieurs points de libération. Plusieurs points de relâcher peuvent permettre non seulement de mieux disséminer les organismes libérés sur une plus grande surface, mais aussi d'augmenter les chances pour les individus de trouver un habitat favorable, d'éviter des perturbations localisées (Alberts, 2007 ; IUCN/SSC, 2013 ; Nafus *et al.*, 2017 ; Radzio *et al.*, 2019). La ou les distances entre les points de relâcher devront prendre en compte le potentiel de dispersion des individus (voir "Chapitre 9.1.4 Ecologie des juvéniles *in-situ*").

Outre des localisations différentes, les libérations pourront s'effectuer simultanément ou séquentiellement. Le nombre de groupes d'individus relâchés pourrait être aussi plus important que le nombre d'individus impliqués dans une libération (Goldenberg *et al.*, 2019). De multiples événements de libération au cours d'une année (Nussear *et al.*, 2012 ; Sacerdote-Velat *et al.*, 2014 ; Radzio *et al.*, 2019), sur plusieurs années (Quinn *et al.*, 2018 ; McKee *et al.*, 2021) peuvent aider à surmonter les variations interannuelles du climat et la survenue de perturbations naturelles rares,



améliorant ainsi le succès de l'opération (Alberts, 2007). La réalisation ou non d'une deuxième libération pourra être décidée en se basant sur les résultats des suivis obtenus lors du premier relâcher.

Ici, les individus seraient **relâchés en une seule fois (une seule journée au printemps)** sur des zones relativement propices aux juvéniles (présence de refuges notamment) et caractérisées par des variables environnementales similaires (habitat, exposition, refuges etc.). Il faut dans la mesure du possible limiter l'effet "site" ou "habitat". Les individus seraient ainsi relâchés indépendamment les uns des autres (50 à 70 mètres de distance entre chacun point de libération/individu). Le positionnement des individus suivant les différentes catégories (âges et comportements) devra être aléatoire.

12.4. Saison

La méthodologie de relâcher (phase d'acclimatation ou non) et la saison (printemps vs. automne) sont deux des facteurs majeurs affectant la survie et la sédentarisation, donc le succès de telles opérations (Fischer & Lindenmayer, 2000 ; Germano & Bishop, 2009 ; IUCN/SSC, 2013). Par exemple, un relâché automnal limiterait les déplacements et augmenterait la survie (Tuberville *et al.*, 2005 ; Attum *et al.*, 2011). Le cycle biologique, l'écologie et le comportement général de l'espèce, ainsi que la saisonnalité de la disponibilité des ressources essentielles, doivent guider la programmation d'une opération de renforcement. La période printanière (avril-mai) est probablement la saison la plus appropriée pour la Tortue d'Hermann. Quelque soit leur classe d'âge, les individus sont les plus actifs lors de cette période. Ils sont donc enclins à mieux explorer leur nouvel environnement, établir leurs futurs domaines vitaux (Ballouard *et al.*, 2020) tout en profitant de ressources trophiques abondantes. C'est lors de cette période que s'est déroulée la dernière expérience de translocation de tortues d'Hermann juvéniles et adultes (Caron *et al.*, 2021 ; voir "Chapitre 6.3 REX 3"). En effet, le second REX (Chapitre 6.2) n'a pas montré d'avantages à réaliser un relâcher à l'automne par rapport au printemps (Pille *et al.*, 2018).

Concernant des individus adultes, il serait envisageable de différer les relâcher en fonction de leur sexe afin ne pas rajouter du stress (du au relâcher) au stress physiologique saisonnier de base (Sibeaux *et al.*, 2016). Les femelles pourraient ainsi être relâchées après la période de ponte (donc l'été ou fin d'été), alors que les mâles le seraient au printemps avant leur un pic hormonal estivale. Dans le cadre de ce projet qui prévoit l'utilisation de juvéniles, bien que la dispersion après relâcher doit être découragée, un **relâcher printanier en 2022** semble davantage judicieux.

12.5. Acclimatation

L'acclimatation des individus joue un rôle prépondérant dans ce type d'opération (Chivers, 1991). La dispersion des animaux à partir des sites de lâcher est constatée dans près de 45% des translocations (Berger-Tal, Blumstein & Swaisgood, 2019) et peut être liée au stress avant ou pendant le processus de lâcher (Tarszisz, Dickman & Munn, 2014). Ces mouvements de dispersion sont souvent associés à une mortalité immédiate.

Une période d'acclimatation dans le milieu naturel "receveur" peut être mise en œuvre afin d'améliorer le succès des translocations en réduisant le stress occasionné ainsi que la dispersion (Attum & Cutshall, 2015). Cette méthodologie s'oppose au relâcher direct (ou « *hard release* »), où l'on observe généralement davantage de mouvements et un taux de survie plus faible (Campbell & Croft, 2001 ; Wimberger *et al.*, 2009 ; Attum & Rabia, 2016). Généralement, l'acclimatation favorise la survie et la fidélité au site en limitant les forts déplacements. Elle limite et diminue le stress ainsi



que la dispersion des individus (Bright & Morris, 1994 ; Lohofener & Lohmeier, 1986 ; Tuberville *et al.*, 2005 ; Tuberville, 2008 ; Kingsbury & Attum, 2009 ; Attum *et al.*, 2011).

Cette technique adaptative peut revêtir différentes formes. Peu courante, une méthode vise à libérer les individus en période de faible activité, *c.à.d.* au début de la saison d'estivation, ce qui contraint les individus à réduire leurs mouvements (Attum *et al.*, 2011). Une autre permet de relâcher un animal juste avant la saison d'inactivité quand l'hibernation est proche (Eastridge & Clark, 2001 ; King *et al.*, 2004). Enfin, technique la plus communément adoptée, le relâcher par acclimatation douce (ou « *soft-release* ») correspond au confinement des individus sur le site de libération pendant une période déterminée afin de leur permettre de s'habituer aux conditions locales, en général via des enclos prévus à cet effet (Griffith *et al.*, 1989 ; MacDonald, 1996 ; Eastridge & Clark, 2001 ; Tuberville *et al.*, 2005). Cela peut permettre de limiter la dispersion des individus, notamment des déplacements de type homing (Tuberville *et al.*, 2005 ; Knox & Monks, 2014).

Cette dernière technique est susceptible d'être utile avec les tortues animaux élevés en captivité (Alberts, 2007 ; Kingsbury & Attum, 2009) mais ne devrait jamais être considérée comme utile sans preuves. En effet, les coûts logistiques et financiers associés à cette phase sont importants (Radzio *et al.*, 2019). Dans le cadre de nos REX (voir Chapitres 6.2 & 6.3), nous avons choisi de relâcher les individus sans acclimatation (« *hard release* »), ce qui nous a finalement donné de bons résultats. Peu d'études traitant du sujet, l'expérimentation de l'acclimatation et de l'approvisionnement en ressources alimentaires est préconisée afin de déterminer si ces conditions favorisent le succès d'une translocation de reptile (Germano & Bishop, 2009). S'il semble possible d'améliorer le succès d'une opération de translocation de Tortue d'Hermann en utilisant l'acclimatation, nous privilégions ici d'avancer sur d'autres points (*head-starting*, effets de l'âge cf. Radzio *et al.*, 2019 ; McGovern *et al.*, 2020 ; et du comportement). Cette méthode nécessiterait tout de même d'être testée à l'avenir.

12.6. Interventions

Des interventions de gestion avant et après la libération peuvent améliorer les performances. Il peut s'agir par exemple de prévoir des aménagements favorables aux tortues autour des points de relâcher en amont de la libération des individus. Disposer des refuges artificiels pourrait par exemple permettre aux tortues de trouver rapidement des refuges qui sont des éléments clés de leur survie. Des plaques fibrociments ondulées pourraient être utilisées. Elles permettent de surcroît de retrouver plus vite les individus et facilitent les suivi des juvéniles par Capture-Marquage-Recapture (Ballouard *et al.*, 2013).

Si les individus affichent des dispersions trop importantes pouvant amener à la mise en danger de l'animal ou à sa sortie hors des limites de protection des sites, il peut également être utile de ramener les individus à leur point de relâcher. Il s'agit en quelque sorte de réinitialiser le relâcher des individus comme cela a été réalisé dans notre dernier REX (Caron *et al.*, 2021, voir Chapitre 6.3). Ce type d'intervention permet en effet d'augmenter significativement la sédentarisation des individus.

13. Le suivi en continu ou évaluation de l'opération

L'évaluation du succès de cette opération est un objectif majeur dans ce projet. Les suivis mis en place devront permettre d'obtenir un retour d'expérience robuste en vue d'envisager de futures opérations similaires. Il sera également possible de réaliser des ajustements de la gestion en fonction des résultats du suivi. En effet, malgré une conception et approfondie de la translocation, l'incertitude et les risques inhérents entraîneront des situations à la fois prévues et inattendues. Le suivi qui sera mise en place pourra s'apparenter à un programme de surveillance qui est le moyen de mesurer la performance des organismes relâchés par rapport aux objectifs et d'évaluer leurs impacts.

13.1. Modalités de suivis

Ce travail de définition des actions/critères se fera en 2021 avec l'ensemble des membres du CS de la SOPTOM, les chercheurs que nous solliciterons ainsi que les gestionnaires de site. Ce qui figure ci-dessous est donc à titre de réflexion.

Un suivi après le relâcher est nécessaire pour tous les individus (ou pour un échantillon d'entre eux). Il faut si possible entreprendre une étude de l'écologie et de la démographie du stock relâché ; étudier les processus d'adaptation à long terme des individus et de la population ; recenser et analyser la mortalité de la population ; décider si nécessaire de réviser le programme, de le rééchelonner ou de l'interrompre ; continuer de protéger l'habitat ou le réhabiliter si nécessaire ; poursuivre les activités de relations publiques ; évaluer la rentabilité et la réussite des techniques de translocation ; prévoir des publications régulières dans des revues scientifiques et à diffusion auprès du grand public (Kingsbury & Attum, 2009).

Nous allons ici améliorer nos connaissances tout en respectant au mieux le bien-être animal (Zemanova, 2020). Le programme comportera au minimum sur le court terme (de la première à la troisième année incluse après la libération) :

- Un dispositif pérenne d'identification des animaux. Nous allons vraisemblablement équiper les juvéniles de transpondeurs intra cutanés sans effets physiques et comportementaux néfastes (Hellebuyck *et al.*, 2013).
- Une année complète (période d'activité et hibernation) de radiotracking des individus afin de vérifier la sédentarité et la survie des individus relâchés.
- Quatre à cinq sessions de capture-marquage-recapture par an pendant 3 années puis tous les 2 ans à partir de la quatrième année afin de suivre l'évolution démographique de la population.
- Une tenue à jour des cas de mortalité (lieu et cause).

Comme d'autres études « fines » menées sur des espèces de reptiles dans le monde, nous utiliserons une combinaison d'outils traditionnels de « biotélémétrie ». Ces outils permettent de documenter pendant de longues périodes comment des organismes interagissent les uns avec les autres et leur environnement (Cooke *et al.*, 2004 ; Tomkiewicz *et al.*, 2010). Les outils classiques sont le radiotracking, les mesures de la condition corporelle, les observations directes lors de recensement.

13.2. Etat initial

Afin d'évaluer correctement les changements réalisés dans la population résidente visée suite au renforcement de nouveaux individus, il conviendra de réaliser un état initial de la population résidente en 2021. Les données écologiques de référence avant la dissémination ajoutent une grande valeur aux informations de surveillance ultérieures. La surveillance doit identifier les nouvelles



menaces qui n'ont par exemple pas été évoquée lors de la conception du projet. En plus d'affiner toute translocation en cours, les conclusions de cette surveillance peuvent guider d'autres transferts (IUCN/SSC, 2013).

Comme évoqué juste avant, il sera impossible de suivre en radiotracking de jeunes tortues en raison de leur caractère cryptique. Aucun suivi du genre n'existe ; nous nous servirons de notre suivi (voir "Chapitre 9.1.4 Ecologie des juvéniles *in-situ*") comme référence pour les bases écologiques (mouvements, dispersion, domaine vital, survie). Cependant, différents indicateurs pourront être obtenus grâce à des méthodes appropriées : taille de la population résidente obtenue par CMR (Capture Marquage Recapture), état sanitaire de la pop résidente.

13.3. Périodes

Il est admis que l'intensité et la durée du suivi doivent être proportionnelles à l'échelle de la translocation (en termes, par exemple, du nombre d'organismes libérés, de leurs rôles écologiques, de la taille zone touchée), aux niveaux d'incertitude et de risque autour des résultats de la translocation. Sur la base des suivis menés au cours des retours d'expériences acquis sur l'espèce, il s'agira ici de se focaliser sur l'acquisition de résultats sur le court terme et sur le long terme.

13.3.1. Suivi à court terme

La première période ciblera une durée la plus critique pour la survie des individus, à savoir les deux années après le relâcher. Si elle est impactée par l'opération de relâcher, la mortalité doit survenir peu de temps après le relâcher. Chez une espèce robuste comme les tortues, il peut être question de plusieurs mois. De plus, la première année, des patrons de dispersion importants sont en général observés ; ceux-ci sont suivis de profils de sédentarisation qui seront à confirmer la deuxième année (Pille *et al.*, 2018). Lors de cette phase, un suivi précis et comportemental des individus (radiotracking) devra permettre d'apporter des données rapidement et servira par ailleurs à ajuster le projet.

Dans nos études précédentes, les différents critères d'évaluation (=actions) avait permis de comparer les individus relâchés avec des individus sauvages "résidents" et "contrôles" afin d'observer d'éventuels écarts à la normale sauvage (Caron *et al.*, 2011 ; Ballouard, Deleuze & Caron, 2014 ; Lepeigneul *et al.*, 2014 ; Pille *et al.*, 2018 ; Caron *et al.*, 2021). Les individus du lot témoin résident permettent de bénéficier de références de base (écologiques notamment) sur lesquelles on peut juger de l'adaptation des nouveaux-venus (Macdonald, 1996 ; Hester *et al.*, 2008 ; Kahn, 2006 ; Riedl *et al.*, 2008). Les individus du lot témoin contrôle sont suivis en parallèle en-dehors du site (US Fish and Wildlife Service, 2015), permettent de contrôler l'éventuelle influence des tortues relâchées sur le lot témoin « résidentes » (Riedl *et al.*, 2008).

Ici, la nature même des spécimens juvéniles relâchés ne permettra vraisemblablement pas de suivre des juvéniles sauvages "résidents" et "contrôles" contrairement aux deux premières expérimentations. En effet, il est très difficile de détecter sur le terrain les jeunes individus contrairement aux adultes (Ballouard *et al.*, 2013), de surcroît dans une population de faible densité impactées par un incendie. Des juvéniles « captifs contrôles » seront utilisés comme témoins pour juger de l'adaptation des tortues relâchées à leur nouvel environnement (via la condition trophique notamment).

Etant donné que les sujets à la translocation seront cette fois-ci exclusivement des juvéniles, et donc en raison de leurs tailles et masses, les indicateurs physiologiques sanguins (stress, hématoците etc.) ou encore les GPS et les enregistreurs de températures ne seront pas ou très peu utilisés (peut-être



les juvéniles les plus âgés ?) afin de ne pas influencer la mortalité en raison du caractère intrusif de certaines mesures ou de la masse des outils.

L'ensemble des individus (ou un échantillon d'entre eux) sera équipé d'émetteurs et suivi par télémétrie. Nous prévoyons ainsi de relâcher environ 60 à 80 juvéniles dont environ 36 individus seront équipés d'émetteurs.

Les tortues seront suivies quotidiennement lors des 4 mois qui suivront le relâcher puis tous les 2 jours pendant 2 ans. Les localisations, les caractéristiques de l'habitat et des microhabitats occupés (mais aussi disponibles) par les tortues seront enregistrées à chaque relevé, tout comme leur comportement (insolation, fuite, combats etc.). L'objectif ici est de connaître leurs mouvements, leur dispersion et/ou sédentarisation, leur survie, leur domaine vital, leur utilisation des microhabitats. Les tortues seront pesées à intervalle réguliers de façon à suivre leur état physique. En parallèle, chaque tortue fera l'objet d'un suivi sanitaire régulier. L'objectif est ici de suivre l'adaptation de l'animal d'un point de vue physiologique et sanitaire.

Cette objectif à court terme (objectif 1, voir Tableau 3) permettra de s'assurer de la condition trophique, de la survie et de la sédentarisation/dispersion des juvéniles. Différents types d'actions de suivi/évaluation sont envisageables :

- Survie réelle des relâchés.
- Ecophysiologie : condition corporelle des relâchés, croissance et stress.
- Dispersion des relâchés.
- La sédentarisation des relâchés ou fidélité au site.
- Suivi comportemental anti-prédateur des relâchés.
- Suivi sanitaire des relâchés.
- Utilisation des habitats et micro-habitats par les relâchés.

13.3.2. Suivis à moyen et long termes

Chez une espèce longévive comme la Tortue d'Hermann, évaluer l'efficacité d'un renforcement de population signifie d'acquérir des données sur un pas de temps suffisamment long pour visualiser des changements démographiques de la population. Cependant, le recrutement au sein de la population sera faible tant que les individus ne seront pas adultes (Heppell *et al.*, 1996). En général, il faut au moins attendre qu'une génération se soit reproduite, soit à minima un période 12-15 ans. A long terme (>15-20 ans), des données démographiques devront donc être acquises. La survie des individus adultes pourra également être constatée.

A moyen terme (objectif 2, voir Tableau 3), c.à.d. entre la troisième/quatrième année depuis la réinsertion des individus et la première année à partir de laquelle leur descendance peut se reproduire (15-20 ans après réinsertion suivant l'âge des juvéniles), différents indicateurs pourraient être constatés sur les relâches : fidélité au site, survie réelle, condition corporelle, reproduction. D'autres indicateurs généraux suivis également sur le long terme pourront débiter, à savoir la survie locale, la structure de la population, la colonisation et le suivi génétique.

L'évaluation à long terme (>20 ans) est la seule qui permette de déterminer si le succès d'une réintroduction est réel, et donc si les individus réinsérés ont permis la formation d'une population autonome (objectif 3, voir Tableau 3). Si la population du secteur et des alentours croît année après année ($\lambda \geq 1$) et si la viabilité de la population est avérée, on pourra considérer que les individus réinsérés ont participé à ce succès. A moyen et long terme, des densités en constante augmentation et un fort taux d'individus relâchés encore présents à une période donnée resteront des bons indicateurs.



Cette objectif à long terme permettra de valider la croissance (augmentation de la densité), la colonisation et la viabilité de la population. L'évaluation sera réalisée à l'aide d'opérations de Capture-Marquage-Recapture (CMR) mais aussi à l'aide de maîtres-chiens spécialisés dans la détection de tortues (Ballouard *et al.*, 2019) notamment pour constater la fidélité spatiale des relâchés au site. Si la population du secteur et des alentours croît année après année ($\lambda \geq 1$) et si la viabilité de la population est avérée, on pourra considérer que les individus réinsérés ont participé à ce succès. A moyen et long terme, des densités en constante augmentation et un fort taux d'individus relâchés encore présents à une période donnée resteront des bons indicateurs. Différents types d'actions évaluatives sont envisageables.

- Fidélité spatiale des relâchés au site.
- Densité.
- Taux de croissance de la population.
- Analyse de viabilité.
- Survie locale.
- Colonisation.
- Suivi génétique.

13.4. Indicateurs

13.4.1. Survie

De nombreuses expérimentations de translocation de tortues ont montré que les plus grands déplacements et la plus forte mortalité ont lieu durant la première année (Ashton & Burke, 2007 ; Cook, 2004 ; Bertolero, 2003 ; Wimberger *et al.*, 2010 ; Pille *et al.*, 2018). Lors de l'évaluation à court terme, si une faible survie des individus relâchés est observée, cela peut être traduit comme un manque d'adaptation des spécimens libérés ou bien que l'habitat est inadapté (Bertolero, 2003). Un fort taux de mortalité (50%) dès la première année peut conduire à un échec de l'opération (Wimberger *et al.*, 2009, 2010). L'estimation des taux de survie implique la surveillance d'un échantillon d'individus marqués ou identifiables par une quelconque technique.

13.4.2. Suivi comportemental

Les individus relâchés dans un nouvel environnement peuvent réagir de plusieurs façons : 1) ils restent dans le secteur ; 2) ils se dispersent jusqu'à ce qu'ils trouvent un site favorable ; 3) ils quittent le lieu et deviennent nomades. Des domaines vitaux stables et un haut pourcentage de chevauchement interindividuel pendant les trois premières années peuvent être interprétés comme un succès partiel de l'opération (Bertolero, 2002, 2003). La probabilité d'extinction d'une population renforcée décroît avec l'augmentation de la fidélité spatiale des individus relâchés (Seigel & Dodd, 2000). Cette fidélité à long terme est cruciale car les données à très court terme peuvent induire en erreur sur le succès de l'opération (Ashton & Burke, 2007).

Les comportements peuvent donner un aperçu de l'ajustement des animaux transférés vers la zone de destination comprennent les modèles d'activité et de mouvement, le comportement de recherche de nourriture et la sélection du régime alimentaire, la reproduction etc. L'utilisation de l'outil télémétrique est un précieux allié et permet d'acquérir les données comportementales pertinentes pour l'évaluation :

- Dispersion/sédentarisation des individus.
- Utilisation de l'espace et de micro-habitats
- Interaction entre partenaire (population résidente ou relâchée).



13.4.3. Ecophysiologie : condition corporelle, croissance et stress

La condition trophique de l'animal est un bon indicateur de l'état de leur santé et *a fortiori* de leur adaptation au nouveau milieu (Hailey, 2000 ; Bonnet *et al.*, 2001 ; Lecq *et al.*, 2014). Durant la phase d'adaptation à leurs nouvelles conditions environnementales, les individus peuvent subir une perte de leur condition physique qu'ils récupéreront une fois adaptés. Via l'outil télémétrique, il est possible d'obtenir des données régulières de la masse et de la taille des animaux.

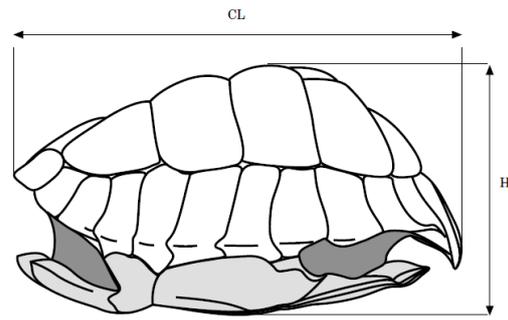


Figure 18. Longueur de dossière (CL) d'une tortue (d'après Bonnet *et al.*, 2001).

Le suivi de la croissance des juvéniles peut donner une excellente indication de leur adaptation à leur nouvel environnement et laisse présager leur survie sur le long terme. Via des prises de sang réalisées sur les individus relâchés les plus vieux (8-10 ans), il est possible de mesurer différents indices écophysiologiques comme la corticostérone et la glycémie qui sont de bons proxys pour évaluer l'investissement énergétique des individus et mesurer le stress (Sibeaux *et al.*, 2016).

La capture suivie du transport et un nouvel environnement sont deux sources de stress communes lors de translocations. Peu d'auteurs ont envisagé que le stress soit une variable importante affectant la survie des individus dans le cadre de ces opérations (Griffin *et al.*, 2000 ; Letty *et al.*, 2003 ; Teixeira *et al.*, 2007 ; Pille *et al.*, 2017). Les hormones glucocorticoïdes (corticostérone) sont vraisemblablement un des outils les plus utiles afin d'évaluer rapidement le stress, notamment dans le cadre de translocations (Wikelski & Cooke, 2006).

Nous relèverons la masse des individus toutes les 2 semaines, conjointement avec une évaluation du statut sanitaire de chacun des animaux (voir Chapitre 13.4.6). Des prises de sang permettront de mesurer la glycémie et la corticostérone avant le relâché puis 1 mois après.

13.4.4. Le suivi démographique

Les objectifs de translocation sont souvent énoncés en terme de tailles de population souhaitées. Les suivis démographiques doivent permettre d'estimer l'évolution de la taille des populations, et à minima certains critères/paramètres tels que les abondances, la survie, le recrutement, voire des données de dispersion/colonisation. Ces paramètres permettent de suivre les processus de restauration. Ces suivis devront être mise en place parallèlement aux suivis comportementaux à la différence qu'il pourront être entrepris sur des pas de temps espacés et sur le long terme.

Le suivi par Capture-Marquage-Recapture (CMR) en population close (Lincoln, 1930) permet d'estimer la taille réelle de la population. Il fournit des estimations non biaisées de la population, avec un niveau de précision satisfaisant. C'est la méthode la plus pertinente et la plus précise (Besnard & Cheylan, 2009). La méthode de Royle (2003) et la méthode d'estimation de l'occupation spatiale (Mackenzie *et al.*, 2002) estiment quant à elles une taille de population de tortues actives à une date donnée. Ces techniques peuvent être appliquées de façons simultanées sur la Tortue d'Hermann si la configuration des sites et le mode d'observation répondent aux contraintes méthodologiques. Elles apportent des informations incontournables pour suivre l'évolution de la population, et sont adaptés à l'espèce et sa détectabilité (Couturier *et al.*, 2013).

13.4.5. Suivi génétique

A long terme, le suivi génétique peut être utilisé pour évaluer les effets du renforcement (Frankham, Bradshaw & Brook, 2014 ; Dresser, Ogle & Fitzpatrick, 2017). Cet outil peut également être utilisé pour faire des inférences démographiques, telles que des informations sur le nombre d'individus contribuant aux générations suivantes, la mesure dans laquelle les individus transférés en renforcement apportent des gènes à la population résidente, et pour acquérir des connaissances générales sur l'écologie comportementale ou la taille de la population (Frankham, Bradshaw & Brook, 2014). Dans l'attente de financement approprié, le matériel génétique pourra être obtenu lorsque que les individus seront capturés pour d'autres fins (exemple libération, mesures diverses). Celui-ci sera stocké de façon appropriée au congélateur.

13.4.6. Suivi sanitaire et mortalité

Cette étape est importante (Sutherland *et al.*, 2010). Nous nous appuyons sur les composants définis comme étant les plus communs d'une évaluation de la santé complète d'animaux (Berry & Christopher, 2001 ; U.S. Fish & Wildlife Service, 2011). Le suivi de la santé et de la mortalité a pour objectif ici d'évaluer dans quelle mesure la population en cours de restauration subit une maladie ou des conditions de bien-être défavorables. Pour cela, l'identification exacte et précise des causes de décès peut être essentielle pour évaluer les progrès du transfert et indiquer les défis auxquels est confrontée la population en cours d'établissement. Grâce au suivi télémétrique et comportemental mené les premières années, il sera possible d'identifier les individus anormalement faibles. Autant que possible, l'état sanitaire des tortues sera contrôlé visuellement (nez coulant par ex.) afin de limiter le stress induit par une manipulation. La prise de masse mensuelle se fera le plus rapidement possible. L'examen sémiologique et l'analyse des parasites externes auront lieu à chaque fois que l'individu sera capturé. Des tests visant à rechercher des pathogènes potentiellement à l'origine des troubles observés pourront être réalisés comme par exemple des analyses ou d'éventuelles maladies infectieuses (herpèsvirus et mycoplasmes). Ce suivi sanitaire général sera réalisé sur des individus relâchés, sauvages.

L'évaluation de signes cliniques de maladies reste très efficace et implique que le biologiste de terrain ait une bonne connaissance des propriétés physiques normales et anormales de l'animal sauvage, des positions et des comportements. Dans ce cas-ci, il est possible d'acquérir de l'expérience en observant de grandes quantités de tortues captives malades et saines (Berry & Christopher, 2001). Il est ainsi possible de développer des outils faisant le lien entre les signes cliniques et comportementaux de la santé et les maladies des tortues. La SOPTOM possède en la matière une grande expérience et est entourée de vétérinaires spécialistes des tortues.

Si un problème pathologique devait être détecté, l'animal serait immédiatement retiré du milieu (Wimberger *et al.*, 2009) et reconduit vers le centre de soins de la SOPTOM. Les animaux retrouvés morts seront collectés et congelés afin de déterminer les causes de décès.

13.4.7. Autres suivis

Une surveillance doit être entreprise pour enregistrer les changements écologiques associés à la translocation et pour contribuer à l'amélioration des connaissances relatives à la conception des translocations. Elle permet également de faire le lien si nécessaire entre changements dans l'habitat et démographie de la population transférée. Les conséquences inattendues d'une translocation doivent être détectées pour voir si leurs impacts à plus long terme seront neutres, négatifs ou

positifs. L'apparition d'impacts négatifs non intentionnels et indésirables peut entraîner des changements radicaux de gestion ou même une annulation de la translocation (IUCNSSC, 2013).

Les impacts socio-économiques et financiers doivent être surveillés, en particulier dans une opération d'introduction à des fins conservatoires. Lorsque de tels impacts sont indésirables et inacceptables, les résultats du suivi peuvent entraîner des changements dans la gestion ou une stratégie de sortie. La participation au suivi des usagers et/ou communautés locales peut être un moyen pratique de susciter leur intérêt et leur soutien. Elle peut être utilisée pour évaluer les attitudes à l'égard du transfert, ainsi que les avantages et coûts, directs et indirects, qui en découlent (IUCNSSC, 2013). Ici, on se reportera aux préconisations et la stratégie de communication discutée au Chapitre 9.6.2 ("Précautions et communication grand public").



14. Bibliographie

- Alberts, A.C., Oliva, M.L., Worley, M.B., Telford, S.R., Morris, P.J. & D.L., Janssen, 1998. The need for pre-release health screening in animal translocations: a case study of the Cuban iguana (*Cyclura nubila*). *Animal Conservation*, **1(3)**: 165-172.
- Alberts, A.C. 2007. Behavioral considerations of headstarting as a conservation strategy for endangered Caribbean rock iguanas. *Applied Animal Behaviour Science*, **102**: 380–391.
- Arena, C. & C., Warwick, 1995. Miscellaneous factors affecting health and welfare. In: Health and Welfare of Captive Reptiles, Warwick, C., Frye, F. & J.B., Murphy (Eds). Chapman & Hall, London, pp. 263-283.
- Armstrong, D.P. & P.J., Seddon, 2008. Directions in reintroduction biology. *Trends Ecol. Evol.*, **23**: 20-25.
- Armstrong, D.P., Castro, I. & Griffiths. 2013. Using radio-tracking data to predict post-release establishment in reintroductions to habitat fragments. *Biological Conservation* **168**, 152–160.
- Armstrong, D.P., Seddon P.J. & A., Moehrensclager, 2019. Reintroduction. In: Fath, B.D. (editor in chief) Encyclopedia of Ecology, 2nd edition, vol. 1, pp. 458–466. Oxford: Elsevier.
- Arvy, C. & B., Fertard, 2001. La pathologie des tortues. *Bull. Soc. Herp. Fr.*, **100(4)**: 152 p.
- Ashton, K. G., & R. L., Burke, 2007. Long-term retention of a relocated population of gopher tortoises. *Journal of Wildlife Management*, **71**: 783–787.
- Attum, O., Rabea, B., Osman, S., Habinan, S., Baha El Din, S.M. & B., Kingsbury, 2008. Conserving and studying tortoises: a local community visual-tracking or radio-tracking approach? *Journal of Arid Environments*, **72(5)**: 671–676.
- Attum, O., Farag, W. E., Din, S. M. B. E. & Kingsbury, B. 2010. Retention rate of hard-released translocated Egyptian tortoises *Testudo kleinmanni*. *Endangered Species Research* **12**, 11–15.
- Attum, O., Otoum, M., Amr, Z. & Tietjen, B. 2011. Movement patterns and habitat use of soft-released translocated spur-thighed tortoises, *Testudo graeca*. *Eur. J. Wildl. Res.*, **57**: 251–258.
- Attum, O. & Cutshall, C. D. 2015. Movement of translocated turtles according to translocation method and habitat structure. *Restoration Ecology* **23**, 588–594.
- Attum, O. & Rabia, B. 2016. Movement patterns of soft-released, translocated Egyptian tortoises. *Journal of Arid Environments* **134**, 62–65.
- Ballouard, J-M., Deleuze, S. & S., Caron, 2014. Evaluation de l'impact des translocations expérimentales - Action E2/C7. Rapport du LIFE08NAT/F/000475, 109 p.
- Ballouard, J-M., Motteau, E. & S., Caron, 2019. Etude "post-incendie" des mouvements des tortues d'Hermann afin d'évaluer les potentialités de recolonisation des Caps Lardier et Taillat. Rapport au Parc National de Port-Cros, 43 p.
- Bergeon, A. & L.M./, Gonzales, 2018. Suivi et estimation des populations de tortues d'Hermann sur le Cap Lardier, un an après incendie. Mémoire de projet tutoré, Université Aix-Marseille, 34p..
- Berger-Tal, O., Blumstein, D.T. & R.R., Swaisgood, 2019. Conservation translocations: a review of common difficulties and promising directions. *Animal Conservation*, **23(2)**: 121-131.
- Berry, K. H. & M.M., Christopher, 2001. Guidelines for the field evaluation of Desert Tortoise health and disease. *Journal of Wildlife Diseases*, **37(3)**: 427-450.
- Bertolero, A., 2002. Biología de la tortuga mediterránea *Testudo hermanni* aplicada a su conservación. Ph.D. Thesis, University of Barcelona, Barcelona, 237 p.
- Bertolero, A., 2003 Assessment of reintroduction projects: the case of the Hermann's tortoise. Proceedings of the IUCN Turtle Survival Alliance 2003 Conference, 12 p.
- Bertolero A., Oro D., & A., Besnard, 2007. Assessing the efficacy of reintroduction programmes by modelling adult survival: the example of Hermann's tortoise. *Animal Conservation*, **10**: 360-368.
- Bertolero, A. & D., Oro, 2009. Conservation diagnosis of reintroducing Mediterranean pond turtles: what is wrong? *Animal Conservation*, **12(6)**: 581–591.



- Bertolero, A. Cheylan, M., Livoreil B., Hailey, H. & R.E., Willemsen (*in press*). *Testudo hermanni* Gmelin, 1789. Hermann's tortoise. In: Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises, Rhodin, A.G.J. *et al.* (Eds.). *Chelonian Research Monographs*.
- Berry, K. H. & M.M., Christopher, 2001. Guidelines for the field evaluation of Desert Tortoise health and disease. *Journal of Wildlife Diseases*, **37(3)**: 427-450.
- Besnard, A. & M., Cheylan, 2009. Estimations d'effectifs, passez la méthode au crible. *Espaces Naturels*, **26**: 23-26.
- Besnard, A., 2017. Accompagnement méthodologique pour la mise en place, l'évaluation ou la valorisation des inventaires et suivis dans le Parc national de Port-Cros. Année 2016. Rapport du partenariat scientifique entre le CNRS - Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive & le Parc national de Port-Cros. 17 p.
- Blahak, S., 2000. Virusinfektionen bei Reptilien. *Praktische Tierarzt*, **2**: 92-112.
- Blahak, S., 2006. Infectious diseases in turtles and tortoises. In: Proceedings of international turtle and tortoises symposium, Vienna, 17-20 January 2002, Jersey, H., Artner, B., Farkas and L., Loehr (Eds). Chimaira Buchhandelsgesellschaft, Frankfurt, Germany. pp. 593-612.
- Bobadilla Suarez, M., Ewen, J.G., Groombridge, J.J., Beckmann, K., Shotton, J., Masters, N., Hopkins T. & A.W., Sainsbury, 2017. Using Qualitative Disease Risk Analysis for Herpetofauna Conservation Translocations Transgressing Ecological and Geographical Barriers. *EcoHealth*, **14**: 47-60.
- Bonnet, X., Lagarde, F., Henen, B.T., Corbin, J., Nagy, K.A., Naulleau, G., Balhoul, K., Chastel, O., Legrand, A. & R., Cambag. 2001. Sexual dimorphism in steppe tortoises (*Testudo horsfieldii*): influence of the environment and sexual selection on body shape and mobility. *Biological Journal of the Linnean Society*, **72**:357-372.
- Brand, L.A., Farnsworth, M.L., Meyers, J., Dickson, B.G., Grouios, C., Scheib, A.F. & R.D., Scherer, 2016. Mitigation-driven translocation effects on temperature, condition, growth, and mortality of Mojave desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in the face of solar energy development. *Biological Conservation*, **200**: 104-111.
- Bright, P.W. & P.A., Morris, 1994. Animal translocation for conservation performance of dormice in relation to release methods, origin and season. *Journal of Applied Ecology*, **31**: 699-708.
- Broom, D. M., 1991. Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, **69(10)**: 4167-75.
- Brown, M. B., I. M. Schumacher, P. A. Klein, K. Harris, T. Correll, and E. R. Jacobson, 1994. *Mycoplasma agassizii* causes upper respiratory tract disease in the desert tortoise. *Infect. Immunol.*, **62**: 4580-4586.
- Burke, R.L., 1991. Relocations, repatriations, and translocations of amphibians and reptiles: taking a broader view. *Herpetologica*, **47(3)**: 350-357.
- Burke, R.L., 2015. Head-starting turtles: learning from experience. *Herpetological Conservation and Biology*, **10**(Symposium): 299-308.
- Cadi, A. & A., Miquet. 2004. A reintroduction programme for the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in Lake Bourget (Savoie, France): first results after two years. *Biologia*, **59(14)**: 155-159.
- Calvete, C., & Estrada, R., 2004. Short-term survival and dispersal of translocated European wild rabbits. Improving the release protocol. *Biological Conservation*, **120**: 507-516.
- Campbell, L. & Croft, D. B. 2001. Comparison of hard and soft release of hand reared eastern grey kangaroos. in Veterinary conservation biology, wildlife health and management in Australasia, proceedings of international joint conference. Sydney: Taronga Zoo 173-180.
- Caron S., Ballouard J-M., Gagno S., & N. Jardé, 2011. Cahier des charges d'opérations expérimentales de sauvetage d'individus sauvages de Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) sur 2 sites pilotes varois. SOPTOM-CRCC, Programme Life+ 08NAT/F/000475, 147 p. + Annexes.
- Caron, S. & J-M., Ballouard, 2018a. Suivi et évaluation de la mesure de translocation expérimentale de la Tortue d'Hermann dans le cadre du projet de collège de Carcès (83) - Mesure Sb2. Rapport au Conseil Départemental du Var, 100 p.



- Caron, S. & J-M., Ballouard, 2018b. Bilan d'activité - Convention relative à l'utilisation de dons perçus par le Conservatoire du littoral dans le cadre d'une soirée caritative en faveur de la restauration des sites incendiés du site naturel de Cap Taillat sur Ramatuelle. Rapport au Conservatoire du littoral, 49 p.
- Caron, S. & V., Bosc, 2019. Rapportage évaluation espèces Directe Habitat Faune Flore : Testudo hermanni zone biogéographique méditerranée. SOPTOM, MNHN, 30 p.
- Carstairs, S., Paterson, J.E., Jager, K.L., Gasbarrini, D., Mui, A.B. & C.M., Davy, 2019. Population reinforcement accelerates subadult recruitment rates in an endangered freshwater turtle. *Animal Conservation*, **22(6)**: 589-599.
- Catard, A., Tartary, P. & Camoin, H., 2010. Impacts, conservation et restauration post-incendie des habitats de la Tortue d'Hermann. CEEP, Rapport à la DIREN, 53 p.
- Celse J., Catard A., Caron S., Ballouard J.M., Gagno S., Jardé N., Cheylan M., Astruc G., Croquet V., Bosc V. & F. Petenian, 2014. Management guide of populations and habitats of the Hermann's tortoise. LIFE 08 NAT/F/000475. ARPE PACA. 210 p.
- Celse J., Catard A., Caron S., Ballouard J.M., Roux A., Cheylan M. & V. Bosc, 2017. Plan National d'Action Tortue d'Hermann 2017-2026. Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le Luc, 141 p.
- Charlesworth, D. & J.H., Willis, 2009. The genetics of inbreeding depression. *Nature Genetics*, **10**: 783–798.
- Chelazzi, G. & F., Francisci, 1980. Homing in Testudo hermanni Gmelin. *Monitore Zool. Ital.*, **14**: 102.
- Cheylan, M., 1981. Biologie et écologie de la Tortue d'Hermann Testudo hermanni (Gmelin, 1789). Contribution de l'espèce à la connaissance des climats quaternaires de la France. Mémoires et Travaux de l'Institut de Montpellier, n° 13, Ecole Pratique des Hautes Etudes. 404 p.
- Cheylan, M., 2001. *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 - Griechische Landschildkröte. In: Fritz, U. (ed.), Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/IIIA: Schildkröten I. Wiebelsheim, Aula-Verlag, pp. 179-289.
- Cheylan, M., Astruc, G., Besnard, A., Bertolero, A. & A, Pasquier, 2006. Mise en place d'un protocole de suivi à long terme de la tortue d'Hermann dans la plaine des Maures. 10.13140/RG.2.1.1567.8965.
- Cheylan, M., Couturier, T. & Astruc, G., 2008. Impact des incendies sur la tortue d'Hermann - Résultats des études menées dans le Var. EPHE, Rapport à la DIREN, 38 p.
- Cheylan, M., Catard, A., Livoreil, B. & V., Bosc, 2008. Plan national d'actions en faveur de la Tortue d'Hermann. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Provence-Alpes-Côte d'Azur, 148 p.
- Cheylan, M., Astruc, G. & T., Couturier, 2010. Action 16 : « Evaluer la qualité des habitats et son influence sur la persistance des populations ». Programme FEDER 2008-2009 « Des hommes et des tortues ». EPHE, CEEP, 14 p.
- Chivers, D.J., 1991. Guidelines for re-introductions: procedures and problems. In: Beyond Captive Breeding: Re-introducing Endangered Mammals to the Wild, Gipps, J.H.W., (Ed.), pp. 89–99.
- CITES, 2010. Conf. 10.7 (Rev. CoP15) - Utilisation des spécimens vivants confisqués appartenant à des espèces inscrites aux annexes. Résolution Conf. 10.7, Rev. CoP15, amendée à la 15ème session de la Conférence des Parties, 13 au 25 mars 2010, 26 p.
- Conservatoire du Littoral, 2007. Plan de gestion du site des petites Maures, Vallon de la Gaillarde – étape 1 état des lieux. 120 p.
- Conway, W., 1995. Wild and zoo animal interactive management and habitat conservation. *Biodiversity and Conservation*, **4(6)**: 573-594.
- Cook, R.P., 2004. Dispersal, home range establishment, survival, and reproduction of translocated eastern box turtles, *Terrapene c. carolina*. *Applied Herpetology*, **1**: 197–228.
- Cooke, S.J., Hinch, S.G., Wikelski, M., Andrews, R.D., Kuchel, L.J., Wolcott, T.G. & P.J., Butler, 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, **19(6)**: 334-343.



- Cote, J., Clobert, J., Brodin, T., Fogarty, S. & A., Sih, 2010. Personality-dependent dispersal: Characterization, ontogeny and consequences for spatially structured populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **365(1560)**: 4065-4076.
- Couturier, T., Cheylan, M., Guérette, E. & A., Besnard, 2011. Impacts of a wildfire on mortality and short term movements of a Hermann's tortoise *Testudo hermanni hermanni* population in south-eastern France. *Amphibia-Reptilia*, **32** : 541-545.
- Couturier, T., Cheylan, M., Bertolero, A. Astruc, G. & Besnard, A., 2013. Estimating abundance and population trends when detection is low and highly variable: a comparison of three methods for the Hermann's tortoise. *Journal of Wildlife Management*, **77(3)**:454-462.
- Couturier, T., Besnard, A., Bertolero, A., Bosc, V., Astruc, G. & M., Cheylan, 2014a. Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biological Conservation*, **170**: 177–187.
- Couturier, T., Tillon-Lacazale, L., Besnard, Astruc, G. & M., Cheylan, 2014b. Déclin d'une population de Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789) en milieu forestier. Effets combinés de plusieurs facteurs anthropiques. *Revue d'Ecologie*, **69**: 142-150.
- Couturier, T., Geoffroy, D., Jailloux, A. & A., Besnard, 2019. Dynamique de reconquête de la faune et de la flore après incendie du Cap Lardier dans le Parc national de Port-Cros. Rapport méthodologique, protocole version 1. Coopération AFB-CEFE, 49 pages.
- Craven, S., Barnes, T. & G., Kania, 1998. Towards a professional position on the translocation of problem wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, **26(1)**: 171-177.
- Cunningham, A.A., 1996. Disease risks of wildlife translocations. *Conservation Biology*, **10**: 349-353.
- Currylow, A. F.T., Mandimbihasina, A., Gibbons, P., Bekarany, E., Stanford, C. B., Louis Jr, E. E., & Crocker, D. E. 2017. Comparative ecophysiology of a critically endangered (CR) ectotherm: Implications for conservation management. *PLOS ONE*, **12**, e0182004.
- Daly, J.A., Buhlmann, K.A., Todd, B.D., Moore, C.T., Peaden, J.M. & T.D., Tuberville, 2019. Survival and movements of head-started Mojave desert tortoises. *The Journal of Wildlife Management* (2019). DOI: [10.1002/jwmg.21758](https://doi.org/10.1002/jwmg.21758)
- Dickens, M. J., Delehanty, D. J. & Michael Romero, L. 2010. Stress: An inevitable component of animal translocation. *Biological Conservation*, **143**: 1329–1341.
- Dickson, B.G., Scherer, R.D., Kissel, A.M., Wallace, B.P., Langin, K.M., Gray, M.E., Scheib, A.F. & B., Weise, 2019. Multiyear monitoring of survival following mitigation-driven translocation of a long-lived threatened reptile. *Conserv Biol.*, **33(5)**: 1094-1105.
- Dodd, C.K. & R.A., Seigel, 1991. Relocation, repatriation, and translocation of amphibians and reptiles: are there conservation strategies that work? *Herpetologica*, **47(3)**: 336-350.
- DREAL, 2010. Modalités de prise en compte de la Tortue d'Hermann et de ses habitats dans les projets d'aménagements. 36 p.
- Dresser, C.M., Ogle, R.M. & B.M., Fitzpatrick, 2017. Genome scale assessment of a species translocation program. *Conserv. Genet.*, **18**: 1191–1199.
- Drury, S.E.N., Gough, R.E., McArthur, S. & M., Jessop, 1999a. Detection of herpes virus-like and papillomavirus-like particles associated with diseases of tortoises. *The veterinary Record*, **143**: 639.
- Durrell, L. & J., Mallinson, 1987. Reintroduction as a political and educational tool for conservation. *Dodo, Journal of the Jersey Wildlife Preservation Trust*, **24**: 6-19.
- Eastridge, R. & J.D., Clark, 2001. Evaluation of 2 soft-release techniques to reintroduce black bears. *Wildlife Society Bulletin*, **29(4)**: 1163-1174.
- Ewen, J. G., Soorae, P. S. & Canessa, S. 2014. Reintroduction objectives, decisions and outcomes: global perspectives from the herpetofauna. *Animal Conservation*, **17**: 74–81.
- Fahrig L., 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **34**: 487-515.
- Farnsworth, M.L., Dickson, B.G., Zachmann, L.J., Hegeman, E.E., Cangelosi, A.R., Jackson, T.G. et al., 2015. Short-Term Space-Use Patterns of Translocated Mojave Desert Tortoise in Southern California. **PLoS ONE**, **10(9)**: e0134250. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134250>



- Fazio, E., Medica, P., Bruschetta, G. & A., Ferlazzo, 214. Do Handling and Transport Stress Influence Adrenocortical Response in the Tortoises (*Testudo hermanni*)? *ISRN Veterinary Science*, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/798273>
- Fernández-Chacón, A., Bertolero, A., Amengual, A., Tavecchia, G., Homar, V. & D., Oro, 2011. Spatial heterogeneity in the effects of climate change on the population dynamics of a Mediterranean tortoise. *Global Change Biology*, **17(10)**: 3075-3088.
- Field, K. J., Tracy, C. R., Medica, P. A., Marlow, R. W. & Corn, P. S. 2007. Return to the wild: Translocation as a tool in conservation of the Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*). *Biological Conservation*, **136**: 232–245.
- Fischer, J. & D.B., Lindenmayer, 2000. An assessment of the published results of animal relocations. *Biological Conservation*, **96**: 1-11.
- Fitzpatrick, B.M. & H.B., Shaffer, 2007. Hybrid vigor between native and introduced salamanders raises new challenges for conservation. *PNAS*, **104(40)**: 15793-15798.
- Flanagan, J., 2000. Disease and helath considerations. *In: Turtle Conservation*. Klemens, M.W. (ed.), Smithsonian Institution, USA, pp. 85-95.
- Frankham, R., Bradshaw, C.J.A. & B.W., Brook 2014. Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, red list criteria and population viability analysis. *Biol. Conserv.*, **170**: 56–63.
- Fritz U., Auer, M., Bertolero, A., Cheylan, M., Fattizzo, T., Hundsdörfer, A.K., Martín Sampayo, M., Pretus, J.L., Široký, P. & M., Wink, 2006. A rangewide phylogeography of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy. *Zool. Scr.*, **35**: 531-543.
- Germano, J.M. & P.J., Bishop, 2009. Suitability of amphibians and reptiles for translocation. *Conservation Biology*, **23**: 7-15.
- Germano, J.M., Ewen, J.G., Mushinsky, H., McCoy, E. & L, Ortiz-Catedral, 2014. Moving towards greater success in translocations: recent advances from the herpetofauna. *Animal Conservation*, **17(1)**: 1-3.
- Germano J.M., Field, K.J., Griffiths, A., Clulow, S., Foster, J., Harling, G. & Swaisgood, R.R. 2015. Mitigation-driven translocations: are we moving wildlife in the right direction? *Frontiers in Ecology and the Environment*, **13**: 100–105.
- Germano, J. M., Nafus, M. G., Perry, J. A., Hall, D. B. & Swaisgood, R. R. 2017. Predicting translocation outcomes with personality for desert tortoises. *Behav. Ecol.*, **28**: 1075–1084.
- Goldenberg, S.Z., Owen M.A., , Brown, J.L., Wittemyer, G., Oo, Z.M. & P., Leimgruber, 2019. Increasing conservation translocation success by building social functionality in released populations. *Global Ecology and Conservation*, **18**: e00604.
- Griffin, S.A., Blumstein, D.T. & C.S., Evans, 2000. Training Captive-Bred or Translocated Animals to Avoid Predators. *Conservation Biology*, **14(5)**: 1317-1326.
- Griffith, B., Scott, J.M., Carpenter, J.W. & C., Reed, 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science*, **245**: 477–480.
- Griffith, B., Scott, J.M., Carpenter, J.W & C., Reed, 1993. Animal Translocations and Potential Disease Transmission. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **24(3)**: 231-236.
- Hailey A., 1990. Adult survival and recruitment and the explanation of an uneven sex ratio in a tortoise population. *Canadian Journal of Zoology*, **68(3)**: 547-555.
- Hailey, A., 2000. Assessing body mass condition in the tortoise *Testudo hermanni*. *Journal of Herpetology*, **10**:57-61.
- Harrington, L., Moehrensclager, A., Gelling, M., Atkinson, R.P.D., Hugues, J. & D.W., MacDonald, 2013. Conflicting and Complementary Ethics of Animal Welfare Considerations in Reintroductions. *Conservation Biology*, **27(3)**: 486–500.
- Hellebuyck, T., Pasmans, F., Van Caelenberg, A. & M., Van Looy, 2013. Assessing the Use of Microchip Transponders as a Marking Method in Juvenile Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*). *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, **23(1-2)**: 32–36.



- Heppell, S.S., Crowder, L.B. & D.T., Crous, 1996. Models to Evaluate Headstarting as a Management Tool for Long-Lived Turtles. *Ecological Applications*, **6(2)**: 556-565.
- Heppell, S.S., 1998. Application of Life-History Theory and Population Model Analysis to Turtle Conservation. *Copeia*, **2(2)**: 367-375.
- Hester, J.M., Price, S.J. & M.E., Dorcas, 2008. Effects of Relocation on Movements and Home Ranges of Eastern Box Turtles. *Journal of Wildlife Management*, **72(3)**:772-777.
- Hewson, C.J., 2003. What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *The Canadian Veterinary Journal*, **44** (6): 496-99.
- Hinderle, D., Lewison, R. L., Walde, A. D., Deutschman, D. & Boarman, W. I. 2014. The effects of homing and movement behaviors on translocation: Desert tortoises in the western Mojave Desert. *The Journal of Wildlife Management*, **79**: 137-147.
- IUCN, 1998. Guidelines for Re-introductions. Prepared by the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 10 p.
- IUCN, 2000. Lignes directrices de l'IUCN relatives à l'utilisation des animaux confisqués. Approuvées par la 51ème réunion du Conseil de l'IUCN, Gland, Suisse, février 2000, 25 p.
- IUCN/SSC, 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp.
- Jacobson, E.R., Brown, M.B., Wendland, L.D., Brown, D.R., Klein, P.A., Christopher, M.M. & K.H., Berry, 2014. Mycoplasmosis and upper respiratory tract disease of tortoises: a review and update. *Vet. J.* , **201**: 257-264.
- Kaeppler, S.M., 2012. Heterosis: Many Genes, Many Mechanisms—End the Search for an Undiscovered Unifying Theory. *International Scholarly Research Notices*, Article ID 682824, 12 pages, <https://doi.org/10.5402/2012/682824>
- Kahn, P.F., 2006. The physiological effect of relocation on Gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*). Thesis, New York University, 192 p.
- Kearney, M., Shine, R. & Porter, W. P. 2009. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. *PNAS*, **106**: 3835-3840.
- Keller, L.F. & D.M., Waller, 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology and Evolution*, **17**: 230- 241.
- Kendall, Lobao & Sharp, 2009. Public Concern with Animal Well-Being: Place, Social Structural Location, and Individual Experience. *Rural Sociology*, **71(3)**: 399 - 428
- Kingsbury, B.A. & O., Attum, 2009. Conservation strategies: captive rearing, translocation and repatriation. In: Ecology and conservation of Snakes. Mullin, S.J. & R.A., Seigel (Eds). Cornell University Press, Ithaca, NY, pp. 201-220.
- Kleiman, D.G., 1989. Reintroduction of captive mammals for conservation – Guidelines for reintroducing endangered species into the wild. *BioScience*, **39(3)**: 152-161.
- Knox, C.D. & J.M., Monks, 2014. Penning prior to release decreases post-translocation dispersal of jewelled geckos. *Animal Conservation*, **17(1)**: 18-26.
- Kolesnik, E., Obiegala, A., & R.E., Marschang, 2017. Detection of Mycoplasma spp., herpesviruses, topiviruses, and ferlaviruses in samples from chelonians in Europe. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, **29(6)**: 820-832.
- Kuchling, G., 2008. Reintroduction and conservation introductions of the western south-western Western Australia. In: Global reintroduction perspectives: reintroduction case-studies from around the globe. Soorae, P.S. (ed.), IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group, Abu Dhabi, UAE, pp. 70-75.
- Leighton, F.A., 2002. Health risk assessment of the translocation of wild animals. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, **21(1)**: 187-195.
- Letty, J., Marchandea, S. & J., Aubineau, 2007. Problems encountered by individuals in animal translocations: Lessons from field studies. *Ecoscience*, **14(4)**: 420-431.
- Lincoln, F.C., 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.



- Longepierre, S. & C., Grenot, 1998. Some effects of intestinal Nematodes on the Plant foraging Behaviour of *Testudo hermanni hermanni* in the South of France. Miaud, C. & R., Guyétant (Eds), Le Bourget-du-Lac, France, SHE, pp. 277-284.
- Lohofener, R. & L., Lohmeier, 1986. Experiments with gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) relocation in southern Mississippi. *Herpetological Review*, **17**:37–40.
- Luiselli, L., Capula, M., Burke, R.L., Rugiero, L. & D., Capizzi, 2014. Sighting frequency decreases over two decades in three populations of *Testudo hermanni* from central Italy. *Biodivers Conserv*, **23**: 3091-3100.
- MacDonald, L.A., 1996. Reintroduction of Gopher Tortoise (*Gopherus polyphemus*) to reclaimed Phosphate Land. Florida Institute of Phosphate Research, Publication n°03-105-126, 84 p.
- MacKenzie D.I., Nichols J.D., Lachman G.B., Droegge S., Royle J.A. & C.A. Langtimm, 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* **83**(8): 2248–2255.
- Madsen, T., Shine, R., Olsson, M. & H., Wittzell, 1999. Restoration of an inbred adder population. *Nature*, **402**: 34-35.
- Mallinson, J., 1995. Conservation breeding programmes: an important ingredient for species survival. *Biodiversity and Conservation*, **4**(6): 617-635.
- Marchand, M-A. *et al.*, 2017. Liste Rouge régionale des amphibiens et reptiles de Provence-Alpes-Côte d'Azur. 16 p.
- Marschang, R.E., 2011. Viruses Infecting Reptiles. *Viruses*, **3**(11): 2087–2126.
- Marschang, R.E., 2014. Reptile viruses with a focus on Europe. UPAV/AAVAC/ARAV Congress, Cairns (Australia), pp. 103-110.
- Marschang, R.E., Gravendyck, M. & E.F., Kaleta, 1997. Herpesviruses in tortoises: Investigations into virus isolation and the treatment of viral stomatitis in *Testudo hermanni* and *Testudo graeca*. *Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health*, **44**(7): 385-394.
- Massot, M., Clobert, J., Lecomte, J. & R., Barbault, 1994. Incumbent advantage in common lizards and their colonizing ability. *Journal of Animal Ecology*, **63**: 431-440.
- Mathes, K., 1998. Herpèsvirus et Mycoplasme chez les chelonians méditerranéens vivant à l'état sauvage et en captivité en France et au Maroc.
- May, M., 1991. The role of ecological theory in planning re-introduction of endangered species. *Symposia of the Zoological Society of London*, **62**: 145-163.
- Mazzotti, S., 2004. Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*): current distribution in Italy and ecological data on a population from the north Adriatic coast (Reptilia, Testudinidae). *Italian Journal of Zoology*, **71**(2): 97-102.
- McKee, R.K., Buhlmann, K.A., Moor, C.T., Hepinstall-Cymerman, J. & T.D., Tuberville, 2021. Waif Gopher Tortoise Survival and Site Fidelity Following Translocation. *Journal of Wildlife Management*, DOI: 10.1002/jwmg.21998.
- McGovern, P.A., Buhlmann, K.A., Todd, B.D., Moore, C.T., Peadar, J.M., Hepinstall-Cymerman, J., Daly, J.A. & T.D., Tuberville, 2020. The Effect of Size on Postrelease Survival of Head-Started Mojave Desert Tortoises. *Journal of Fish and Wildlife Management*, **11**(2): 494-506.
- Miller, K.A., Bell, T.P. & J.M., Germano, 2014. Understanding Publication Bias in Reintroduction Biology by Assessing Translocations of New Zealand's Herpetofauna. *Conservation Biology*, **28**: 1045–1056.
- Milinkovitch, M.C., Kanitz, R., Tiedemann, R., Tapia, W., Llerena, F., Caccone, A., Gibbs, J.P., & J.R., Powell, 2013. Recovery of a nearly extinct Galapagos tortoise despite minimal genetic variation. *Evolutionary Applications*, **6**(2): 377-383.
- Mitura, A., Niemczuk, K., Zaręba, K., Zając, M., Laroucau, K. & M., Szymańska-Czerwińska, 2017. Free-living and captive turtles and tortoises as carriers of new Chlamydia spp. *PLoS One*, **12**(9):e0185407. doi: 10.1371/journal.pone.0185407
- Moberg G.P., 1985. Biological Response to Stress: Key to Assessment of Animal Well-Being? In: Moberg G.P. (eds) *Animal Stress*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7544-6_3.



- Møller, A.P. & L.Z., Garamszegi, 2012. Between individual variation in risk taking behavior and its life history consequences. *Behav. Ecol.*, **23**: 843-853.
- Monastersky, R., 2014. Biodiversity: Life — a status report - Species are disappearing quickly — but researchers are struggling to assess how bad the problem is. *Nature*, **516(7530)**: 158-61.
- Morgan, K.N. & C.T., Tromborg, 2007. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*, **102(3-4)**: 262-302.
- Mulder, K.P., Walde, A.D., Boarman, W., Woodman, A.P., Latch, E. & R.C., Fleischer, 2017. No paternal genetic integration in desert tortoises (*Gopherus agassizii*) following translocation into an existing population. *Biological Conservation*, **210(8)**: 318-324.
- Mullin, D.I., 2019. Evaluating the Effectiveness of Headstarting for Wood Turtle (*Glyptemys insculpta*) Population Recovery. PhD Thesis, The Faculty of Graduate Studies Laurentian University, Sudbury, Ontario, Canada, 144p.
- Mullin, D.I., White, R.C., Lentini, A.M., Brooks, R.J., Bériault, K.R. & J.D., Litzgus 2020. Predation and disease limit population recovery following 15 years of headstarting an endangered freshwater turtle. *Biological Conservation*, **245(3)**:108496.
- Nafus, M.G., Esque, T.C., Averill-Murray, R.C., Nussear, K.E. & , R.R., Swaisgood, 2016. Habitat drives dispersal and survival of translocated juvenile desert tortoises. *Journal of Applied Ecology*, **54**: 430–438.
- Nivelle, D., 2017. Cartographie et structuration génétique des populations varoises de Tortue d’Hermann. Rapport de Master II, SOPTOM, Université de Poitiers, 49 p.
- Nussear, K.E., Tracy, C.R., Medica, P.A., Wilson, D.S., Marlow, R.W. & P.S., Corn, 2012. Translocation as a conservation tool for Agassiz's desert tortoises: survivorship, reproduction, and movements. *J. Wildl. Manag.*, **76**: 1341–1353. <http://dx.doi.org/10.1002/jwmg.390>.
- Oliveira-Junior, A.A., Tavares-Dias, M. & J.L., Marcon, 2009. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with morphologic assessment of blood cells. *Research in Veterinary Science*, **86**: 146–151.
- Origi, F.C., 2012. Testudinid Herpesviruses: A Review. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, **22**: 42-54.
- Ossiboff, Robert & Raphael, Bonnie & Ammazzalorso, Alyssa & Seimon, Tracie & Niederriter, Holly & Zarate, Brian & Newton, Alisa & McAloose, Denise. (2015). A Mycoplasma Species of Emydidae Turtles in the Northeastern USA. *Journal of wildlife diseases*, **51**: 10.7589/2014-04-086.
- Oullion, B., 2020. Caractérisation de la personnalité d'un reptile menacé en vue de sa conservation: la Tortue d’Herman. Rapport de Master II SOPTOM/EPHE, 36p.
- Pasmans, F., Blahak, S., Martel, A., & N., Pantchev, 2008. Introducing reptiles into a captive collection: The role of the veterinarian. *Veterinary Journal*, **175**: 53–68.
- Pausas, J.G. & J.E., Keeley, 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, **59**: 593–601.
- Pedrono, M. & A., Sarovy, 2000. Trial release of the world rarest tortoise *Geochelone yniphora* in Madagascar. *Biological Conservation*, **95**: 333–342.
- Pedrono, M., Smith, L., Clober, J., Massot, M. & F., Sarrazin, 2004. Wild-captive metapopulation viability analysis. *Biological Conservation*, **119**: 463–473.
- Pérez, I., Anadón, J.D., Díaz, M., Nicola, G.N., Tella, J.L. & A., Giménez, 2012. What is wrong with current translocations? A review and a decision making proposal. *Frontiers in Ecology and the Environment*, doi:10.1890/110175
- Pérez, I., Tenzab, A., Daniel, Anadón, J.D., Martínez-Fernández, J., Pedreno, A. & A., Giménez, 2012. Exurban sprawl increases the extinction probability of a threatened tortoise due to pet collections. *Ecological Modelling*, **245**: 19-30.
- Pettan-Brewer, K.C.B., Drew, M.L., Ramsay, E., Mohr, F.C. & L.J., Lowenstine, 1996. Herpes virus particules associated with oral and respiratory lesions in California desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Journal of Wild Disease*, **32(3)**: 521-526.



- Pike, D. A. & Grosse, A. 2006. Daily activity of immature Gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*) with notes on commensal species. *Florida Scientist*, **69**: 92–98.
- Quinn, D.P., Buhlmann, K.A., Jensen, J.B., Norton, T.M. & T.D., Tuberville, 2018. Post-Release Movement and Survivorship of Head-Started Gopher Tortoises. *The Journal of Wildlife Management*, **82**(7): 1545 DOI: [10.1002/jwmg.21493](https://doi.org/10.1002/jwmg.21493).
- Radzio, T.A., Blase, N.J., Cox, J.A., Delaney, D.K. & M.P., O'Connor, 2019. Behavior, growth, and survivorship of laboratory-reared juvenile gopher tortoises following hard release. *Endang. Species Res.*, **40**: 17–29.
- Reading, R.P., Clark, T.W. & B., Griffith, 1997. The influence of valuational and organizational considerations on the success of rare species translocations. *Biological Conservation*, **79**: 217-225.
- Riedl, S.C., Mushinsky, H.R. & E.D., McCoy, 2008. Translocation of the gopher tortoise: Difficulties associated with assessing success. *Applied Herpetology*, **5**: 145-160
- Robert, A., Sarrazin, F., Couvet, D. & S., Legendre, 2004. Releasing adults versus young in reintroductions: Interactions between demography and genetics. *Conservation Biology*, **18**: 1078–1087.
- Royle, J.A. & J.D., Nichols, 2003. Estimating abundance from repeated presence absence data or point counts. *Ecology*, **84**: 777-790.
- Sacerdote-Velat, A. B., Earnhardt, J. M., Mulkerin, D., Boehm, D. & G., Glowacki, 2014. Evaluation of headstarting and release techniques for population augmentation and reintroduction of the smooth green snake. *Animal Conservation*, **17**: 65–73.
- Salinas, M., Francino, O., Sánchez, A. & L., Altet, 2011. Mycoplasma and Herpesvirus PCR Detection in Tortoises with Rhinitis-stomatitis Complex in Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, **47**: 195-200.
- Santos, X. & Cheylan, M., 2013. Taxonomic and functional response of a Mediterranean reptile assemblage to a repeated fire regime. *Biological Conservation*, **168**: 90–98.
- Sanz-Aguilar, A., Anadon, J.D., Gimenez, A., Ballestar, R., Gracia, E. & D., Oro, 2011. Coexisting with fire: the case of the terrestrial tortoise *Testudo graeca* in Mediterranean shrublands. *Biological Conservation*, **144**: 1040–1049.
- Sarrazin, F. & S., Legendre, 2000. Demographic approach to releasing adults versus young in reintroductions. *Conservation Biology*, **14**: 488-500.
- Scott, P.A., Allison, L.J., Field, K.J., Averill-Murray, R.C. & H., Bradley Shaffer, 2020. Individual heterozygosity predicts translocation success in threatened desert tortoises. *Science*, **370**: 1086–1089.
- Seddon, P.J., 1999. Persistence without intervention: assessing success in wildlife reintroductions. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**(12): 503.
- Seddon, P.J., Armstrong, D.P & R.F., Maloney, 2007. Developing the Science of Reintroduction Biology. *Conservation Biology*, **21**(2): 303–312.
- Seddon, P.J., Griffiths, C.J., Soorae, P.S. & D.P., Armstrong, 2014. Reversing defaunation: Restoring species in a changing world. *Science*, **345**: 406–412.
- Seigel, R.A. & C.K., Dodd, 2000. Manipulation of turtle populations for conservation. In: *Turtle Conservation*. Klemens, M.W. (ed.), Smithsonian Institution, pp. 218-238.
- Shine, R. & J., Iverson, 1995. Patterns of Survival, Growth and Maturation in Turtles. *Oikos*, **72**(3): 343-348.
- Shull, G.H., 1948. "What Is "Heterosis"?. *Genetics*, **33**(5): 439–446.
- Sneddon, L.U., Halsey, L.G. & N.R., Bury, 2017. Considering aspects of the 3Rs principles within experimental animal biology. *J. Exp. Biol.*, **220**: 3007-3016.
- Snyder, N.F.R., Derrickson, S.R., Beissenger, S.R., Wiley, J.W., Smith, T.B., Toone, W.D. & B., Miller, 1996. Limitations of captive breeding in endangered species recovery. *Conservation Biology*, **10**(2): 338-348.
- Soares, J.F., Chalker, V.J., Erles, K., Holtby, S., Waters, M. & S., McArthur, 2004. Prevalence of *Mycoplasma agassizii* and chelonian herpesvirus in captive tortoises (*Testudo* ssp.) in the United Kingdom. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **35**: 25-33.
- Soler, J., Pfau, B. & A., Martínez-Silvestre, 2012. Detecting intraspecific hybrids in *Testudo hermanni* (Gmelin 1789). *RADIATA*, **21**(1): 4-29.



- Stanford, C.B. *et al.*, 2020. Turtles and Tortoises Are in Trouble. *Current Biology*, **30**: 721–735.
- Stark, G., Pincheira-Donoso, D. & S., Meiri, 2020. No evidence for the rate of living theory across the tetrapod tree of life. *Global Ecology and Biogeography*, **29**: 857-884.
- Sutherland, W.J., Armstrong, D., Butchart, S.H.M., Earnhardt, J.M., Ewen, J., Jamieson, I., Jones, C.G., Lee, R., Newbery, P., Nichols, J.D., Parker, K.A., Sarrazin, F., Seddon, P.J., Shah, N., & V., Tatayah, 2010. Standards for documenting and monitoring bird reintroduction projects. *Conservation Letters*, **3**: 229–235.
- Swaigood, R. 2010. The conservation-welfare nexus in reintroduction programmes: a role for sensory ecology. *Animal Welfare* 13.
- Syphard, A.D., Radeloff, V.C., Hawbaker, T.J. & S.I., Stewart, 2009. Conservation threats due to Human-caused increases in fire frequency in Mediterranean-climate ecosystems. *Conservation Biology*, **23**: 758–769.
- Tarszisz, E., Dickman, C.R. & A.J., Munn, 2014. Physiology in conservation translocations. *Conservation Physiology*, **2**: 10.1093/conphys/cou054.
- Teixeira, C.P., Schetini De Azevzdo, C., Mendl, M., Cipreste, C.F. & R.J., Young, 2007. Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress. *Animal Behaviour*, **73**: 1-13
- Tomkiewicz, S.M., Fuller, M.R., Kie, J.G. & K.K., Bates, 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behaviour and ecological research. *Phil. Trans. R. Soc. B*, **365**: 2163-2176.
- Tuberville, T.D., Clark, E.E., Buhlmann, K.A. & J., Whitfield Gibbon, 2005. Translocation as a conservation tool: site fidelity and movement of repatriated gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*). *Animal Conservation*, **8**: 349–358.
- Tuberville, T.D., 2008. Evaluating the utility of translocation for turtle conservation: a case study based on the behavioral and demographic responses of gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*). Dissertation, University of Georgia, Athens, GA. 189 p.
- Tuberville, T.D., Norton, T.M., Todda, B.D. & J.S., Sprat, 2008. Long-term apparent survival of translocated gopher tortoises: A comparison of newly released and previously established animals. *Biological Conservation*, **141(11)**: 2690-2697.
- Tuberville, T., Gibbons, J.W. & H.E., Balbach, 2009. Estimating Viability of Gopher Tortoise Populations. U.S. Army Corps of Engineers, 58p.
- Tuberville, T.D., Todd, B.D., Hermann, S.M., Michener, W.K. & C., Guyer, 2014. Survival, Demography, and Growth of Gopher Tortoises (*Gopherus polyphemus*) from Three Study Sites with Different Management Histories. *Journal of Wildlife Management*, **78(7)**: 1151-1160.
- Une, Y., Murakami, M., Uemura, K., Fuijtani, H., Ishibashi, T. & Y., Nomura, 2000. Polymerase chain reaction (PCR) for the detection of herpesvirus in tortoises. *Journal of Veterinary Medical Science*, **62**: 905–907.
- U.S. Fish & Wildlife Service, 2011. Health Assessment Procedures for the Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*): A Handbook Pertinent to Translocation. Desert Tortoise Recovery Office, U.S. Fish and Wildlife Service, Reno, Nevada, 83 p.
- US Fish and Wildlife Service, 2015. 2015 Desert Tortoise Monitoring Handbook. Desert Tortoise Recovery Office, U.S. Fish and Wildlife Service, Reno, Nevada. Version: 9 March 2015.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2020. Translocation of Mojave Desert Tortoises from Project Sites: Plan Development Guidance. U.S. Fish and Wildlife Service, Las Vegas, Nevada, 52p.
- Walde, A.D. & W.I., Boarman, 2016. Desert Tortoise Translocation, Monitoring, and Research Within the Southern Expansion Area and Translocation Areas of Fort Irwin, California. (Report to Directorate of Public Works, National Training Center, Fort Irwin, CA). Qinetiq Corporation, Atascadero, CA.
- Wallis, D., 2009. Evaluating the short-term success of a reintroduction of the Critically Endangered Ploughshare tortoise, *Astrochelys yniphora*. Thesis of Master of Science and the Diploma of Imperial College London, 50 p.



- Ward-Fear, G., Brown, G.P., Pearson, D.J., West, A., Rollins, L.A. & R., Shine, 2018. The ecological and life history correlates of boldness in free-ranging lizards. *Ecosphere*, **9(3)**: 1-13.
- Watters, J.V. & C.L., Meehan, 2007. Different strokes: Can managing behavioral types increase post-release success? *Applied Animal Behaviour Science*, **102(3-4)**: 364-379.
- Weise, F.J., Stratford, K.J. & R.J., van Vuuren, 2014. Financial Costs of Large Carnivore Translocations – Accounting for Conservation. *PLoS ONE*, **9(8)**: e105042. doi:10.1371/journal.pone.0105042
- Weeks, A. R., Sgro, C.M., Young, A.G., Frankham, R., Mitchell, Miller, K.A., Byrne M., Coates, D.J., Eldrige, M.D.B., Sunnucks, P., Breed, M.F., James, E.A. & Hoffmann, A.A. 2011. Assessing the benefits and risks of translocations in changing environments: a genetic perspective. *Evolutionary Applications* 4, 709–725.
- Wikelski, M. & S.J., Cooke, 2006. Conservation physiology. *Trends in Ecology and Evolution*, **21(2)**: 38-46.
- Willemsen, R.E., Hailey, A., Longepierre, S. & C., Grenot, 2002. Body mass condition and management of captive european tortoises. *Herpetological Journal*, **12**: 115-121.
- Wimberger, K., Armstrong, A.J., & C.T., Downs, 2009. Can rehabilitated leopard tortoises, *Stigmochelys pardalis*, be successfully released into the wild? *Chelonian Conservation and Biology*, **8(2)**: 173-184.
- Wimberger, K., Armstrong, A.J., & C.T., Downs, 2010. Welfare release of Babcock's leopard tortoise, KwaZulu-Natal, South Africa. *In: Global Re-introduction Perspectives: Additional case-studies from around the globe*. Soorae, P. S. (ed.), IUCN/ SSC Re-introduction Specialist Group, Abu Dhabi, UAE, pp. 108-112.
- Woodford, M.H. (ed.), 2000. Quarantine and health screening protocols for wildlife prior to translocation and release into the wild. Published jointly by the IUCN Species Survival Commission's Veterinary Specialist Group, Gland, Switzerland, the Office International des Epizooties (OIE), Paris, France, Care for the Wild, U.K., and the European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians,
- Woodford, M. H., & P. B. Rossiter. 1994. Disease risks associated with wildlife translocation projects. *In: Creative conservation: Interactive management of wild and captive animals*. Olney, P.J., Mace, G.M. & A.T.C., Feismer (Eds.), Chapman and Hall, London, pp.178-200.
- Zenboudji, S., Cheylan, M., Arnal, V., Bertolero, A., Leblois, R., Astruc, G., Bertorelle, G., Pretus, J.L., Valvo, M.L., Sotgiu, G., et al., 2016. Conservation of the endangered Mediterranean tortoise *Testudo hermanni hermanni*: The contribution of population genetics and historical demography. *Biological Conservation*, **195**: 279–291.
- Zemanova, M.A., 2020. Towards more compassionate wildlife research through the 3Rs principles: moving from invasive to non-invasive methods. *Wildlife Biology*, doi: 10.2981/wlb.00607.
- Zimmerman, L.M., Vogel, L.A. & R.M., Bowde, 2010. Understanding the vertebrate immune system: insights from the reptilian perspective. *J. Exp. Biol.*, **213(5)**: 661-671.



15. Travaux scientifiques de la SOPTOM

- Ajtić, R., Tomović, L., Sterijovski, B., Crnobrnja-Isailović, J., Djordjević, S., Djurakić, M., Golubović, A., Simović, A., Arsovski, D., Andjelković, M., Krstić, M., Šukalo, G., Gvozdenović, S., Aïdam, A., Michel, C., Ballouard, J-M. & X., Bonnet (2013) Unexpected life history traits in a very dense population of dice snakes. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, **252(3)**: 350-358.
- Arsovski, D., Tomović, L., Golubović, A., Nikolić, S., Sterijovski, B., Ajtić, R., Ballouard, J-M. & X., Bonnet (2018) When carapace governs size: variation among age classes and individuals in a free-ranging ectotherm with delayed maturity. *Oecologia*, **186(2)**.
- Arvy, C. & B., Fertard, 2001. La pathologie des tortues. *Bulletin de la Société Herpétologique de France.*, **100(4)**: 152 p.
- Ballouard J-M, Bonnet X, Jourdan J, Martinez-Silvestre A, Gagno S, Fertard B, Caron S. (2021) First detection of herpesvirus and mycoplasma in free-ranging Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*), and in potential pet vectors. bioRxiv, 2021.01.22.427726, ver. 4 peer-reviewed and recommended by Peer Community in Zoology. <https://doi.org/10.1101/2021.01.22.427726>
- Ballouard, J-M., Motteau, E., Fosséries, G., Kouyoumdjian, L., Porco, L., Geoffroy, D., Moussay, C. & S., Caron, 2021. Etude "post-incendie" des mouvements des Tortues d'Hermann *Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789 au Caps Lardier et Taillat : évaluation de leur potentiel de recolonisation. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, **35**.
- Ballouard J-M., Caron S. & X. Bonnet. Successful translocations of the Hermann's tortoise offer encouraging perspectives to restore populations after fire. *In press* for a brief in "Strategies for Conservation Success in Herpetology", Susan C. Walls and Katherine M. O'Donnell (editors), Society for the Study of Amphibians and Reptiles, *Herpetological Conservation Series*, Vol. 4.
- Ballouard, J.-M., Brischoux, F. & X., Bonnet, 2011. Children Prioritize Virtual Exotic Biodiversity over Local Biodiversity. *PLoS ONE*, **6(8)**: e23152. doi:10.1371/journal.pone.002315.
- Ballouard, J.-M., Provost, G., Barré, D. & X., Bonnet, 2012. Influence of a Field Trip on the Attitude of Schoolchildren toward Unpopular Organisms: An Experience with Snakes. *Journal of Herpetology*, **46(3)**: 423-428.
- Ballouard, J-M., Ajtic, R., Balint, H., Brito, J. C., Crnobrnja-Isailovic, J., Desmots, D., ElMouden, E.H., Erdogan, M., Feriche, M., Pleguezuelos, J.M., Prokop, P., Sánchez, A., Santos, X., Slimani, T., Tomovic, L., Uşak, M., Zuffi, M. & X., Bonnet (2013) Schoolchildren and one of the most unpopular animals: Are they ready to protect snakes?. *Anthrozoös*, **26(1)**: 93-109.
- Ballouard, J-M., Caron, S., Lafon, T., Servant, L., Devaux, D. & X., Bonnet, 2013. Fibrociment slabs as useful tools to monitor juvenile reptiles: a study in a tortoise species. *Amphibia-Reptilia*, **34** : 1-10.
- Ballouard, J-M., Caron, S., Gravier, C., Fournière, K., Servant, L. & X., Bonnet, 2013. Évaluation d'aménagements en faveur de la Tortue d'Hermann : Une approche expérimentale et écophysiological. *Rev. sci. Bourgogne-Nature*, **17** : 221-225.
- Ballouard, J-M., Bonnet, X., Gravier, C., Ausanneau, M. & S., Caron, 2016. Artificial water ponds and camera trapping of tortoises and other vertebrates in a dry Mediterranean landscape. *Wildlife Research*, **43(7)**: 533-543.
- Ballouard J-M., Ferrari T., Bonnet X., Caron S., Maxime L., Garnier G., Gillet P. & M. Ausanneau, (2016) Snakes of the national Port-Cros islands: Capture-Mark-Recapture study of *Malpolon monspessulanus* and *Rhinechis scalaris*. *Scientific reports of Port-Cros national park*, **30**: 23-43.
- Ballouard, J-M. & X., Bonnet (2016) Serpents et éducation : l'expérience émotionnelle est primordiale. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **157** : 45-48
- Ballouard, J-M., Gayraud R., Rozec F., Besnard A., Caron S., Bech N. & X., Bonnet (2019) Excellent performances of dogs to detect cryptic tortoises in Mediterranean scrubland. *Biodiversity and Conservation*, **28(14)**: 4027-4045.



- Ballouard J-M., Conord M., Johany A., Jardé N., Caron S., Deleuze S. & X. Bonnet (2020) Is popularity a double-edge sword? Children want to protect but also harvest tortoises. *The Journal of Environmental Education*, DOI: 10.1080/00958964.2019.1693329.
- Ballouard J.-M., Deleuze S., Andreo L., Rozec F., Thomas N., Laffargue P., Aferiat M., Bonnet X., Catard A. & Caron S. (2020) What is the real home range of the Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni* Gmelin, 1789)? Implication for conservation. *Naturae*, **6**: 101-111. <https://doi.org/10.5852/naturae2020a6>
- Bech N., Nivelles D., Caron S., Ballouard J-M, Arnal V., Bonnet X. & C. Montgelard (*soumis*) Hybridization and low genetic diversity: disturbances and threaten for the french tortoise populations (*Testudo hermanni hermanni*).
- Bertorelle, G. Goutner, V., Livoreil B., & Mazzotti, S. 2007. Genetische Studien an Westlichen Landschildkröten. *Marginata*, **15**: 48-53.
- Bertolero, A., Cheylan, M., Hailey, A., Livoreil, B. & R., Willemsen, 2011. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789) Hermann's Tortoise. In A. Rhodin, P. Pritchard, P. VanDijk, R. Saumure, K. Buhlmann, J. Iverson, & Mittermeier, R. Conservation Biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group. *Chelonian Research*, **5**: 1-20.
- Bonnet, X., Lecq, S., Lassay, J.L., Ballouard, J-M., Barbraud, C., Souchet, J., Mullin, S.J. & G., Provost (2016) Forest management bolsters native snake populations in urban parks. *Biological Conservation*, **193**: 1-8.
- Bonnet, X., Golubović, A., Arsovski, D., Đorđević, S., Ballouard, J-M., Sterijovski, B., Ajtić, R., Barbraud, C. & L., Tomović, 2016. A prison effect in a wild population: a scarcity of females induces homosexual behaviors in males. *Behavioral Ecology*, doi: 10.1093/beheco/arw023.
- Caron S., Ballouard J-M., Lepeigneul, O. & X., Bonnet, 2013. Experimental translocation (reinforcement) of the Hermann's tortoise, Var, France. In Soorae, P. S. (ed.) *Global Re-introduction Perspectives: 2013. Further case studies from around the globe*. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group and Abu Dhabi, UAE: Environment Agency-Abu Dhabi. pp 42-46.
- Caron, S. (ed.), 2014. Proceedings of the International workshop on the management and restoration of Hermann's tortoise habitats and populations, Gonfaron, France: 2013, September 18, 19 & 20. *Chelonii*, **9**. 170 p.
- Caron S., Bonnet X., Brun L., Aferiat M. & J-M. Ballouard, 2021 – Resetting-translocation to the release point promotes reinforcement success in the Hermann tortoise. In Soorae, P. S. (ed.) *Global Re-introduction Perspectives : 2019. Further case studies from around the globe*. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group and Abu Dhabi, UAE: Environment Agency-Abu Dhabi.
- Celse, J., Catard, A., Caron, S., Ballouard, J.M., Gagno, S., Jardé, N., Cheylan, M., Astruc, G., Croquet, V., Bosc, V. & F., Petenian, 2014. Guide de gestion des populations et des habitats de la Tortue d'Hermann. LIFE 08 NAT/F/000475. ARPE PACA. 210 p.
- Celse, J., Catard, A., Caron, S., Ballouard, J.M., Roux A., Cheylan M. & Bosc V., 2017. Plan National d'Action Tortue d'Hermann 2018-2027. Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le Luc, 141 p.
- Devaux B., 1990. Réintroduction de tortues d'Hermann dans le Massif des Maures. *Revue Ecologie-La Terre Et La Vie*, sup. 5
- Devaux, B., 1994. Recolonisation d'un isolat par un chélonien *Testudo hermanni hermanni* (Chelonia, Testudinidae) sur l'île du Levant (France). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **71-72**: 73-78.
- Forlani A., Crestanello B., Mantovani S., Livoreil B., Zane L., Bertorelle G. & L., Congiu, 2005. Identification and characterization of microsatellite markers in Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*, Testudinidae). *Molecular Ecology Notes*, **5**: 228-230.
- Gagno, S., 2005. Diversité parasitaire intestinale chez la Tortue d'Hermann *Testudo hermanni* (Gmelin, 1789) (Chelonii, Testudinidae) en captivité et dans la nature (Var, France). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **113-114**: 5-16.



- Gagno, S., 2006. Parasitologie des Chéloniens – Helminthes - Biologie, Ecologie, Pathologie. *Chelonii*, Volume V., Ed. Soptom, 211 p.
- Gagno S. & Alotto C. 2010. Géophagie chez la Tortue d'Hermann, *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 (Chelonii, testudinidae), dans la région des Maures (Var, France). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **135-136**: 23-32.
- Gagno S., Chapelin-Viscardi J-D. & P. Ponel (2013) 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.
- Gagno S., Jardé N., Marchis N. & J-M. Ballouard (2013) Pressions anthropiques subies par les chéloniens dans le Var, *Testudo hermanni* (Gmelin, 1789) et *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758): premier retour d'un centre de soins de la faune sauvage. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **145**: 157–168.
- Hailey, A., Pulford, E. & Stubbs, D., 1984. Summer activity patterns of *Testudo hermanni* Gmelin in Greece and France. *Amphibia-Reptilia*, **5**: 69-78.
- Lecq S., Ballouard J-M., Caron S., Livoreil B., Seynaeve V., Matthieu L-A. & X. Bonnet (2014) The body condition and habitat use by Hermann's tortoises in burnt and intact habitats. *Conservation Physiology*, **2(1)**: cou019 doi: 10.1093/conphys/cou019.
- Lelièvre, H., Rivalan, P., Delmas, V., Ballouard, J-M., Bonnet, X., Blouin-Demers, G. & O., Lourdaï (2013) The thermoregulatory strategy of two sympatric colubrid snakes affects their demography. *Population ecology*, **55(4)**: 585-593.
- Lepeigneul O., Ballouard J-M., Beck E., Barbier M., Buisson E., Bonnet X. & S. Caron (2014) Immediate response to translocation without acclimation from captivity to the wild in Hermann's tortoise. *European Journal of Wildlife Research*, **60(6)**: 897–907.
- Livoreil B., Bourlet C. & P. Denecker, 2003. L'acclimatation joue-t-elle un rôle sur la dispersion des tortues d'Hermann relâchées dans un milieu naturel? Approche expérimentale. In: L'Éthologie Appliquée Aujourd'Hui. Volume II, Gestion Des Espèces Et Des Habitats. C., Baudoin (ed.), Paris, ED, pp. 55-65.
- Livoreil B., Picard S. & C. Hignard, 2003. Comportement antiprédateur et conservation de la Tortue d'Hermann *Testudo hermanni hermanni*. In: L'Éthologie Appliquée Aujourd'Hui. Volume II, Gestion Des Espèces Et Des Habitats. C., Baudoin (ed.), Paris, ED, pp. 79-85.
- Livoreil B. & A.C. Van Der Kuyl, 2005. Genetic Analysis of Mitochondrial DNA Variation in Eastern and Western African Spurred Tortoises, *Geochelone sulcata*. *Chelonian Conservation and Biology*, **4(4)**: 949–952.
- Livoreil, B., 2009. Distribution of the endangered Hermann's tortoise *Testudo hermanni hermanni* in Var, France, and recommendations for its conservation. *Oryx*, **43**: 299-305.
- Micheli G., Caron S., Michel C. & J-M., Ballouard (2014) Le comportement anti-prédateur de la tortue d'Hermann, *Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789, est-il altéré après un long séjour en semi-captivité ? *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, **152** : 1-12.
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C. & J., Corte-Real, 2006. Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research*, **31**: 85-95.
- Nagy, K.A., Henen, B.T. & L., Scott Hillard, 2020. Head-started Agassiz's desert tortoises *Gopherus agassizii* achieved high survival, growth, and body condition in natural field enclosures. *Endang. Species Res.*, **43**: 305–321.
- Nikolić, S., Golubović, A., Bonnet, X., Arsovski, D., Ballouard, J-M., Ajtić, R., Sterijovski, B., Iković, V., Vujović, A. & L., Tomović (2018) Why an Apparently Prosperous Subspecies Needs Strict Protection: The Case of *Testudo hermanni boettgeri* from the Central Balkans. *Herpetological Conservation and Biology*, **13(3)**: 673–690.
- Pérez, M., Leblois, R., Livoreil, B., Bour, R., Lambourdière, J., Samadi, S. & M.-C., Boisselier, 2012. Effects of landscape features and demographic history on the genetic structure of *Testudo marginata* populations in the southern Peloponnese and Sardinia. *Biological Journal of the Linnean Society*, **105**: 591–606.



- Perez M, Livoreil B, Mantovani S, Boisselier MC, Crestanello B, Abdelkrim J, Bonillo C, Goutner V, Lambourdière J, Pierpaoli M, Sterijovski B, Tomovic L, Vilaça ST, Mazzotti S, Bertorelle G (2013) Genetic variation and population structure in the endangered Hermann's tortoise: the roles of geography and human-mediated processes. *Journal of Heredity*, **105(1)**: 70–81.
- Pille, F., Caron, S., Bonnet, X., Deleuze, S., Busson, D., Etien, T., Girard, F. & J-M., Ballouard (2018) Settlement pattern of tortoises translocated into the wild: a key to evaluate population reinforcement success. *Biodiversity and Conservation*, **7(2)**: 437-457.
- Provost, G., Lassey, J-L., Ballouard, J-M. & X., Bonnet (2014) Reptiles : Une expérience originale au Mans. *Le courrier de la Nature*, **284** : 8-11.
- Pulford, E., Hailey, A. & Stubbs, D., 1984. Thermal relations of *Testudo hermanni* in France. *Amphibia-Reptilia*, **5**: 37-41.
- Pullin A.S, Báldi A., Can O.E., Dieterich M., Kati V., Livoreil B., Lövei G., Mihók B., Nevin O., Selva N., Sousa-Pinto I., 2009. Conservation Focus on Europe: Major Conservation Policy Issues That Need to Be Informed by Conservation Science. *Conservation Biology*, **23(4)**: 818-24.
- Sibeaux A., Michel C.L., Bonnet X., Caron S., Fournière K., Gagno S. & J-M. Ballouard (2016) Sex-specific ecophysiological responses to environmental fluctuations of free-ranging Hermann's tortoises: implication for conservation. *Conservation Physiology*, **4(1)**: cow054.
- Sjögren-Gulve P., Långström E., Báldi A., Ibsch P., Kati V., Livoreil B., Selva N., 2007. Conservation biology and the 300th Anniversary of the birth of Carl Linnaeus. *Conservation Biology*, **21(4)**: 905-906.
- Sterijovski, B., Ajtić, R., Tomović, L., Djordjević, S., Djurakić, M., Golubović, A., Crnobrnja-Isailović, J., Ballouard, J-M., Groupf, F. & X., Bonnet, 2011. *Natrix tessellata* on Golem Grad, FYR of Macedonia: a natural fortress shelters a prosperous snake population. *Mertensiella*, **18**: 298-301.
- Stubbs, D., Hailey, A., Pulford, E. & Tyler, W., 1984. Population ecology of European tortoises: review of field techniques. *Amphibia-Reptilia*, **5**: 57-68.
- Stubbs, D. & I.R., Swingland, 1985. The ecology of the Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Canadian Journal of Zoology*, **63**: 169-180.
- Stubbs, D., Swingland, I.R., Hailey, A. & E., Pulford, 1985. The ecology of the mediterranean tortoise *Testudo-hermanni* in northern Greece (the effects of a catastrophe on population-structure and density). *Biological Conservation*, **31**: 125-152.
- Swingland, I.R. & D., Stubbs, 1985. The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): reproduction. *Journal of Zoology*, **205**: 595-610.
- Stubbs D., 1989. Mediterranean Basin and Western Asia. In: The Conservation Biology of Tortoises. Swingland, I.R. & M.W., Klemens (Eds.), IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group and The Durrell Institute for Conservation and Ecology, Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission, n°5, pp. 29-42.
- Swingland I.R., Stubbs D., Newdick M. & B. Worton, 1986. Movement patterns in *Testudo hermanni* and implications for management. In: Proceedings of the European Herpetological Meeting, Prague. Roček, Z. (ed.), Studies in Herpetology, pp. 573-578.



16. Liste des figures, tableaux et photographies

Figure 1.	Organigramme expérimental illustrant la translocation.....	10
Figure 2.	Aire de répartition Française.....	15
Figure 3.	Tortue d'Hermann.....	16
Figure 4.	Cycle d'activité de la Tortue d'Hermann au cours de l'année.....	17
Figure 5.	Comparaison de la condition corporelle des individus situés sur la zone intacte et sur la zone brûlée, avant et après le feu de 2003.....	26
Figure 6.	Distance en ligne droite parcourue en fonction du temps par les tortues suivies par radiopistage, depuis les points de capture.....	28
Figure 7.	Codes de marquage attribués aux individus.....	35
Figure 8.	Régression linéaire entre la taille (SCL) et la masse des individus au 15 octobre 2020....	36
Figure 9.	Planification d'une translocation conservatoire.....	37
Figure 10.	Matrice qualitative des risques.....	41
Figure 11.	Habitats préférentiellement recherchés (Indice de Jacob).....	45
Figure 12.	Localisations des tortues échantillonnées dans le Var et des hybrides détectés à postériori d'après le logiciel NEWHYBRID.....	49
Figure 13.	Sites naturels échantillonnées au sein de l'aire de répartition varoise de la Tortue d'Hermann.	52
Figure 14.	Arbre décisionnel de sélection des individus.....	63
Figure 15.	Localisation des 23 sites retenus pour cette étude de faisabilité.....	67
Figure 16.	Longueur de dossière (CL) d'une tortue (d'après Bonnet <i>et al.</i> , 2001).....	83
Tableau 1.	Nombre d'individus du centre selon leur âge et leur sexe (au 1 ^{er} janvier 2021).....	33
Tableau 2.	Taille des individus (SCL) au 15 octobre 2020 selon leur année de naissance.....	35
Tableau 3.	Exemples de critères d'évaluation propres à une opération de renforcement de Tortue d'Hermann à partir d'individus juvéniles.....	40
Tableau 4.	Evaluation qualitative des risques inhérents au projet de renforcement.....	42
Tableau 5.	Moyennes et médianes des tailles des domaines vitaux annuels (DV) en hectares des tortues suivies par télémétrie sur 9 sites dans le Var.....	46
Tableau 6.	Caractéristiques générales des 23 sites de l'étude de faisabilité.....	65
Tableau 7.	Evaluation des sites : scores écologiques/finaux et classification.....	70
Photo 1.	Cistude d'Europe (à gauche) et Tortue d'Hermann (à droite) soignées au CSFS.....	8
Photo 2.	Divers états possibles de tortues ayant succombées à un incendie.....	20
Photo 3.	Tortue survivante équipée et souches d'arbres servant de cachettes.....	21
Photo 4.	Relâcher sans acclimatation et tortue équipée.....	27
Photo 5.	Suivi par radiotracking.....	30
Photo 6.	Eclosion en incubateur (à gauche) et jeunes tortues d'Hermann (à droite).....	33
Photo 7.	Enclos utilisé au centre (à gauche pour les adultes, à droite pour les juvéniles).....	34
Photo 8.	Jeunes tortues nées en incubateur ou directement en enclos extérieur.....	36
Photo 9.	Juvénile de 1 an de Tortue d'Hermann.....	47
Photo 10.	Prise de sang réalisée lors de suivis sanitaires.....	50
Photo 11.	Parcours expérimental avec différents modules.....	54
Photo 12.	Suivi de la condition physique des tortues via la pesée et les mesures.....	62
Photo 13.	Site des Caps Lardier et Taillat dans l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros..	66
Photo 14.	Site des "Petites Maures".....	66
Photo 15.	Site du Massif de l'Estérel.....	66



17. Annexe I : Etude sur l'écologie d'une population de juvénile *in-situ*

Quel que soit les espèces de reptiles, du fait de leur nature cryptique du à leur petites tailles et leur vie caché, les informations concernant l'écologie des juvéniles sont très rares en comparaison avec les adultes. De plus, il est souvent admis que la survie des juvéniles est très faible. On ne dispose donc à ce jour que de très partielles informations sur leur comportement et l'utilisation de l'espace. Or, du fait de contraintes différentes (prédation) l'écologie des juvéniles (e.g. utilisation de l'habitat) peut être différentes de celle des individus adultes. De plus, chez les espèces longévives, notamment comme les tortues terrestres, les juvéniles doivent prendre une part importante de la taille et de la structure des populations si l'on considère l'ensemble des individus dont l'âge est inférieur à 10 ans dans une population. Ainsi chez les tortues d'Hermann, grâce à un réseau de plaques refuges, nous avons pu mettre en évidence sur un site (Flassans-sur-Issole) que un nombre auparavant insoupçonnés de jeunes individus présents.

Il est donc essentiel d'améliorer les connaissances sur spécifiquement sur cette classe d'âge : 1- pour mieux connaître les point clés permettant d'améliorer leur survie, et de les favoriser par exemple via la gestion de certains types d'habitat ou de sélectionner des sites de relâchés appropriés. 2- disposer de références pour évaluer le succès du renforcement d'individus, en comparant par exemple le comportement des individus relâchés et d'éventuelle déviance de leur trait d'histoire de vie (dispersion).

Grâce au suivi télémétrique de 20 juvéniles de Tortue d'Hermann (réalisé en 2015 et 2016), nous avons pu analyser et caractériser en 2020, pour la première fois différentes paramètres écologiques d'une population de juvéniles. L'objectif de l'étude est de caractériser l'utilisation de l'espace et de l'habitat par les juvéniles. Plus précisément, il est question de mesurer la taille des domaines vitaux, les distances journalières parcourues, les préférences en termes d'habitats.

Méthodes

Les individus préalablement détectés grâce à un réseau de plaques refuges ont été équipés sur le site de Flassans en 2015 (N=10) et en 2016 (N=10) à partir de fin avril période où les juvéniles commence à être détectable sous plaques (Ballouard et al. 2013). Les individus juvéniles (<9 ans) sont répartis équitablement selon les différents âges (table 1). Chaque individu a été équipé d'émetteurs collés en arrière de la carapace, sans excéder 5 % de la masse de l'animal, (durée de vie des batteries de 6 mois). Le suivi des individus couvrent l'ensemble des saisons d'activité et terminent en général en Octobre peut avant l'entrée en hibernation ; Les individus ont été localisés, à raison d'un point par jour. Sept tortues ont été localisées 3 fois par jours pendant 4 jours à deux périodes différentes (début et fin mai). Selon les individus, 32 à 118 localisations ont été obtenues, avec une moyenne de 79 ± 20 points.

La taille des domaines vitaux ont été déterminés à l'aide de la méthode des MCP (minimum convex polygon), qui permet de déterminer l'aire de répartition en incluant toutes les localisations de chaque individu (MCP 100) ; Les zones d'activité principales ont été estimées avec la méthode des kernels qui permet d'estimer la distribution d'un individu selon une probabilité de présence choisie ici (50%). Le calcul des Kernel dépend d'un facteur de lissage (h) qui a été choisi de sorte que la valeur du Kernel 95 soit égale à la valeur du MCP (Kernel ajusté). Le nombre important de localisations réalisées (moyenne de 79 ; 32-122) permettent d'avoir une bonne estimation de la taille des domaines vitaux (Tableau 1).



Tableau 1. Caractéristique des 20 tortues juvéniles suivies en 2015 et 2016.

ID	Age	Longueur de carapace	Masse	Année	Date d'équipement	Date de fin de suivi	Nombre de localisation
E020	6	84,9	144,0	2015	22/05/2015	13/10/2015	84
E046	7	92,2	180,0	2015	22/05/2015	27/10/2015	85
E061	8	96,8	206,0	2015	18/05/2015	30/09/2015	83
E091	3	53,9	46,0	2016	02/05/2016	18/10/2016	82
E098	8	98,0	263,0	2016	19/05/2016	19/10/2016	75
E099	7	81,1	154,0	2016	20/05/2016	18/10/2016	74
E101	4	71,1	92,0	2016	26/05/2016	19/10/2016	69
E102	8	94,5	234,0	2016	26/05/2016	13/10/2016	70
E103	7	82,2	156,0	2016	16/05/2016	28/10/2016	71
E177	8	88,6	170,0	2015	29/04/2015	27/10/2015	118
E182	5	75,1	91,0	2015	28/04/2015	27/10/2015	122
E202	7	78,5	124,0	2015	07/05/2015	28/05/2015	32
E205	3	63,8	59,0	2015	01/06/2015	27/10/2015	80
E206	4	72,5	95,0	2015	05/05/2015	12/08/2015	87
E452	5	68,5	90,0	2015	11/05/2015	27/10/2015	102
E453	4	58,3	58,0	2016	26/04/2016	18/10/2016	83
E455	4	66,5	77,0	2016	07/05/2016	24/06/2016	44
E470	4	71,4	86,0	2015	04/05/2015	27/10/2015	75
E492	6	81,9	142,0	2016	19/05/2016	18/10/2016	74
E496	4	59,0	57,0	2016	03/05/2016	18/10/2016	81
E909	3	62,4	54,0	2015	08/06/2015	27/10/2015	69

Les déplacements journaliers (« distance diurne ») ont été déterminés en additionnant les distances parcourues entre 3 points de localisation la même journée (matin, midi, soir). L'échantillonnage de trois relevés par jour a été effectué entre 2 et 14 jours selon les individus (moyenne de 7). Une seconde méthode nous a permis de déterminer, pour tous les individus, les déplacements moyens journaliers sur les différentes quinzaines de l'année (distance journalière moyenne). Les distances parcourues entre chaque point journalier sont additionnées et divisées par le nombre de jours séparant la première observation de la dernière.

L'habitat (micro-habitat et macro-habitat) et le comportement des individus (activité, cachette) ont été décrits lors de chacune des localisations des individus. Les macro-habitats pouvaient être de plusieurs types (friches, ronciers, garrigue, genêts, prairie, lisière...). Les micro-habitats ont été caractérisés par onze variables quantitatives et portant sur les pourcentages des différents types de substrats (bois, litière, mousse, roche, sol nu), des strates de végétation (herbacée, arbustive, sous arbustive), mais aussi sur l'hygrométrie et la température ambiante à l'ombre. Des relevés similaires ont également été effectués sur des points pris au hasard à 10 m de chaque observation de tortue. La comparaison des microhabitats présents sur les points aléatoires et les points des tortues nous permet de savoir s'il a été sélectionné. Les observations des tortues qui sont restées immobiles depuis le dernier relevé ont été supprimées afin d'éviter la pseudo-réplication. Au total, 1486 observations ont été prises en compte dans les analyses. Pour chaque observation, le type d'activité (basking, alimentation, déplacement, immobilité), le comportement anti-prédateur (se débat, se rétracte, rien) et le camouflage (caché, découvert, partiellement caché) ont également été notés,



ainsi que les espèces majoritaires des trois strates végétales, le matériel utilisé pour l'éventuel camouflage.

Domaine vitaux et mouvements

Sur les 20 animaux suivis, aucune mortalité n'a été relevée. Les domaines vitaux des juvéniles (100% MCP) ont une valeur moyenne de $2,9 \pm 5,1$ ha et une médiane de 0,89 ha et avec une étendue importante 0,1 ha à 17,7 ha selon les individus. Les zones d'activité principales (50% Kernel ajusté) ont une moyenne de $0,4 \pm 0,8$ ha et une médiane de 0,18 ha et s'étendent de 0,01 à 2,93 ha selon les individus. Les zones d'activité principales représentent 8,1% à 21,7% des domaines vitaux des individus.

Tableau 2. Taille des domaines vitaux (MCP), des aires d'activité principales et des mouvements journaliers des tortues suivies en 2015 et 2016.

ID	MCP (ha)	Kernel 50 Ajusté (ha)	Distance diurne (m)	N de jour	Distance jour moyenne (m)	Nb de quinzaine
E020	1,21	0,25	32,92 ± 30,51	8	22,68 ± 11	9
E046	2,58	0,33	30,84 ± 20,17	7	24,49 ± 20,14	9
E061	17,76	2,93	49,72 ± 95,22	7	23,61 ± 18,27	9
E091	2,56	0,44	8,5 ± 9,57	6	6,94 ± 5,35	9
E098	0,23	0,05	29,19 ± 28,17	6	12,74 ± 4,65	8
E099	5,94	0,48	15,07 ± 25,89	6	22,87 ± 13,76	8
E101	0,54	0,07	21,61 ± 20,15	6	18,61 ± 8,12	7
E102	2,38	0,49	21,58 ± 17,75	6	25,04 ± 6,5	7
E103	1,42	0,18	8,26 ± 14,45	6	16,43 ± 4,39	7
E177	4,61	0,68	21,77 ± 17,88	13	18,91 ± 10,54	11
E182	0,89	0,18	17,26 ± 16,73	13	13,04 ± 6,08	11
E202	0,1	0,02	18,51 ± 15,43	7	11,06 ± 3,45	2
E205	0,96	0,13	6,62 ± 6,01	2	9,71 ± 3,62	8
E206	17,43	2,71	26,22 ± 18,15	14	22,15 ± 14,91	7
E452	0,66	0,1	24,7 ± 21,76	12	15,51 ± 8,3	10
E453	0,89	0,18	10,37 ± 8,05	6	12,58 ± 3,68	10
E455	0,28	0,05	6,73 ± 10,84	6	10,95 ± 5,26	4
E470	0,34	0,04	12,08 ± 11	3	5,29 ± 3,41	8
E492	0,46	0,06	12,59 ± 24,83	6	15,6 ± 7,91	8
E496	0,11	0,02	2,76 ± 2,98	6	6,97 ± 3,55	9
E909	0,06	0,01	13,11 ± 2,47	3	8,15 ± 2,43	8

Les déplacements individuels moyens journalier sont de l'ordre de quelque dizaine de mètres parcourus par jour, avec des moyennes de 19 m/j pour la première méthode (distance diurne) et de 15 m/j pour la seconde. Les 146 distances diurnes déterminées par la première méthode (figure ci-dessous) ont une distribution assez étendue, avec beaucoup de petites valeurs (premier quartile à 4 m/j), mais aussi quelques valeurs élevées (troisième quartile à 28 m/j, valeur maximale à 265 m/j). Les distances parcourues restent cependant souvent modérées et inférieures à 13 m (médiane), les tortues peuvent parfois parcourir de grandes distances au cours d'une journée, puisque 10 % des 147 valeurs sont au-dessus de 50 m/j.



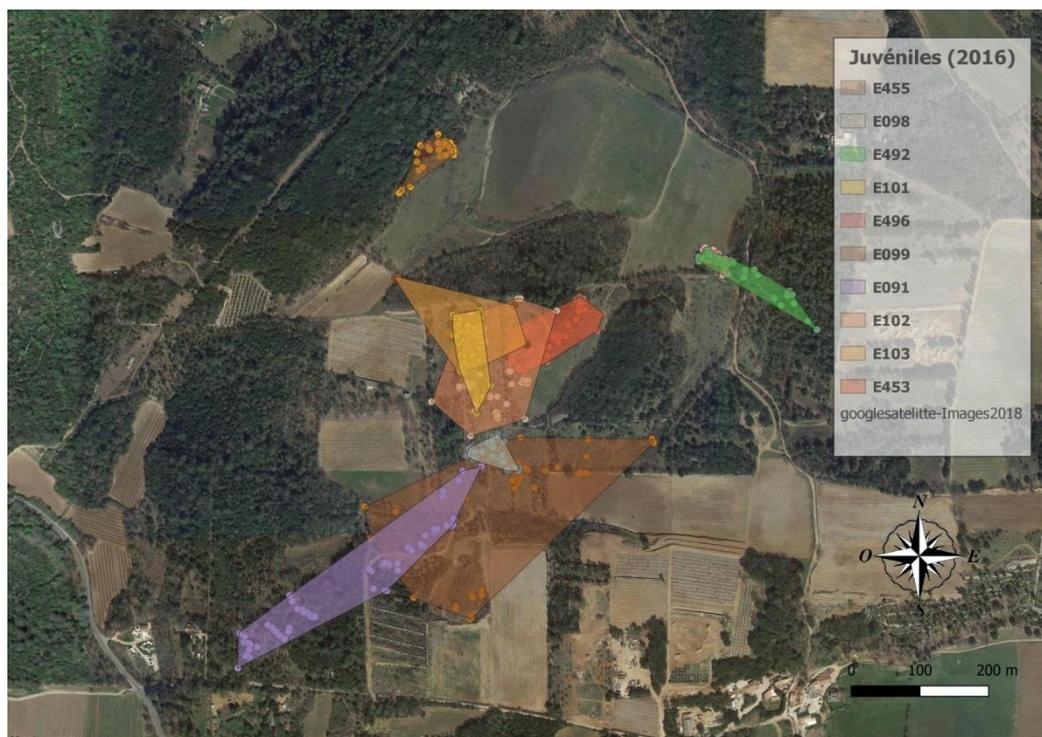


Figure 1. Localisation des tortues juvéniles et domaines vitaux (MCP) en 2016.

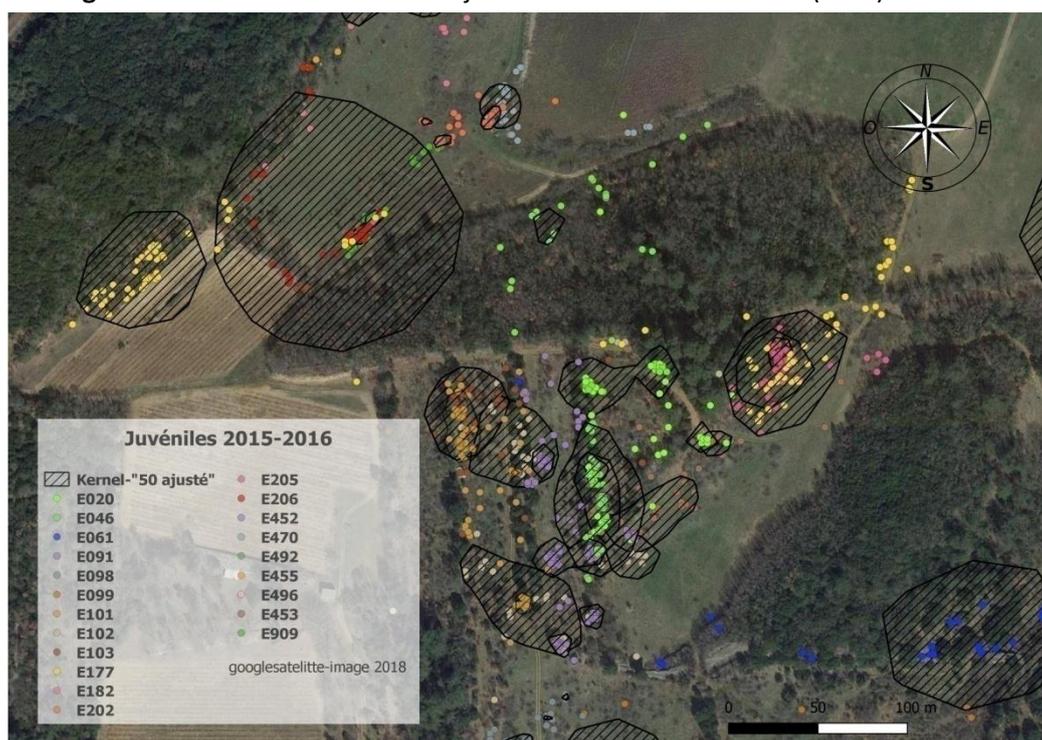


Figure 2. Localisations des tortues juvéniles et aires d'activité principales (Kernel 50 ajusté) en 2015 et 2016.

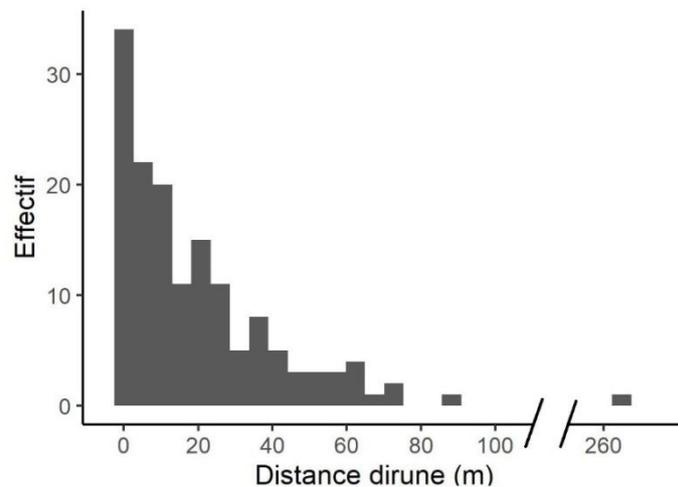


Figure 3. Etendue des distances diurnes parcourues par les juvéniles lorsque les individus ont été suivis 3 fois dans la même journée (n=146).

Effet de l'âge et de la saison sur les mouvements journaliers

Bien que l'effet ne soit pas significatif notons qu'il existe une corrélation positive entre la taille des domaines vitaux et l'âge des individus. La valeur médiane des DV est toujours inférieure à 1 pour les individus de 3/4 ans et de 4/5 ans (0,9 et 0,5 ha respectivement) puis augmente pour les individus de 6/7 ans et de 8/9 ans (1,3 et 3,5 ha respectivement).

Un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec les individus en facteur aléatoires et la quinzaine en effet fixe, montre qu'il existe une relation positive entre la distance journalière moyenne (log) et la taille (log SCL, mm) des individus (R^2 marginal = 0.4 (ajustement sans prendre en compte les effets aléatoires des individus), $p < 0,01$). L'effet fixe de la quinzaine sur l'intercept s'étend de -1,1 à 0,45 selon les quinzaines, signifiant qu'indépendamment de la taille (scl) et donc de l'âge des tortues, la distance journalière varie selon les quinzaines (Figure 4).

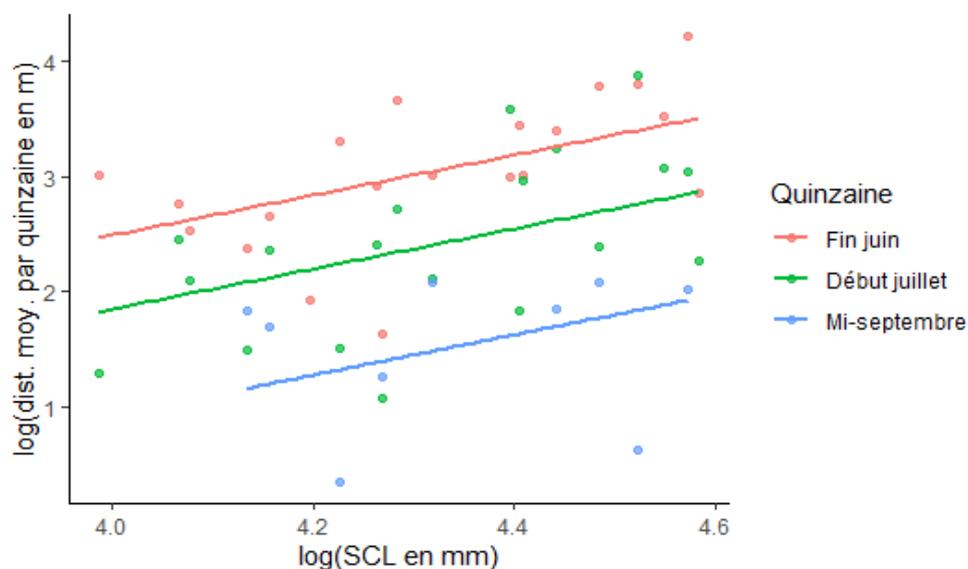


Figure 4. Relation positive observée entre la taille de l'animal (SCL) et les distances journalières moyennes pour les quinzaines de fin juin, début juillet et mi-septembre.



La distance moyenne pour la quinzaine 13 (fin juin) est supérieure à toutes les quinzaines suivantes de l'année, montrant qu'il y a une diminution des distances parcourues à partir de début juillet. Avec une valeur réelle de 5 m/j, la distance moyenne de la dernière quinzaine est inférieure toutes les autres. Les distances moyennes de toutes les autres quinzaines semblent intermédiaires, s'étalant de 12 m/j à 18 m/j. L'effet aléatoire de l'individu sur l'intercept, soit la différence du niveau de base des distances journalières moyennes variait quant à elle de -0,5 à 0,3 selon les individus, indique qu'indépendamment du moment de l'année et de l'âge des tortues, il existe une variation individuelle non expliquée par nos relevés, mais qui pourrait par exemple être reliée à la personnalité des tortues.

Utilisation des habitats

A l'échelle du macro-habitat (533 observations prise en compte où des points aléatoires ont été réalisés), la distribution des macro-habitats utilisés par les tortues et ceux présents de façon aléatoire est différentes ($\chi^2 = 1835$; $df = 8$; $p\text{-value} < 0,001$). Bien que les forêts occupent une partie importante de la zone d'étude (40%, Ballouard et al. 2016), les jeunes tortues sont très rarement observées dans ce type d'habitat (6.4 %), (Figure 5). Bien qu'on retrouve majoritairement les tortues dans les friches (58 %), cet habitat est moins exploité par les tortues par rapport à l'occupation que cet habitat représente (67,5 %). De même, les prairies qui occupent 13.5 % des points aléatoires semblent évitées par les tortues (3% des observations des tortues). De façon intéressante cet évitement est réalisé au profit des ronciers qui sont davantage sélectionnés par les tortues (occupation aléatoire 0.6 % vs 14 % par les tortues). Dans une moindre mesure les genêts (8 % vs 3 %) et les lisières (6% vs 2%) sont davantage utilisés.

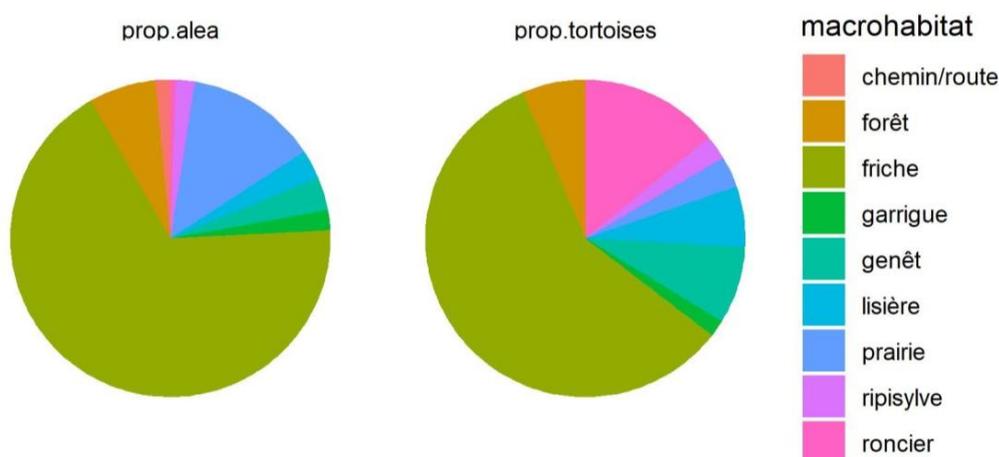


Figure 5. Proportion des macro-habitats relevés au niveau de tortues (prop. tortoises) comparés avec les proportions des macro-habitats relevés au point aléatoires prop.alea (10m).

A l'échelle du micro-habitat, la structure et la composition des micro-habitats sélectionnés par les tortues semble différente des micro-habitats échantillonnés de manière aléatoire (Figure 6). Les tortues semblent préférer des substrats riches en litière (en moyenne 62 ± 34 % pour les tortues contre $32,0 \pm 33,6$ % pour les points aléatoires, tests de Wilcoxon : $W = 225523$, $p\text{-value} < 0,01$) avec une strate sous-arbustive abondante (26 ± 25 % contre 19 ± 27 %, $W = 193574$, $p\text{-value} < 0,01$). A l'inverse, les tortues semblent éviter les micro-habitats où la strate herbacée est importante ($W = 186838$, $p\text{-value} < 0.01$).

De façon intéressante notons que l'utilisation des ces habitats par les jeunes tortues est constante quelque soit la saison, le comportement (inactif vs actif), ou l'âge des individus.

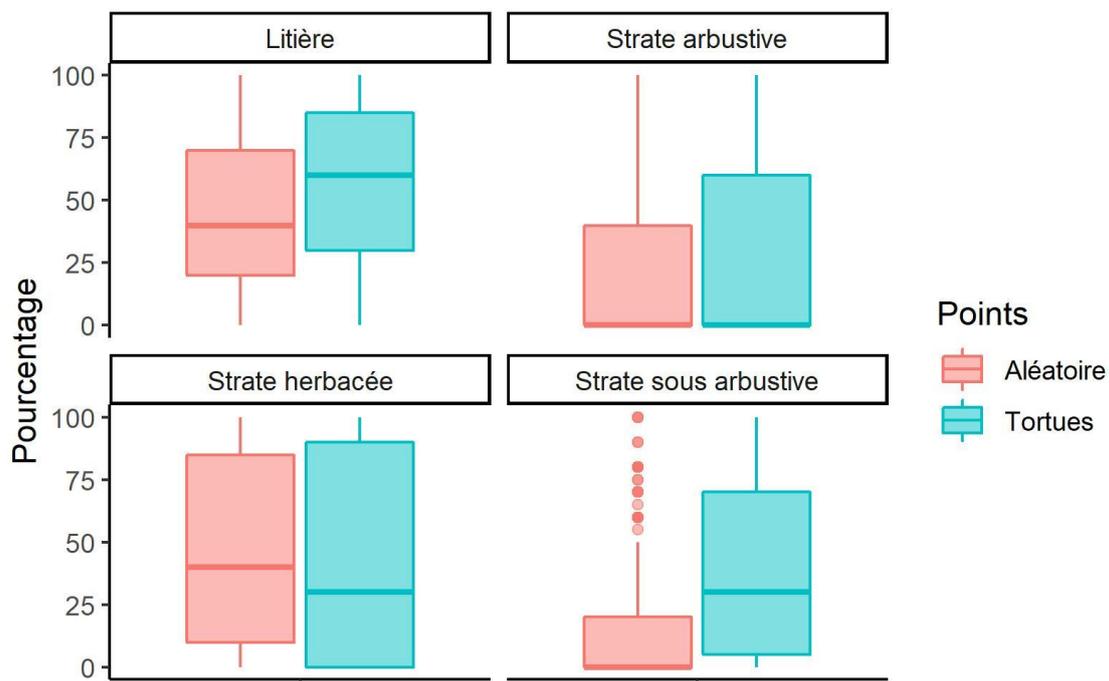


Figure 6. Proportion moyenne des micro-habitats relevés au niveau de tortues (« Tortues ») comparés avec les proportions des macro-habitats relevés au point aléatoires (10m, « Aléatoires »).



18. Annexe II : Attestation formation utilisation d'animaux de la faune sauvage non-hébergée à fins scientifiques



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



Le **MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE**
en partenariat avec
Le **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** et
L'OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET LA FAUNE SAUVAGE

ATTESTATION

DE SUIVI ET VALIDATION DE LA
**FORMATION A L'UTILISATION D'ANIMAUX
DE LA FAUNE SAUVAGE NON-HEBERGEE
A FINS SCIENTIFIQUES**

- NIVEAU CONCEPTEUR -

Vu le décret n°2013-118 du 01 Février 2013, et les arrêtés afférents, relatif à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques
Vu l'agrément de la formation par le Ministère chargé de l'Agriculture sous le n° I-75-MNHN-F1-15 en date du 17 juin 2015

Je soussigné, Dr. Pierre-Yves HENRY, responsable pédagogique de la formation, certifie que :

M. Jean-Marie BALLOUARD

a suivi la totalité de la formation à l'utilisation d'animaux à fins scientifiques, niveau Concepteur, destinée aux personnels assurant les fonctions de conception et/ou réalisation de procédures expérimentales, y compris l'euthanasie, composée d'un module de base obligatoire (25 heures), ayant eu lieu du 19 au 22 mars 2019 au Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris, 75), et d'un module complémentaire spécifique obligatoire (32 heures), ayant eu lieu du 09 au 13 septembre 2019 au Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (Villiers-en-Bois, 79).

L'intéressé(e) a réussi avec succès l'examen d'évaluation des connaissances sanctionnant cette formation.

Fait à Paris, le 04 décembre 2019

Pour en jouir avec les droits et prérogatives qui y sont attachés.

CNRS - UMR 7179 - MNHN
Mécanismes adaptatifs :
des organismes aux communautés
1-4, avenue du Petit Château
91800 BRUNOY



Le responsable pédagogique :
Dr. Pierre-Yves HENRY
Service de la Formation Tout au Long de la Vie
Direction de l'Enseignement et de la Formation
Muséum National d'Histoire Naturelle
57 rue Cuvier, CP 27, 75231 Paris, Cedex 05, France



19. Annexe III : Grille d'évaluation des sites

Chacun des critères (N=20) est noté selon une catégorie de classification (inadéquat à optimal), elle-même évalué selon des caractéristiques écologiques ou générales définies.

Critère	Optimal (4)	Bon (2)	Moyen (1)	Inadéquat (-2)
1) Climat	méditerranéen	méditerranéen	subméditerranéen	hors de l'aire du climat méditerranéen ou subméditerranéen
2) Formation végétale et habitat	forêts plus ou moins ouvertes de chênes lièges ou de chênes vert-prairie ou friche	maquis ou garrigues plus ou moins ouvertes-pâtures avec buissons abondants- plantations abandonnées ou en régime extensive	pinèdes ouvertes - maquis ou garrigues denses	plantations forestières denses-pinèdes fermées -cultures intensives
3) Relief	doux □	doux et accidenté	accidenté	très accidenté
4) Possibilités d'alimentation	ressources disponibles et abondantes pendant toute la période d'activité	ressources disponibles et abondantes pendant la plupart de la période d'activité	ressources disponibles pendant une partie de la période d'activité □	ressources peu abondantes pendant la période d'activité ou inconnues □
5) Possibilités d'insolation	abondantes	dispersés	limitées	limitées
6) Lieux de ponte	dispersés et abondants □	dispersés	concentrés	concentrés et rares
7) Lieux de refuge	dispersés et abondants □	dispersés	concentrés	concentrés et rares
8) Possibilité d'expansion de la population	possibilités pour l'expansion de la population □	possibilités pour l'expansion de la population et formation de sous-populations	limitée, mais permettant de maintenir une « grosse » population	limitée, ne permettant pas l'expansion de la population
9) Barrières entre habitats favorables	non	oui, mais avec de bonnes possibilités de passage	oui, mais avec des possibilités réduites de passage	oui et infranchissables
10) Nombre d'espèces de prédateurs potentiels	bas	moyen	moyen	haut
11) Densité de prédateurs potentiels	basse	moyenne	moyenne	haute
12) Risque dû à l'activité humaine	nul	bas	moyen	haut
13) Présence d'eau	Cours d'eau ou point d'eaux permanents	<	vasques parfois en eau	absence
SCORE "écologique"				



Renforcement d'une population de Tortue d'Hermann sur un site incendié
Approche innovante et retour d'expérience

Critère	Optimal (4)	Bon (2)	Moyen (1)	Inadéquat (-2)
14) Surface foncière	supérieur à 100 hectares	50-100 hectares	10-50 hectares	<10 hectares
15) Isolement de la population	possibilité de colonisation par les pop voisine faible ou nulle	possibilité de colonisation par la pop voisine moyenne	possibilité de colonisation par la pop voisine bonne	possibilité de colonisation par la pop voisine très bonne
16) Distance au CRCC	≥ 50 km	20-50 km	10-20	< 10 km
17) Accessibilité du site et possibilité de suivis	bonne	moyenne	faible	nulle
18) Pertinence feu	feu < 5 ans OU répétition de 3 feux	feu < 15 ans ou répétition de 2 feux	feu < 30 ans	absence de feu depuis 30 ans
19) Maitrise du risque incendie	bonne surveillance et faible fréquentation	surveillance et fréquentation régulière	pas de surveillance et pas de fréquentation	pas de surveillance et forte fréquentation
20) Niveau de sensibilité/Densité de la population	vert	jaune	rouge	urbain
SCORE FINAL				



20. Annexe IV : Partenariat OFB



Convention



CONVENTION DE SUBVENTION N°OFB.20.1329

« RESTAURATION DE POPULATION DE TORTUE D'HERMANN SUR SITE INCENDIE, APPROCHE EXPERIMENTALE INNOVANTE ET RETOUR D'EXPERIENCE »

Entre

L'OFFICE FRANCAIS DE LA BIODIVERSITE, établissement public à caractère administratif, identifié par le n° SIRET 130 025 919 00015 et le code APE N°8413Z, dont le siège est sis 12 cours Louis Lumière, 94300 VINCENNES, Représenté par son Directeur général en exercice, M. Pierre DUBREUIL, ou son délégué ayant pouvoir à cet effet,

Ci-après dénommé « **OFB** »,

Adresse de correspondance :
Office français de la biodiversité
Pôle de Vincennes
Direction générale déléguée Mobilisation de la société
« Le Nadar », Hall C, 5 Square Félix Nadar
94300 Vincennes

D'une part,

Et

LA STATION D'OBSERVATION ET DE PROTECTION DES TORTUES ET DE LEUR MILIEUX, association 1901 identifiée par le n° SIRET 345 240 592 00021 et le code APE n°9499Z, dont le siège est sis 1065 Route du Luc, 83660 CARNOULES, représentée par son Président, M. Antoine CADI, ou son délégué ayant pouvoir à cet effet,

Ci-après dénommée « **le Bénéficiaire** »,

D'autre part.

L'OFB et le Bénéficiaire sont ci-après dénommés individuellement par la « **Partie** » et collectivement par les « **Parties** ».



21. Annexe V : Validation du COPIL PNA TH

■ Translocations de tortues et faisabilité (2.6/6.6)

Référent action : SOPTOM

J. CELSE rappelle que les translocations concernent plusieurs actions du PNA, étroitement liées les unes avec les autres, notamment : Action 2.6 : Suivre les expérimentations sur la réintroduction de spécimens captifs ou issus de sauvetages, mais également Action 6.6 : Mettre en œuvre des opérations ponctuelles de translocation d'individus sauvages issus de sauvetage.

Il est évoqué les études de faisabilité réalisées par la SOPTOM, notamment sur le site du Cap Taillat / Cap Lardier, dont la population a très fortement été impactée par l'incendie de 2017 (taux de mortalité de 90%).



Site du Cap Taillat incendié en 2017 et reprise de la végétation

J.M. BALLOUARD rappelle le cadre de ce type d'opération prévues uniquement sur site protégé pour renforcer la population déjà présente. La dynamisation de la population est aussi un outil de conservation pour faciliter la résilience de la population vis-à-vis des changements globaux (climatiques notamment).

A. CATARD (CEN PACA) évoque sa surprise, comme celle de l'ensemble des partenaires scientifiques impliqués, quant à l'avis négatif du Parc National de Port Cros relatif au projet de renforcement de population sur le Cap Lardier et Cap Taillat. Il demande si le PN de Port Cros peut expliquer les raisons de ce refus et si cette décision est temporaire.

E. DEBIZE (PN Port Cros) précise que le Parc national de Port Cros adopte une position de non intervention sur le site du Cap Lardier et ne souhaite donc pas en l'état s'engager dans une opération de renforcement de population.

Il est important de souligner ici que l'étude de faisabilité réalisée par la SOPTOM présente, sous l'axe scientifique, tous les enjeux du renforcement de population dont pourrait bénéficier l'espèce sur ce site du Cap Taillat / Cap Lardier, propriété du Conservatoire du Littoral dont une partie est directement gérée par le CEN PACA qui soutient cette initiative. Tous les paramètres recommandés par l'UICN sont ici pris en compte (y compris sur le plan sanitaire et génétique) et permettent de justifier pleinement cette opération, ce à quoi très peu de sites sont susceptibles de pouvoir prétendre dans le Var.



22. Annexe VI : Lettres de soutien du PNPC, du CEN PACA et de la DREAL PACA



Objet
Projet de renforcement expérimental de populations de Tortues d'Hermann après incendie – Lettre de soutien

SOPTOM
1065 Route du Luc
83660 Carnoules

Suivi par
Elodie DEBIZE
Tél. 04 94 12 89 21
elodie.debize@portcros-parcnational.fr
Réf. MD/ED/3450

Date
Hyères, le 21 juin 2021

En juillet 2017, le site du Cap Lardier, territoire du Parc national de Port-Cros, a subi un important incendie sur plus de 500 hectares détruisant les zones sur lesquelles étaient auparavant observées des Tortues d'Hermann. Cet incendie a causé la mort de nombreux individus : 35 individus morts ont été retrouvés contre 3 vivants dans les semaines suivant l'incendie. Les impacts directs (mortalité) de cet incendie ont été importants sur la faune et la flore du site et ont pu mettre en péril certains noyaux de populations d'espèces à forts enjeux de conservation telles que la Tortue d'Hermann.

En 2018, l'évaluation de l'état de la population de Tortue d'Hermann post-incendie a permis d'estimer la probabilité de survie moyenne des individus à 10% et mis en évidence une quasi-extinction de l'espèce sur les secteurs les plus brûlés.

Compte-tenu de la dynamique lente de populations chez cette espèce longévive, l'impact de l'incendie aura des conséquences durables sur la population du Cap Lardier. Le peu d'individus survivants en zone incendiée restreint fortement le potentiel de reconstitution des populations de manière intrinsèque.

Le projet de renforcement expérimental de populations de Tortue d'Hermann porté par la Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux (SOPTOM) a été présenté par Sébastien Caron et Jean-Marie Ballouard aux membres du Bureau du Conseil scientifique, à la Direction ainsi qu'au service Connaissance pour la Gestion de la Biodiversité du Parc national de Port-Cros, en février 2021.

Ce projet de translocation contribue à la gestion conservatoire de populations de faibles densités et fragmentées, telle que la population de Tortue d'Hermann du Cap Lardier et constitue un outil stratégique pour la reconquête de milieux incendiés.

Parc national de Port-Cros : Castel Sainte-Claire • 181, allée du Castel Sainte-Claire
BP 70220 • 83406 Hyères Cedex • Tél. +33 (0)4 94 12 82 30
www.portcrosparcnational.fr • accueil.pnpc@portcros-parcnational.fr



Les retours du Conseil scientifique étant favorables, le Parc national de Port-Cros atteste soutenir pleinement le projet de renforcement expérimental des populations de Tortue d'Hermann sur le site du Cap Lardier et confirme l'intérêt tant scientifique que de gestion conservatoire du projet envisagé.

Une co-construction du projet entre la SOPTOM et le Parc national est demandée par le Conseil scientifique du Parc national afin de définir les modalités du projet, les paramètres de précaution et les préconisations afférentes au projet de renforcement expérimental.

Le directeur,


Marc DUNCOMBE

Par délégation
Le Directeur Adjoint
François VICTOR



Parc national de Port-Cros





Aix-en-Provence, le 19 mai 2021

Lettre de soutien

Programme de renforcement de la population de tortues d'Hermann des Cap Taillat et Lardier

Les sites des Caps Taillat et Lardier (Ramatuella et la Croix-Valmer, Var) constituent l'une des rares entités encore naturelles du littoral varois qui abritent l'une des dernières sous-populations littorales de tortues d'Hermann de France continentale. Ces sites exceptionnels sont pour partie propriété du Conservatoire du Littoral et inclus dans l'aire d'adhésion du Parc National de Port-Cros. Le site du Cap Taillat est géré par le CEN PACA.

Ces sites ont subi un incendie majeur en juin 2017 sur la quasi-totalité de leur surface. Suite à cet incendie, les prospections 2017 et le suivi post-incendie 2018 ciblé sur l'espèce (réalisé grâce au partenariat mis en œuvre entre le CEN PACA, le Parc National de Port-Cros, la SOPTOM et le CEFE-CNRS) ont permis de mettre en évidence un taux de mortalité de 90 à 95%. Ce taux de mortalité particulièrement élevé a alors soulevé la question de la capacité de résilience de la population de ce secteur.

Depuis cet évènement, de nombreux échanges portés par la SOPTOM ont eu lieu entre scientifiques afin d'étudier la faisabilité d'un renforcement local de population sur ce site protégé.

Il est important de souligner ici que le renforcement de population est depuis longtemps identifié comme un outil de conservation pour la Tortue d'Hermann. Il faisait en effet déjà l'objet d'une action du plan national d'actions (PNA) Tortue d'Hermann 2009-2014 (action 7.6) permettant ainsi les expérimentations scientifiques portées par la SOPTOM et ciblées sur le sujet dans le cadre du programme LIFE 2010-2014. Le PNA Tortue d'Hermann actuel (2018-2027) a lui aussi une action dédiée à la translocation d'individus (action 2.6 dont la SOPTOM est responsable).

Le projet de renforcement des caps Taillat et Lardier a fait l'objet d'une démarche visant à en étudier la faisabilité depuis 2019. L'approche rigoureuse de la SOPTOM sur ce projet a permis d'apporter toutes les garanties nécessaires à sa bonne réalisation, notamment sur le plan sanitaire et génétique des individus pouvant être transloqués.

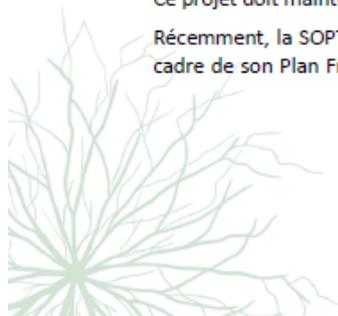
La SOPTOM a présenté ce projet en comité de pilotage du PNA qui l'a validé.

De même, le conseil scientifique du Parc National de Port-Cros a donné un avis favorable à ce projet.

Enfin, le CEN PACA a également donné son accord pour la mise en œuvre de ce projet lors de son conseil d'administration du 28 avril 2021.

Ce projet doit maintenant être soumis à l'avis du CNPN.

Récemment, la SOPTOM a obtenu le soutien financier de l'Office Français de la Biodiversité dans le cadre de son Plan France Relance, qui prévoit la reconquête de la biodiversité sur nos territoires, la



Siège social du Conservatoire d'espaces naturels
de Provence-Alpes-Côte d'Azur (CEN PACA)
Immeuble Atrium Bât. B - 4, avenue Marcel Pagnol - 13100 Aix-en-Provence
Tél. 04 42 20 03 83 - Courriel : contact@cen-paca.org - www.cen-paca.org
CODE APE : 9104 Z - N° SIRET : 340 747 047 00033

Membre de la Fédération des Conservatoires d'espaces naturels



lutte contre l'artificialisation des sols et l'accélération de la transition de notre modèle agricole pour une alimentation plus saine, durable et locale. L'OFB est notamment chargé de mettre en œuvre des actions du volet « restauration écologique pour la préservation et la valorisation des territoires ».

Au regard de ces éléments, le CEN PACA, animateur du PNA Tortue d'Hermann et gestionnaire du site du Cap Taillat, tient à apporter ici son soutien à ce projet visant le maintien de l'espèce sur les caps Taillat et Lardier.

Le soutien apporté aujourd'hui par le CEN PACA à ce projet est également l'occasion de souligner l'importance de l'enjeu de responsabilité et de l'implication du CEN PACA.

En effet, le CEN PACA, gestionnaire du site du Cap Taillat portera, comme le Conservatoire du Littoral, propriétaire du site, une responsabilité importante dans la réussite de ce programme. Ce programme nécessitera un suivi scientifique mais également une surveillance accrue de la part des gardes du littoral salariés du CEN PACA. Aussi, le CEN PACA souhaite à cette occasion souligner la nécessité de doter cette opération des moyens suffisants au titre de la mise en œuvre d'une action phare du PNA de l'espèce pour en assurer la bonne réussite. Le futur plan de gestion du site devra notamment intégrer cet enjeu phare du site et dimensionner les moyens de gestion associés en conséquence.

Henri Spini

Président du Conservatoire
d'espaces naturels de
Provence-Alpes-Côte d'Azur





**PRÉFET
DE LA RÉGION
PROVENCE- ALPES-
CÔTE D'AZUR**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement**

Notre ref : SBEP/UB/N°281

Marseille , le 29/07/2021

Service Biodiversité, Eau et Paysages
Affaire suivie par : Anaud Feltz
Tél. : 04 88 22 62 30
anaud.feltz@developpement-durable.gouv.fr

La directrice

à

Station d'Observation et de Protection des Tortues
et de leurs Milieux
1065, Route du Luc
F-83660 - CARNOULES

Objet : Projet de renforcement expérimental de population de Tortue d'Hermann après incendie

Les incendies de forêt apparaissent comme l'une des principales menaces pesant sur la tortue d'Hermann après les pertes irréversibles d'habitats dues à l'artificialisation des sols. Les habitats et les populations présentent en théorie des capacités de résilience après les feux mais un rythme de feu inférieur à 25 ans est très préjudiciable. En effet la tortue d'Hermann est une espèce longévive (près de 50-60 ans), à maturité tardive (10-12 ans) et à faible reproduction (3 à 4 œufs/an). Suivant l'intensité des feux, certaines sous-populations impactées n'auront sans doute pas le temps de se restaurer d'elles-mêmes avant qu'un prochain feu ne les touchent.

La mortalité due au feu dans le Var est importante (autour de 70 %). Elle peut atteindre un taux de 95% comme lors de l'incendie de 2017 sur les sites des Caps Taillat et Lardier (communes de Ramatuelle et la Croix Valmer), rares entités encore naturelles du littoral varois qui abritent l'une des dernières sous-populations littorales.

Ces taux de mortalité particulièrement élevés et l'intensification de la fréquence des feux de forêt dans un contexte de réchauffement climatique soulèvent la question de la capacité de résilience des populations de tortue d'Hermann sur les sites incendiés et ont conduit la SOPTOM à étudier la faisabilité d'un renforcement local de population.

Le renforcement de population constitue en effet un moyen de lutter contre l'affaiblissement des populations (Objectif 6 du plan national d'action (PNA) en faveur de la Tortue d'Hermann 2018-2027) et faisait déjà l'objet d'une action du PNA 2009-2014 (action 7.6) permettant ainsi les expérimentations scientifiques portées par la SOPTOM.

Le projet de renforcement de population de tortue d'Hermann sur les sites des caps Taillat et Lardier a fait l'objet au préalable d'une étude de faisabilité. Celle-ci vise à définir les sites d'accueil les plus pertinents (parmi 23 sites candidats), les modalités de sélection des individus et les critères de suivi de l'opération, et à s'assurer de l'acceptabilité du projet (maîtrise foncière des sites, accord des

36, Boulevard des Dames - 13002 Marseille - Tél. : 04 88 22 61 00
Adresse postale : 16, rue Zattara - CS 70249 - 13331 Marseille cedex 3
Horaires d'ouverture et modalités d'accueil sur : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>



propriétaires et/ou gestionnaires). Le projet a ainsi reçu l'avis favorable du conseil scientifique du parc national de Port-Cros (le site du cap Lardier étant inclus dans l'aire d'adhésion du parc) et du Conservatoire d'Espaces Naturels PACA (gestionnaire des sites des deux caps). Il a par ailleurs été évoqué dans le cadre du comité de pilotage du PNA 2018-2027, qui en a validé le principe.

Considérant que le projet répond à un des objectifs prioritaires du plan national d'action en faveur de la tortue d'Hermann et compte tenu des éléments indiqués ci-dessus, la DREAL émet un avis très favorable sur ce projet.

La Cheffe du service Biodiversité,
Eau et Paysages

Helene
SOUAN
helene.souan
Hélène SOUAN

Signature
numérique de
Helene SOUAN
helene.souan
Date : 2021.08.02
09:31:42 +02'00'

Copie : DDTM 83 /SEBIO
Ministère de l'Ecologie/ DGALN/DEB/ET
PACA

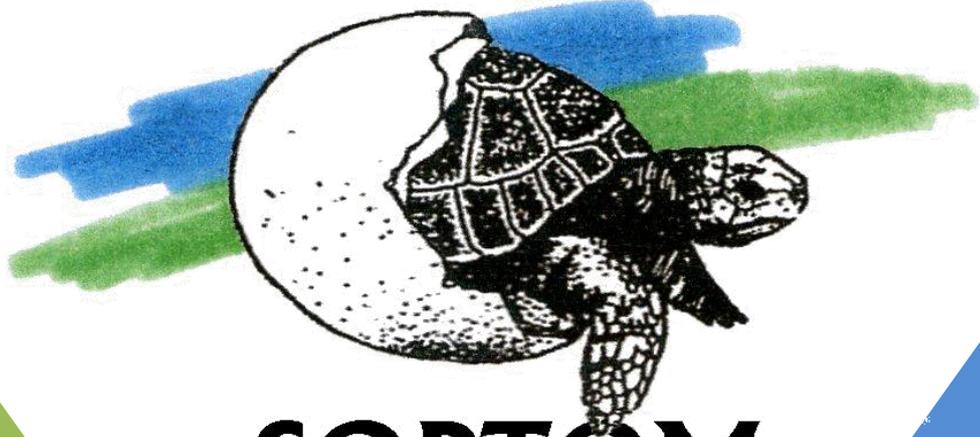
36, Boulevard des Dames - 13002 Marseille - Tél. : 04 88 22 61 00
Adresse postale : 16, rue Zattara - CS 70248 - 13331 Marseille cedex 3
Horaires d'ouverture et modalités d'accueil sur : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>



23. Liste des acronymes

AP : Arrêté préfectoral	ISDN : Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux
APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope	LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux
ARPE : Agence Régionale Pour l'Environnement	MEEDDAT : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
CBN : Conservatoire Botanique National	MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels	ONF : Office National des Forêts
CMR : Capture Marquage Recapture ou méthode Lincoln-Petersen	PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur
CNPN : Conseil National de la Protection de la Nature	PIDAF : Plans Intercommunaux de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier.
CNRS : Centre National pour la Recherche Scientifique	PIRA : Plan Interrégionale d'Actions de PACA et du Languedoc-Roussillon en faveur du Léopard ocellé
COFOR : COmmunes FORestières du Var	PLU : Plan Local d'Urbanisme
COFIL : COmité de PILotage	PNPC : Parc National de Port-Cros
COM COM : Communauté de commune Cœur du Var	PNR : Parc Naturel Régional
CS : Conseil Scientifique	POS : Plan d'Occupation des Sols
CSRPN : Conseil Scientifique Régional de la Protection de la Nature	pSIC : proposition de Site d'Importance Communautaire
DDPP : Direction Départementale de la Protection des Populations	REVER : Réseau d'Échanges et de Valorisation en Écologie de la Restauration
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer	REX : Retours d'expériences
DFCI : Défense de la Forêt Contre les Incendies	RNN : Réserve Naturelle Nationale
DOCOB : Document d'Objectifs	SHF : Société Herpétologique de France
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	SIC : Site d'Importance Communautaire
EBC : Espace Boisé Classé	SIG : Système d'Information Géographique
EIE : Etude d'Impact sur l'Environnement	TH : Tortue d'Hermann
ENS : Espace Naturel Sensible	ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
EPHE : Ecole Pratique des Hautes Etudes	ZNIEFF : Zone d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	ZPS : Zone de Protection Spéciale
GPS : Global Positioning System	ZSC : Zone Spéciale de Conservation
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement	
ICC : Indice de Condition Corporel	
IGN : Institut Géographique National	
INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel	
IUCN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature	





SOPTOM

