

Rapport d'activité 2015 - 2020

Stratégie de conservation

*Prionotropis rhodanica*

Réserve naturelle nationale des coussouls de  
Crau



Réserve Naturelle  
COUSSOULS DE CRAU



## Rapport d'activité 2015 - 2020

### Stratégie de conservation *Prionotropis rhodanica*

### Réserve naturelle nationale des coussouls de Crau

#### Document réalisé par :



Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur  
Pôle Réserve naturelle nationale des coussouls de Crau



Universität Trier, Allemagne



Cirad Montpellier, France



Parc de Thoiry, France

#### Coordination du suivi scientifique :

Laurent Tatin – *chargé de mission scientifique RNN Crau (CEN PACA)*

Claire Pernollet - *chargée de mission scientifique RNN Crau (CEN PACA)*

Linda Bröder – *doctorante (université Trier) et RNN Crau (CEN PACA)*

#### Rédaction :

Laurent Tatin – *chargé de mission scientifique RNN Crau (CEN PACA)*

Linda Bröder – *doctorante (université Trier)*

Cathy Gibault – *curatrice (Free lance)*

Lisbeth Zechner – *chargée de mission (CEN PACA)*

**Relecture :** Claire Pernollet - *chargée de mission scientifique RNN Crau (CEN PACA)*

#### Équipe de terrain :

*RNN Crau (CEN PACA) :*

Etienne Becker

Guillaume Coste

Thibaut Favier

Elvin Miller

Guillaume Paulus

Claire Pernollet

Laurent Tatin

Yann Toutain

Guillaume Villette

Lisbeth Zechner

Linda Bröder – *doctorante (université Trier) et RNN Crau (CEN PACA)*

Cathy Gibault – *curatrice (Free lance)*

Théo Vanhoutte – Institut Doderot (Bachelor)

David Schambach – Université Trier (Bachelor)

Nathalie Espuno – CEFE/CNRS (Montpellier)

Marine Lebhail – CEN PACA (service civique)

Maxime Rambaud – Institut Doderot (Bachelor)

Heath Smith – Conservation canine (Université

Washington)

Rita Santos - Conservation canine (Université Lisboa)

**Date de réalisation :** septembre 2020

#### Crédits photographiques :

1<sup>ère</sup> de couverture : *Prionotropis rhodanica* © L. Zechner

Pour le reste des illustrations, l'auteur est mentionné dans la légende sinon ©CEN PACA.

#### Citation recommandée :

CEN PACA 2020. Rapport d'activité 2015-2020, Stratégie de conservation *Prionotropis rhodanica* - RNNCC. Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Saint-Martin-de-Crau, 73 p + annexes.

# Sommaire

<b>2015.....</b>	<b>2</b>
<b>I. Objectifs en 2015 .....</b>	<b>2</b>
<b>II. Matériel et méthodes en 2015 .....</b>	<b>2</b>
II.1 Protocole de prospection .....	2
II.1.1 Site d'étude .....	2
II.1.2 Echantillonnage .....	2
II.1.3 Collecte des données.....	3
II.2 Test élevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	4
II.3 Population de Peau de Meau .....	6
II.3.1 Gestion de l'habitat .....	6
II.3.2 Protocole CMR.....	6
II.3.3 Analyses statistiques .....	7
<b>III. Résultats en 2015 .....</b>	<b>7</b>
III.1 Prospection de population .....	7
III.2 Test élevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	8
III.3 Population de Peau de Meau .....	12
<b>2016.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. Objectifs en 2016 .....</b>	<b>14</b>
<b>V. Matériel et méthodes en 2016 .....</b>	<b>14</b>
V.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	14
V.2 Population de l'autodrome de BMW .....	15
V.3 Etude du microhabitat .....	15
V.4 Analyse des menaces .....	16
V.5 Protocole d'échantillonnage - Adaptive sampling .....	17
<b>VI. Résultats en 2016 .....</b>	<b>17</b>
VI.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	17
VI.1.1 Suivi des pontes de 2015.....	17
VI.1.2 Suivi des pontes de 2016.....	19
VI.1.3 Elevage <i>ex situ</i> 2016 (Thoiry) .....	20
VI.1.4 Bilan des dissections .....	21
VI.2 Population de l'autodrome de BMW .....	23
VI.3 Etude du microhabitat .....	23
VI.4 Analyse des menaces .....	23
VI.5 Protocole de prospection - Adaptive sampling .....	24
<b>2017.....</b>	<b>25</b>

<b>VII.</b>	<b>Objectifs en 2017 .....</b>	<b>25</b>
<b>VIII.</b>	<b>Matériel et méthodes en 2017 .....</b>	<b>25</b>
	VIII.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	25
	VIII.3 Pièges photographiques.....	26
	VIII.4 Marquage réflecteur .....	26
	VIII.5 Chiens de détection .....	27
	VIII.6 Evaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours.....	29
<b>IX.</b>	<b>Résultats en 2017 .....</b>	<b>29</b>
	IX.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	29
	IX.1.1 Suivi des pontes de 2016.....	29
	IX.1.2 Elevage <i>ex situ</i> 2017 .....	29
	IX.1.3 Gestion des pontes de 2017.....	33
	IX.1.4 Bilan de l'échantillonnage génétique .....	34
	IX.2 Estimation des tailles de populations.....	35
	IX.3 Pièges photographiques .....	38
	VIII.2 Estimation des tailles de populations de Peau de Meau et Calissane .....	39
	IX.4 Marquage réflecteur .....	40
	IX.5 Chiens de détection.....	40
	IX.6 Evaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours.....	41
	<b>2018 et 2019 .....</b>	<b>42</b>
<b>X.</b>	<b>Objectifs en 2018 et 2019 .....</b>	<b>42</b>
<b>XI.</b>	<b>Matériel et méthodes en 2018 et 2019 .....</b>	<b>42</b>
	XI.1 Elevage <i>ex situ</i> .....	42
	XI.2 Estimation des tailles de populations.....	42
	XI.3 Pièges photographiques .....	42
	XI.4 Marquage réflecteur .....	43
	XI.5 Chiens de détection.....	43
	XI.6 Description des stades juvéniles .....	45
	XI.7 Film d'animation.....	45
<b>XII.</b>	<b>Résultats en 2018 et 2019 .....</b>	<b>46</b>
	XII.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	46
	XII.1.1 Suivi des pontes de 2017 et 2018.....	46
	XII.1.2 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> en 2018 et 2019 .....	47
	XII.2 Estimation des tailles de population .....	52
	XII.2.1 Tendance de population de Peau de Meau et Calissane .....	52
	XII.2.2 Conception d'un suivi optimisé des populations du Criquet de Crau .....	53
	XII.2.3 Suivi du Criquet de Crau par la méthode des chiens de détection .....	54
	XII.3 Pièges photographiques.....	54

XII.4 Marquage réflecteur .....	55
XII.5 Chiens de détection.....	55
XII.6 Description des stades juvéniles .....	56
XII.7 Film d'animation.....	57
<b>2020.....</b>	<b>58</b>
<b>XIII. Objectifs en 2020 .....</b>	<b>58</b>
<b>XIV. Matériel et méthodes en 2020 .....</b>	<b>58</b>
XIV.1 Elevage <i>ex situ</i> .....	58
XIV.2 Inventaire « Occupancy » sur l'autodrome BMW.....	58
<b>XV. Résultats en 2020 .....</b>	<b>59</b>
XV.1 Elevage <i>ex situ</i> et <i>in situ</i> .....	59
XV.1.1 Suivi des pontes .....	59
XV.2 Inventaire « Occupancy » sur l'autodrome BMW.....	69
XV.3 Evaluation de la stratégie de conservation et élaboration d'une nouvelle stratégie 2021-2025.....	70
XV.4 Elaboration d'une note de synthèse du projet LIFE SOS Crau Grasshopper.....	70
<b>XVI. Publications scientifiques.....</b>	<b>71</b>
<b>XVII. Annexes.....</b>	<b>72</b>
ANNEXE 1 : Compte-rendu de l'atelier évaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours .....	73
ANNEXE 2 : Bilan Iridovirus et Criquet de Crau 2015 - 2019 .....	87
ANNEXE 3 : Bilan Criquet de Crau et nématodes – 2019 .....	90
ANNEXE 4 : Bilan de l'élevage <i>ex situ</i> 2015 - 2019 .....	93
ANNEXE 5 : Localisation des captures de juvéniles de 2016 à 2020 .....	95
ANNEXE 6 : Pontes transférées en Crau en 2018, 2019 et 2020.....	96
ANNEXE 7 : Bilan de l'élevage <i>ex situ</i> 2015 - 2020 .....	102
ANNEXE 8 : Décès 2020 .....	104

# Table des illustrations

## Figures

Figure 1 : Echantillonnage en centre Crau. ....	3
Figure 2 : Prospection en cercle. ....	3
Figure 3 : Localisation des captures sur Calissane pour initier l'élevage ex situ. ....	4
Figure 4 : Protocole de capture des juvéniles. ....	5
Figure 5: Localisation du quadrat d'étude de la sous-population de Peau de Meau en 2015. ....	6
Figure 6 : Cercles échantillonnés depuis 2012 (n=364). ....	8
Figure 7 : Transport des juvéniles capturés. ....	9
Figure 8 : Elevage en terrarium à Thoiry. ....	9
Figure 9 : Localisation des pontes transférées en août 2015 dans les cages d'élevage de Calissane (10 pontes, à gauche de la piste) et le parc à ballons (21 pontes, à droite de la piste). ....	11
Figure 10 : Transfert des pontes (n=31) sur Calissane et système de marquage utilisé pour repérer les pontes et suivre les éclosions au printemps 2016. ....	12
Figure 11 : Localisation des individus capturés dans le quadrat de Peau de Meau mis en défend d'avril à juillet. ....	13
Figure 12 : Localités de captures des juvéniles en 2015 et 2016. Les cercles indiquent les zones d'échantillonnage génétique à faire en 2017. ....	14
Figure 13 : Marquage utilisé pour la campagne de capture-recapture. ....	15
Figure 14 : Distribution des relevés de la structure du microhabitat sur les sites éteints (rouge) et actuels (orange). 50 relevés par site. ....	16
Figure 15 : Distribution des pièges photographiques installés avec appâts (criquet d'élevage) hors réserve naturelle. ....	16
Figure 16 : Exemple de développement embryonnaire à Thoiry (en haut à gauche, traitement 5 -voir information Tableau 5, 10 % de développement) et en Crau (en haut à droite, 45 - 50 % de développement ; en bas, 20-30% de développement). ....	19
Figure 17 : Embryon observé dans un œuf de l'oothèque n°18 transféré en Crau en 2015, disséqué le 30/09/2016. Le développement est accompli à 70 - 80 % indiquant que les embryons continuent de se développer entre mai et septembre, pendant la période estivale. ....	19
Figure 18 : Embryon développé à 70-80 %, dans son œuf (épluché de sa cuticule, à droite) et hors de l'œuf (à gauche). Provenant de l'œuf n°7 de la ponte C50 (oviposition 24-27/06/2016 ; disséquée le 20/12/2016). ....	20
Figure 19 : Distribution des cercles réalisés en 2016 (rouge) et des cercles effectués depuis 2012 (noir). ....	24
Figure 20 : Localités de captures des juvéniles en 2015 et 2016. Les cercles indiquent les zones d'échantillonnage génétique à faire en 2017. ....	25
Figure 21 : Marquage réflecteur sur un mâle de <i>Locusta migratoria</i> . ....	27
Figure 22 : Dispositif du lâcher des <i>L. migratoria</i> males avec marquage réflecteur. ....	27
Figure 23 : Protocole site occupancy pour comparer les capacités des chiens à celle de l'homme dans la détection des criquets de Crau. 24 cercles de 25 m de diamètre tirés au hasard dans l'aire occupée par la population sur Calissane. ....	28
Figure 24 : Rotation des visites entre équipe chien/maître-chien et homme. ....	28
Figure 25 : Juvéniles morts ayant éclos dans un tube contenant des œufs issus des dissections du 25 janvier 2017. ....	30
Figure 26 : Juvéniles de stade 1 nés à Thoiry le 4/04/2017 de pontes élevées en Crau en 2016-2017. ....	32
Figure 27 : Les mêmes juvéniles âgés de 20 jours. ....	32

Figure 28 : Ecllosion en Crau. ....	32
Figure 29 : Transfert de 77 pontes dans les cages (52) et dans les pots (25). A droite: directement dans le sol; au centre : dans les paniers plastiques; à gauche : dispositif installé dans deux cages. ....	34
Figure 30 : Transfert de pontes à l'extérieur de la chambre d'incubation à Thoiry. ....	34
Figure 31 : Echantillonnage génétique spatial sur les juvéniles en 2016 (rouge, 17-18/05) et 2017 (bleu, 16 et 17/05). En jaune deux zones prospectées mais sans détection de juvéniles. ....	35
Figure 32 : Tailles de populations estimées pour chaque sites-années depuis 2013. Analyse en "fixed parameter" sous Mark. Modèle constant M(b) : p et c constants et estimés sur la totalité du jeu de données, abondance estimée par groupe (sites-années).....	36
Figure 33 : Comparaison de la tendance de population de Peau de Meau avant (2015) et après (2017) la gestion de l'habitat (exclos temporaire et fermeture nichoirs faucon crécerellette) selon deux méthodes d'analyse : en gris clair=95% intervalle analyse année par année ; gris foncé=95% intervalle analyse en "fixed parameter" .....	37
Figure 34 : Tendances de la population de Calissane de 2011 à 2017. Analyse CMR année par année sous Mark, modèle MO : {N,p(.)=c(.)} logit function.....	38
Figure 35 : Identification des prédateurs .....	38
Figure 36 : marquage utilisé pour la campagne de capture-recapture. ....	39
Figure 37 : Survie et mortalité sur les deux sites suivis : à gauche, la moyenne des deux paramètres ; à droite, la dynamique pendant la durée de l'étude. ....	40
Figure 38 : Apprentissage des chiens à la reconnaissance de l'odeur des juvéniles de criquet de Crau. ....	41
Figure 39 : Localisation des 21 quadrats réalisés en <i>occupancy</i> du 13 au 22 juin 2018. ....	44
Figure 40 : Protocole <i>conditional occupancy</i> (Specht et al. 2017) utilisé en 2019 pour comparer les capacités des chiens à celle de l'homme dans la détection des criquets de Crau. 40 quadrats de 900m <sup>2</sup> tirés au hasard dans l'aire occupée par la population sur Calissane. L'effort a été estimé à partir des résultats de 2018 : 5 visites successives si la présence de l'espèce est détectée lors de la première visite ; chaque visite dure 10 minutes. ....	44
Figure 41 : Localisation des 40 quadrats réalisés en <i>conditionnal occupancy</i> du 01 au 19 juin 2019. ....	45
Figure 42 : En 2018, deux volières de 18 m <sup>2</sup> ont été construites afin d'accueillir les pontes produites ex situ, Certaines d'entre elles ont été placées dans des casiers de 40x40 cm afin de pouvoir mesurer les taux d'éclosion et la survie juvénile.....	47
Figure 43 : Transfert de 74 pontes en 2018 dont 45 ont été placées dans des casiers afin de suivre le taux d'éclosion et la survie juvénile.....	48
Figure 44 : En 2019, 78 pontes produites au centre d'élevage ex situ ont été transférées dans les volières, Chaque site d'implantation est marqué à l'aide d'une étiquette plastique blanche numérotée.....	49
Figure 45 : A gauche, femelle et mâle adulte se nourrissant en 2019. A droite, femelle fraîchement sortie de sa mue.....	51
Figure 46 : En 2019, une infection de nématodes ( <i>Mermis</i> sp.) a causé la mort de 4 mâles en 2 jours.....	51
Figure 47 : Comparaison de la tendance de population de Peau de Meau avant (2015) et après (2017 et 2019) la gestion de l'habitat (exclos temporaire et fermeture de nichoirs faucon crécerellette). ....	52
Figure 48 : Première estimation de tailles de population sur Calissane depuis 2013, Analyse en "fixed parameter" sous Mark, Modèle constant M(b) : p et c constants et estimés sur la totalité du jeu de données. ....	53
Figure 49 : Tailles de population estimées sur les trois sites Peau de Meau (7 ha), Calissane (10,2 ha) et BMW (12,5 ha).....	54
Figure 50 : A gauche, détections à la fois par le chien et le maitre-chien ; à droite, détections par le couple et uniquement par le chien en 2018.....	55
Figure 51 : Détection d'un individu de <i>P. rhodanica</i> par la chienne Hera lors du protocole <i>occupancy</i> mené en 2018, Maitre-chien : Rita Santos (Rogue détection teams, USA). ....	56
Figure 52 : description des stades juvéniles (Gromelle 2018). ....	56
Figure 53 : Capture d'écran de la page YouTube du film. Extraite le 18/10/2019.....	57

Figure 54 : Maximum de quadrats à compléter (N = 90).....	59
Figure 55 : Embryon de la ponte 2019-002.....	63
Figure 56 : Nombre de juvéniles détectés vivants au fil du temps après leur relâcher dans des casiers d'élevage en Crau (pontes 2019-198, 2019-187, 2019-002, 2019-007).....	64
Figure 57 : Durée de vie maximale des juvéniles par ponte en relation avec la date d'éclosion (tous les juvéniles ont été libérés dans des casiers d'élevage < 24 h après l'éclosion).....	65
Figure 58 : Embryon sec (à gauche en bas) et embryons en train de sécher (trois embryons ; à droite en haut) de la ponte 2019-002.....	65
Figure 59 : Comparaison du développement de stade 1 à la phase adulte (lignes ; s1-s5 : juvéniles stade 1 à 5) et la date du premier accouplement (triangle) et de la première ponte (cercle) entre les individus sauvages (ligne continue, symbole noir) et captifs (ligne pointillée, symbole gris).....	67
Figure 60 : Quadrats complétés (N = 48) ; les grands cercles indiquent 5 quadrats positifs (indice de présence pendant la première visite).....	69
Figure 61 : Observations de criquets de Crau sur la zone « terrain NO » 24/04/2020 - 11/06/2020.....	69

## Tableaux

Tableau 1: Echantillonnage des pontes transférées en Crau en août 2015.....	10
Tableau 2 : Distances (m) parcourues entre deux recaptures (n=7).....	12
Tableau 3 : Effectif et biométrie des pontes et des œufs issues de l'élevage 2015. Les pontes prélevées en Crau sont un échantillon de celles transférées en 2015. ....	17
Tableau 4 : Développement de l'échantillon d'œufs de Crau (C) et de Thoiry (T) disséqués entre le 26/05 et le 07/06. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'embryons. ....	17
Tableau 5 : Développement de 30 œufs (3 œufs par ponte) issus des différents traitements à Thoiry. Toutes les pontes ont une date d'oviposition identique (mi-fin juillet). Traitement 1= sable+pulvérisation journalière+température de Crau ; Traitement 2 = sable+pulvérisation hebdomadaire+température de Crau; Traitement 3= sable+ pulvérisation journalière+18-19°C puis 10°C puis 18-19°C; Traitement 4 =vermiculite+pulvérisation journalière+températures de Crau; Traitement 5 = sable+pulvérisation journalière+18-19°C constant. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'embryons. ....	18
Tableau 6 : Biométrie et développement de 4 pontes de 2016.....	20
Tableau 7 : Bilan de l'élevage initié en 2015 au Parc de Thoiry. ....	20
Tableau 8 : Poids (en g) des individus présents à Thoiry le 01/08/2016.....	21
Tableau 9 : Bilan du nombre d'œufs disséqués en 2016. Le nombre de pontes correspondant est donné entre parenthèse. La première colonne est classée selon la hiérarchie suivante : année, substrat de ponte, régime d'humidité, régime de température et code des pontes. ....	21
Tableau 10 : Bilan des campagnes de capture-recapture sur les trois populations identifiées.....	23
Tableau 11 : Localisation des emplacements sélectionnés pour les pièges photographiques en 2017 .....	26
Tableau 12 : Biométrie et développement de 4 pontes de 2016 .....	29
Tableau 13 : Biométrie et développement de 3 pontes de 2016, disséquées le 25/01/2017 et ayant produits des juvéniles dans les tubes à essais entre le 22 et le 26/02/2017.....	30
Tableau 14 : Eclussions à Thoiry de 2 pontes 2016 transférées en Crau en 2016, renvoyées à Thoiry le 29 mars 2017 (n° 37 et 41). ....	30
Tableau 15 : Bilan de l'élevage <i>ex situ</i> à Thoiry depuis 2015 .....	33
Tableau 16 : Supports utilisés comme transfert pour les pontes de 2017. ....	33
Tableau 17 : Résumé des campagnes de CMR depuis 2013. ....	35
Tableau 18 : Résumé de l'expérimentation sur la prédation à l'aide de pièges photographiques.....	38
Tableau 19 : Cohortes des lâchers réalisés avec des <i>Locusta migratoria</i> males équipés de reflecting foil en 2017 (39 individus relâchés/site).....	40
Tableau 20: Biométrie de 5 pontes de 2017 (disséqué le 22/02/2018) et 4 pontes de 2018 (07/02/2019). ....	46

Tableau 21 : Biométrie des pontes de <i>P. rhodanica</i> (n=123 pontes, mesurée entre 2016 et 2019). .....	46
Tableau 22 : Bilan des dissections des pontes de 2018. ....	46
Tableau 23 : Bilan des éclosions issues des pontes 2018 prélevées dans les volières et disséquées au laboratoire au printemps 2019. Aucun des 37 individus n'a atteint l'âge adulte.....	48
Tableau 24 : Nombre de pontes transféré en Crau en 2018 et 2019.....	49
Tableau 25 : Biométrie de 4 individus les plus extrêmes (2 femelles et 2 mâles) le 23/05/2019.....	50
Tableau 26 : Biométrie de 7 mâles et 12 femelles adultes élevés en captivité à Thoiry en 2018.....	50
Tableau 27 : Bilan de l'élevage <i>ex situ</i> depuis 2015 .....	50
Tableau 28 : Résumé des campagnes de CMR depuis 2013. ....	52
Tableau 29 : Bilan des visites sur les réseaux au 03/09/2020 pour le film « Un secret de la steppe ».....	57
Tableau 30 : Résultats des contrôles de pontes de la partie « volière 2 – entrée ». ....	59
Tableau 31 : Récapitulation pontes prélevées. ....	62
Tableau 32 : Description des embryons des pontes 2019-002, 2019-189 et 2019-198 (un œuf disséqué par ponte). ....	63
Tableau 33 : Détails sur les éclosions des pontes prélevées.....	64
Tableau 34 : Détails sur les 29 pontes prélevées. ....	66
Tableau 35 : Effectif de juvéniles captifs capturés pour l'élevage. ....	67
Tableau 36 : Effectif de juvéniles sauvages capturés pour l'élevage. ....	67

## Préambule

Depuis 2014 une stratégie de conservation pour le Criquet de Crau est établie et publiée :

- site web CEN PACA

[www.cen-paca.org/images/upload/Strategie-de-conservation-Criquet-de-Crau.pdf](http://www.cen-paca.org/images/upload/Strategie-de-conservation-Criquet-de-Crau.pdf)

- site web IUCN et Researchgate

[https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/crau\\_plain\\_grasshopper\\_conservation\\_strategy\\_hochkirch\\_tatin\\_stanley\\_price\\_2014\\_log.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/crau_plain_grasshopper_conservation_strategy_hochkirch_tatin_stanley_price_2014_log.pdf)

[https://www.researchgate.net/publication/274081077\\_Crau\\_plain\\_grasshopper\\_conservation\\_strategy](https://www.researchgate.net/publication/274081077_Crau_plain_grasshopper_conservation_strategy)

Les suivis et opérations de conservation du présent rapport découlent de cette stratégie. Ils sont basés sur les autorisations suivantes :

L'arrêté préfectoral n°2015 120-0001 donnant autorisation de capture, transport et élevage *ex situ*.

Les arrêtés préfectoraux n°13-2019-05-17-03 et n°13-2020-05-18-008 portant modification de l'autorisation dérogatoire à l'article L411-1, au titre de l'article L411-2 du Code de l'Environnement, au bénéfice du Conservatoire d'Espaces Naturels de Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

**Le présent rapport rassemble les rapports des suivis scientifiques 2016-2019 de Laurent Tatin ainsi que les différents rapports et bilans 2015-2019 et 2020 de Cathy Gibault et Linda Bröder.**

# 2015

## I. Objectifs en 2015

---

Les objectifs de 2015 étaient les suivants :

1. Poursuivre les prospections systématiques sur les coussouls,
2. Initier un élevage *ex situ*.
3. Estimer la taille de la population de Peau de Meau.

Linda Bröder, doctorante de l'université de Trier, a assuré à partir de 2015 une partie des études relatives à la dynamique de population et à l'analyse des menaces.

## II. Matériel et méthodes en 2015

---

### II.1 Protocole de prospection

#### II.1.1 Site d'étude

La Crau est divisée en deux types de végétation : les coussouls et les friches. Seuls les coussouls sont visés dans un premier temps car ils constituent l'habitat originel, non dégradé ou très peu dégradé sur lequel la probabilité que les *Prionotropis* soient présents est maximale. En effet, leur faible capacité de dispersion laisse penser que les milieux dégradés comme les friches ont peu de chance d'être colonisés rapidement. Cependant, sur le site de Peau de Meau l'espèce est présente sur une ancienne friche post-culturelle : il faudra donc vérifier dans l'avenir ce type d'habitat aux environs immédiats d'anciens et actuels noyaux de population.

#### II.1.2 Echantillonnage

Les données issues des CMR réalisées en 2011 et 2013 sur le noyau de Calissane ont permis d'estimer la probabilité de détection du Criquet de Crau. Elle est comprise entre 6 et 7 %, soit une chance sur 16 de détecter un criquet pour un observateur en 1 heure sur un hectare lorsque l'espèce est présente. Cela équivaut à un seuil de détection à 12 individus à l'ha pour 2 observateurs. Le personnel disponible est habituellement de 4 personnes, soit 2 équipes de 2 observateurs.

Afin d'avoir une précision spatiale correspondant à l'effort disponible et à la réalité de terrain, une grille de 400 x 400m a été choisie comme échantillonnage systématique (sous Distance 6.0). Elle correspond à 1 cercle tous les 400 m (1 ha sur 16), soit 406 cercles (Figure 1). Un sous-échantillon de 62 cercles sera difficile à visiter car il est situé sur un terrain militaire dont l'accès n'est pas envisageable pour l'instant. Les données disponibles sur la taille des noyaux indiquent que la surface sur laquelle un noyau s'étend est supérieure à 16 ha (données CEN PACA 2010 et CBGP 2001).

La recherche des criquets se fait en parcourant un cercle de 50m de rayon à 2 observateurs. Le centre du cercle est matérialisé par un piquet auquel est attachée une corde de 50m que les observateurs déroulent au fur et à mesure qu'ils parcourent le cercle de façon centrifuge.

Les coordonnées des points sont disponibles sur : C:\Documents and Settings\Laurent\Mes documents\Steppe de Crau\Faune\Prionotropis\Priono 2012\coordonnées centre cercles 400m.txt



Figure 1 : Echantillonnage en centre Crau.

### II.1.3 Collecte des données

La recherche des criquets se fait en parcourant un cercle de 50m de rayon à 2 observateurs. Le centre du cercle est matérialisé par un piquet auquel est attachée une corde de 50m que les observateurs déroulent au fur et à mesure qu'ils parcourent le cercle de façon centrifuge (Figure 2).

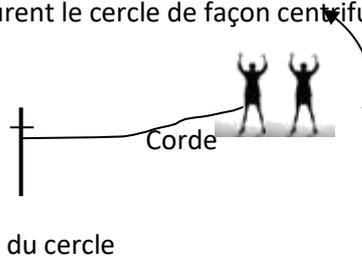


Figure 2 : Prospection en cercle.

Le protocole est construit en Adaptive sampling de la façon suivante :

- 1- prospection jusqu'à la première détection ou fin de l'heure
- 2- au premier criquet détecté, la prospection s'arrête sur le cercle en cours, l'heure de la détection est notée et le cercle suivant est prospecté

Un total de 406 ha doit être prospecté. La saison de vie des *Prionotropis* s'étale de mi-avril à fin juin, et la période de détection optimale est définie entre début mai et mi-juin. Les prospections se dérouleront donc pendant cette période à raison de 6h de prospection par jour (trajet inclus), entre 10h et 18h au moment où les criquets sont les plus actifs.

Les données ont été collectées de deux façons :

- 1- sur fiches pré-établies pour les 2 équipes
- 2- sur smartphone pour une équipe.

L'équipe qui saisit sur smartphone est équipé d'un Samsung Xcover avec CyberTracker et l'application construite pour ce protocole (C:\Documents and Settings\Laurent\Mes documents\CyberTracker\prionotropis test1.MDB). Elle sera aussi chargée de collecter les conditions météorologiques : température (°C), couverture nuageuse (%) et vitesse du vent (ms).

## II.2 Test élevage *ex situ* et *in situ*

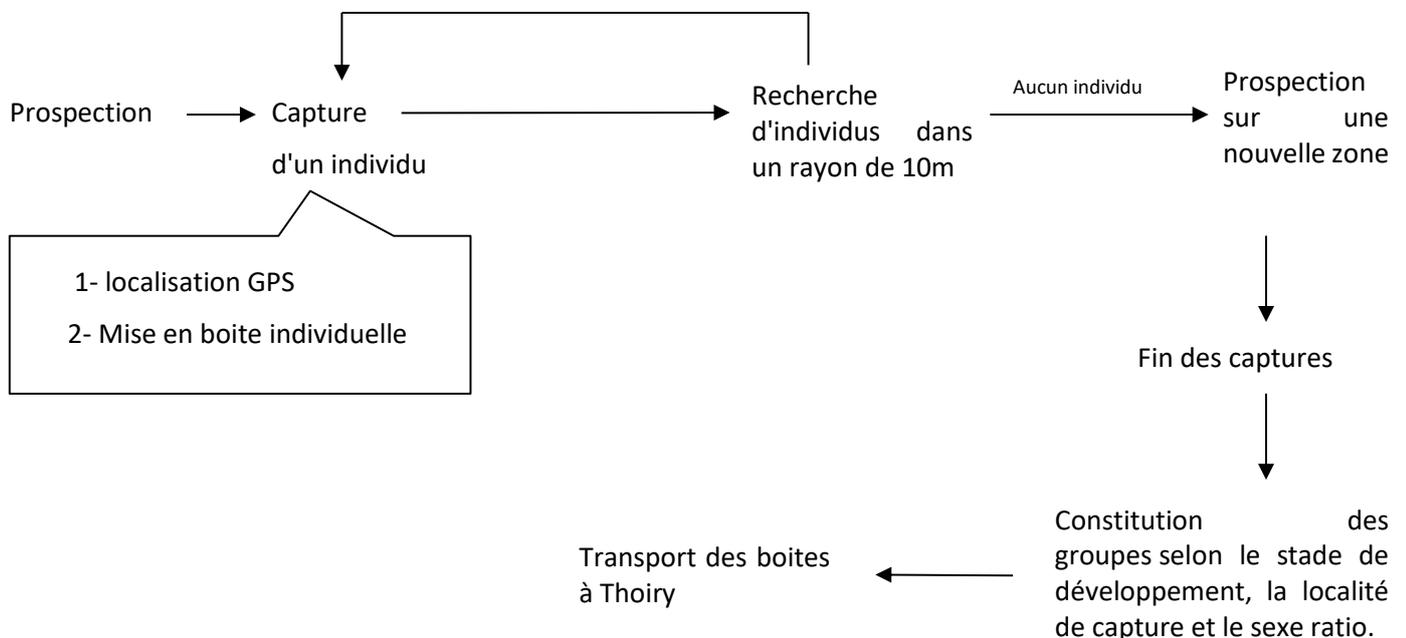


Figure 3 : Localisation des captures sur Calissane pour initier l'élevage *ex situ*.

Une attention particulière a été portée sur la structure spatiale du noyau dont les individus captifs sont issus. Aucune étude particulière ne s'est penchée sur le système d'appariement mais nous savons que :

1. Le criquet rhodanien est une espèce qui se déplace peu.
2. La distribution spatiale des individus à l'intérieur des noyaux n'est pas aléatoire.
3. Un noyau se compose de fratries.

Il est donc possible que la structure spatiale ait une importance non négligeable dans la dynamique de la population. Ainsi, afin de perturber le moins possible le brassage génétique, chaque agrégat capturé sera conservé en captivité dans un même terrarium jusqu'au début du stade imaginal. Puis les mâles et femelles adultes de chaque agrégat seront identifiés de façon individuelle, et enfin tous les agrégats seront placés ensemble dans une ou deux cages (selon l'effectif total) pendant la période des accouplements. Aucun critère de choix des individus ne sera mis en place pour sélectionner les accouplements.



**Figure 4 : Protocole de capture des juvéniles.**

Dans les boîtes de transport, les juvéniles ont été placés selon trois critères : le stade de développement, la localité de capture et le sexe. Cela permettait d'assurer à la fois un brassage génétique en mélangeant les individus de localités différentes et la synchronisation du développement des individus d'une même boîte. Les insectes ont été alimentés tous les jours avec de la nourriture fraîche pour la durée du transport (7h30 de trajet en voiture St Martin – Thoiry).

Les boîtes ont été transportées au zoo de Thoiry le lendemain des captures (Arrêté préfectoral n°2015 120-0001) en voiture. A leur arrivée les individus sont immédiatement transférés en terrarium.

## II.3 Population de Peau de Meau

### II.3.1 Gestion de l'habitat

Depuis avril 2015, sur Peau de Meau, une surface de 8.5 ha est soumise à une gestion particulière de l'habitat (Figure 5). La stratégie de conservation prévoit de tester des modalités de pâturage et de prédation aviaire afin de contrôler un effet potentiel sur la dynamique de population. Ainsi, ce quadrat est mis en défends pendant la période d'activité des criquets (avril à juillet) et les niochirs de faucons crécerelletes à proximité ont été fermés (seuls deux niochirs sur le mur de peau de Meau sont utilisables pour laisser aux ornithologues la possibilité d'observer l'espèce depuis la bergerie).

La pose de la clôture a nécessité 3 jours du 15 au 17 avril. Elle a été démontée en août en 1 journée. Les niochirs ont été fermés par la LPO en mars. Les oiseaux ont bien sûr visité ces cavités : jusqu'à 8 individus ont été observés aux alentours immédiats du quadrat jusqu'à la mi-juin puis ils ont abandonné le site. L'effet de la fermeture des niochirs devrait être visible les années suivantes.



Figure 5: Localisation du quadrat d'étude de la sous-population de Peau de Meau en 2015.

### II.3.2 Protocole CMR

Le protocole est identique à celui réalisé en 2013 (Calissane) a été utilisé en 2015 :

- 3 personnes par visite
- 1 visite = 3h de prospection en faisant une pause de 10 min toutes les heures
- La prospection se fait en ligne de 3 personnes, chacune espacée de 1m
- La recherche d'individus doit se faire au hasard : il faut commencer par une extrémité différente du quadrat à chaque heure de prospection. Il faut prospecter tout le quadrat pendant les 3h et non se cantonner à un seul secteur du quadrat.

Pour chaque détection d'individu :

1. Saisir dans l'application Cybertracker toutes les données demandées
2. Marquer l'individu au stylo indélébile avec un numéro unique sur le pronotum (Figure 36)

3. Prélever un morceau d'élytre et le placer dans un microtube sur lequel la date, le site, l'espèce et le code de l'individu sont notés (un seul tube par individu)
4. Relâcher l'individu à l'endroit où il a été capturé
5. Reprendre la recherche

### II.3.3 Analyses statistiques

Deux types de modèles ont été testés : survie classique et population ouverte. Le modèle de survie classique postule que la population est fermée pendant la durée de l'étude (pas de décès, pas de naissance, pas d'immigration et pas d'émigration). Le modèle de population ouverte utilisé considère que des individus peuvent sortir de la population, ce qui correspond à la disparition des adultes en fin de saison, des changements de stades ou des déplacements hors du quadrat. Le programme MARK ([www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm](http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm)) a été utilisé pour tester ces modèles.

Le module Closure Test (Stanley & Burnham) est utilisé pour tester si la population est considérée comme ouverte ou fermée. Afin de comparer les différents modèles réalisés et de choisir celui expliquant le mieux les données, l'AICc (corrected Akaike's Information Criterion) a été utilisé. Il représente un critère de compromis entre le pouvoir explicatif du modèle et le nombre de paramètres qu'il inclut. Le plus faible AIC, avec au moins deux degrés d'AIC de différence avec les autres modèles (Delta AIC), représente le meilleur modèle.

## III. Résultats en 2015

---

### III.1 Prospection de population

Les sites de Baussenq et du Ventillon ont été prospectés sans détection de nouveau noyau (Figure 6). Le noyau présent sur Grand carton en 2012 et qui n'avait pas été détecté en 2013 n'a pas été recontacté cette année. Il est probable que cette sous-population ait disparu. A l'inverse, sur l'autodrome de BMW un noyau a été détecté. Une observation avait été réalisée en 2006 sur la même localité. Ainsi, BMW abrite deux noyaux sur les quatre détectées actuellement.

La zone nord-est de la Crau (105 cercles, Figure 6) doit être prospectée même si aucune observation ancienne n'y avait été réalisée. Les zones militaires de Baussenq (parc) et de Miramas (ETAMAT) sont d'accès très difficile. Pour Miramas, dans le cadre de travaux prévus dans l'enceinte militaire, le bureau d'étude en charge des études d'impact devrait apporter une information sur la présence de l'espèce. En 2016, il est envisagé de demander une nouvelle fois à la base aérienne d'Istres de pouvoir prospecter au mois de Juin. L'état d'urgence décrété en France en 2015 suite aux attentats de Paris (novembre 2015) restreint l'accès aux bases militaires.

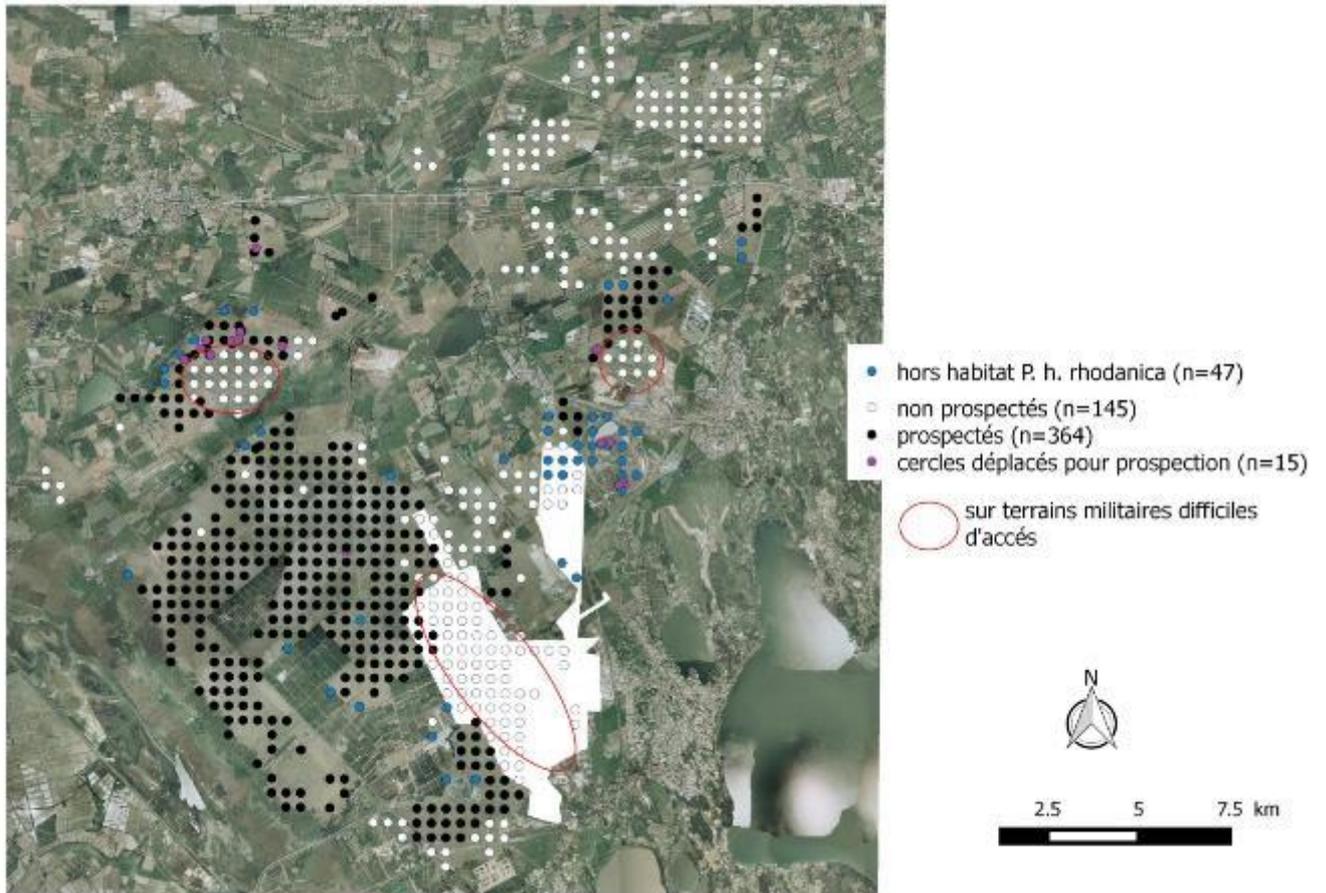


Figure 6 : Cercles échantillonnés depuis 2012 (n=364).

### III.2 Test élevage *ex situ* et *in situ*

Un total de 32 juvéniles a été capturé le 5 mai sur 3 localités différentes de Calissane. Seuls 26 ont été conservés pour l'élevage en captivité, les autres ont été relâchés à l'emplacement où ils ont été capturés. Quatre boîtes de transport contenant chacune des individus des deux sexes provenant des trois localités ont été acheminées le 6 mai à Thoiry (Figure 7).



Figure 7 : Transport des juvéniles capturés.



Figure 8 : Elevage en terrarium à Thoiry.

Sur les 26 individus présents à Thoiry, deux ont été sacrifiés pour chercher la présence de parasites externes et internes. Seul un iridovirus a été détecté sans que l'on ne sache vraiment quel est l'impact potentiel sur les individus porteurs.

Ainsi, la population fondatrice se compose de 12 mâles et 12 femelles adultes (Figure 8). Leur espérance de vie a été largement supérieure à ce qui est admis dans la nature : 103 jours en moyenne, soit 67 jours de plus que ce qui avait été mesuré par Foucart (1995) en nature. S'il est admis généralement qu'en captivité l'espérance de vie augmente, une telle proportion est remarquable.

Un total de 179 pontes a été produit par les 12 femelles de l'élevage. Un lot de 31 pontes a été transféré sur Calissane pour tester le renforcement de population via cette méthode. L'autre lot de 148 pontes est maintenu à Thoiry afin d'essayer de boucler le cycle de vie de l'espèce en captivité.

Les 6 enregistreurs thermiques (ibuttons) installés sur le terrain entre juillet 2014 et avril 2015 sur Calissane et Peau de Meau ont permis de collecter 9252 relevés de températures (1542 relevés/ibutton ; 6 relevés/jour). Ainsi, les moyennes journalières et les écarts moyens journaliers ont pu être calculés. Ces derniers servent de base pour l'élevage des 148 pontes issues des 22 individus captifs à Thoiry. Afin d'identifier les variables responsables de la levée de diapause de œufs, différents lots ont été définis :

- 1/ reproduire les températures de 2014-2015 et pulvériser chaque jour (n=30 pontes),
- 2/ reproduire les températures de 2014-2015 sur support vermiculite et pulvériser chaque jour (n=30 pontes),

- 3/ reproduire les températures de 2014-2015 et pulvériser une fois par semaine (n=30 pontes),
- 4/ garder les températures constantes à 19°C (n=10, lot de contrôle),
- 5/ garder les températures constantes à 19°C et stresser les pontes en avril en faisant chuter les températures (n=30 pontes).

Le lot de 31 pontes a été transféré les 25 et 26 août dans deux cages d'élevage sur Calissane et dans le parc à ballons (Figure 9). Elles sont référencées selon leur date de ponte et l'échantillon a été sélectionné de façon à représenter toute la saison (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) : début juin (n=8), fin juin (n=9), début juillet (n=8), fin juillet (n=6).

**Tableau 1: Echantillonnage des pontes transférées en Crau en août 2015.**

Site/pods	oviposition		
	date	Longitude	Latitude
calissane cage1			
16	2 period june		
11	2 period june		
24	1 period july	inside cage1	
28	2 period july		
19	1 period july		
calissane cage2			
5	1 period june		
13	2 period june		
9	2 period june	inside cage2	
22	1 period july		
10	2 period june		
parc ballons			
17	2 period june	4.977375	43.609443
8	1 period june	4.977360	43.609544
25	1 period july	4.977220	43.609495
30	2 period july	4.977067	43.609623
4	1 period june	4.977327	43.609703
27	2 period july	4.977193	43.609780
12	2 period june	4.976984	43.609828
20	1 period july	4.976916	43.610582
2	1 period june	4.976764	43.610503
14	2 period june	4.976748	43.610638
6	1 period june	4.976890	43.610665
21	1 period july	4.976834	43.610850
15	2 period june	4.976709	43.610802
18	1 period july	4.976627	43.610938
29	2 period july	4.976482	43.611500
7	1 period june	4.976287	43.611496

Site/pods	oviposition		
	date	Longitude	Latitude
3	1 period june	4.976194	43.611656
31	2 period july	4.976491	43.611581
23	1 period july	4.976373	43.611875
1	1 period june	4.976139	43.611811
26	2 period july	4.976591	43.611382

La mise en terre des pontes a eu lieu les 25 et 26 août. Dix pontes ont été placées dans les deux cages d'élevage et 21 dans le parc à ballons (Figure 9). Le mode de transfert est simple (Figure 10) : chaque ponte est posée à la verticale dans une dépression, stabilisée avec de la terre sur ses bords puis recouverte par 5-6 mm de terre. Une triple marque a été réalisée : coordonnées GPS, fanion numéroté et peinture.

Chaque mois une visite est réalisée afin de s'assurer que les pontes ne soient pas découvertes après de fortes pluies ou le passage des brebis.



Figure 9 : Localisation des pontes transférées en août 2015 dans les cages d'élevage de Calissane (10 pontes, à gauche de la piste) et le parc à ballons (21 pontes, à droite de la piste).



Figure 10 : Transfert des pontes (n=31) sur Calissane et système de marquage utilisé pour repérer les pontes et suivre les éclosions au printemps 2016.

### III.3 Population de Peau de Meau

Un total de 28 visites a été effectué entre le 1<sup>er</sup> juin et le 10 juillet. Chacune d'elle a duré environ 180 minutes. La recherche des criquets s'est effectuée alternativement le matin et l'après-midi afin d'éviter un effet de l'activité des individus. Neuf visites ont été exclues de l'analyse car aucun individu n'a été détecté. Sur les 19 visites restantes, 32 individus (11 ♂, 21 ♀) ont été capturés dont seulement 21% (n=7) recaptures. En moyenne 1,39 criquets ont été capturés par visite avec un maximum de 6 criquets en une seule visite.

La distance moyenne de déplacement est de 21,8 m (SE ± 4,1) : 22,0 m (SE ± 7,6) pour les mâles et 21,6 m (SE ± 5,5) pour les femelles. L'intervalle maximal entre la capture et la recapture est de 27 jours.

Tableau 2 : Distances (m) parcourues entre deux recaptures (n=7).

Sexe	Durée [jour]	Distance [m]	Distance par jour [m]	Orientation
♂	15	13,4	0,9	SE
	2	37,1	18,6	W
	1	15,4	15,4	NE
♀	27	28,2	1,0	S
	2	31,5	15,7	S
	2	6,6	3,3	NE
	8	20,2	2,5	NW

Au moment de l'écriture de ce rapport les analyses d'estimation de la taille de population ne sont pas terminées. A ce jour, le modèle retenu est  $\{\Phi(\cdot) p(g*t) \text{pent}(\cdot) N(g)\}$ , soit une survie constante et une probabilité de capture dépendante du temps et du sexe (AICc: -1453.7532, 40 parameters, deviance: -45.6). La taille de population est estimée à 143 ( $\pm 157$ ) individus ( $\sigma$ : 71 ( $\pm 116$ ), ♀:72 ( $\pm 41$ )). L'intervalle de confiance est grand (49-690 individus) mais classique pour cette espèce. Les prochains modèles testés viseront sa diminution.



**Figure 11 : Localisation des individus capturés dans le quadrat de Peau de Meau mis en défend d'avril à juillet.**

## 2016

### IV. Objectifs en 2016

Les objectifs de 2016 étaient les suivants :

1. Poursuivre l'élevage *ex situ* ;
2. Estimer la taille de la population de l'autodrome de BMW ;
3. Etudier le microhabitat ;
4. Analyser les menaces (tester les pièges photographiques comme outils de détection de la pression de prédation) ;
5. Poursuivre la prospection sur les coussouls.

Co-encadrement de la thèse Linda Bröder par Laurent Tatin avec Axel Hochkirch (université Trier) à partir de 2016.

### V. Matériel et méthodes en 2016

#### V.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

Le protocole de 2015 a été appliqué à nouveau (cf. chapitre II.2). Les captures ont été donc effectuées sur plusieurs localités du site (Figure 12).

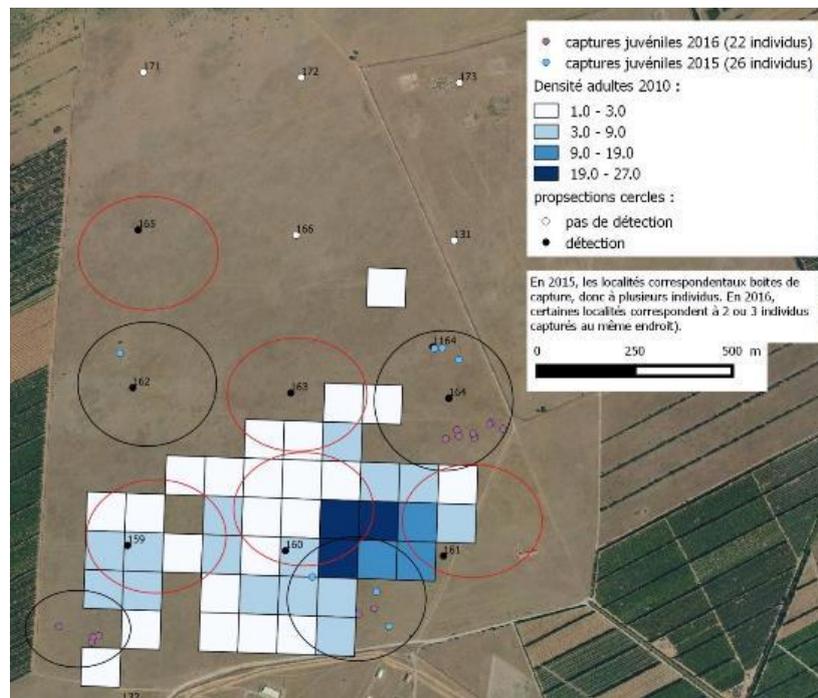


Figure 12 : Localités de captures des juvéniles en 2015 et 2016. Les cercles indiquent les zones d'échantillonnage génétique à faire en 2017.

## V.2 Population de l'autodrome de BMW

Le protocole est identique à celui réalisé en 2013 (Calissane) et 2015 (Peau de Meau, cf II.3.2 Protocole CMR, p. 6). Les analyses statistiques sont effectuées avec le logiciel MARK. Le critère de sélection des modèles testés est une différence de plus de 2 valeurs d'AIC entre chacun d'eux. Une estimation de taille de population à chaque jour de capture est réalisée afin de visualiser l'évolution de la population d'imagos au cours du temps.

Un quadrat de 7.5 ha a été choisi comme site de capture sur la base des prospections réalisées depuis 2013. La recherche de criquets s'est faite selon les exigences liées à la méthode (captures au hasard, population fermée, identification des individus pérenne) et pendant la période d'activité journalière des criquets. Chaque individu détecté est capturé, marqué (Figure 13) et relâché. Pour chacun d'eux un morceau d'élytre est prélevé.

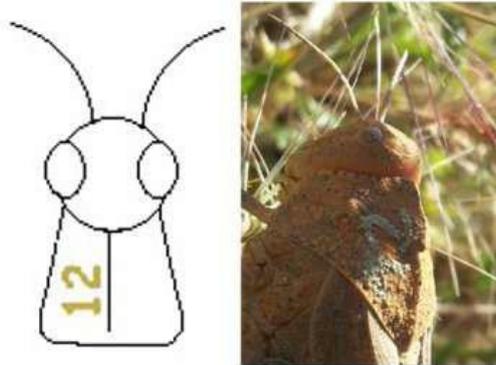


Figure 13 : Marquage utilisé pour la campagne de capture-recapture.

## V.3 Etude du microhabitat

Les données sont collectées à la fois pendant la campagne de capture-recapture et selon un protocole dédié sur les sites d'extinction (Couloubris, Grosse du Levant, Ex-Peau de Meau ; Figure 14) et de présence (Peau de Meau, Calissane). Les variables collectées sont : recouvrement en sol nu, galets, végétation, hauteur maximale de végétation, hauteur moyenne de végétation, température.



Figure 14 : Distribution des relevés de la structure du microhabitat sur les sites éteints (rouge) et actuels (orange). 50 relevés par site.

#### V.4 Analyse des menaces

Des pièges photographiques ont été installés pour étudier l'impact de la prédation (Figure 15).



Figure 15 : Distribution des pièges photographiques installés avec appâts (criquet d'élevage) hors réserve naturelle.

## V.5 Protocole d'échantillonnage - Adaptive sampling

Le protocole de 2015 (cf. II.1.2 Echantillonnage, p. 2) a été adapté.

Le protocole est construit en Adaptive sampling de la façon suivante :

- 1- prospection jusqu'à la première détection ou fin de l'heure
- 2- au premier criquet détecté, la prospection s'arrête sur le cercle en cours, l'heure de la détection est notée et le cercle suivant est prospecté

Un total de 406 ha doit être prospecté. La saison de vie des *Prionotropis* s'étale de mi-avril à fin juin, et la période de détection optimale est définie entre début mai et mi-juin. Les prospections se dérouleront donc pendant cette période à raison de 6h de prospection par jour (trajet inclus), entre 10h et 18h au moment où les criquets sont les plus actifs.

## VI. Résultats en 2016

### VI.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

#### VI.1.1 Suivi des pontes de 2015

**Tableau 3 : Effectif et biométrie des pontes et des œufs issues de l'élevage 2015. Les pontes prélevées en Crau sont un échantillon de celles transférées en 2015.**

	Crau	Thoiry	Total
Egg pods number	16	15	31
Eggs number	181	88	269
Eggs mean width (mm)	1.89 [1-2.84]	1.99 [1.28-2.62]	1.94 [1-2.84]
Eggs mean length (mm)	8.34 [6.68-9.86]	8.18 [6.82-9.1]	8.26 [6.68-9.86]
Egg pods mean width (mm)	No difference		18.05 [16.2-19.9]
Egg pods mean length (mm)	No difference		24.39 [19.86-28.92]

**Tableau 4 : Développement de l'échantillon d'œufs de Crau (C) et de Thoiry (T) disséqués entre le 26/05 et le 07/06. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'embryons.**

Egg Pod	Oviposition date	Number of Embryo : number of dissected eggs	Reasons for missing embryo	Percentage of total development
C10	21-25/06/2015	3:3		35-40%(1); 45% (1)
C17		3:4	steril(1)	0% (1) ; 45-50% (1)
C20	29/06-06/07/2015	3:3		50-55% (2)
C24		2:2		40-45% (2)
C28	06-09/07/2015	3:3		20-30% (2)
T1	09-11/06/2015	3:3		10-20% (1)

T2		2:3	dried out (1)	<5% (1)
T3		3:3		No pictures
T4		3:3		No pictures
T5	27-30/06/2015	4:5	egg damaged (1)	10% (1)

On observe une tendance à un développement plus avancés des pontes transférées en Crau que celles présentes à Thoiry (Tableau 4).

**Tableau 5 : Développement de 30 œufs (3 œufs par ponte) issus des différents traitements à Thoiry. Toutes les pontes ont une date d'oviposition identique (mi-fin juillet). Traitement 1= sable+pulvérisation journalière+température de Crau ; Traitement 2 = sable+pulvérisation hebdomadaire+température de Crau; Traitement 3= sable+ pulvérisation journalière+18-19°C puis 10°C puis 18-19°C; Traitement 4 =vermiculite+pulvérisation journalière+températures de Crau; Traitement 5 = sable+pulvérisation journalière+18-19°C constant. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'embryons.**

Treat-ment	Egg Pod	Number of Embryo : number of dissected eggs	Reasons for missing embryo	Percentage of total development
1	A12	2:3	steril (1); egg damaged (1)	0% (1); 10-20% (1); 20-30% (1)
	A13	2:3		
2	A11	3:3		10-20% (4); 30% (1)
	A12	3:3		
3	A12	3:3		aberration, ca. 15% (2); 20-30% (2)
	B12	3:3		
4	A12	0:3	egg dried out (3)	5% (1); aberration, <15% (2)
	B12	3:3		
5	C11	0:3	steril (3)	0% (3); aberration?, 20-30% (2)
	A12	3:3		



Figure 16 : Exemple de développement embryonnaire à Thoiry (en haut à gauche, traitement 5 -voir information Tableau 5, 10 % de développement) et en Crau (en haut à droite, 45 - 50 % de développement ; en bas, 20-30% de développement).

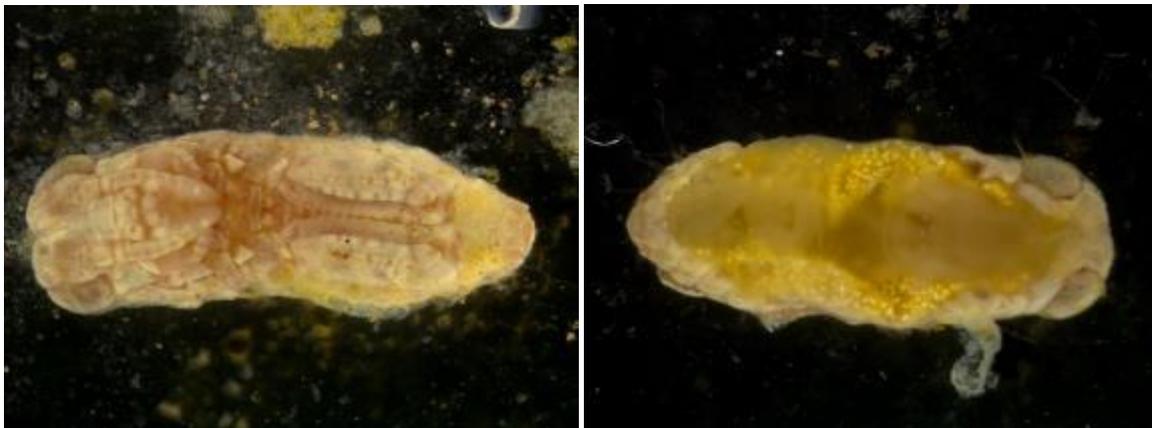


Figure 17 : Embryon observé dans un œuf de l'oothèque n°18 transféré en Crau en 2015, disséqué le 30/09/2016. Le développement est accompli à 70 - 80 % indiquant que les embryons continuent de se développer entre mai et septembre, pendant la période estivale.

### VI.1.2 Suivi des pontes de 2016

Il semble que les embryons se développent mieux qu'en 2015 puisque les stades de développement identifiés après 6 mois sont supérieurs ou égaux à ceux détectés en mai 2016 sur les pontes de 2015, soit 11 mois après (Tableau 6, Figure 18). Cela reste une hypothèse puisque aucune dissection n'avait été réalisée en novembre/décembre 2015 ne permettant pas une comparaison à la même date. Soit les embryons rentrent en diapause en hiver et n'en sortent plus, soit le développement se poursuivra au printemps 2017. Cette dernière hypothèse semble la plus probable.

Tableau 6 : Biométrie et développement de 4 pontes de 2016.

	Crau	Thoiry
Nombre de pontes	1	3
Nombre d'œufs	5	9
Longueur moyenne œuf (mm)	9.42 [9.08-9.64]	8.64 [7.85-9.05]
Largeur moyenne œuf (mm)	2.37 [2.27-2.48]	2.04 [1.7-2.25]
Développement embryon (min-max)	70-80%	5-10% à 35%
Date de dissection	20/12	17/11 et 13/12



Figure 18 : Embryon développé à 70-80 %, dans son œuf (épluché de sa cuticule, à droite) et hors de l'œuf (à gauche). Provenant de l'œuf n°7 de la ponte C50 (oviposition 24-27/06/2016 ; disséquée le 20/12/2016).

### VI.1.3 Elevage *ex situ* 2016 (Thoiry)

Tableau 7 : Bilan de l'élevage initié en 2015 au Parc de Thoiry.

	2015	2016
N juvéniles élevés (♀/♂)	24 (12/12)	22 (13/9)
Dernière mort	29/09/2015 <sup>1</sup>	11/10/2016

1 <sup>ère</sup> accouplement	04/06	10/06
1 <sup>ère</sup> ponte	13/06	14/06
N pontes	179	161
N pontes transférées en Crau	31	29

<sup>1</sup> : euthanasie

Tableau 8 : Poids (en g) des individus présents à Thoiry le 01/08/2016.

Mâles	Femelles
2,11	5,11
2,13	5,66
2,14	5,66
2,24	5,27
2,05	5,33
2,05	5,82
2,04	4,99*

\* cette femelle a probablement pondu il y a peu de temps car elle présente un abdomen moins développé que les autres.

#### VI.1.4 Bilan des dissections

Tableau 9 montre le bilan du nombre d'œufs disséqués en 2016 (pontes 2015 et 2016).

Tableau 9 : Bilan du nombre d'œufs disséqués en 2016. Le nombre de pontes correspondant est donné entre parenthèse. La première colonne est classée selon la hiérarchie suivante : année, substrat de ponte, régime d'humidité, régime de température et code des pontes.

	Crau	Thoiry	Total
<b>2015 (29)</b>			
<b>* sand</b>	<b>38 (12)</b>	<b>48 (14)</b>	<b>86 (26)</b>
>daily watering		34 (10)	34 (10)
<i>Diapause 10°C</i>		9	
3A12		3	
3B12		3	
T3		3	
<i>Temp constant</i>		14	
5A12		3	
5C11		3	
5C9		3	
T5		5	
<i>Temp Crau</i>		11	
1A12		5	
1A13		3	
T1		3	
>weekly watering		14 (4)	14 (4)
<i>Temp Crau</i>		14 (4)	

	Crau	Thoiry	Total
2A11		5	
2A12		3	
2C10		3	
T2		3	
>Crau transfered	38 (12)		38 (12)
C1	3		
C10	3		
C17	4		
C18	3		
C2	3		
C20	4		
C24	2		
C25	4		
C26	3		
C27	3		
C28	3		
C4	3		
<b>* vermiculite</b>		<b>9 (3)</b>	<b>9 (3)</b>
>daily watering		9 (3)	9 (3)
<i>Temp Crau</i>		9	
4A12		3	
4B12		3	
T4		3	
<b>2016 (4)</b>			
<b>* crau</b>	<b>5 (1)</b>	<b>3 (1)</b>	<b>8 (2)</b>
>daily watering			
<i>Temp Crau</i>			
L2		3	
>Crau transfered	5		
C50	5		
<b>* sand</b>		<b>6 (2)</b>	<b>6 (2)</b>
>daily watering		6	
<i>Temp Crau</i>		6	
L1-1		3	
L1-2		3	
<b>Total</b>	<b>43 (13)</b>	<b>63 (20)</b>	<b>106 (33)</b>

## VI.2 Population de l'autodrome de BMW

Tableau 10 compare les données des 3 séances de captures (Capture-recapture) en 2013, 2015 et 2016. L'estimation des tailles de populations a été réalisée avec le logiciel MARK et le modèle Otis ( $M_0 \{N, p(\cdot) = c(\cdot)\}$ )

Il n'est pas possible de faire une estimation de taille de population basée sur les modèles de capture-recapture puisque aucune recapture n'a été possible (Tableau 10) cette année sur BMW, contrairement aux deux autres populations étudiées en 2013 et 2015. Il va donc être nécessaire de trouver un autre moyen d'estimer la taille de population.

**Tableau 10 : Bilan des campagnes de capture-recapture sur les trois populations identifiées.**

	Calissane 2013	Peau de Meau 2015	BMW 2016
Quadrat size	9 ha	8.5 ha	7.5 ha
Period	03. June to 05 July	01. June to 10. July	03. June to 11. July
N occasions	12	19	13
Marked individuals (♀/♂)	177 (92/85)	32 (21/11)	28 (14/14)
Recaptures	11	7	0
p	0.011	0.024	-
Population size:	1403 ± 415 (♂ 674 ±	86 ± 30 (♂ 29 ± 11, ♀	-
$M_0 \{N, p(\cdot) = c(\cdot)\}$	200, ♀ 729 ± 215)	56 ± 19)	

## VI.3 Etude du microhabitat

Les résultats préliminaires de l'étude du microhabitat de l'espèce sur les sites abritant une population et sur les sites considérés comme récemment éteints, montrent un effet de la structure de végétation : les sites éteints se caractérisent par un recouvrement et une hauteur de végétation plus faibles. Il est donc possible qu'il y ait un impact direct du pâturage, soit au travers des pratiques, soit un impact indirect via des oiseaux insectivores qui suivent les troupeaux (lien prédation).

## VI.4 Analyse des menaces

Un protocole avec des pièges photographiques destiné à étudier cette prédation aviaire et à rechercher des pressions de prédation différente selon les sites a été testé en 2016. Le dispositif fonctionne et a été reconduit en 2017.

## VI.5 Protocole de prospection - Adaptive sampling

Le planning chargé en 2016 n'a pas permis de prospecter plus de 6 cercles. Tous étaient situés sur des sites de présence historique de l'espèce mais aucune présence n'a été détectée (Figure 19).

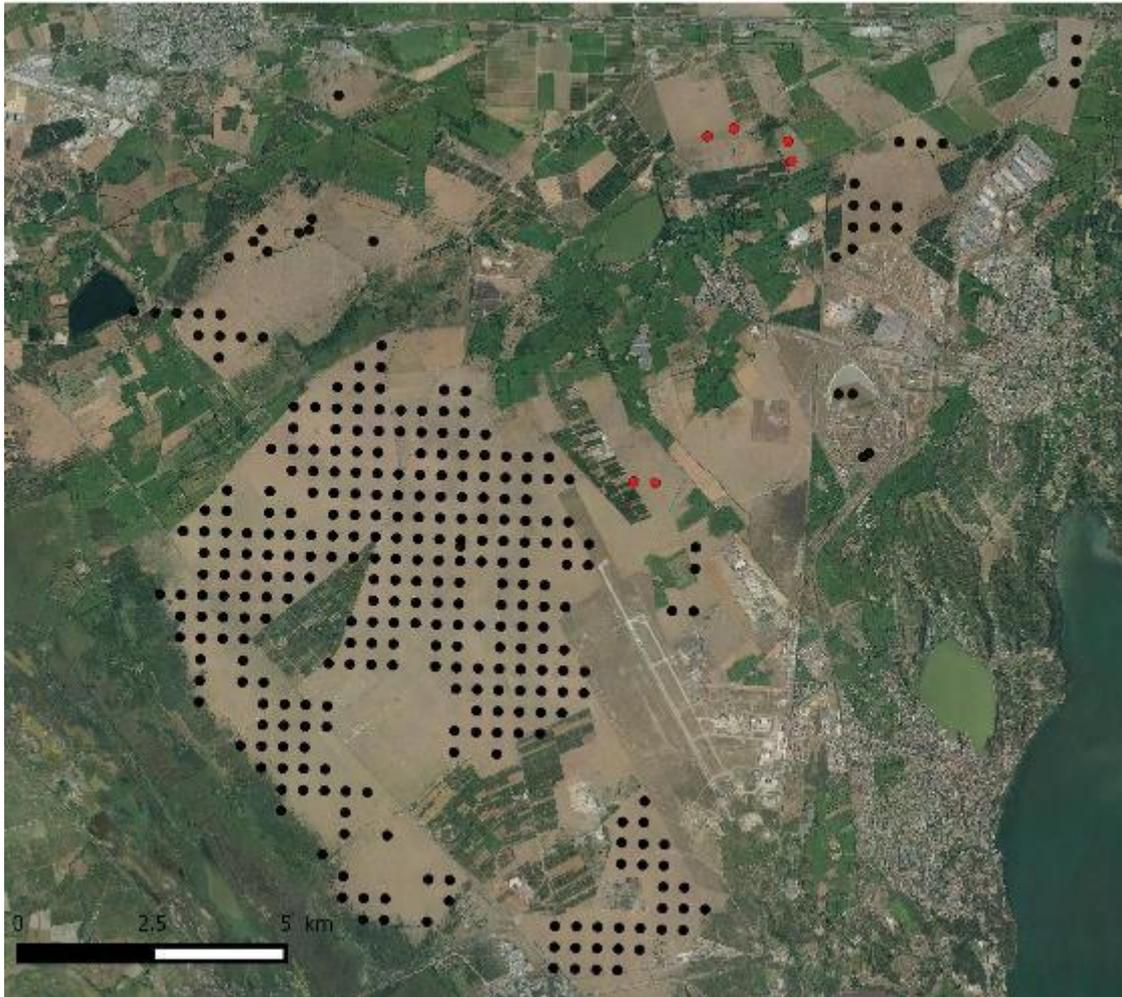


Figure 19 : Distribution des cercles réalisés en 2016 (rouge) et des cercles effectués depuis 2012 (noir).

## 2017

### VII. Objectifs en 2017

Les objectifs de 2017 étaient les suivants :

1. Poursuivre l'élevage ex situ ;
2. Estimer la taille de population de Peau de Meau et Calissane ;
3. Continuer l'analyse de la prédation par les pièges photos.
4. Tester une méthode de sélection des sites pour réintroduction : utilisation des réflecteurs autocollants pour comparer les taux de survie entre sites.
5. Tester la détection des individus par les chiens (Conservation canine, université de Washington) ;
6. Evaluer la stratégie de conservation à mi-parcours.

### VIII. Matériel et méthodes en 2017

#### VIII.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

Le protocole a été identique à celui réalisé en 2015 et 2016. Le déroulement des captures se passe comme décrit en 2015 (Figure 4). Les captures sont donc effectuées sur plusieurs localités du site (Figure 20). Aucun critère de choix des individus ne sera mis en place pour sélectionner les accouplements.

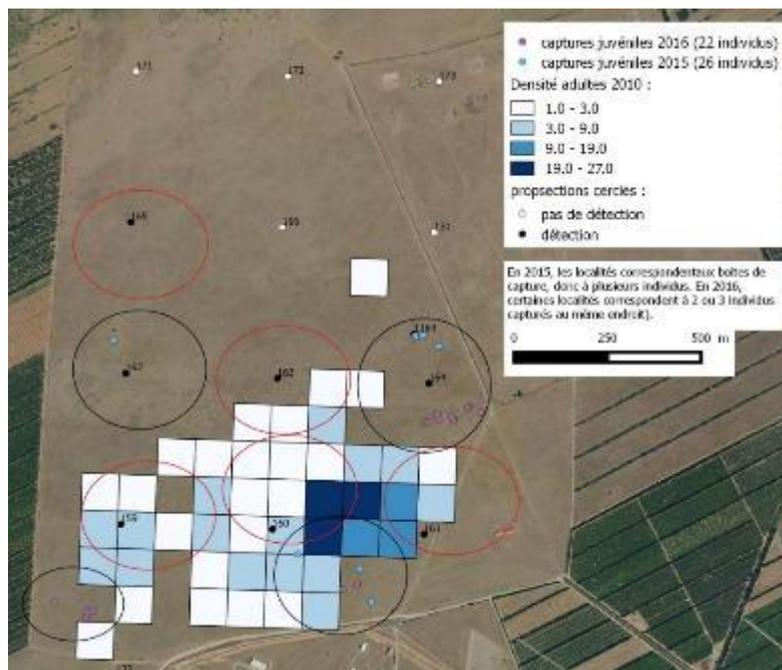


Figure 20 : Localités de captures des juvéniles en 2015 et 2016. Les cercles indiquent les zones d'échantillonnage génétique à faire en 2017.

### VIII.3 Pièges photographiques

Initié en 2016, le test de l'étude de la prédation à l'aide de pièges photographiques a été reconduit sur Calissane et Couloubris (Tableau 11). Trois Cam-Trap stations (Reconyx 1m ; Bushnel: 3m de l'appât) ont été mis en place pour une durée de 2 à 3 jours. Six réplifications du dispositif ont été effectuées (localisations tirées au hasard dans l'aire du site concerné), soit 24 réplifications au total. Les appâts utilisés étaient des mâles *Locusta migratoria* afin de ne pas introduire d'individus qui seraient déposés par une femelle pleine. Les individus provenaient soit du CIRAD de Montpellier, soit de Insectmaster.fr. Ils ont été attachés à un galet à l'aide de fil de pêche, ailes coupées afin de limiter les mouvements à l'image du criquet de Crau.

**Tableau 11 : Localisation des emplacements sélectionnés pour les pièges photographiques en 2017**

site	ID	X_WGS84	Y_WGS84
Couloubris	5	4.870322	43.5480686
	9	4.867439	43.5491939
	16	4.857635	43.5501943
	23	4.858184	43.5480746
	24	4.859658	43.5519603
	28	4.864725	43.5445699
Calissane	0	4.9663652	43.6113927
	2	4.9703087	43.6090703
	9	4.9666005	43.6121051
	11	4.96804	43.6115567
	16	4.9711947	43.608864
	100		

### VIII.4 Marquage réflecteur

Etant donné que très peu de juvéniles de *P. rhodanica* ayant été produits en élevage ex situ, ce sont des mâles adultes de *Locusta migratoria* qui ont été utilisés. Les individus ont été fournis soit pas le Cirad de Montpellier, soit commandés sur Insectmaster.fr. Afin de ne pas introduire l'espèce en Crau, seul des mâles ont été utilisés, ailes coupées afin de limiter ses mouvements à l'image du Criquet de Crau. Le réflecteur autocollant est placé sur le pronotum (Figure 21).

Deux sites ont été suivis :

- Couloubris: dernière population de *P. rhodanica* disparue en 2012-2013
- Grosse du Centre : proche de la clôture de Peau de Meau

Quatre relâchés de 10 individus sur chaque site (en simultanément) ont été effectués comme indiqué en Figure 22. Un contrôle après 48 heures et un après une semaine ont été réalisés à 2 observateurs de nuit à l'aide de lampes frontales. Les définitions des statuts des individus sont les suivantes :

**Survivant** = trouvé et vivant ; **Mort** = ruban adhésif trouvé (avec ou sans partie du corps) ; **Disparu** = pas retrouvé (émigration ou prédation)



Figure 21 : Marquage réflecteur sur un mâle de *Locusta migratoria*.

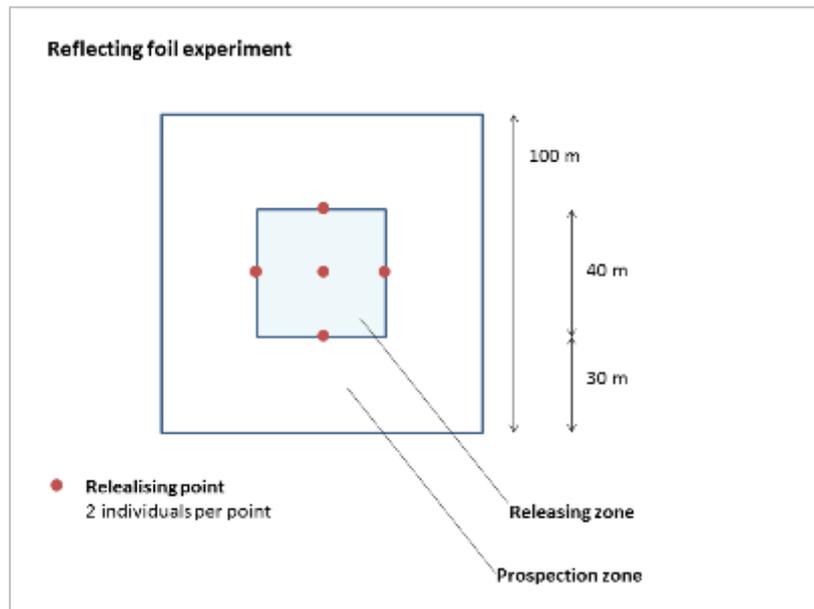


Figure 22 : Dispositif du lâcher des *L. migratoria* males avec marquage réflecteur.

### VIII.5 Chiens de détection

Afin de comparer les capacités des chiens et celle de l'homme à détecter des criquets de Crau adultes, un protocole de *site occupancy* est mis en place sur le site de Calissane (Figure 23). Il consiste à visiter à deux reprises 24 cercles de 25 m de diamètre alternativement par les chiens et par une équipe de deux observateurs. Chaque visite dure 30 minutes. Huit cercles peuvent être visités chaque jour (Figure 24).

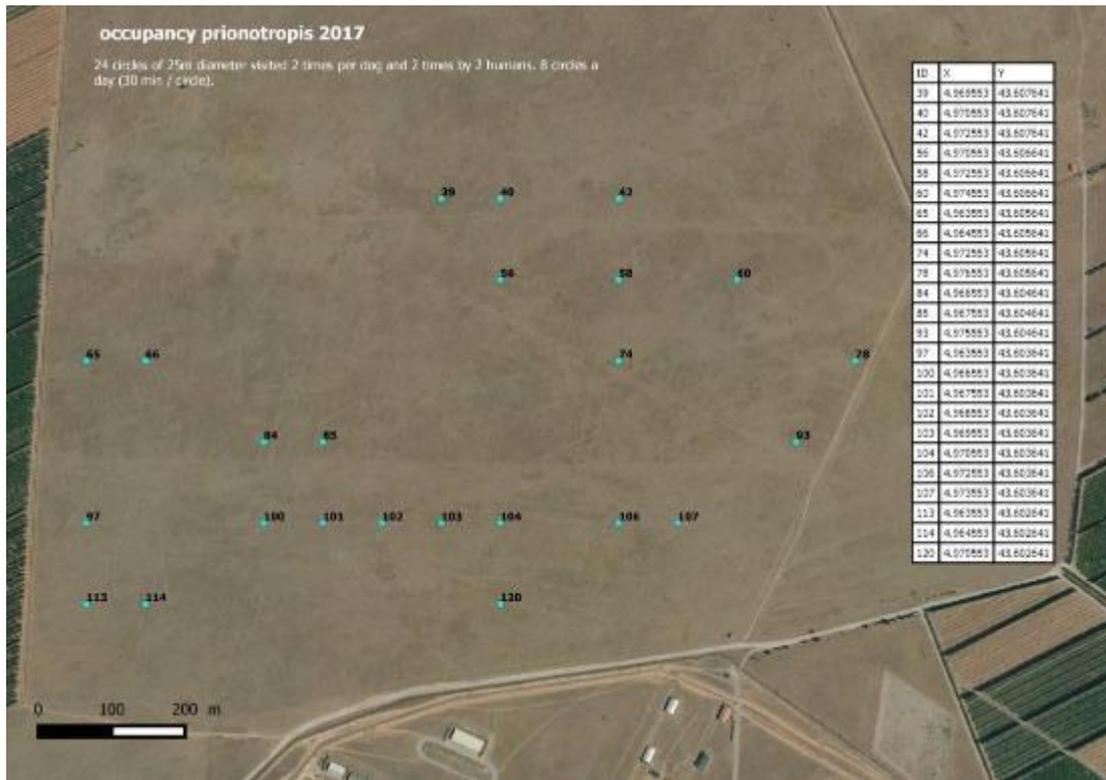


Figure 23 : Protocole site occupancy pour comparer les capacités des chiens à celle de l'homme dans la détection des criquets de Crau. 24 cercles de 25 m de diamètre tirés au hasard dans l'aire occupée par la population sur Calissane.

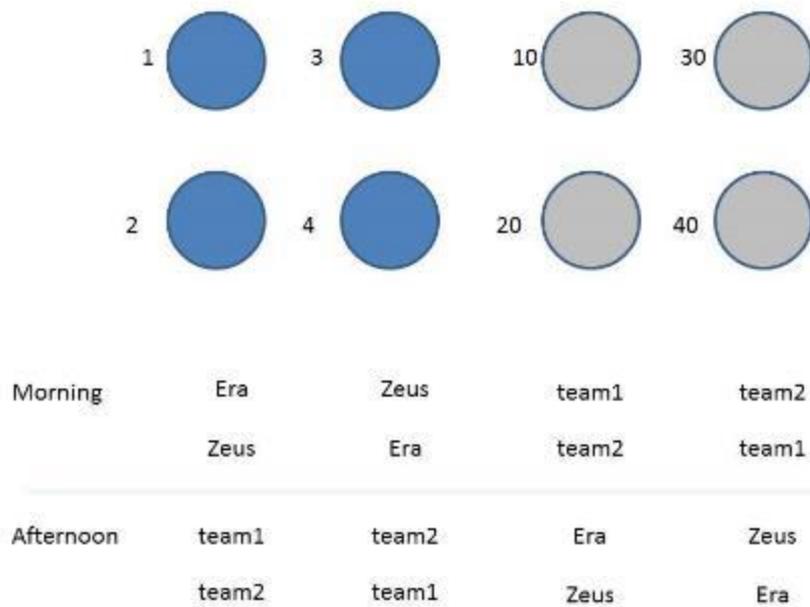


Figure 24 : Rotation des visites entre équipe chien/maître-chien et homme.

## VIII.6 Evaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours

Un atelier de travail « stratégie de conservation » s'est tenu les 14 et 15 décembre 2017 à Thoiry avec l'objectif d'évaluer la stratégie de conservation à mi-parcours.

Les personnes suivantes y ont participé : Laurent TATIN, Linda BROEDER, Axel HOCHKIRCH et Cathy GIBault.

## IX. Résultats en 2017

### IX.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

#### IX.1.1 Suivi des pontes de 2016

Les dissections de 4 pontes de 2016 ont été réalisées en janvier 2017 afin d'avoir une idée du développement à cette période de l'année. La tendance reste la même avec un développement beaucoup plus avancé des pontes transférées en Crau (70-80%) que celles présentes à Thoiry (Tableau 12). Les conditions climatiques locales semblent donc indispensables au développement des œufs. Nous ne les avons pas identifiées clairement et 4 hygromètres ont été placés sur le terrain d'expérience de Calissane en août.

**Tableau 12 : Biométrie et développement de 4 pontes de 2016**

	Crau	Thoiry
Nombre de pontes	1	3
Nombre d'œufs	5	9
Longueur moyenne œuf (mm)	9.42 [9.08-9.64]	8.64 [7.85-9.05]
Largeur moyenne œuf (mm)	2.37 [2.27-2.48]	2.04 [1.7-2.25]
Développement embryon (min-max)	70-80%	5-10% à 35%
Date de dissection	20/12	17/11 et 13/12

#### IX.1.2 Elevage *ex situ* 2017

Des éclosions dans les tubes ont eu lieu autour du 25 février (Figure 25). Des œufs issus des dissections du 25 janvier sur des pontes de 2016 transférées en Crau (43, 53 et 55) avaient été conservés dans des tubes avec du papier humide. Le 27 février, en rentrant de quelques jours d'absence, 14 juvéniles morts étaient présents dans les tubes (Tableau 13). Ces individus ont été conservés au congélateur. Les conditions de température et d'humidité qui ont permis ces éclosions n'ont pas été enregistrées. Les tubes étaient placés dans un bureau dont la température oscille autour de 21°C en hiver.

Deux pontes (n° 37 et 41) sur les cinq prélevées en Crau le 29 mars ont éclos à Thoiry le 4 et le 5 avril (Tableau 14, Figure 26). Un total de 20 juvéniles est né mais une forte mortalité a été observée au premier stade. Seulement 6 individus ont survécu (Figure 27) et ont été inclus dans le circuit de reproduction. Cette mortalité élevée (70 %) se concentre sur le premier stade juvénile (ponte 37, n=7

stade 1 ; ponte 41, n=7 stade1 + n=1 stade 2 soit 93 % stade 1). L'hypothèse de l'effet d'un iridovirus a été soulevée puisqu'un individu avait été identifié positif en 2015. La recherche de cet iridovirus sur 4 juvéniles morts au stade 1 ou 2 n'a pas détecté sa présence mais le protocole utilisé ne permet pas d'affirmer son absence (résultats Laboklin).

En Crau, seulement 2 juvéniles (p.ex. pontes 42) ont pu être détectés dans le dispositif mis en place à Calissane (Figure 28).

Il semble que cette année les éclosions aient été plus précoces que d'habitude. Certaines des pontes contrôlées début avril en Crau présentaient un orifice et peu de juvéniles ont été détectées laissant penser qu'ils avaient éclo plus tôt et quitté les cages installées sur le terrain (Figure 28). Les premiers adultes ayant été observés le 21/05, cela confirme la précocité des éclosions cette année.



**Figure 25 : Juvéniles morts ayant éclo dans un tube contenant des œufs issus des dissections du 25 janvier 2017.**

**Tableau 13 : Biométrie et développement de 3 pontes de 2016, disséquées le 25/01/2017 et ayant produits des juvéniles dans les tubes à essais entre le 22 et le 26/02/2017.**

Pontes	Longueur (mm)	Largeur (mm)	N œufs	N éclosions
43	20,27	14,39	17	6
53	NA	NA	16	2
55	28,86	18,18	16	6

**Tableau 14 : Eclosions à Thoiry de 2 pontes 2016 transférées en Crau en 2016, renvoyées à Thoiry le 29 mars 2017 (n° 37 et 41).**

oothèque	Date	N décès	N mues	Maintenance	°C min nuit	°C max jour	Remarques
37	05/04/2017			Dans boîte d'éclosion sans lampe	15	22	9 jeunes éclo
	06/04/2017			Transfert dans boîte+lampe	16	26	Mangent et excrètent les jours suivants

oothèque	Date	N décès	N mues	Maintenance	°C min nuit	°C max jour	Remarques
	12/04/2017	3					Trouvés morts le matin ; longueur corps=5-7mm
	13/04/2017	2		Transfert dans carré moustiquaire + point chaud	18	30	
	17/04/2017		2				2 individus stade 2 sur les 4 restants
	26/04/2017	1					Mort au stade 1
41	04/04/2017			Dans boîte d'éclosion sans lampe	15	22	11 jeunes éclos
	08/04/2017	2		Transfert dans boîte+lampe	16	26	Mangent et excrètent les jours suivants
	12/04/2017	3					Trouvés morts le matin ; longueur corps=5-7mm
	13/04/2017	2		Transfert dans carré moustiquaire + point chaud	18	30	
	17/04/2017	1					1 mort au stade 1
	24/04/2017		2				Stade 1 : 2 juvéniles Stade 2 : 2 juvéniles (cf tableau d'origine)
	25/04/2017		1				
26/04/2017		2				4 en stade 2	



Figure 26 : Juvéniles de stade 1 nés à Thoiry le 4/04/2017 de pontes élevées en Crau en 2016-2017.

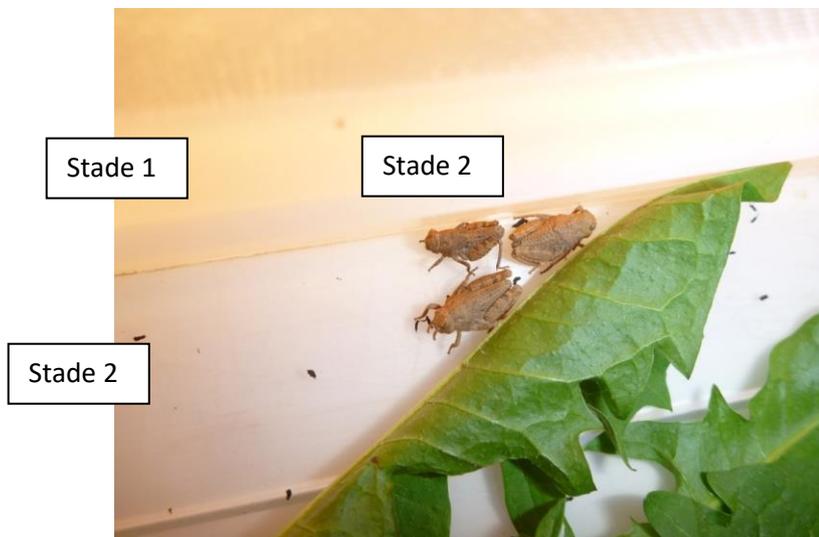


Figure 27 : Les mêmes juvéniles âgés de 20 jours.



Figure 28 : Eclosion en Crau.

Un total de 71 juvéniles a été capturé pour prélèvements de tissus (cf. ci-après) les 16 et 17 mai sur Calissane dont 26 (14♀ et 12♂) ont alimenté l'élevage *ex situ* à Thoiry cette année. Le Tableau 15 ci-dessous fait le bilan de l'élevage *ex situ* à Thoiry depuis 2015. En moyenne les femelles produisent en

captivité 172 pontes ( $\pm 4.36$ ) en partie grâce à une longévité bien supérieure aux conditions naturelles ( $\pm 2$  mois).

**Tableau 15 : Bilan de l'élevage *ex situ* à Thoiry depuis 2015**

	2015	2016	2017
N juvéniles capturés (♀/♂)	24 (12/12)	22 (13/9)	22 (14/8)
N juvéniles issus de captivité	0	0	5
Dernière mort	29/09/2015 <sup>1</sup>	11/10/2016	After10/09
1 <sup>ère</sup> accouplement	04/06	10/06	02/06
1 <sup>ère</sup> ponte	13/06	14/06	06/06
N pontes	179	161	170
N pontes transférées en Crau	31	29	77

<sup>1</sup> : euthanasie

Un plus grand nombre de pontes a été transféré en Crau (n=77) puisque leur développement est meilleur et que des éclosions ont eu lieu au printemps.

### IX.1.3 Gestion des pontes de 2017

**En Crau :** Au total, 77 pontes produites à Thoiry ont été transférées en Crau en trois sessions (29/06, 11/07 et 24/07/2017). Le dispositif accueille les pontes dans des enclos ne permettant pas aux éventuels juvéniles qui éclosaient en 2018 de s'échapper (Figure 29). Elles ont été placées soit dans des pots en plastique (n=20), soit des pots en terre cuite (n=5), soit directement au sol (n=52, Tableau 16). Chaque support porte le numéro de la ponte qu'il accueille. Quatre hygroboutons ont été placés dans chacun des supports, plus un à l'extérieur des cages comme témoin.

**Tableau 16 : Supports utilisés comme transfert pour les pontes de 2017.**

Supports	N pontes
Pot plastique	20
Sol	52
Pot terre cuite	5
<b>Total</b>	<b>77</b>



Figure 29 : Transfert de 77 pontes dans les cages (52) et dans les pots (25). A droite: directement dans le sol; au centre : dans les paniers plastiques; à gauche : dispositif installé dans deux cages.

**A Thoiry :** Afin d'améliorer le développement des pontes, il a été décidé de transférer 40 d'entre elles dans une cage à l'extérieur de la chambre d'incubation pour mimer les conditions environnementales (Figure 30). Un bac rempli de sol prélevé en Crau est placé dans une cage clôturée et accueille les pontes.



Figure 30 : Transfert de pontes à l'extérieur de la chambre d'incubation à Thoiry.

#### IX.1.4 Bilan de l'échantillonnage génétique

Les prospections ont permis de capturer 32 juvéniles en 2016 et 71 en 2017, soit un total de 103 individus échantillonnés et géolocalisés (28 femelles et 27 mâles, Figure 31). Malgré l'effort investi, aucun juvénile n'a été détecté sur deux zones de la population, l'une centrale et l'autre au nord (Figure 31, cercles jaunes).

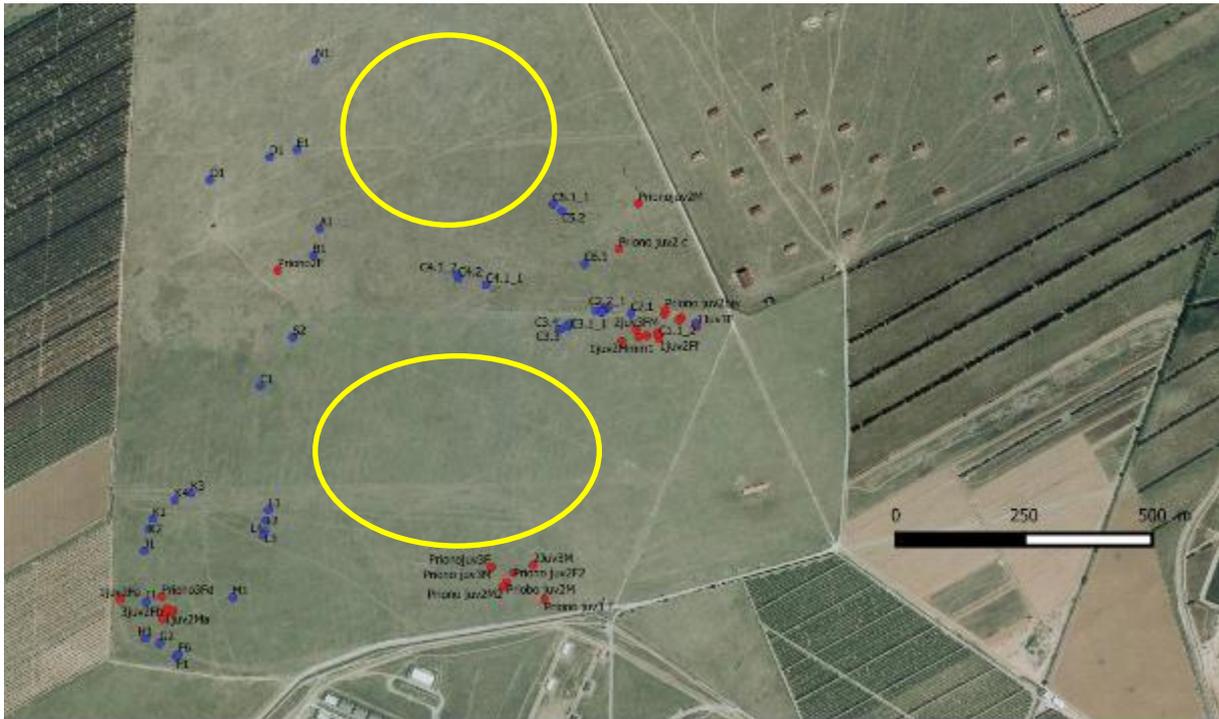


Figure 31 : Echantillonnage génétique spatial sur les juvéniles en 2016 (rouge, 17-18/05) et 2017 (bleu, 16 et 17/05). En jaune deux zones prospectées mais sans détection de juvéniles.

## IX.2 Estimation des tailles de populations

En 2017, les sessions ont commencé plus tôt car les premiers adultes ont été observés le 21/05 soit une dizaine de jours plus tôt que les autres années. Au total, ce sont 17 et 18 visites qui ont été réalisées respectivement sur Peau de Meau et Calissane (Tableau 17). Les nombres de captures et de recaptures de tous les sites depuis 2013 sont résumés également dans le Tableau 17.

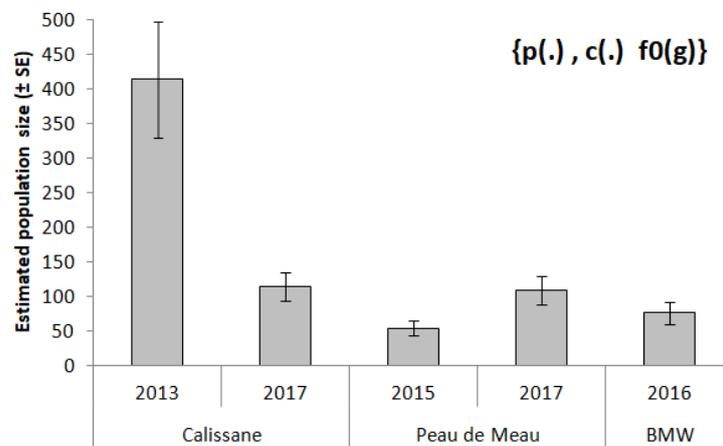
Tableau 17 : Résumé des campagnes de CMR depuis 2013.

Sites-années	N sessions	Périodes	N captures	N recaptures
Calissane 2013	12	03/06-05/07	177	11
Calissane 2017	18	29/05-27/06	65	3
Peau de Meau 2015	19	01/06-10/07	32	7
Peau de Meau 2017	17	26/05-27/06	60	8
BMW 2016	16	03/06/-11/07	40	0

L'analyse CMR en "fixed parameter" sur les 5 sites-années retient le modèle constant Mb comme meilleur modèle (p et c constants mais différents). Compte-tenu du peu d'information contenu dans le jeu de données, il n'est pas possible de faire tourner des modèles avec plus de 6 paramètres.

Les principaux résultats sont les suivants (Figure 32):

1. Les taux de capture et recapture sont faibles mais plus précisément estimés que sous une analyse année par année :  $p= 0.045$  [0.027-0.074] et  $c=0.01$  ([0.007-0.014])
2. Les tailles de population de Calissane et Peau de Meau sont similaires en 2017, respectivement 114 [86-175] et 109 [82-169]
3. Une chute drastique est observée pour Calissane entre 2013 et 2017 : 413 [297-640] à 114 [86-175]
4. La tendance entre 2015 et 2017 sur Peau de Meau indique un accroissement d'un facteur 2 : 54 à 109 individus
5. BMW semble être un site dont la taille de population est intermédiaire entre Peau de Meau 2015 (avant la gestion) et Calissane 2017 : 75 [55-121].



**Figure 32 : Tailles de populations estimées pour chaque sites-années depuis 2013. Analyse en "fixed parameter" sous Mark. Modèle constant  $M(b)$  :  $p$  et  $c$  constants et estimés sur la totalité du jeu de données, abondance estimée par groupe (sites-années).**

Une indication apparaît quant à l'effet de la gestion de l'habitat mise en place sur Peau de Meau. La population a doublé en deux années (Figure 33) suite à la mise en place de l'exclos d'avril à août et à la fermeture des nichoirs à faucons crécerellette. Dans le même temps, sur Calissane, site qui peut être considéré comme un témoin puisque aucune gestion n'est appliquée, la population a diminué. Si l'on ne peut pas interpréter cette chute à ce stade, elle indique au moins que la tendance n'est pas la même sur les deux sites. A moins que des différences locales à l'échelle des sites existent, la gestion appliquée semble favorable à la dynamique de l'espèce.

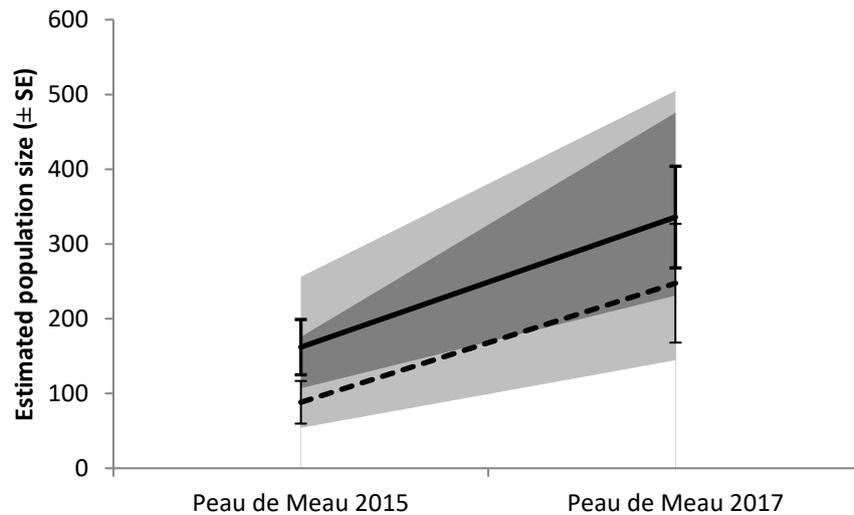


Figure 33 : Comparaison de la tendance de population de Peau de Meau avant (2015) et après (2017) la gestion de l'habitat (exclus temporaire et fermeture nichoirs faucon crécerellette) selon deux méthodes d'analyse : en gris clair=95% intervalle analyse année par année ; gris foncé=95% intervalle analyse en "fixed parameter".

N'ayant pas la possibilité d'estimer la taille de population sur Calissane en 2015, nous avons donc entrepris d'explorer ce qui se passait en 2011, année pour laquelle nous disposons de données, afin de voir si la chute observée entre 2013 et 2017 était une variation normale de la population ou une diminution liée à un risque d'extinction.

Pour cela nous avons utilisé les données de l'étude préliminaire qui avait permis de calibrer l'effort nécessaire pour faire la cartographie de la population sur l'ensemble de la Crau. Cette étude avait consisté à mener une campagne CMR sur un quadrat de taille similaire, en partie commun au quadrat actuel (cf. rapport scientifique 2011). Les données ont été analysées année par année (2011, 2013 et 2017) avec le même modèle MO :  $\{N, p(\cdot)=c(\cdot)\}$  logit fonction (p et c constants et égaux). La tendance pour ces trois années indique une fluctuation de la taille de population entre 2011 et 2017 et non une chute drastique de 2011 à 2017 (Figure 34). Il faudrait donc continuer ce suivi afin de mieux cerner la dynamique de cette population.

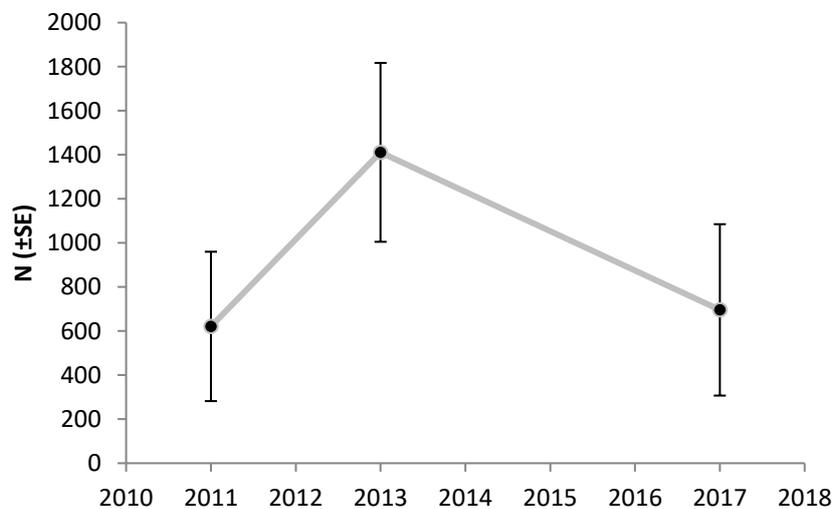


Figure 34 : Tendances de la population de Calissane de 2011 à 2017. Analyse CMR année par année sous Mark, modèle M0 : {N,p(.)=c(.)} logit function.

### IX.3 Pièges photographiques

Trois Cam-Trap stations ont été mis en place pour une durée de 2 à 3 jours. Six réplifications du dispositif ont été effectuées (24 réplifications au total). Les premiers résultats des analyses de pièges photographiques sont affichés ci-dessous.

Tableau 18 : Résumé de l'expérimentation sur la prédation à l'aide de pièges photographiques

	Couloubris	Calissane
Bait present	14	6
Bait absent	10	18
Predator identified	1	4
% success design	4	16
% success identification	10	22



Figure 35 : Identification des prédateurs

## VIII.2 Estimation des tailles de populations de Peau de Meau et Calissane

Le protocole CMR a été identique à celui réalisé en 2013 (Calissane) et 2015 (Peau de Meau), cf. II.3.2 Protocole CMR, p. 6.

- 3 personnes par visite
- 1 visite = 3h de prospection en faisant une pause de 10 min toutes les heures
- La prospection se fait en ligne de 3 personnes, chacune espacée de 1m
- La recherche d'individus doit se faire au hasard : il faut commencer par une extrémité différente du quadrat à chaque heure de prospection. Il faut prospecter tout le quadrat pendant les 3h et non se cantonner à un seul secteur du quadrat.

Pour chaque détection d'individu :

1. Saisir dans l'application Cybertracker toutes les données demandées
2. Marquer l'individu au stylo indélébile avec un numéro unique sur le pronotum (Figure 36)
3. Prélever un morceau d'élytre et le placer dans un microtube sur lequel la date, le site, l'espèce et le code de l'individu sont notés (un seul tube par individu)
4. Relâcher l'individu à l'endroit où il a été capturé
5. Reprendre la recherche

Un quadrat de 7.5 ha a été choisi comme site de capture sur la base des prospections réalisées depuis 2013. La recherche de criquets s'est faite selon les exigences liées à la méthode (captures au hasard, population fermée, identification des individus pérenne) et pendant la période d'activité journalière des criquets. Chaque individu détecté est capturé, marqué (Figure 36) et relâché. Pour chacun d'eux un morceau d'élytre est prélevé.

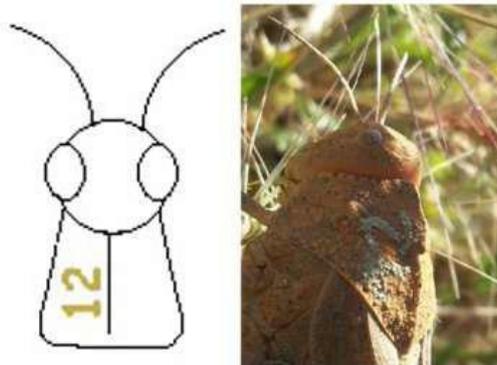


Figure 36 : marquage utilisé pour la campagne de capture-recapture.

Les analyses statistiques sont effectuées avec le logiciel MARK. Afin de palier au faible taux de recapture et d'obtenir un taux de recapture moyen pour l'ensemble des campagnes de CMR sur tous les sites (Calissane, Peau de Meau et BMW), une analyse en "fixed parameter" a été réalisée afin de combiner les différents sites-années et estimer plus précisément les taux de captures et les tendances.

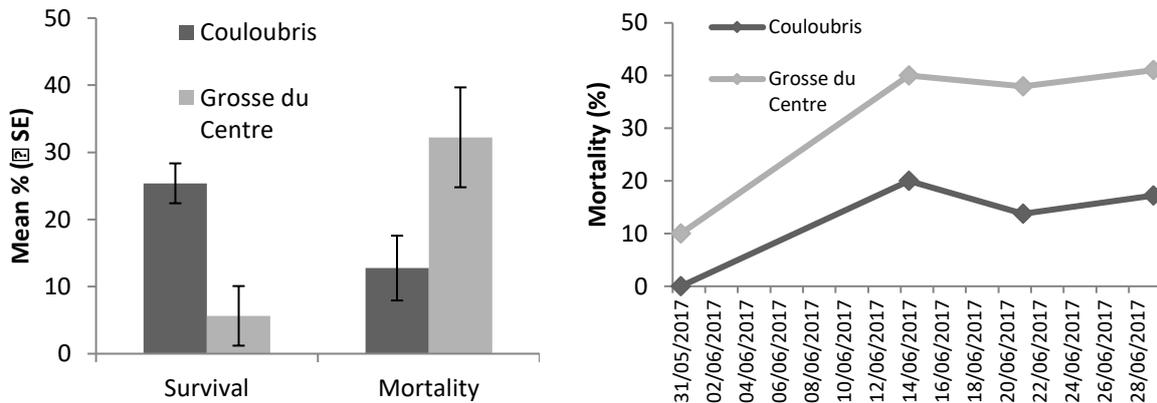
## IX.4 Marquage réflecteur

Quatre sessions de relâcher ont été effectuées entre le 25/05 et 22/06 au rythme d'un relâcher par semaine (Tableau 19). La détection n'a pas été estimée mais seulement 3% des individus (n=2 sur les 68 relâchés) sont passés inaperçus lors d'un contrôle. En termes d'occasions de recapture cela correspond à un taux de 99,2% (389 sur 392 occasions). Il semble donc plutôt aisé de détecter les réflecteurs la nuit et les données collectées semblent robustes.

**Tableau 19 : Cohortes des lâchers réalisés avec des *Locusta migratoria* males équipés de reflecting foil en 2017 (39 individus relâchés/site).**

Session	Date	N
Release I	25/05/2017	10
Release II	07/06/2017	10
Release III	14/06/2017	9
Release IV	22/06/2017	10

Le taux de survie est meilleur sur Couloubris (25%) que sur la Grosse du Centre (6%) et la mortalité inférieure (respectivement 13 et 32% en moyenne, Figure 37). Cette dernière reste inférieure sur Couloubris pendant toute la durée de l'étude.



**Figure 37 : Survie et mortalité sur les deux sites suivis : à gauche, la moyenne des deux paramètres ; à droite, la dynamique pendant la durée de l'étude.**

## IX.5 Chiens de détection

Le test a été écourté en raison d'une urgence obligeant l'équipe de Washington à retourner aux USA. Le protocole site occupancy n'a pas pu être réalisé. Ainsi, afin de palier à cela, nous avons testé la détection sur les juvéniles et non sur les adultes.

Le bilan est le suivant :

1. Les chiens ont vite appris à reconnaître l'odeur du criquet juvénile lors de la phase d'apprentissage (Figure 38).
2. La recherche d'individus disposés sur le terrain a été plus laborieuse (maintenus en captivité après les captures des juvéniles pour l'élevage à Thoiry). Les chiens semblaient détecter l'odeur

- du criquet aux alentours mais pas directement l'individu lui-même, en tous les cas pas systématiquement.
3. La recherche des individus juvéniles sauvages a été encore plus difficile. La détection semble avoir été aléatoire.



Figure 38 : Apprentissage des chiens à la reconnaissance de l'odeur des juvéniles de criquet de Crau.

## IX.6 Evaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours

Le compte-rendu de l'atelier se trouve en annexe 1.

## 2018 et 2019

### X. Objectifs en 2018 et 2019

---

Les objectifs de 2018 et 2019 étaient les suivants :

1. Poursuivre l'élevage ex situ (avec contrôle des pontes en Crau et suivis de la mortalité par stade et contrôle de l'iridovirus) ;
2. Poursuivre l'estimation des tailles de population pour faire un premier bilan de l'effet de la gestion de l'habitat sur Peau de Meau et comparer avec un site témoin (Calissane)
3. Continuer l'analyse de la prédation par les pièges photos.
4. Poursuivre le test d'une méthode de sélection des sites pour réintroduction : utilisation des réflecteurs pour comparer les taux de survie entre sites.
5. Poursuivre la détection des individus par les chiens ;
6. Décrire les stades juvéniles ;
7. Réaliser un film d'animation pour sensibiliser le grand public au sujet de la conservation du Criquet de Crau et les coussouls.

### XI. Matériel et méthodes en 2018 et 2019

---

#### XI.1 Elevage *ex situ*

En 2018, le Parc de Thoiry a décidé sans consultation préalable d'abandonner son partenariat en cours de saison. Cathy Gibault, curatrice, partenaire de la stratégie de conservation du Criquet de Crau depuis 2015 et détentrice du certificat de capacité, a repris l'élevage à titre personnel à Mesnil-Simon (cf. l'arrêté préfectoral n°13-2019-05-17-03 portant modification de l'autorisation dérogatoire à l'article L411-1, au titre de l'article L411-2 du Code de l'Environnement, au bénéfice du Conservatoire des Espaces Naturels de Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

#### XI.2 Estimation des tailles de populations

Une analyse des données de CMR initiée en 2018 avait permis d'identifier que l'effort pouvait être réduit tout en gardant une précision identique (Bröder *et al.*, soumis à *Conservation Biology*) des estimations en commençant en 2018 et 2019 les campagnes une semaine après la détection du premier adulte et en effectuant 16 sessions en 3 semaines.

#### XI.3 Pièges photographiques

L'étude de la prédation à l'aide de pièges photographiques a été reconduite du 25 mai au 18 juin 2018 sur les sites d'étude Grosse du Levant et Peau de Meau. Le principe de base était de disposer un appât (c'est-à-dire un mâle de *Locusta migratoria* attaché à une pierre) devant un piège photographique pour

enregistrer les cas de prédation et identifier les prédateurs. Le piège photographique (Reconyx Hyperfire HC500) a été exposé au sud de l'appât et orienté vers le nord pour éviter le contre-jour. Au total, 42 appâts (21 échantillons par site) ont été déposés pendant l'expérience (Bröder et al., en prép.).

#### **XI.4 Marquage réflecteur**

En 2018, le marquage réflecteur a été réalisé simultanément sur quatre sites d'étude situés dans la partie centrale de la steppe de la Crau (Grosse du Centre, Grosse du Levant, Couloubris et Nouveau Carton), qui sont tous des sites potentiels de réintroduction : Grosse du Centre et Grosse du Levant en raison de leur proximité avec la dernière sous-population restante dans la partie centrale de la steppe de la Crau (Peau de Meau) pour favoriser la connexion entre la sous-population réintroduite et la sous-population restante (Couloubris et Nouveau Carton) car ces sites sont proches de la zone où le Criquet de Crau était présent jusqu'en 2012. Tous les sites, à l'exception de Couloubris, sont protégés au sein de la RNNCC.

Dix criquets marqués ont été lâchés une fois par semaine sur chaque site d'étude. Nous avons utilisé exclusivement des mâles pour empêcher la reproduction. Deux individus ont été lâchés à chacun des cinq points de lâcher pour éviter d'attirer les prédateurs en raison des fortes densités de criquets (cf. Figure 22). Les points de lâcher étaient disposés en croix et à une distance de 25 m l'un de l'autre. Les individus ont été suivis lors de contrôles nocturnes à l'aide d'une torche (Halepro TG200, portée maximale des phares de 300 m) afin de détecter les réflecteurs autocollants. Un premier contrôle a été effectué 48 heures et un second une semaine après la libération. Habituellement, deux personnes marchaient sur toute la zone d'étude, en cherchant dans différentes directions et en notant tous les criquets détectés vivants. Les réflecteurs (sans criquets) ont également été notés et retirés du site d'étude. Sur tous les réflecteurs récupérés restaient des parties du pronotum, illustrant que ces pertes documentées étaient causées par la mortalité. Chaque criquet ou réflecteur récupéré a été identifié par son numéro individuel. La recherche a été achevée lorsque les mêmes individus ont été observés plusieurs fois et qu'il n'y avait plus eu de nouvelles détections. La durée minimale de recherche était de 40 minutes par site.

La durée totale de l'expérience a été de sept semaines (du 7 mai au 26 juin 2018). Au total, 60 individus (6 x 10 ind.) ont été relâchés à la Grosse du Centre et à la Grosse du Levant et 70 (7 x 10 ind.) à Nouveau Carton et à Couloubris. Sur chaque site, un piège à caméra (Bushnell Trophy Cam HD Aggressor Model 119774) a été installé à partir du 22 mai 2018 pour enregistrer les passages des troupeaux de moutons et la présence de prédateurs potentiels. Nous avons également noté si la présence de prédateurs était associée au pâturage ou non. L'heure et la date de chaque observation ont été enregistrées, ce qui a permis de calculer le nombre de passages de troupeaux de moutons (c'est-à-dire la "fréquence de pâturage") et les visites de prédateurs par jour et par heure (de 6h30 à 21h30). Nous n'avons pris en compte que les jours où des enquêtes complètes par piège à caméra ont été réalisées (Bröder et al., en prép.).

#### **XI.5 Chiens de détection**

Afin de comparer les capacités des chiens et de l'homme à détecter des criquets de Crau adultes, un protocole de site occupancy est mis en place sur le site de Calissane en 2018 (Figure 39). Il consiste à visiter à deux reprises 24 quadrats de 900m<sup>2</sup> alternativement par les chiens et par un observateur. Chaque visite dure 15 minutes.

En 2019, une nouvelle campagne est mise en place sur la base des résultats de 2018 afin d'améliorer le protocole et la précision des résultats. Les analyses des données de 2018 ont permis d'estimer que la détection est de  $p=0,3$  et l'occurrence  $\Psi = 0,7$ . Ainsi selon Specht *et al.* (2017) qui proposent un *conditional occupancy* pour les espèces cryptiques (Figure 40), le nombre de visites par quadrat est estimé à  $k=5$  [3-9] en 2019. Le temps de détection moyen est de 7 minutes avec une seule détection au-delà de 10 minutes. L'effort disponible en 2019 est de 12 jours soit 84 heures/équipe. Une matrice de simulations simples avec ces trois paramètres a permis de calibrer l'effort à 40 quadrats (Figure 41) visités 1 à 5 fois selon le résultat de la première visite, et une durée de visite de 10 minutes.



Figure 39 : Localisation des 21 quadrats réalisés en *occupancy* du 13 au 22 juin 2018.

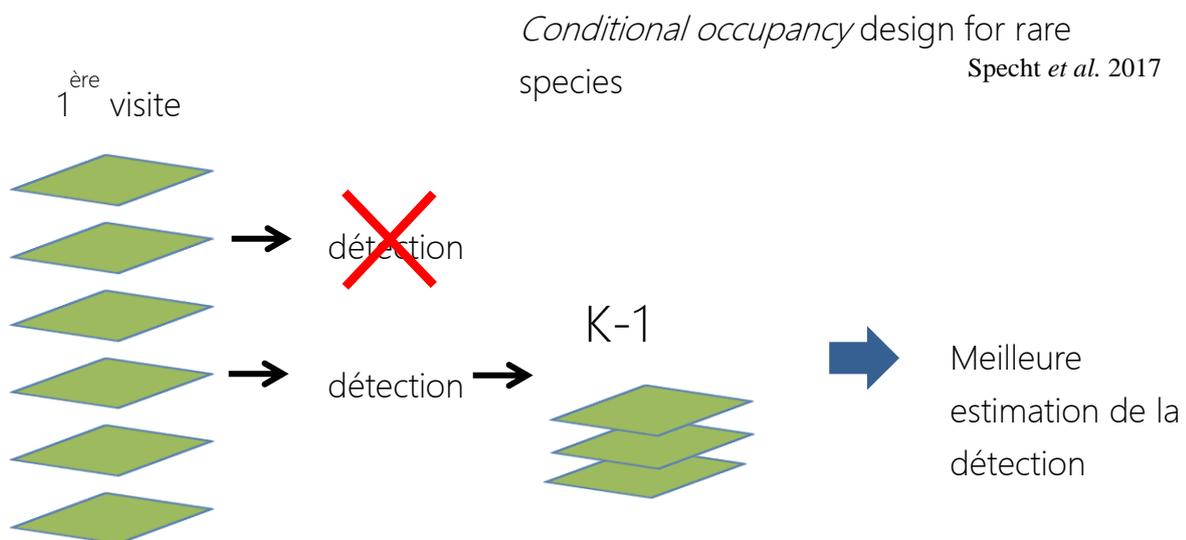


Figure 40 : Protocole *conditional occupancy* (Specht *et al.* 2017) utilisé en 2019 pour comparer les capacités des chiens à celle de l'homme dans la détection des criquets de Crau. 40 quadrats de 900m<sup>2</sup> tirés au hasard dans l'aire occupée par la population sur Calissane. L'effort a été estimé à partir des résultats de 2018 : 5 visites successives si la présence de l'espèce est détectée lors de la première visite ; chaque visite dure 10 minutes.

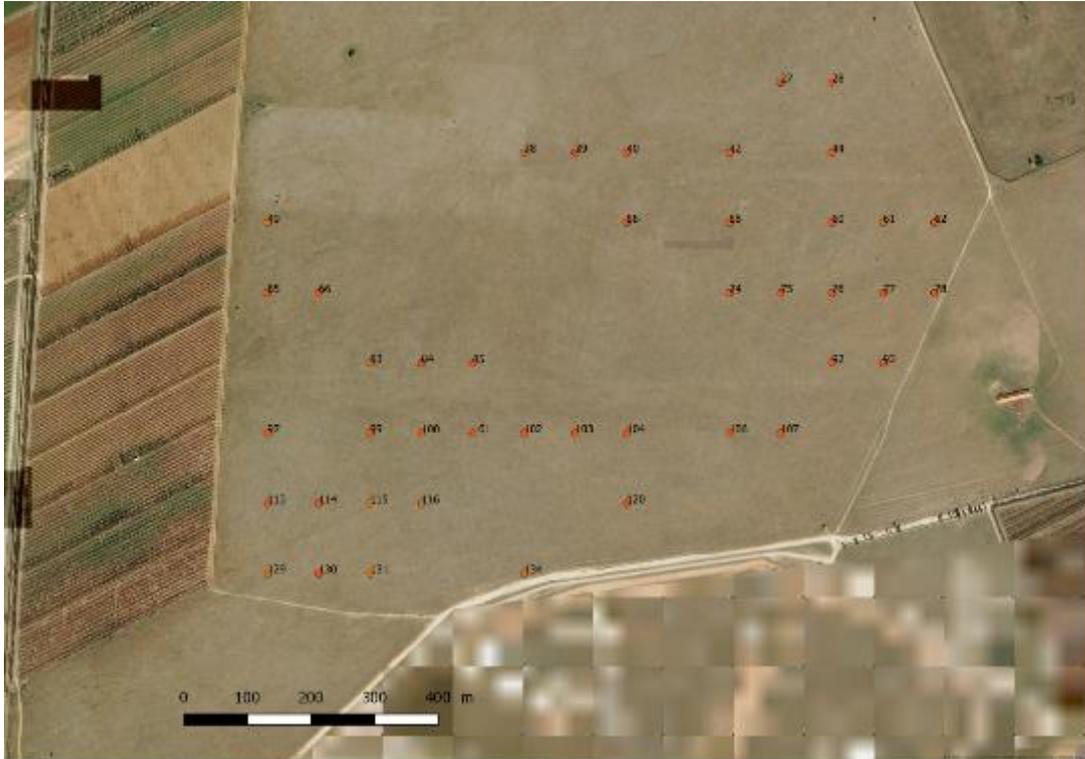


Figure 41 : Localisation des 40 quadrats réalisés en *conditional occupancy* du 01 au 19 juin 2019.

## XI.6 Description des stades juvéniles

Une description des stades juvéniles a été réalisée sur la base des données de Foucart (1995) et du présent travail d'Emilie Gromelle en 2018.

## XI.7 Film d'animation

Dans le cadre de la stratégie de conservation du Criquet de Crau, un film d'animation pour les réseaux sociaux est envisagé. Le travail de scénarisation et modélisation avait commencé à la fin de l'année 2018. L'équipe des Fées spéciales sous la direction artistique d'Eric Serre.

## XII. Résultats en 2018 et 2019

### XII.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

#### XII.1.1 Suivi des pontes de 2017 et 2018

La dissection des pontes s'est poursuivie en 2018 et 2019 afin de contrôler le développement des embryons. C'est aussi l'occasion de collecter des données sur leur biométrie et le nombre d'œufs qu'elles contiennent (Tableau 20). Les données collectées depuis 2016 sur la biométrie des pontes permettent d'avoir une bonne image de leurs caractéristiques morphologiques (Tableau 21). Pour les deux années des embryons bien développés sont présents mais en 2019 un taux plus élevé d'œufs secs est observé qui s'accompagne d'une proportion plus faible d'embryons dans les œufs (20,55 %, Tableau 22).

Tableau 20: Biométrie de 5 pontes de 2017 (disséqué le 22/02/2018) et 4 pontes de 2018 (07/02/2019).

Années de ponte	Ponte	Longueur mm	largeur mm	N œufs
2017	69	23,25	16,5	19
	76	19,33	11,96	15
	87	23,94	13,52	15
	109	19,53	14,3	15
	125	18,24	14,98	17
2018	56	20,43	14,18	12
	61	18,83	15,71	18
	72	18,25	13,06	0
	44	20,81	16,67	16

Tableau 21 : Biométrie des pontes de *P. rhodanica* (n=123 pontes, mesurée entre 2016 et 2019).

	Longueur (mm)	Largeur (mm)	N œufs
Moyenne	19,22	15,75	16,88
Ecart type	4,48	1,90	4,42

Tableau 22 : Bilan des dissections des pontes de 2018.

Date dissection	pontes	N œufs total	N œufs vides	N embryons	N embryons éclos
30/04/2019	39	13	11	2	0
	2	17	8	7	2
02/05/2019	15	16	5	2	9
	31	15	9	2	4

		N œufs total	N loges total	N œufs vide ou sec	N embryons
20/05/2019	47	10	15	9	1
	71	14	14	4	10
	67	0	18	0	0
	48	13	13	13	0
	65	0	0	0	0
21/05/2019	66	13	13	11	2
	64	0	17	0	0
	62	18	18	17	0
	69	16	16	9	3
	70	0	15	0	0
	68	0	0	0	0
	72	0	0	0	0
	63	1	12	0	1
N total œufs		146			
N total œufs vides ou secs		96			
% embryons		20,55			

### XII.1.2 Elevage *ex situ* et *in situ* en 2018 et 2019

Deux volières de 18m<sup>2</sup> ont été construites en 2018 afin d'accueillir les pontes produites *ex situ* (Figure 42).



**Figure 42 : En 2018, deux volières de 18 m<sup>2</sup> ont été construites afin d'accueillir les pontes produites *ex situ*, Certaines d'entre elles ont été placées dans des casiers de 40x40 cm afin de pouvoir mesurer les taux d'éclosion et la survie juvénile.**

En 2018, 25 juvéniles ont éclos en captivité et ont pu être intégrés dans le circuit d'élevage captif (5 individus avaient éclos en 2017). En parallèle 24 juvéniles sauvages ont été capturés et élevés à Thoiry. Une mortalité inattendue sur le lot d'individus sauvages a été observée : 10 femelles sont mortes aux stades 2 ou 3. La cause n'est pas clairement identifiée mais l'iridovirus Cr-IV a été identifié sur plusieurs individus. Seulement une femelle de l'élevage captif est morte à cause de ce virus.

Au total, 74 pontes ont été produites en 2018, significativement moins qu'en 2016 et 2017 (respectivement 169 et 177) ce qui est dû à la mortalité de femelles. Les pontes ont été transférées en

Crau dans deux nouvelles volières (Figure 43) : 23 pontes issues des individus sauvages et 51 issues des individus captifs dont 45 ont été placées dans des casiers afin de mesurer le taux d'éclosion et la mortalité du premier stade juvénile. Malheureusement aucun juvénile n'a éclos dans les casiers ni dans les volières en 2019. Seules des éclosions au laboratoire ont eu lieu mais aucun des individus n'a atteint le stade adulte (Tableau 23). Quatre hygroboutons ont été placés dans chacun des supports et un à l'extérieur des cages comme témoins.



Figure 43 : Transfert de 74 pontes en 2018 dont 45 ont été placées dans des casiers afin de suivre le taux d'éclosion et la survie juvénile.

Tableau 23: Bilan des éclosions issues des pontes 2018 prélevées dans les volières et disséquées au laboratoire au printemps 2019. Aucun des 37 individus n'a atteint l'âge adulte.

Pontes	Prélèvement	Date éclosion	N juvéniles éclos	N juvéniles vivants et relâchés
44	07/02/2019	31/03/2019	14	13
61	07/02/2019	31/03/2019	5	2
2	09/04/2019	19/04/2019	2	2
15	09/04/2019	18/04/2019	9	3
31	09/04/2019	19/04/2019	4	4
42	09/04/2019	16/04/2019	16	13
		Total	50	37

En 2019, les captures annuelles de juvéniles de *Prionotropis rhodanica* dans le cadre de l'élevage ex situ de l'espèce ont eu lieu les 15 et 16 mai. Ces deux journées ont permis de rassembler 14 personnes (salariés, stagiaires, services civiques du CEN PACA et de la commune de Saint-Martin de Crau) et de capturer 39 individus. Ils ont été tous élevés par Cathy Gibault (cf. chapitre XI.1).

En 2019, un total de 93 pontes a été produit dont 78 ont été transférées en Crau dans les volières (Figure 44), 25 pontes ont été placées au fond de la volière 1, hors des casiers, et 24 pontes de 2018 conservées dans leur casier d'origine dans cette même volière (Tableau 24).

**Tableau 24 : Nombre de pontes transféré en Crau en 2018 et 2019.**

		2018	2019
Volière 1	Hors casier	0	25
	Dans casier	45	0
Volière 2		29	53
Total		74	78



**Figure 44 : En 2019, 78 pontes produites au centre d'élevage ex situ ont été transférées dans les volièrès, Chaque site d'implantation est marqué à l'aide d'une étiquette plastique blanche numérotée.**

En 2018 et 2019, les juvéniles élevés en captivité ont deux origines : sauvages ou issus de captivité. Des mesures biométriques ont été relevées en 2018 et 2019 (Tableau 25 et Tableau 26, Figure 45).

Le nombre de pontes a été constant les 3 premières années (autour de 170 pontes) puis a connu une première chute en 2018 (n= 113 pontes, Tableau 27). Une mortalité inattendue sur le lot d'individus sauvages a été observée : 10 femelles sont mortes aux stades 2 ou 3. La cause n'est pas clairement identifiée mais l'iridovirus Cr-IV a été identifié sur plusieurs individus. Seulement une femelle de l'élevage captif est morte à cause de ce virus. En 2019, une nouvelle chute est observée (n=93 pontes, Tableau 27) : elle s'explique par une mortalité causée par des nématodes (*Mermis* sp., Figure 46). Ce genre est présent dans les plantes de prairies humides et susceptibles de transmettre des iridovirus (Poinar & Hess 1980). Les juvéniles de criquets ont été nourris avec du plantain et autres graminées collectés en bordure des prairies de fauches lors de leur transport de la Crau vers le centre d'élevage. Cela pourrait être l'origine de la présence des nématodes et potentiellement de l'iridovirus Cr-IV.

Un bilan iridovirus (2015-2019) et un bilan nématodes 2019 se trouvent en annexe 2 et 3.

**Tableau 25 : Biométrie de 4 individus les plus extrêmes (2 femelles et 2 mâles) le 23/05/2019.**

Sexe	Poids (g)	Longueur pronotum (mm)	Longueur fémur (mm)	Antennes	Stade
Mâle	1,79	10,8	13,3	14	5
Mâle	0,73	8,1	10,3	13	4
Femelle	2,86	11,8	15,3	14	5
Femelle	0,80	8,2	10	13	4

**Tableau 26 : Biométrie de 7 mâles et 12 femelles adultes élevés en captivité à Thoiry en 2018.**

	longueur fémur (mm)		longueur pronotum (mm)	
	moyenne	écart type	moyenne	écart type
Male	18,71	0,63	11,61	0,54
Femelle	20,59	0,71	14,25	0,86

**Tableau 27 : Bilan de l'élevage *ex situ* depuis 2015**

	2015	2016	2017	2018	2019
N juvéniles sauvages (♀/♂)	24 (12/12)	22 (13/9)	22 (14/8)	28 (15/13)	29 (16/13)
N juvéniles issus de captivité (♀/♂)	0	0	5	25 (14/11)	8 <sup>2</sup> (3/5)
Dernière mort	29/09/2015 <sup>1</sup>	11/10/2016	après 10/09	01/07	13/06
1 <sup>ère</sup> accouplement	04/06	10/06	02/06	10/06	04/06
1 <sup>ère</sup> ponte	13/06	14/06	06/06	13/06	12/06
N pontes	179	161	170	113	93
N pontes transférées en Crau (issues de captif/ issues de sauvage)	31 (0/31)	29 (0/29)	77 (0/77)	74 (51/23)	78 (0/78)

1 euthanasie ; <sup>2</sup> issus des femelles capturées pour observation du comportement de ponte



Figure 45 : A gauche, femelle et mâle adulte se nourrissant en 2019. A droite, femelle fraîchement sortie de sa mue.



Figure 46 : En 2019, une infection de nématodes (*Mermis* sp.) a causé la mort de 4 mâles en 2 jours.

Le 15 juin 2019, un essai de transfert de 5 femelles et 5 mâles adultes en Crau a été fait afin de laisser les femelles sélectionner elles-mêmes les sites de pontes. Les individus ont été marqués afin de pouvoir les suivre dans leur phase de reproduction et essayer de localiser les sites de pontes, et collecter leurs caractéristiques. En seulement 2 jours, les individus ont été consommés par d'autres orthoptères (*Decticus albifrons* et *Calliptamus* sp.), qui ont pu pénétrer ou ont éclos dans l'enclos.

Le bilan de l'élevage *ex situ* 2015-2019 se trouve en annexe 4.

## XII.2 Estimation des tailles de population

Les nombres de captures et de recaptures de tous les sites depuis 2013 sont résumés dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Résumé des campagnes de CMR depuis 2013.

Sites-années	N sessions	Périodes	N captures	N recaptures
Calissane 2013	12	03/06-05/07	177	11
Calissane 2017	18	29/05-27/06	65	3
Calissane 2018	16	11/06-04/07	171	10
Peau de Meau 2015	19	01/06-10/07	32	7
Peau de Meau 2017	17	26/05-27/06	60	8
Peau de Meau 2019	16	03/06-24/06	189	84
BMW 2016	16	03/06/-11/07	40	0

### XII.2.1 Tendance de population de Peau de Meau et Calissane

L'analyse CMR en "fixed parameter" sur les 5 sites-années retient le modèle constant Mb comme meilleur modèle ( $p$  et  $c$  constants mais différents). Compte-tenu du peu d'information contenu dans le jeu de données, il n'est pas possible de faire tourner des modèles avec plus de 6 paramètres.

Les principaux résultats provisoires sont les suivants (Figure 47) :

1. Les taux de captures et recapture sont faibles mais plus précisément estimés que sous une analyse année par année :  $p=0,045$  [0,027-0,074] et  $c=0,01$  ([0,007-0,014] ;
2. Des fluctuations importantes de la taille de population existent comme le montre la dynamique sur Calissane depuis 2013 (Figure 47) ;
3. La tendance entre 2015 et 2019 sur Peau de Meau indique un accroissement continu avec une taille de population estimée à 86 [53-172] en 2015 puis 376 [318-462] en 2019 (Figure 48) ;
4. BMW semble être un site dont la taille de population est intermédiaire entre Peau de Meau 2015 (avant la gestion) et Calissane 2017 : 75 [55-121].

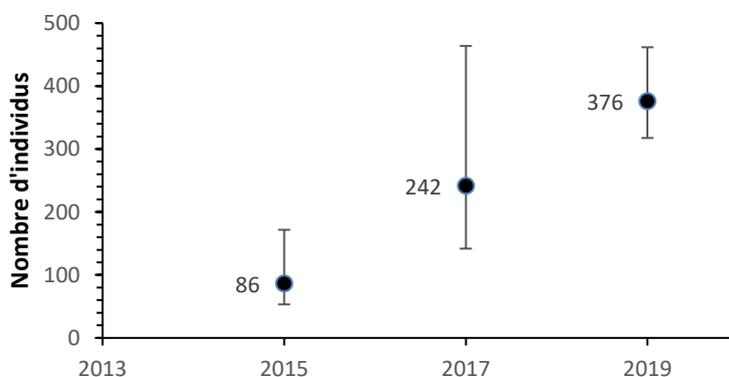
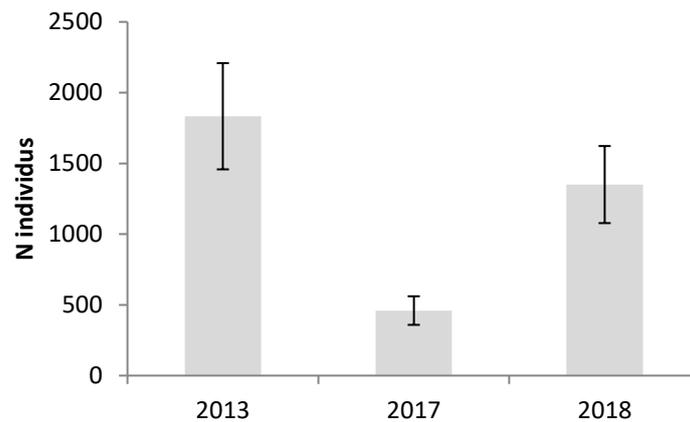


Figure 47 : Comparaison de la tendance de population de Peau de Meau avant (2015) et après (2017 et 2019) la gestion de l'habitat (exclos temporaire et fermeture de nichoirs faucon crécerellette).

Une indication apparaît quant à l'effet de la gestion de l'habitat mise en place sur Peau de Meau. La population a quadruplé en 4 années (Figure 47) suite à la mise en place de l'exclos d'avril à aout et à la fermeture des nichoirs à faucons crécerellette. Dans le même temps, sur Calissane, site qui peut être considéré comme un témoin puisque aucune gestion n'est appliquée, la population a fortement fluctué (Figure 48). Si l'on ne peut pas attester statistiquement de l'efficacité de la gestion, cette différence entre les deux sites indique au moins une piste sérieuse dans la mise en place d'une action de sauvegarde. Sauf si des différences locales à l'échelle des sites existent, la gestion appliquée semble favorable à la dynamique de l'espèce et pourrait être dupliquée sur d'autres sites envisagés pour des réintroductions.



**Figure 48 : Première estimation de tailles de population sur Calissane depuis 2013, Analyse en "fixed parameter" sous Mark, Modèle constant  $M(b) : p$  et  $c$  constants et estimés sur la totalité du jeu de données.**

### XII.2.2 Conception d'un suivi optimisé des populations du Criquet de Crau

Le suivi des populations demande un effort élevé, pourtant les estimations d'abondance sont peu précises. Pour cette raison, la méthode de capture-recapture a été optimisée à partir de cinq campagnes réalisées entre 2013 et 2017, avec pour objectif d'améliorer la précision des résultats et de réduire l'effort de terrain. Le protocole optimisé considère (1) la phénologie de l'espèce qui définit la période optimale pour accomplir la collecte de données, et (2) l'effort minimum de terrain qui est nécessaire pour produire des résultats robustes. Deux campagnes réalisées en 2018 et 2019 sur la base du protocole optimisé ont validé le fait que cette optimisation a permis d'augmenter la précision des estimations de taille de populations et de réduire l'effort de terrain. En conséquence, l'optimisation proposée représente une méthode de capture-recapture appropriée pour suivre les populations de Criquet de Crau sur le long terme.

Les dernières analyses de données capture-recapture optimisant les modèles d'analyses en prenant en compte toutes les données disponibles et la phénologie de l'espèce donnent des chiffres d'estimation de populations plus exactes (Figure 49, Bröder et al. 2020).

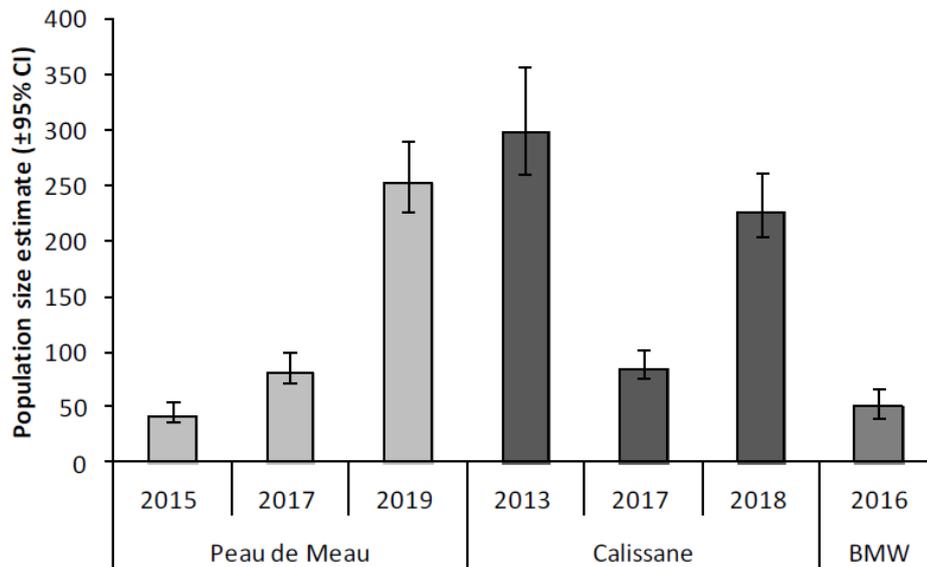


Figure 49 : Tailles de population estimées sur les trois sites Peau de Meau (7 ha), Calissane (9 ha) et BMW (7,5 ha).

→ **Résultat de l'optimisation du suivi d'une population** : 16 sessions, 3 observateurs, 3 heures. De plus, la période optimale pour les suivis a été identifiée (cf. Bröder, L., Tatin, L., Hochkirch, A., Schuld, A., Pabst, L., & Besnard, A., 2020. Optimization of capture-recapture monitoring of elusive species illustrated with a threatened grasshopper. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1111/cobi.13449>).

### XII.2.3 Suivi du Criquet de Crau par la méthode des chiens de détection

Le chien est plus efficace que l'homme pour trouver les criquets, mais il faut faire une analyse coûts/bénéfices et comprendre pourquoi dans la plupart des cas, le chien trouve des indices de présence de criquet dans des quadrats où l'homme ne trouve pas et inversement. Analyse en cours.

### XII.3 Pièges photographiques

Dans l'ensemble, 60% des appâts (25 sur 42) avaient disparu lors des contrôles. Dans tous les autres cas, les criquets étaient encore attachés à la pierre. Au Peau de Meau, il y avait plus d'appâts absents (71 %, 15 appâts) que à la Grosse du Levant (48 %, 10 appâts). Au Peau de Meau, 80 % des appâts disparus étaient absents en raison de prédateurs confirmés (12 appâts), à la Grosse du Levant 60% (6 appâts). Dans cinq cas (une fois Peau de Meau et quatre fois Grosse du Levant), la raison de l'absence n'a pas été enregistrée par la caméra.

Au total, 94 % des événements de prédation observés ont été causés par des oiseaux, un seul appât a été prédaté par une araignée. Parmi les prédateurs d'oiseaux, 82 % étaient des Corvidés : Corbeau freux (*Corvus frugilegus*) 41 % ; Choucas des tours (*C. monedula*) 24 % ; Corneille noire (*C. corone*) 18 %. La prédation par le Faucon crécerellette (*Falco naumanni*) a été observée une fois et par l'Édicnème criard (*Burhinus oedipnemus*) deux fois (Bröder *et al.*, en prép.).

## XII.4 Marquage réflecteur

En moyenne, 36 % ( $\pm 5.2$  % SE) criquets ont été détectés vivants et 5 % ( $\pm 0.8$  % SE) morts au cours de la première semaine suivant leur relâcher. Couloubri est le site où la moyenne de criquets vivants a été la plus élevée (50.0 %  $\pm 7.7$  % SE) et la moyenne de criquets morts la plus basse (2.5 %  $\pm 1.8$  % SE). Les différences entre les sites n'étaient toutefois pas significatives.

Au total, 70 événements de pâturage (c'est-à-dire des passages de troupeaux de moutons) et 69 visites de prédateurs potentiels ont été observés sur les quatre sites d'étude. La plupart des observations de prédateurs étaient des Corvidés (64 %) et des Hérons garde-bœufs (29 %) ; les autres prédateurs potentiels observés étaient l'Œdicnème criard (4 %) et l'Outarde canepetière (3 %). Au total, 64 % des observations de prédateurs étaient associées au pâturage (Bröder *et al.*, en prép.).

## XII.5 Chiens de détection

En 2018, un protocole expérimental dans une cage de 25m<sup>2</sup> a été mené afin de comparer la détection par les chiens et par l'homme (Figure 51). Une série de 16 relâchers aléatoires de criquets suivis d'une recherche pendant 10 min par le couple chien-maitre et par un observateur a permis de voir que le couple maitre-chien dépasse l'homme : 87% contre 58 % de réussite.

Une étude en présence-absence sur 21 quadrats a été menée afin de poursuivre cette comparaison en conditions réelles. Chaque quadrat faisait 900 m<sup>2</sup> et a été visité à 2 reprises par chaque équipe. La différence entre les deux équipes s'estompe si on prend en compte uniquement les criquets que le maitre-chien a pu observer (Figure 50 et Figure 51). Lorsqu'on prend en compte aussi les signaux du chien indiquant la présence d'un criquet sans que le maitre-chien n'ait pu détecter alors la différence s'accroît (Figure 50).

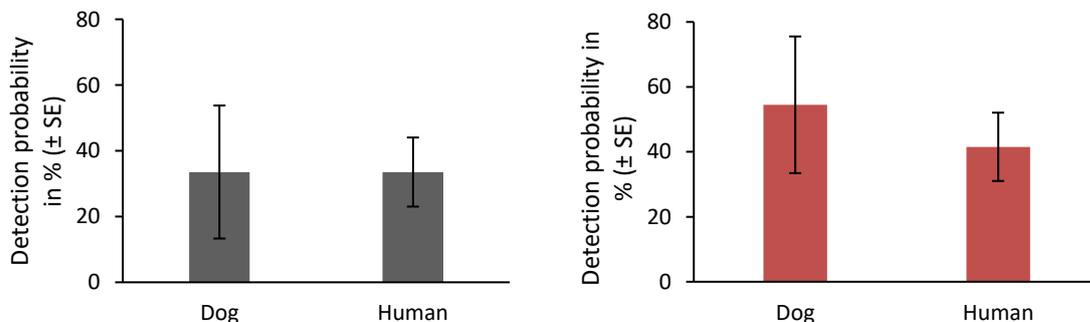


Figure 50 : A gauche, détections à la fois par le chien et le maitre-chien ; à droite, détections par le couple et uniquement par le chien en 2018.



Figure 51 : Détection d'un individu de *P. rhodanica* par la chienne Hera lors du protocole *occupancy* mené en 2018, Maitre-chien : Rita Santos (Rogue détection teams, USA).

## XII.6 Description des stades juvéniles

La description des 5 stades juvéniles est disponible (Figure 52). Pour la totalité du document voir E:\LAT\_bak\Documents\Steppe de Crau\Faune\Prionotropis\Priono 2018\description stade juv.

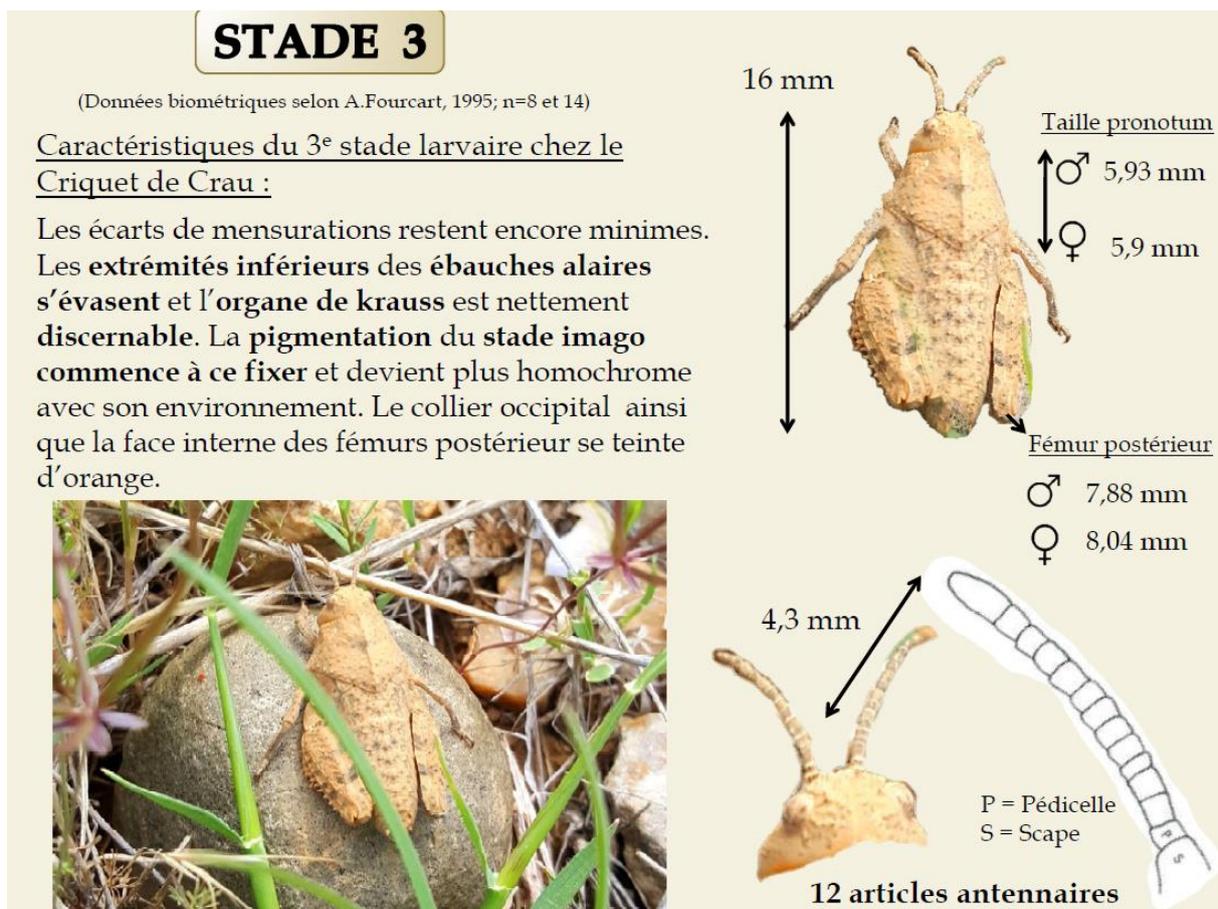


Figure 52 : description des stades juvéniles (Gromelle 2018).

## XII.7 Film d'animation

Le film d'animation réalisé par Les Fées spéciales sous la direction artistique d'Eric Serre et la supervision scientifique de Laurent Tatin (CEN PACA) a été mis en ligne sur les réseaux sociaux en avril 2019 : <https://vimeo.com/323861228> et [https://www.youtube.com/watch?v=nJhb46Vt\\_HY](https://www.youtube.com/watch?v=nJhb46Vt_HY). Le nombre de visites a vite augmenté (Tableau 29). Le film, d'un cout total de 18 000€ TTC, a été cofinancé par le WWF-Fond mondial pour la nature, National Geographic Society, DREAL PACA, Conseil départemental 13 et la carrière de la Menudelle (groupe Gagneraud).

	Nbre de clics	N de « like »
Facebook CEN	9 500	25
Facebook Ecomusée	825	28
Youtube	2 665	77
Vimeo	998	5
<b>Total</b>	<b>11 323</b>	<b>135</b>

Tableau 29 : Bilan des visites sur les réseaux au 03/09/2020 pour le film « Un secret de la steppe ».

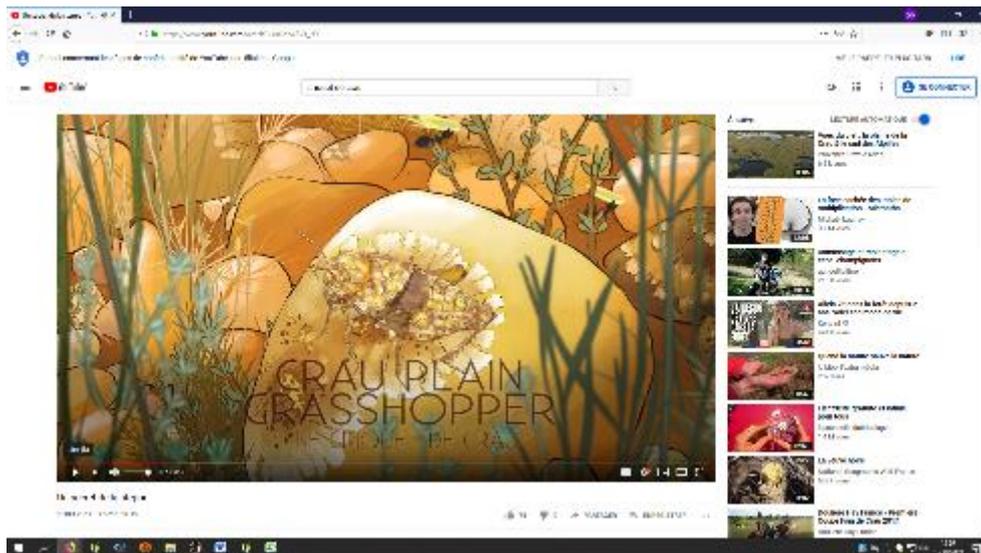


Figure 53 : Capture d'écran de la page YouTube du film. Extraite le 18/10/2019.

## 2020

### XIII. Objectifs en 2020

---

Les objectifs de 2020 étaient les suivants :

1. Poursuivre l'élevage *ex situ* ;
2. Estimer la probabilité de détection de l'autodrome de BMW (site occupancy) ;
3. Evaluation de la stratégie de conservation 2015 - 2020 et élaboration d'une nouvelle (organisation d'un atelier de travail fin 2020).
4. Elaboration d'un projet LIFE Biodiversité pour assurer le financement des actions.

### XIV. Matériel et méthodes en 2020

---

#### XIV.1 Elevage *ex situ*

L'élevage *ex situ* a été transféré en Corrèze (cf. l'arrêté préfectoral n°13-2020-05-18-008 portant modification de l'autorisation dérogatoire à l'article L411-1, au titre de l'article L411-2 du Code de l'Environnement, au bénéfice du Conservatoire des Espaces Naturels de Provence-Alpes-Côte-d'Azur et arrêté préfectoral, préfecture de la Corrèze, autorisant l'ouverture de l'établissement d'élevage d'animaux d'espèces non domestiques).

#### XIV.2 Inventaire « Occupancy » sur l'autodrome BMW

Période : 25/05 – 11/06/2020

Observateurs : Linda Bröder et Yann Toutain, RN (CEN PACA) ;

Assistance terrain : Thibaut Favier RN (CEN PACA) ;

48 quadrats (tirés par hasard sur 90 quadrats potentiels ; Figure 54) ont été prospectés.

- Taille quadrat : 30 m x 30 m (900 m<sup>2</sup>)
- Durée visite : 10 min
- Indices de présence : criquet ou mue
- k = 5 (pour quadrat avec indice première visite (positif, *conditional design*))
- 2-3 observateurs (expérimentés)



Figure 54 : Maximum de quadrats à compléter (N = 90).

## XV. Résultats en 2020

### XV.1 Elevage *ex situ* et *in situ*

#### XV.1.1 Suivi des pontes

##### **Contrôle des pontes**

Dans les volières d'élevage à Calissane, 127 pontes de 2018 et 2019 ont été contrôlés au printemps 2020 :

- 49 transférées en 2018 : 24 (volière 1 – casiers) + 25 (volière 2 – au fond)
- 78 transférées en 2019 : 25 (volière 1 – au fond) + 53 (volière 2 – entrée)

Les pontes de la zone « volière 2 – entrée » de 2019 ont été contrôlées deux fois rigoureusement. Un peu moins que la moitié de pontes était visible. Probablement les autres pontes ont été recouvertes par la végétation ou par le substrat de sol, ce qui expliquerait le fait qu'elles n'aient pas été détectées. Les détails des contrôles se trouvent dans le Tableau 30.

Tableau 30 : Résultats des contrôles de pontes de la partie « volière 2 – entrée ».

	Contrôle 1	Contrôle 2
Date	06/03/2020, première contrôle depuis transfert des pontes 2019	30/03/2020
Pontes visibles	48% (23 sur 48 pontes contrôlées)	46% (19 sur 41 pontes contrôlées)
Pontes bien ancrées dans sol	13	15
Pontes hors sol – intactes*	5	1
Pontes hors sol – dégradés*	0	2
Pontes hors sol – vides**	5	1

\* remises dans le sol  
\*\* prélevées

### **Prélèvement de pontes pour dissection**

Début mars, 5 pontes des volières (2 de 2018, 3 de 2019) ont été prélevées (Tableau 31). Les pontes de 2018 ne contenaient plus d'œufs pour une cause inconnue. Les œufs des pontes de 2019 étaient en majorité en bon état. Un œuf par ponte a été disséqué, contenant un embryon bien avancé dans son développement (Tableau 32, Figure 55).

En avril, 4 pontes supplémentaires ont été prélevées de la zone « volière 1 - au fond » (pontes de 2019) pour étudier la cause d'absence d'éclosion. Les pontes contenaient un nombre considérable d'œufs séchés ou non-développés (indices de non-développement : absence d'embryon, seulement du vitellus à l'intérieur des œufs, surface de l'œuf toute lisse, œuf effilé et pas « gonflé ») (Tableau 31). Une structure fibreuse qui ressemble à des racines de plante a été trouvée à l'intérieur des deux pontes et une ponte qui contenait des œufs dégradés et noirs pourraient avoir subi une attaque fongique.

Ci-dessous une liste concernant les prélèvements :

#### Prélèvement I - 11/03/2020

Objective : contrôle du développement embryonnaire

- Deux pontes de 2018 :
  - Ponte 2018-003 : casier
  - Ponte 2018-057 : volière, profondément dans sol
- Trois pontes de 2019 :
  - Ponte 2019-187 : hors sol
  - Ponte 2019-198 : proche de la surface, couverte par la végétation
  - Ponte 2019-002 : profondément dans sol

#### Prélèvements II (17/04/2020) et III (23/04/2020)

Objectif : étudier la cause de l'absence d'éclosion dans volière 1 - au fond

- 17/04/2020 : deux pontes de 2019
  - Ponte 2019-007 : volière, profondément dans sol
  - Ponte 2019-197 : volière, profondément dans sol
- 23/04/2020 : deux pontes de 2019

- Ponte 201-008 : volière, profondément dans sol
- Ponte 2019-015 : proche de la surface

Tableau 31 : Récapitulation pontes prélevées.

Position	Ponte									
	2018-003	2018-057	2019-002	2019-187	2019-198	2019-007	2019-197	2019-008	2019-015	
	<i>casier</i>	<i>profondément dans sol</i>	<i>profondément dans sol</i>	<i>hors sol</i>	<i>proche de la surface, couvert par végétation</i>	<i>profondément dans sol</i>	<i>profondément dans sol</i>	<i>profondément dans sol</i>	<i>proche de la surface</i>	
Date oviposition	28/06-05/07/2018	22/07-31/07/2018	11/07-01/08/2019	15/06-01/07/2019	11/07-01/08/2019	11/07-01/08/2019	11/07-01/08/2019	11/07-01/08/2019	11/07-01/08/2019	11/07-01/08/2019
Date de prélèvement	11/03/2020	11/03/2020	11/03/2020	11/03/2020	11/03/2020	17/04/2020	17/04/2020	23/04/2020	23/04/2020	23/04/2020
Date de dissection	12/03/2020	12/03/2020	12/03/2020	13/03/2020	16/03/2020	22/04/2020	22/04/2020	24/04/2020	24/04/2020	24/04/2020
N œufs total	0 (vide)	0 (vide)	13	14	15	3	?	12	11	
N œufs secs	-	-	6	0	1	1		4	8	
N œufs développés	-	-	6	11	12	2		1	0	
N œufs pas développés			1	1	2	0	1	7	3	
N œuf abimés pendant la manipulation	-	-	0	2	0	0	0	0	0	
N juvéniles éclos après prélèvement			6	11	11	1				
Survie éclosion			67% (4 sur 6)	100%	100%	100%				
Description ponte	<i>deux trous dans opercule (éclosion?)</i>	<i>petits trous opercule; ponte vide, mais restes d'œufs</i>	<i>ponte intacte</i>	<i>fissure au bord de la ponte, œuf visible; opercule aussi légèrement troué</i>	<i>ponte intacte</i>	<i>ponte intacte</i>	<i>petite fissure, sinon intacte</i>	<i>craquelures opercule, œufs visibles, sinon intacte</i>	<i>ponte intacte et en bon état</i>	
Description œufs	-	-	<i>œufs secs = 1 embryon sec, 5 embryons en train de sécher; développements des embryons séchés pas finis</i>		<i>œuf sec = embryon séché</i>	<i>œuf sec = embryon séché (bien développé, séché pendant éclosion car presque hors œuf); 1 éclosion observé pendant dissection</i>	<i>très peu d'œufs, œufs dégradés et secs, noir (champignon ?), un seul œuf intact, mais pas développé; terre de la ponte très mou, friable</i>	<i>œufs secs = ratatinés; structure (racines?) à l'intérieur de la ponte</i>	<i>8 œufs secs = 3 embryons secs + 5 vitellus secs; structure (racines?) à l'intérieur de la ponte</i>	

**Tableau 32 : Description des embryons des pontes 2019-002, 2019-189 et 2019-198 (un œuf disséqué par ponte).**

Ponte	2019-002	2019-187	2019-198
Description embryon	plus développé que les embryons ponte 187 et 198 : yeux rouges, fémur coloré, dos fermé, tout l'œuf rempli par l'embryon	un peu moins développé que embryon ponte 002 : yeux rouges, fémur très légèrement coloré, dos fermé, presque tout l'œuf rempli par l'embryon, taille environ 7-8 mm	



**Figure 55 : Embryon de la ponte 2019-002.**

### ***Éclosion des œufs non-disséqués***

Après la dissection, des pontes avec des œufs non-disséqués ont été conservées à l'extérieur dans des récipients perméables à l'air. Au total, 29 juvéniles ont éclos des œufs non-disséqués (Tableau 33). Les vivants ont été relâchés dans des petites cages (« casiers ») dans les volières d'élevage en Crau. Seulement quatre individus des pontes 198 ont survécu relativement longtemps (environ 3 semaines, Figure 56), dont un juvénile qui a été détecté vivant encore 26 jours après la libération dans le casier. Tous les autres juvéniles qui ont éclos des œufs non-disséqués n'ont plus été détectés à > 9 jours après la libération. Eventuellement, il peut y avoir une relation entre le moment de l'éclosion ou le moment de la libération et la durée de vie (Figure 57). Quatre individus de la ponte 198 ont passé en stade 2 ; la mue a eu lieu entre 9 et 13 jours après l'éclosion. Aucun juvénile lâché dans le casier n'a atteint un stade de développement plus avancé.

La plupart des œufs non éclos contenaient un embryon. Cependant, ceux-ci étaient moins développés et en train de sécher ou étaient déjà complètement desséchés (Figure 58). La ponte au plus faible taux d'éclosion (ponte 2019-002 : 6 éclosions sur 13 œufs, dont 2 juvéniles morts après l'éclosion, Tableau 33) était située profondément dans le sol au moment du prélèvement. Une tache avec de la moisissure a été également observée, bien que les pontes n'aient pas été humidifiées artificiellement pendant l'incubation.

Tableau 33 : Détails sur les éclosions des pontes prélevées.

	Ponte			
	2019-187	2019-198	2019-002	2019-007
<b>Eclosion I</b>				
Date, heure	08/04/20 9:00-15:00	01/04/20 11:00-17:00	10/04/20 11:00	17/04/20 19:30
N vivant	11	10	3	1
N mort	0	0	0	0
Relâcher	08/04/20 19:30	02/04/20 10:30	10/04/20 17:00	18/04/20 15:45
<b>Eclosion II</b>				
Date, heure		02/04/20 15:00	11/04/20 11:00-12:00	
N vivant		1	0	
N mort		0	2*	
Relâcher		03/04/20 11:30	/	
<b>Eclosion III</b>				
Date, heure			14/04/20 10:00-13:00	
N vivant			1	
N mort			0	
Relâcher			14/04/20 17:15	
<b>Eclosion total</b>	11	11	6	1
Vivant	11	11	4	1
Mort	0	0	2	0
>> Survie	100%	100%	67%	100%

\* 1 ind. problème mue, mort pendant la mue + 1 ind. bien mué mais mort tout de suite après

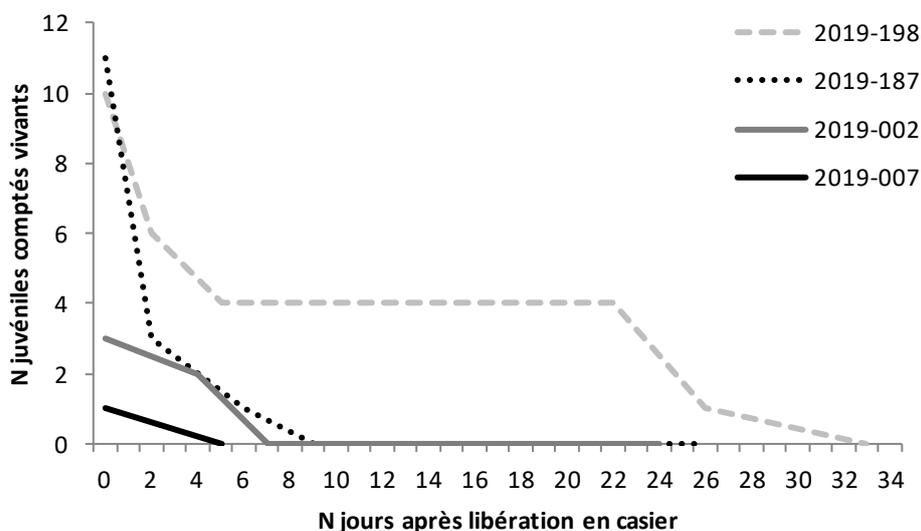


Figure 56 : Nombre de juvéniles détectés vivants au fil du temps après leur relâcher dans des casiers d'élevage en Crau (pontes 2019-198, 2019-187, 2019-002, 2019-007).

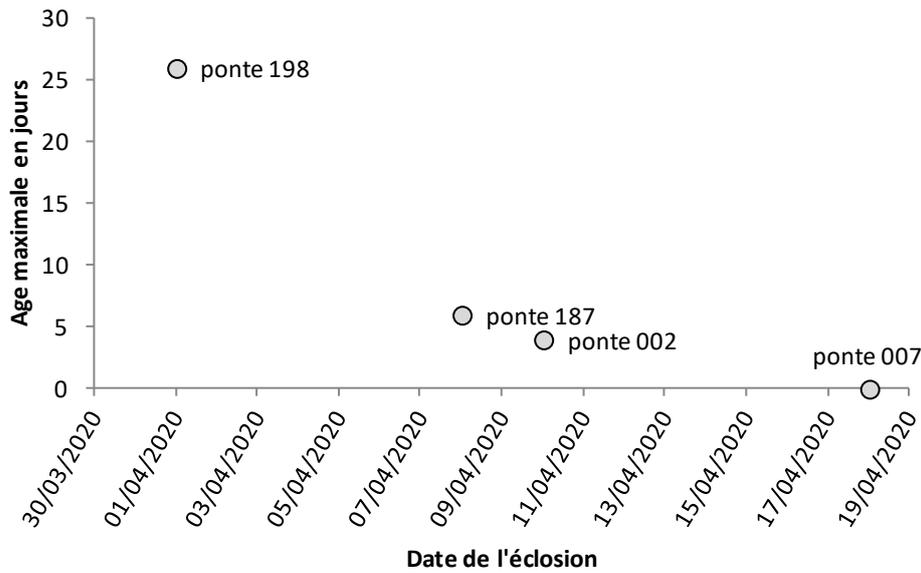


Figure 57 : Durée de vie maximale des juvéniles par ponte en relation avec la date d'éclosion (tous les juvéniles ont été libérés dans des casiers d'élevage < 24 h après l'éclosion).



Figure 58 : Embryon sec (à gauche en bas) et embryons en train de sécher (trois embryons ; à droit en haut) de la ponte 2019-002.

### **Succès de reproduction**

Dès le début du mois de mars, les volières d'élevage ont été régulièrement contrôlées par rapport à la présence de juvéniles. Les premiers juvéniles de stade 1 ont été détectés le 03/04/2020. Le maximum d'individus détectés a été atteint le 17/04/2020 (20 individus de stade 2) dans la volière 2 (volière à droite) : 14 juvéniles dans la partie avec des pontes de 2019, 6 dans la partie avec des pontes de 2018. Il est très probable qu'il y a eu des éclosions à partir des pontes de 2018, car normalement les juvéniles

restent à proximité immédiate de la zone d'éclosion pendant les premiers stades juvéniles ; de plus un plexiglas lisse séparait les deux zones.

Le 30 mai, toutes les pontes restantes de la volière 2 de 2019 (« volière 2 – entrée ») ont été prélevées et examinées pour des indicateurs d'éclosion dans le but d'estimer un taux d'éclosion. Au total, 29 pontes ont été prélevées, dont 17 pour lesquelles l'éclosion était considérée très probable (59 %). Dans le cas de 9 pontes (31 %), il n'y a pas eu d'éclosion et pour 3 cas (10 %), il n'a pas été possible d'estimer clairement si une éclosion a eu lieu ou pas. Une décomposition de pontes quelques temps après l'éclosion pourrait expliquer la non-détection de 10 pontes. Détails sont présentés dans le Tableau 34.

**Tableau 34 : Détails sur les 29 pontes prélevées.**

	Eclosion probable	Pas d'éclosion	Incertain	Au total
N pontes bien ancrées dans le sol	9	8	3	20
N pontes hors sol	8	1	0	9
Observations	-l'ensemble de plusieurs observations indique l'éclosion : opercule ouvert ou petits trous au bord d'opercule, trous opercule, restes d'œufs, décomposition ponte...	- 4 pontes profondément dans le sol - 2 pontes probablement prédatées	- 2 pontes avec structure fibreuse qui ressemble à des racines	

### ***Mortalité de juvéniles***

Un juvénile de stade 1 de la ponte 2019-007 (origine des œufs non-disséqués) a été trouvé mort le 23/04/2020. Deux autres cadavres (stade 2) ont été détectés le 27/04/2020, dont un juvénile également d'origine des œufs non-disséqués (ponte 2019-198) et un autre éclos in situ. Les deux derniers cadavres ont été envoyés au laboratoire LABOKLIN pour effectuer des analyses du pathogène iridovirus IV (PCR + histopathologie). Le résultat de la PCR sur un de deux individus était négatif, qui n'exclut pas pour autant totalement une infection. L'histopathologie menée sur l'autre individu n'a donné aucune indication pour une infection par iridovirus. Seule une contamination fongique a été trouvée, mais qui était produite très probablement post-mortem.

### ***Développement des juvéniles sauvages et captifs***

En comparant les dates des observations d'individus des populations sauvages et des volières, on observe un développement retardé des individus captifs par rapport aux individus sauvages (Figure 59). En conséquence, le moment du premier accouplement et de la première ponte a été également retardé. Le décalage est probablement dû à un microclimat différent dans les volières.

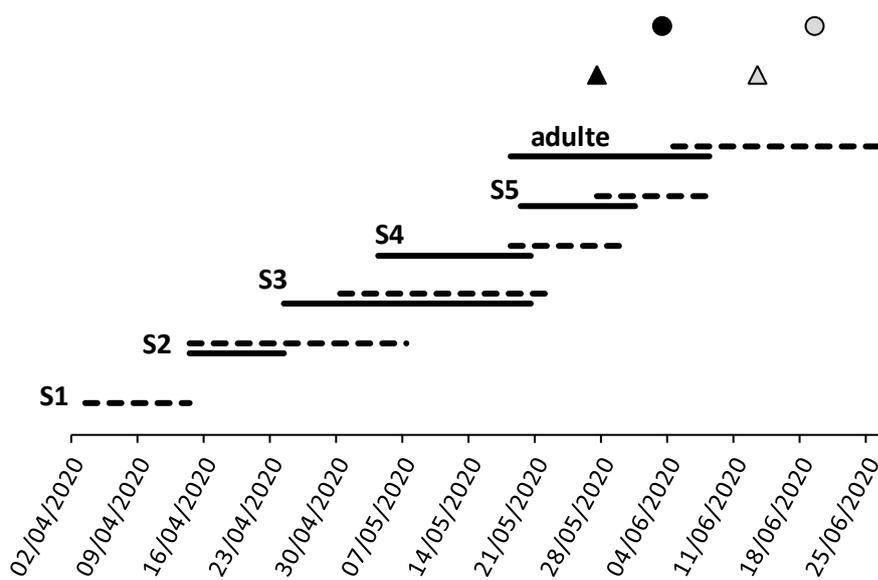


Figure 59 : Comparaison du développement de stade 1 à la phase adulte (lignes ; s1-s5 : juvéniles stade 1 à 5) et la date du premier accouplement (triangle) et de la première ponte (cercle) entre les individus sauvages (ligne continue, symbole noir) et captifs (ligne pointillée, symbole gris).

### Capture des juvéniles pour l'élevage

Au total, 15 mâles (12 sauvages, 3 captifs) et 15 femelles (14 sauvages, 1 captive ; Tableau 35 et Tableau 36) ont été capturés pour l'élevage entre le 18 et le 20 mai. Les individus ont été transférés chez Cathy Gibault (Corrèze) le 20/05/2020.

- 18/05/2020 : capture juvéniles captifs (volières)
- 18-20/05/2020 : capture juvéniles sauvages
- 20/05/2020 : transfert chez Cathy Gibault

Tableau 35 : Effectif de juvéniles captifs capturés pour l'élevage.

Secteur	stade	mâle	femelle
Volières (captifs)	III	2	1
	IV	1	0
Totale		3	1

Tableau 36 : Effectif de juvéniles sauvages capturés pour l'élevage.

Secteur	stade	m	f
Autour des volières	IV	0	1
	V	4	0
Puits	IV	0	1
	V	3	5

Secteur	stade	m	f
Entrée	adulte	1	0
	IV	0	2
	V	4	4
	adulte	0	1
Totale par stade	IV	0	4
	V	11	9
	adulte	1	1
Totale		12	14

La localisation des captures de juvéniles de 2016 à 2020 se trouve en annexe 5, le bilan des pontes transférées en annexe 6.

### **Synthèse de l'élevage ex situ en Corrèze**

Les premières analyses montrent :

- Une mortalité anormalement élevée au cours des premières semaines majoritairement chez les femelles. Peu de symptômes à part baisse d'appétit et adynamie chez certaines. Rappelle la mortalité observée en 2018. A noter également, un nombre moyen d'oothèques par femelle sauvage identique en 2018 et 2020.
- L'iridovirus détecté par PCR sur 4 adultes (3 mâles et 2 femelles) et confirmé par histologie sur la femelle.
- De possibles faux négatifs pour iridovirus et histologie à cause d'un mauvais état de conservation des cadavres (autolyse). Plusieurs difficultés : dans les cages, sous les lampes chauffantes les cadavres s'altèrent rapidement, acheminement dans tubes secs sans conservateur par fortes chaleurs, délais d'acheminement augmentés cette année (UPS passant rarement le jour de la notification mais le lendemain).
- La PCR iridovirus négative sur les oeufs de la femelle positive PCR et histologie. A confirmer par d'autres analyses mais dans ce cas, les oeufs n'ont pas été contaminés par la mère.
- Infection fongique trouvée sur une femelle. Recherches en cours sur la pathogénicité chez Orthoptères/Insectes des souches suspectées (*Entomophaga grylli* ou *Metahizium acarium*)
- L'infection bactérienne (*Serratia marcescens*) identifiée sur une femelle. Recherche en cours sur pathogénicité chez Orthoptères/Insectes.
- Une suspicion de fonctionnement perturbé chez Laboklin au mois de juin. Incidence sur les résultats ? Recherche d'autres labos d'analyse en cours.

Le bilan de l'élevage ex site 2015-2020 se trouve en annexe 7, le tableau avec le décès 2020 (résultats des autopsies et analyses) en annexe 8.

## XV.2 Inventaire « Occupancy » sur l'autodrome BMW

5 quadrats sur les 48 quadrats prospectés ont été 5 positifs (Figure 60). L'analyse de données est en cours.



Figure 60 : Quadrats complétés (N = 48) ; les grands cercles indiquent 5 quadrats positifs (indice de présence pendant la première visite).

Figure 61 présente les endroits où les criquets de Crau ont été observés en 2020.



Figure 61 : Observations de criquets de Crau sur la zone « terrain NO » 24/04/2020 - 11/06/2020.

### **XV.3 Evaluation de la stratégie de conservation et élaboration d'une nouvelle stratégie 2021-2025**

Un atelier de travail se tiendra fin 2020 / début 2021 pour valider l'évaluation de la stratégie de conservation et élaborer une nouvelle stratégie.

### **XV.4 Elaboration d'une note de synthèse du projet LIFE SOS Crau Grasshopper**

La note de synthèse (concept note) du projet LIFE SOS Crau Grasshopper a été transmise mi-juillet à la Commission Européenne. La réponse sera donnée en octobre.

#### ***Chiffres clés du projet :***

- Durée du projet : 01/09/2021 – 31/03/2025
- Budget total : 1.800.000 – 1.900.000 €, avec un cofinancement européen de 60 %

#### ***Objectifs principaux :***

- Gestion et restauration de pelouses (coussoul) ;
- Élevage du criquet de Crau en coopération avec les parcs zoologiques Besançon et La Barben ;
- Réintroduction du criquet de Crau sur des sites sélectionnés (notamment en Crau centrale) ;
- Communication et sensibilisation des acteurs locaux.

#### ***Planning :***

- 16 juillet 2020 : présentation d'une note de synthèse (concept note) à la Commission Européenne (CE) ;
- Octobre 2020 : réponse de la CE ;
- Février 2021 : élaboration et dépôt d'une proposition complète, recherche des cofinancements français ;
- Été 2021 : réponse de la CE ;
- 01/09/2021 : démarrage du projet si accepté.

## XVI. Publications scientifiques

---

3 publications scientifiques sont issues du travail mené depuis 2015 :

- Piry S., Berthier K., Streiff R., Cros-Arteil S., Foucart A., Tatin L., Bröder L., Hochkirch A. & Chapuis M-P. 2018. Fine-scale interactions between habitat quality and genetic variation suggest an impact of grazing on the critically endangered Crau Plain grasshopper, (Pamphagidae: *Prionotropis rhodanica*). *Journal of Orthoptera Research* 27(1): 61-73.
- Bröder L., Tatin L., Danielczak A., Seibel T., Hochkirch A., 2019. Intensive grazing as a threat in protected areas: the need for adaptive management to protect the Critically Endangered Crau plain grasshopper *Prionotropis rhodanica*. *Oryx*, 53(2), 239–246.

Elles suggèrent fortement un effet du pâturage à la fois sur la densité de population de l'espèce et sur la génétique de population. Des changements fins des modalités de pâturage conduisent à une diminution des densités pouvant aller jusqu'à l'extinction et une réduction du flux génétique. L'analyse des menaces s'attachera à identifier un effet de la prédation par le cortège d'oiseaux qui suivent les troupeaux.

- Bröder, L., Tatin, L., Hochkirch, A., Schuld, A., Pabst, L., & Besnard, A., 2020. Optimization of capture-recapture monitoring of elusive species illustrated with a threatened grasshopper. *Conservation Biology* 34 (3), 743-753. <https://doi.org/10.1111/cobi.13449>

Une publication est en préparation :

- Bröder, L., Tatin, L., Hochkirch, A. (in prep.): Assessing the impact of predation on grasshoppers in a grazed Mediterranean steppe system.

## XVII. Annexes

---

## ANNEXE 1 : Compte-rendu de l'atelier évaluation de la stratégie de conservation à mi-parcours

### Minutes of the Mid-term assessment of the Crau Plain Grasshopper (CPG) conservation strategy

Thoiry, 14 December 2017

**Participants:** Laurent Tatin, CEN-PACA (LT), Cathy Gibault, Zoo Thoiry (CG), Linda Bröder, Trier University (LB), Axel Hochkirch, IUCN SSC Grasshopper Specialist Group (AH)

LT gave a global overview of the CPG strategy: ca. 50% of the actions of the strategy have been achieved or are ongoing. He also highlighted points that need to be resolved:

- Reconstruction of the grazing history -> could be resolved with remote sensing specialists
- Mapping has not been completed -> time-consuming – detection dogs may help in the future
- Climate change as a threat not investigated, yet -> maybe possible when captive breeding is successful
- Pesticides as threat not investigated, yet -> partners may be needed
- Survival in captive breeding (juveniles) -> solutions need to be found to improve survival rates of first instar nymphs and it needs to be clarified how to manage the potential large numbers of juveniles, if breeding becomes more successful
- No inclusion of remaining Coussoul into the reserve so far -> but appears to be starting
- New threat in Calissane: French army plans a fence -> will affect grazing and access
- What is a viable population? -> Has not been clarified as data is lacking, current assumption of ca. 500 individuals appears to be ok -> Field cricket data may be used to conduct a PVA (remark LB: Can/should we add a reference here?); but note that field crickets may differ in population dynamics

**Action points:**

LB/AH: to contact remote sensing specialists at Trier University to clarify if they might be interested in reconstructing grazing data

LT: to continue sniffer dog training in 2018 and use them to detect potential remaining populations.

CG: to improve survival rates of 1<sup>st</sup> instars (find out critical factors)

LT: to continue work to include more Coussoul areas into the reserve

LT: to liaise with the army to stop the fencing of Calissane

AH: to analyse field cricket data to clarify what is a viable population.

**Discussion on action points from the CPG strategy:**

1.1.1 Survey all potentially suitable areas for presence/absence at the appropriate spatial scale

Not completed, yet, time consuming

Use detection dogs as soon as training is completed

Apply also for military airfield

**Action points:**

LT: to continue as soon as detection dogs are trained.

### 1.1.2 Explore the current status of the existing populations

Mark-recapture took place on Calissane 2013, 2017, Peau de Meau 2015, 2017, BMW 2016  
 Spatial extent still not clarified for all sites – particularly needed for BMW  
 No information on central BMW population available (only possible to visit on Sundays -> using sniffer dogs could help)  
 Spatial extent clear for Calissane & Peau de Meau  
Conclusion: Peau de Meau population small, but population trend positive (because of fencing?), Calissane population huge, but scattered and possibly negative trends (or fluctuating), BMW: moderate size, no data on trend so far  
 Decline in Calissane is worrying -> needs to be monitored!  
 check whether climate data may have been unusual in 2013 (large pop size in Calisanne)  
 Two dry years (2016/17)

**Action points:**

LT: to use detection dogs on BMW site to clarify spatial extent of the population here.

LT: to find interns who could continue mark recapture in (1) Peau de Meau (does population increase continue in response to fencing?), (2) Calissane (is the observed decline just a fluctuation?), (3) BMW (how is the population trend here?).

LB: to check climatic data since 2013.

### 1.1.3 Establish an annual monitoring program

LB will try to define parameters for ideal monitoring days (re weather, timing etc.). Which is the best period? Could monitoring be centred in the area with the highest density? Currently, first 2 weeks of adult period appear to be ideal. Beginning of adult phase is useful as reference for starting monitoring.

AH: Conduct behaviour observations in the field to find out which time of the day and year is ideal for monitoring.

LB could analyse the existing data

AH: Dogs should be ideally used for monitoring

LB: Use a Kernel analysis to identify area with high density over years. Study abundance in circle with 50 m diameter – combine with Mark-recapture to redefine “hotspot”.

AH: Spatial analysis of changes in density useful

**Action points:**

LB: to analyse existing data to identify the best timing and weather for monitoring.

LT/LB: ideally test a sniffer dog monitoring method in 2018.

### 1.1.4 Take steps to define the terms ‘viable population’ and ‘optimal habitat’

Optimal habitat is clarified by Calissane (Lindas Paper is now in press)

Viable population? -> check using Field Cricket data

**Action points:**

AH: to check the field cricket monitoring data to clarify what a viable population is.

Obtain data on hatching rate and mortality rate

Develop method to understand nymphal mortality rates

Remark LT: Two actions we did not discussed I guess and we might do something in order to improve instar1 survival ?

**Threat analysis**

1.2.1 Habitat modification / grazing

Compare vegetation structure, dominant species, forbs/grass ratio at occupied sites and formerly occupied sites (4 existing, 4 historic, 4 potential reintroduction sites) either using drone technology or field study by 2016

LB: Done (but using other method)

LB presented results

LT: NDVI appears to be good indicator for grazing

LT: Data can be used to change management of the reserve

**Action points:**

**AH/LB: to liaise with remote sensing specialists at Trier University**

**All: use NDVI data to identify potential reintroduction sites**

Establish fixed monitoring sites for vegetation structure (plots), grazing pressure (use GPS units on sheep), rainfall (existing station) (4 existing, 4 historic, 4 potential reintroduction sites) by 2016

LT: First meeting for developing vegetation monitoring took place / next will be done next week; will take longer

**Action points:**

**LT: to set up monitoring for vegetation and grazing pressure**

1.2.2 Predation

Explore methods to track individual prey with

(1) reflective foil

LB: explored, promising

(2) GPS trackers on insects

not commenced (probably not needed any more)

**Action points:**

**LB: to continue work with reflecting foils**

Develop camera traps for studying individual predation risk and major predators

LB: ongoing, 2016 first test, 2017 improved experimental set-up

LB: More Reconyx camera traps needed

**Action points:**

**LT: to organize more Reconyx cameras for 2018**

Study distribution of Cattle Egret colonies / GPS tracking on egrets

LT: Data lacking / not a priority any more

Study grasshopper egg mortality (predation, parasitism, fungi)

LB: Could detection dogs help to find eggs?

AH: dissection of egg pods that have been placed in Crau?

CG: Collect some of the egg pods placed in Crau in 2017 and study egg development

Analyze Lesser Kestrel data in detail

LT: CPG legs found in 22 stone piles (out of 4011 stone piles visited) in 2008

LT: Gather the spatial information on legs in stone piles

Not a priority any more

Study the local impact of kestrel predation around Brunès d'Arles and Neigréron colonies

LT: possible in collaboration with ornithologists

LB: Lesser Kestrel GIS data should be used to overlay it with CPG (was not done by J. Schmitt)

**Action points:**

LT: to send Lesser Kestrel GIS layer to LB

LB: to conduct an overlay analysis of CPG and Lesser Kestrel

LT presented the training of detection dogs. A problem is that the dogs detect the odour in the field also when the insect is not present any more.

1.2.3 Parasitism, disease

Review the literature on parasites and diseases, particularly flies (*Blaesoxipha*) by end 2014

CG: partially done

(1) Take nymphs and adults into captivity and monitor for parasites by 2015

CG: done

(2) Develop autopsy protocols in captivity by 2015

CG: done

CG: Iridovirus found in 2015, 2017; not clear if this is a problem for this species (also an adult healthy female was positive).

LT found a reference that it might be lethal for N1 instar.

LT: provide tubes to store individuals from the field and check them for iridovirus.

AH: collect individuals in the field (another species) to check for general prevalence in the field.

GC : investigate if eggs can be checked for iridovirus

**Action points:**

LT/LB: to collect other grasshoppers in the field

CG: to organize that these are tested for iridovirus

1.2.4 Climate change

Research impact of climate (rainfall) changes on life cycle in laboratory by 2017

AH: Has to wait for successful egg development in the lab

CG: Study egg development based upon the existing data from breeding project

**Action points:**

CG: to unravel critical climatic factors during development (as soon as data becomes available)

Use data loggers to measure microclimate at oviposition sites in the wild by 2015

LT: Measured at places where eggs have been buried

LT: Difficult to find ovipositing females in the field

LT: Behavioural observations may help to find ovipositing females

**Action points:**

LT/LB/AH: to find students/interns who may be willing to study oviposition (and other) behaviour in the field (cages in Calissane)

#### 1.2.5 Pesticides

Study on use and distribution of sheep medications by end of 2014

Not commenced, yet.

LT: information can be gathered from GDS13 (Groupement de Défense Sanitaire) office (in charge of veterinary survey regarding farmers' practices)

Conduct sheep dung eating trials with nymphs and adults by end of 2015

Not conducted, yet.

LB: Needs to wait for enough reproduction ex situ

Investigate pollutant effect from the surrounding industrial complex of Fos-sur-Mer.

LT: Air pollution monitoring will become better in the region

LT: Pesticide data from Orchards difficult to obtain

Currently not a priority

### Management

#### 2.1.1 Explore inclusion of the remaining 30% high quality Coussouls outside National Nature Reserve (NNR) into the NNR

LT: New reserve boundaries will be explored during coming years, ca 500 ha may be easily added as they belong to the state

**Action points:**

LT: to continue efforts to add the remaining Coussouls to the NNR

#### 2.1.2 Explore inclusion of <1500 ha degraded Coussouls into NNR

LT: on hold, because priority on high quality Coussouls

#### 2.1.3 Assess scope for conservation gain for Coussouls through mitigation or offsets

LT: ongoing

#### 2.1.4 Include the Army's 40 ha Coussouls outside the NNR into the NNR in Calissane by end 2014

LT: Not possible / not a priority any more  
LT: Enhance management opportunities in Army area (avoid fencing the area)  
LT: Army has a LIFE project

**Action points:**

**LT: to continue efforts to avoid that Calissane is fenced**

2.2.1 Collect relevant existing plans by end of 2014

LT: done

2.2.2 Ensure CPG conservation is considered in all relevant plans in development or revision

(1) Review other action plans for potential conflict with CPG conservation

LT: not done, but CPG meanwhile higher on the conservation agenda

(2) Engage with planners for any future local plans for species

LT: done

(3) CPG Conservation Strategy to be incorporated into 2015-2019 Management Plan for NRR

LT: done

(4) Include CPG conservation strategy into Natura 2000 Review and coming 2015 Plan

LT: done

(5) Incorporate CPG Conservation Strategy into local land-use planning (urban and rural) and regional (corridors)

LT: not done

(6) Check National Biodiversity Strategy and Action Plan (NBSAP) for reference to Crau

LT: not done

(7) Provide input to next NBSAP

LT: not done

**Action points:**

**LT: to continue efforts to keep CPG on the conservation agenda and consider this species in all relevant plans.**

2.3.1 Peau de Meau site management

Determine extent of occurrence in Peau de Meau by mid 2014

LB: Done

Exclude grazing from 10 ha (in the centre of the *Prionotropis* population) from April to end of May in 2015 and 2016

LT: Done during *Prionotropis* activity season  
LB: apparently positive effects  
LT: to continue fencing in 2018  
LT: Would be good to continue Mark-Recapture

**Action points:**

LT: to continue fencing in season 2018

LT/AH: to find interns or students to continue Mark-Recapture on Peau de Meau

Census *Prionotropis* and monitor vegetation

LB: Done

Relocate or close lesser Kestrel nest boxes by 2015

LT: Done

2.3.2 BMW site management

Implement sheep grazing from March to mid-April by 2015

LT: was done in March 2016, but difficult to implement each year  
AH: probably not necessary to do it each year, but should be done from year to year  
Grazing needs to be continued  
Mark-recapture would be good to get data on population trends

**Action points:**

LT: to clarify, if grazing can be implemented in winter 2019 or 2020

LT/AH: to find interns or students to continue Mark-Recapture on BMW

New action Calissane

LT: Fence needs to be avoided to continue grazing  
AH: If fence is build, grazing should be implemented in spring (as in BMW).  
LT: Idea to build larger fence to also include reserve part of Calissane.

**Action points:**

LT: to speak to army representatives to clarify if fencing can be either completely avoided or include the complete Calissane

2.4.1 Risk analysis regarding the establishment of captive population (health)

CG: done

2.4.1 Removal from the wild: April 2015; 50 nymphs 1st and 2nd instars, and in 2016 if necessary

CG: done in 2015, 2016, 2016 (in 2017 mainly instar 3+4; 2016: 2-3; 2015: 1-2?)  
CG: Good survival after capture and transport

- 2.4.2 Complete life cycle in captivity (LB: We should mention that we succeeded to complete the entire life cycle the first time in spring 2017 (egg pods 2016): oviposition in captivity, hibernating in natural habitat, hatching in captivity/natural habitat)

CG: very long life spans in captivity, many egg pods; probably about 3000 eggs per year.

to check, if number of eggs per pod varies during life span

CG: high mortality in instar 1 and 2 from hatched individuals

in situ breeding now done in Crau (77 egg pods) & Thoiry (90 egg pods + 10 inside)

**Action points:**

CG/LT: to consider oviposition date when examining egg pods

CG/LT: to open some egg pods in spring 2018

- 2.4.3 Develop pathology and post mortem protocols

CG: done

- 2.4.4 Develop husbandry guidelines

CG: information exists, but needs to be completed, guidelines will be written with Mark B

- 2.4.5 Develop criteria for splitting first captive population and/or further collection from the wild

CG: Not done – splitting not necessary/possible so far, further collection done because of lack of breeding success ex situ

In 2018: if breeding successful, many insects needed for Lindas experiment

AH: if breeding is successful, individuals from BMW and Peau de Meau should be added to maximize genetic diversity in ex situ population

AH: Use genetic monitoring in the future

**Action points:**

CG: to compile a plan how to manage many individuals

- 2.4.6 Plan for experimental wild-to-wild translocation programme starting 2017

Not done, so far as major threats still not clarified

AH: try to identify potential translocation sites using data on vegetation structure, grazing, Lesser Kestrel nests, etc.

LT: New potential area (Couloubris) will be owned by a state office and managed by CEN-PACA soon

LB: Fence the area first (also to protect egg pods)

LB: to ask environmental remote sensing team in Trier

LT: to ask Montpellier/Avignon

**Action points:**

LB/AH: to contact environmental remote sensing experts at Trier University

LT: to ask experts in Montpellier/Avignon

- 2.4.7 Identify priority sites for reintroduction and design protocols, to start 2019

Protocols can be developed as soon as potential translocation sites have been identified.

Translocation of egg pods may be promising or raise nymphs in lab and release them when they become adult (so that eggs are directly deposited in the field)

Number of translocated nymphs should not be < 200 per translocation site

For adults 50-100?

Number of translocated egg pods should be ca. 20-30 per site

#### 2.4.8 Assess management needs at priority reintroduction and translocation sites

Can be done as soon as potential translocations sites have been identified.

Possibly implement grazing before activity period (i.e. until end of March)

### Public awareness

#### 3.1.1 Obtain resources

LT: Focus so far on film.

#### 3.1.2 Develop communication strategy

Not done

#### 3.1.3 Start Crau NNR Facebook page and website blog

Not done

AH: CPG stories regularly on ICSC Facebook page (well perceived)

#### 3.1.4 Short film for TV etc.

LT: more money needed to complete film, 5000 € from WWF available, some money from the annual 5000 € from Ministry might be used

can apply elsewhere

LB: explore GEO fund

AH: explore CEPF fund

CG: explore Chester Zoo fund

AH: National Geographic has a new funding mechanism for threatened species with a focus on species for which an IUCN Strategy is available. Application for CPG very promising (particularly if innovative methods, e.g. detection dogs, are mentioned).

#### Action points:

All: to explore funding mechanisms for CPG awareness raising

#### 4.1.5 Article for regional newspaper

AH: Just an idea: Perhaps we should publish this review document on the IUCN website or write a short report for the Species e-bulletin and then publish a press release via IUCN European Office (which often receives a lot of attention) and our Universities PR office.

LT: CEN-PACA will explore to write article 2018

#### Action points:

LT: to write article (or press release) on CPG in 2018

## Planning for the field season 2018 (LT: define priorities !?)

### High priority

1. Camera trap experiment  
2017: 2 sites x 3 stations x 4 times  
2018: 4 sites (Calissane, PdM, Couloubris, another extinct site) x 3 stations x 5 times = 60 replications  
CPG or Locusta
2. Reflective foil experiments  
2017: 2 sites x (5 points x 2 individuals) x 4 times  
Detection: 2 days, 1 week after  
Couloubris / Cross du Centre  
2018: 4 sites (2 ungrazed or less grazed + 2 grazed) x (5 points x 2 individuals) x 5 times = 160 individuals  
Use GPS to track sheep in parallel  
Need at least 1 assistant (better 2)
3. Egg hatching monitoring  
LB / LT: in March/April (Calissane)  
+ Civilian servant
4. Dog training  
2 weeks in June  
Compare dog and human detection ability  
Check some sites for occupancy (BMW for distribution)

### Low priority

5. Observation of behaviour in cage  
Only if at least 1 additional student is available  
Aim: to get more data on diurnal and oviposition behaviour
6. Mark-Recapture studies?  
Only if at least 2 (good) additional interns or students are available  
Priority 1: Calissane  
Priority 2: Peau de Meau  
Test the monitoring method in parallel

Actions	Who	What	Notes
<b>Goal 1: Research</b>			
<b>OBJECTIVE 1.1 POPULATION DYNAMICS</b>			
<i>1.1.1 Survey all areas for presence/absence at the appropriate spatial scale</i>	LT	to continue as soon as detection dogs are trained.	
<i>1.1.2 Explore the current status of the existing populations</i>	LT	to use detection dogs on BMW site to clarify spatial extent of the population here.	
	LT	to find interns who could continue mark recapture in Peau de Meau, Calissane and BMW.	
	LB	to check climatic data since 2013.	
<i>1.1.3 Establish an annual monitoring program</i>	LB	to analyse existing data to identify the best timing and weather for monitoring.	
	LT/LB	ideally test a sniffer dog monitoring method in 2018.	
<i>1.1.4 Take steps to define 'viable population' and 'optimal habitat'</i>	AH	to check the field cricket monitoring data to clarify what a viable population is.	
<b>OBJECTIVE 1.2 THREATS ANALYSIS</b>			
<i>1.2.1 Habitat modification / grazing</i>	AH/LB	to liaise with remote sensing specialists at Trier University	
	All	use NDVI data to identify potential reintroduction sites	
	LT	to set up monitoring for vegetation and grazing pressure	
<i>1.2.2 Predation</i>	LB	to continue work with reflecting foils	
	LT	to organize more Reconyx cameras for 2018	

Actions	Who	What	Notes
	LT	to send Lesser Kestrel GIS layer to LB	
	LB	to conduct an overlay analysis of CPG and Lesser Kestrel	
<b>1.2.3 Parasitism, disease</b>	LT/LB	to collect other grasshoppers in the field	
	CG	to organize that these are tested for iridovirus	
<b>1.2.4 Climate change</b>	CG	to unravel critical climatic factors during development (as soon as data becomes available)	
	LT/LB/AH	to find students/interns who may be willing to study oviposition (and other) behaviour in the field (cages in Calissane)	
<b>1.2.5 Pesticides</b>			
<b>Goal 2: Management</b>			
<b>OBJECTIVE 2.1 PROTECTION OF THE CRAU DRY GRASSLANDS</b>			
<b>2.1.1 Explore inclusion of 30% high quality coussouls outside National Nature Reserve (NNR) into NNR</b>	LT	to continue efforts to add the remaining coussouls to the NNR	
<b>2.1.2 Explore inclusion of &lt;1500 ha degraded coussouls into NNR</b>			
<b>2.1.3 Assess scope for conservation gain for coussouls through mitigation or offsets</b>			
<b>2.1.4 Include the Army's 40 ha coussouls outside the NNR into the NNR in Calissane</b>	LT	to continue efforts to avoid that Calissane is fenced	
<b>OBJECTIVE 2.2 INTEGRATION INTO PUBLIC POLICY</b>			
<b>2.2.1 Collect relevant existing plans</b>			

Actions	Who	What	Notes
<b>2.2.2 Ensure <i>Prionotropis</i> conservation is considered in all relevant plans in development or revision</b>	LT	to continue efforts to keep CPG on the conservation agenda and consider this species in all relevant plans.	
<b>OBJECTIVE 2.3 HABITAT MANAGEMENT</b>			
<b>2.3.1 <i>Peau de Meau</i> site management</b>	LT	to continue fencing in season 2018	
	LT/AH	to find interns or students to continue Mark-Recapture on <i>Peau de Meau</i>	
<b>2.3.2 <i>BMW</i> site management</b>	LT	to clarify, if grazing can be implemented in winter 2019 or 2020	
	LT/AH	to find interns or students to continue Mark-Recapture on <i>BMW</i>	
<b><i>Calissane</i> site management (new action)</b>	LT	to speak to army representatives to clarify if fencing can be either completely avoided or include the complete <i>Calissane</i>	
<i>Ex situ</i> Actions			
<b>2.4.1 Removal from wild: April 2015; 50 nymphs 1<sup>st</sup> and 2nd instars, and in 2016 if necessary</b>			
<b>2.4.2 Complete life cycle in zoo</b>	CG/LT	to consider oviposition date when examining egg pods to open some egg pods in spring 2018	
<b>2.4.3 Develop pathology and post mortem protocols</b>			
<b>2.4.4 Develop husbandry guidelines</b>			
<b>2.4.5 Develop criteria for splitting first captive population and/or further collection from the wild</b>	CG	to compile a plan how to manage many individuals	

<b>Actions</b>	<b>Who</b>	<b>What</b>	<b>Notes</b>
<i>In situ</i> Actions			
<b>2.4.6 Plan for experimental wild-to-wild translocation program</b>	LB/AH	to contact environmental remote sensing experts at Trier University	
	LT	to ask experts in Montpellier/Avignon	
<b>2.4.7 Identify priority sites for reintroduction and design protocols,</b>			
<b>2.4.8 Assess management needs at priority reintroduction and translocation sites</b>			
<b>Goal 3: Public awareness</b>			
<b>OBJECTIVE 3.1 PUBLIC AWARENESS</b>			
<b>3.1.1 Obtain resources</b>	All	to explore funding mechanisms for CPG awareness raising	
<b>3.1.2 Develop communications strategy</b>			
<b>3.1.3 Start Crau NNR Facebook page and website blog</b>			
<b>3.1.4 Short film for TV etc.</b>	LT	to write article (or press release) on CPG in 2018	

## ANNEXE 2 : Bilan Iridovirus et Criquet de Crau 2015 - 2019

Cathy Gibault

### **Généralités :**

Iridoviridae : Famille comprenant 5 genres dont le genre *Iridovirus*

Iridovirus (Invertebrate iridescent viruses (IIVs)) et ses variantes ont été décrits chez plus de 100 espèces d'invertébrés (2/3 d'insectes et 1/3 autres dont nombreuses espèces d'isopodes terrestres). Parmi les Orthoptères : *Grillus bimaculatus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus campestris*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria*.

Egalement décrits chez plusieurs espèces de reptiles et amphibiens (infestation lors de la consommation d'insectes contaminés). Pathogénicité encore inconnue chez ces espèces.

Chez les Invertébrés :

- Portage asymptomatique fréquent.
- Symptômes possibles : dilatation de l'abdomen, adynamie.
- Cas de mortalité subaigue, et de réduction de fertilité importante dans des élevages de grillons.
- Les stades L1 à L3 semblent les plus sensibles.
- Transmission orale via alimentation démontrée entre Orthoptères. Transmission également par cannibalisme.

Dépistage :

- Analyse PCR sur cadavre frais sans conservateur. Attention : possibilité de faux négatifs.
- Analyse anatomopathologique (examen de coupes d'organes au microscope après coloration spécifique) : inclusions iridescentes bleuâtres, dilatation des cellules des corps gras et anysocariose.

Propriétés : virus thermolabile dont la réplication est inhibée à plus de 30°C.

Remarque 1 : peu d'intérêt pour potentielle lutte biologique contre certains insectes considérés nuisibles car virus trop peu spécifique et trop de portage asymptomatique. Par conséquent ces iridovirus ont été assez peu étudiés.

Remarque 2 : effet cocktail probable iridovirus + varoa chez les abeilles domestiques.

### **Iridovirus et Criquet de Crau**

Population d'origine de l'ensemble des individus testés = Calissane

NB : aucun chiffre de prévalence ne peut être donné car pour raisons financières, la recherche du virus sur les cadavres n'a pas été systématique

### **Résumé des résultats positifs Iridovirus par analyses PCR et/ou anatomopathologie**

#### **2015**

- Adultes morts à Thoiry, capturés sauvages en Crau

#### **2017**

- Juvéniles morts à Thoiry, éclos à Thoiry, issus de pontes pondues à Thoiry, incubées en Crau, transférées à Thoiry avant éclosion.

#### **2018**

- Juvéniles morts à Thoiry, capturés volières Crau, issus de pontes pondues à Thoiry, incubées en Crau.
- Juvéniles morts à Thoiry, capturés sauvages en Crau
- Adultes morts à Thoiry, capturés volières Crau, issus de pontes pondues à Thoiry, incubées en Crau (avec d'abord mort de femelles reproductrices)
- Adultes morts à Thoiry, capturés sauvages Crau (avec d'abord mort de femelles reproductrices)
- Adulte mort en Crau, sauvage (1 individu)

Donc en 2018 : 2 épisodes de forte mortalité potentiellement liés au virus :

- sur des juvéniles après capture lors du transfert ou juste après.
- puis sur des femelles adultes en captivité (10 femelles en 1 semaine et aucun mâle dans ce même laps de temps) et mortalité proportionnellement d'abord plus importante sur les femelles capturés en Crau que sur les femelles issues de pontes pondues à Thoiry et éclos en volière en Crau.

**Conclusion : détection d'iridovirus chez le criquet de Crau, à la fois à l'état sauvage et en captivité.**

NB : en 2019 il était prévu de rechercher iridovirus chez 10 orthoptères d'autres espèces, capturés à Calissane (hors réserve), mais ces analyses n'ont pu être faites faute de financement.

#### **Hypothèses :**

- Rôle du virus dans la mortalité des jeunes éclos à Thoiry en 2017 ? (virus détecté mais pas forcément responsable de la mort des individus).
- Prévalence importante de l'infestation en captivité avec pics de mortalité lors d'évènements « stressants » (avec baisse d'immunité) pour l'organisme, tels que capture + transfert (juvéniles) et pontes (femelles adultes) (cf 2018).
- L'étude de la bibliographie montre que les cas de mortalité élevée ont été observés dans des élevages de grillons en captivité avec une forte densité d'animaux et une forte proximité des individus entre eux. Ceci suggère un risque nettement moins important pour les populations sauvages de criquets, peu denses et avec un éloignement des individus

entre eux (éloignement croissant au cours du développement). En revanche ce risque pourrait être accru par une plus forte densité et proximité en captivité.

- L'inhibition de la réplication du virus à une température supérieure à 30°C suggère une variation de la prévalence du virus en fonction des conditions climatiques in situ et en fonction des conditions d'hébergement en captivité.

#### **Pistes de réflexion :**

Actuellement nous avons mis en évidence que le virus est présent dans la population sauvage sur le site de Calissane. Une étude précise de la prévalence du virus chez le criquet de Crau nécessiterait :

- En captivité : de pratiquer une analyse PCR + anatomopathologique sur chaque individu mort. Réalisable, mais coûteux.
- En milieu naturel : de sacrifier un nombre important de criquets capturés, ce qui paraît irréalisable avec cette espèce en danger critique d'extinction.

La recherche d'iridovirus sur quelques œufs permettrait potentiellement de confirmer la transmission verticale du virus déjà décrite chez d'autres espèces (moustiques). Mais utilité dans le plan de conservation ?

La recherche d'iridovirus paraît intéressante en cas d'épisodes de mortalité importante (en captivité et en milieu naturel) mais est-elle véritablement utile maintenant en cas de décès ponctuels ?

## ANNEXE 3 : Bilan Criquet de Crau et nématodes – 2019

Cathy Gibault

Famille : Mermithidae. Espèce précise non renseignée actuellement, attente résultats MNHN (NB : très difficile d'identifier l'espèce à partir des nématodes juvéniles, seuls stades présents chez l'hôte). Selon les données bibliographiques, l'espèce *Mermis nigrescens* semble être la plus fréquente chez les criquets.

Cette famille parasite quasi exclusivement des invertébrés (rares cas jugés accidentels chez amphibiens,

Cycle :

- Les femelles grimpent sur des plantes au printemps ou début été, après pluie pour pondre. Des périodes d'irrigation artificielle de la végétation (ex : rizière) peuvent également stimuler la ponte.
- Œufs = 0.05 mm. Marrons ou orangés. Œufs résistants à la dessiccation et peuvent se conservés 1 an.
- Après ingestion de l'œuf, la larve éclot dans l'heure qui suit et traverse la paroi de l'estomac pour se retrouver dans la cavité abdominale de l'hôte.
- Taille larves :
  - J1 : 0.24 mm
  - J9 : 0.25 à 0.33 mm
  - J11 : 1.2 à 1.5 mm
  - J20 : 5.6 mm
  - J32 : 20 à 25 mm
  - J37 : 50 mm
  - Jusqu'à 160 mm
- Les femelles juvéniles restent jusqu'à 10 semaines avant de sortir du corps de leur hôte.
- Après sortie de l'hôte, les nématodes juvéniles rentrent dans le sol (15 à 45 cm de profondeur) où ils atteignent le stade adulte après 2 à 4 mois. Ne sont sexuellement matures qu'après 4 ou 6 mois de plus et peuvent rester 3 ans dans le sol. Durée moyenne du cycle = 2 ans.
- Les adultes s'accouplent au printemps ou durant l'été suivant leur descente dans le sol mais les femelles restent là jusqu'à l'hiver, tant que les œufs arrivent à maturité. Les mâles meurent après accouplement.
- Les femelles remplies d'œufs matures remontent à la surface et après une pluie, montent pondre sur la végétation. Elles présentent un phototropisme positif.
- La reproduction peut également être asexuée, par parthénogenèse.

- Chaque femelle peut pondre jusqu'à 14 000 œufs.

Effets sur l'hôte :

- Les nématodes se nourrissent des tissus et de l'hémolymphe de l'hôte.
- Inhibition du développement ovarien de l'hôte femelle.
- Dégénérescence des gonades dans les 2 sexes.
- Retard de croissance de l'hôte
- Dégénérescence de nombreux tissus dont les muscles du vol.
- Modification du comportement : les déplacements de l'hôte s'orientent vers une zone humide ou point d'eau, favorable à l'émergence des nématodes juvéniles hors de l'hôte.

Remarque : selon la biblio ces nématodes peuvent envisagés comme des acteurs de la lutte biologique contre les insectes nuisibles (criquets notamment). Mais leur cycle long et les besoins élevés en eau limitent leur utilisation potentielle.

### **Nématodes et criquets de Crau**

En 2019 uniquement, découverte d'une infestation dans la population captive de criquets de Crau.

Symptômes observés :

- Dilatation de l'abdomen chez certains criquets surtout chez les mâles
- Mouvements anormaux de l'abdomen surtout observés chez les criquets mâles

Conséquences :

- Mortalité précoce de la plupart des adultes avec pic de mortalité de mâles en premier.
- Baisse de la fécondité, certains mâles ne se reproduisant plus du tout (observé grâce à un suivi par marquage coloré).

Détection :

- Découverte des nématodes à l'autopsie
- Puis identification des symptômes et repérage anté-mortem des animaux infestés et vérification de l'infestation à l'autopsie.

Prévalence :

- Femelles : sur 11 autopsies exploitables, 5 ont révélé des nématodes soit 45.5 %
- Mâles : sur 8 autopsies exploitables, 7 ont révélé des nématodes soit 87.5 %
- Notons que 5 femelles et 5 mâles adultes sont repartis en Crau mi juin pour essai de reproduction en volière. Ces animaux sont morts et n'ont pas pu être autopsiés.

Hypothèse sur l'origine de l'infestation et arguments :

- En mai 2019, juste après leur capture les criquets ont été nourris avec des pissenlits collectés dans une prairie à foin de Crau inondée 2 jours auparavant. Les criquets se sont

probablement contaminés en ingérant des œufs pondus par des femelles nématodes sur ces végétaux.

- La taille des nématodes trouvés lors des autopsie, le fait que plus aucun nématode n'ait été trouvé vivant après la fin juin, sont des faits en faveur d'une contamination unique aux alentours de la mi mai.
- Au cours de la première et de la deuxième semaine de juillet une dizaine d'orthoptères autres que des criquets de Crau ont été collectés sur le site de Calissane (hors Réserve). L'autopsie de ces individus a révélé l'absence de nématode.
- Cas similaires trouvés dans la biblio au zoo de Toronto sur une colonie captive de criquets à ailes bleues (*Tropidacris collaris*) en 2006 ainsi que sur des phasmes dans les années 1990.

**Ci-dessous photo de nématodes vivants trouvés lors de l'autopsie d'un mâle criquet de Crau le 29/06/19**



A noter (donnée biblio) : des iridovirus ont été découverts chez des nématodes de la famille des Mermithidae. Ces nématodes constituent des vecteurs potentiels du virus.

## ANNEXE 4 : Bilan de l'élevage *ex situ* 2015 - 2019

Cathy Gibault

### Points positifs :

En dehors des 2 années (2018 et 2019) où 2 pathologies majeures ont modifié les résultats on peut dire que :

- La survie des juvéniles capturés est très bonne.
- La survie de ces juvéniles (stade 2 à stade 4) élevés jusqu'au stade adulte est très bonne.
- La longévité des criquets adultes est très augmentée par la captivité : max obtenu = 11 octobre.
- Un grand nombre de pontes peut être obtenu en captivité : nombre total d'oothèques produit = entre 161 et 171, et nombre moyen d'oothèques par femelle = de 11,8 à 13,8 en 2015, 2016 et 2017.
- Protocole de suivi des pontes transférées en Crau par dissection des œufs bien fonctionnel, ce qui permet un bon suivi du développement embryonnaire.
- Bon développement embryonnaire dans les pontes pondues en captivité et incubées en volières en Crau et obtention d'éclosions en 2018 et en 2019 (ce succès reste à quantifier). Meilleurs résultats lorsque les oothèques sont transférées rapidement après la ponte.
- Meilleurs résultats d'éclosions des oothèques transférés en Crau lorsqu'elles sont placées dans les volières que dans les cages.

### Points négatifs :

- Pas de développement complet des embryons en captivité et pas d'éclosions obtenues à partir d'oothèques incubées uniquement en captivité. Développement max obtenu = 35 %. Donc cycle complet non bouclé.
- Faible survie (5 sur 20 soit 25%) des jeunes éclos en captivité à Thoiry en 2017 à partir d'oothèques pondues à Thoiry et incubées en Crau ainsi que des jeunes nés dans des boîtes au bureau du CEN.
- Pas d'éclosion lorsque transfert dans des seau avec substrat en Crau (pontes 2017). Peu ou pas ? d'éclosions dans les cages en Crau (pontes 2017 et 2018). Prédation ?

### Questions et pistes d'amélioration :

#### Concernant l'incubation des oothèques en captivité :

- Obtenir plus d'informations sur les conditions de ponte et d'incubation en milieu naturel afin d'améliorer les conditions de transfert des pontes pondues en captivité et placées dans les volières en Crau. Poursuivre les observations de femelles adultes en volières en Crau ?

- Exploitation des nouvelles données des data loggers pour modifier les paramètres d'incubation en captivité. A noter que les variations de températures d'incubation en captivité sont moins progressives qu'elles ne sont en milieu naturel.

Concernant la mortalité importante des juvéniles éclos en captivité :

- Transfert des juvéniles éclos en captivité chez Linda en volière dans les jours suivants l'éclosion : bonnes mues obtenues en 2020
- Biblio Uvarov : des températures d'incubation élevées entraînent un développement accéléré des œufs mais une forte mortalité des juvéniles. Ce qui a peut être été le cas en 2017 (à Thoiry et dans les tubes au bureau CEN)
- Biblio Uvarov : une alimentation contenant plantain et pissenlit entraîne une forte mortalité des 2 premiers stades chez certaines espèces d'orthoptères. Ce qui a peut-être été le cas à Thoiry en 2017.
- Incidence d'une infection à iridovirus sur les jeunes éclos à Thoiry en 2017 (virus détecté sur 1 cadavre). ? Selon biblio : mortalité plus importante chez les stades juvéniles que chez les adultes.
- Taux important de perte chez les juvéniles normal ? Cf commentaire de Charles Dewhurst.

**Résumé des essais d'incubation en captivité (bilan détaillé à venir) :**

- En milieu extérieur avec protection des prédateurs : aucun développement embryonnaire.
- En salle d'élevage avec variation des types de substrats de ponte (sable, terre de Crau) et d'incubation (sable, terre de Crau, vermiculite, substrat Repashy utilisé pour les reptiles), variation des conditions de températures en essayant de suivre les données fournies par les data loggers placés in situ (salles à différentes températures, période froide en cave à vin, variations de températures journalières au sein de la même salle), variations des conditions d'hygrométrie (différents protocoles pour l'intensité et la fréquence des pulvérisations) : développement partiel des embryons avec arrêt de développement à des stades précoces (développement maximum observé lors des dissections = 35%).

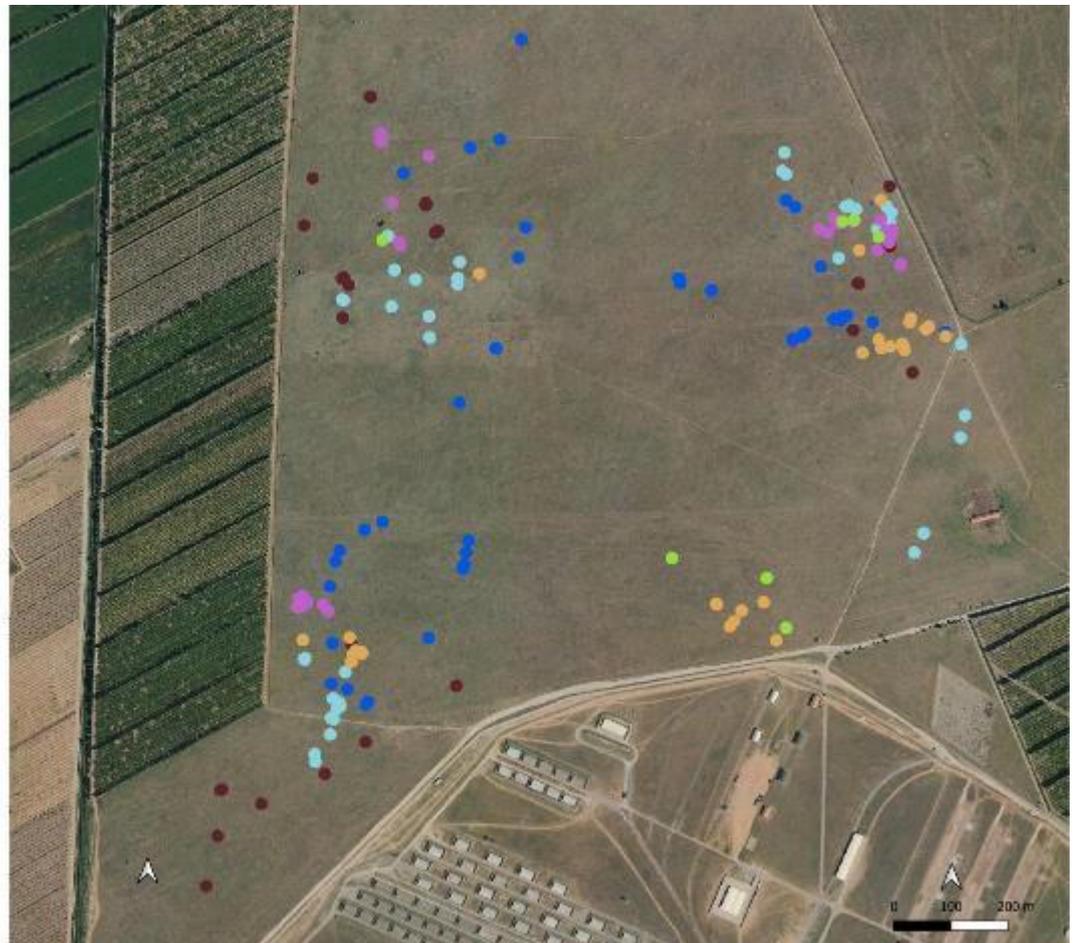
## ANNEXE 5 : Localisation des captures de juvéniles de 2016 à 2020

### Prionotropis rhodanica Capture des juvéniles pour l'élevage 2015-2020

- Captures juvéniles
- 2015 (n=24)
  - 2016 (n=22)
  - 2017 (n=26)
  - 2018 (n=24)
  - 2019 (n=37)
  - 2020 (n=26)



Coordination : Elizabeth Zechner, CEM PACA,  
0770672020  
Sources de données : CRIDE PACA, Valérie COM  
PACA  
© CEM PACA 2020



## ANNEXE 6 : Pontes transférées en Crau en 2018, 2019 et 2020

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
19/07/2018	1	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	2	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 9/04/2019
19/07/2018	3	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	4	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	5	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	6	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	7	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	8	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	9	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	10	sauvage	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	11	sauvage	05/07-13-07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	12	sauvage	05/07-13-07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	13	sauvage	05/07-13-07/18	volière 1	open	
19/07/2018	14	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	15	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 9/04/2019
19/07/2018	16	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	17	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	18	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	19	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	20	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	21	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	22	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	23	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 02/08/2019
19/07/2018	24	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	25	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	26	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	27	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	28	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	29	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	30	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	31	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 9/04/2019
19/07/2018	32	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	33	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	34	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	35	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 02/08/2019
19/07/2018	36	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	37	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	38	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	39	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 9/04/2019

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
19/07/2018	40	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	41	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	42	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	collected on 9/04/2019
19/07/2018	43	captif	28/06-05/07/18	volière 1	closed	
19/07/2018	44	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	collected on 07/02/2019 for dissection
19/07/2018	45	captif	28/06-05/07/18	volière 1	open	
19/07/2018	46	captif	28/06-05/07/18	volière 2		
19/07/2018	47	captif	28/06-05/07/18	volière 2		
19/07/2018	48	captif	28/06-05/07/18	volière 2		
19/07/2018	49	captif	28/06-05/07/18	volière 2		collected on 9/04/2019
19/07/2018	50	captif	28/06-05/07/18	volière 2		
09/08/2018	51	sauvage	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	52	sauvage	13/07-22/07/19	volière 2		
09/08/2018	53	sauvage	13/07-22/07/20	volière 2		
09/08/2018	54	sauvage	13/07-22/07/21	volière 2		
09/08/2018	55	sauvage	13/07-22/07/22	volière 2		
09/08/2018	56	sauvage	22/07/31/07/18	volière 2		collected on 07/02/2019 for dissection but predated (opened)
09/08/2018	57	sauvage	22/07/31/07/19	volière 2		
09/08/2018	58	sauvage	31/07-05/08/18	volière 2		
09/08/2018	59	sauvage	31/07-05/08/19	volière 2		
09/08/2018	60	sauvage	31/07-05/08/20	volière 2		
09/08/2018	61	captif	13/07-22/07/18	volière 2		collected on 07/02/2019 for dissection
09/08/2018	62	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	63	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	64	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	65	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	66	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	67	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	68	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	69	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	70	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	71	captif	13/07-22/07/18	volière 2		
09/08/2018	72	captif	22/07/31/07/18	volière 2		collected on 07/02/2019 for dissection
09/08/2018	73	captif	31/07-05/08/18	volière 2		
09/08/2018	74	captif	31/07-05/08/18	volière 2		
21/06/2019	138	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	139	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	140	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	141	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	142	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	143	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	144	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	145	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
21/06/2019	146	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	147	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
21/06/2019	148	sauvage	05/06-14/06/2019	volière 2		
12/07/2019	149	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	150	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	151	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	152	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	153	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	154	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	155	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	156	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	157	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	158	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	159	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	160	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	161	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	162	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	163	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	164	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	165	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	166	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	167	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	168	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	169	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	170	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	171	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	172	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	173	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	174	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	175	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	176	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	177	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	178	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	179	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	180	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	181	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	182	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	183	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	184	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	185	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	186	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	187	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	188	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
12/07/2019	189	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
12/07/2019	190	sauvage	15/06-01/07/2019	volière 2		
09/08/2019	191	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		sur 39 pontes de 2018 : on garde 24, on supprime 15 casiers pour diviser la volière et transférer 25 pontes de 2019,
09/08/2019	192	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		opération réalisée le 02/08/2019
09/08/2019	193	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	194	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	195	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	196	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	197	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	198	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	199	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	200	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	1	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	2	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	3	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	4	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	5	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	6	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	7	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	8	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	9	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	10	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	11	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	12	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	13	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	14	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		
09/08/2019	15	sauvage	11/07-01/08/2019	volière 1 - au fond		

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
22/06/2020	34_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	35_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	36_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	37_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	38_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	39_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	40_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	41_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	42_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	43_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	44_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	45_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		œufs visible à l'extérieur (photo), 2 œufs détruits pendant transfert
22/06/2020	46_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	47_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	48_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	49_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		
22/06/2020	50_2020	sauvage	06-21/06/2020	Volière II - entrée		un tout petit peu collée sur paroi pondoire
18/07/2020	51_2020	captif	44006	Volière II - fond		collée sur paroi pondoire sur un cote entier
08/07/2020	52_2020	captif	44012	Volière II - fond		collée sur paroi pondoire sur un cote entier
08/07/2020	53_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	54_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	55_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	56_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	57_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	58_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	59_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	60_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		

Transfert date	Pontes ID	Group	Oviposition	Location	box	Remarques
08/07/2020	61_2020	sauvage	24-26/06/2020	Volière II - fond		
08/07/2020	62_2020	sauvage	44012	Volière II - fond		
08/07/2020	63_2020	sauvage	44012	Volière II - fond		
08/07/2020	64_2020	sauvage	44012	Volière II - fond		
08/07/2020	65_2020	sauvage	44012	Volière II - fond		
08/07/2020	66_2020	sauvage	44012	Volière II - fond		
08/07/2020	67_2020	sauvage	44015	Volière II - fond		
08/07/2020	68_2020	sauvage	44015	Volière II - fond		
08/07/2020	69_2020	sauvage	44015	Volière II - fond		
08/07/2020	70_2020	sauvage	44016	Volière II - fond		un tout petit peu collée sur paroi pondoire

## ANNEXE 7 : Bilan de l'élevage *ex situ* 2015 - 2020

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Date capture	05/05/2015	18/05/2016	16/05/2017	18/05/2018	16/05/2019	18-20/05/2020
N juvéniles sauvages (♀/♂)	24 (12/12)	22 (13/9)	22 (14/8)	28 (15/13)	29 (16/13)	26 (14/12)
N juvéniles issus de captivité (♀/♂)	0	0	5	25 (14/11)	8 <sup>1</sup> (3/5)	4 (1/3)
Sexe ratio	12 M + 14 F	9 M + 13 F	8 M + 14 F	cages Crau = 11 M + 14 F sauvages = 13 M + 15 F	18M + 19 F	volière Crau = 3 M + 1 F sauvages = 12 M + 14 F
Stade de développement à la capture	24 stade 1 2 stade 2	17 stade 2 5 stade 3	stade 3 stade 4	stade 2 stade 3	stade 3 stade 4	vol. stade 4 : 1M vol. stade 3 : 2M + 1F  sauv. stade 4 : 4F sauv. stade 5 : 11M + 9F sauv. adultes : 1M + 1F
Nombre de morts pendant transfert ou 4 jours suivants	1	0	1	cages Crau = 3 sauvages = 4	0	2
Individus éclos à Thoiry issus d'oothèques pondues à Thoiry et incubées en Crau			5 survivants sur 20 éclos 4 M + 1 F			
Nombre femelles adultes	13	13	15	cages Crau = 13 sauvages = 13	19 avant transfert de 5 en Crau le 14/06 et 14 ensuite	volières : 1 sauv.: 13
Date 1er adulte				cages Crau : 07/06 sauvages : 01/06/2018	24/05	volières : 04/06 sauv.: avant 19/05 (2 capturés adultes)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Date 1er accouplement	04/06	10/06	02/06	cages Crau : 15/06 sauvages : 10/06	04/06	volières : 19/06 sauvages : 27/05/2020
Date 1ère ponte	13/06	14/06	06/06	cages Crau : 22/06 sauvages : 13/06	12/06	volières : 21/06 sauvages : 03/06
Date dernière ponte				cages Crau : 19/08 sauvages : 11/08	01/08/2019	volières : 30/06 sauvages : 21/07
Nombre total oothèques	179	161	177	cages Crau = 64 sauvages = 49 Total = 113	11 avant transfert Crau le 14/06 (pour 19 F) 82 après (pour 14 F) Total = 93	volières : 3 sauvages : 49
Nombre moyen oothèques / femelle adulte	13,77	12,38	11,8	cages Crau = 4,92 sauvages = 3,77	5,86 (calcul après transfert des 5 femelles en Crau)	volières : 3 sauvages : 3,77
Nombre oothèques transférées en Crau (issues de captif/ issues de sauvage)	31 (0/31)	29 (0/29)	77 (0/77)	74 (51/23)	78 (0/78)	46 (2/44)
Date 1er mort adulte	30/07	21/06	01/07	01/07	13/06	volières : 12/06 sauvages : 04/06
Date dernier mort adulte	29/09 <sup>2</sup>	11/10	13/09	01/08	08/08	volières : 31/07 sauvages : 03/08
Remarques				Forte mortalité probablement liée à Iridovirus	14/06 transfert 5 M + 5 F adultes en Crau Forte mortalité et baisse reproduction liées aux nématodes.	Forte mortalité précoce surtout chez les femelles peut être liée à Iridovirus

<sup>1</sup> issus des femelles capturées pour observation du comportement de ponte

<sup>2</sup> euthanasie des 2 dernières femelles pour analyses

## ANNEXE 8 : Décès 2020

Criquets de Crau – Tableau décès 2020

Date	Individu	Anamnèse	Longueur (mm) C : corps P : pronotum	Poids (g)	Résultats autopsie/analyses
23/05/20	Femelle T4 Stade 4	Adynamique depuis arrivée.	C : 22.6 P : 8.7	0.65	Autopsie : estomac plein +++. Ovaires immatures. Photos <b>Conservée dans formol 4%</b>
23/05/20	Femelle T3 Stade 5	Adynamique depuis arrivée.	C : 31.7 P : 12.5	1.45	Autopsie : ovaires à peine visibles. Abdomen avec grand espace vide ?? Défaut de développement ? de mue ? <b>Conservée dans Formol 4%</b>
27/05/20	Femelle T3 Beige stade 4	Peu dynamique depuis 48h. Trouvée morte le matin	C : 23.1 P : 8.9	0.71	Envoi Laboklin le 29/05 <b>PCR Iridovirus. Résultat négatif.</b>
04/06/20	Femelle T2 1 patte Jeune adulte	Retrouvée morte sur la nourriture le matin.	C : 41.3 P : 14.8	3.07	Régurgitations sèches, crotte aux fesses. Corps rougeâtre (suggère processus infectieux). Photos Envoi Laboklin PCR + Anapath <b>Retour colis le 11/06 : étiquette papier interdite !!!!</b>
07/06/20	Femelle T2 F1	Peu dynamique depuis 2 jours. Pas vue manger Pondu le 03/06	C : 45.5 P : 15.7	8.60	Régurgitations. Envoi Laboklin + oothèque PCR + Anapath <b>Analyse 2006-R-11436</b> <b>Oothèque : PCR iridovirus négatif</b> <b>Femelle : PCR iridovirus négatif. Histo : autolyse moyenne. Infiltration par hyphes fongiques depuis l'intestin vers tous les organes y compris cerveau et muscles. Infection à Entomophaga grylli ou Metahizium acarium ?</b>
12/06/20	Mâle T1	Dernier mâle à muer (08/06)	C : 31.8 P : 11.1	1.39	Crotte aux fesses. Autopsie RAS. Gonades semblent formées.

		Mâle de volière.			Poids et taille inférieure aux mâles adultes de l'an dernier. Photos. <b>Conservé dans Formol 4%</b>
25/06/20	Femelle T2 F3	Trouvée morte à 19h Avait pondu le matin même + accouplement Au moins 3 pontes	C : 45.6 P : 14.3	4.23	Régurgitations +++ Mort brutale Envoi <b>Laboklin</b> PCR iridovirus + histologie. Identifiée N°1 <b>analyse 2006 -T-79268</b> <b>PCR négative. Histo : autolyse partielle. Colonisation post mortem par champignons.</b>
26/06/20	Femelle T3 F0	Trouvée morte le matin Pondu la veille l'après midi. Au moins 4 pontes	C : 44.2 P : 15.7	4.84	Qqs régurgitations Ouverte dans formol 4%. Substance blanchâtre fin abdomen (en interne) ? cf photo. Identifiée N°2. <b>Histologie : négatif</b>
27/06/20	Femelle T4 F1	Trouvée morte le soir Accouplement noté le 19/06. Ponte le 13/06 et vers 18/06	C : 48.5 P : 14.5	4.56	Autopsie : RAS
27/06/20	Femelle T4 F2	Trouvée morte en accouplement avec M2 Pas de régurgitation	C : 39.3 P : 13	3.72	Dans formol 4%
30/06/20	Mâle T3 M0	Trouvé mort le matin. Pas de régurgitation.	C : 43.9 P : 13.9	2.23	Autopsie RAS <b>Conservé dans formol 4%</b>
30/06/20	Femelle T2 F2	Trouvée morte le soir			Autopsie : autolyse +++ <b>Conservé dans formol 4%</b>

		Régurgitations +++			
30/06/20	Femelle T1	Trouvée morte le soir Régurgitations +	C : 46.2 P : 15.1	4.85	Conservé dans formol 4% Pas autopsie pour limiter dégradation des tissus.
01/07/20	Mâle T4 M3	Trouvé mort en fin de matinée sur le dos. Pas régurgitation	C : 36.1 P : 11.5	2.03	Laboklin PCR + histo Laboklin <b>03/07 PCR iridovirus positif. Histo : début autolyse muscles et corps gras ayant pu empêcher la visualisation d'inclusions intracytoplasmiques. Qqs nématodes dans tube digestif.</b>
01/07/20	Femelle O T2	Trouvée morte le matin. Qqs régurgitations. Restes de pontes séchées à l'extrémité de l'abdomen.	C : 46.8 P : 13.5	4.9	Autopsie : accumulation de crottes dans cloaque. TD plein, bonne condition générale, œufs en formations. Ecouvillon intra coelomique pour bactério + myco Laboklin 02/07 <b>03/07 : myco négatif, bactério : concentration élevée de Serratia marcescens (pathogénicité à vérifier chez orthoptères)</b> Conservée dans formol 4%
06/07/20	Mâle T2 M3		C : 37.4 P : 11.4	1.69	Manque un postérieur Autopsie RAS
	Mâle T3 M3	Régurgitations sèches à la bouche	C : 37.5 P : 11.5	2.04	Autopsie RAS
09/07/20	Femelle T3 F3	Mangeait moins depuis 2 jours. Remuait l'extrémité de l'abdomen.	C : 46.6 P : 14.4	4.22	Autopsie : œufs en cours de maturation
18/07/20	Mâle T3 M1	Régurgitations	C : 40.1 P : 13.3	1.67	Autopsie RAS
20/07/20	Mâle T3 ex M2 T4		C : 38.1 P : 11.8	1.92	Autopsie RAS
20/07/20	Femelle T3 F2	Avait pondu la veille	C : 46.5 P : 14	5.02	Laboklin : Ponte, écouvillon femelle, femelle formol <b>23/07 Œufs : PCR iridovirus négatif</b> <b>23/07 : Femelle : PCR iridovirus : légèrement positif. Histo : inclusions intracytoplasmiques dans cellules des corps gras (faible nombre). Conclusion : infection à iridovirus. Début autolyse muscles.</b>
22/07/20	Femelle T3 F1		C : 42.9 P : 13.8	3.67	Laboklin = criquet 1 <b>25/07 : PCR iridovirus : négatif. Histo RAS sauf ovaires non détectables</b>
22/07/20	Mâle T1 M2		C : 38.9 P : 10.9	2.16	Laboklin = criquet 2 <b>25/07 : PCR Iridovirus : légèrement positif. Histo RAS Testicules avec nombreux spermatozoïdes.</b>
23/07/20	Mâle T4 M2		C : 38.3 P : 11.3	1.94	Laboklin = criquet 3 <b>25/07 : PCR Iridovirus : négatif. Histo RAS. Début autolyses muscles. Testicules avec nombreux spermatozoïdes.</b>
24/07/20	Mâle 1+1 vert		C : 38.1 P : 11.5	1.91	Laboklin = criquet 4. Envoi cadavre tube sec <b>25/07 : PCR Iridovirus : légèrement positif. Histo non interprétable car autolyse.</b>
29/07/20	Mâle T3 M 1	Trouvé mort le matin	C : 38.4 P : 11.3	1.60	Autopsie : TD et testicules ok. Absence de corps gras ? Cf photo. Conservée dans formol 4%
31/07/20	Mâle T1 M 1	Trouvé agonisant l'après midi. Agité, ataxie	C : 37.9 P : 11.0	1.34	Autopsie : TD et testicules ok. Absence de corps gras ?  Conservée dans formol 4%
03/08/20	Mâle T3 M 0	Mange peu. Trouvé mort le soir	C : 37.4 P : 12.2	1.62	Manque la moitié de la deuxième patte côté gauche. Autopsie : RAS Conservée dans formol 4%

## Réserve naturelle nationale des coussouls de Crau

Ecomusée de la Crau

Bvd de Provence

13310 Saint-Martin-de-Crau

Tel : 04 90 47 93 93

