

COLLEGE SCIENCES & TECHNOLOGIE POUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT DE LA COTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement
Option Biologie Appliquée aux Écosystèmes Exploités



*Etude de la dynamique spatio-temporelle de la distribution
des sites de nidification sur Saint Pons de Mauchiens (34)*

FERAL Anaïs



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ
HERAULT



Stage effectué du 18/03/2019 au 18/08/2019
LPO Hérault, avenue du faucon crécerellette, Villeveyrac
Sous la direction de Mr Nicolas SAULNIER

"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"

1 Résumé de l'étude

Le Faucon crécerellette est une espèce migratrice et phylopatrique, qui revient en France pour la période de reproduction. Elle a besoin des structures urbaines pour nicher, plus particulièrement les maisons anciennes puisqu'elle installe son nid sous les tuiles de gouttières ouverte. Elle bénéficie de plusieurs statuts législatifs, et de programme de conservation qui sont mentionnées en introduction. et Dans cette étude j'ai cherché à tester la dynamique de la distribution des sites de nidifications entre 2010 et 2019. Pour cela les nids de 2019 ont été cartographiés et sectorisés pour la suite des analyses. Dans un second temps l'objectif était de pouvoir comprendre les causes de cette dynamique. On s'est aperçu que les Faucons crécerellettes s'installaient préférentiellement sur un certain type d'habitat. Sur Saint Pons de Mauchiens les Faucons crécerellettes ont tendance à s'installer sur les bâtisses les plus hautes. Il a été étudié dans ces recherches le niveau d'agglomération des couples nicheurs au sein de village. D'après les analyses il apparait que les sites de nidification de 2019 aient tendances à être agglomérés, notamment au centre Est du village. L'orientation des nids a également été étudié sans montrer de résultats pertinents. Le nombre de l'échantillon semble trop faible par rapport au nombre de modalités possibles (huit points cardinaux).

Ainsi l'ensemble de l'étude peut servir à comprendre certaines causes de la dynamique dans la distribution des sites de nidification.

Mots clés : *Falco naummani*_ sites de nidification__ Saint Pons de Mauchiens_ Dynamique spatiale_ Dynamique temporelle_ Plan National d'Action.

2 Remerciements

Je souhaite adresser mes sincères remerciements à l'ensemble des personnes ayant donné de leur temps à l'animation et aux devoirs du centre LPO Hérault.

Je remercie en premier lieu M. Saulnier Nicolas, Directeur LPO Hérault, qui fut également mon maître de stage. Malgré sa double fonction il a toujours pris le temps de transmettre son savoir et son aide aussi bien sur le terrain que sur le traitement bureautique.

Merci à Philippe Pillard, Bagueur et responsable de la mission rapace et du suivi des Faucons crécerellettes en Plaine de Crau, qui est venu nous offrir son aide dans le programme du bagage et balisage des Faucons crécerellettes.

Merci, à Mathieu Garcia, chargé de mission au pôle expertise, pour son échange sur les données GPS, pour l'accompagnement lors des sessions capture et balisage, merci à son partage des connaissances sur l'avifaune.

Merci, aux filles du centre de soin, Julie et Emilie capacitaires du centre de soin pour m'avoir transmis les bases essentielles des petits soins, nourrissages et des techniques de contention qui m'ont permis de m'occuper des Faucons crécerellettes en détresse du centre.

Je remercie toute l'équipe salariée LPO Hérault qui m'a apportée différentes aides, observations ponctuelles et conseils lors de mon stage.

Merci à mon équipe de bénévoles, Marie, Thierry, Guillaume et Juliette qui ont donné de leur temps sur la saison 2019 pour renforcer le suivi des sites de nidifications du Faucons crécerellettes en Hérault.

Je remercie tout le personnel des mairies, depuis les agents techniques aux maires des villages concernés par le suivi pour nous avoir accordé l'accès au clocher de leur église, et ainsi rendre le suivi plus précis et efficace.

3 Table des matières

1	RESUME DE L'ETUDE	1
2	REMERCIEMENTS	2
3	TABLE DES MATIERES	3
4	INTRODUCTION.....	4
5	MATERIELS ET METHODE.....	6
5.1	MATERIEL BIOLOGIQUE	6
5.2	SITE D'ETUDE	7
5.3	SUIVI SUR LE TERRAIN.....	7
5.4	RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES.....	9
5.4.1	<i>Cartographie des sites de nidification</i>	<i>9</i>
5.4.2	<i>Etude de la localisation</i>	<i>9</i>
5.4.3	<i>Etude du mode de distribution</i>	<i>10</i>
5.4.4	<i>Influence de la hauteur du bâtiment.....</i>	<i>10</i>
5.4.5	<i>Etude de l'orientation des nids.....</i>	<i>11</i>
6	RESULTATS ET DISCUSSION.....	12
6.1	ANALYSE DESCRIPTIVE.....	12
6.2	ANALYSE STATISTIQUE	14
6.2.1	<i>Comparaison de la distribution des nids observées à celle théorique</i>	<i>14</i>
6.2.2	<i>Attractivité de la hauteur du bâti.....</i>	<i>15</i>
6.2.3	<i>Orientation des nids</i>	<i>16</i>
6.2.4	<i>Mode de distribution</i>	<i>17</i>
6.2.5	<i>Corrélation entre la hauteur, la localisation et l'orientation</i>	<i>18</i>
7	DISCUSSION	19
8	CONCLUSION	20
9	REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	21
10	ANNEXES	22

4 Introduction

« l'Armageddon des insectes » c'est ainsi que le groupe de chercheurs décrit les résultats de leurs études. Ces entomologistes amateurs quantifient depuis 1989 la biomasse des insectes présents sur le territoire allemand. Leur données se retrouvent publiées d'années en années sur la revue *Plos one* (Simon R. Leather, 2018) [1], annonçant un perpétuel recul de la biodiversité entomologique. En 27 ans, ils ont compté un déclin de 76% de la biomasse des insectes volants. Ce groupe de chercheurs, n'est pas le seul à souligner ce déclin ; dans un rapport publié en mai 2019 (IPBES, 2019) [2], L'IPBES¹ donne des chiffres : 1 000 000 espèces tout groupe taxonomique confondu sont menacées d'extinction selon leurs études. Cette extinction massive ne peut pas être sans conséquence sur l'avifaune. En effet, Les arthropodes représentent pour certaines espèces d'oiseaux une ressource alimentaire utile.

Sur le territoire français, en Occitanie nous retrouvons le Faucon crécerellette, (*Falco naumanni* Fleischer 1818), directement concerné par ce phénomène. D'après une étude réalisée à partir d'analyse de pelotes de réjection dans les pays d'hivernation (Grzegorz Kopij, 2007)[3], le F. crécerellette consomme à 97,1% des arthropodes (orthoptères, coléoptères et solifuges). Sur le territoire français, cette espèce n'a pas pu éviter l'effondrement de sa population dans les années 1980. Moins de 5 couples en plaine de Crau (13) ont été répertoriés dans ces années (Annexe 6 : Evolution du nombre de couples nicheurs entre 1983 et). Parmi les principaux facteurs responsables de cette baisse démographique, on retrouve l'utilisation massive de produits phytosanitaires et l'intensification des techniques agraires.

Compte tenu de ce déclin alarmant, le Faucon crécerellette fait partie des espèces strictement protégées. Au niveau mondial, l'espèce fut mentionnée « Threatened » (1988) puis « Vulnérable » sur les listes rouges de l'UICN², (Birdlife International, 2006). Figurant sur l'annexe I de la Directive OISEAU, l'espèce fait l'objet de mesures spéciales de conservation. Elle figure également sur la liste de l'annexe II (espèces strictement protégées) de la Convention de Berne et l'annexe II (espèces migratrices à statut de conservation défavorable) de la convention de BONN (directive, 2009). Le commerce de l'espèce est strictement interdit dans l'Union Européenne (Annexe C1 du Règlement CEE / CITES).

Les statuts légaux de cette espèce ont suscité l'importance de mises en place de programmes pour sa protection. A l'échelle internationale, une collaboration Franco-Arménienne a été entreprise. Celle-ci responsabilise la LPO³ mission Rapace en tant qu'organisme conseil de l'ASPB⁴ pour la protection de cette espèce dans leur pays (« Crécerellette info » p11, 2006) [4]. Parallèlement, au niveau Européen un LIFE⁵ Transfert a été mis en place en 2005 [5] ayant pour objectif de réintroduire des individus espagnol dans l'Aude. En France un plan national de restauration des populations a débuté en 2001 et a été renouveler jusqu'en 2011. Le Plan National d'Action (PNA) de 2011-2015 a été établi afin de prendre le relais des actions de conservation de cette espèce au niveau national. En

¹ Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

² Union International pour la Conservation de la Nature

³ Ligue pour la Protection des Oiseaux

⁴ Armenian Society for the Protection of Birds

⁵ L'Instrument Financier pour l'Environnement

Hérault, le PNA est portée par la DREAL⁶ Occitanie et la LPO est l'organisme principal du comité de pilotage pour agir en faveur des Faucons crécerellettes. Pour cela, 5 grands objectifs ont été définis. Parmi ces objectifs on retrouve « le suivi des populations en période de reproduction » dans la première partie et « la sensibilisation et l'information au public » dans le dernier objectif, qui étaient les missions principales de mon stage.

L'espèce fut découverte pour la première fois en Hérault sur le village de Saint Pons de Mauchiens en 1990 par un ornithologue du village. Ce fut une découverte inattendue, compte tenu de la structure des habitats favorables aux Faucons crécerellettes, parcours sub-steppiques de graminées (MNHN – Fiche projet) [6]. Installé depuis 1990 cette espèce présente un intérêt patrimonial pour la région. Elle suscite l'attention de nombreux ornithologues de France et valorise le territoire par sa présence exceptionnelle.

On peut supposer que cette dynamique soit influencée par certains paramètres, comme le rapprochement des sites de nidification vers les sites d'alimentation, la rénovation des toitures, ou encore le déplacement vers des sites plus stratégiques comme les bâtisses les plus hautes.

L'objet de mon rapport de stage s'intègre dans le suivi des colonies pour le PNA.

Partant du constat d'une variation de la distribution des nids depuis 2010, on peut se demander si la distribution des sites de nidification est homogène. Quels sont les facteurs responsables de cette dynamique ? Est-ce lié à une contrainte des habitats suite à un dérangement, une variabilité des sites disponibles ?

La problématique de mon stage repose alors sur le questionnement suivant :

Quels sont les facteurs influençant la dynamique spatio-temporelle des sites de nidification du Faucon crécerellette sur le village de Saint Pons de Mauchiens (34) ?

La méthode déployée pour comprendre les causes de la variation de la distribution des sites de nidification consiste principalement à la localisation des nids de l'année actuelle et à l'analyse de leur environnement. Ce rapport présente tout d'abord le contexte général de l'étude, puis décrit les étapes du protocole et les méthodes employées pour répondre aux modèles statistiques adéquats. Une analyse visuelle et statistique servira à comprendre les facteurs susceptibles d'influencer cette dynamique. Une discussion se poursuivra afin de prendre du recul sur les résultats obtenus. Enfin on conclura pour permettre d'ouvrir le modèle utilisé dans un contexte plus général.

⁶ Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement

5 Matériels et méthode

5.1 Matériel biologique

Le Faucon crécerellette, (*F. crécerellette*) est une des plus petites espèces de rapaces de la famille des *falconidae* (Tableau 13 : Classification). La population française de ce taxon est méditerranéenne. Ils quittent leurs sites d'hivernage en mars depuis l'Afrique Subsaharienne pour entamer leur migration. (Annexe 14 ; Figure 16 : Air de répartition du Faucon crécerellette) Ils s'installent en France de mars à octobre pour la saison de la reproduction. Comme tous les faucons, ils ne construisent pas de nids, mais pondent les œufs à même la surface. Dans l'Hérault, ils profitent des volumes d'air sous les tuiles de gouttières pour concevoir leur nid. Cette caractéristique s'observe principalement sur les anciennes bâtisses au cœur des villages en circulade. Il s'agit d'une espèce grégaire qui a besoin du groupe social pour s'émanciper, pour l'exploitation des parcelles de chasse, pour la migration et parfois même pour l'éducation des petits. On peut retrouver jusqu'à 4 nids sur la même façade.

Son régime à base d'arthropodes, avec une préférence pour les insectes, le familiarise sur des milieux ouverts de type steppique. Cependant il a su s'adapter à l'habitat de type garrigue et friche dans la limite où le paysage reste majoritairement ouvert. En Hérault, son territoire d'alimentation se caractérise par une mosaïque paysagère à dominante viticole. La présence, de Causses (Causse d'Aumelas), friches et pelouses sèches renforce l'attractivité du paysage Héraultais. Ainsi les Faucons crécerellettes recherchent des sites de nidification proches des territoires d'alimentation. D'après une étude réalisée au centre de la Turquie (Stephen J. Parr, *et al*, 1996) [7] Les *F. crécerellettes* chassent aux environs de deux kilomètres à la ronde de leur site de nidification.

Selon le pic d'émergence des proies les *F. crécerellettes* vont compléter leur alimentation par des reptiles et micromammifères.

Apparenté au Faucon crécerelle, il présente néanmoins de nombreuses distinctions, au niveau du plumage. Il existe un dimorphisme sexuel plus prononcé entre les individus de *F. crécerellettes* que de *F. crécerelles*. Il est également plus petit et plus léger, 130g en moyenne pour le mâle et 140g pour la femelle.

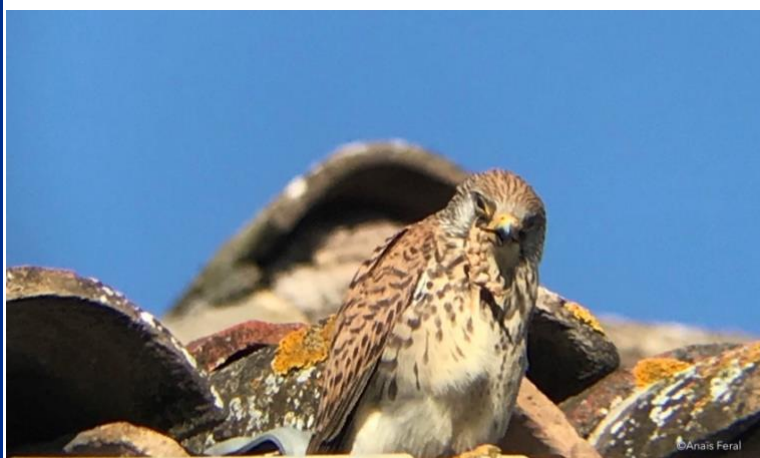


Figure 1 : Faucon femelle adulte



Figure 2 : Faucon mâle adulte

5.2 Site d'étude

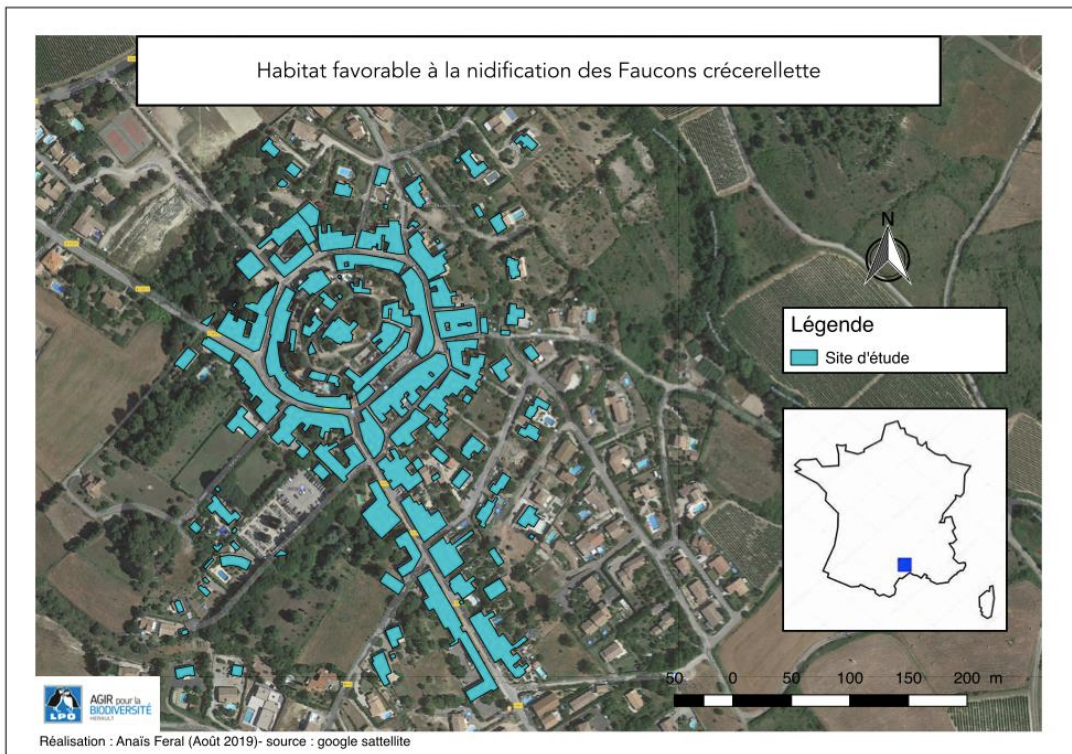


Figure 3 : Site d'étude

Saint Pons de Mauchiens est un des villages concernés par la Zone de Protection Spéciale (ZPS) Natura 2000 de la Plaine de Villeveyrac – Montagnac, désignée par la Directive OISEAU. Le choix du site d'étude s'est fait en fonction du lieu d'arrivée des F. crécerellettes dans l'Hérault. Les premiers suivis sur le village débutèrent en 2003.

De plus ce village reprend tous les atouts favorables à la nidification des F. crécerellettes. Saint Pons de Mauchiens se caractérise par un vieux village en circulade, avec de hautes bâtisses, sur une superficie de 28044m² en habitat favorable à la nidification du Faucon crécerellette. La délimitation du site d'étude englobe tous les habitats favorables à la nidification de ce taxon au sein du village de Saint Pons de Mauchiens.

5.3 Suivi sur le terrain

Les analyses décrites dans cette étude ont été réalisées grâce aux suivis menés depuis le premier Plan National d'Action (PNA, 2006). La localisation des nids a été saisie à cette époque-là de la même façon que la méthode actuelle.

Ce protocole a pour but de tester la dynamique spatio-temporelle des sites de nidifications des Faucons crécerellettes sur le village de Saint Pons entre 2010 et 2019 et dans un second temps d'en comprendre les causes.

Plusieurs phases ont encadré mon stage, elles furent essentiellement guidées par le rythme biologique de l'espèce. La phase dominante consistait au recueil des données. Le calendrier de stage figure à l'annexe 2 ; Tableau 9 : Calendrier du stage. Les personnes intervenues dans le travail scientifique lors de mon stage sont mentionnées à l'annexe suivante ; Tableau 10 : Tableau des tâches A.F : Anaïs Feral, stagiaire pôle expertise ; PB : Pierre-

Baptiste, stagiaire pôle expertise ; N.S : Nicolas Saulnier, maître de stage ; M.G : Mathieu Garcia, Chargé de mission pôle expertise ; T.C : Thierry Carbonell, Bénévoles.

Les relevés se faisaient par transect, muni d'une paire de jumelles (grossissement 10x50) afin de recueillir des données qualitatives et quantitatives (données expliquées dans la partie « 1.4 Recueil et traitement des données»). Il s'agit d'un grossissement fort, utile pour distinguer la présence de bague ou l'observation depuis les clochers des églises. Lors de chaque session, tous les habitats favorables de la commune doivent être prospectés. Une session correspond à la prospection du village renouvelée chaque semaine. La récurrence des relevés ont permis d'augmenter l'hypothèse de l'occupation d'un nid, et d'obtenir un suivi quasi exhaustif de la distribution des sites de nidification.

La localisation d'un site peut être confirmée par les indices de présence comme les traces de fientes, restes alimentaires ou encore les pelotes de rejection. (Annexe 4 Tableau 12 : Tableau récapitulatif de la précision des indices de présence)

Le régime alimentaire particulier des F. crécerellettes les oblige à régurgiter des pelotes, appelée « pelotes de rejections », de couleur noire parfois brillante et verte, avec une texture très friable. Elles se retrouvent fréquemment à proximité du nid.



Figure 4 : Mâle immature posé dos à son nid

Ce suivi est confronté à de nombreux biais, tout d'abord nous n'avons aucun visuel sur les nids qui se trouvent sous les tuiles de gouttière. Seule la présence d'un faucon introduit sous une tuile atteste la présence d'un nid.

La probabilité de détection varie en fonction des rythmes circadiens interindividuels des F. crécerellettes. Cela peut être une stratégie de l'espèce, afin d'éviter la compétition interindividuelle sur la prédation. La façon de minimiser ce biais est d'observer les nids à des horaires différents. Les Faucons sont également contraints d'adapter leur rythmes saisonniers en fonction des phases phénologiques (cantonnement, accouplement, couvaison, nourrissage, éducation). J'ai ainsi callé mes horaires journaliers en fonction de leurs phases phénologiques afin d'optimiser la détection des sites de nidification (Annexe 3 Tableau 11 : Organisation des horaires).

Une double saisie doit être faite pour minimiser le biais observateur : la première s'effectue sur tableur en relevant les adresses des maisons hébergeant les nids de faucons (Annexe 8). La seconde saisie consiste à cartographier les sites. Le support peut être imprimé à partir des photos satellite de Google maps, il correspond au site d'étude (Figure 12 : Plan du Village de Saint Pons de Mauchiens).

Ces données seront ensuite reportées sur le logiciel de cartographie Qgis.

5.4 Recueil et traitement des données

Ce protocole a pour but de tester plusieurs variables (qualitative et quantitative) liés à l'environnement de l'espèce dans le but de comprendre les causes de la dynamique spatio-temporelle (dans l'hypothèse où une dynamique soit mise en évidence) des sites de nidifications des F. crécerellettes sur Saint Pons de Mauchiens.

Afin de montrer une éventuelle dynamique au cours du temps, j'ai choisi de comparer les périodes les plus espacées soit 2010 et 2019.

Pour chacune des analyses suivantes, l'échantillon réel, (distribution observée des sites de nidification de 2019) doit être comparé à un échantillon théorique (distribution aléatoire).

Thèmes	nom des variables	signification	unités de mesure ou modalité	type	rôle
caractéristiques général des prélèvements	localisation	Secteur du site d'étude	2 modalités : 0,1 (présence absence)	quantitative discrète	A Expliquer
	orientation	Orientation des nids selon un point cardinal	2 modalités : 0,1 (présence absence)	quantitative discrète	
	Distance	Distance minimal entre 2 nids	mètre	quantitative discrète	
	hauteur	Hauteur du bâti	mètre	quantitative continue	

Tableau 1 : Dictionnaire des variables

5.4.1 Cartographie des sites de nidification

En premier lieu, le but est de comparer la répartition des nids de chaque maille entre la colonie de 2010 et de 2019 à partir des cartes réalisées sous Qgis (dernière version stable, 2.18).

Dans l'ordre chronologique voici les éléments de cartographies relevés :

Élément de cartographie	Explication
Cartographie des nids de 2019	Tous les nids occupés doivent y figurer, excepté les nids abandonnés
Cartographie des nids de 2010	A partir de la carte déjà établie
Création d'un quadrillage du site d'étude	Sectorisation du village par des mailles
Création de la couche « habitat favorable »	Construction d'une couche correspondant à la surface en habitat favorable à la nidification du faucon crécerellette à partir de la couche building (34)
Création de la couche « habitat favorable par secteur »	A partir de la couche créée précédemment, on la sectorise suivant les mailles du quadrillage. Cette étape permettra de pondérer le nombre de nids retrouvés dans chacune des mailles, par la surface du polygone secteur correspondant. L'objectif de l'étape servira à pallier les différences de taille d'échantillon entre 2010 (n=92) et 2019 (n=62)
Création d'un échantillon aléatoire	Il s'agit d'une simulation numérique lancée sur la couche « habitat favorable » (site d'étude) sans contrainte environnementale Les données de cette couche serviront aux calculs des tests statistiques

Tableau 2 : Étapes dans le processus de cartographie

5.4.2 Etude de la localisation

Ici on cherche à savoir si la répartition des nids en 2019 est homogène. Pour cela on va comparer la distribution observée des nids de 2019 à l'échantillon théorique créé. Le quadrillage va permettre d'attribuer à chaque nids un secteur du village. Les mailles de l'échantillon réel seront comparées aux mailles de l'échantillon théorique.

Le recueil de données sur Qgis se fera de la façon suivante :

Localisation						
Code	NE	NO	CE	CO	SE	SO
Signification	Nord Est	Nord-Ouest	Centre Est	Centre Ouest	Sud Est	Sud-Ouest
Exemple	0	0	1	0	0	0

Tableau 3 : Modèle de la table attributaire (0 : absence ; 1 : présence)

Le test statistique le plus approprié pour le traitement de ces données est le test du Khi2 de conformité. Voici les deux hypothèses correspondantes au test.

- *H0 : Il existe une différence entre la distribution des nids théoriques et réels*
- *H1 : Il n'existe pas de différence entre la distribution des nids théoriques et réels*

On suppose une différence significative entre les deux échantillons.

5.4.3 Etude du mode de distribution

Cette analyse a pour objectif de nous renseigner sur le niveau de grégarité ou de dispersion des nids observés en 2019. On se servira de l'échantillon théorique pour comparer l'indice obtenu sachant que c'est la positivité ou la négativité de l'indice qui détermine le mode de distribution.

échantillon grégaire	$] - \infty ; 0]$
échantillon dispersé	$[0 ; + \infty [$

Tableau 4 : Caractéristique de l'indice

Cette analyse se réalise sous Qgis par « l'analyse du plus proche voisin ». Le logiciel utilise un algorithme qui réalise des cercles autour de chaque point (nid), dont la circonférence augmente tant qu'il ne rencontre pas un second point. Il mesure le rayon de ce cercle et répète l'opération pour chacun des points et fait ainsi la moyenne des distances minimales. Les résultats seront comparés entre les échantillons.

5.4.4 Influence de la hauteur du bâtiment

Ici on cherche à tester s'il existe une préférence liées à la hauteur des maisons ayant un nid en 2019.

La méthode employée est décrite dans le tableau ci-dessous :

Données relevées : Sur le terrain :

- bâti ayant un nid de F. crécerellette (hauteur réelle)
- bâti désigné par l'échantillonnage aléatoire (hauteur théorique)

Méthode :

- prise des mesures depuis le point le plus bas jusqu'à la gouttière
- mesure du côté de l'emplacement du nid (lorsque l'accès est permis).
- mesure en mètre avec une précision à 0,1.
- Utilisation d'un laser fourni par la LPO

Tableau 5 : Recueillement de la donnée hauteur

Le traitement du recueil des données se fera à la fois sur Excel pour une première approche visuelle, et sur R commander pour l'analyse statistique. L'analyse se basera sur les données des échantillons théoriques et réels des nids observés. Le test de Khi2 reste le plus adapté pour ce type de comparaison.

- H_0 : Il n'existe pas de différence entre la hauteur théorique et réelle
- H_1 : Il existe une différence entre la hauteur théorique et réelle

On suppose une différence de hauteur entre les deux échantillons.

5.4.5 Etude de l'orientation des nids

Un tableau de relevé en fonction des points cardinaux permettra le relevé des orientations des nids. Le recueil des données se fera à partir des éléments de cartographie sur Qgis, et l'analyse se fera sur Excel. Dans cette analyse on cherche à comprendre s'il existe une préférence liée à l'orientation du nid. Si l'analyse sera vérifiée, quelle sera la cause de ce choix.

Modèle du recueils de données : sur Qgis

Id	S	N	E	O	SE	SO	NE	NO
Signification	Sud	Nord	Est	Ouest	Sud-est	Sud-Ouest	Nord-Est	Nord-Ouest
Exemple	0	0	1	0	0	0	0	0

Tableau 6 : Recueillement de la donnée orientation

L'analyse sur Excel consistera en une comparaison entre les orientations des nids observés en 2019 et l'échantillon théorique.

Pour l'ensemble des analyses décrites ci-dessus, on ne conservera qu'un seul tableau de relevés qui reprendra à la fois la variable de l'orientation, de la hauteur et la localisation du nid en fonction de la maille. (annexe 9 ; Tableau 15 : Modèle de la table attributaire)

6 Résultats et discussion

6.1 Analyse Descriptive

Pour cette analyse, on s'est concentré uniquement sur la localisation des nids observés en 2010 et 2019 à partir des cartes réalisées sous Qgis. Il s'agit de l'analyse principale, qui a permis de tester la dynamique des sites de nidification entre 2010 et 2019.

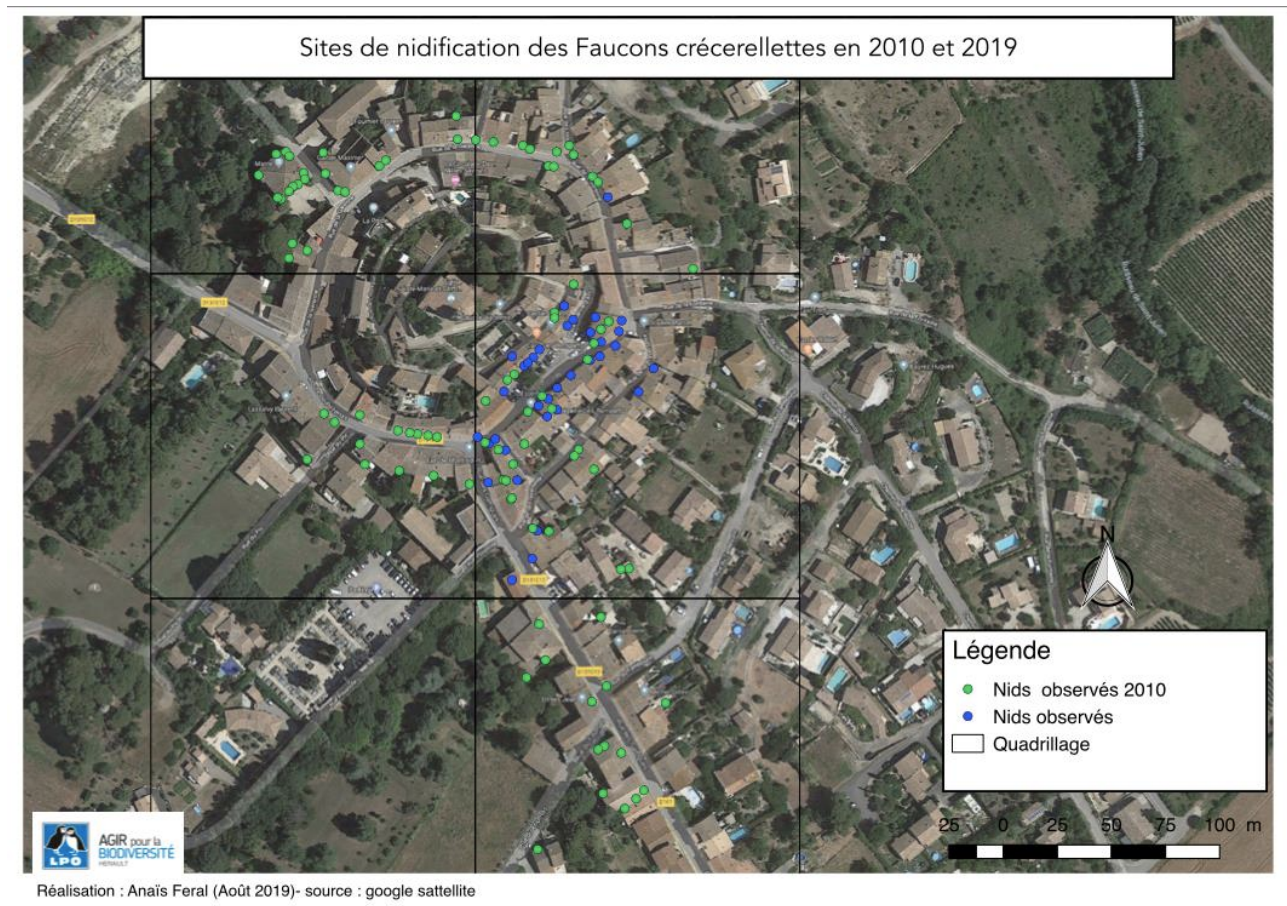


Figure 5 : Étude de la dynamique spatio-temporelle des sites des nidifications

Une première observation visuelle nous indique une répartition globale commune sur l'étendue de la carte. La périphérie considérée hors du quadrillage, n'est pas exploitée par les couples nicheurs. On remarque au sein du quadrillage, la plupart des nids sont concentrés autour du cœur du village.

Concernant les nids observés en 2010, leur répartition autour du cœur du village semble homogène. On remarque également que le nombre de nids est plus important en 2010, ($n=92$) qu'en 2019 ($n=62$).

Les nids actuels observés semblent être plus localisés vers le centre Est et Sud-Est du village et agglomérés dans ces secteurs-là. On suppose une distribution non aléatoire des nids en 2019.

L'échantillon n'étant pas de même taille entre 2010 et 2019 il a été pondéré par unité de surface pour la suite des analyses. La pondération a été établie à partir des habitats

favorables sectorisés en fonction des mailles du quadrillage. (Annexe 11 Figure 14 : Sectorisation)

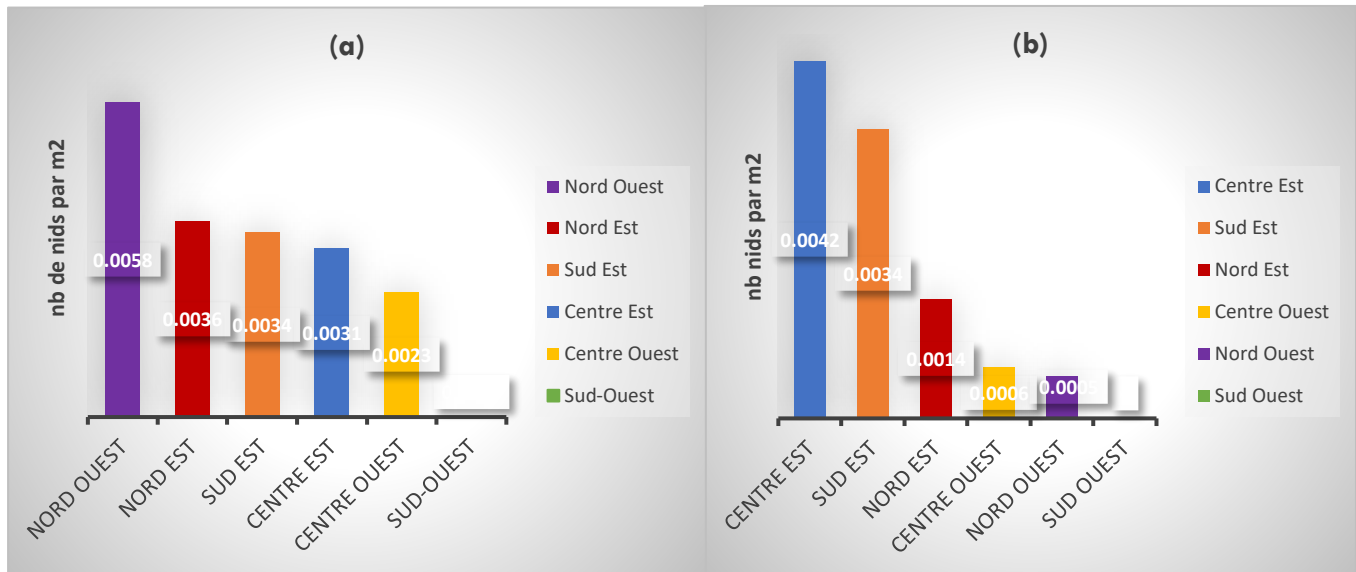


Figure 6 : distribution des sites de nidification de 2010 (a) et 2019 (b) en fonction des secteurs

On remarque en premier lieu une différence dans la distribution des nids en fonction de la localisation entre 2010 et 2019.

Concernant les données de 2010, on note une densité maximale de 0,0058 nids par m² soit 32% dans la maille située au Nord-Est du village et une densité nulle au sud-ouest du village. En dehors des densités extrêmes, la répartition semble homogène pour les autres secteurs de 2010. La densité maximale en 2019 est atteinte dans le secteur du centre est du village et la densité minimale est également nulle dans le secteur situé au Sud-Ouest du village. On peut supposer que les habitats situés au Sud-Ouest du village ne sont pas suffisamment attractifs pour l'installation de couples nicheurs.

Si l'on compare les deux échantillons on s'aperçoit que les couples nicheurs ont déserté le secteur Nord-Ouest, avec une diminution de 10 fois la densité observée. En 2019, le secteur le plus prisé est celui situé au Centre Est de la ville avec 0,0042 nids par m², soit 41% des nids du village.

Cette première approche descriptive souligne une différence notable de la localisation des nids par mailles entre les deux années. De plus cette analyse visuelle montre que la répartition des nids de 2019 n'est pas homogène. Dans la suite de l'analyse, l'objectif est de comprendre la cause de cette hétérogénéité.

6.2 Analyse statistique

6.2.1 Comparaison de la distribution des nids observés à celle théorique

Précédemment, on a pu constater une différence de la distribution des nids dans le temps. Afin de savoir si la distribution des sites de nidification observés en 2019 est homogène, on la compare à une distribution théorique (par un échantillonnage aléatoire) réalisé sur tous les habitats favorables du village. Les sites de nidifications théorique ont été cartographié à l'annexe suivante ; Annexe 13 Figure 15 : Distribution théorique et réelle des sites de nidification.

	Nombre de nids observés	Nombre de nids théoriques
Centre Est	35	19
Centre Ouest	4	19
Sud Est	16	12
Nord-Est	5	6
Nord-Ouest	2	4
Sud-Ouest	0	2
Total	62	62

Tableau 7 : Jeu de données des nids de 2019

Le tableau 2 reprend de façon synthétique le regroupement des nids en fonction de leur secteurs. A première vue, on note un écart important entre le nombre de nids par mailles du centre et du sud-est par rapport au reste du village. Cette répartition globale se retrouve dans chacun des échantillons. Une illustration du jeu de données figure à l'annexe suivante ; Figure 11 : Répartition des nids théorique en fonction de leur localisation.

Le secteur ayant le plus de nids est le secteur du Centre Est avec 35 nids, soit presque le double de l'échantillon théorique. A l'inverse le secteur le plus faible en nombre de nids est celui situé au Sud-Ouest du village.

Afin de vérifier s'il existe un écart significatif entre l'échantillon théorique et réel, on a testé les échantillons par le test statistique du χ^2 . Ce test permet de comparer un échantillon réel, à un échantillon théorique. Si la p-value (résultat du test) est inférieure à 0,05, on pourra accepter l'hypothèse alternative.

Hypothèse du test du χ^2 :

- H_0 : Il existe une différence entre la distribution des nids théoriques et réels
- H_1 : Il n'existe pas de différence entre la distribution des nids théoriques et réels

Le test du χ^2 révèle une différence significative (p-value = 0,000016), on rejette H_0 et on accepte H_1 . L'analyse comparative souligne une localisation précise de la distribution des nids de l'échantillon réel plutôt au Centre Est du village. On retrouve 35 nids dans ce secteur.

6.2.2 Attractivité de la hauteur du bâti

Une première approche visuelle permet de situer la tendance générale des nids en fonction de la hauteur des maisons.

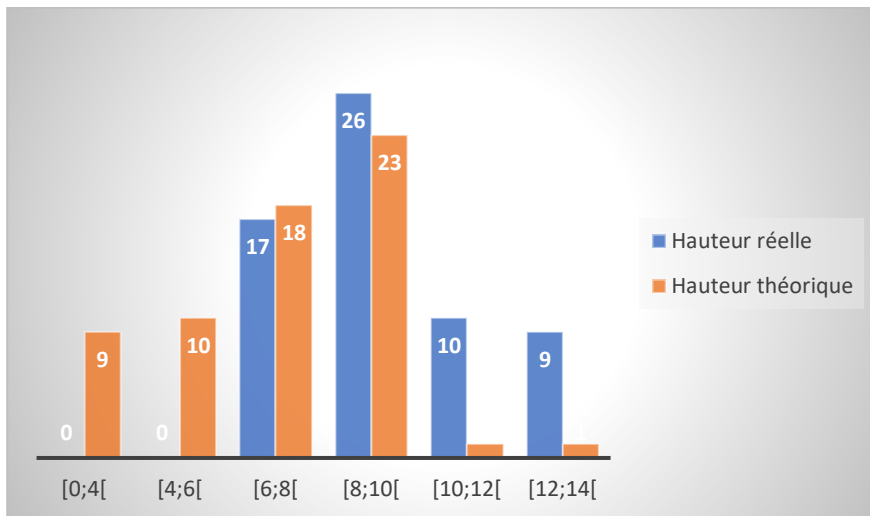


Figure 7 : Hauteur des maisons en fonction de l'occupation d'un nid

Ici l'histogramme (graphique 3) présente une forme « normale » ou gaussienne à la fois pour la série de la hauteur des nids théoriques et réels. La hauteur moyenne des maisons occupées par des nids en 2019 est de 9,37m ($IC_{95\%}(moyenne) = [8,88 ; 9,87]$) ce qui signifie que cet intervalle a 95% de chance de contenir la hauteur moyenne d'une maison occupée par un nid de F. crécerellettes, et la hauteur médiane est de 8,7 m (50% des hauteurs sont supérieures à 8,7). L'écart-type de la hauteur des nids réels est plus centré sur la moyenne ($\sigma=1,94$) que celui de l'échantillon théorique ($\sigma=2,21$). Cette différence peut souligner une occurrence plus ciblée pour l'échantillon des nids réels observés.

Concernant la hauteur théorique d'une bâtisse sur Saint Pons de Mauchiens, elle est de 6,94m ($IC_{95\%}(moyenne) = [6,38 ; 7,51]$) et la médiane est à 7,5.

Sachant qu'une loi normale modélise le plus souvent des phénomènes naturels issus d'événements aléatoires, le test de Shapiro-Wilk renseigne sur la normalité de notre échantillon. Il sert à nous orienter vers le test statistique le plus approprié pour l'analyse à vérifier. Ici, on cherche à savoir si la distribution des sites de nidification se focalise principalement sur les bâtiments les plus hauts du village. Pour ce test, c'est la précision de la p-value qui rejette la normalité de l'échantillon.

Les deux hypothèses correspondantes sont les suivantes :

- H_0 : l'échantillon suit une loi normale
- H_1 : l'échantillon ne suit pas de loi normale

Ici, le test de normalité Shapiro-Wilk indique que la hauteur des maisons en fonction de l'occupation par un nid de F. crécerellette ne suit pas une loi normale ($W = 0.89333$, p-value = 0.00005847). L'hypothèse alternative est acceptée.

Concernant l'échantillon de la hauteur théorique des maisons du village, le test de Shapiro-Wilk n'indique pas non plus de loi normale ($W = 0.95839$, p-value = 0.03443).

La taille de l'échantillon est peut-être trop faible pour le test vu précédemment, ainsi le test non paramétrique de Mann-Whitney et Wilcoxon est plus approprié ($n > 50$).

- *H0 : les sites de nidifications ne se retrouvent pas sur les bâtis les plus hauts*
- *H1 : les sites de nidifications se retrouvent sur les bâtis les plus hauts*

Il apparaît que la p-value est significative, ($W=223$, $p\text{-value}= 0,0000001892$) cela traduit que la hauteur des maisons occupées par un nid réel est significativement différente de la hauteur théorique des maisons du village de Saint Pons de Mauchiens. Les couples nicheurs des F. crécerellettes recherchent ainsi des sites de nidification en hauteur. On peut supposer qu'il s'agisse d'une stratégie pour la sécurité de leur progéniture. En effet, les Faucons crécerellettes ont connu une adaptation de ce type en Plaine de Crau. L'installation de nichoirs sur les toits des bergeries a augmenté le succès reproducteur des couples nicheurs. La productivité est largement plus élevée sur les sites aménagés (3,15) que sur les sites en tas de pierres (2,08). La principale raison est dû à une prédation moins importante (Cahier de la surveillance rapace, 2009) [8]. Parallèlement, le nombre de couples nicheurs a doublé en quatre ans sur les sites aménagés (plateformes en hauteurs ou nichoir sur les bergeries) passant de 25 couples en 2006 à 52 en 2009. De plus, on peut supposer que les F. crécerellettes recherchent préférentiellement les bâtis les plus hauts afin de fuir le dérangement anthropique. Au cours du suivi de 2019, j'ai relevé un nid du village abandonné suite à l'arrivée de vacanciers dans le logement. La hauteur de ce nid était de 4,5m soit une hauteur relativement basse (coordonnées GPS : 43.5131058901;3.5133758626). La hauteur pourrait également constituer un point stratégique pour l'apprentissage des jeunes à l'envol.

6.2.3 Orientation des nids

Ici l'orientation des nids a été étudiée afin de tester l'existence d'une préférence. On suppose que les conditions anémométriques et d'ensoleillement jouent sur le choix des sites de nidification. Pour cela on doit tester s'il existe un écart dans les orientations des nids. Une modalité correspond à un point cardinal, soit huit modalités.

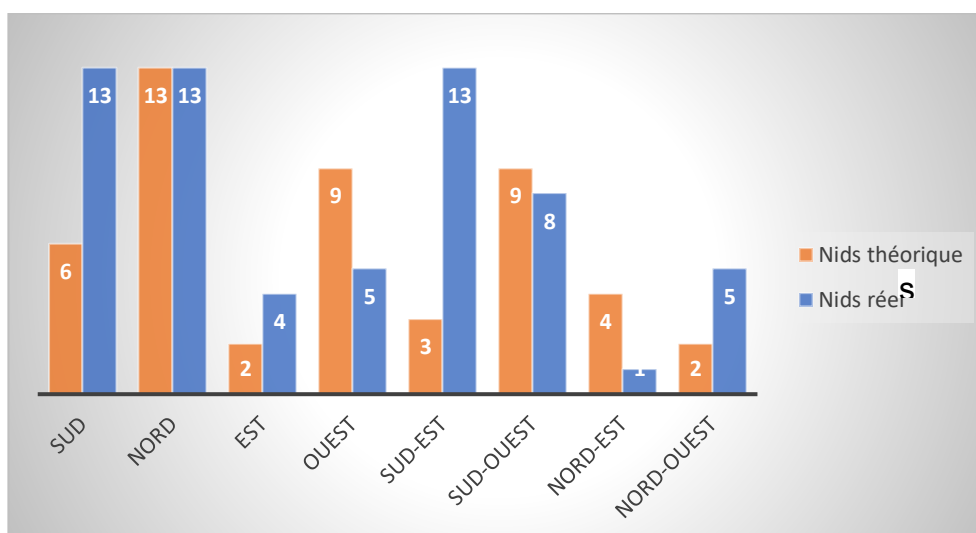


Figure 8 : Distribution des sites de nidification en fonction de l'orientation de leur nid

On remarque d'après l'histogramme que la majorité des nids (réel et théorique) sont orientés vers le Nord ou le Sud. Les orientations les moins fréquentes sont celles dirigées vers le Nord-Est, le Nord-Ouest et l'Est. Cependant lorsque l'on s'intéresse de façon indépendante à chacun des deux échantillons on remarque une distribution homogène.

Partant du principe où l'orientation des maisons est répartie de façon égale pour chacun des points cardinaux, il est possible que la taille de l'échantillon soit trop faible pour une analyse avec huit modalités.

6.2.4 Mode de distribution

Pour aller plus loin, la comparaison des analyses du plus proche voisin entre l'échantillon réel et théorique des nids, peut renseigner sur le mode de distribution.

	Échantillon théorique	Échantillon Réel	Centre Est réel
<i>Observed mean distance (m) :</i>	20,09	10,97	6,33
<i>Z-Score</i>	-0,68	-1,68	- 7,04

Tableau 8 : Résultat des calculs de l'analyse du plus voisin

On observe une distance moyenne de 10m97 pour les nids réels, avec un indice de -1,68. Cette indice renseigne sur l'agrégation de la colonie. Plus l'indice tend vers +infini, plus l'échantillon est dispersé. A l'inverse plus l'échantillon tend vers -infini, plus l'échantillon peut être qualifié d'aggloméré. Ici indice (nid réel = -1,68) < Indice (nid théorique = -0,68). L'échantillon réel des nids observés est plus aggloméré que l'échantillon théorique. Si l'on se réfère à la carte de la figure 5 on note que les nids semblent agglomérés dans le secteur du Centre Est du village. On réalise une analyse de la distance entre les nids de ce secteur. La moyenne de la distance (6,33m) entre les nids du Centre Est du village est presque deux fois plus petite que l'échantillon réel (10,97). L'indice d'agglomération est particulièrement faible (- 7,04) par rapport aux deux autres échantillons.

Ces analyses permettent de comprendre un aspect de la dynamique de distribution des sites de nidification. On peut supposer que c'est le comportement social des individus qui les pousse à s'agglomérer.

En effet, en début de saison on peut les entendre communiquer par des cris sociaux pendant de longs moments au cours de leurs parades au-dessus des sites de nidification. La cohésion du groupe leur permet de partir chasser sur les mêmes parcelles par petit groupe. Au moment du nourrissage des juvéniles les individus immatures, profitent du retour des adultes vers les sites de d'alimentation pour intercepter les proies rapportées au nid. Ainsi tous ces phénomènes observés pourraient expliquer l'importance d'une telle proximité entre chaque nid.

6.2.5 Corrélation entre la hauteur, la localisation et l'orientation

Ici, on cherche à identifier l'existence d'un lien entre la hauteur des bâtiments choisis par les couples nicheurs et la localisation des nids. Le graphique ci-dessous permet de visualiser les moyennes des différentes hauteurs de maisons en fonction de leur localisation dans le village.

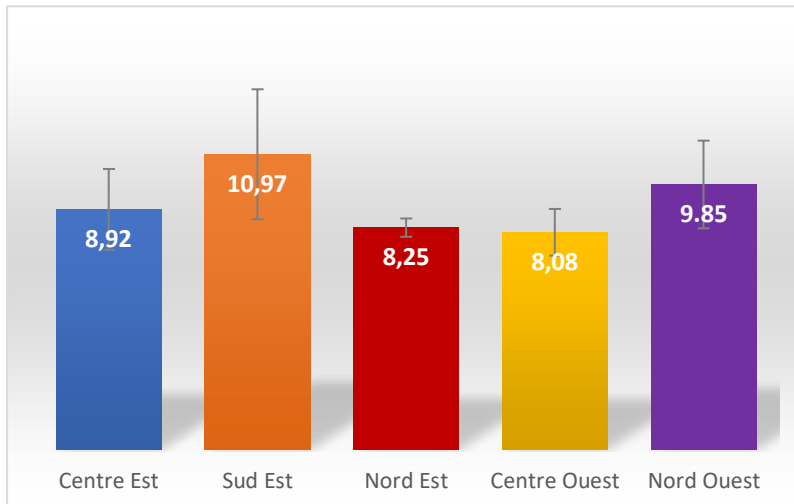


Figure 9 : moyenne des hauteurs des maisons ayant au moins un nids en fonction du secteur

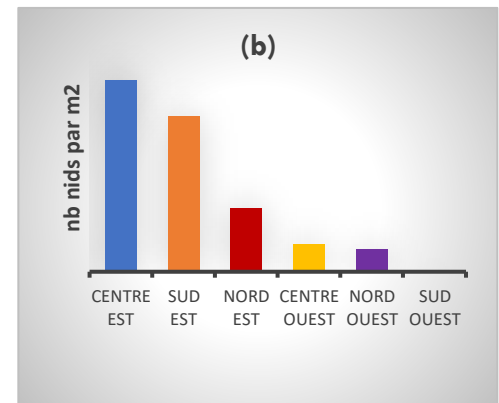


Figure 6 : distribution des sites de nidification de 2019 en fonction des secteurs

En premier lieu on remarque une exploitation homogène des différentes hauteurs de maisons de chaque secteur. La moyenne maximale est atteinte à 10,97m dans le secteur du Sud-Est, et la moyenne minimale est de 8,08m dans le secteur du Sud-Ouest.

Lorsque l'on superpose le graphique (b) de la figure 1 avec la figure 6, on remarque que les secteurs les plus prisés (Centre Est et Sud-Est) ne sont pas forcément ceux ayant les plus hautes maisons. La préférence d'un certain secteur par rapport à un autre peut s'expliquer par le comportement grégaire des individus. Nous avons précédemment vu que les individus avaient tendance à nicher proche les uns des autres, et encourageraient ainsi les individus à s'agréger.

Ce phénomène pourrait aussi s'expliquer par d'autres paramètres liés à l'écologie de l'espèce, comme le choix des sites de nidification en fonction de la proximité aux territoires de chasse ou aux conditions climatiques, (ensoleillement, anémométrie).

7 Discussion

Au travers des analyses réalisées, on a identifié une dynamique des sites de nidification allant du nord-ouest du village en 2010 vers le sud-est en 2019. Dans la suite de l'étude scientifique, l'objectif était de comprendre les causes de cette dynamique. Parmi les différents paramètres environnementaux liés aux sites de nidification qui ont été étudiés, on a montré une prédisposition pour l'installation des nids sur les bâtisses les plus hautes, avec une moyenne de 9m37. Comme on a pu le voir précédemment, d'après les suivis réalisés lors du Plan National de Restauration en Plaine de Crau, les faucons crécerellettes ont rapidement colonisé les habitats aménagés en hauteur, limitant ainsi les risques de prédation. L'analyse des distances entre les nids, a révélé une agrégation de ces derniers, plus marquée sur certains secteurs de la ville (indice à -7,04 contre -1,68). Ce phénomène peut s'expliquer par le comportement social des individus entre eux.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence la corrélation entre la hauteur des sites de nidification et leur localisation dans le village. Cependant on a remarqué que les secteurs où il y avait peu de nids étaient préférentiellement installés sur les maisons les plus hautes. On suppose que lorsque la population a tendance à recruter un nombre important de nouveaux individus, ils s'installent peu à peu par défaut sur les sites restants ; les maisons plus basses. L'analyse de l'orientation des nids n'a pas révélé de tendance particulière. Il serait intéressant de poursuivre l'étude de ce paramètre en analysant toutes les proportions d'orientations possibles du village en fonction de certains facteurs environnementaux, comme les différences anémométriques ou les différences d'ensoleillement. Les villages de L'Hérault comme Saint Pons de Mauchiens sont concernés par la tra-montagne. On pourrait supposer que les différences anémométriques influencent le choix de l'orientation du nid, ainsi que l'ensoleillement, car sous les tuiles en plein été la chaleur peut monter à plus de 50 °. Le village de Saint Pons de Mauchiens ayant un dénivelé de 167m, l'intensité de l'ensoleillement est variable selon la position du nid dans le village. Avec les épisodes caniculaires début Juillet, les faucons crécerellettes ont été victimes de la mortalité juvénile au nid.

On pourrait également supposer que la migration des faucons crécerellettes est liée au rapprochement vers les territoires d'alimentation.

8 Conclusion

Malheureusement avec les progrès technologiques, les espaces sous les tuiles de gouttières qui permettaient autrefois la ventilation de la maison, sont vouées à devenir hermétiques en rénovant les toitures pour limiter les pertitions énergétiques. Cette rénovation concerne principalement les anciennes maisons du cœur des villages. Au cours de la saison de reproduction de 2019 des F. crécerellettes, j'ai relevé 3 rénovations de toiture ayant un nid. Ces changements anthropiques pourraient devenir une menace à la nidification de l'espèce.

Cependant les tuiles de gouttières ouvertes se retrouvent également sur quelques maisons modernes du village. Dans ce cas ces bâtisses sont favorables à la nidification des Faucons crécerellettes en période de reproduction. Des cas de reproduction des faucons sur ce type de maison notamment sur la commune de Cournonsec (34), et ses alentours (Mas de Bonnel) ont été observés durant cette saison.

Outre les contraintes environnementales et anthropiques, l'espèce s'émancipe progressivement sur le territoire héraultais. Ce constat positif d'adaptation à un territoire, qui autrefois ne lui était pas propre (paysage méditerranéen) représente de solides arguments incitant à poursuivre le financement de projet pour la sauvegarde d'espèces menacées de disparition.

Un volet pédagogique est ouvert sur certaines préconisations concernant les rénovations de toiture, qui constitue l'habitat de cette espèce. Des articles sont également publiés chaque année à ce sujet dans les bulletins municipaux et certains journaux de l'agglomération. Le but étant d'informer les villageois sur la biologie de l'espèce ainsi que sur les conditions environnementales qui pérennisent la présence de ce rapace. Des événements sont organisés par la LPO Hérault dans le but d'intégrer socialement cette espèce auprès des acteurs locaux.



©Anaïs Feral

9 Référence bibliographique

Webographie

https://www.lepoint.fr/environnement/allemagne-ces-entomologistes-amateurs-qui-documentent-l-armageddon-des-insectes-01-07-2019-2321882_1927.php
<https://uicn.fr/le-rapport-mondial-de-lipbes-confirme-le-declin-alarmant-de-la-nature/>
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0020013>
<https://lejournel.cnrs.fr/articles/ou-sont-passees-les-oiseaux-des-champs>
https://www.migraction.net/index.php?m_id=1517&bs=78
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aab.12410>
<https://kundaliniandcelltowers.com/Warning-of-ecological-Armageddon-after-dramatic-plunge-in-insect-numbers-Environment-The-Guardian-2017oct18.pdf>
<https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>
http://www.cartesfrance.fr/carte-france-ville/plan_34285_Saint-Pons-de-Mauchiens.html#ixzz5rxoSQA8L
<http://rapaces.lpo.fr/faucon-crecerellette/suivi-des-populations>
<https://forums.futura-sciences.com/habitat-bioclimatique-isolation-chauffage/188256-temperature-tuiles-terre-cuite.html>

Publication

- [1] Leather, S.R. 2018. "Ecological Armageddon" – more evidence for the drastic decline in insect numbers. *Annals of Applied Biology*
- [2] IPBES, le dangereux déclin de la nature, mai 2019
- [3] Department of Zoology and Ecology, Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, ul. Kozuchowska 5b, 51-631 Wroclaw, Poland
- [4] « Crécerellette info » n°4 et 5 - Sébastien Abbé, Philippe Pilard, Elise Rousseau et Yvan Tariel. juillet 2006
- [5] Renforcement et conservation du Faucon crécerellette dans l'Aude et France l'Estrémadure (Espagne) 1 septembre 2005 N° LIFE05NAT/F/000134
- [6] Cahiers d'Habitat « Oiseaux » - MEEDDAT- MNHN – Fiche projet
- [7] Stephen J. Parr, Miguel, Angel Naveso & Murat Yazar, 1996 « Habitat and potential Prey surrounding lesser Kestrel, *Falco naumanni* in the center Turkey »
- [8] Cahier de la surveillance rapace p34 -Bilan 2009

10 Annexes

Annexe 1

Mission du 18 Mars 2019 au 18 Août 2019 - Organisation des tâches																																
Mois :	Mars		Avril					Mai					Juin					Juillet					Août									
Semaine :	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33										
Bibliographie																																
Recueil des données																																
Statistiques																																
Rédaction																																

Tableau 9 : Calendrier du stage

Annexe 2

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Collecte de données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	<u>A.F</u>	<u>A.F</u>	N.S	<u>A.F</u>	<u>A.F</u>	<u>A.F</u>
Secondaires		M.G	<u>A.F</u>	N.S et T.C	<u>P.B</u>	

Tableau 10 : Tableau des tâches A.F : Anaïs Feral, stagiaire pôle expertise ; PB : Pierre-Baptiste, stagiaire pôle expertise ; N.S : Nicolas Saulnier, maître de stage ; M.G : Mathieu Garcia, Chargé de mission pôle expertise ; T.C : Thierry Carbonell, Bénévole

Annexe 3

Mars - Avril	Mai	Juin - Juillet
Levé du jour – tombée de la nuit	journée	Matin
Arrivée des oiseaux	Couvaison	Nourrissage/envol des jeunes
Phase d'activité modérée	Phase de détection minimale	Phase optimale

Tableau 11 : Organisation des horaires

Annexe 4

Indice de présence :	<u>Elytre</u> de coléoptère	Pelote de réjection	Cadavre entier de proie sous le nid	Fientes (gouttière)	Rentrée/sortie au nid flou
Pertinence :	+++	++	++	++	+
Confusion possible avec :		- Petit duc, - Chevêche d'Athéna	Mort naturelle	- Choucas, <u>Etourneau</u>	- Vol rasant, - prospection par un immature

Tableau 12 : Tableau récapitulatif de la précision des indices de présence

Annexe 5

Règne	Embranchement	Classe	Ordre	Famille
<u>Animalia</u>	<u>Chordata</u>	Aves	Falconiformes	<u>Falconidae</u>

Tableau 13 : Classification

Annexe 6

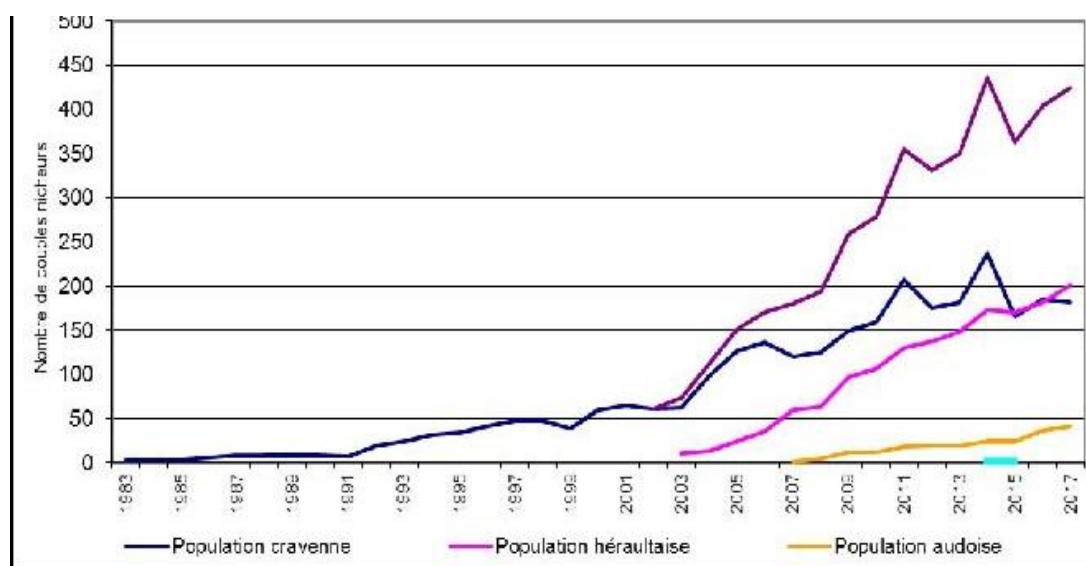


Figure 10 : Evolution du nombre de couples nicheurs entre 1983 et 2017

Source : <http://rapaces.lpo.fr/faucon-crecerellette/suivi-des-populations>

Annexe 7

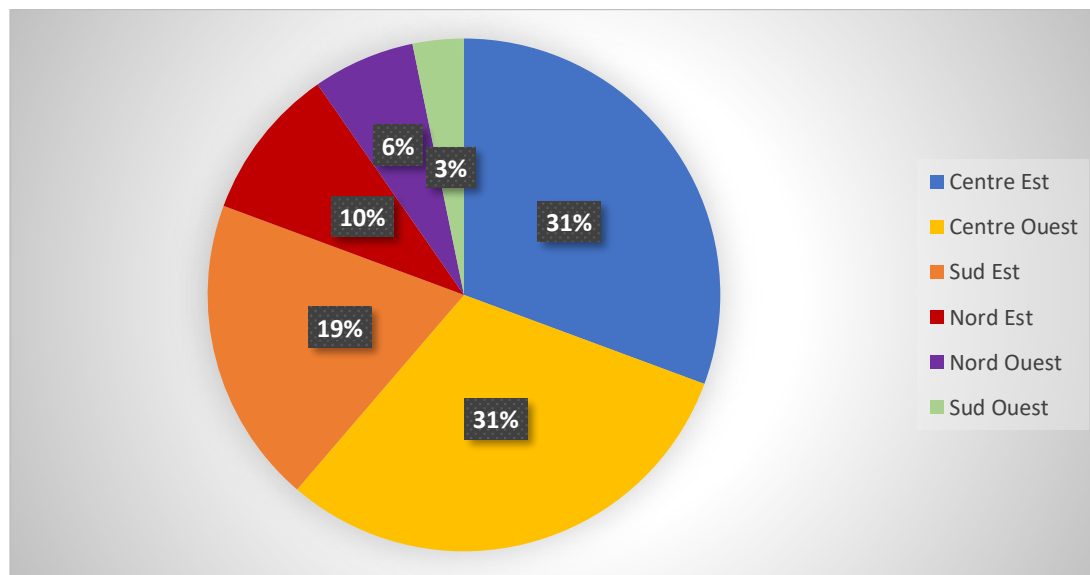


Figure 11 : Répartition des nids théorique en fonction de leur localisation

Annexe 8

Fiche de suivi des sites de nidification des Faucons crécerellette 2019

Fiche de suivi des sites de nidification des Faucon crécerellette 2019																		
Date	Heure	Lieu	Lieu-dit / n° et rue	Code carte	Tuile, site de nidif	sexe	Age	Bague		Apport proies		Jeunes		Phase phénologique	Vent	Temps	Observations	Observateur
								TD	TG	< 15min	> 15min	D	P					
jj/mm/aaaa	00h00	Ville	adresse	identifiant du nid	3e tuiles en partant de la droite	Mâle ou femelle	adulte ou immature	N° de bague, couleur balise	N° de bague, couleur balise	offrande copulatoire	nourrissage de jeune	nb de poussin en duvet	nb de poussin en plume	cantonnement de nid copulation couvaieon nourrissage envol	0 1 2 3	dégagé ensoleiller pluie couvert	danger	nom de l'observateur
18/06/2019	8h	Loupiat	8 rue du Triol	1633/D	M	Adulte	Non	Non		X			1	Envol		0	Dégagé	Anaïs

Tableau 14 : Fiche de suivi

Annexe 9

variable	id	tuiles	S	N	E	O	NE	NO	SE	SO	NE	NO	CE	CO	SE	SO	hauteur
explication			orientation								localisation						
	n° du nid	position exacte	Sud	Nord	Est	Ouest	Nord Est	Nord Ouest	Sud Est	Sud Ouest	Nord Est	Nord Ouest	Centre Est	Centre Ouest	Sud Est	Sud Ouest	mètre
exemple	27	3/D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7,8

Tableau 15 : Modèle de la table attributaire

Annexe 10

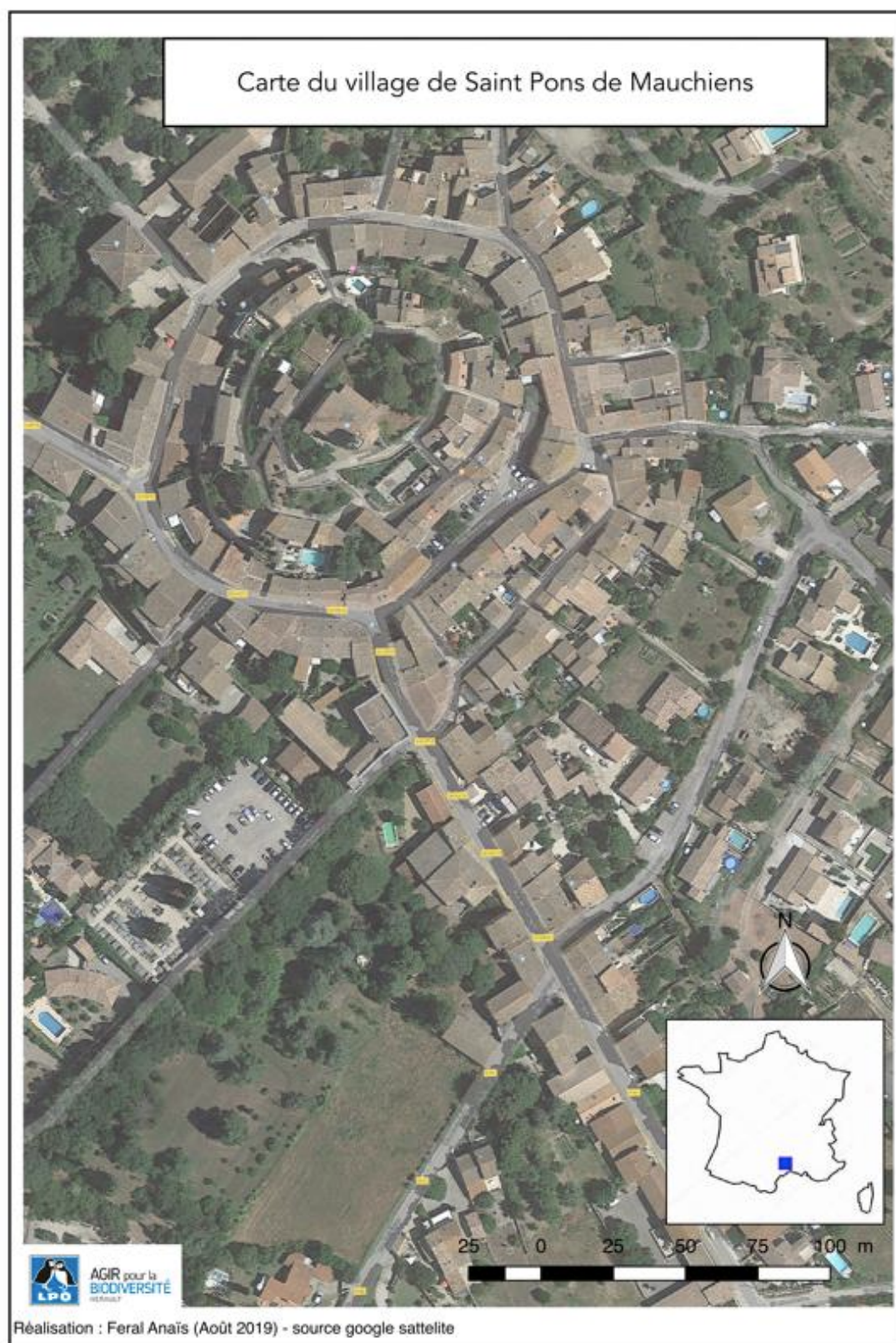


Figure 12 : Plan du Village de Saint Pons de Mauchien

Annexe 11

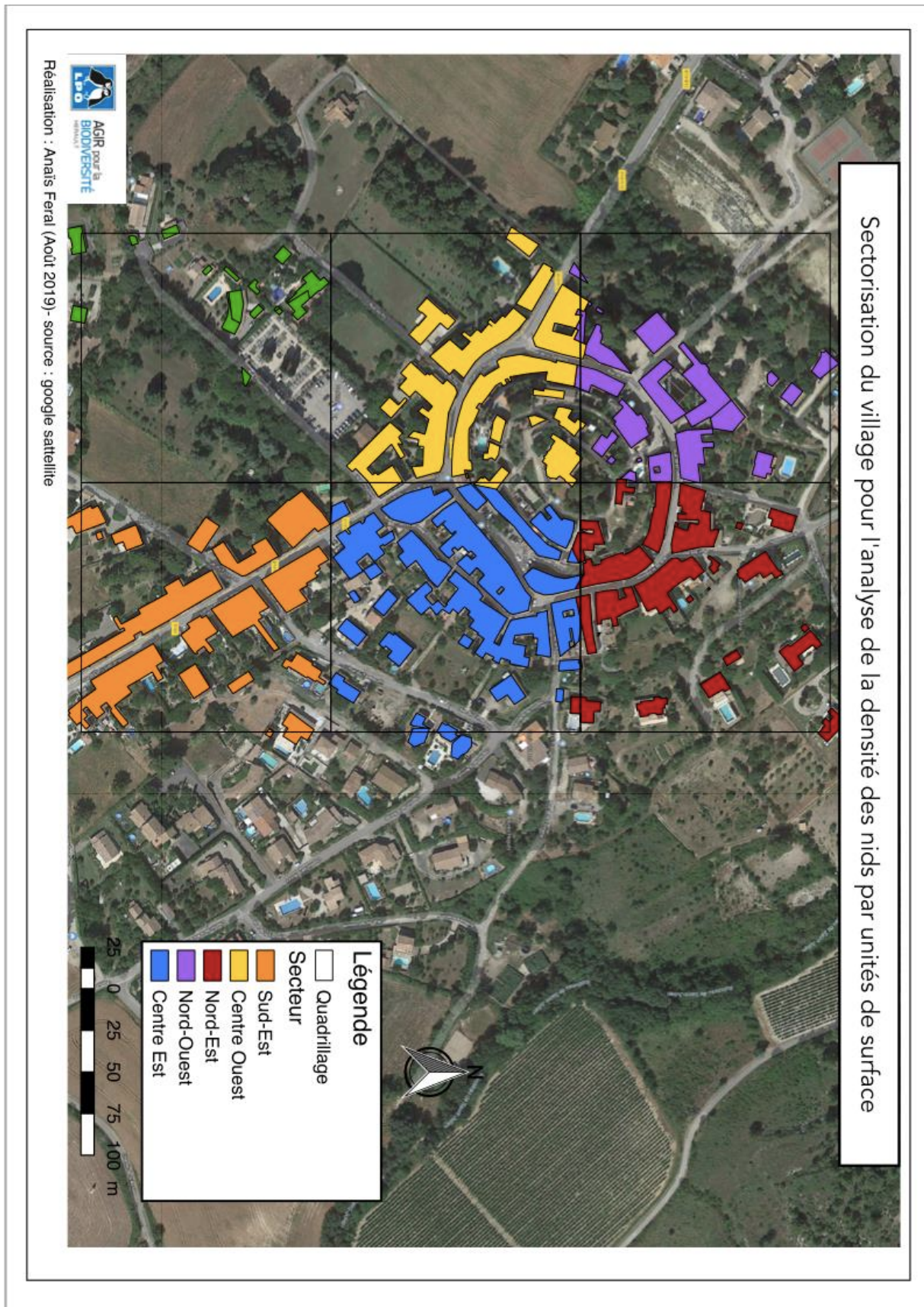


Figure 13 : Sectorisation

Annexe 12

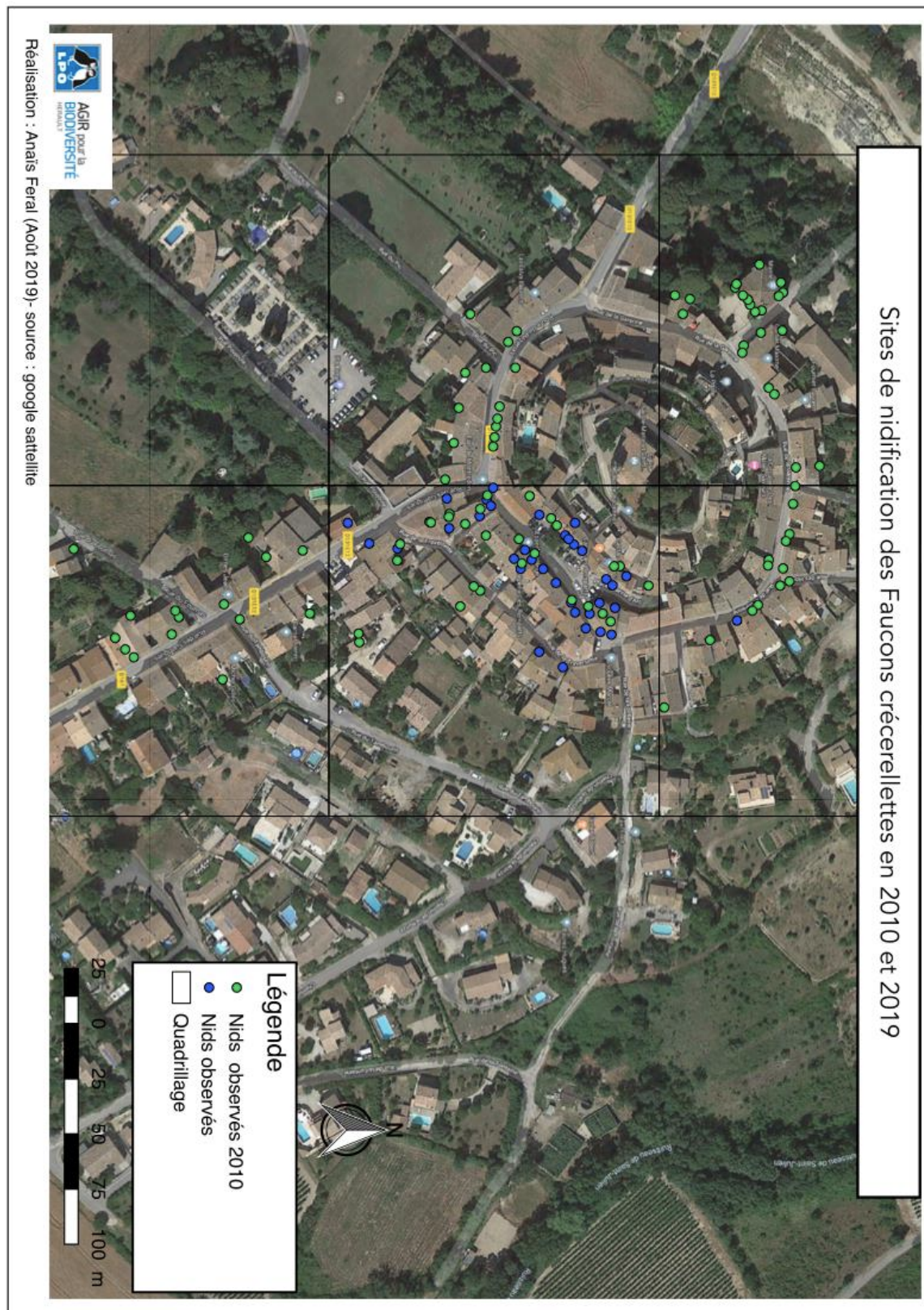


Figure 14 : Nids de 2010 et 2019

Annexe 13

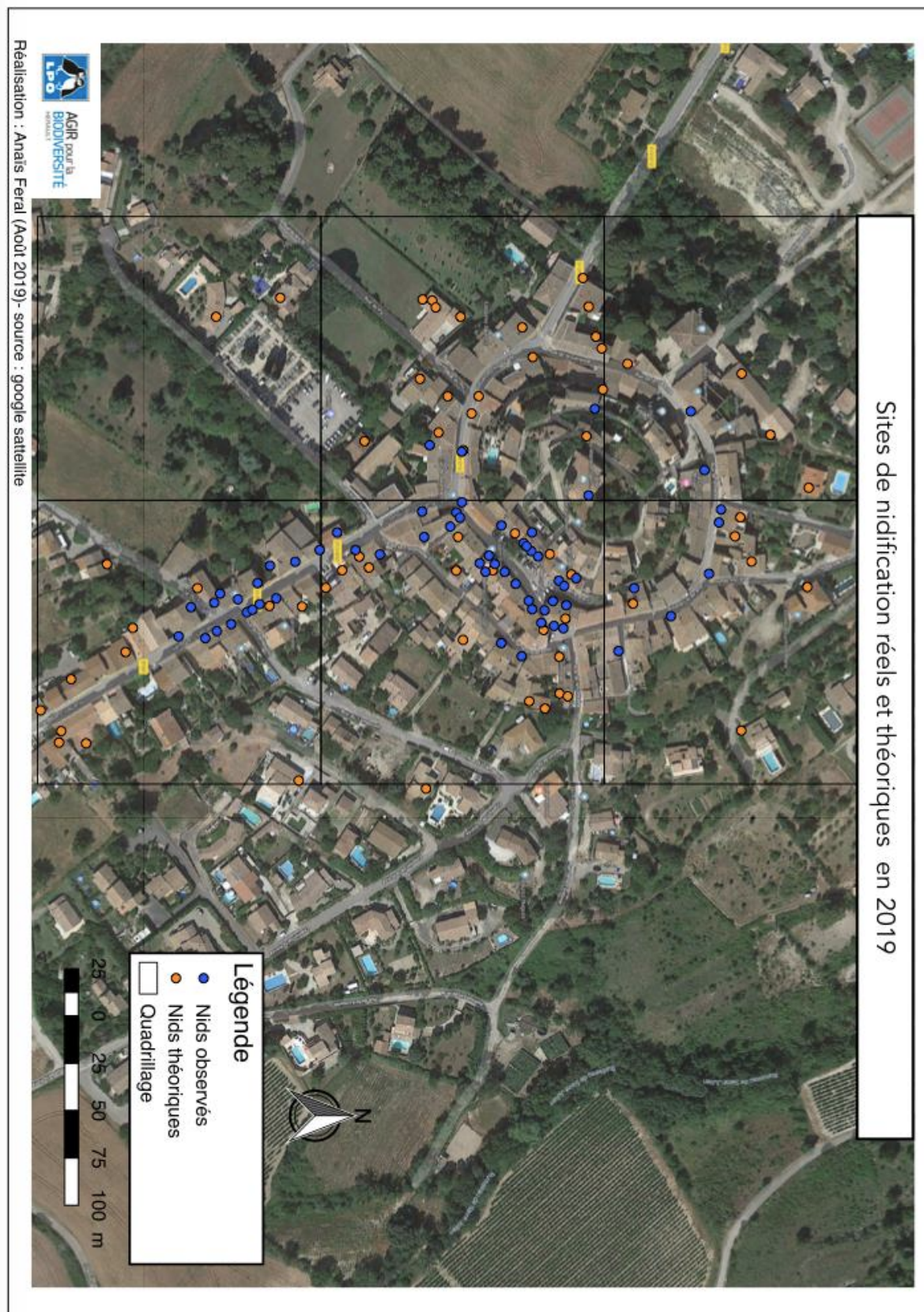


Figure 15 : Distribution théorique et réelle des sites de nidification

Annexe 14

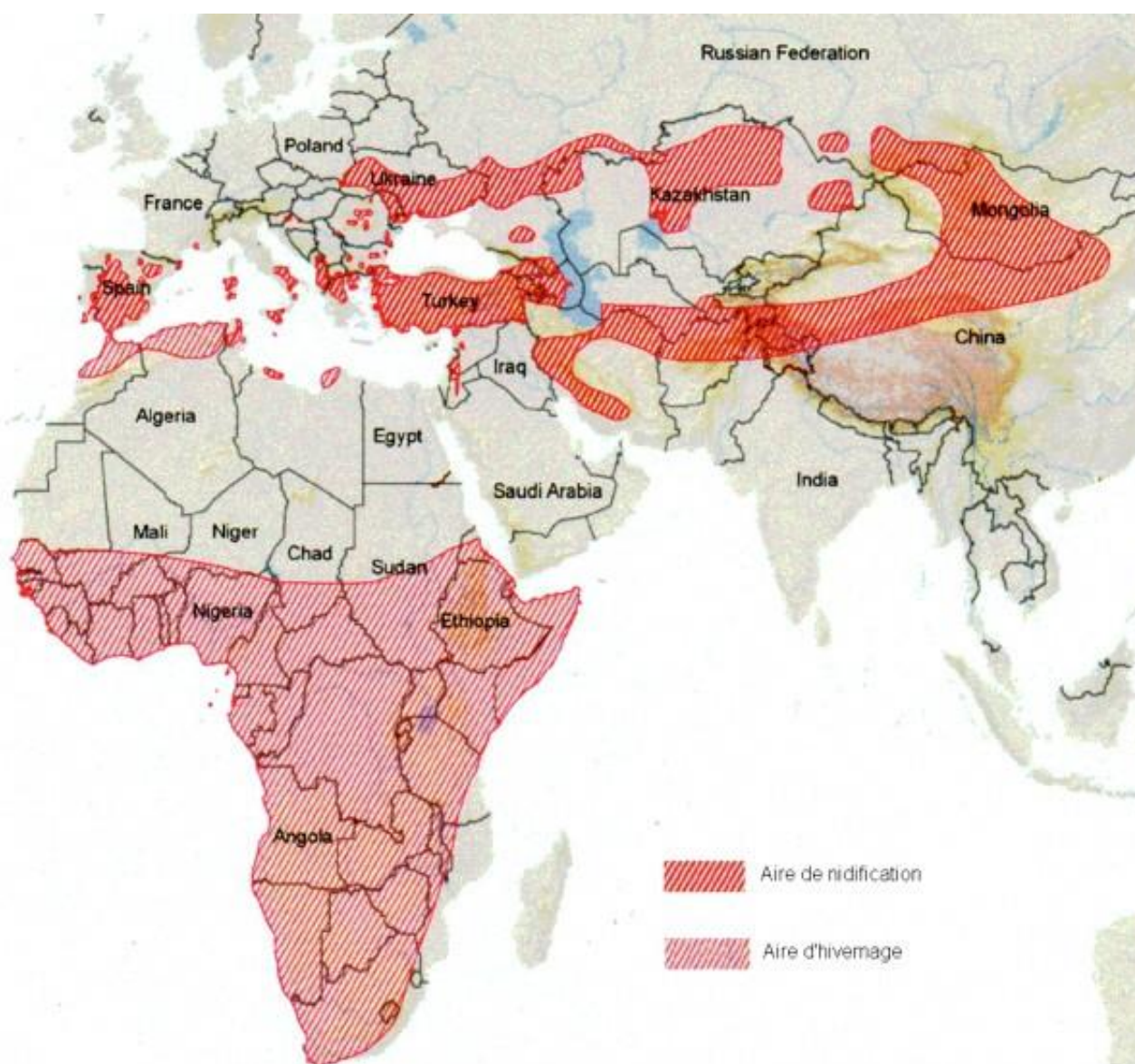


Figure 16 : Air de répartition du Faucon crécerellette

Source : <http://rapaces.lpo.fr/faucon-crecerellette/presentation-de-lespece>