



HAL
open science

Identifier les loups en Bretagne

Alain Jean

► **To cite this version:**

| Alain Jean. Identifier les loups en Bretagne. Groupe Loup Bretagne. 2025, 61 p. hal-05111590v2

HAL Id: hal-05111590

<https://hal.science/hal-05111590v2>

Submitted on 20 Jun 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Identifier les loups en Bretagne

Suivi par photo-identification
d'une population pionnière de loups.
Méthodologie et bilan 2022-2024



Identifier les loups en Bretagne

Suivi par photo-identification
d'une population pionnière de loups.
Méthodologie et bilan 2022-2024

Alain JEAN - GLB. 2025

<https://hal.science/hal-05111590>

Citer cette version : Alain Jean. Identifier les loups en Bretagne. Groupe Loup Bretagne. 2025, 61 p. hal-05111590

La reproduction partielle de ce rapport est libre à la condition qu'il ne soit apporté aucune modification aux passages cités et que la référence soit mentionnée.



CC BY-NC-ND 4.0 Attribution - Utilisation non commerciale - Pas d'œuvre dérivée.

Préambule

Le 3 mai 2022, un loup était filmé de jour par une caméra à déclenchement automatique dans un sous-bois des monts d'Arrée (Finistère). C'était la première mention officielle de la présence de l'espèce pour la Bretagne après plus de cent ans d'absence. La dernière observation remontait en effet au début du vingtième siècle. Elle concernait un loup signalé en 1906 dans le même département du Finistère, entre Montagnes Noires et monts d'Arrée. L'espèce était, depuis lors, considérée comme disparue de la région après en avoir été éradiquée par les persécutions.



Fig. 2- Le premier loup photographié par un piège photographique en Bretagne (monts d'Arrée 3 mai 2022). Photo E. Holder (BV).

Un retour attendu

La découverte de ce loup dans le Finistère n'était pas une surprise. Depuis un certain temps déjà, on avait signalé la présence d'individus dans les départements limitrophes et notamment en Vendée, en mai 2021. Le 15 octobre 2021, un loup mort avait été découvert victime d'une collision en Loire-Atlantique à Saint-Brévin-les-Pins. Depuis 2019, le Groupe Loup Bretagne (GLB), créé en lien avec les associations Bretagne Vivante et le Groupe Mammalogique Breton, suivait cette progression dans le but d'anticiper ce retour spontané, dont chacun était persuadé qu'il concernerait tôt ou tard les terres bretonnes.

Premières difficultés

À la suite de la découverte de ce premier loup (**figure 2**), on pouvait dès cette époque faire plusieurs remarques. Cet individu avait dû parcourir des centaines de kilomètres avant d'arriver dans le Finistère, les zones de reproduction de l'espèce les plus proches étant situées dans l'est et le sud-est de la France. D'autres loups suivraient nécessairement son exemple, selon le schéma habituel de

dispersion des jeunes individus à la recherche d'un nouveau territoire. Ensuite, ce loup avait réussi à traverser toute la Bretagne d'est en ouest sans se faire remarquer. Le fait qu'il passe juste devant cette caméra tenait du hasard et le recueil de cette information majeure était le fruit d'un coup de chance extraordinaire. Cela signifiait que d'autres individus l'avaient peut-être discrètement précédé, mais aussi qu'il serait extrêmement difficile d'en assurer le suivi. Il en irait de même pour tous les loups qui pourraient se présenter par la suite.

L'essentiel des études scientifiques portant sur le Loup gris (*Canis lupus*) en France et plus généralement en Europe, concernaient des zones de reproduction de l'espèce. Lorsque les meutes sont fixées sur des territoires connus, avec des adultes et des jeunes qui se déplacent sur des parcours de quelques kilomètres, repérés par leurs traces et leurs marquages, le suivi de ces populations est rendu possible par des prélèvements génétiques et des réseaux de caméras. Mais lorsqu'un individu mobile circule librement à l'intérieur d'un espace de plus de 34 000 km² (l'étendue de la zone d'étude du GLB constituée des quatre départements bretons et de la Loire-Atlantique), tout projet de suivi semble voué à l'échec.

Il fallait donc compter à nouveau sur la chance et continuer à surveiller les contacts directs (les observations validées) ou indirects (les attaques de troupeaux pouvant être possiblement attribués à un loup) publiés par l'Office français de la Biodiversité (OFB). En 2022, le GLB a pu recueillir pour la Bretagne 7 observations visuelles de loup validées et documentées par photos ou vidéos. Elles étaient au nombre de 12 en 2023 et au nombre de 41 dont 36 exploitables en 2024. En 2024, deux ans après la première donnée, une seule analyse génétique avait été annoncée par l'OFB.

Combien de loups ?

Assez rapidement, s'est posée la question du nombre de loups présents en Bretagne. Elle émanait des éleveurs qui subissaient des attaques de leurs troupeaux, ovins essentiellement, mais elle intéressait aussi le public, les médias, les gestionnaires de réserves, les diverses associations impliquées et l'ensemble du monde naturaliste. Dans un contexte très politique et alors qu'aucune reproduction de l'espèce n'était prouvée localement, l'administration cherchait avant tout à compiler les données d'observation et de prédation permettant d'indemniser les éleveurs et à procéder au zonage géographique par cercles des communes concernées.

En dehors d'une zone de présence permanente attestée, le suivi individuel des loups dans le milieu naturel ne faisait à l'évidence pas partie des objectifs des autorités qui n'avaient mis en place aucun programme dans ce sens, si ce n'était la possibilité d'analyses génétiques si l'occasion se présentait. Et puisqu'une seule identification individuelle par analyse ADN avait été validée en 2023 sur la commune de Sizun (un loup mâle originaire d'Allemagne, génotypé à partir de poils), le chiffre de « un individu » a longtemps été la seule réponse officielle. Réponse peu satisfaisante, alors que des observations de loup étaient signalées sur plusieurs départements. On commençait à voir circuler ici ou là des chiffres d'effectifs de loups fantaisistes ne reposant sur aucune preuve scientifique.

Plusieurs individus photographiés

Pourtant, l'examen des images recueillies laissait peu de doutes. Dès les premières photos ou vidéos de bonne qualité, il était évident qu'il ne s'agissait plus de l'individu filmé en 2022. Ces images montraient bien plusieurs loups d'aspect (de phénotype) différent (**figure 3**). Mais ces documents de qualité étaient loin d'être les plus nombreux. L'immense majorité laissait apparaître très peu de détails interprétables pour permettre de différencier les individus entre eux. Était-il néanmoins possible d'effectuer un travail scientifique à partir de ces images pour identifier des individus de manière incontestable et répondre enfin à la question de l'effectif des loups présents ?



Fig. 3- **Exemple de trois photos de loups** prises dans le Finistère (de gauche à droite : 5 janvier, 4 avril, 13 juin 2023)

S'il était possible de reconnaître des individus différents sur ces clichés jusqu'ici simplement qualifiés de loup et non de chien, il serait aussi concevable d'espérer aller plus loin, et pourquoi pas de cartographier leurs parcours, voire de faire la chronologie des arrivées et des départs, ou encore de distinguer quelques comportements individuels.

Les premières analyses d'images

Les chances de parvenir à valoriser les quelques dizaines de documents photographiques provenant d'une grande diversité de sources et de qualité très hétérogène semblaient au départ très faibles. Les études de terrain menées par des équipes de chercheurs utilisant des réseaux de caméras à déclenchement automatique signalaient d'ailleurs toutes combien cette identification individuelle des loups à partir des seules images était problématique, même si les caméras étaient installées et mises en œuvre par des spécialistes (voir 3.1).

En dépit de ces obstacles, dans le courant de l'été 2024, une première tentative de photo-identification systématique menée à partir de quelques documents photographiques de bonne qualité a donné des premiers résultats encourageants en permettant de décrire précisément trois, voire quatre phénotypes et donc autant d'individus différents (Jean 2024 b ; 2024c).

Un projet scientifique

Pour aller plus loin, il restait à définir un protocole standardisé d'analyse d'image qui permette de valoriser scientifiquement le maximum de documents à notre disposition, puisque les données étant relativement peu nombreuses, chaque image était précieuse. L'absence de budget dédié à ce projet nous a conduit à imaginer des solutions simples et peu onéreuses, basées sur la science participative, pour la capture d'images, la sélection des séquences et la transmission des documents. La mise en place du protocole d'analyse et la gestion de la base de données photographiques s'est ensuite affinée progressivement pour permettre d'obtenir des identifications individuelles dans le maximum de cas. Lorsqu'un protocole de photo-identification suffisamment robuste a pu être validé, le travail d'analyse a été élargi à l'ensemble des documents photographiques disponibles.

Le présent rapport a pour objet principal de présenter la méthodologie de ce programme de photo-identification des loups en Bretagne ainsi que ses premiers résultats, qui s'appuient sur l'ensemble des données photographiques de loups recueillies en Bretagne par le GLB entre mai 2022 et décembre 2024. Avant cela, une introduction présentant rapidement les différentes techniques de suivi des populations applicables aux loups permet de replacer la méthode de suivi par photo-identification dans un contexte plus général. Le cas particulier de la Bretagne comme zone d'étude est abordé. La présentation en détail de la méthodologie est suivie d'un passage en revue des premiers résultats obtenus. Une discussion sur les forces et les faiblesses de cet outil vient conclure le rapport, qui propose une comparaison entre deux méthodes pour répondre à la problématique du suivi des populations de loups dans un contexte de faibles effectifs : la photo-identification et les analyses ADN.

Remerciements

À tous mes amis naturalistes, passionnés par les loups, qui ont participé d'une manière ou d'une autre mais toujours avec enthousiasme à la réalisation de cette étude, j'adresse ma plus sincère reconnaissance. Ma gratitude va tout particulièrement aux membres du Groupe Loup Bretagne, groupe d'étude qui constitue le socle indispensable sans lequel ce travail de recueil de données n'aurait jamais pu être mené. Une pensée spéciale pour mes relecteurs, leur compétence, leur disponibilité et leur vigilance. Si des erreurs ou des insuffisances persistent, ce seront les miennes à n'en pas douter.

Remerciements chaleureux aussi à tous les contributeurs, particuliers, naturalistes, chasseurs, éleveurs, responsables de réserves, qui ont fourni leurs images. Merci à tous les auteurs de ces photos et vidéos de loup, toujours génératrices d'émotions fortes, qui constituent le matériau premier de ce travail. Souvent discrets, parfois requérant l'anonymat, ils sont les indispensables acteurs de l'ombre de cette aventure de science participative.

Une pensée aussi, chargée de gravité et d'empathie pour les éleveurs qui ont subi des attaques de certains des loups qui font l'objet de cette étude, eux dont l'activité a été affectée mais qui ont néanmoins compris l'intérêt de cette démarche. Je n'oublie jamais que les recherches que nous menons leur sont en grande partie dédiées, afin d'approfondir les connaissances sur les loups. Connaître les loups pour les protéger, mais aussi pour mieux s'en protéger, une ligne de conduite qui continue de guider ma motivation de vétérinaire naturaliste.

Enfin, comment ne pas être infiniment reconnaissant à mes proches, qui ont eu la patience de me supporter alors que j'étais absorbé par ce travail. À tous et toutes, un grand merci tardif pour votre héroïque compréhension.

Tous se reconnaîtront, mais sans pouvoir citer chacun, je tiens à remercier tout particulièrement Philippe Defernez et François de Beaulieu pour leur soutien de tous les instants.

Crédits photographiques

Certaines des photographies et vidéos collectées par le GLB, mises en ligne par des médias ou par leurs auteurs eux-mêmes, sont consultables librement sur internet. D'autres ont été confiées au GLB en tant que documents utilisables pour une analyse scientifique, mais pour certaines sans droit explicite à publication ni citation. Les informations se rapportant au loup sont parfois tenues de rester confidentielles, nombreuses sont les raisons qui peuvent motiver un observateur à exiger la discrétion. Pour respecter ces recommandations, toutes les images illustrant cet article sont présentées, sauf exceptions, sans mention de crédits photographiques autre que la référence au Groupe Loup Bretagne.

Les dessins sont de l'auteur.

Table des Matières

Citation	2
Préambule	3
Remerciements	6
Crédits photographiques	6
Table des matières	6

Résumé	8
Abstract	9
Mots clés	10
I. INTRODUCTION	
1.1/ Les méthodes de suivi des populations de loups.....	10
1.2/ Génétique et pièges photographiques.....	11
1.3/ La photo-identification individuelle par caméras pièges.....	11
1.4/ Les résultats des analyses d'images.....	12
1.5/ Les biais méthodologiques de la photo-identification.....	12
1.6/ Le cas de la Bretagne.....	13
1.7/ La zone d'étude.....	13
II. METHODOLOGIE	
2.1/ Les documents photographiques.....	15
2.2/ Les « événements de capture d'images » (ECI).....	17
2.3/ Protocole de photo-identification.....	17
a) Les critères de l'identification individuelle chez le loup.....	17
b) Les caractéristiques phénotypiques partagées.....	17
c) Les caractéristiques phénotypiques rares et aléatoires.....	17
d) Les 10 critères de l'identification individuelle.....	18
e) La fiche d'identification graphique.....	19
f) La clé simplifiée d'identification (masque + dos).....	21
g) La description détaillée des phénotypes.....	22
h) La fiche graphique individuelle de synthèse.....	22
i) Le portrait-robot individuel dessiné.....	24
j) La base de données ECI.....	25
k) Qualité de l'information et degré de certitude.....	26
l) Cartographie.....	27
m) Chronologie.....	28
n) Rythme d'activité.....	28
o) Les étapes d'une photo-identification.....	28
III. CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES	
3.1/ Le choix des critères d'identification.....	29
3.2/ L'identification individuelle intraspécifique comme modèle.....	30
3.3/ Les conséquences des faibles effectifs.....	30
3.4/ Les biais d'interprétation des images.....	31
a) Contraste et angle de vue.....	32
b) Contraste et pixels.....	33
c) Le cas des bandes sombres antébrachiales.....	34
d) Symétrie du pelage chez le loup.....	34
e) Mue et persistance des caractères phénotypiques.....	35

IV. RÉSULTATS

4.1/ Identification individuelle.....	36
4.2/ Localisation des captures d'images.....	39
4.3/ Chronologie générale des ECI.....	42
4.4/ Chronologie individuelle.....	43
4.5/ Durée de présence en Bretagne des six loups.....	45
4.6/ Rythme d'activité.....	46
4.7/ Taille des groupes.....	47
4.8/ Pathologies et identification individuelle.....	48
4.9/ Évaluation de l'outil d'identification.....	49
a) La diversité des images.....	49
b) La clé simplifiée des trois premiers critères.....	49
V. DISCUSSION	
5.1/ Phénotypes et origine géographique des loups.....	50
5.2/ Comportement des loups dispersants en Bretagne.....	51
5.3/ Photo-identification <i>versus</i> analyses génétiques.....	53
5.4/ Science participative et action associative.....	54
5.5/ Généralisation de la méthode.....	56
VI. CONCLUSION	56
VII. BIBLIOGRAPHIE	57
VIII. Sigles utilisés	61

Résumé

Depuis le mois de mai 2022, des loups sont très régulièrement observés ou photographiés en région Bretagne alors que les foyers de reproduction les plus proches se trouvent à plusieurs centaines de kilomètres. Pendant les deux premières années une seule analyse génétique a été officiellement pratiquée à partir de poils, mais aucune étude n'a réellement documenté la présence des loups dans cette région, malgré une forte demande d'informations de la part des publics concernés. En 2024, à l'initiative du Groupe Loup Bretagne, une collecte de toutes les photos et vidéos de loup disponibles a été réalisée, selon un modèle de science participative, en vue d'en extraire toute l'information possible.

L'introduction évoque rapidement l'apparition des pièges photographiques et de la photo-identification comme outils de choix en matière de suivi de la faune sauvage en général et du loup en particulier. La présente étude documente l'analyse des 40 vidéos et les 43 photos provenant de 49 événements de capture d'images de loup effectués en Bretagne durant 32 mois, entre mai 2022 et décembre 2024. En raison de l'extrême diversité des documents photographiques récoltés, un protocole de photo-identification nécessitant plusieurs étapes a été conçu, selon une méthodologie spécifiquement adaptée à l'espèce et à l'analyse des images de qualité très hétérogène.

Ce nouvel outil utilise les variations individuelles de dix critères phénotypiques (masque labial, tache maxillaire, bande dorsale, bandes antébrachiales, tache supracaudale...) observables parmi les loups en Europe. Toutes les identifications sont pondérées par le calcul d'un degré de certitude qui permet d'évaluer le risque d'erreur. En fonction des résultats, il est alors possible de recruter sur une base

objective une sélection d'événements de capture d'images, afin de constituer l'échantillon de loups identifiés le plus pertinent correspondant au domaine à explorer.

En appliquant cette méthode de photo-identification à l'ensemble des 49 événements de capture d'images, il a été possible d'identifier six individus de façon certaine, de cartographier leurs parcours et de documenter plusieurs aspects de leur biologie.

Cet outil a permis notamment d'apporter des connaissances nouvelles sur l'identification et le nombre des individus présents avec 67,3 % des contacts qui ont pu être reliés à un loup identifié, sur la localisation géographique des contacts, l'étendue des aires explorées, le rythme saisonnier de déplacements des individus, leur état de santé apparent, le sexage, la taille des groupes avec confirmation du statut de loup mâle dispersant isolé pour chacun des 6 loups identifiés, la chronologie des arrivées, des départs ou disparitions et des durées de présence, avec la mise en évidence du rythme de succession des nouveaux arrivants. Les questions méthodologiques concernant la validité du protocole, le choix des critères d'identification, les possibles biais d'analyse, ainsi que les moyens de les minimiser, sont abordées dans les résultats.

Certaines considérations sur l'évaluation par l'image de l'état de santé, de l'origine géographique des loups et sur le phénomène de recolonisation par dispersion à longue distance, sont aussi abordées. Une comparaison des possibilités et des limites respectives de la photo-identification participative et de l'analyse génétique non invasive est proposée. Enfin sont rappelés l'importance de la science participative et le rôle essentiel du Groupe Loup Bretagne dans le recueil des données, support associatif qui a permis la mise en place de ce nouvel outil.

Abstract

Since May 2022, wolves have been regularly observed or photographed in the Brittany region (western France), despite the nearest breeding populations being several hundred kilometers away. For the first two years, only one official genetic analysis was conducted using hair samples, but no study has truly documented the presence of wolves in this region, despite strong public demand for information. In 2024, at the initiative of the association Groupe Loup Bretagne, a collection of all available photos and videos of wolves was undertaken to extract as much information as possible, following a participatory science model.

The introduction briefly mentions the emergence of camera traps and photo-identification as key tools for monitoring wildlife in general and wolves in particular.

This study documents the analysis of 40 videos and 43 photos from 49 wolf image capture events carried out in Brittany over a 32 months period, between May 2022 and December 2024. Due to the extreme diversity of the photographic materials collected, a multi-step photo-identification protocol was developed, based on a methodology specifically adapted to the species and the highly heterogeneous quality of images.

This new tool utilizes individual variations in ten phenotypic criteria (facial mask, maxillary spot, dorsal stripe, forearm bands, supracaudal spot, etc.) observed among-European wolf populations. All identifications are weighted by a certainty score, allowing for an assessment of potential errors. Based on the results, a selection of image capture events can then be objectively recruited to create the most relevant sample of identified wolves for the area under study.

By applying this photo-identification method to all 49 image capture events, it was possible to confidently identify six individuals, their movements were mapped and several aspects of their biology and behavior were documented.

Notably, this tool has provided new insights into the identification and number of wolves present with 67.3 % of encounters linked to an identified wolf. It was also shed light on the geographic distribution of encounters, the extent of explored areas, the seasonal movement patterns of individuals, their apparent health status, sex determination, group sizes (confirming the status of each of the six identified wolves as isolated dispersing males), the chronology of arrivals and departures, duration of presence and the succession patterns of new arrivals.

Methodological questions concerning the validity of the protocol, the selection of identification criteria, potential biases in analysis, and ways to minimize them are addressed in the results.

Consideration is also given to assessing health status through imagery, determining the geographic origin of the wolves, and the phenomenon of recolonization via long-distance dispersal.

A comparison is made between the capabilities and limitations of participatory photo-identification and non-invasive genetic analysis. The importance of participatory science and the crucial role of the Groupe Loup Bretagne in data collection are highlighted, emphasizing the associative support that made this new tool possible.

Mots clés : Loup, Bretagne, identification individuelle, photo-identification, phénotype, piège photographique, biais, dispersion, science participative.

Key words : wolf, Brittany, individual identification, photo-identification, phenotype, camera trap, biases, dispersal, participatory science.

I. Introduction

1.1 Les méthodes de suivi des populations de loups

L'observation des grands carnivores a bénéficié d'un certain nombre de progrès techniques (caméras thermiques, instruments de vision nocturne), mais le suivi de leurs populations présente toujours de nombreuses difficultés. Les loups sont particulièrement difficiles à recenser en raison de leurs mœurs principalement nocturnes et leur caractère insaisissable, notamment en Europe où ils ont été durablement persécutés. Cette tendance systématique à l'évitement des humains est très vraisemblablement due à une forte pression de sélection opérée durant des siècles et qui n'a laissé subsister jusqu'à aujourd'hui que les lignées issues des individus les plus prudents (Mathieu 2013 ; Jean 2024a). Ce comportement d'évitement, très largement partagé de nos jours en Europe sauf exceptions, est un obstacle majeur au suivi des populations européennes de loups.

Pour obtenir des informations fiables sur les effectifs de loups fréquentant une zone de présence permanente, il existe des techniques de terrain traditionnelles comme l'observation visuelle, le pistage, la recherche d'empreintes laissées sur le sol, de marques ou d'excréments. Mais ces méthodes nécessitent une grande expertise et mobilisent un temps considérable (Galaverni *et al.* 2012). Elles sont soumises aux aléas de la découverte d'indices peu nombreux et elles n'apportent pas toujours de certitude absolue sur l'espèce ou le nombre d'individus concernés. De plus, l'absence de neige limite grandement leur intérêt pour estimer des effectifs et des densités dans les régions tempérées (Mech and Boitani 2003 ; Charrier 2019). Les hurlements provoqués ou les recherches d'indices visuels sur les carcasses ne donnent souvent que des renseignements partiels et manquant de fiabilité sur la nature et le nombre d'individus.

Le radiopistage par la pose de colliers est une méthode intéressante qui permet de suivre précisément les déplacements d'un loup par télémétrie (Burch 2005) mais elle ne peut s'appliquer qu'à un faible

nombre d'individus et n'est pas destinée au suivi ou au dénombrement des populations. Elle se heurte de plus aux difficultés d'une capture préalable de l'animal vivant, elle lui occasionne souvent un stress dommageable et se révèle particulièrement onéreuse (Mattioli *et al.* 2018).

1.2 Génétique et pièges photographiques

Plus récemment, l'échantillonnage non invasif par prélèvement d'ADN et les avancées observées en matière de traitement statistiques des données ont constitué des progrès technologiques considérables (Waits 2005). Réalisées par des laboratoires spécialisés, des analyses génétiques à partir d'échantillons de poils ou d'excréments, voire de salive sur proie, permettent aujourd'hui de préciser l'espèce, le sexe, la lignée, le degré d'« hybridation » éventuelle d'un individu avec un ancêtre chien (Wayne *in* Mech and Boitani 2003 ; Mathieu 2017). Plus récemment encore, la méthode par séquençage de nouvelle génération (NGS : *next generation sequencing*) permet en outre de déterminer les espèces consommées à partir d'une analyse de fèces (Liu *et al.* 2021) ou de réaliser des reconnaissances de l'espèce à partir d'ADN environnemental recueilli sur des traces (Barber-Meyer *et al.* 2020). En multipliant les échantillons, il est possible désormais d'estimer l'évolution et l'effectif d'une population sur le territoire étudié en utilisant un modèle mathématique d'analyse de type CMR (Capture-Marquage-Recapture) (Lopez-Bao 2018).

Une autre technique, de plus en plus utilisée pour réaliser des identifications individuelles à partir de critères visuels, est la **photo-identification**. Elle a d'abord été testée avec succès pour le suivi de mammifères marins présentant des marques et cicatrices bien différenciées selon les individus. Chez certains mammifères terrestres pour lesquels la répartition des taches sur le corps est unique et propre à chaque individu, comme c'est le cas du pelage des félins tachetés, des pièges photographiques ou des caméras vidéo à déclenchement automatique ont été utilisés (Jackson 2006). Cette méthode de photo-identification a ensuite été étendue à d'autres espèces, comme le Renard roux (*Vulpes vulpes*) (Sarmiento 2012). Il a ainsi été possible de réaliser les premières estimations d'abondance à partir d'images capturées par caméras pièges.

Dans le cas du loup, les études par caméras pièges ont d'abord concerné des petits territoires et ont toujours été accompagnées de prélèvements de génétique non invasive (Galaverni *et al.* 2012). La comparaison entre les résultats obtenus avec les deux méthodes a montré qu'elles étaient toutes deux capables de produire des résultats pertinents et concordants pour estimer des effectifs et des densités de population.

Ces résultats encourageants ont incité à poursuivre sur la voie de l'utilisation des images dans des zones plus vastes à l'aide de l'installation de réseaux de caméras pièges (Mattioli 2018). Cette technique présente l'avantage sur les méthodes génétiques d'être beaucoup moins onéreuse, une fois réalisée l'acquisition des appareils (Ausband 2022). Dans le cas particulier du loup, en affinant les modèles mathématiques d'analyse CMR, il a été possible de corriger certains biais affectant les calculs de densité (Jimenez 2023).

1.3 La photo-identification individuelle par caméras pièges

La plupart des auteurs soulignent cependant les difficultés de l'identification individuelle sur les espèces dont les sujets ne présentent pas de pelage parsemé de taches ou de rayures. Plusieurs méthodes ont été testées pour surmonter ce problème.

Chez le loup, les premières études pour distinguer les individus ont porté sur les critères morphologiques individuels les plus évidents comme les cicatrices, les infirmités, balafres, pelades et plaques évolutives de gale sarcoptique (*Sarcoptes scabiei*). Certaines équipes ont ajouté d'autres critères comme le port particulier de la queue ou des oreilles ainsi que les attitudes ou les

comportements marquant le statut social ou le sexe des individus photographiés (Charrier 2019). D'autres critères morphologiques ont pu être ajoutés, comme la couleur particulière de la bande dorsale, l'existence de certaines taches pâles ou sombres, la présence ou l'absence de bandes antébrachiales. Des prélèvements d'ADN à partir de fèces déposées par certains loups devant les pièges photographiques ont parfois permis des identifications individuelles complètes, à la fois génétiques et phénotypiques (Mattioli *et al.* 2018).

L'utilisation des caméras pièges est une technique aujourd'hui largement diffusée. Certains perfectionnements lui ont été apportés, permettant d'en améliorer la détectabilité par des protocoles de positionnement des caméras ou par l'usage d'appâts odorants, ces innovations ayant fait l'objet d'études comparatives (Tourani 2020 ; Nakashima 2022).

1.4 Les résultats des analyses d'images

Le traitement d'images issues de pièges photographiques (PP) permet désormais des suivis dans des domaines variés : reconnaître les individus ; évaluer l'état sanitaire d'une population ; récolter des informations sur le régime alimentaire ; connaître l'état reproducteur, l'âge et le sexe des individus ; déterminer le nombre d'individus d'une meute ; préciser la géographie et la superficie des territoires et des domaines vitaux ; calculer les densités de loups sur une aire donnée et leur évolution ; connaître le mode de déplacement des différents groupes ; enregistrer les rythmes d'activité, jour-nuit et saisonnière ; recenser indirectement les autres espèces circulant dans la zone d'étude ; récolter des données environnementales ; documenter la présence humaine dans la zone (Charrier 2019).

Les pièges photographiques utilisés seuls ou en complément d'autres méthodes, dans la mesure où ils permettent une reconnaissance des individus, sont devenus aujourd'hui des outils de choix au service des protocoles CMR utilisés pour le suivi des populations de loups. En effet, chaque image d'un loup identifié peut être considérée comme une capture ou une recapture, suivie d'un relâché, tout en restant non invasive. Pour cette raison, on parlera d'**Événement de Capture d'Images (ECI)** pour chaque séquence de prise de photo ou de vidéo faisant apparaître un ou plusieurs loups.

1.5 Les biais méthodologiques de la photo-identification

En même temps que se développait l'usage des pièges photographiques, des questions se sont posées sur les risques d'erreurs d'identification individuelle susceptibles d'affecter les résultats. Une étude test sur différentes typologies d'erreurs d'identification individuelle chez la Panthère des neiges (*Panthera uncia*) a montré que des analystes inexpérimentés n'ayant pas suivi de formation particulière font en moyenne 30 % d'erreurs d'attribution en plus que des experts (Johanson 2020). Une certaine rigueur doit donc être apportée à l'élaboration des protocoles de photo-identification ainsi qu'à l'entraînement préalable des analystes aux spécificités de l'identification individuelle au sein de l'espèce considérée.

Une autre approche, consistant à confier l'identification individuelle à des logiciels de reconnaissance d'images, pourrait être de nature à résoudre certains problèmes liés aux erreurs humaines. Les algorithmes associés au *deep learning* par réseaux neuronaux convolutifs profonds donnent aujourd'hui de bons résultats au niveau de la reconnaissance des espèces (Norouzzadeh 2018). Ils sont particulièrement utiles lorsqu'il s'agit de traiter de très grands volumes d'images photographiques (Gomez 2016) et de différencier les espèces entre elles. Dans l'attente de prochains développements attendus dans cette technologie d'avenir, l'expertise humaine reste encore actuellement la plus performante dans le domaine plus complexe de l'identification des individus en milieu terrestre et lorsque le nombre de données à traiter est réduit (Charrier 2019).

1.6 Le cas de la Bretagne

Le suivi de la population de loups en Bretagne présente plusieurs spécificités. Certaines circonstances se sont révélées **favorables** au suivi. Dans le secteur des monts d'Arrée, qui est apparu comme une zone particulièrement attractive pour les loups en phase de dispersion ou « dispersants », la présence de pièges photographiques en assez grand nombre permet une couverture du terrain relativement efficace. Les prix devenus abordables des caméras pièges destinées au public a permis à de nombreuses personnes, chasseurs, éleveurs, naturalistes, d'en faire l'acquisition. Il en résulte une multiplication des sites privés où s'effectue une surveillance 24 heures sur 24, ce qui élargit les probabilités d'une capture d'image, principalement dans des zones où circule la faune sauvage. La généralisation de l'emploi des smartphones fait que tout un chacun a très souvent avec lui un appareil permettant de prendre des photos ou même des vidéos si une occasion se présente.

De plus, la situation géographique péninsulaire de la Bretagne, qui la place à l'écart des grands axes de circulation de la faune continentale terrestre, limite les possibilités d'entrée mais aussi de sortie des loups dispersants à sa seule frontière orientale. Un facteur qui augmente paradoxalement les chances de voir circuler plus longtemps les loups dispersants, dont les déplacements sont limités par ses frontières littorales, avec un trait de côte de plus de 3000 km de long créant un « effet de péninsule ».

Parmi les facteurs **défavorables**, on pourra citer l'absence d'enneigement, ce qui ne permet pas le suivi hivernal des loups à partir d'empreintes, comme il peut en exister dans des régions d'altitude plus élevée ou de climat plus continental. C'est une des raisons pour lesquelles un suivi photographique est plus particulièrement indiqué dans l'Ouest. Un autre obstacle provient du fait que la détection des individus est rendue difficile par le nombre réduit des loups présents en densité ultra-faible. D'autre part, il n'existe pas de programme scientifique planifiant l'implantation d'un réseau de caméras pièges disposées selon les méthodes préconisées pour le suivi des loups. Si le matériel d'enregistrement d'images existe bien, il est réparti de manière purement aléatoire chez des centaines de particuliers, généralement non formés aux protocoles d'études.

En dépit de ces contraintes, il apparaît que la méthode de photo-identification telle que le GLB l'a mise en œuvre jusqu'ici s'est révélée être la mieux adaptée si l'on considère les résultats obtenus. Sa particularité est qu'elle accepte d'intégrer l'ensemble des images de loups disponibles enregistrées en Bretagne en milieu naturel sans exclure aucune technique de capture d'images et selon les principes de la science participative.

1.7 La zone d'étude

La zone concernée couvre l'ensemble de la Bretagne administrative, soit quatre départements : Ile-et-Vilaine (35) ; Côtes-d'Armor (22) ; Morbihan (56) ; Finistère (29). Le département de la Loire-Atlantique (44) fait habituellement partie du domaine d'action du GLB mais aucune observation de loups vivant documentée photographiquement n'y a été signalée au cours de la période étudiée. On notera cependant pour ce département la découverte le 15 octobre 2021 du cadavre d'un loup victime d'une collision routière à Saint-Brevin-les-Pins (voir p. 2).

La Bretagne est une région péninsulaire du nord-ouest de la France (**figure 4**), au climat océanique, d'une superficie de 27 200 km². La densité moyenne y est de 142 habitants par km², avec un littoral qui concentre une majorité de sa population. Le relief est caractérisé par deux lignes de crête granitiques qui témoignent de l'érosion ancienne du Massif armoricain. Au nord, les monts d'Arrée culminent à 385 m. Plus au sud, les Montagnes Noires, culminent à 326 m.



Fig. 4- **Géographie physique de la Bretagne.** La zone d'étude, limitée ici aux 4 départements de la Bretagne administrative, est représentée en rouge dans la carte insérée. (Carte geobreizh.bzh)

Le réseau hydrographique est dense et très ramifié. Les paysages, marqués par une très ancienne anthropisation, sont constitués principalement de cultures, de bocage, de forêts et de landes. Plusieurs communes du département du Finistère situées dans le périmètre du Parc Naturel Régional d'Armorique (PNRA) (**Figure 5**) ont concentré à elles seules 78 % des données photographiques de cette étude. Cette zone s'étend de part et d'autre de la crête dorsale des monts d'Arrée.



Fig. 5- **Limites du Parc Naturel Régional d'Armorique continental.** Situé dans le département du Finistère, le PNRA est la zone qui a connu le plus grand nombre d'évènements de captures d'images (ECI) de loups au cours de la période étudiée.

D'une superficie de 1250 km², la communauté de communes située à l'intérieur du PNRA et incluant les monts d'Arrée a une densité de population qui n'est que de 19 habitants par km². Les paysages y sont variés : les landes sèches, fraîches et humides à *Erica spp*, *Calluna vulgaris* et *Ulex spp*. (qui couvrent environ 7 500 ha), le système bocager, des pratiques agricoles de petites exploitations en polyculture-élevage, les zones humides, les tourbières, les forêts, les fonds de vallées et les friches offrent de nombreux espaces particulièrement favorables au loup (**figure 6**). Les chevreuils (*Capreolus capreolus*) et les sangliers (*Sus scrofa*) y sont abondants.



Fig. 6- **Paysage des monts d'Arrée** vu depuis Roc'h Trédudon, 385 m d'altitude (photo F. de Beaulieu). Les monts d'Arrée, dans le département du Finistère, offrent un ensemble d'écosystèmes constitué d'une mosaïque de landes, tourbières, bocages, prairies, friches, bois et forêts qui abritent le principal réservoir de biodiversité de la région. Cet espace préservé s'est révélé particulièrement favorable à la présence des loups depuis leur retour constaté en Bretagne en 2022.

C'est dans cette zone, entre les monts d'Arrée et les montagnes Noires, qu'un dernier loup a été signalé vers 1906 avant que l'espèce ne soit considérée comme disparue en Bretagne (de Beaulieu 2023). Il est intéressant de noter que c'est dans cette même région des monts d'Arrée qu'un premier loup a été filmé par caméra piège le 3 mai 2022, confirmant le retour de l'espèce en Bretagne après 116 ans d'absence.

II Méthodologie

2.1 Les documents photographiques

La base documentaire est constituée de 83 documents iconographiques (vidéos ou photographies) où apparaît un loup. Chacun de ces documents correspond à une preuve de la présence de l'espèce en Bretagne entre le 03 mai 2022 et le 31 décembre 2024, soit une période continue de 32 mois.

Ces documents correspondent à 49 observations de loups validées par l'OFB, confirmant qu'il s'agit de l'espèce *Canis lupus*. Ce sont des images numériques (40 vidéos et 43 photographies) issues de diverses origines. Certaines proviennent de particuliers, d'autres de professionnels de l'élevage ou de chasseurs, d'autres du Parc naturel régional d'Armorique (PNRA) et d'autres de l'association Bretagne Vivante (BV).

On peut parler de science participative puisque les documents correspondant aux observations ont été recueillis par des personnes extérieures qui les ont fournis directement auprès du site du Groupe Loup Bretagne (GLB) <https://loup.bzh> ou auprès de médias qui les ont mis en ligne.

Les seuls documents photographiques qui ont été retenus étaient ceux pour lesquels la date et le lieu étaient documentés et qui correspondaient à un contact avec un loup effectué durant les 32 mois dans la zone couvrant les quatre départements bretons.

Enregistrés sur smartphone (12,2 %), pièges photographiques ou caméras pièges de différents modèles (87,8 %), ces documents sont en couleur de jour ou monochromes s'ils sont captés la nuit en infrarouge (**figure 7**).

Les 40 vidéos (durée de présence d'un loup par vidéo : 1 à 40 secondes – moyenne : 10,3 secondes) représentent un total de 6 minutes et 52 secondes durant lesquelles un loup est présent à l'écran. Ces 412 secondes ont été le plus souvent analysées image par image. Un grand nombre ont fait l'objet de captures d'écran en vue de l'identification individuelle des sujets filmés. Ce sont donc plus de 450 images de loup qui ont été utilisées pour la présente étude.



Fig. 7- Exemples d'images issues de la base de données constituée par les 83 documents photographiques documentant la présence du loup en Bretagne au cours de la période étudiée. Ces documents, de qualité très hétérogène et provenant de sources très diverses, ont été collectés par le Groupe Loup Bretagne.

2.2 Les « événements de capture d'images » (ECI)

L'unité retenue pour renseigner cette base de données est l'« événement de capture d'images » (ECI). Un ECI est défini comme un contact générant une prise d'image d'un même individu (ou possiblement d'un groupe d'individus), filmé ou photographié sur un même site à l'intérieur d'un intervalle court de quelques secondes à 5 minutes. Un ECI peut être documenté par une image unique ou par plusieurs photos ou vidéos. Dans la base de données regroupant ces ECI, on trouve au minimum une photo et au maximum 4 photos et 1 vidéo pour un même ECI (p. ex. : ECI n° 34 le 26/07/2024).

Chaque ECI fait l'objet d'une fiche d'identification graphique du loup concerné et d'une description analytique permettant de renseigner 25 items dans la base de données. L'objectif est de compenser la rareté des observations par l'analyse la plus poussée possible de chaque contact.

2.3 Protocole de photo-identification

2.3 a) Les critères de l'identification individuelle chez le loup

Pour une étude sur les loups couvrant plusieurs années consécutives, nous avons choisi d'éliminer les critères qui peuvent connaître des modifications à court ou moyen terme sur un même sujet comme l'embonpoint, la couleur générale (Gipson 2002) ou encore l'épaisseur du pelage, qui peuvent varier au cours du temps, des conditions météorologiques, d'environnement ou de lumière.

D'autres critères comme la taille de l'individu restent trop subjectifs pour être pris en considération dans le cadre particulier de notre échantillon, la capture des images étant obtenue, sauf exceptions, dans des conditions de distances très différentes qui rendent impossibles les évaluations et les comparaisons de taille.

2.3 b) Les caractéristiques phénotypiques partagées

Comme cela a été constaté chez certaines races de chien, il existe chez la plupart des loups adultes appartenant aux lignées présentes en Europe quelques caractéristiques physiques communes remarquable : il s'agit de certaines zones de pelage plus claires (p. ex : le masque labial) ou plus sombres (p. ex : la tache sombre sous orbitaire, la zone supracaudale, les bandes antébrachiales...). Ces caractéristiques communes existent chez une grande majorité des sujets. Elles connaissent très peu de modifications au cours du temps chez un individu donné mais elles sont d'aspect variable d'un individu à un autre (voir Considérations 3.1 et 3.2).

L'aspect global d'une de ces zones peut sembler à première vue partagé à l'identique par un grand nombre de sujets et donc mal adapté à distinguer les loups entre eux. Mais l'ensemble de toutes de ces zones variables finit par former une combinaison phénotypique particulière, voire unique lorsque l'effectif total des loups à identifier est faible. À condition d'être présents en nombre suffisant et d'avoir été décrits avec assez précision, tous ces éléments considérés simultanément peuvent alors constituer un phénotype caractéristique d'un individu donné, sans qu'il soit besoin pour cela de faire appel à des anomalies ou à des marques aléatoires.

2.3 c) Les caractéristiques phénotypiques rares et aléatoires

Il existe d'autres marques individuelles susceptibles d'être prises en compte. Ce sont les marques accidentelles, cicatrices, plaies, dépilations, malformations ou infirmités, acquises ou congénitales, ainsi que toutes les anomalies s'éloignant des phénotypes habituels (Charrier 2019). Contrairement

aux caractéristiques phénotypiques partagées, elles peuvent concerner n'importe quel endroit du corps. La description précise d'une seule de ces anomalies suffit en général à reconnaître pendant un certain temps un individu unique. Lorsqu'elles existent, elles sont donc précieuses pour l'identification individuelle, au moins pendant de courtes périodes pour celles qui seraient évolutives (dépilations en cours de repousse du pelage, cicatrices en cours de guérison, boiteries...). Mais elles sont par définition rares, et pas toujours repérables si les conditions extérieures sont mauvaises ou si elles n'entrent pas dans le champ de l'image.

Ces caractéristiques aléatoires sont donc à considérer comme un complément informationnel très pertinent pour les quelques individus qui en sont pourvus et pour les quelques images où ces caractéristiques apparaissent. Mais pour identifier individuellement et suivre visuellement à long terme de faibles effectifs documentés par des images peu nombreuses, elles ne remplacent pas l'analyse systématique des caractéristiques phénotypiques partagées par tous les individus.

2.3 d) Les 10 critères de l'identification individuelle chez le loup

Pour extraire le maximum de données de chaque image, il est nécessaire de disposer de critères d'identification individuelle suffisamment nombreux et répartis sur l'ensemble du corps pour espérer que chaque image soit porteuse d'information. Il est ainsi possible de maximiser le nombre d'images intégrées au protocole d'identification.

Il a été convenu de sélectionner dix critères phénotypiques, parmi les caractéristiques partagées les plus stables au cours du temps. Ces dix critères concernent la tête, le corps, les membres antérieurs, la queue et les caractères sexuels visibles (**figure 8**).

- 1- **Le masque labial**, son étendue et sa forme et l'existence de **taches sombres** sur ses bords.
- 2- **La tache maxillaire** pâle, sa présence, son aspect et l'existence de **taches sombres** sur ses bords.
- 3- **La bande dorsale**, au poil louvet généralement plus sombre que le ventre, sa largeur, sa forme et les éventuelles **taches irrégulières remarquables** sur la ligne du dos.
- 4- La tache sombre sous-orbitaire, sa présence, son aspect.
- 5- D'éventuelles marques irrégulières sur les joues ou le front.
- 6- La « selle », dont la bordure sombre en forme de « V » à l'arrière du garrot est plus ou moins contrastée.
- 7- Les zones contrastées ou les marques irrégulières sur le corps (voir Considérations **3.1** et **3.2**).
- 8- Les bandes antébrachiales (ligne sombre sur le devant du membre antérieur), leur présence, leur largeur, leur intensité. Ce critère est parfois difficile à distinguer et n'est souvent bien visible que sur une vue de face (voir Considérations **3.4 c**).
- 9- La ligne médiane dorsale de la queue et l'aspect de la tache sombre supra-caudale située au tiers supérieur de la queue.
- 10- Le sexe : présence d'un fourreau chez le mâle. Chez la femelle, la vulve est le plus souvent masquée par le pelage des cuisses et la queue tombante. D'autres critères comme les mamelles ne sont visibles que lorsque le pelage estival est plus ras et chez une louve allaitante.

Les critères 1 à 3 figurés en caractères gras font de plus l'objet d'une clé d'identification simplifiée (voir ci-après **2.3 f**).

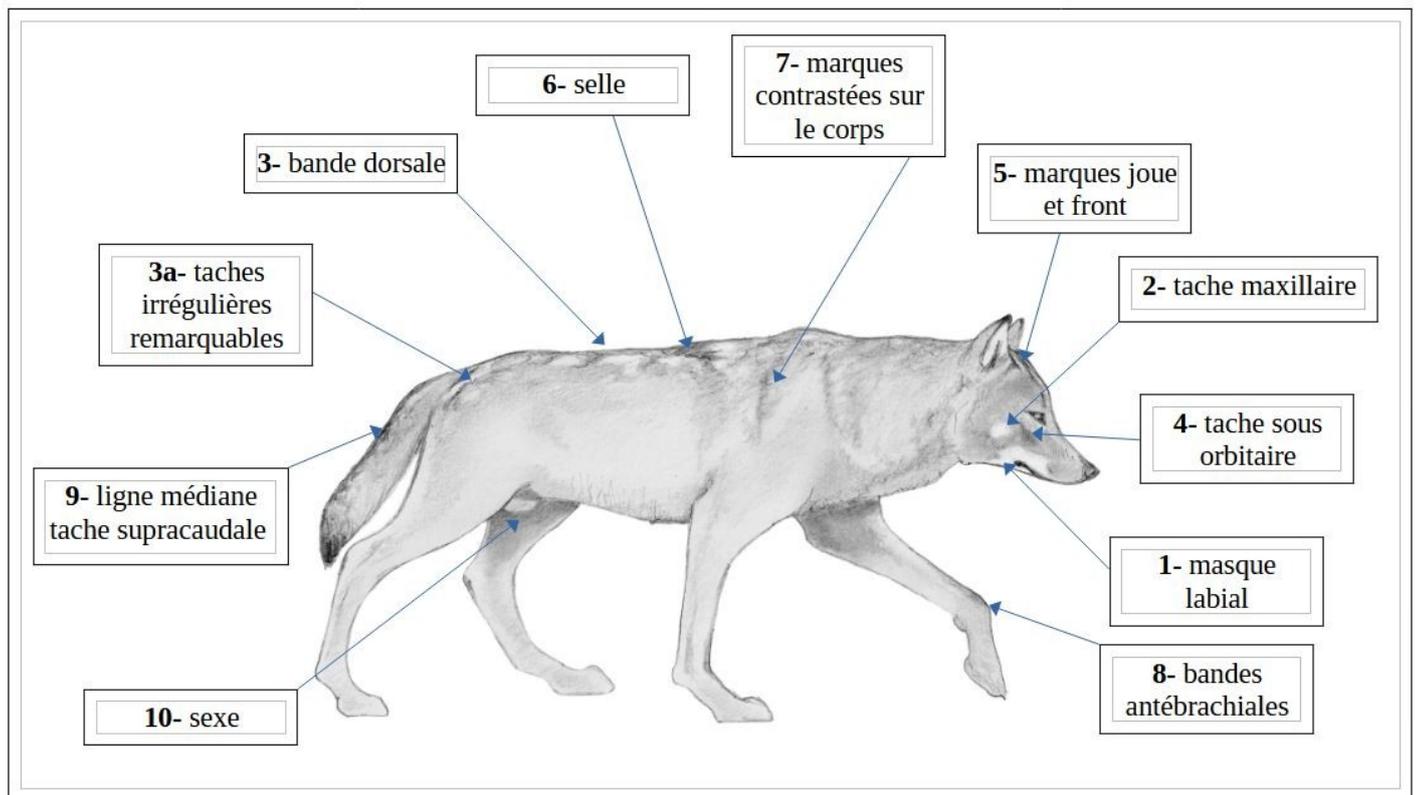


Fig. 8- Les 10 critères d'identification individuelle chez le loup. Ces dix critères ont été choisis en fonction de leur pérennité au cours du temps, de leur aspect variable selon les individus et de leur répartition sur l'ensemble du corps, ce qui permet de couvrir la plupart des angles habituels de prise de vue.

2.3 e) La fiche d'identification graphique

Chaque ECI est documenté par une fiche d'identification graphique. La fiche graphique est constituée de sept silhouettes à compléter : animal entier de profil (droit et gauche), tête de face et de profil (droit et gauche), membres antérieurs de face, croupe et queue vus par l'arrière (**figure 9**).

Chaque fiche est renseignée en dessinant schématiquement à la main les éléments remarquables tels qu'ils ont pu être observés selon une méthode codifiée : hachures noires pour les zones plus sombres ; entourage par un trait rouge ou des hachures rouges pour les zones blanches ou plus pâles.

Compte tenu du nombre de critères à rechercher, l'expertise d'une vidéo doit toujours s'accompagner d'une analyse au ralenti image par image.

Seuls les critères phénotypiques réellement observés sont à noter sur la fiche.

Les silhouettes ou parties de silhouettes non observées sont laissées vides et sont barrées d'un trait rouge.

On note sur la fiche tous les renseignements qui permettent de sourcer l'ECI (date, lieu, heure de début, durée, nature de la prise de vue, remarques, identité du rédacteur).

Chaque fiche d'identification est référencée par son code comportant au minimum la date et le lieu de l'ECI.

4 IDENTIFICATION GRAPHIQUE LOUP -Groupe Loup Bretagne-

Image analysée : Photo Vidéo date 03/05/2022 heure 12:42 durée 3 sec

Localisation obs. Berrien

Renseignements graphiques

Zone blanche ou très claire : entourer de rouge
 Zone plus claire : hachurer de rouge
 Zone noire ou très foncée : remplir de noir
 Zone plus foncée : hachurer de noir

Signes particuliers :

Sexe : M F Code identification : 22-05-03; 12:42; BER-LT

Fiche renseignée par A.J le 25/08/2024 © Alain JEAN / GLB

Fig. 9- **Fiche d'identification graphique.** ECI n°1 du 3 mai 2022 (voir photo fig. 2). Une fiche d'identification graphique permet de représenter schématiquement à la main, sur une page comportant des silhouettes de loup, l'ensemble des critères observés lors de l'analyse d'un ECI. Les parties du corps qui ne sont pas visibles sur les documents photographiques sont barrés d'un trait rouge. Un code de hachures et de contours en deux couleurs (noir pour les zones plus foncées et rouge pour les plus claires) détaille les formes et l'intensité des contrastes des différents critères. Un analyste qui n'aurait pas de talent artistique particulier peut ainsi réaliser une représentation graphique schématique complète des critères observables de chaque ECI.

2.3 f) La clé simplifiée d'identification (masque + dos)

Les **critères numéros 1 à 3** présentent l'intérêt de rester souvent observables même par mauvaises conditions de visibilité en raison de leur fort contraste (voir Considérations 3.1 et 3.2). Ce choix réduit, portant sur le masque labial, la présence d'une tache maxillaire, la bande dorsale et les quelques taches irrégulières qui les accompagnent, permet d'utiliser certaines images à priori peu lisibles mais qui offrent malgré tout un niveau minimum d'information.

Ces 3 critères font l'objet d'une clé simplifiée d'identification (**figure 10**). À partir du choix réduit à ces trois premiers critères, il est possible de ranger chaque phénotype identifié selon cette clé d'identification simplifiée. Ces 3 critères qui peuvent être aisément codés.

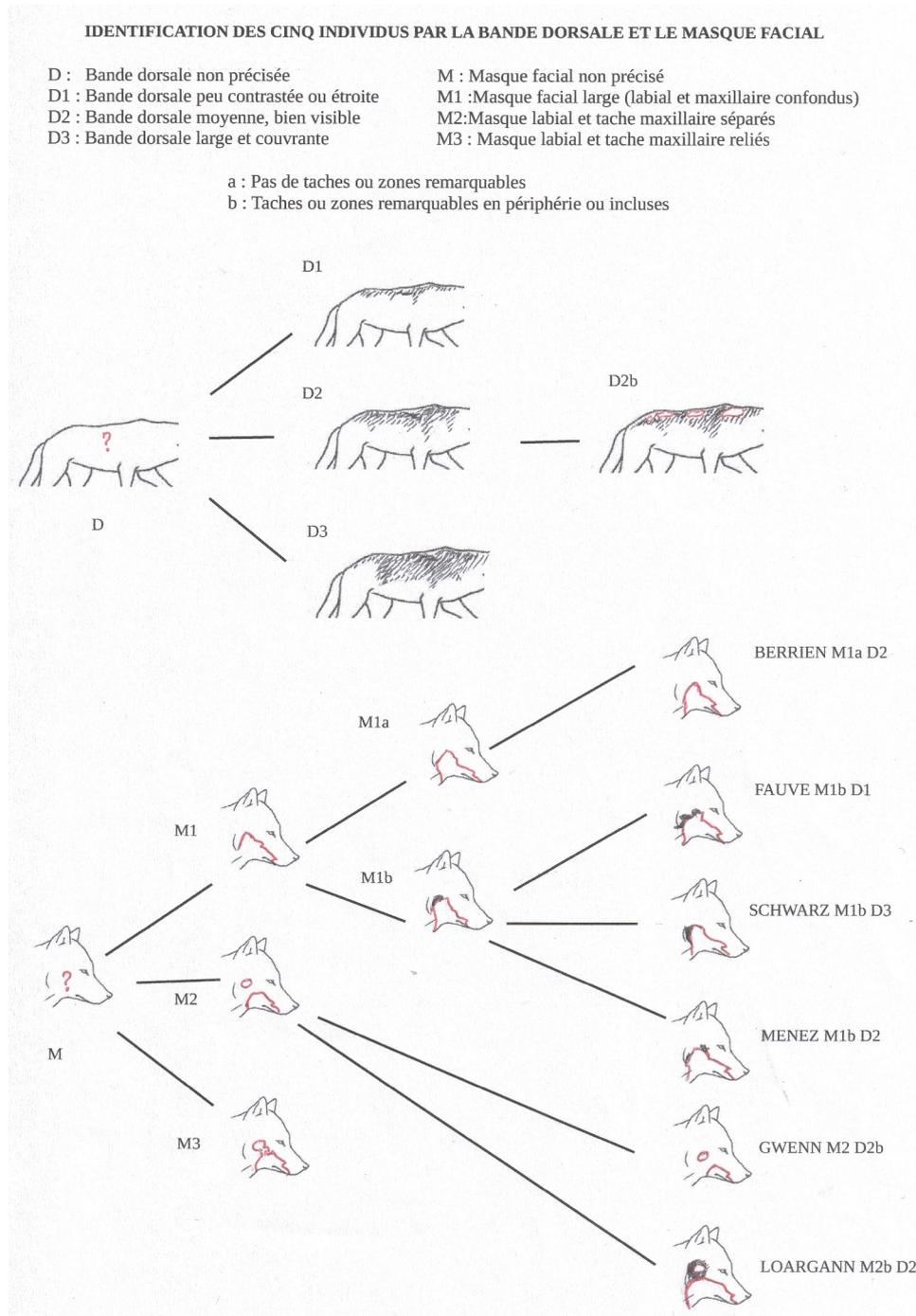


Fig.10- Clé simplifiée d'identification (masque + dos). Une sélection de trois critères permet de distinguer 6 phénotypes.

Lorsque les images d'un ECI fournissent peu de détails du fait de l'éloignement du sujet, du manque de netteté de l'image ou de conditions extérieures dégradées, on recherchera la forme du masque labial, l'existence d'une tache maxillaire avec les taches sombres qui l'entourent, et l'étendue du manteau formant la bande dorsale. Ces quelques éléments peuvent suffire à distinguer un individu.

Les schémas à renseigner sont :

- Une tête de profil où l'on dessine en rouge le contour du masque labial et celui de l'éventuelle tache maxillaire. On indique en noir les taches sombres associées s'il en existe.

- Un corps de profil où l'on dessine l'étendue de la bande dorsale par des hachures noires. On représente les éventuelles taches irrégulières remarquables en rouge si elles sont plus claires que le reste du pelage et en noir si elles sont plus sombres.

Chaque phénotype M+D reçoit un code comportant de 2 à 6 degrés de précision (voir aussi figures 14 et 40).

2.3 g) La description détaillée des phénotypes

Lorsqu'un loup présente une combinaison de critères phénotypiques individuels suffisamment différenciés à partir d'un ECI ou de plusieurs ECI concordants, il est considéré comme un nouveau phénotype. Cet individu représentatif du nouveau phénotype reçoit un nom en rapport avec son physique ou avec les circonstances de l'ECI de référence. Ce phénotype est accompagné de la description des 10 critères observés, explicités par écrit (**figure 11**). Son ECI le plus complet en informations fournira une photographie de référence correspondant à ce nouvel individu.

<p>Phénotype 2 Masque facial large, sa limite supérieure est proche de l'angle externe de l'œil. Absence de tache maxillaire. Tache sous orbitaire sombre en triangle, jouxtant le masque labial. Fin liseré sombre bordant le haut et le bord postérieur du masque labial, plus large et irrégulier en taches vers l'arrière de la joue. Bande dorsale étroite descendant peu sur les flancs, contrastée (ligne horizontale sombre) sur l'arrière. Selle bordée de noir bien contrastée. Zone verticale claire à l'arrière de l'épaule descendant de la selle. Queue à tache supracaudale discrète, extrémité légèrement plus sombre mais peu contrastée. Fourreau visible : sexe mâle.</p>	
---	--

Fig. 11- Exemple de description détaillée d'un phénotype (n°2) Vidéo de 6 sec. (monts d'Arrée, ECI n° 7. 5 janvier 2023)

2.3 h) La fiche graphique individuelle de synthèse

Une seule fiche d'identification graphique ne permet qu'exceptionnellement de renseigner les 10 critères à partir d'un seul ECI. Mais plusieurs fiches concernant le même loup peuvent se compléter pour en donner un portrait complet. C'est pourquoi il est intéressant de réaliser une fiche d'identification graphique de synthèse (**figure 12**) qui peut rassembler sur un même document graphique les 10 critères représentés schématiquement à partir de plusieurs fiches d'identification se rapportant au même phénotype. Cette fiche de synthèse permettra ensuite des comparaisons pour effectuer des identifications, même rétrospectives, sur des ECI aux critères incomplets.

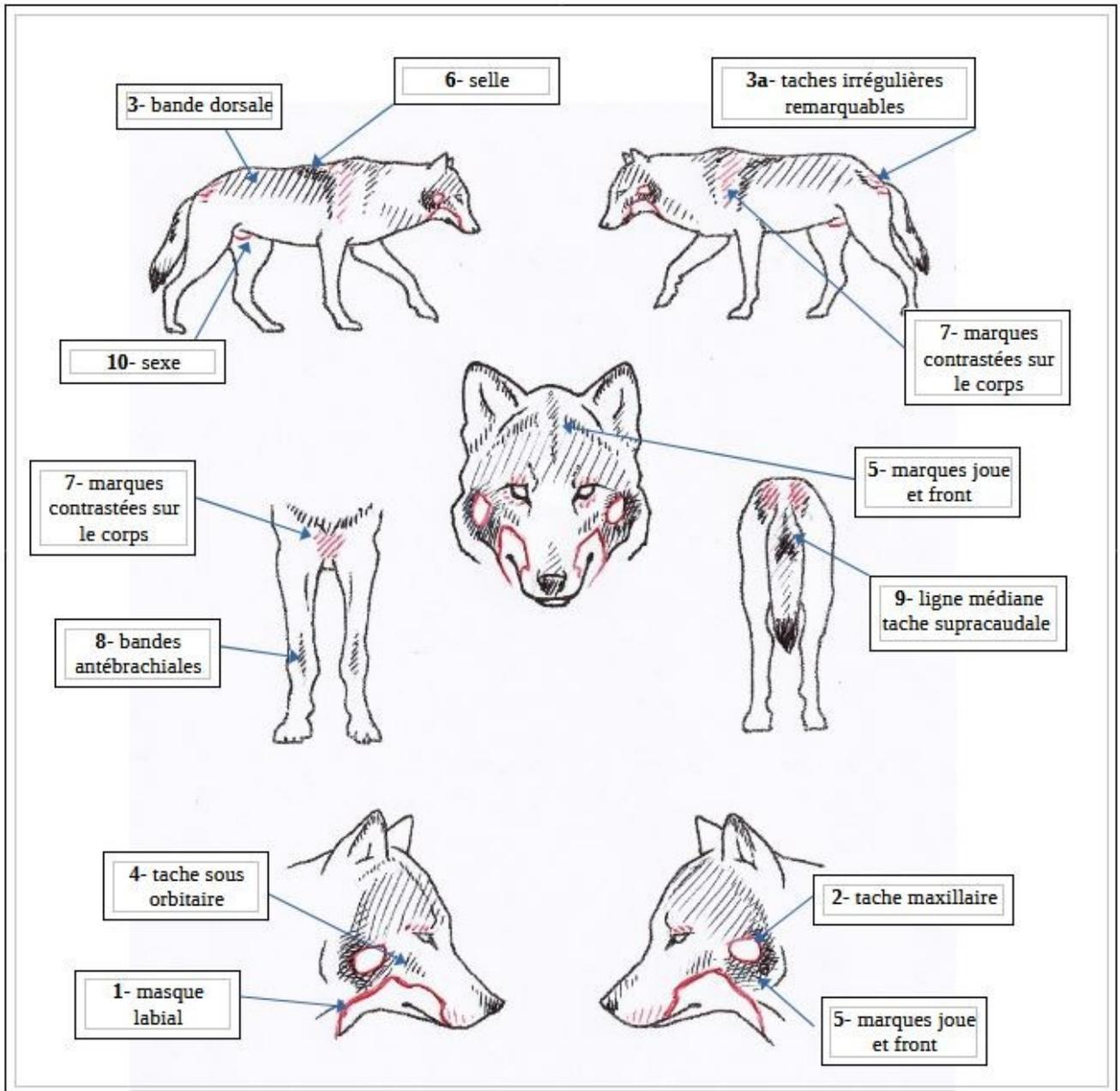


Fig. 12- Exemple de fiche graphique individuelle de synthèse (phénotype n° 6) avec mention des 10 critères.

2.3 i) Le portrait-robot individuel dessiné

A partir des images présentant le plus de détails chez un individu, un portrait de profil peut être réalisé au crayon en complétant une silhouette standard (**figure 13**). Ce portrait-robot individuel dessiné présente l'intérêt de documenter sur une seule image de profil, en plus des 10 critères, un grand nombre de renseignements visuels recueillis sur un individu donné, jusqu'aux nuances de pelage et à certaines marques plus discrètes absentes des fiches d'identification graphique. Pour éviter certains biais (voir 3.4), ces détails ne sont validés que s'ils ont été retrouvés sur au moins deux images différentes.

Le portrait dessiné est particulièrement utile pour rechercher d'éventuelles similitudes avec des loups non encore identifiés. Il permet aussi de corriger à posteriori certaines attributions erronées. Lorsqu'il est possible de le dessiner, c'est incontestablement un outil de communication puissant pour valoriser la démarche et les résultats de la photo-identification auprès des différents publics.

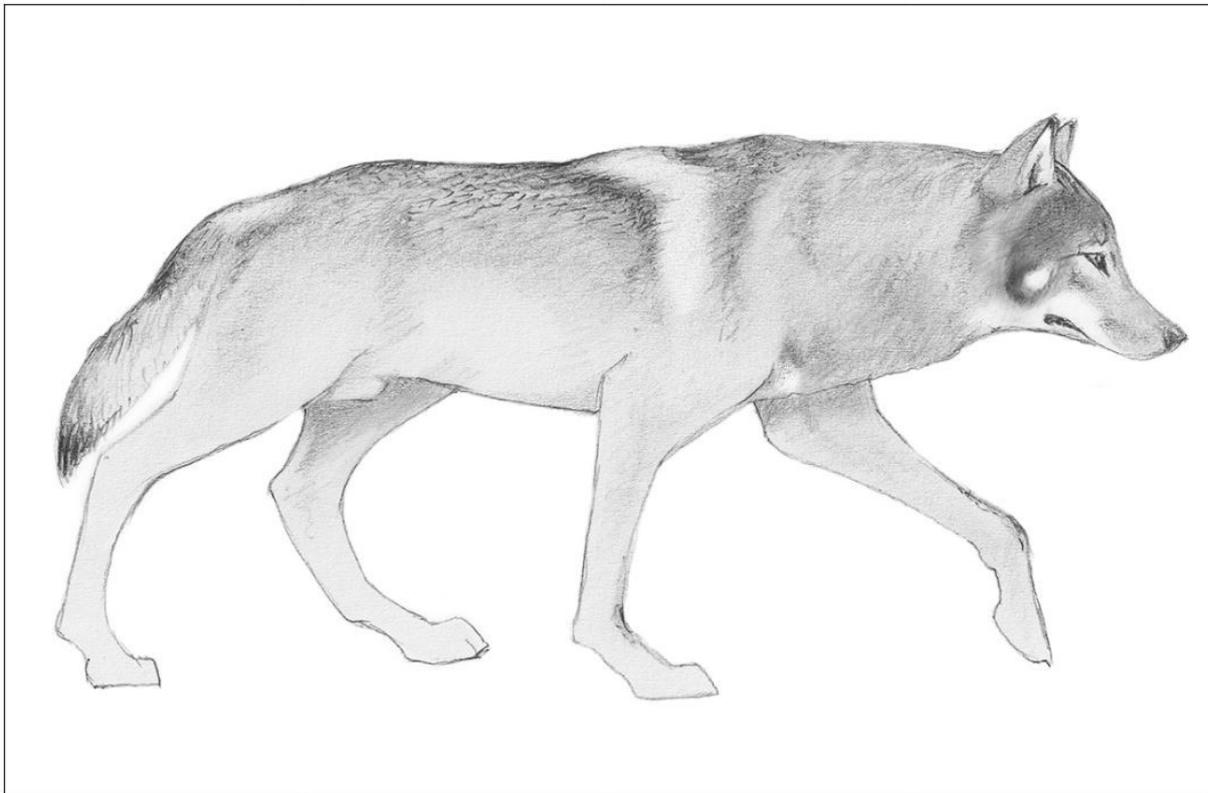


Fig. 13- **Exemple de portrait-robot individuel dessiné** (Loargann. Phénotype n° 6) (dessin Alain Jean).

Cette étape est facultative puisqu'elle fait appel à des aptitudes artistiques au dessin qui ne sont pas nécessairement partagées par tous les photo-analystes. Mais c'est celle qui permet de représenter avec le plus grand degré de précision les détails phénotypiques d'un individu. Pour différencier certains individus au pattern phénotypique très proche, certains des 10 critères peuvent se révéler insuffisants. On pourra alors faire appel à des détails plus fins représentés uniquement dans le portrait dessiné.

2.3 j) La base de données ECI

Les ECI de la base de données sont analysés au moyen de 25 items qui servent à archiver et à analyser l'événement, à déterminer s'il peut conduire à une identification individuelle et à préciser le degré de certitude de cette identification (**figure 14**). Dans le choix des items, une attention particulière est apportée à la prise en compte des risques d'erreurs d'analyse d'image inhérents aux différents biais (voir Considérations 3.4). La base de données ECI contient :

- L- Le numéro de la fiche d'identification graphique suivant l'ordre chronologique de l'observation.
- La date de l'observation.
- Le numéro du département de l'observation ; la commune ; le site (lieu-dit ou caractéristique paysagère).
- Une rubrique « Remarque » pour qualifier l'observation ou une caractéristique du cliché.
- Le code d'archivage de la fiche d'identification graphique correspondante (date ; heure ; lieu-origine).
- La nature du document (photo ou vidéo) ; s'il a été réalisé de jour ou de nuit ; une indication de distance avec évaluation de la proximité de 1 à 5 (1 très lointain, 5 très proche).
- L'heure de début de la capture d'image et la durée de présence à l'écran de l'animal pour chaque vidéo.
- Une évaluation de la qualité des images de 1 à 5 (1 très mauvaise qualité, 5 excellente).
- Le nombre de critères phénotypiques visibles reportés sur la fiche (de 1 à 10) ; le nombre de schémas renseignés sur la fiche (de 1 à 7).
- Le sexe, si des caractères sexuels sont visibles.
- Le code correspondant au type de masque facial, selon la clé simplifiée ; le code correspondant à la bande dorsale.
- Le score mesurant de 2 à 6 le niveau de précision correspondant aux critères de la clé simplifiée qui concernent le masque et le dos. Ce score M+D s'obtient en faisant la somme des informations codées disponibles (ex : 2 pour M + D sans autre précision ; 3 pour M2 + D ; 6 pour M1b + D2a).
- Le score ECI (de 2 à 23) évaluant la quantité d'information présente dans les documents photographique de l'ECI (somme du nombre de critères visibles, du nombre de schémas renseignés et du score M+D de la clé simplifiée).
- Le numéro du phénotype le plus probable lorsque le score ECI le permet.
- Le nom de l'individu en toutes lettres pour l'identification individuelle « certaine » (réservé à la fiche type de l'individu), ou bien l'initiale majuscule en cas d'identification « probable » avec un grand nombre de critères concordants ou l'existence de critères déterminants (il s'agit alors d'une quasi-certitude), l'initiale minuscule suivie d'un point d'interrogation en cas d'individu identifié « possible » lorsqu'il n'y a pas de critère excluant mais que les critères concordants sont en faible nombre, les deux initiales minuscules suivies d'un point d'interrogation lorsqu'il existe un doute entre deux phénotypes connus.
- Le degré de certitude de l'ECI sur une échelle de 1 à 5.
- Le code des personnes ayant transmis les documents ; le code du rédacteur qui a renseigné la fiche graphique et la base de données ; l'autorisation de diffusion de la donnée (Oui / Non / ?).

n°	Date	Département	Commune	Site	Remarque	Fiche d'identification	Phot/Vid P/V	Jour-nuit J/N	heure	Proximité 1-5	Qualité images 0-5
6	20221207	29	Plogonnec		Nuit, de dessus	22-12-07;00:42;PLGC	P	N	0,7	3	3
7	20230105	29	Le Cloître ST	Cragou	Fauve profil G	23-01-05;CRA-LB-FdB	V	J		4	4
8	20230107	22	Ploubezré		Céline et Paul.mais	23-01-07;PLOUBE	V	J		2	2
9	20230301	29	Gouesnou		Oblique	23-03-01;10:02;GOU	P	J	10	3	3
10	20230403	29	Sizun		W1 A. Bodenan 3 phot	23-04-03;10:30;SIZ-LT-W1	P	J	10,5	2	3
11	20230506	22	Pordic		Galop, flou, loin, hameau	23-05-06;PORD	V	J		1	1

n°	Critères visibles /10	Schéma, Renseignés 1-7	Sexe	Masque facial	Bande dorsale	Score M+B (2-6)	Score ECI/23	Phénotype	NOM	degré certitude	Origin doc	Réduct.	Diff O/N
6	3	1,5		M1a	D2	5	9,5	1	b ?	3	FS	AJ	?
7	9	2	M	M1b	D1b	6	17	2	FAUVE	5	FS	AJ	N
8	2	2		M1	D2b	5	9	4	m ?	3	FS	AJ	O
9	7	2,5		M1b	D3b	5	14,5	3	S	4	PhD	AJ	?
10	8	2,5	(M)	M1b	D3b	6	16,5	3	SCHWARZ	5	LT	AJ	O
11	1	1		M	D2a	4	6			1	FS	AJ	O

Fig. 14- **Base de données ECI (extrait)**. La figure présente à titre d'exemple 6 ECI de loup recueillis entre le 7 décembre 2022 et le 6 mai 2023 et les 25 items qui les caractérisent dans la base de données. Les ECI numéro 7 et 10, qui ont permis d'identifier deux individus avec certitude et de les nommer, sont signalés en fond grisé. Les ECI aux images inutilisables en raison d'une qualité d'information insuffisante sont signalés en rouge (ici l'ECI n° 11).

2.3 k) Qualité de l'information et degré de certitude

Selon la qualité de l'information fournie par les documents photographiques analysés, chaque ECI est noté sur un total de 23.

Le **score d'information ECI** permet de quantifier l'ensemble des informations d'un ECI susceptibles de conduire à une identification. Il est la somme du nombre de critères observables (moyenne = 4,7 pour 10 critères), du nombre de schémas renseignés sur la fiche graphique (moyenne = 2,3 pour 7 schémas) et du score obtenu en utilisant la clé simplifiée (moyenne = 4,2 pour 6 niveaux de précision).

Le **degré de certitude** permet de qualifier une identification. Du fait de grandes variations dans la qualité des informations fournies par les images recueillies, une identification individuelle visuelle n'est jamais le résultat d'une réponse binaire (« identifié » ou « non identifié »). Il est pertinent de traduire les différents niveaux de l'information fournis par les images en degrés de certitude pour qualifier l'identification qui en résulte.

L'expérience montre que cinq catégories suffisent à qualifier la plupart des identifications :

- 1- « **loup** » : identification individuelle impossible faute de critères.
- 2- « **douteuse** » : les critères ne permettent pas de départager deux loups au phénotype proche. Degré de certitude pour chacun des deux phénotypes concernés : **2/5**.
- 3- « **possible** » : un petit nombre de critères correspondent tous à un individu connu et à lui seul. Degré de certitude : **3/5**.
- 4- « **probable** » : un grand nombre de critères correspondent tous à un phénotype connu ou bien certains critères sont particulièrement déterminants. Il s'agit donc d'une quasi-certitude. Degré de certitude : **4/5**.
- 5- « **certaine** » : tous les critères sont précisément ceux qui serviront de référence pour la description d'un nouvel individu. Degré de certitude : **5/5**. Réservé au seul ECI qui a permis de décrire un nouveau phénotype.

Les cinq degrés de certitude prennent en compte les possibilités d'erreur inhérentes à l'interprétation des images en fonction de leur qualité (**figure 15**). À noter que le plus haut degré de certitude (degré 5) a été réservé par principe à l'ECI qui a permis de nommer pour la première fois un loup comme étant le représentant d'un nouveau phénotype. On remarquera aussi que le degré 4 correspond à un degré de très haute probabilité d'une identification individuelle correcte. Il existe dans la base de données 31 % d'ECI d'un score de qualité d'information ≥ 15 . Un score > 16 est en pratique suffisant à un analyste expérimenté pour identifier correctement un loup sans commettre d'erreur d'attribution.

Identification individuelle	Score ECI
Degré 5 : Certaine	>16
Degré 4 : Probable	>10
Degré 3 : Possible	7 - 10
Degré 2 : Douteuse	± 7
Degré 1 : « Loup »	<7

Fig. 15- **Barème d'attribution des degrés de certitude** d'une identification individuelle en fonction du score ECI. Le score ECI (de 2 à 23) calculé à partir des éléments figurant dans la base de données, donne une mesure chiffrée de la qualité de l'information fournie par les images d'un ECI du point de vue de l'identification individuelle. Cette qualité d'information conditionne le degré de certitude de l'identification. Les constatations empiriques montrent qu'il faut un score ECI supérieur à 16 pour considérer une identification individuelle comme certaine et pouvoir faire la première description d'un nouvel individu. En bas de l'échelle, un score inférieur à 7 permet juste de certifier qu'il s'agit d'un loup, sans pouvoir aller au-delà.

2.3 I) Cartographie

Pour chaque loup ayant reçu un nom, les sites où il a été identifié par un ECI ont été indiqués sur une carte de Bretagne. En raison du faible nombre des données par individu, la localisation est simplement figurée ici par une pastille de couleur recouvrant sur le terrain une surface d'un rayon de 4 km soit environ 50 km². L'imprécision est intentionnelle afin de préserver la quiétude de lieux. Pour chaque localisation, une ou plusieurs dates correspondent aux ECI concernés. Un code de couleurs signale le degré de certitude de l'identification : « certaine » (degré 5) : rouge ; « probable » (degré 4) : noir ; « possible » (degré 3) : bleu (**figure 16**). Seuls les degrés de certitude supérieurs (3, 4 et 5) ont été retenus pour la cartographie.

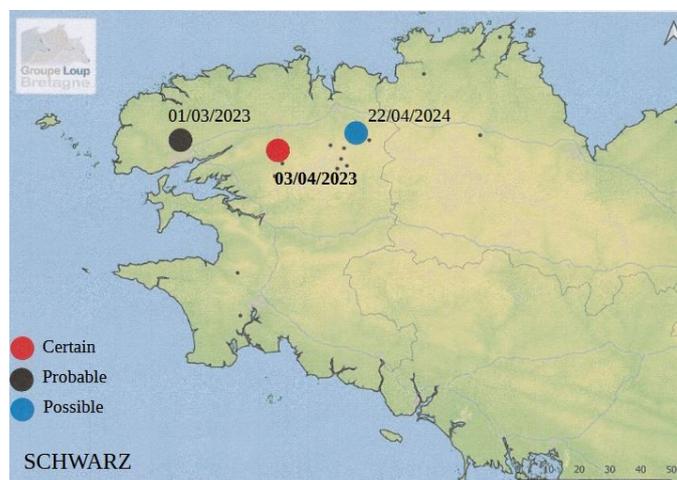


Fig. 16- **Carte des contacts d'identification** d'un loup avec trois degrés de certitude. Exemple du phénotype n° 3.

2.3 m) Chronologie

Dans le tableau des chronologies individuelles, la frise chronologique de chaque individu identifié par son nom documente sa présence en Bretagne. Le degré de certitude de chaque ECI est indiqué entre parenthèses après la mention de la date. Les dates de degré de certitude supérieur ou égal à 4 apparaissent en gras (voir figure 35).

2.3 n) Rythme d'activité

Pour chaque ECI, il a été noté si l'événement a eu lieu le jour ou la nuit. Lorsqu'il existe une incertitude, en cas de lumière crépusculaire par exemple (8,2 % des ECI), et si l'heure précise de capture d'image est disponible (86 % des 49 ECI), il a été précisé à quel moment se situait l'événement par rapport au lever ou au coucher du soleil à la longitude de Quimper ce jour-là. Tout événement survenant entre le coucher et le lever du soleil est considéré comme « nuit » (N). Inversement, tout événement survenu entre le lever et le coucher est considéré comme « jour » (J).

Il a ainsi été possible d'utiliser la base de données ECI pour établir un rythme nyctéméral saisonnier des ECI de loups pour la Bretagne.

2.3 o) Les étapes d'une photo-identification

Lorsque des images provenant d'une observation validée de loup en Bretagne sont réceptionnées, plusieurs étapes sont nécessaires avant de parvenir à une identification individuelle.

1. Les **documents photographiques** d'un contact et les renseignements qui l'accompagnent sont archivés dans un dossier correspondant à cet ECI. Tous les **dossiers ECI** sont classés chronologiquement par année.
2. Une **étude sur écran** des documents photographiques est effectuée en recherchant les 10 critères et d'éventuelles caractéristiques phénotypiques rares. Les vidéos sont étudiées image par image avec copies d'écran archivées pour documenter les passages significatifs.
3. Une **fiche d'identification graphique** est remplie à la main à partir d'un examen attentif des images. Les premiers éléments documentant les circonstances de l'observation sont notés sur la fiche qui est numérotée. Un **code d'identification** de l'ECI est créé (date, heure, lieu).
4. Une nouvelle entrée est ensuite créée dans la **base de données** en remplissant toutes les items, sauf les 3 items correspondant aux conclusions de l'identification individuelle (numéro du phénotype, nom et degré de certitude) qui sont laissés en attente à ce stade.
5. Il est procédé à une **comparaison** avec les phénotypes connus déjà archivés, les ECI non identifiés, les fiches graphiques de synthèse existantes ou encore les portraits-robots dessinés. On recherche les critères partagés ainsi que tous ceux qui excluraient un rapprochement.
6. Si un rapprochement avec un phénotype existant peut être effectué, les 3 derniers items sont complétés et le **degré de certitude** correspondant (2/5 à 4/5) est affecté à l'identification. Si les informations sont insuffisantes pour identifier ce loup, ces trois cases restent vides.
7. Si la photo-analyse d'un ECI est suffisamment documentée pour conclure qu'il s'agit d'un **nouveau phénotype** de degré de certitude 5/5, il est procédé à sa description qui pourra être complétée plus tard par une **fiche graphique de synthèse** et par un **portrait-robot dessiné**. Un **nom** est donné à ce nouveau loup à partir de ses caractéristiques physiques ou des circonstances de sa première apparition dans la zone étudiée.

III Considérations méthodologiques

3.1 Le choix des critères d'identification

Un des premiers problèmes posés par notre projet de photo-identification individuelle d'un effectif réduit de loups portant sur une période longue a été le choix des critères d'identification les plus pertinents pour tenter de distinguer les loups entre eux.

Les études menées en France au moyen de PP laissaient peu d'espoir de réussite dans le cas de loups ne présentant pas d'anomalies du phénotype. Selon Ludovic Charrier, à partir de l'étude menée dans le camp de Canjuers dans le Var : « Même avec des photos d'excellente qualité, la reconnaissance individuelle est difficile voire le plus souvent impossible » (Charrier 2019). Concernant le programme de suivi pluriannuel de 36 meutes dans les Alpes, Préalpes et massifs provençaux français, Roger Mathieu fait le même constat : « Sur les caméras automatiques où les images sont très souvent nocturnes, il est exceptionnel de pouvoir distinguer un loup d'un autre loup : la nuit « tous les loups se ressemblent » (Mathieu *et al.* 2024).

Considérant la durée de la période étudiée pour la Bretagne (32 mois), la question de l'évolution du pelage des loups au cours du temps méritait d'être posée comme préalable. Il fallait donc s'assurer que les critères soient choisis parmi ceux qui subissent peu d'altérations au cours du temps, pour permettre de reconnaître, si nécessaire, un même individu un ou deux ans après un premier contact.

Au sujet de la possibilité d'une évolution du pelage d'un même individu au cours du temps, certains auteurs ont pu noter une tendance à l'éclaircissement du pelage, en raison d'un âge avancé ou à cause d'un stress physiologique (Gipson 2002), comme c'est aussi le cas chez le chien (*obs. pers.*). Même si ce phénomène ne concerne que certains individus et même si tous les loups ne parviennent pas à un âge avancé, le critère de coloration générale du pelage n'a donc pas été retenu, cela d'autant plus qu'il n'est pas observable sur les images nocturnes.

D'autres éléments du phénotype sont plus pérennes et sont de meilleurs candidats pour servir de marqueurs individuels sur de longues périodes. En effet, si l'effet de contraste entre zones claires et sombres peut s'atténuer au cours du temps, il n'est pas signalé de modifications du contour ou d'inversions de contraste qui verraient ces taches changer de forme ou passer de clair à sombre ou inversement. Les différents patterns de ces zones caractéristiques peuvent donc être utilisés comme des critères fiables d'identification individuelle chez les loups, au moins durant plusieurs années consécutives.

Taches sombres

D'autre part, en dehors du masque facial blanc, on observe aussi très souvent chez les loups certaines taches qui sont présentes aux mêmes endroits chez tous les sujets qui en sont pourvus (caractéristiques partagées). Ces taches sont habituellement plus foncées que le pelage environnant. Leur forme et leur étendue peuvent varier selon les individus, mais elles sont toutes disposées selon l'axe sagittal de l'animal depuis la zone frontale jusque sur le dessus de la queue, en passant par la ligne du dos et le dessus de la croupe. Ce sont : une ou plusieurs lignes verticales frontales ; la « selle », formant un léger relief de poils au début de la ligne du dos et dont les marges généralement bordées de noir dessinent un « V » à la pointe dirigée vers la croupe ; la tache supracaudale sombre très fréquemment présente au niveau du tiers supérieur de la queue. Qu'elles soient claires ou sombres, toutes ces plages contrastées sont pérennes et leur aspect est génétiquement déterminé chez un individu donné comme cela a été constaté chez le chien où la plupart des caractères phénotypiques peuvent être soumis à sélection pour maintenir les standards de races (Denis 2007).

3.2 L'identification individuelle intraspécifique comme modèle

Il est à noter que plusieurs des critères phénotypiques retenus correspondent à des zones du pelage qui offrent des successions de contrastes de coloration aisément repérables. Il est très probable que ces contrastes servent aussi de signaux visuels aux loups eux-mêmes pour se reconnaître entre eux et faciliter leur communication intraspécifique.

Chez le loup, la perception des couleurs est limitée par la structure cellulaire de la rétine qui privilégie la perception en nuances de gris (Harrington *in* Mech and Boitani 2003). Dans ces conditions, ce n'est pas la coloration mais **l'effet de contraste** qui donne visuellement les meilleures informations. Il est vraisemblable que l'existence et la variabilité individuelle de certaines zones contrastées du pelage aient été l'objet chez le loup d'une pression de sélection. Elles peuvent en effet procurer un certain nombre d'avantages sociaux dans le fonctionnement des meutes au profit des individus qui en sont pourvus, ce qui expliquerait pourquoi elles sont aussi répandues, tout en présentant autant de variations individuelles. Au niveau de la tête, cette alternance de valeurs entre l'iris clair, le bord des paupières sombre, le contour extérieur des paupières plus clair, la tache sous orbitaire plus sombre, le masque labial plus clair, le bord des lèvres plus sombres, est assez remarquable. Dans ce cas, c'est le regard, les lèvres et leur expressivité, essentielle pour la manifestation renforcée des émotions, qui est ainsi mis au centre d'un **cercle de « maquillage »** mobile et expressif, utilisant parfaitement les effets du contraste (Morizot 2020).

L'hypothèse de l'affichage d'une **identité individuelle au niveau de toutes ces zones contrastées** de formes variées, est renforcée par le fait qu'elles sont toutes particulièrement pourvues en glandes cutanées sébacées ou apocrines qui ont des rôles de communication et d'information entre individus (Harrington *in* Mech and Boitani 2003). Les différences individuelles au sein des microbiotes cutanés permettent, par le léchage et l'odorat, des reconnaissances entre loups très riches en informations à partir de ces zones olfactivement mais aussi visuellement remarquables (Halpin *in* Mech and Boitani 2003).

Les principaux critères phénotypiques d'identification individuelle qui ont été retenus pour mener la présente étude correspondent précisément à ces mêmes zones corporelles spécifiquement contrastées qui ont pour caractéristique de présenter d'importantes variations individuelles de pattern aisément repérables sur les documents photographiques.

3.3 Les conséquences des faibles effectifs

Lorsqu'une région se situe à **grande distance des principales zones de reproduction** comme c'est le cas de la Bretagne (**figure 17**), la présence des loups est due à des individus « **dispersants** » qui se déplacent la plupart du temps isolément (Mech and Boitani 2003 ; Morales-González 2021) et qui sont contactés après avoir franchi des centaines de kilomètres.

Dans les premiers temps, le nombre de ces individus est nécessairement réduit, compte tenu de l'éloignement du réservoir démographique et du phénomène de dispersion qui peut prendre de nombreuses directions différentes. **Le recueil d'informations est difficile**, d'autant plus qu'il existe de nombreuses raisons pour que certaines données soient gardées secrètes par ceux qui les détiennent. Dans le cas de la Bretagne on a pu constater que les données officielles de suivi concernant le loup étaient souvent lacunaires et leur publication diffusée avec retard.

Il est d'autre part difficile de récolter suffisamment d'échantillons pour mener des programmes de suivi à partir de génétique non invasive, lorsqu'il n'existe que quelques individus très mobiles dispersés sur de très vastes étendues géographiques. Dans ces conditions, la photo-identification reste une option intéressante pour assurer un suivi minimum de ces populations pionnières.

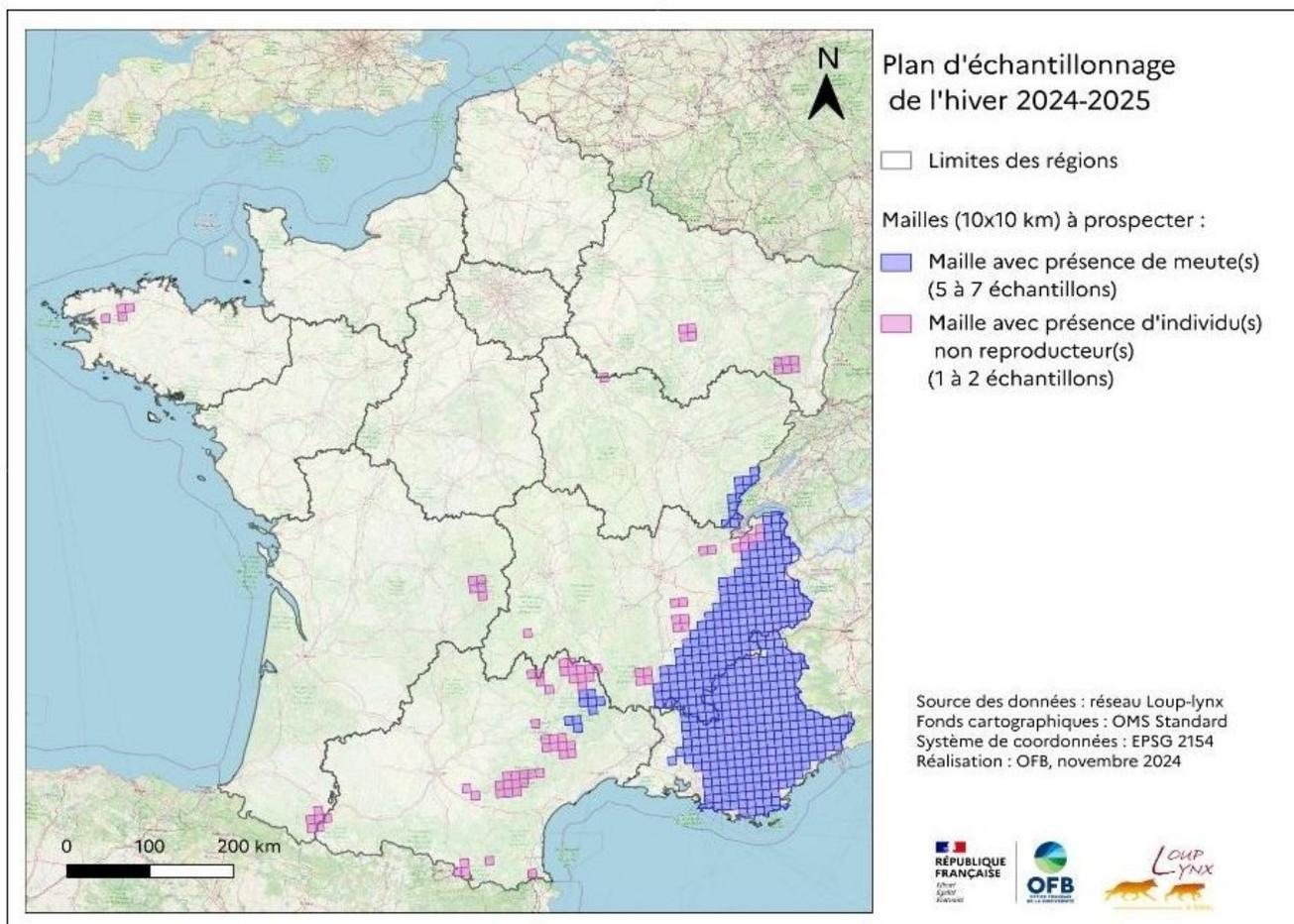


Fig. 17- Plan 2024 2025 du programme de prospection Loup du Réseau Loup-lynx de l'OFB indiquant la distribution des zones de reproduction des loups en France (meutes avec reproduction : carrés violets). Les carrés de couleur rose signalent les zones à prospecter où sont signalés des individus non reproducteurs. La Bretagne est encore très éloignée des zones de reproduction et seuls quelques loups mâles dispersants sont parvenus à s'y établir et souvent de façon transitoire.

3.4 Les biais d'interprétation des images

Si l'identification individuelle d'animaux basée sur les variations de certains critères phénotypiques partagés par l'ensemble des individus d'une même espèce a été peu pratiquée, c'est qu'elle demande un certain niveau d'expertise et que les possibilités d'erreurs sont nombreuses. Produire des résultats pertinents en partant de l'analyse photographique pour identifier individuellement des loups revient à respecter certaines précautions :

- 1) Limiter en amont les risques d'erreur en optimisant les protocoles d'analyse des images.
- 2) Classer les identifications obtenues selon leur degré de fiabilité.
- 3) Confier les identifications à des analystes spécifiquement formés sur les phénotypes lupins.

Les erreurs d'interprétation provenant de l'analyste existent. Il convient de les prendre en compte pour en minimiser le nombre et les conséquences. Johansson a pu recenser quatre catégories d'erreurs dans l'interprétation des photos d'animaux dans un objectif d'identification individuelle (Johansson 2020).

- 1) **L'erreur par division** (« *splitting error* »). Deux photos d'un même animal sont considérées à tort par l'analyste comme provenant de deux animaux différents.
- 2) **L'erreur par fusion** (« *combination error* »). Deux photos de deux individus différents sont considérées à tort comme deux images d'un seul et même individu.
- 3) **L'erreur d'attribution** (« *shifting error* »). Sur une photo, l'animal est confondu avec un autre.
- 4) **L'erreur par exclusion** (« *exclusion error* »). La photo est déclarée inutilisable alors qu'elle contient assez d'informations pour que l'animal puisse être identifié.

Une formation aux techniques d'analyse pour l'espèce concernée permet dans tous les cas d'éviter un certain nombre de ces quatre erreurs. Ensuite, la nature et le nombre des critères phénotypiques retenus sont des facteurs essentiels pour augmenter le taux de réussite de la photo-identification. Dans le cadre de la présente étude, les 10 critères ont été choisis en tenant compte de ces paramètres. Enfin, le fait d'affecter, selon un barème à points, un degré de certitude pour chaque ECI analysé contribue grandement à clarifier la fiabilité des identifications et l'utilisation qui peut en être faite.

Le fait que les résultats de la photo-identification des loups puissent être associés à une certaine probabilité d'erreur n'est pas en soi un signe que la méthode ne serait pas scientifique, bien au contraire. On remarquera que même dans le domaine des analyses génétiques, la notion de probabilité est omniprésente. Si certains résultats génétiques peuvent être qualifiés de « vrais », c'est qu'ils sont pour cela associés à une certaine probabilité qu'il en soit autrement. On notera enfin que certains échantillons destinés à l'identification génétique des loups peuvent se révéler douteux, pollués ou inutilisables, entièrement ou partiellement (Harmoinen, J. *et al.* 2021). Pour savoir comment interpréter correctement les résultats quel que soit le domaine, l'objectif est en effet de traiter aussi bien les données que les probabilités d'erreurs selon les seuls critères de la méthode scientifique.

3.4 a) Contraste et angle de vue

Il a été plusieurs fois remarqué au cours d'une même séquence vidéo qu'une coloration du pelage claire et contrastée vue par l'avant pouvait voir son contraste s'atténuer ou se renforcer lorsqu'elle était vue par l'arrière. Ce phénomène peut être troublant et faire douter de la validité d'une identification individuelle qui ne serait fondée que sur ce seul critère. Les conditions extérieures d'éclairage peuvent jouer, le fait que le pelage soit sec ou mouillé intervient aussi. D'autre part, cet effet est plus marqué sur certaines zones anatomiques, là où le pelage est plus épais. Il est probable que la raison principale provienne de la structure de la fourrure et de la nature polychrome du poil de jarre chez le loup, plus ou moins sombre à son extrémité en fonction des différentes parties du corps et notamment sur le dos.

Selon l'angle de vue qui laisse apparaître plus ou moins la couleur dominante de l'extrémité de chaque poil, des modifications de couleur générale pourront être constatées même en provenance de documents photographiques d'excellente qualité (**figure 18**). Avoir connaissance de ce phénomène conduit à relativiser certaines différences d'aspect et permet d'éviter des erreurs par division ou même des confusions avec certaines races de chiens-loups au pelage habituellement bien contrasté.



*Fig. 18- **Modification du contraste** de l'écharpe scapulaire selon l'angle de vue. L'existence de deux bandes scapulaires verticales, l'une sombre et l'autre claire, est bien visible sur une vue de trois-quarts avant de ce loup. Ces bandes contrastées paraissent très atténuées lorsque l'animal se présente de trois-quarts arrière quelques secondes plus tard. Loargann ECI 46. 01/01/2025. (photos Ph. Gazeau).*

3.4 b) Contraste et pixels

Il arrive que dans le cas de photos numériques prises à grande distance, avec des smartphones notamment ou avec des copies d'écran, le nombre de pixels soit insuffisant pour rendre compte des nuances du pelage. Les contrastes peuvent alors être exagérés artificiellement (**figure 19**). Ce biais doit être connu et ses effets maîtrisés pour éviter des erreurs d'interprétation lors de l'analyse d'image.



*Fig. 19- **Exagération des contrastes par pixellisation**. Sur cette photo de loup prise à distance avec un smartphone, les ombres de la queue, la selle et une partie ombrée de l'encolure qui apparaissent d'un noir profond voient leur contraste manifestement exagéré. Il en est de même des zones claires qui apparaissent exagérément blanches. ECI n°4. 08/11/2022*

3.4 c) Le cas des bandes sombres antébrachiales

Parmi les 10 critères d'identification individuelle choisis au sein des caractéristiques phénotypiques partagées par la plupart des loups, figurent les bandes antébrachiales, taches allongées de couleur plus sombre, visibles sur la partie antérieure des deux pattes avant. Ces bandes sont un critère de reconnaissance individuelle intéressant puisque, selon les individus, elles peuvent être absentes ou présentes et lorsqu'elles sont présentes, elles peuvent être plus ou moins marquées et connaître certaines variations individuelles de leur aspect qui permettent de distinguer des loups entre eux.

Mais ce critère doit faire l'objet de précautions particulières lorsqu'il est recherché au cours d'une analyse d'images. Lorsque ces bandes sont présentes, chacune forme habituellement une tache plus sombre visible en regard de la face antérieure du carpe et remonte verticalement pour se terminer le long de la saillie du radius. Relativement bien visible lorsque l'animal est vu de face, ces bandes peuvent sembler absentes lorsqu'elles sont étroites ou peu contrastées sur une vue de profil (**figure 20**).

Il est bon de connaître ce phénomène pour éviter de considérer comme preuve d'une absence de bandes antébrachiales une vue de profil où elles ne seraient pas visibles. Leur existence peut très bien se révéler à la suite d'un mouvement de l'animal au cours de la même séquence.



Fig. 20- **Bandes antébrachiales**. Deux captures d'écran d'une même séquence vidéo d'un loup dans deux positions différentes. À gauche les bandes antébrachiales semblent absentes. À droite on remarque sur le carpe gauche une tache plus sombre antébrachiale, discrète mais présente. Gwenn ECI 31. 03/07/2024.

3.4 d) Symétrie du pelage chez le loup

La moitié des loups identifiés dans cette étude (loups Berrien, Fauve et Schwarz) l'ont été à partir d'une unique séquence où ils n'apparaissent que sur une seule vue de profil. Est-ce que la description de tous les critères observés sur un profil droit peut s'appliquer à l'identique pour un profil gauche ? Le sujet mérite d'être abordé, pour savoir si une comparaison avec une photo d'un loup présentant l'autre profil serait valide ou non.

L'existence d'un plan de symétrie bilatérale est une disposition générale que l'on retrouve chez tous les vertébrés. Ce principe semble avoir été l'objet d'une sélection naturelle pour des raisons génétiques d'économie de moyens, une structure symétrique nécessitant moins d'informations pour être codée, ce qui représente un avantage évolutif alors qu'une dissymétrie peut être le marqueur d'une tare ou d'une pathologie. (Moller 1998 ; Manuel 2009).

On doit donc s'attendre à une symétrie bilatérale généralisée dans les composantes phénotypiques des loups. Dans tous les cas où l'examen des deux profils a été possible sur un même loup, les profils droit

et gauche ont présenté de grandes similitudes aussi bien en ce qui concerne les détails du phénotype de la tête (forme et couleurs des taches) que du corps. Cela est aussi vrai pour le pattern général du masque facial et des taches sombres qui le bordent (**figure 21**). Les variations importantes observées entre profil droit et gauche portent exclusivement sur les marques irrégulières (taches irrégulières sur le dos notamment).

Il est donc légitime de conclure à la validité d'une identification individuelle à partir des critères relevés à l'examen d'un seul profil et d'en inférer que le profil opposé en constitue une image en miroir assez fidèle, à l'exception des taches dites irrégulières ou accidentelles qui, tout en constituant d'excellents marqueurs, sont souvent unilatérales.



Fig. 21- **Symétrie bilatérale**. Loup vu de face présentant une symétrie bilatérale sur 6 critères observables. Loargann ECI n° 45. 22/12/2024.

3.4 e) Mue et persistance des caractères phénotypiques

Les loups ont un rythme de mue saisonnier qui se traduit aux deux intersaisons par des pertes de poils de bourre qui peuvent se détacher par touffes. Au printemps, sous l'influence des flux hormonaux déclenchés essentiellement par les variations de photopériode, la couche épaisse et très isolante de sous-poil hivernal est remplacée par une couche plus fine. De la même manière, lorsqu'à l'automne la diminution de la longueur des jours entraîne chez les loups une chute du taux de mélatonine et de prolactine, leur pelage d'été est remplacé par un pelage d'hiver formant à nouveau une sous-couche de poils de bourre épaisse et protectrice (Kreeger in Mech and Boitani 2003). L'essentiel de la mue concerne ce sous-poil qui participe très peu à la coloration du pelage visible extérieurement, le pattern de coloration étant essentiellement dû au poil de jarre.

En cours de mue, les touffes de sous-poil qui se détachent peuvent perturber l'identification individuelle, surtout au niveau des critères situés sur le dos ou le thorax. A noter qu'aucun des 49 ECI ne présente de loup en cours de mue observable. Qu'il s'agisse de pelage d'hiver, d'été ou d'une période de mue, le phénotype des formes des taches et des contrastes reste le même, seule l'épaisseur du pelage change. C'est pourquoi l'épaisseur du pelage n'a pas été prise en compte comme critère d'identification individuelle. De la même façon, la période durant laquelle une description détaillée du phénotype reste valable est très certainement supérieure à deux années, comme cela est couramment observé chez le chien (obs. pers.). Cette période de stabilité d'un même phénotype recouvre donc la période d'étude et permet de valider à moyen terme les identifications de recaptures.

IV Résultats

4.1 Identification individuelle

L'objectif de la présente étude n'est pas de calculer une densité de population par des méthodes CMR, comme dans le cas des modèles basés sur des réseaux de caméras pièges installées dans des zones de présence permanente de loups (Charrier 2019). Dans un premier temps, il s'agit d'examiner la **validité du protocole d'analyse** de documents photographiques permettant d'identifier des individus présents en densité hyper-faible sur une vaste zone, à partir d'images préexistantes de loups recueillies en Bretagne. Dans un second temps, l'objectif est d'examiner comment la base de données ECI constituée à cette occasion peut fournir des **informations** permettant de mieux connaître certains aspects de la biologie et du comportement des loups au cours de la période étudiée.

L'analyse de la base de données portant sur un total de 49 ECI survenus entre mai 2022 et décembre 2024 a permis de distinguer a posteriori **six individus différents**.

Une gradation qualitative des identifications individuelles a pu être réalisée sur 37 de ces ECI et 33 de ces contacts (67,3 %) ont pu fournir assez d'informations pour permettre cette identification avec un **degré de certitude de 3 à 5 (figure 22)**. Les quatre ECI de degré de certitude 2 qui signalent une identification douteuse et renvoient à deux phénotypes proches sans qu'il soit possible de choisir, ne sont pas retenus à ce stade. Ils seront réintégrés dans le tableau chronologique (3.4) et dans le calcul de la durée de présence (voir aussi 4.5).

Ex : le loup nommé « Berrien » a pu être reconnu sur deux ECI (degré 5 et degré 3) représentant 6,1 % des cas identifiés avec degré de certitude 3 à 5.

Le loup identifié ayant été contacté le plus fréquemment («Gwenn») a pu être reconnu sur 17 ECI (un de degré 5, onze de degré 4 et cinq de degré 3) représentant à lui seul 51,5 % des 33 identifications de degré de certitude 3 à 5 de l'ensemble de l'étude.

	ECI degré 3	ECI degré 4	ECI degré 5	Total ECI (degrés 3 à 5)	
Berrien	1	0	1	2	6,1 %
Fauve	1	0	1	2	6,1 %
Schwarz	0	1	1	2	6,1 %
Menez	1	1	1	3	9,1 %
Gwenn	5	11	1	17	51,5 %
Loargann	3	3	1	7	21,1 %
total	11	16	6	33	

Fig. 22- **Tableau de la répartition individuelle des ECI de degré de certitude 3 à 5** (n = 33). Le degré de certitude 3 à 5 correspond à des ECI où le loup présente des critères plus ou moins nombreux qui correspondent tous à son observation de référence de niveau 5 et qui excluent les autres individus identifiés. C'est pourquoi il n'existe qu'un seul ECI de degré 5 par loup identifié. On note que le loup Gwenn au phénotype bien reconnaissable s'est fait photographier à de nombreuses reprises, tandis que les 3 premiers n'ont été identifiés que par 2 ECI chacun.

Les 6 loups identifiés individuellement grâce à une combinaison unique de variations des 10 critères ont fait l'objet d'un **portrait robot dessiné** qui a permis de représenter certains détails et certaines nuances de pelage n'apparaissant pas sur leurs fiches graphiques (**figure 23**).

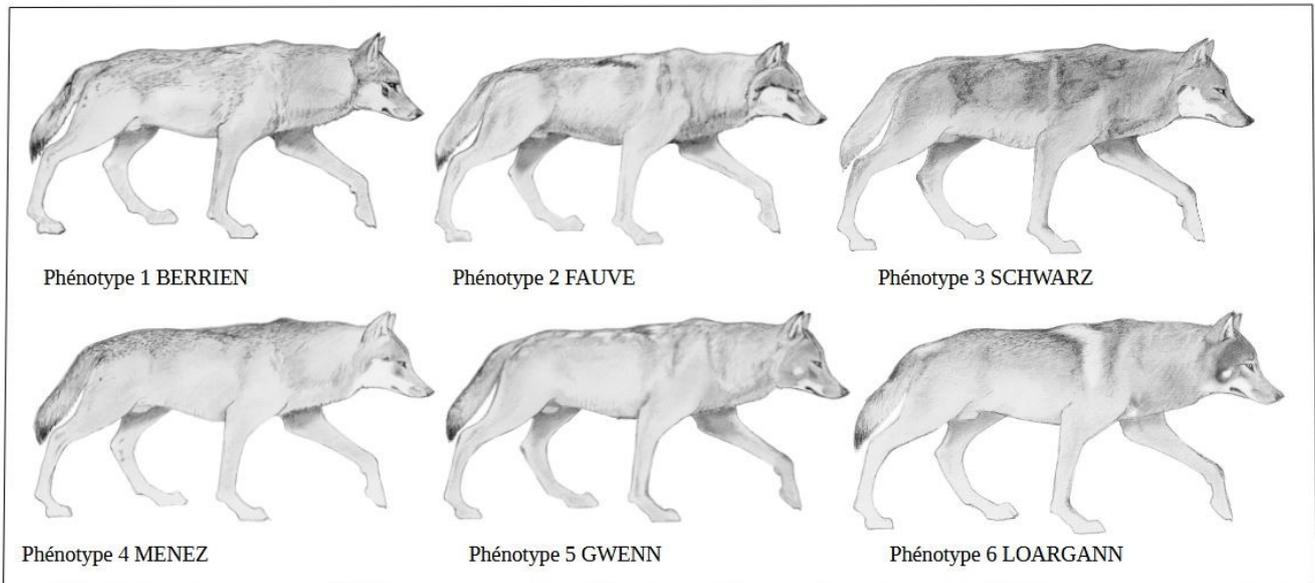


Fig. 23- Portraits-robots individuels dessinés des 6 phénotypes des loups identifiés. La comparaison entre les 6 individus identifiés montre que sur une vue de profil, les variations individuelles des critères recherchés sont suffisamment marquées pour justifier la reconnaissance de phénotypes distincts. Les détails et nuances des pelages ainsi que la disposition des taches, exactement reproduites d'après photo, constituent des marqueurs individuels complémentaires.

Pour compléter le dessin et les schémas, une **description précise des 10 critères d'identification** individuelle est rédigée pour chacun des loups identifiés. Une photographie tirée de l'observation de référence est jointe au texte pour compléter la base documentaire de l'identification individuelle de chaque loup (**figures 24 à 29**).

Les identifications individuelles des loups reposent ainsi sur un ensemble complet de références (schémas, dessins, textes et photographies).

Phénotype 1 « BERRIEN »

- Masque facial large, sa limite supérieure est proche de l'angle externe de l'œil
- Absence de tache maxillaire.
- Tache sous orbitaire bien visible en losange très sombre.
- Stries sombres horizontales discrètes à l'arrière du masque facial droit.
- Bande dorsale large sur l'arrière, discrète, peu contrastée.
- Selle peu marquée, bordure noire discrète.
- Semis de quelques petites taches sombres à l'arrière de la cuisse et derrière l'épaule droite.
- Queue à forte tache supracaudale, extrémité noire contrastée.
- Fourreau visible : sexe mâle.



Fig. 24- Loup BERRIEN. ECI n°1 (3 mai 2022)

Phénotype 2 « FAUVE »

Masque facial large, sa limite supérieure est proche de l'angle externe de l'œil.

Absence de tache maxillaire.

Tache sous orbitaire sombre en triangle, jouxtant le masque labial.

Fin liseré sombre bordant le haut et le bord postérieur du masque labial, plus large et irrégulier vers l'arrière de la joue.

Bande dorsale étroite descendant peu sur les flancs, contrastée (ligne horizontale sombre) sur l'arrière.

Selle bordée de noir bien contrastée.

Zone verticale claire à l'arrière de l'épaule descendant de la selle.

Queue à tache supracaudale discrète, extrémité légèrement plus sombre mais peu contrastée.

Fourreau visible : sexe mâle



Fig. 25- Loup **FAUVE**. ECI n°5 (5 janvier 2023)

Phénotype 3 « SCHWARZ »

Masque labial large, la partie supérieure est distante de l'angle externe de l'œil.

Absence de tache maxillaire.

Tache sous orbitaire en rectangle horizontal étroit.

Discret liseré noir bordant la partie postérieure du masque labial.

Bande dorsale grise, large et contrastée.

Selle marquée, bordée d'un étroit liseré sombre.

Étroite écharpe claire bordée de sombre derrière l'épaule, bande verticale plus sombre descendant du garrot en pointe jusqu'à mi thorax. Quelques taches sombres sur cuisse et encolure.

Tache supracaudale visible, extrémité discrètement sombre.

Bande antébrachiale probable.

Pas d'organes génitaux externes visibles sur les deux images.

Résultat de l'analyse génétique OFB pratiquée à la suite de l'observation : loup mâle de la lignée W1, population « germano-polonaise ». Code All. : GW2149m / Code FR : S83-109.



Fig. 26- Loup **SCHWARZ**. ECI n°10 (3 avril 2023)

Phénotype 4 « MENEZ »

Masque labial large surmonté d'une petite tache sombre horizontale, au moins aussi foncée que la tache sombre sous orbitaire et bordé d'un fin liseré plus sombre à l'arrière.

Absence de tache maxillaire séparée.

Tache sombre sous orbitaire en trapèze au contour flou, peu contrastée.

Marge externe des pavillons auriculaires peu contrastée.

Bande dorsale louvet, étroite et sans limite contrastée

Selle dorsale très peu marquée.

Deux zones verticales légèrement plus sombres encadrant le haut de l'épaule et s'atténuant à mi-corps, souvent visibles.

Queue peu contrastée avec tache sombre médiane peu marquée.

Bande antébrachiale discrète.

Fourreau visible : sexe mâle.



Fig. 27- Loup **MENEZ**. ECI n°20 (2 février 2024)

Phénotype 5 « GWENN »

Masque réduit à un masque labial autour de la commissure des lèvres.

Tache maxillaire isolée bien visible formant un petit disque pâle à l'arrière du masque facial. Contours moins nets en profil G.

Tache sous orbitaire peu contrastée, en forme de goutte d'eau.

Front gris uniforme avec zone médiane plus foncée quelques traces plus claires discrètes à la base des oreilles.

Bande dorsale assez étroite, contrastée, parsemée de plusieurs plages très pâles, moins visible en profil gauche..

Selle bien marquée largement bordée de noir.

Deux zones plus sombres peu contrastées descendent

verticalement de la bande dorsale, à l'avant et à l'arrière de l'épaule.

Tache supracaudale sombre et allongée, extrémité très noire.

Fines bandes antébrachiales, plus larges sur le carpe, bien visibles uniquement de face.

Fourreau visible : sexe mâle.



Fig. 28- Loup GWENN. ECI n°31 (4 juillet 2024)

Phénotype 6 « LOARGANN »

Masque labial large descendant sur la gorge.

Tache maxillaire séparée, bordée à l'arrière et sur le dessus d'une large plage sombre bien contrastée.

Tache sombre sous orbitaire en petit rectangle horizontal au contour flou, assez peu contrastée.

Petite bordure noire visible à la marge des pavillons auriculaires. Front sombre à liseré médian noir.

Bande dorsale louvet moyenne, sans limite contrastée

Selle dorsale claire, largement bordée de sombre se prolongeant vers le bas. Écharpe scapulaire claire. Petite tache claire centrée encadrée de sombre, à l'entrée de la poitrine.

Deux zones verticales plus sombres encadrent le haut de l'épaule et s'atténuent à mi-corps, délimitant l'écharpe scapulaire assez claire. Encolure déclinée sombre.

Tache sombre supracaudale marquée. Un spot diffus symétrique plus clair est présent à la racine de la queue.

Bandes antébrachiales discrètes.

Sexe mâle (scrotum).



Fig. 29- Loup LOARGANN. ECI n°40 (16 novembre 2024)

Fig. 24 à 29- **Description des phénotypes et photographies des 6 loups identifiés.** En complément des éléments graphiques, les 10 critères phénotypiques de chacun des 6 individus sont documentés par une description détaillée et chaque individu est représenté par sa photographie de référence.

4.2 Localisation des captures d'images

Tous les ECI de la base de données à part deux se situent à l'ouest d'une ligne reliant Saint-Brieuc à Concarneau, et à l'intérieur d'un rectangle d'environ 7 800 km² centré sur les monts d'Arrée (**figure 30**).

Au cours de la période étudiée, un certain nombre d'observations de loups en Bretagne ont été signalées en dehors de cette zone. Si elles n'ont pas été intégrées dans la base de données, c'est que les observations n'ont pas été documentées par des preuves photographiques, ou que les documents photographiques n'ont pas été transmis ou bien encore parce qu'ils n'étaient pas exploitables par manque de fiabilité des informations les accompagnant.

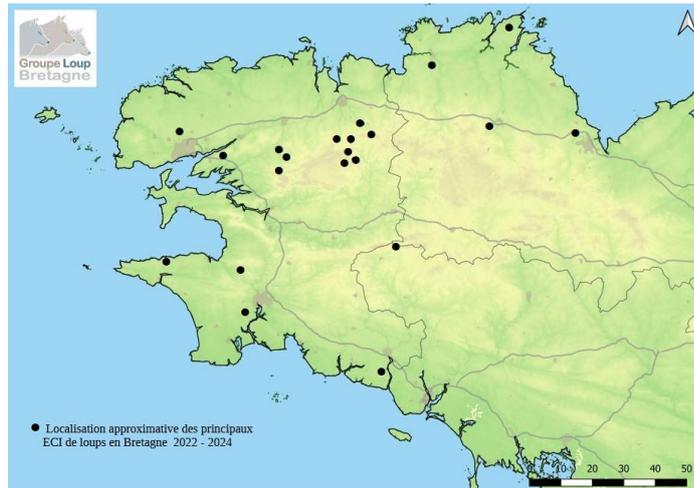
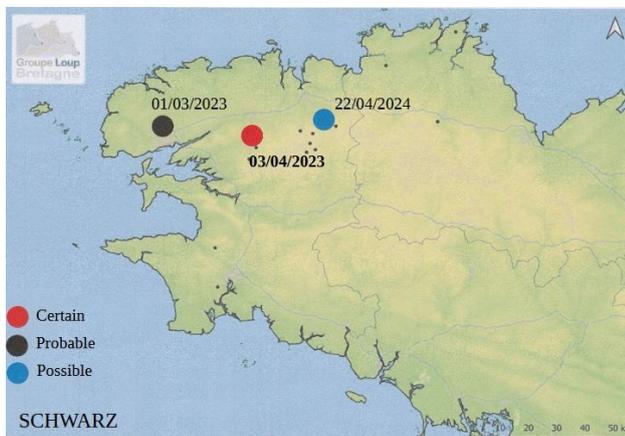
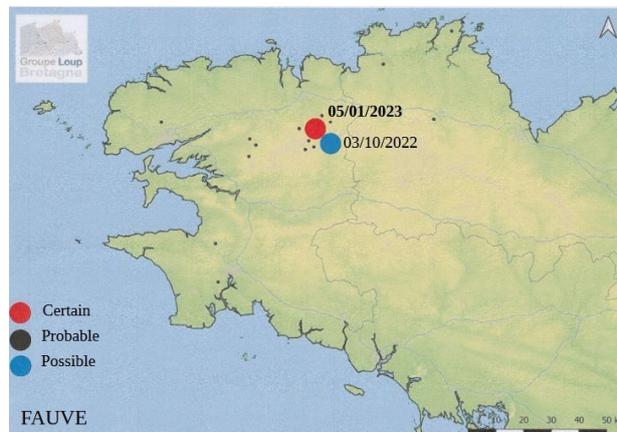
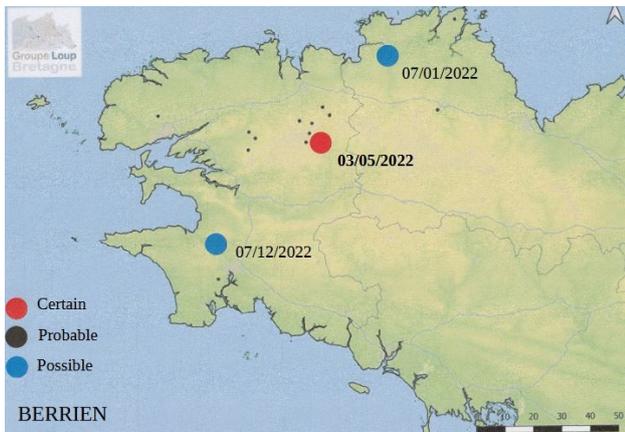


Fig. 30- Principales localisations des ECI de la base de données. Parmi les 21 localisations reportées sur la carte, certaines ont donné lieu à des captures d’images de loups à plusieurs dates différentes au cours des 32 mois de l’étude. La plupart de ces lieux fréquentés plus d’une fois se trouvent dans la région des monts d’Arrée.

Les ECI enregistrés dans la base de données montrent une répartition dans le temps et dans l’espace des contacts de chacun des 6 individus lorsqu’ils ont pu être identifiés avec un degré de certitude supérieur ou égal à 3 (figure 31).



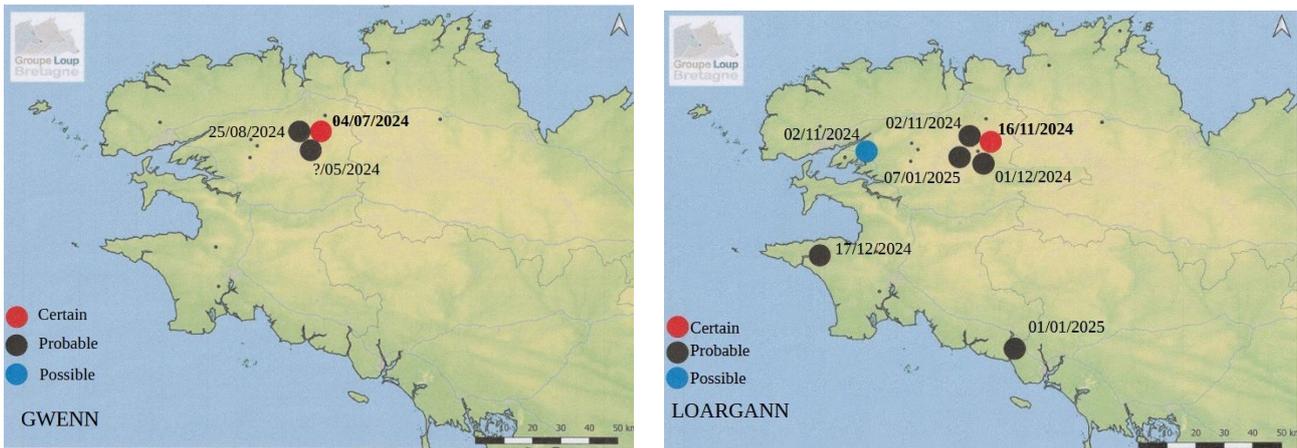


Fig. 31- Les 6 cartes des localisations des ECI des 6 loups identifiés. On observe que seuls deux loups (Fauve et Gwenn) ont été contactés sur des zones peu étendues. Les 4 autres ont été contactés sur des distances qui sont très supérieures à celles des territoires habituellement défendu par une meute. Des domaines vitaux étendus sont généralement le fait des loups dispersants qui effectuent de nombreux déplacements.

On constate que certains individus ont pu être contactés à plusieurs reprises en des points parfois éloignés les uns des autres. Pour réaliser ces 6 cartes, la période d'étude de 32 mois a été prolongée de 12 heures pour permettre d'y inclure un ECI du 1^{er} janvier 2025 documentant un déplacement à longue distance vers le sud du loup Loargann.

Pour un même individu, la distance moyenne séparant les deux contacts les plus éloignés est de 55 km (5 – 80 km) si l'on considère les ECI de degré de certitude d'identification ≥ 3 , c'est à dire possible, probable et certaine. Si l'on ne considère que les ECI dont le degré de certitude est ≥ 4 , cette distance moyenne est de 22 km (1 – 78 km) (**figure 32**).

	Ident. degré ≥ 3	Ident. degré ≥ 4
Berrien	80 km	1 km
Fauve	5 km	1 km
Schwarz	55 km	30 km
Menez	80 km	10 km
Gwenn	22 km	10 km
Loargann	85 km	78 km
moyenne	55 km	22 km

Fig. 32- Distance en droite ligne entre les ECI les plus éloignés pour chacun des 6 loups identifiés selon le degré de certitude. On constate de grandes différences d'amplitude entre individus qui peuvent être en relation avec un échantillon de captures d'images trop limité, avec une densité de PP évoluant dans le temps pour un même secteur, une durée de présence plus ou moins longue, une différence de densité d'appareils de capture d'images selon les zones ou encore avec une composante individuelle dans la façon d'occuper son domaine vital. La prise en compte du degré de certitude influence aussi les résultats. Il est vraisemblable que les ECI de degré supérieur ou égal à 3 reflètent mieux la réalité que ceux des seuls niveaux 4 et 5, du fait d'une taille plus grande de l'échantillon.

Cela semble indiquer que là où des PP ont capturé des images, les individus présents en Bretagne explorent régulièrement une aire relativement vaste qui s'étend au-delà des limites habituelles du territoire d'une meute. Sachant qu'un loup parcourt en moyenne entre 20 et 30 km par jour (Jedrzejewski *et al.* 2001 ; Ciucci *et al.* 1997), les distances les plus longues constatées peuvent être parcourues en quelques jours et un individu peut revenir ensuite fréquenter les mêmes zones qui lui sont familières ou les quitter définitivement. Dans le cas d'un loup dispersant isolé très mobile et qui ne risque pas de rencontrer le territoire d'une meute susceptible de le dissuader dans sa progression, l'aire parcourue habituellement peut être relativement étendue.

4.3 Chronologie générale des ECI

Au cours de la période étudiée de 32 mois, sur les 49 ECI enregistrés, la présence de loups ayant donné lieu à au moins une capture d'image mensuelle a été signalée en moyenne plus de 8 mois sur 12 (**figure 33**).

Un pic estival n'est observé que pour l'année 2024. Il s'explique essentiellement par la présence durant deux mois d'un individu (Gwenn) très cantonné (voir **figure 31** p. 40) sur des sites disposant de caméras pièges. Ce pic estival est inexistant en 2022 et 2023.

Si l'on excepte le cas particulier des deux mois de juillet et août 2024, le schéma général des 30 autres mois est plutôt celui d'un nombre d'ECI mensuel compris entre 0 et 5 (moyenne 1,16) sur l'ensemble de la zone durant la période étudiée.

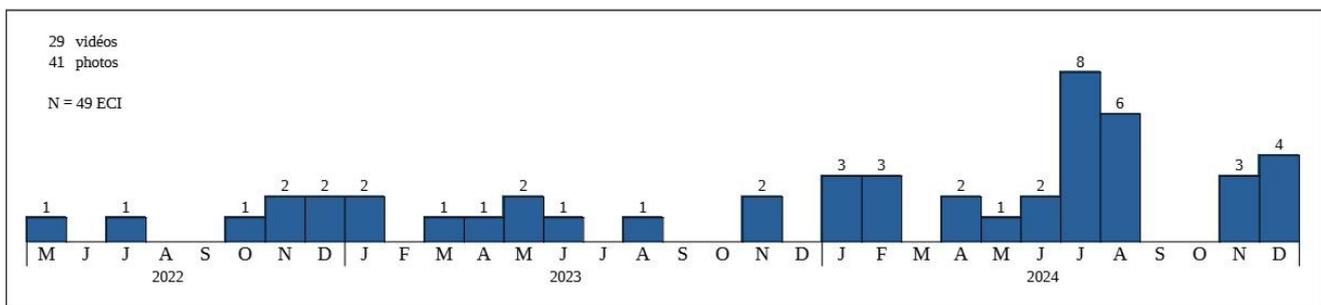


Fig. 33- Chronologie du nombre mensuel d'ECI durant la période étudiée. Le pic estival observé en juillet et août 2024 est dû exclusivement à une activité intense de déplacements du loup Gwenn sur un même site. Le nombre d'ECI mensuels relativement faible observé durant les 30 autres mois (en moyenne un ECI par mois) résulte de la très faible densité de loups sur la zone étudiée ainsi que d'une pression de capture d'image limitée. On observe cependant une présence de loups quasiment permanente tout au long de la période étudiée.

En considérant les deux années pleines 2023 et 2024 qui cumulent un total de 42 ECI, on constate en septembre et octobre une absence de recueil d'événement de capture d'images de loup (**figure 34**).

Dans l'Atlas des mammifères terrestres de Bretagne du GMB consultable en ligne, la distribution chronologique sur le même période de l'ensemble des observations de loups (n=139 au 31 décembre 2024), incluant celles qui n'ont pas été documentées par des images disponibles, montre une répartition mensuelle globalement similaire avec des points bas en mars-avril et en septembre (<https://atlas.gmb.bzh/espece/60577>).

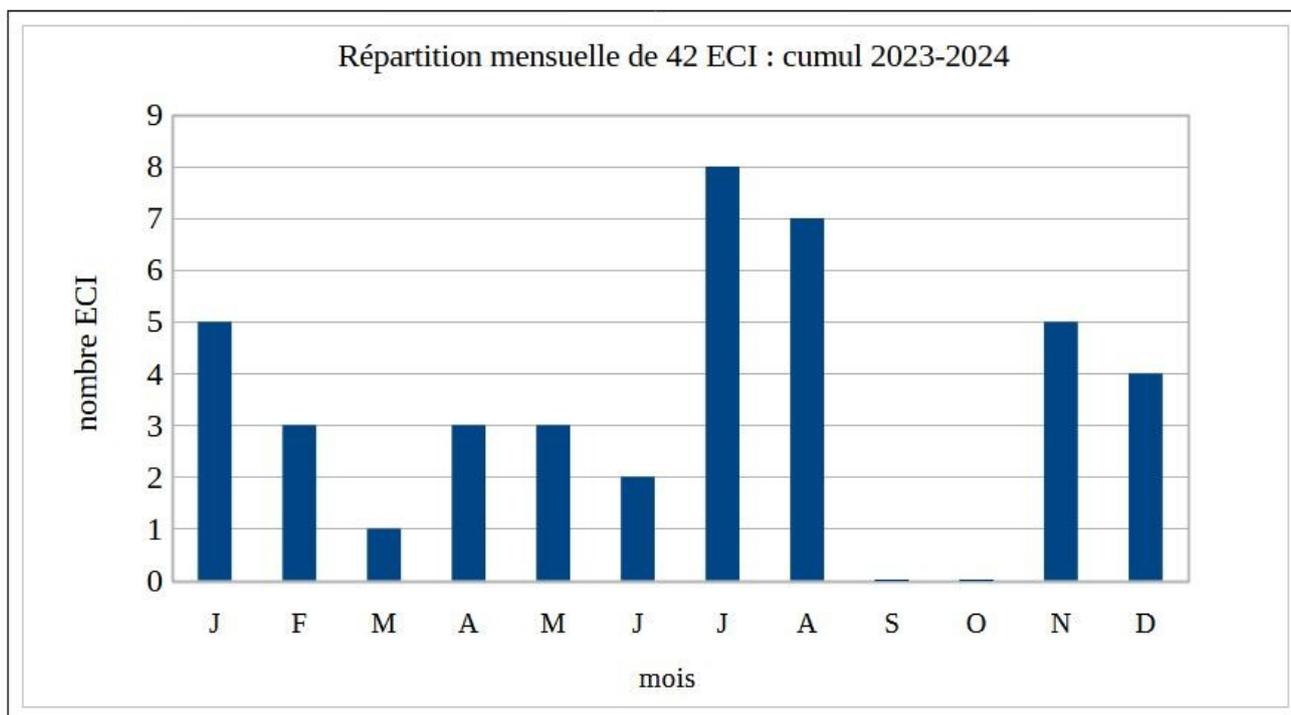


Figure 34 : **Répartition mensuelle des ECI sur un cumul de 2 cycles annuels complets (période 2023-2024)**. Les contacts ayant donné lieu à des captures d’images sont plus nombreux en janvier et en juillet et août. On constate une moindre activité au mois de mars et en automne.

4.4 Chronologie individuelle

Les 41 ECI ayant donné lieu à des identifications individuelles ont été disposés chronologiquement pour chaque loup identifié (figure 35).

Ces 41 données d’identifications sont issues de 37 ECI dont 4 sont de degré de certitude 2 ce qui génère 4 dates supplémentaires (pour rappel : le degré 2 signale que deux phénotypes sont plausibles sans qu’il soit possible de les départager). C’est pourquoi le nombre de dates enregistrées est supérieur au nombre des ECI.

Les **regroupements de dates** observés sont le signe d’une période d’activité et de déplacements parfois intenses concernant **un même loup** sur des zones bien dotées en appareils de capture d’images. Cependant, un loup a pu être présent pendant un certain temps en Bretagne sans qu’il ait été filmé ou photographié et même s’il l’a été, il est possible que les images n’aient pas été transmises pour être analysées. C’est notamment le cas des loups contactés pour la première fois à l’ouest de la Bretagne alors qu’ils l’ont traversée d’est en ouest sans être signalés. Cela signifie que les 37 dates offrent un tableau nécessairement partiel du temps de présence réel de ces 6 individus sur le territoire breton.

On notera cependant que, sauf au cours du mois d’avril 2024 où une incertitude d’identification existe entre deux individus (degré de certitude 2/5), **il n’a jamais été identifié plus d’un seul loup au cours d’un même mois en Bretagne**, durant l’ensemble de la période étudiée (2022 – 2024).

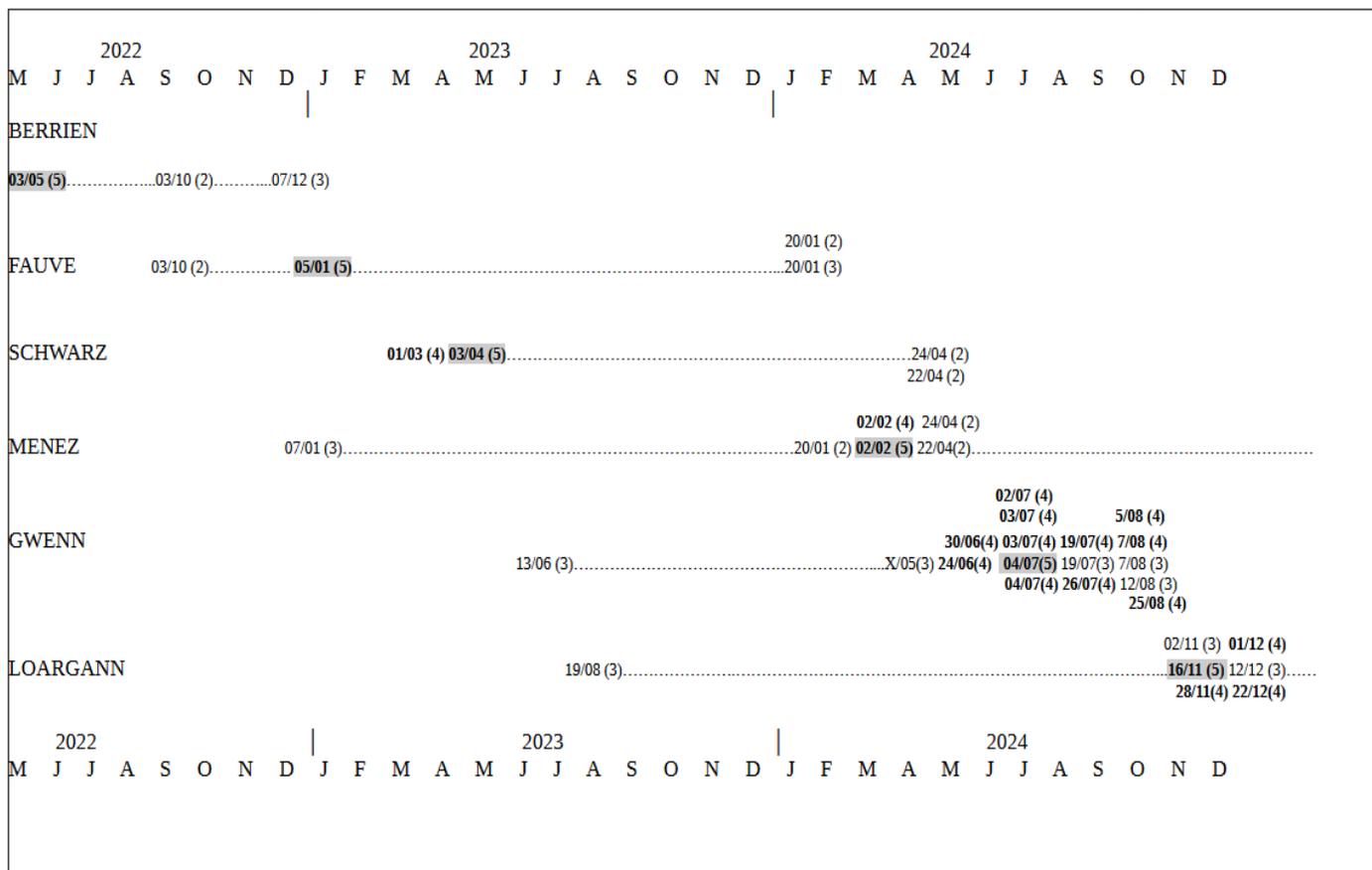


Fig. 35- Tableau chronologique des ECI de 6 loups avec identification individuelle de degré de certitude 2 à 5. Chacun des 37 ECI figurant sur le tableau indique la date à laquelle un loup a été identifié individuellement avec un certain degré de certitude, à partir des vidéos ou des photographies recueillies par le GLB. Les dates des ECI de degré de certitude les plus élevés (4 et 5) sont signalées en gras. Les degrés de certitude sont notés entre parenthèses. Le degré 5 surligné en gris est réservé à l'ECI de référence pour un individu donné. Les lignes pointillées signalent des périodes de plusieurs mois d'absence d'images entre deux contacts pour un individu donné. Les dates indiquées sont celles issues de la base de données. Leur disposition parfois légèrement décalée dans le tableau obéit à des impératifs pratiques de lisibilité.

On remarque qu'il n'existe **pas de schéma général type qui puisse décrire la présence d'un loup dispersant** telle qu'elle est révélée par les documents photographiques. Du fait de l'exceptionnelle capacité d'adaptation des loups, la règle en matière de comportement est le plus souvent contredite par les particularismes individuels (Mathieu 2020).

Certaines présences sont discrètes, comme chez Berrien, Fauve et Schwarz, avec seulement 3 à 4 contacts isolés séparés de plusieurs mois, voire d'une année entière. Pour les trois autres loups, Menez, Gwenn et Loargann, on constate une première apparition, suivie d'une longue absence qui peut durer un an. Cette longue séquence préliminaire (moyenne 12 mois) est ensuite suivie d'une courte période de deux ou trois mois où les contacts sont particulièrement nombreux et groupés, signalant une importante activité de déplacements, souvent assez localisée. Puis, à nouveau l'individu semble avoir disparu, c'est à dire qu'aucun des pièges photographiques qui l'avaient précédemment détecté ne signale désormais sa présence.

À noter que hors période d'étude, Menez a été détecté à nouveau en janvier 2025 après 6 mois sans contact (voir ci-dessous les résultats des durées de présence 4.5).

4.5 Durée de présence en Bretagne des six loups

Au cours de la période d'étude de 32 mois, chaque individu identifié a été contacté une première fois ainsi qu'une dernière fois, sa présence dans la zone étudiée étant encadrée par ces deux dates, même s'il a pu la quitter entre temps. Il est donc possible d'évaluer pour chaque loup sa durée de fréquentation de la zone au cours de la période étudiée à partir de ces bornes temporelles.

Mais les dates choisies pour borner la présence d'un individu vont dépendre du degré de certitude retenu pour chaque ECI. Il est possible de mesurer l'influence du choix du degré de certitude sur les résultats obtenus en matière de durée de présence. Comparer les différents résultats des différents cas permet ensuite d'arbitrer entre la fiabilité de l'identification (hauts degrés de certitude) et celle liée à la taille de l'échantillon (plus grand nombre d'ECI) (**figure 36**).

Remarques :

- Une présence au cours d'un mois compte pour un mois plein.
- Au cours de la période d'étude de 32 mois qui se termine le 31/12/2024, on constate que **deux bornes de présences sont des ECI de degré 2 de certitude**. Datées du 03/10/2022 et du 24/04/2024, elles renvoient l'une et l'autre à deux individus qui n'ont pas pu être départagés : respectivement Berrien ou Fauve et Schwarz ou Menez. Il a donc été considéré **deux hypothèses** correspondant à des durées de présence les plus courtes (a) ou les plus longues (b).

Hypothèse (a) : le 3 octobre 2022, le loup est Berrien et le 24 avril 2024, le loup est Menez.

Hypothèse (b) : le 3 octobre 2022, le loup est Fauve et le 24 avril 2024, le loup est Schwarz.

- Deux ECI intervenus séparément **hors période d'étude en janvier 2025** se sont révélés être des contacts de degré 4 avec Menez et Loargann. Ces données repoussent leurs dates respectives de fin de présence. Exceptionnellement, ces deux données font l'objet des **deux colonnes supplémentaires** [33 mois, hypothèses (a) et (b)]. Elles sont présentées à titre d'information en raison des informations nouvelles qu'elles apportent concernant les durées de présence de ces deux loups.

	degré 4-5	degré 3 à 5	degré 2 à 5 (a)	degré 2 à 5 (b)	degré 2 à 5 (a) (33 mois)	degré 2 à 5 (b) (33 mois)
BERRIEN	1	8	8	8	8	8
FAUVE	1	13	13	16	13	16
SCHWARZ	1	2	2	14	2	14
MENEZ	4	4	16	14	24	24
GWENN	3	15	15	15	15	15
LOARGANN	2	17	17	17	18	18
Durée moyenne (mois)	2	9,8	11,8	14	13,3	15,8

Figure 36 : **Durée de la présence constatée des loups en fonction des degrés de certitude (2 à 5) des identifications individuelles (durées en mois)**

Pour augmenter la taille de l'échantillon et tenir compte de données apparues immédiatement après la période d'étude, un mois supplémentaire (janvier 2025) figurant en grisé à droite du tableau et les deux observations de degré 2 de certitude (doute entre deux individus identifiés) ont été pris en compte. Ces ajouts font l'objet de différentes hypothèses en raison de l'existence de bornes temporelles constituées d'ECI de degré 2 de certitude. On obtient une durée moyenne de présence en Bretagne de l'ordre de 11,8 à 14 mois pour l'ensemble des sujets, si l'on prend en compte l'ensemble des identifications de degré de certitude supérieur ou égal à 2.

Les ECI de degrés de certitude élevée (4 et 5) correspondent aux ECI (n = 22) où un loup est identifié individuellement de façon quasi-certaine.

Ils sont relativement peu fréquents : 1 à 4 ECI pour un individu donné. Le cas de Gwenn est une exception puisqu'en 3 mois, de juin à août 2024, son activité intense et son phénotype très particulier ont permis de l'identifier à douze reprises de façon quasi-certaine. En se basant sur les seules données des ECI de **certitude 4 et 5**, la durée moyenne de présence d'un loup serait de **2 mois (1 à 4 mois)**.

En considérant un échantillon plus large constitué d'ECI de degré de **certitude 3 à 5** (n=33), le temps de présence détectée d'un individu est en moyenne de **9,8 mois (2 à 17 mois)**.

En considérant l'ensemble des ECI de degré de **certitude 2 à 5**, la durée moyenne de présence s'établit à **12,9 mois (11,8 et 14 mois)** (extrême individuels : 2 à 17 mois selon les hypothèses retenues pour les deux bornes de degré 2).

Si l'on ajoute les ECI du mois de **janvier 2025** (hors période d'étude), qui a vu la présence de Loargann prolongée d'un mois et a permis de constater le retour de Menez après 8 mois d'absence d'images, on obtient une durée de présence qui peut atteindre au maximum 24 mois, et en moyenne **15,8 mois (13,3 à 15,8 mois)** (extrêmes individuels : 2 à 24 mois), selon les hypothèses retenues.

On constate à nouveau que **les durées de présence varient fortement en fonction des degrés de certitude** retenus ou écartés. Si l'on ne considère que les ECI de degrés élevés, du fait de leur faible nombre et de leur forte concentration dans le temps, on obtient des durées de fréquentation très courtes, manifestement biaisées. Cela signifie que si les ECI de degrés élevés sont particulièrement précieux pour décrire un phénotype individuel ou affirmer l'existence d'un nouvel individu, leur nombre est ici insuffisant pour rendre compte à eux seuls de la durée de sa présence en Bretagne. Il est donc nécessaire d'élargir l'échantillon aux ECI correspondant aux loups identifiés avec un degré de certitude 2 à 5 pour consolider la fiabilité des résultats en augmentant la taille de l'échantillon.

On peut raisonnablement avancer que pour un loup dispersant en Bretagne, **la durée de fréquentation de la zone étudiée**, telle qu'elle est documentée par les images de la base de données ECI, a été de l'ordre de **12 mois en moyenne (8 à 24)**. On notera que cette fréquentation a pu être intermittente et aussi qu'elle constitue une durée minimum, puisque la majorité des contacts ont eu lieu à l'extrémité ouest de la Bretagne alors que tous les loups concernés ont nécessairement été présents un certain temps supplémentaire dans la partie orientale de la zone étudiée.

4.6 Rythme d'activité

Lorsqu'ils ont été enregistrés par des caméras pièges, les ECI précisent l'heure de la photo ou du début de la vidéo. Il est alors possible de connaître les moments de la journée ou de la nuit où les loups ont effectué leurs déplacements et sont passés devant les objectifs des appareils d'enregistrement. Toutes les images peuvent aussi être plus simplement classées selon un partage binaire « **jour** » ou « **nuit** ». Ces deux appellations sont ici synonymes de périodes comprises entre horaire de **lever et de coucher du soleil** (voir aussi Méthodologie **2.3.j**) pour pouvoir comparer les données saisonnières entre elles corrigées des changements d'heure ([Charrier 2019](#)). L'année a été arbitrairement divisée en quatre saisons biologiques trimestrielles pour visualiser la répartition des ECI selon le rythme jour-nuit en fonction des saisons (**figure 37**).

Printemps	(mars avril mai)
Été	(juin, juillet, août)
Automne	(septembre, octobre, novembre)
Hiver	(décembre, janvier, février)

Saison	Jour	Nuit	total ECI
Printemps	57 %	43 %	7
Été	50 %	50 %	18
Automne	33 %	67 %	6
Hiver	25 %	75 %	12

Fig. 37- **Rythme nycthéral saisonnier des déplacements des loups**. Les déplacements constatés par les 43 ECI enregistrés par pièges photographiques sont effectués autant de jour que de nuit en été. Au printemps, En hiver ils sont principalement nocturnes. Les 6 ECI documentés par smartphone, tous exclusivement diurnes par principe et aux horaires incertains, n'ont pas été retenus pour ne pas biaiser les résultats.

Au printemps, l'échantillon est faible (n = 7 ECI). Un peu plus de la moitié des déplacements des loups filmés ou photographiés par PP à cette saison a eu lieu pendant la journée, et de façon plus marquée entre 10 h et 12 h 30.

En été, les activités de jour et de nuit s'équilibrent exactement. Mais dans la journée, 66 % des contacts diurnes ont eu lieu le soir, entre 20 h et le coucher du soleil (moyenne : 21 h 50).

En automne, les contacts ont été moins nombreux et les déplacements nocturnes sont majoritaires.

En hiver, les captures d'image indiquent une activité de déplacement principalement nocturne avec 78 % des contacts nocturnes hivernaux qui ont eu lieu au milieu de la nuit, principalement entre minuit et 3 heures du matin.

L'histogramme de la **fréquence horaire des contacts** obtenus par piège photographique (veille assurée en continu et horaires précisés) au cours de la période d'étude montre les variations de l'activité en fonction de l'heure (**figure 38**). On constate un fort pic d'activité de déplacements qui suit le coucher du soleil à partir de 22h. Ce pic est suivi d'une baisse sensible dans les déplacements à partir de 23 h. Cette baisse pourrait correspondre à une période de moindre activité, mais ce temps pourrait aussi être consacré à des actions de chasse ou de consommation de proies, les loups n'étant alors plus observés parcourant leurs chemins habituels ([Charrier 2019](#)).

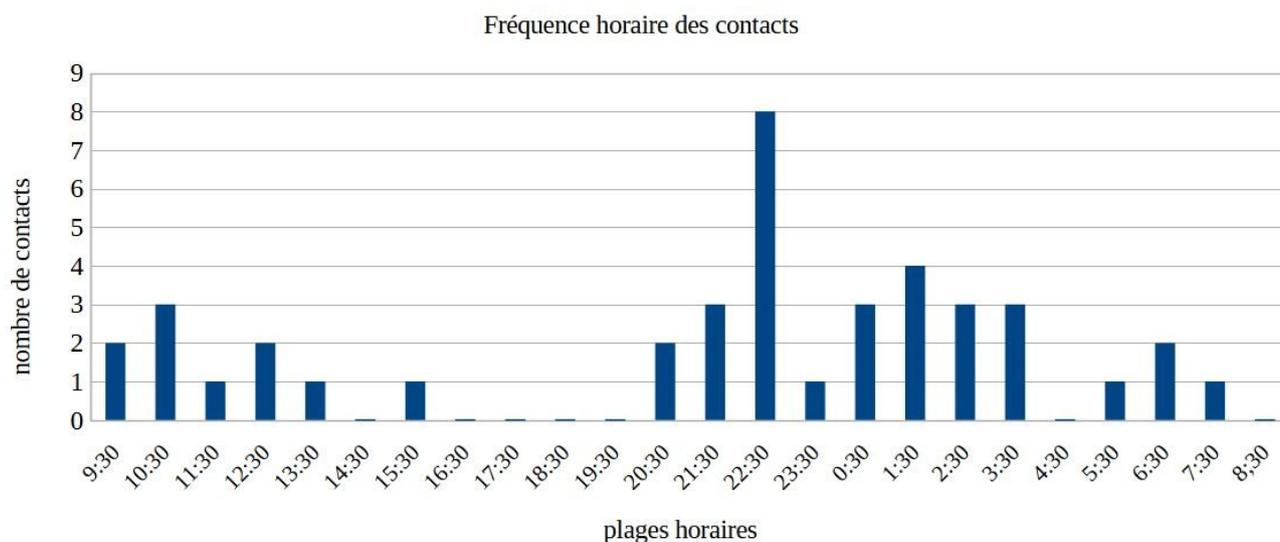


Fig. 38 **Rythme horaire d'activité sur un cycle nycthéral** obtenu à partir de 41 ECI enregistrés en Bretagne par PP où l'heure de capture d'image est connue précisément. On notera que les ECI retenus pour documenter ces contacts proviennent exclusivement de pièges photographiques à enregistrement continu pour éviter les biais dus aux horaires d'activité d'observateurs humains.

Les mouvements sont à nouveau marqués entre minuit et quatre heures du matin pour diminuer ensuite jusqu'à connaître un rebond entre 6 h et 7 h avant le lever du soleil. Plus tard, en cours de matinée et jusqu'à 14 h, des déplacements sont observés mais avec une fréquence décroissante. Ils semblent cesser entre 16 h et 20 h, plage horaire où aucun contact photographique avec un loup n'apparaît dans la base de données ECI.

4.7 Taille des groupes

Aucun des documents photographiques de la base de données ECI ne montre plusieurs loups ensemble sur une même image, ni même plusieurs loups différents filmés au cours d'un même événement. Tous les documents concernent **un seul individu**. Lorsque plusieurs ECI se succèdent au cours d'une même journée, c'est toujours le même individu qui est identifié. Parmi les ECI de score ≥ 3 , les deux contacts les plus rapprochés dans le temps de deux loups différents concernent Berrien et Fauve, mais 29 jours séparent ces deux contacts (Berrien ECI n°6 du 07/12/2022 et Fauve ECI n°7 le 05/01/2023).

On peut en déduire que les six loups identifiés semblent avoir vécu isolément et s'être succédés en Bretagne au cours des 32 mois de l'étude (voir figure 35).

Aucun indice pouvant laisser penser à une reproduction n'a d'autre part été noté au cours de la période d'étude. Toutefois, lorsqu'une meute est présente, les loups se déplacent très souvent seuls et parfois à grande distance les uns des autres, donnant, à l'analyse des images de PP, le sentiment d'une certaine dispersion (Charrier 2019 ; Mathieu 2024). Mais dans le cas de meutes, on finit par observer aussi une diversité de classes d'âges et une pluralité des sexes avec notamment la présence d'une femelle reproductrice dont les mamelons sont généralement bien visibles en période d'allaitement. À noter que les transports de proies dans la gueule parfois observés peuvent avoir lieu en dehors de tout contexte de reproduction. C'est pourquoi ils ne doivent pas être considérés comme des preuves certaines de nourrissage de louveteaux. En effet, les loups adultes transportent parfois leurs proies pour les déposer dans un lieu sûr avant de les consommer (dans l'ECI n°31. 04/07/2024, une vidéo de 3 secondes montre le loup Gwenn transportant un arrière-train de chevreuil).

Les chevauchements de périodes théoriques de présence des six individus (segments en pointillés) sont assez nombreux. On peut aussi en déduire une présence simultanée de certains de ces individus en Bretagne, même si les enregistrements d'images ne la mettent pas directement en évidence. La période allant de septembre à décembre 2023 aurait ainsi pu théoriquement voir 5 loups apparaître dans la base de données, mais aucun ECI n'a été signalé durant cette période.

Aucune femelle n'a été observée dans la base de données ECI ni aucun jeune immature, au cours des trois étés de la période étudiée. Il est donc légitime de conclure que les loups contactés en Bretagne au cours des 32 mois de l'étude sont des mâles en dispersion vivant isolément les uns des autres.

Le schéma général consistant en **individus mâles isolés se succédant l'un l'autre**, avec de possibles recouvrements de présence, semble être une constante pour la Bretagne au cours de la période étudiée.

4.8 Pathologies et identification individuelle

Parmi les 49 ECI analysés, un seul (ECI n°3 du 3 octobre 2022) a montré un loup présentant une boiterie. Sur cette vidéo nocturne filmée à grande distance (score 9,5/23 et degré de certitude 2/5), le manque de détails n'a pas permis d'identifier le loup qui présentait une **boiterie légère** avec appui partiel du postérieur droit. Aucune autre image n'a montré par la suite de loup présentant des séquelles qui auraient pu être reliées à cette pathologie.

Sur l'ensemble des documents photographiques analysés lors de l'étude, aucune anomalie de pelage pouvant évoquer des lésions dues à des dermatites parasitaires n'a été notée. Les six sujets ont tous

semblé être de **jeunes adultes en bon état de santé**, contrairement à ce qu'on peut observer chez certains membres des meutes étudiées en Espagne, en Italie ou dans le sud de la France où plusieurs des individus photographiés présentaient des pathologies visibles et notamment des lésions cutanées de gale (Galaverni 2009 ; Charrier 2019 ; Jimenez 2023).

4.9 Évaluation de l'outil d'identification

4.9 a) La diversité des images

Une première difficulté consiste à extraire des informations à partir d'images d'origines et de qualités très hétérogènes. Le paramètre qui mesure le mieux cette hétérogénéité est le score d'information de chaque ECI (**score ECI**) qui prend en compte **23 indicateurs**. En effet, certains événements ne sont documentés que par une photographie de qualité médiocre qui laisse juste apercevoir assez de détails pour certifier qu'il s'agit d'un loup, mais sans pouvoir l'identifier en tant qu'individu. C'est le cas des scores ECI inférieurs ou égaux à 7/23. Le score le plus faible de la base de données est l'ECI n°44 du 16/12/2024 avec un score de 2,5/23, correspondant à une vidéo d'un loup filmé la nuit et à grande distance.

Certains événements sont au contraire documentés par des images nombreuses, photos ou vidéos, où le loup se présente bien éclairé, suffisamment proche, sous plusieurs angles de vue et durant un temps suffisamment long pour enregistrer de nombreux critères d'identification individuelle. C'est le cas de certains ECI aux scores supérieurs ou égaux à 16/23. L'ECI au score le plus élevé est obtenu avec le loup Gwenn, ECI n°31 du 04/07/2024 avec un score ECI de 22/23, où les 10 critères ont tous été observés, où les 7 schémas de l'identification graphique ont pu être renseignés et où les critères M+D ont été bien détaillés.

L'hétérogénéité des images qui documentent les 49 ECI de la base de données se traduit par un **fort étalement des scores ECI** (de 2,5/23 à 22/23) (**figure 39**). La moyenne des scores des 49 contacts est de 11,4. On remarquera que cette moyenne se situe au centre d'une distribution relativement symétrique autour du score moyen théorique de 12,7 (minimum 2,5 et maximum 23) représenté par la barre verticale. Cela signifie que le score ECI reflète bien de manière assez linéaire l'étalement régulier du niveau d'information des ECI découlant de la grande amplitude de la qualité des images.

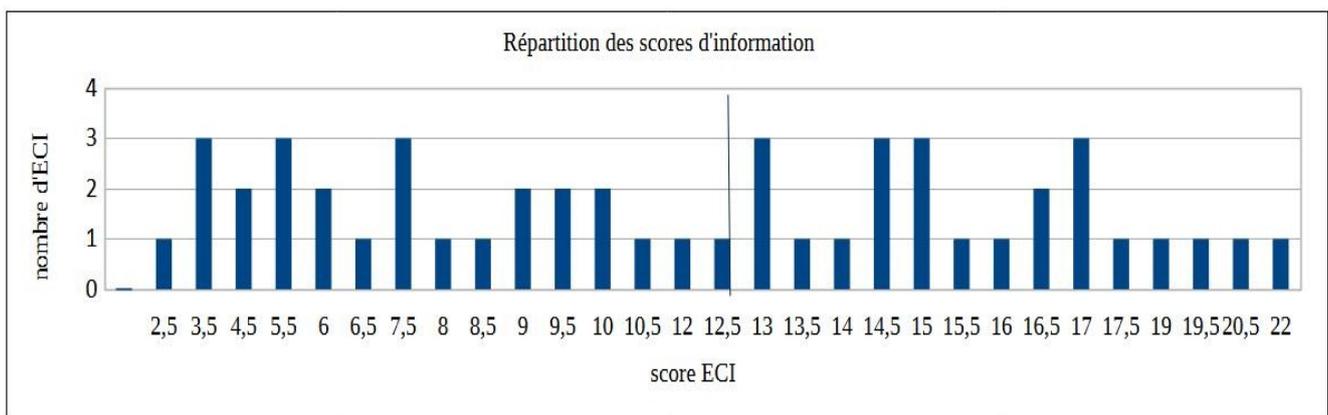


Fig. 39- **Répartition des 49 ECI selon leur score d'information.** La distribution des ECI sur la période étudiée se répartit équitablement de part et d'autre du score moyen théorique de 12,7 (indiqué par un trait vertical) entre 2,5 (score théorique minimum) et 23 (score théorique maximum).

4.9 b) La clé simplifiée des trois premiers critères

Il a été remarqué que dans les ECI de score inférieur, certains critères étaient plus souvent visibles que d'autres, même dans des conditions de lumière ou de distance défavorables. Il s'agit des trois premiers critères correspondant aux détails du **masque facial**, de la **tache maxillaire** et à ceux de la **bande dorsale** (voir méthodologie 2.3.f).

Ces trois critères d'identification individuelle ont fait l'objet d'un traitement particulier. Ils ont distingués des autres par leur propre score « masque et dos » (**score M+D**) noté de 1 à 6 pour chaque ECI (**figure 40**). Ce score M+D est ensuite intégré au score ECI final.

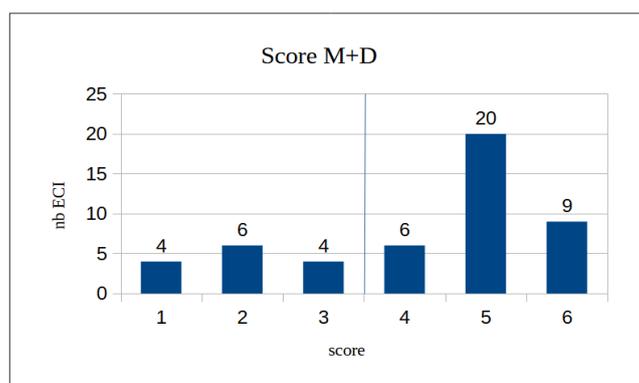


Fig. 40- Répartition des ECI en fonction de leur score M+D (clé simplifiée). Selon leur niveau d'information, les critères M+D (Masque labial et taches proches, tache Maxillaire + étendue de la bande Dorsale et taches associées) sont notés de 1 à 6. Du fait de la bonne visibilité de ces 3 premiers critères même en faible lumière, un grand nombre d'ECI ont un score supérieur à la moyenne théorique de 3,5 ce qui en fait un marqueur privilégié pour l'identification individuelle des loups.

À la différence de la répartition des scores ECI qui présentaient une distribution équilibrée de part et d'autre du score théorique moyen, la **distribution des scores M+D est asymétrique** à gauche avec une valeur modale à 5 (proche du score maximum de 6). C'est donc qu'une forte majorité d'images (71,4%) affiche **un score M+D supérieur au score moyen théorique**.

Ce résultat confirme que le score M+D est un **marqueur performant** qui permet d'obtenir les meilleurs taux de réussite en matière de recherche d'identité individuelle des loups à partir d'un même échantillon d'images de qualité hétérogène.

Il est cependant insuffisant à lui seul pour refléter la richesse en informations des ECI de haute qualité. Il est donc nécessaire dans tous les cas de faire appel aux deux autres scores (nombre des critères observés et nombre de schémas renseignés) afin de prendre en compte les 7 autres critères.

V Discussion

5.1 Phénotypes et origine géographique des loups

À ce jour, il n'est pas possible de reconnaître visuellement de façon incontestable l'origine géographique des loups d'après leur aspect extérieur (Mathieu 2020). Il a longtemps été considéré que la population italo-alpine se distinguait de toutes les autres par la présence de bandes antébrachiales particulièrement larges et de couleur noire. Mais si une forte proportion de loups appartenant à cette population présente effectivement des bandes noires bien visibles, il s'avère que tous les individus ne les ont pas aussi marquées. D'autre part, toutes les « sous-espèces » européennes de loups, et

notamment celles correspondant aux populations italo-alpine (*Canis lupus italicus*), ibérique (*Canis lupus signatus*), mais aussi germano-polonaise (*Canis lupus lupus*), peuvent être porteuses de ces marques antébrachiales qu'on peut retrouver chez les loups du monde entier (Rapet 2007). On observe néanmoins que ce sont les loups des populations les plus méridionales qui présentent statistiquement des bandes antébrachiales plus sombres et plus larges avec la plus grande fréquence, ce caractère tendant à devenir de plus en plus discret chez les populations les plus nordiques, en suivant un cline allant de la Méditerranée à la Scandinavie. Mais après plusieurs décennies d'isolement, des reconnections ont commencé à se produire entre les différentes populations européennes (Pilot *et al.* 2010).

Les loups qui parviennent jusqu'en Bretagne peuvent théoriquement être issus de différentes origines, bien que la population ibérique ait montré une tendance particulièrement marquée à la sédentarité avec une majorité de dispersions à très courte distance (Blanco and Cortez 2007). À ce jour, seules les analyses génétiques sont susceptibles de fournir des informations incontestables sur la lignée et la population d'origine des loups dispersants en Bretagne.

5.2 Comportement des loups dispersants en Bretagne

Les résultats de l'analyse des ECI recueillis lors de cette étude permettent de dégager plusieurs traits généraux concernant le comportement de dispersion des six loups mâles identifiés.

La zone de Bretagne où les contacts photographiques ont été les plus nombreux se situe dans le Finistère et plus précisément dans les monts d'Arrée. Il ne s'agit pas ici d'un biais dû à la densité importante des pièges photographiques. C'est aussi dans ce secteur d'une centaine de km² que les indices de présence validée par l'OFB ont été les plus nombreux, là aussi où les dommages aux troupeaux possiblement occasionnés par un loup (ceux dont l'animal responsable est qualifié par les autorités de « loup non exclu ») ont été les plus fréquemment signalés (OFB 2024).

Il se trouve que c'est aussi une zone où la densité en habitants est particulièrement faible et l'indice de naturalité est relativement élevé (figures 41 et 42).

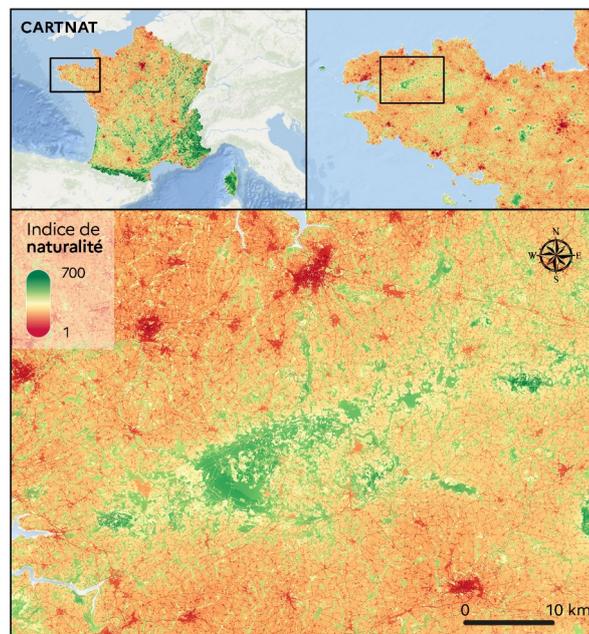


Fig. 41 : Carte de l'indice de naturalité dans les monts d'Arrée (Guetté *et al.* 2021). Les monts d'Arrée sont la zone du Finistère présentant le plus fort indice de naturalité. C'est aussi celle qui a enregistré le plus grand nombre de contacts de loups au cours de l'étude.

Il a été montré que le principal facteur qui oriente le choix d'un territoire par les loups dispersants, plus que la disponibilité en proies sauvages, est **la perception d'une faible présence humaine** (Morales-González *et al.* 2021). Un domaine vital considéré comme favorable pour ces individus est une zone qui limite les risques de rencontre avec l'homme, source d'une importante létalité chez ces animaux (collisions, braconnage...). Les infrastructures humaines en grand nombre comme les routes ou les habitations sont défavorables à l'installation des loups dispersants, même s'ils n'hésitent pas à suivre les tracés des voies de circulation humaines lors de leurs déplacements.

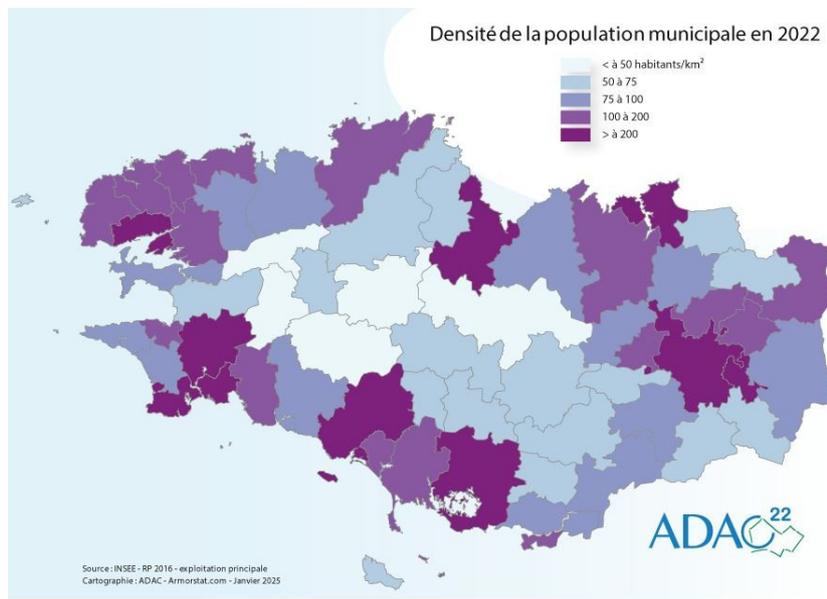


Fig 42 : **Densité de la population en Bretagne 2022.** (Source INSEE – ADAC 22). Avec une population majoritairement concentrée sur les zones littorales, la Bretagne présente en son centre des ensembles de communes à faible densité de population. Ces zones sont plus particulièrement attractives pour des loups qui recherchent à échapper à une trop forte présence humaine.

Le retour des loups en Bretagne s'inscrit dans une dynamique démographique européenne de l'espèce (European Commission 2023). La zone des monts d'Arrée constitue pour les loups dispersants un vaste domaine vital de base qui leur permet de partir pour des raids exploratoires, parfois sur plusieurs dizaines de kilomètres et cela en toutes directions, leur parcours d'exploration n'étant limité que par le littoral, ce qui les retient aussi en Bretagne par un « **effet de péninsule** ». Une fois ces explorations terminées, ils peuvent rejoindre les sites pour lesquels ils ont développé une affinité particulière et qui leur offrent les meilleures conditions en terme de sécurité, de mise à distance de la présence humaine et de disponibilité en proies. Leur absence aura pu durer quelques jours, quelques semaines, ou quelques mois. Certains finissent par quitter définitivement leur secteur parce qu'ils poursuivent leur dispersion, faute d'avoir trouvé une femelle qui leur permettrait de former un couple et de commencer à s'établir sur un territoire à défendre avant de se constituer en meute familiale. D'autres peuvent avoir trouvé la mort dans des circonstances ignorées à ce jour. D'autres encore, après avoir acquis une parfaite connaissance du milieu et des ressources offertes par ce cœur de zone, continuent de le fréquenter, mais toujours de façon solitaire et sans rechercher ni contact, ni conflit avec les autres mâles qui pourraient s'y trouver au même moment.

Il est possible que ce modèle puisse constituer le schéma principal de la présence d'une population pionnière de loups en Bretagne, tel que le suivi par photo-identification a permis de le documenter jusqu'ici. Ce modèle est d'autre part cohérent avec les résultats de nombreuses études réalisées sur le comportement de dispersion chez les loups (Morales-González 2021).

5.3 Photo-identification versus analyses génétiques

Les auteurs qui ont coordonné le suivi d'une population de loups dans le sud-est de la France et analysé plus de 3600 photos de loups, concluent : « La photo, datée et géolocalisée constitue une donnée scientifique de référence. Elle est encore plus performante si elle est couplée à un suivi intensif des individus par analyses ADN. L'utilisation de pièges photographiques (PP), approche relativement facile à mettre en œuvre et peu coûteuse en matériel, peut donc être facilement utilisée en complément des autres techniques habituelles d'étude des loups et apporter des résultats irremplaçables à la connaissance de l'espèce en zone méditerranéenne » (Charrier 2019). Ils soulignent la très bonne complémentarité de cette méthode avec les analyses génétiques qui ont été menées parallèlement.

La Bretagne connaît des conditions quelque peu différentes en raison de l'absence de meutes et du fait qu'il n'existe sur le terrain aucun réseau de caméras pièges spécifiquement dédiés à un programme de recherche sur les loups. Il est d'autre part plus difficile d'y comparer les résultats des deux méthodes (photographique et génétique) puisque le nombre d'analyses génétiques menées en deux ans et demi est très faible, alors que plus de 30 vidéos et 43 photographies réalisées hors programme de recherche (HPR) ont déjà été analysées.

Il est cependant possible de proposer une **évaluation sommaire des performances attendues des deux méthodes** en ce qui concerne la qualité et la quantité des renseignements ainsi que les conditions de leur mise en œuvre, dans un programme qui aurait pour but le recensement, le suivi et l'acquisition de connaissances biologiques et éthologiques sur les loups dispersants (**figure 43**).

La pertinence de chacune des deux méthodes est estimée à partir du retour d'expérience des différentes études citées en référence et selon un barème simplifié :

Très adapté ++ Adapté + Peu adapté - Mal adapté --

Suivi des loups dispersants	Analyse de photos et vidéos HPR	Analyses génétiques
Faible coût (matériel, ressources humaines, analyses)	++	--
Facilité de mise en œuvre (nombre d'organismes concernés, rapidité d'accès aux résultats)	++	--
Détermination de l'espèce	+	++
Possibilité d'une identification individuelle	+	++
Origine des individus	-	++
Sexe	+/-	++
Âge	+/-	-
Évaluation de l'état sanitaire (pathologies, blessures)	+	--
Fréquence et facilité des recaptures	++	+/-
Suivi des déplacements sur courtes distances	++	+
Suivi des déplacements sur très longues distances	--	++
Régime alimentaire	--	+*
Taille des groupes	++	+
Rythme d'activité	++	--
Étude du comportement	+	-

Contribution à la protection des troupeaux	+	-
Détection des premières arrivées – chronologie	++	+
Estimation des densités	-	++
Partage d’informations au niveau international	--	++

*L'étude du régime alimentaire par la génétique est rendue possible par l'analyse de fèces selon la méthode NGS « next generation sequencing », pour rechercher l'ADN des proies consommées.

Fig. 43- Différences et complémentarité entre photo-identification HPR et analyses génétiques non invasives dans le cas du suivi des loups dispersants. Entre la photo-identification individuelle et l'analyse génétique, il existe une remarquable complémentarité : les points forts de l'une sont très souvent les points faibles de l'autre. Cette évaluation comparative n'est toutefois pertinente que dans le cas du suivi de populations pionnières de loups représentées par de faibles effectifs et lorsqu'il existe un réseau participatif pour assurer la capture d'images, ce qui est le cas de la Bretagne dans la présente étude.

Ce tableau comparatif ne donne qu'une idée indicative des capacités respectives des deux méthodes à répondre aux problématiques et aux questions posées par le suivi et la biologie des loups dispersants. On remarque que chacune possède ses qualités propres mais aussi ses limites. Il est aussi intéressant de constater que les deux approches se révèlent complémentaires sur l'ensemble des sujets abordés, ce qui confirme l'intérêt de les mettre en œuvre conjointement pour assurer le meilleur suivi possible des loups dispersants, depuis leur apparition jusqu'aux premiers temps de leur installation.

5.4 Science participative et action associative

Les possibilités offertes aux chercheurs par la démarche des sciences participatives se sont multipliées depuis les dernières décennies et les exemples sont nombreux de réussites spectaculaires dans lesquelles le public est invité à récolter sur le terrain et à grande échelle les données qui seront analysées plus tard par les scientifiques.

Pour ne prendre que deux exemples, on peut citer en France l'opération « Comptage national des oiseaux des jardins » organisée chaque année en janvier par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) qui a récolté sur son site (oiseauxdesjardins.fr) 4,5 millions de données entre 2012 et 2022. Au niveau mondial, l'organisation *Happywhale* est une plateforme internationale de science participative qui permet au public et aux associations de participer au suivi des déplacements et du comportement des cétacés par les photographies envoyées sur leur site. En 2004, la banque d'images de *Happywhale* avait déjà recueilli plus d'un million de clichés de nageoires caudales pris par des amateurs ou des professionnels qui ont permis d'identifier près de 12 000 individus (happywhale.com/home). Un programme informatique très avancé d'identification individuelle par IA à partir des marques et cicatrices de la nageoire caudale assure un suivi des déplacements de milliers de baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) sur tous les océans du monde, par analyses automatisées des recaptures photographiques (Cheesemann *et al.* 2022).

Le **Groupe Loup Bretagne**, créé en 2019 en lien avec les associations Bretagne Vivante et le Groupe Mammalogique Breton permet le signalement d'observation et encourage l'envoi des documents photographiques de loups via son site <https://loup.bzh> et sa [page Facebook](#).

La sélection et le tri des images de loups sont effectués dans un premier temps par les propriétaires de caméras pièges ou d'appareils de prise de vue. C'est un élément essentiel à prendre en compte pour expliquer le très faible coût de la méthode de photo-identification HPR, rapporté à la quantité et à la

qualité des résultats qu'elle peut générer et si on la compare aux autres méthodes (génétique non invasive ou radiopistage par télémétrie).

La relative rareté des images de loups dispersants a rendu nécessaire l'utilisation des documents numériques enregistrées par tous types d'appareils (smartphones, caméras pièges, appareils photos numériques).

L'exemple du dernier loup identifié (Loargann) rend compte la diversité des documents soumis à l'analyse (**figure 44**).



Fig. 44- Diversité des sources photos et vidéos pour un même un loup. Loargann 12 ECI du 19/08/2024 au 23/01/2025.

L'utilisation d'images provenant de sources diverses hors protocole de recherche implique parfois un travail supplémentaire pour disposer de documents utilisables avant de les inclure dans la base de données. C'est notamment le cas lorsque la localisation est absente ou imprécise, lorsque les dates ou les heures sont manifestement erronées du fait d'un mauvais paramétrage des pièges photographiques, ou lorsque l'ordre du format de date (jour-mois ou mois-jour) n'est pas explicitement indiqué. Dans tous ces cas, un échange avec l'auteur des images est nécessaire pour préciser le référencement de la donnée. Il faut aussi compter avec les transmissions tardives d'ECI qui doivent retrouver une place dans dans la chronologie de la base de données.

Malgré ces inconvénients, les résultats obtenus au cours des 32 mois de l'étude grâce à ce nouvel outil d'identification individuelle ont conduit le Groupe Loup Bretagne à poursuivre le recueil des photos et vidéos de loups pour prolonger ce travail d'analyse au cours des années à venir.

5.5 Généralisation de la méthode

La question se pose de savoir s'il est possible d'appliquer à une plus large échelle temporelle ou géographique ce protocole de photo-identification, élaboré pour un petit effectif de loups dispersants en Bretagne.

Les dix critères d'identification choisis ont permis de différencier six loups au 31 décembre 2024. Les trois premiers critères se sont révélés suffisants pour constituer une clé d'identification simplifiée qui offre une première combinaison associant 9 phénotypes possibles pour le masque labial et 6 phénotypes possibles pour le dos. Cette première combinaison est complétée par celle de la gamme très étendue des taches sombres disposées autour du masque. L'ensemble a permis de caractériser les six individus à partir de cette seule clé simplifiée. Les 7 autres critères viennent alors en complément pour confirmer une identification ou se substituer à l'un ou l'autre des 3 premiers s'ils ne sont pas visibles sur une image.

Cet outil est donc conçu pour assurer l'identification individuelle d'un nombre de loups plus important, mais il est vraisemblable qu'il atteindra sa limite au-delà d'un certain effectif. Pour assurer la photo-identification d'un très grand nombre d'individus dont certains peuvent présenter des patterns phénotypiques très proches, il faudra nécessairement faire appel à d'autres méthodes, comme celles utilisant des modèles de traitement automatisé d'images par algorithmes de reconnaissance basés sur d'autres gammes de critères qui seront à redéfinir.

VI Conclusion

Les résultats obtenus en appliquant le protocole d'analyse d'images de loups proposé dans cette étude tendent à démontrer qu'il est possible, en cas de faible effectif et sur de vastes zones offrant une couverture photographique suffisante, de parvenir à une identification individuelle avec un pourcentage de succès conséquent. Cela a été rendu possible en faisant appel à toutes les photographies et vidéos de loups disponibles ayant été préalablement validées, selon une démarche de science participative. L'identification des individus a été soumise à une échelle de degrés de certitude dépendant de la qualité et de la quantité d'informations contenues dans chaque document photographique. Le protocole d'analyse des images, basé sur la recherche d'un ensemble de critères phénotypiques, a permis de décrire le plus précisément possible chaque individu identifié.

La méthode présente la particularité de pouvoir s'appliquer à tous les individus adultes, quel que soit leur aspect extérieur. Il n'est pas nécessaire que les sujets présentent des anomalies, des infirmités, des marques ou des comportements remarquables, pour qu'ils puissent être identifiés individuellement. Des informations issues des images recueillies ont permis de collecter des données de localisation et de durée de présence de six loups différents photographiés en Bretagne au cours d'une période de deux ans et demi. Il a aussi été possible de préciser certains aspects de leur biologie sur l'ensemble des sites où des caméras pièges ont pu enregistrer leurs déplacements.

Cette étude, qui repose essentiellement sur des ressources associatives, la participation du public et le bénévolat, n'a demandé que très peu d'investissements financiers alors qu'elle documente pour la première fois la présence sur une longue période des premiers loups dispersants en Bretagne. Cette présence des loups, avérée et quasi continue depuis le mois de mai 2022, peut constituer le début d'une phase de repeuplement, comme cela se produit ailleurs en Europe. À ce titre, ce type d'étude

effectuée à un stade précoce peut se révéler précieux pour préparer le monde de l'élevage à cette nouvelle situation. L'enjeu est de recueillir assez de connaissances pour préparer les conditions d'une cohabitation comme il en existe dans les régions européennes qui sont plus avancées que la Bretagne dans ce processus.

Les performances de ce nouvel outil, qui viennent en complément de celles des analyses génétiques, pourraient être optimisés par l'utilisation d'un réseau des caméras pièges disposés sur les sites favorables à la présence de l'espèce et par la formation de leurs opérateurs, afin d'obtenir davantage d'images de qualité permettant les identifications. Enfin, le couplage de cette méthode avec un programme ambitieux de génétique non invasive de dernière génération pourrait permettre d'assurer le suivi de qualité que mérite le retour du loup en Bretagne.

VII Bibliographie

Ausband, D. E., Lukacs, P. M., Hurley, M., Roberts, S., Strickfaden, K., Moeller, A. K.. Estimating wolf abundance from cameras. *Ecosphere. ESA. Volume13, Issue2* February 2022 e3933. First published: 06 February 2022.

<https://doi.org/10.1002/ecs2.3933>

Ausilio, G., Sand, H., Månsson, J., Mathisen, K. M. and Wikenros C. (2021). Ecological Effects of Wolves in Anthropogenic Landscapes: The Potential for Trophic Cascades Is Context-Dependent. *Front. Ecol. Evol.* 8:577963.

<https://doi.org/10.3389/fevo.2020.577963>

Barber-Meyer, S., Dysthe, J. C. and Pilgrim, K. L. 2020. Testing environmental DNA from wolf snow tracks for species, sex and individual identification. *CWBM : Volume 9.1.* 12-20.

https://wolfwatcher.org/wp-content/uploads/2020/10/Barber-Meyer_etal_2020_Wolf_eDNA_CWBM-1.pdf

Beaulieu (de), F. 2023. *Le loup en Bretagne hier et aujourd'hui*. Skol Vreizh, Morlaix, 184 p.

Blanco, J. C. and Cortés, Y. 2007. Dispersal patterns, social structure and mortality of wolves living in agricultural habitats in Spain. *Journal of Zoology* 273, 114–124.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2007.00305.x>

Burch, J. W., Adams, L. G., Follmann, E. H., Rexstad, E. A. 2005. Evaluation of wolf density estimation from radiotelemetry data. *Wildlife Soc B.* 2005;33:1225–36.

[https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2005\)33\[1225:EOWDEF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2005)33[1225:EOWDEF]2.0.CO;2)

Charrier, L., Orsini, P., Conord, M., Betbeder, L., 2029. Monitoring wolves (*Canis lupus italicus*) by camera-traps in military camp (France-Var). 2019. hal-02274438v1.

<https://hal.science/hal-02274438v1>

Cheeseman, T. *et al.* 2022. Advanced image recognition: a fully automated, high-accuracy photo-identification matching system for humpback whales. *Mamm. Biol.* 102, 915–929.

<https://doi.org/doi:10.1007/s42991-021-00180-9>

Ciucci P., Boitani L., Francisci F., and Andreoli G. 1997. Home range, activity and movements of a wolf pack in central Italy. *J. Zool.* 243:803-19.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb01977.x>

Denis, B., 2007. *Génétique et sélection chez le chien*. AFVAC Éditions, SCC, Paris. 320 p.

European Commission, Directorate-General for Environment, Blanco, J. C. and Sundseth, K. 2023. The situation of the wolf (*Canis lupus*) in the European union – An in-depth analysis, *Publications Office of the European Union*, 2023.

<https://data.europa.eu/doi/10.2779/187513>

Galaverni, M., Palumbo, P., Fabbri, H., Caniglia, R., Greco, C., Randi, E. 2012. Monitoring wolves (*Canis lupus*) by non- invasive genetics and camera trapping : a small-scale pilot study. *Eur. J. Wildl. Res.*, 58: 47–58.

<https://doi.org/10.1007/s10344-011-0539-539-5>

Gipson, P. S., Bangs, E. E., Bailey, T. N., Boyd, D. K., Cluff, H. D., Smith, D. W., Jiminez, M. D. 2002. Color patterns among wolves in western North America. *Wildl. Soc. Bull.* **30**, 821–830 (2002).

<https://doi.org/10.2307/3784236>

Gomez, A., Diez, G., Salazar, A., Diaz, A. 2016. Animal identification in low quality camera-trap images using very deep convolutional neural networks and confidence thresholds. *2016 International Symposium on Visual Computing* (Springer, Cham, Switzerland), pp. 747–756 (2016).

https://doi.org/10.1007/978-3-319-50835-1_67 Corpus ID: 6779050.

Guetté, A., Carruthers-Jones, J. et Carver, S., UICN. 2021. CARTNAT premier diagnostic national des aires à fort degré de naturalité. *Actualité Aires Protégées. Congrès UICN 2020*. Publ. 8 sept. 2021.

<https://uicn.fr/cartnat-premier-diagnostic-national-des-aires-a-fort-degre-de-naturalite>

Halpin, Z. T. 1980. Individual odors and individual recognition: Review and commentary. *Biol.Behav.* 5:233-48. in Mech 2003.

Harrington, F. H., Asa, C. S. 2023. Wolf communication. in *Wolves : Behavior, Ecology, and Conservation*, edited by L. David Mech and Luigi Boitani, Chicago: University of Chicago Press, 2003, pp. 66-103.

Harmoinen, J., von Thaden, A., Aspi, J. *et al.* 2021. Reliable wolf-dog hybrid detection in Europe using a reduced SNP panel developed for non-invasively collected samples. *BMC Genomics* 22, 473 (2021).

<https://doi.org/10.1186/s12864-021-07761-5>

Jackson, R. M., Roe, J.D., Wangchuk, R., Hunter, D.O. 2006. Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Soc B.* 2006;34:772–81.

[https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2006\)34\[772:ESLPAU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2006)34[772:ESLPAU]2.0.CO;2)

Jean, A. 2024a. Ce que l'ADN ancien nous apprend de l'histoire des loups en Bretagne et au-delà. *Penn ar Bed* 52, 23-35.

https://pmb.bretagne-vivante.org/pmb/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=67466

Jean, A. 2024b. Loups : distinguer les individus. Proposition de méthodologie d'après les observations bretonnes. Groupe Loup Bretagne (GLB). Publié 24 septembre 2024.

<https://loup.bzh/reconnaitre-les-loups/>

Jean, A. 2024c. Identifier nos loups. Une nouvelle méthode d'analyse d'images par le Groupe Loup Bretagne. *Mammi' Breizh. Groupe Mammalogique Breton*. 45, 14-15.

Jedrzejewski, W., Schmidt, K., Theuerkauf, J., Jedrzejewska, B., and Okarma, H. 2001. Daily movements and territory use by radio-collared wolves, *Canis lupus*, in Białowieża Primeval Forest (Poland). *Ecology* 83:1341-56., in Mech 2003.

<https://doi.org/10.1139/cjz-79-11-1993>

Jimenez, J., Cara, D., García-Dominguez, F., Barasona, J. A. 2023. Estimating wolf (*Canis lupus*) densities using video camera traps and spatial capture–recapture analysis. First published: 09 July 2023.

<https://doi.org/10.1002/ecs2.4604>

Johansson, Ö., Samelius, G., Wikberg, E. *et al.* 2020. Identification errors in camera-trap studies result in systematic population overestimation. *Sci Rep* 10, 6393 (2020).

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-63367-z>

Kreeger, T.J. 2003. The Internal Wolf : Physiology, Pathology, and Pharmacology. in Mech 2003.

López-Bao, J. V., Godinho, R., Pacheco, C., Lema, F. J., García, E., Llaneza, L., Palacios, V. and Jiménez, J. 2018. Toward Reliable Population Estimates of Wolves by Combining Spatial Capture-Recapture Models and Non-Invasive DNA Monitoring. *Scientific Reports* 8: 2177.

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-20675-9>

Liu G., Zhang, S., Zhao, X., Li, C., Gong, M. 2021. Advances and Limitations of Next Generation Sequencing in Animal Diet Analysis. *Genes* (Basel). 2021 November 23;12 (12):1854.

<https://doi.org/10.3390/genes12121854>. PMID: 34946803; PMCID: [PMC8701983](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8701983/).

Mattioli, L., Canu, A., Passilongo, D. *et al.* 2018. Estimation of pack density in grey wolf (*Canis lupus*) by applying spatially explicit capture-recapture models to camera trap data supported by genetic monitoring. *Front Zool*. 15, 38 (2018).

<https://doi.org/10.1186/s12983-018-0281-x>

Manuel, M. 2009. Early evolution of symmetry and polarity in metazoan body plans. *C. R. Biol.* 2009 Feb-Mar;332(2-3):184-209. Epub 2008 Nov 28. PMID: 19281951.

<https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.07.009>

Mathieu, R. 2013. Incidence de la prédation cynégétique sur le comportement de l'animal sauvage : exemples et hypothèses. *LPO info Drôme* 20, 21-23.

<https://drive.google.com/file/d/1hy7sozjg-vNmuzAMzxPX4dXuo0riUcnn/view>

Mathieu, R. 2017. *L'hybridation du loup (Canis lupus) : un vrai-faux problème*. FRAPNA Drôme, Valence, 18 p.

http://www.frapnadrome.org/images/drome/biodiversite/hybridation_loup.pdf

Mathieu, R. 2020. *Les loups de France*. FRAPNA Drôme nature environnement/FNE Auvergne Rhône-Alpes, 112 p. Édition numérique.

https://drive.google.com/file/d/1rQa_SIZt75ph2EMmuucd2qdM3MNVu1y8/view?pli=1

Mathieu, R., et al. 2024. *36 meutes de loups suivies en 2023 dans les Alpes, Préalpes et massifs provençaux français. Résultats, analyse et perspectives*. Groupe Loup PP Alpes – rapport reproduction 2023. 14 p.

<https://www.fne-aura.org/uploads/2024/07/suivi-36-meutes-loups-2023-groupe-loup-pp-alpes.pdf>

Mech, L. D., and Boitani, L. 2003. *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*. Chicago, University of Chicago Press. 448 p.

Moller, A.P., and Thornhill, R. 1998. Bilateral Symmetry and Sexual Selection: A Meta-Analysis. *The American naturalist*. 151. 174-92.

<https://doi.org/10.1086/286110>

Morales-González, A., Fernández-Gil, A., Quevedo, M., Revillia, E. 2021. Patterns and determinants of dispersal in grey wolves (*Canis lupus*). *Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc.* Vol. 97. issue 2. April 2022. 466-480. First published 18 October 2021.

<https://doi.org/10.1111/brv.12807>

Morizot, B. 2020. *Manières d'être vivant. Enquête sur la vie à travers nous*. Babel, Actes Sud. Arles. 329 p.

Nakashima, Y., Hongo, S., Mizuno, K. et al. 2022. Double-observer approach with camera traps can correct imperfect detection and improve the accuracy of density estimation of unmarked animal populations. *Sci Rep* 12, 2011 (2022).

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-05853-0>

Norouzzadeh, M. S. et al. 2018. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. (2018). *Proc Natl Acad Sci U S A* 115, E5716–E5725, <https://doi.org/10.1073/pnas.1719367115>

OFB. 2024. *Bilan des indices de présence du loup dans le Finistère*. Présentation Rapport du Comité départemental Loup. 19 novembre 2024. Office Français de la Biodiversité Bretagne. Préfecture du Finistère. DDTM. ppx., 60 p. 3-11.

Pilot, M., Branicki, W., Jędrzejewski, W. *et al.* 2010. Phylogeographic history of grey wolves in Europe. *BMC Evol. Biol.* 10, 104 (2010).

<https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-104>

Rapet, R. 2007. La bande noire sur les membres antérieurs : un critère de reconnaissance des loups italiens ? *Bull. Réseau Loup* n°17. 18-19.

Sarmiento, P., Cruz, J., Eira, C., Fonseca, C. 2009. Evaluation of camera trapping for estimating red fox abundance. *J. Wildlife Manage.* 2009;73:1207–12.

<https://doi.org/10.2193/2008-288>

Tourani, M., Brøste, E. N., Bakken, S., Odden, J. and Bischof, R. 2020. “Sooner, Closer, or Longer: Detectability of Mesocarnivores at Camera Traps.” *Journal of Zoology* 312: 259–70.

<https://doi.org/10.1111/jzo.12828>

Waits, L. P. and Paetkau, D. 2005. Noninvasive genetic sampling tools for wildlife biologists: a review of applications and recommendations for accurate data collection. *J. Wildl. Manag.* 4: 1419–1433.

[https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)69\[1419:NGSTFW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)69[1419:NGSTFW]2.0.CO;2)

Wayne, R. K. and Vilà, C. "8. Molecular Genetic Studies of Wolves". *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*, edited by L. David Mech and Luigi Boitani, Chicago: University of Chicago Press, 2003, pp. 218-238.

<https://doi.org/10.7208/9780226516981-012>

VIII Sigles utilisés

BV : Bretagne Vivante

CMR : Capture Marquage Recapture

ECI : Événement de Capture d’Images

GLB : Groupe Loup Bretagne

GMB : Groupe Mammalogique Breton

HPR : Hors Programme de Recherche

IA : Intelligence Artificielle

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

M+D : Masque et dos

OFB : Office Français de la Biodiversité

PNRA : Parc Naturel Régional d’Armorique

PP : Piège photographique

Alain JEAN vétérinaire. Groupe Loup Bretagne. <https://loup.bzh/>