

distances minimales puisqu'elles sont calculées à partir de la longueur des segment (=lignes droites) entre deux localisations successives.

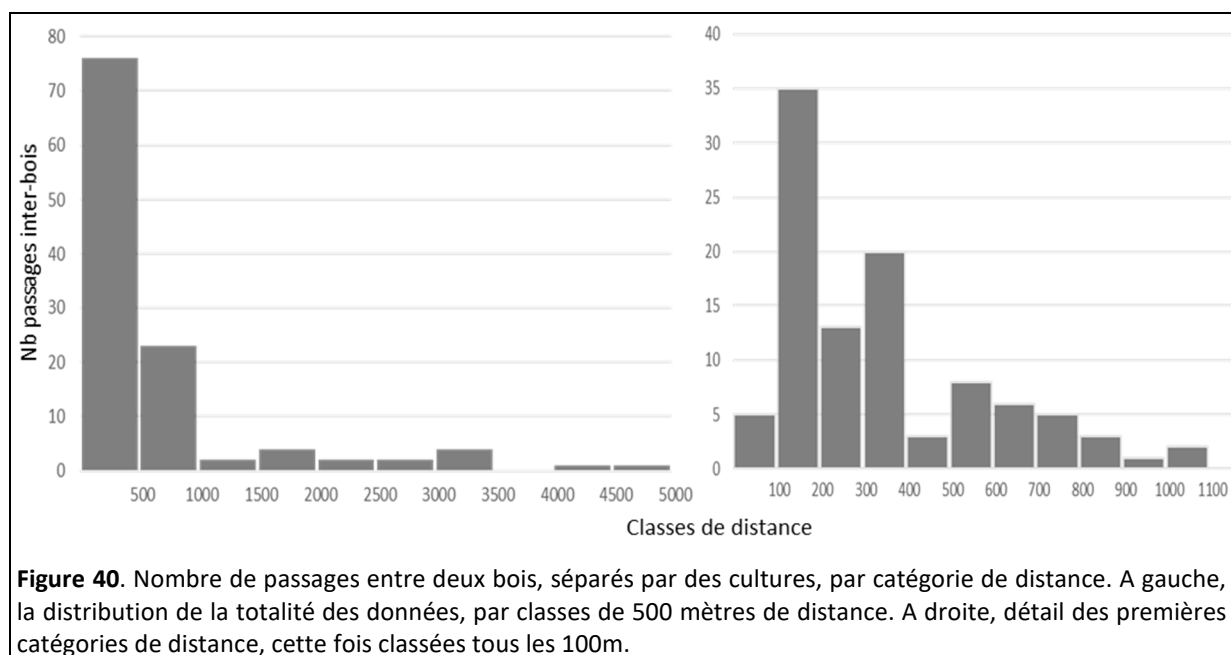
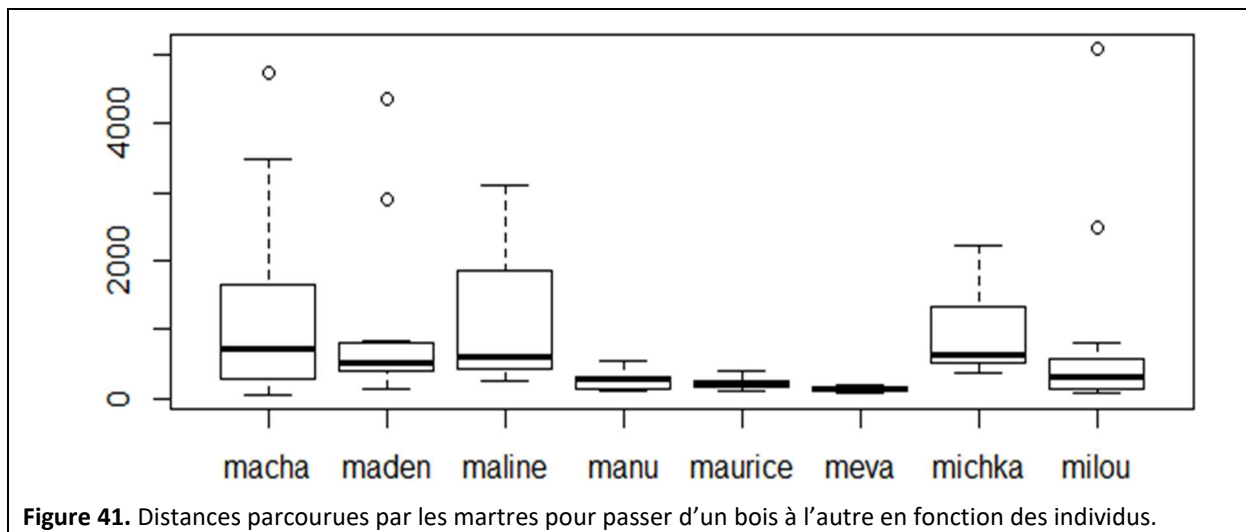


Tableau 11. Récapitulatif des trajets obtenus en plaine céréalière, du nombre de passages d'un bois à un autre observés et des statistiques descriptives concernant les distances parcourues entre chaque bois.

N° Individu	Nom	Site d'étude	Nb trajets plaine	Nb passages entre bois	Distance min	Distance moyenne	Distance max
MM2	Michka	Site 1	3	8	379	944	2232
MF1	Macha	Site 1	8	28	57	1138	4730
MF2	Maline	Site 1	1	3	247	1320	3112
MM3	Maden	Site 1	8	11	132	1078	4348
MM4	Maurice	Site 2	5	22	118	214	396
MF10	Méva	Site 2	1	3	85	142	192
MM9	Milou	Site 2	9	20	89	666	5085
MM11	Manu	Site 2	7	21	118	243	529
Total			42	116	57.34	679.63	5085.08

Chez trois individus, une distance maximale avoisinant les 5 km a été enregistrée laissant à penser que cette valeur pourrait constituer un seuil au-delà duquel il serait difficile pour un animal de se déplacer dans le paysage. Ce constat est cependant à prendre avec précaution puisque des éléments modulant la perméabilité des plaines peuvent exister, telles que les haies. Par ailleurs, les distances réalisées reflètent obligatoirement les distances qui séparent les éléments boisés, d'autres résultats seraient peut-être apparus avec une mosaïque de bois plus éclatée ou plus resserrée dans le paysage. Enfin, nous pouvons noter que les distances varient beaucoup entre individus, et ce significativement (Kruskall-Wallis $\chi^2 = 38.825$, $df = 7$, $p < 0,001$, **Figure 41**). Ces variations peuvent

s'expliquer par les différences dans la disposition des éléments boisés au sein de leur domaine vital, par leur degré de réticence intrinsèque à sortir d'un milieu optimal, par la quantité de données obtenues par individu, ou encore par la période d'acquisition des localisations.



➤ Éléments du paysage utilisés

Sur les 116 passages, 33 ont été réalisés en moins de 5 minutes (28%). Il reste donc 83 passages, comprenant au total 435 localisations, sur lesquels ont été menés les analyses permettant d'identifier les éléments du paysage utilisés pour rejoindre un nouveau bois.

Les analyses consistent plus précisément à comparer la répartition de la globalité des localisations observées dans chacune de ces catégories paysagères (Culture, Herbe, Chemin, Route, Arbre isolé, Haie ou Bois) à celle d'autant de localisations réparties aléatoirement dans une zone tampon de 200 mètres autour des passages entre bois enregistrés (**Figure 42**). Les points aléatoires reflètent finalement la disponibilité des éléments du paysage dans le milieu de vie des individus suivis.

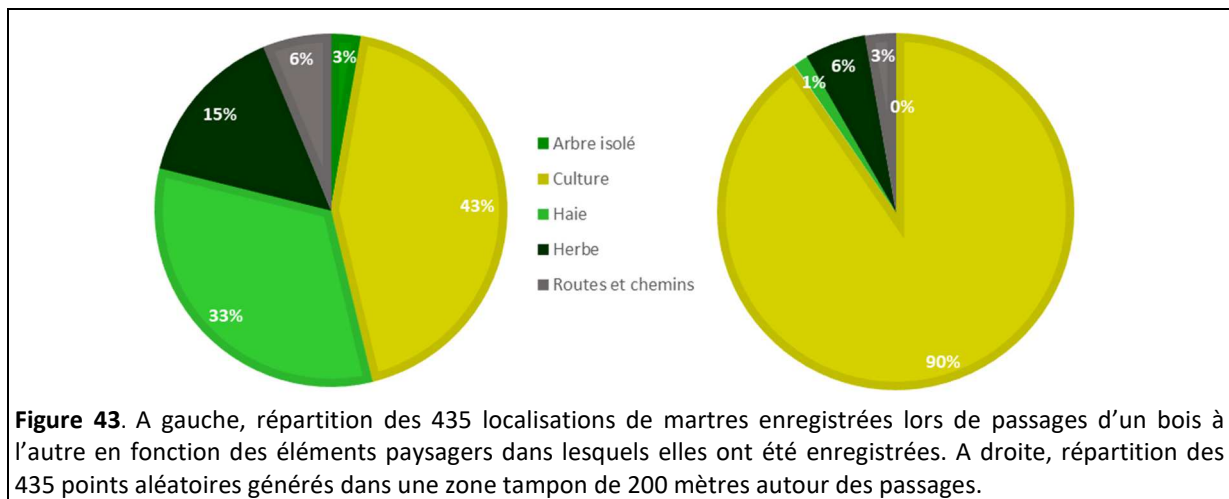
Chacune des 435 localisations observées et des 435 localisations aléatoires a donc été associée à une catégorie paysagère dans laquelle elle est située.



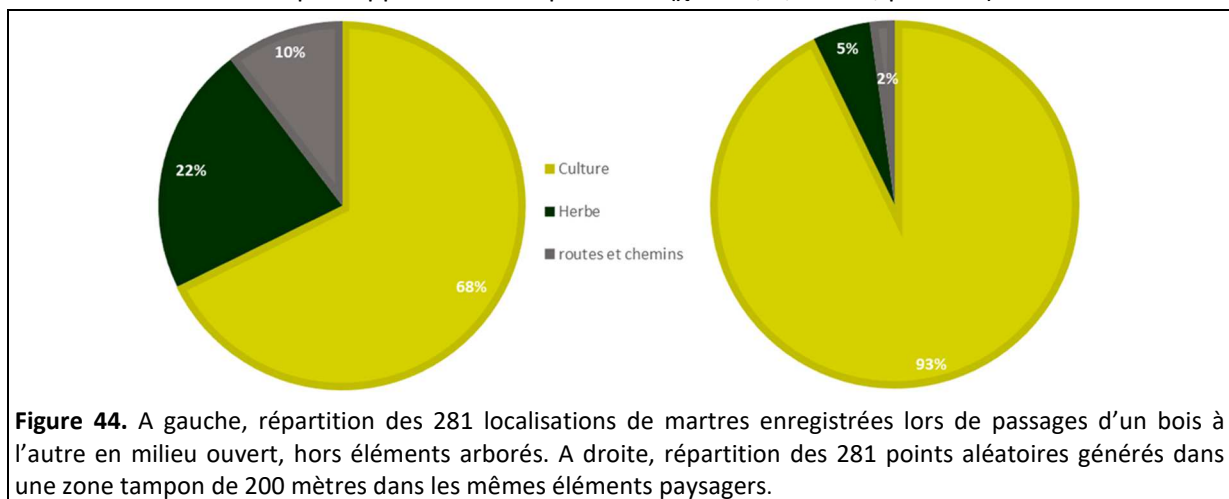
Figure 42. Extrait de carte comprenant des localisations de martres enregistrées lors de passages entre différents bois (en jaune) et des localisations générées aléatoirement en dehors des bois (en rouge) dans une zone tampon finement cartographiée de 200 m autour des passages.

Les premières constatations montrent que les martres n'utilisent pas les éléments du paysage en fonction de leur disponibilité (**Figure 43**). En effet, une différence significative est observée entre la répartition des localisations observées et celle des localisations aléatoires ($\chi^2 = 233.13$, $df = 4$, $p < 2.2e-16$).

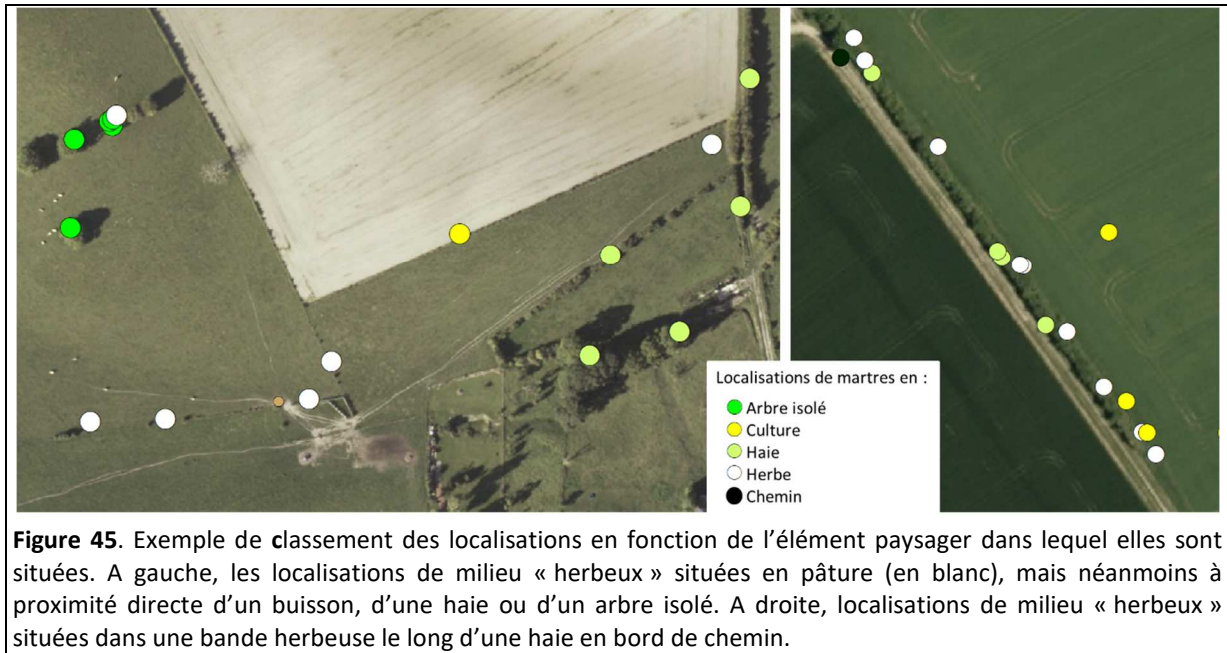
Même si les martres passent régulièrement en cultures (43% des localisations), elles ne les utilisent pas à la hauteur de leur disponibilité (90% des localisation aléatoires en culture). Les haies sont en revanche largement surexploitées puisque 33% des points observés y sont enregistrés contre seulement 1% des points générés aléatoirement. On observe également une tendance à utiliser davantage les arbres isolés, les zones enherbées, les routes et les chemins qu'attendu.



Cette analyse rend compte de l'attrait des martres pour le moindre élément arboré, notamment des haies, lors de déplacements d'un bois à l'autre. Leurs dimensions ne semblent pas avoir d'importance puisque les largeurs des haies qui ont été utilisées varient de 2,5 m à 58 m et les longueurs de 30 m à 1,1 km. Les martres suivies restent malgré tout capables de se déplacer en l'absence de toute espèce ligneuse puisque 281 localisations ont été enregistrées en dehors des haies et des arbres isolés lors des passages (**Figure 44**). Ces localisations se retrouvent alors majoritairement en culture, puis en milieu herbeux puis sur les routes et les chemins. La comparaison de cette répartition avec celle obtenue avec 281 localisations aléatoires montrent qu'elles sélectionnent d'avantage les endroits herbeux et les chemins par rapport à leur disponibilité ($\chi^2 = 56,1$; $df = 3$; $p < 1e-12$)



Sur le total des 61 localisations classées en milieu « herbe », 57,3% sont en fait observées dans des bandes herbeuses que l'on trouve le long des lisières séparant souvent les habitats, par exemple en lisière de forêt, entre deux cultures, le long des haies ou des chemins. 27% ont lieu en prairie et 15% en pâture (**Figure 45**). Par ailleurs certaines localisations sont dans cette catégorie alors qu'elles sont toutes proches de fines haies ou petits buissons. Malgré une bonne précision des points, il peut arriver qu'une erreur d'un ou deux mètres suffise à classer une localisation dans la mauvaise catégorie.

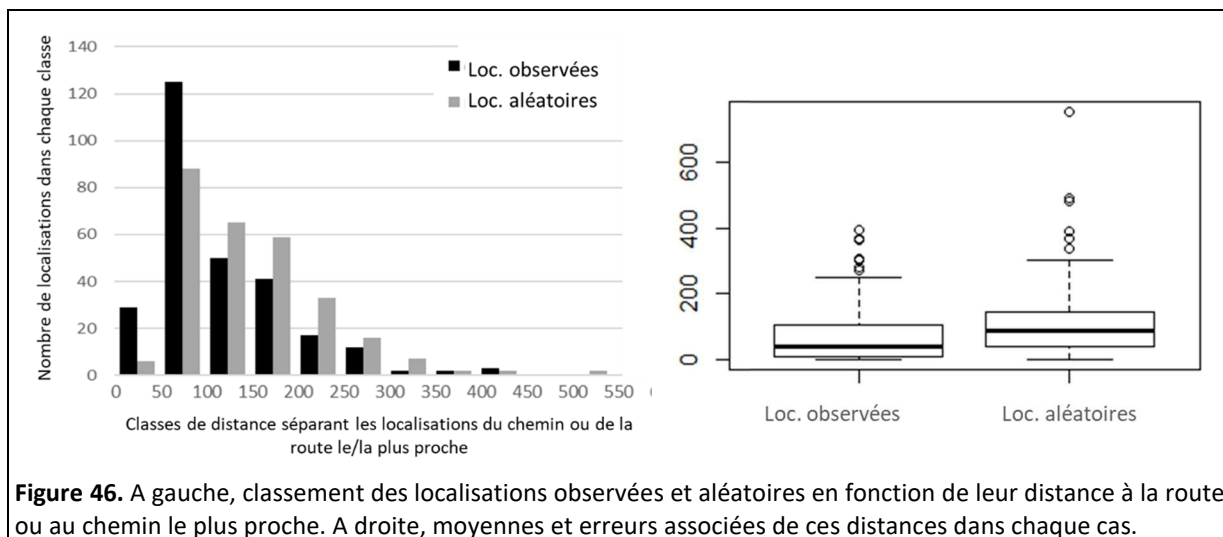


D'une façon générale, la catégorie « herbe » semble être importante pour se déplacer en l'absence d'espèces ligneuses peut-être parce que, d'une part, les hautes herbes peuvent fournir un couvert végétal sécurisant la plupart du temps, et d'autre part, parce que la linéarité des bandes herbeuses qui séparent les milieux peut être particulièrement appréciée de l'espèce.

Dans la même idée, nous nous sommes intéressés de plus près aux routes et chemins. 65% des 29 localisations classées dans cette catégorie sont situées sur des chemins carrossables pierrés ou en terre, et 35% sur des routes goudronnées de type départementales. Pour creuser l'hypothèse que ces éléments sont surexploités lors des déplacements entre bois par les individus par rapport à leur disponibilité, nous avons comparé la distribution des distances séparant chacune des 281 localisations de martres au chemin ou à la route la plus proche à celle obtenue dans le cas des 281 points répartis aléatoirement dans le tampon de 200 mètres (**Figure 46**).

Les localisations observées sont significativement plus proches des chemins/routes que les localisations aléatoires avec respectivement une moyenne de 66 mètres (médiane de 37 m) et de 102 m (médiane de 87 m) ($W= 27033$, $p<9.9e-11$).

Finalement, le peu de déplacements qui ont lieu en dehors des bois se font en priorité via les haies et arbres isolés, et si ces éléments ne sont pas disponibles, les martres utilisent d'autres éléments du paysage plutôt linéaires comme les chemins et bandes enherbées.



g. Conclusions

Les canaux ne semblent pas imperméables aux passages de martres d’une rive à l’autre mais agiraient plutôt comme des freins non négligeables aux déplacements des individus. Il est nécessaire que les animaux trouvent, d’une part, des éléments facilitant les traversées, qu’il s’agisse de passages physiques (ponts agricoles, écluses) ou de végétaux sur les berges permettant les remontées après une traversée à la nage, et, d’autre part, des éléments arborés de part et d’autre du canal. De plus, le canal des Ardennes, qui compte le plus de franchissements de martres, présente régulièrement des berges d’aspect naturel ou de renforts bétonnés aux endroits où les palplanches ont été dégradées au cours du temps. Il est possible que des canaux davantage entretenus ou présentant des palplanches hautes soient plus problématiques quant à la circulation des martres ou d’autres mammifères terrestres. Des cas de mortalité sont d’ailleurs répertoriés dans le canal Latéral à la Marne chez plusieurs espèces (**Figure 47**), suggérant que l’aménagement de pentes douces régulièrement espacées, ou la pose de marchepieds, ainsi qu’une gestion différenciée de l’égagement des berges, permettraient d’éviter des noyades accidentelles.



Les autoroutes semblent plus perméables aux déplacements des martres que les canaux, alors qu'ils comportent un nombre équivalent de passages potentiels pour les traverser (0,8 et 0,7 passages potentiels/km² respectivement). Les traversées des autoroutes se font généralement à l'aide d'éléments facilitant, notamment les ponts (agricoles, routiers...) et les passages inférieurs (buses), et semblent également nécessiter des zones arborées sur chacune des rives.

En termes d'aménagement, un boisement des berges, même sur seulement quelques mètres, pourrait favoriser sensiblement la circulation de mammifères forestiers tels que la martre à proximité des ILT.

Si peu de données ont été obtenues aux abords de la LGV, l'observation de localisations de martres aux abords de voies ferrées de taille modeste soulève la question de leur rôle, peut-être non négligeable en termes de guide au déplacement ou encore de zones refuge en milieu ouvert, notamment en plaine céréalière.

Les données obtenues en plaine céréalière, les premières à notre connaissance, montrent que la majorité des déplacements restent confinés dans les bois résiduels présents. Lorsque les individus se décident à en sortir, ils réalisent des déplacements courts et rapides et utilisent en premier lieu les haies et éléments arborés pour se déplacer suivis d'autres éléments linéaires comme les chemins et bandes enherbées. Une attention particulière devrait être portée aux distances séparant les bois résiduels et à la subsistance d'éléments arborés.

En définitive, compte tenu de ces dernières réflexions, de la forte sélectivité des haies et de la contre-sélection des habitats « ouverts » non linéaires, la restauration d'un paysage bocager et l'aménagement des rives et des passages existants semblent être les prérequis à la réduction de la résistance paysagère et à l'amélioration de la connectivité forestière, structurelle et surtout fonctionnelle pour la Martre des pins.

2. Le Cerf élaphe

Comme pour la martre, l'identification des transparentateurs chez le cerf repose sur le suivi GPS d'individus, cette fois capturés par télé-anesthésie (fusil hypodermique et fléchette anesthésiante). Les colliers GPS ont été programmés pour enregistrer une localisation toutes les heures 24 heures /24 et une localisation toutes les 5 minutes pendant 48 heures, une fois par semaine. Contrairement aux colliers posés sur les martres, les colliers cerfs, moins tributaires des contraintes de poids, transmettent directement les données enregistrées via le réseau de téléphonie mobile.

a. Sites d'étude et travail de reconnaissance

Avant toute tentative de capture et après une prise de contact avec les personnes qui connaissent le mieux le terrain et la faune présente (chasseurs, gestionnaires, gardes, agriculteurs), un travail de reconnaissance et de surveillance a été réalisé à l'aide de pièges photographiques dans les endroits qui sont apparus comme fréquentés par les cerfs. Il s'agit principalement d'agrains, de pierres à sel et de grosses coulées dont le suivi permet de connaître l'heure et la fréquence réelle des passages de cerfs (**Figure 48**).



Figure 48. Empreintes de cerfs sur une coulée (à gauche), traces d'écorçage (au milieu) et piège photographique sécurisé visant une pierre à sel (à droite).

Huit sites différents ont ainsi été surveillés par piège photographique, à raison de 2 à 5 appareils déployés par site, ce qui a donné lieu au visionnage de plus de 87 000 photos/vidéos. Si les proportions de chaque espèce observée varient d'un site à l'autre, les cerfs ne représentent globalement qu'un très faible pourcentage du nombre global de visites (**Figure 49**). Ce sont en effet les sangliers et les chevreuils qui sont les plus fréquemment observés.



Figure 49. Images prises au piège photographique d'un cerf passant dans un champ de colza en journée et d'un cerf présent sur une place d'affût en pleine nuit, en période de brame.

Cette surveillance s'est malgré tout révélée essentielle pour décider de la façon dont ont été menées les « sorties cerfs » (heures de départ, lieu, durée des affûts, etc.) dans certains sites. Dans d'autres, les informations obtenues par les acteurs de terrain locaux étaient suffisamment précises pour tenter les captures sans avoir à déployer des pièges photographiques (**Figure 50**).

Les huit sites retenus pour les captures ont donc finalement été sélectionnés en fonction 1) de leur proximité par rapport aux éléments linéaires (à l'exception d'un site de référence, Signy-l'Abbaye, visant à établir les déplacements « sans barrière » des cerfs), 2) des observations faites par pièges photographiques et 3) de la possibilité d'une collaboration entre le CERFE, les fédérations départementales des chasseurs et les chasseurs locaux.

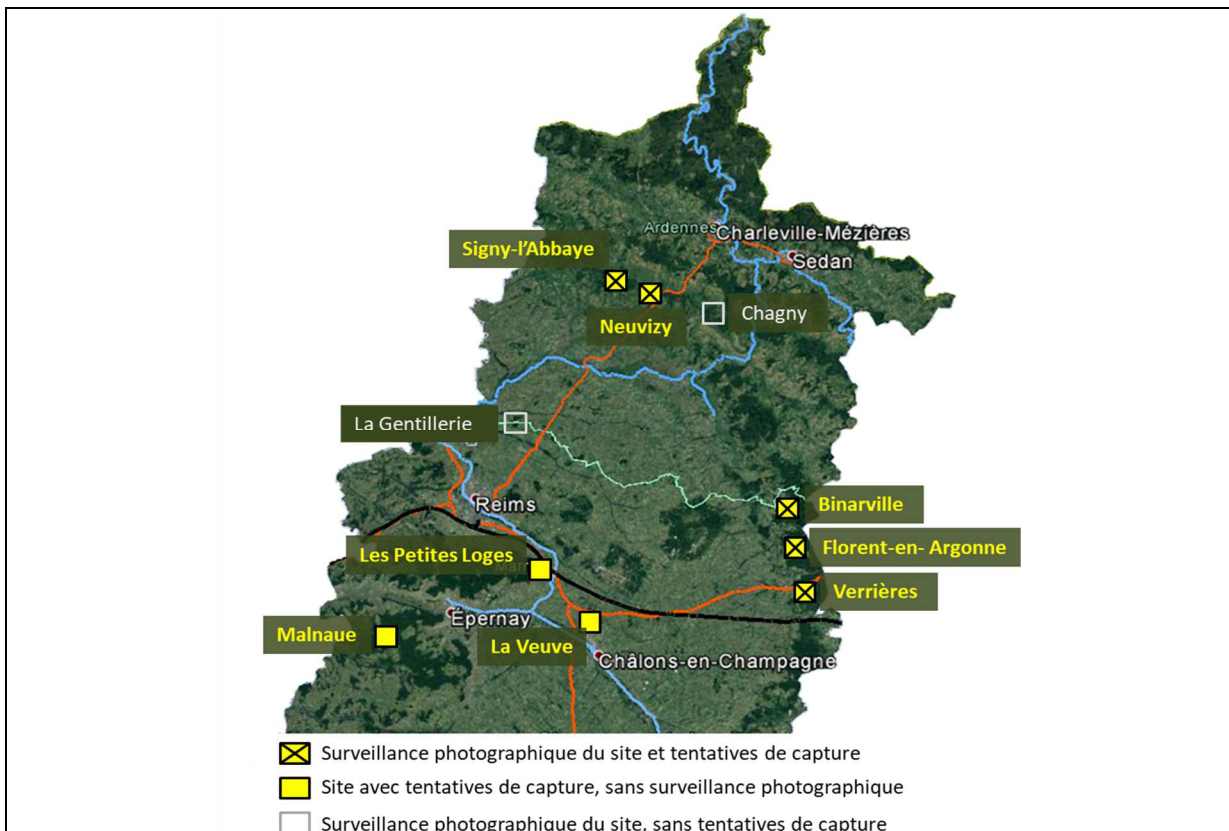


Figure 50. Localisation des sites d'études concernés par la surveillance photographique et/ou les tentatives de capture des cerfs.

b. Captures

En fonction des conditions rencontrées sur le terrain et du comportement des cerfs qui y évoluent, les tentatives de captures ont eu lieu soit en affût, sur des chaises placées en hauteur ou au sol, soit en approche (**Figure 51**). Au moins deux personnes sont mobilisées à chaque « sortie cerf », chacune en tenue de camouflage et munie d'un fusil avec une lunette thermique et du matériel nécessaire au pistage des animaux fléchés (un émetteur VHF intégré à la fléchette permet de les retrouver) et à leur manipulation. 97,5% des sorties cerf ont eu lieu pendant le pic d'activité de fin de journée des cerfs, qui démarre un peu avant le coucher du soleil et se termine une ou deux heures après.



Figure 51. Mise en place d'un flécheur sur une chaise d'affût mobile (à gauche), en tente d'affût (au milieu) et simplement assis au sol en tenue de camouflage (à droite).

Chaque animal fléché puis retrouvé endormi a été équipé d'un collier GPS, identifié, mesuré et photographié. Un petit prélèvement de tissu a également été effectué à l'oreille. Après manipulation, l'anesthésie a été levée grâce à l'injection intramusculaire d'un antidote permettant un réveil et une récupération rapide (**Figure 52**).



Figure 52. À gauche : Pose d'un collier GPS sur un cerf (« Cirage ») capturé par télé-anesthésie. À droite : injection de l'antidote permettant un réveil optimal (« Cano »).

Du 16 mai 2017 au 24 janvier 2020, donc en un peu plus de deux ans et demi, un total de 286 « sorties cerfs » ont été réalisées, avec une moyenne de 3.8 heures de présence efficace sur le

terrain par sortie (=1092 heures au total mobilisant au moins deux personnes) (**Figure 53**). Quand le succès de capture de cerfs se révélait particulièrement faible par rapport à l'effort fourni, il a été parfois décidé d'équiper une biche d'un collier GPS, d'une part pour collecter des données de déplacement exploitables pour l'étude, et d'autre part pour obtenir des indications de localisation de hardes. 9 cerfs et 2 biches ont ainsi été équipés, soit un total de 11 individus (**Figure 53, Tableau 12**).

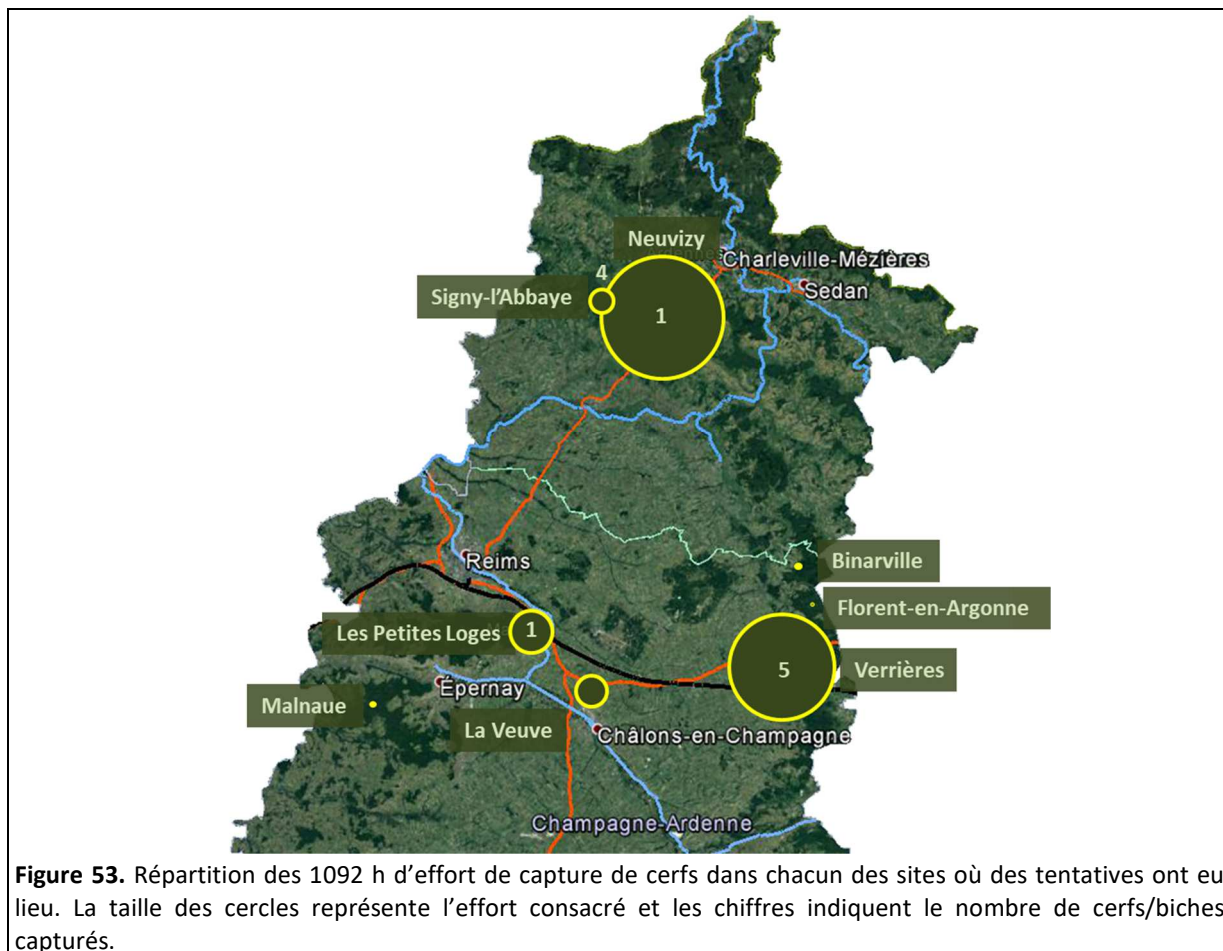


Tableau 12. Récapitulatif des captures de cerfs, des conditions de tir et des distances parcourues après fléchage.

Indiv.	Sexe	Date	Site	Méthode	Milieu	Distance de tir	Distance retrouvé
Camille	F	21/05/2017	Signy	Affût sur chaise fixe	Forêt	10 m	400 m
Cano	M	10/10/2017	Signy	Approche à vue	Culture	35 m	300 m
Cubi	M	16/10/2017	Signy	Affût au sol (debout)	Culture	35 m	400 m
Charles	M	18/10/2017	Signy	Affût sur chaise fixe	Forêt	27 m	80 m
Coupe	M	19/03/2018	Neuvizy	Affût sur treestand	Forêt	25 m	350 m
Couette	F	24/09/2018	Verrières	Affût sur treestand	Forêt	25 m	310 m
Céanar	M	02/10/2018	Verrières	Affût au sol (assis)	Forêt	25 m	100 m
César	M	08/10/2018	Les Petites Loges	Affût au sol (allongé)	Culture	50 m	230 m
Cémichou	M	26/02/2019	Verrières	Affût sur chaise fixe	Forêt	25 m	60 m
Cirage	M	08/05/2019	Verrières	Affût sur treestand	Forêt	25 m	170 m
Culbute	M	10/12/2019	Verrières	Affût au sol (assis)	Prairie	30 m	700 m

En moyenne, la capture d'un animal a nécessité la présence d'une équipe sur le terrain pendant une certaine d'heure. Ce taux de capture relativement faible est lié aux nombreuses difficultés qui ont été rencontrées en situation réelle, qu'elles soient humaines, matérielles ou liées au comportement extrêmement farouche des cerfs. En plus des 11 tirs qui ont abouti à la pose de colliers, 45 tirs ont eu lieu dont 34 ont manqué leur cible et 11 autres réussis (**Figure 54**). Malgré ces fléchages réussis, ces 11 cerfs n'ont pas pu être équipés soit parce qu'ils n'ont pas été retrouvés (à 5 reprises à cause d'un émetteur au sol ou HS), soit parce qu'ils ne sont pas endormis (à 6 reprises, problème de produit ou de flèche qui ne se vide pas totalement)



Figure 54. Exemples de tirs n'ayant pas aboutis à la pose d'un collier GPS sur l'animal visé. A gauche, un tir manqué lié à une erreur humaine (évaluation des distances difficile) ; au milieu, une flèche interceptée par une branche entre le tireur et le cerf ; à droite une flèche retrouvée au sol avec des traces de sang indiquant un tir réussi sans possibilité de retrouver l'animal (émetteur VHF dans la flèche).

c. Durée de suivi, bilan des données

Sur les 11 cerfs équipés depuis mai 2017, 2 colliers ont dysfonctionné (Cano, suivi pendant 54 jours et Cémichou, suivi pendant 2 jours) (**Tableau 13**). Pour les 9 autres cerfs, 7 colliers ont fonctionné en moyenne pendant 240 jours (8 mois) au lieu des 360 annoncés et 2 colliers continuent à fonctionner. Les données utilisées ci-après s'arrêtent au 8 mai 2020 (au 01 juin 2020 pour le cerf Culbute).

Tableau 13. Récapitulatif des périodes de suivi des cerfs.

Année	2017												2018												2019												2020					Jours
	Mois	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05				
Camille																																								268		
Cano																																								54		
Cubi																																								245		
Charles																																								259		
Coupe																																							179			
Couette																																							246			
Céanar																																							391			
Cesar																																							216			
Cémichou																																							002			
Cirage																																							366			
Culbute																																							149			

Les 9 individus ont été suivis dans 4 massifs forestiers répartis en Champagne-Ardenne : 6 individus dont les territoires sont localisés dans un massif forestier comportant des structures linéaires de transport (massif de Neuvizy, massif de Verrières) ou proche de structures (massif de la Montagne de Reims) et 3 individus dans le site de référence relativement éloigné de ces structures (massif de Signy).

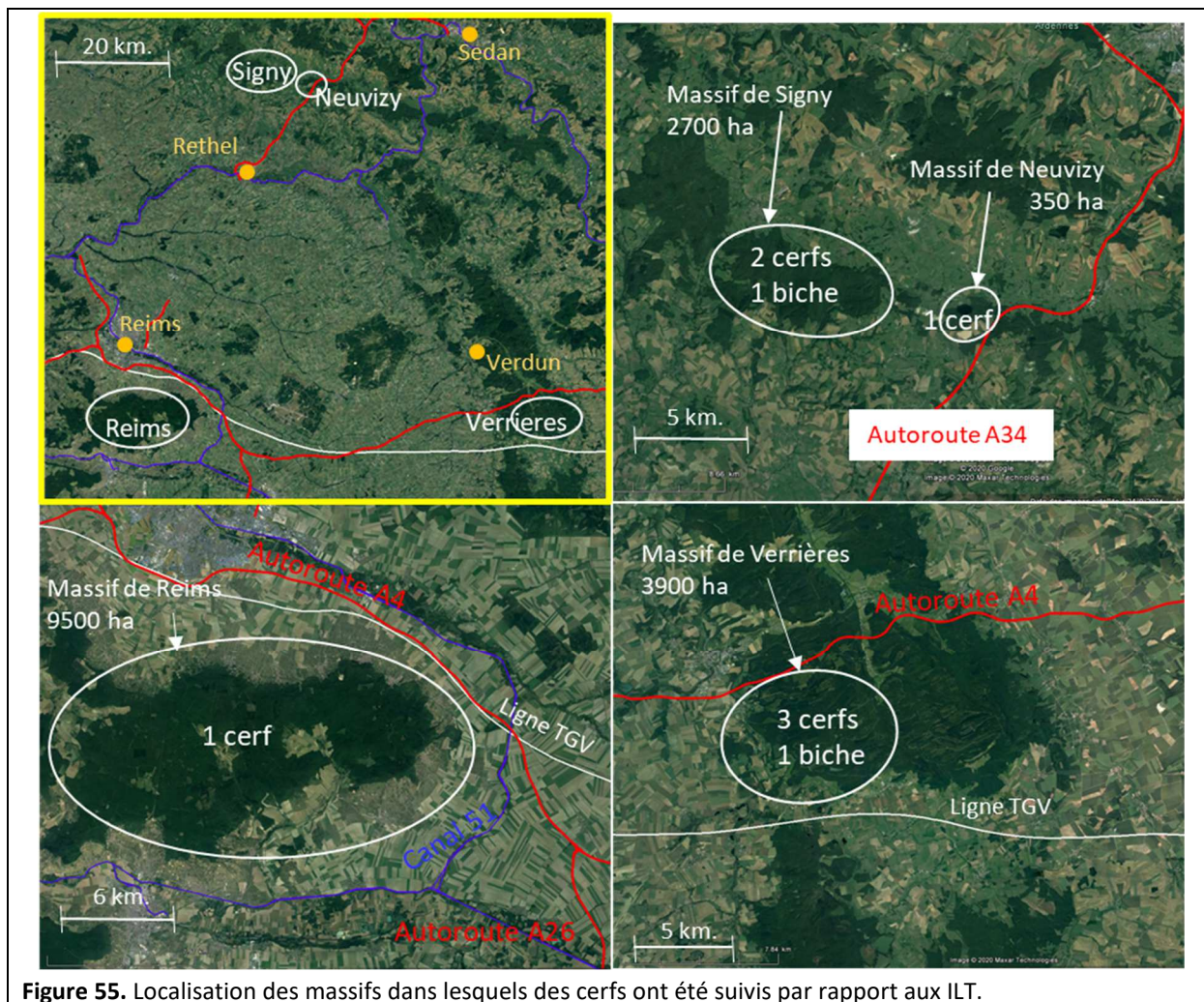


Figure 55. Localisation des massifs dans lesquels des cerfs ont été suivis par rapport aux ILT.

L'enregistrement des localisations porte sur une localisation par heure 24 heures sur 24 (points HR). Nous devrions donc obtenir 24 localisations / jour / animal. Cependant, en fonction de la localisation

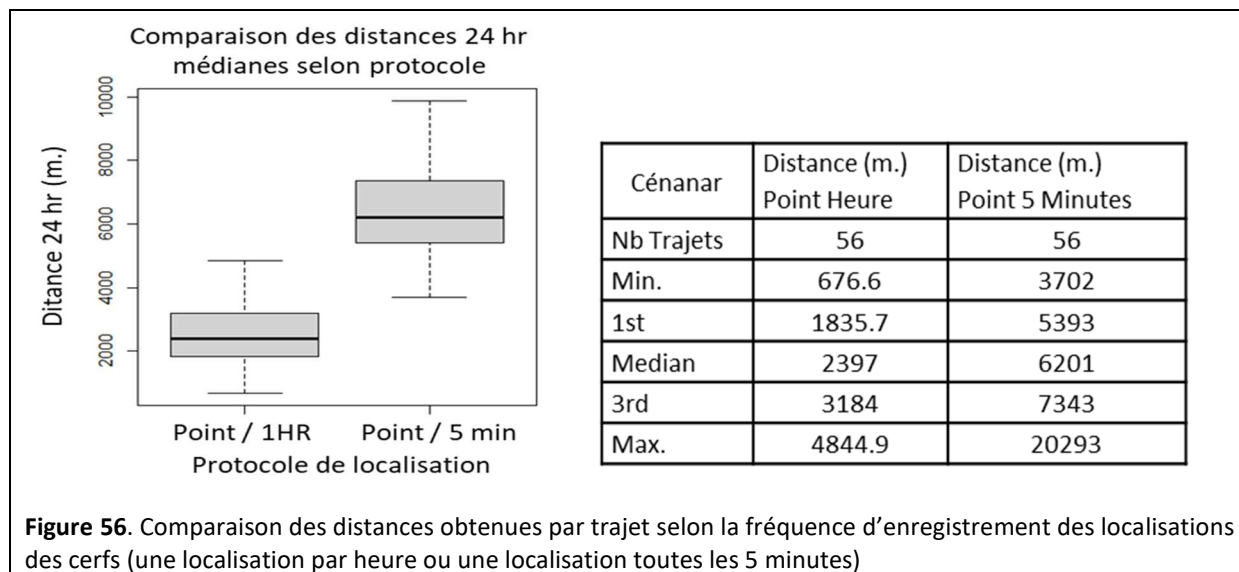
de l'animal (forêt dense, fond de ravin, ...), les conditions d'acquisition des satellites peuvent être perturbées et conduire à l'échec de la localisation ou une fausse localisation de l'animal. Nous avons donc opéré un premier tri des données pour ne retenir que les données sûres. Ensuite, afin de pouvoir calculer des distances parcourues sur 24 heures (de midi à midi), nous avons opéré un second tri pour ne sélectionner que les localisations qui permettaient d'obtenir des trajets de 18 heures au minimum. Enfin, un dernier tri a permis d'écarter les premiers trajets des animaux potentiellement perturbés par la capture et la pose du collier GPS (de 2 à 5 jours selon l'individu). A noter qu'un deuxième protocole associé visait à collecter une localisation toutes les 5 minutes pendant 24 heures (points 5 Min) dont les résultats obtenus seront présentés dans un rapport supplémentaire. Seuls sont présentés ici les résultats obtenus avec les localisations Heure. A partir de ces localisations, nous avons tracé des segments entre les points successifs pour obtenir des trajets de 24 heures (de 18 à 24 heures) de Jour 12 :00 à Jour +1 12 :00. Au total, les données retenues sont présentées dans le tableau ci-après

Tableau 14. Récapitulatif des données sélectionnées de localisation pour chaque animal suivi plus de 6 mois.

Nom	Date_début	Date_fin	Durée (j.)	Nb localisations	Nb Trajets 24 hr
Camille	25/05/2017	13/02/2018	265	5396	239
Cubi	20/10/2017	18/06/2018	241	5184	224
Charles	19/10/2017	04/07/2018	259	6007	258
Coupe	20/03/2018	13/09/2018	177	3958	174
Cesar	09/10/2018	14/05/2019	217	4594	209
Couette	29/09/2018	29/05/2019	243	4872	223
Cenanar	05/10/2018	28/10/2019	389	8654	376
Cirage	10/05/2019	07/05/2020	363	7682	341
Culbute	15/12/2019	07/05/2020	144	3200	139

d. Distances parcourues

Le comportement de déplacement et notamment les distances que les individus peuvent parcourir quotidiennement sont des éléments importants pour la compréhension de la connectivité du paysage. Comme expliqué ci-dessus, en reliant les localisations successives, nous obtenons des « trajets » que nous établissons arbitrairement comme commençant à midi le jour J et se terminant le lendemain (J+1) à midi. Ces distances parcourues en 24 heures sont largement sous-estimées du fait du mode horaire de collecte de données. Un comparatif réalisé sur les trajets « heure » versus « 5 minutes » réalisé sur les données de Cénanar montre ainsi que les distances des trajets « heure » sont environ 2,5 fois plus courtes que les distances calculées sur la base des points 5 minutes (**Figure 56**).



Si nos résultats sous-estiment les distances parcourues, ils nous permettent cependant de comparer les individus dont les données sont établies avec le même protocole.

En moyenne, un cerf parcourt 2.8 km par 24 heures (**Tableau 15**), soit donc environ 7 à 7.5 km en donnée corrigée. Cette distance recouvre toutefois des différences entre individus ($KW=131.4$, $p.<0.0001$), avec des distances médianes statistiquement plus faibles pour Céanar et plus élevées pour César par rapport aux autres animaux (**Figure 57**).

Tableau 15. Distances médianes parcourues par chacun des cerfs suivis calculées à partir des localisations horaires.

Nom	Nb trajets	Min.	1st Qu.	Median	3rd Qu.	Max.
Camille	239	1060.0	2225.0	2771.0	3431.0	8460.0
Cenarar	376	676.6	1897.6	2477.1	3204.4	8474.6
Cesar	209	308.4	2478.2	3651.8	5201.7	10263.2
Charles	258	1134.0	2108.0	2912.0	3922.0	8260.0
Cirage	341	788.1	1944.4	2664.3	3904.1	11601.1
Couette	223	1041.0	2579.0	3513.0	4603.0	14229.6
Coupe	174	670.6	1980.4	2730.5	3366.5	5756.4
Cubi	224	478.0	2217.0	2930.0	3898.0	7574.0
Culbute	139	908.9	2185.2	2956.4	4090.8	9365.4
GENERAL	2183	308.4	2111.4	2881.9	3872.2	14229.6

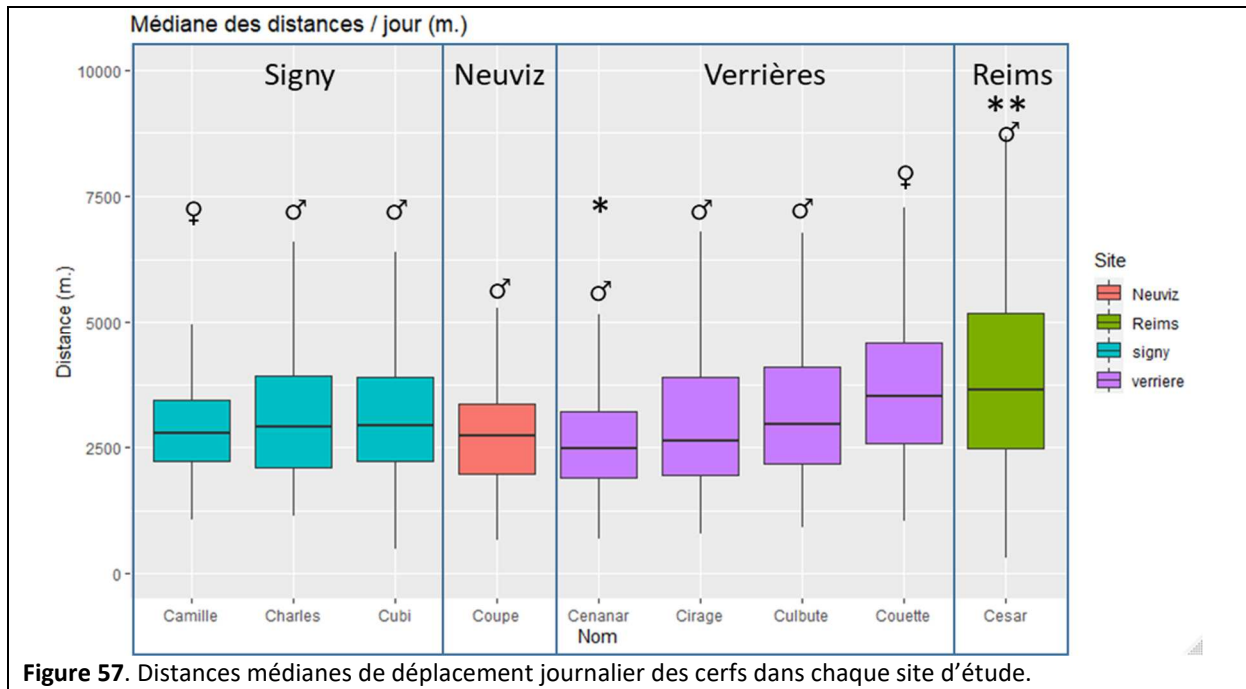


Figure 57. Distances médianes de déplacement journalier des cerfs dans chaque site d'étude.

La comparaison des distances parcourues par jour entre les sites de Signy et Verrières (1 seul individu sur les deux autres sites) ne montre aucune différence significative ($W = 398561$, $p\text{-value} = 0.3753$). La distance parcourue en 24 hr ne semble donc pas liée à la surface de massif disponible entre ces deux groupes (**Figure 58**). On notera d'ailleurs que le cerf Coupe, qui évolue dans un très petit massif (350 ha), effectue des trajets journaliers de distance comparable aux autres individus.

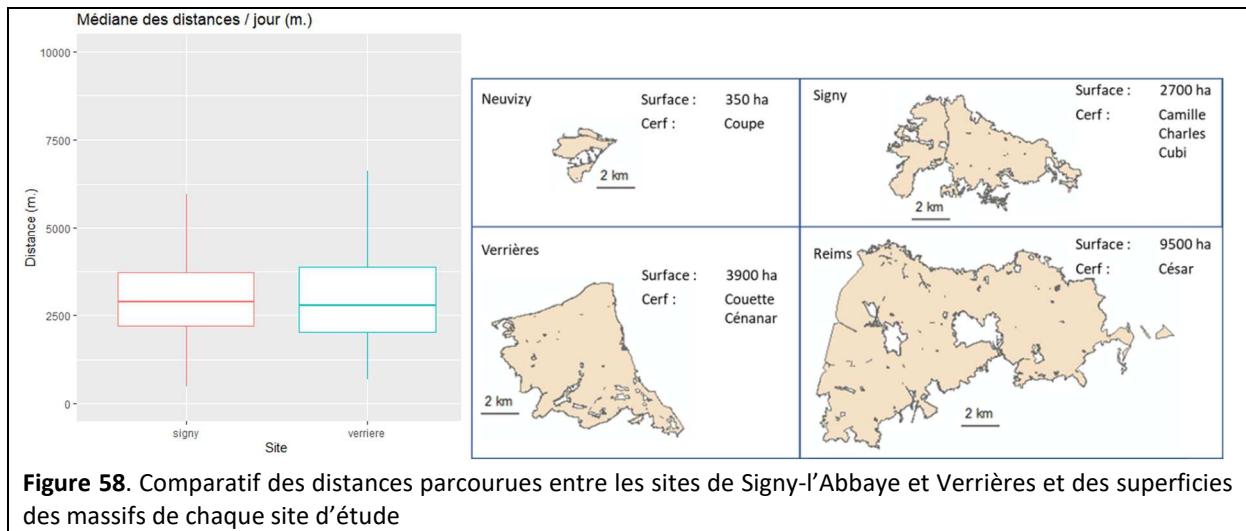


Figure 58. Comparatif des distances parcourues entre les sites de Signy-l'Abbaye et Verrières et des superficies des massifs de chaque site d'étude

Enfin, la comparaison des distances entre sexes porte sur un nombre trop faible d'individus pour pouvoir tirer des conclusions fiables. Il est toutefois étonnant de constater que les femelles (med= 3071 m [2306 ; 3940]) montreraient des distances identiques voire supérieures ($W= 434982$, $p=0.002$) à celles des mâles (med= 2833.8 m [2037.3 ; 3871.4]).

Des analyses menées en parallèle montrent que le comportement de déplacement des cerfs varie en fonction de la période de la journée (4 phases d'activité/24h), de la période de l'année avec de plus grands déplacements en Avril et Novembre, et en fonction des habitats fréquentés. Ces analyses et résultats sont détaillés en annexe II. Si certaines zones sont plus fréquentées que d'autres, nos suivis

montrent qu'ils utilisent leur territoire de façon plutôt homogène et nous n'avons pas encore observé de zones particulières réservées à la période de refait des bois, éloignées de quelques km comme décrit dans la littérature.

e. Occupation de l'espace, barrières et transparateurs

➤ Massif de Signy-l'Abbaye

Dans le site de Signy-l'Abbaye (territoire de référence libre d'infrastructure), les 3 individus (la biche « Camille » et les cerfs « Charles » et « Cubi ») suivis plus de 6 mois sur ce territoire sont restés localisés dans le massif (**Figure 59**, **Figure 60** et **Figure 61**). La biche n'a exploité qu'une faible partie du massif pendant la durée de son suivi alors que les deux mâles ont occupé la zone Est dans sa presque totalité. Si la départementale D985, relativement fréquentée, ne constitue pas une barrière au moins pour deux des trois animaux suivis, tous sont restés, pendant la durée du suivi, dans ou aux abords du massif sans chercher à s'en éloigner.

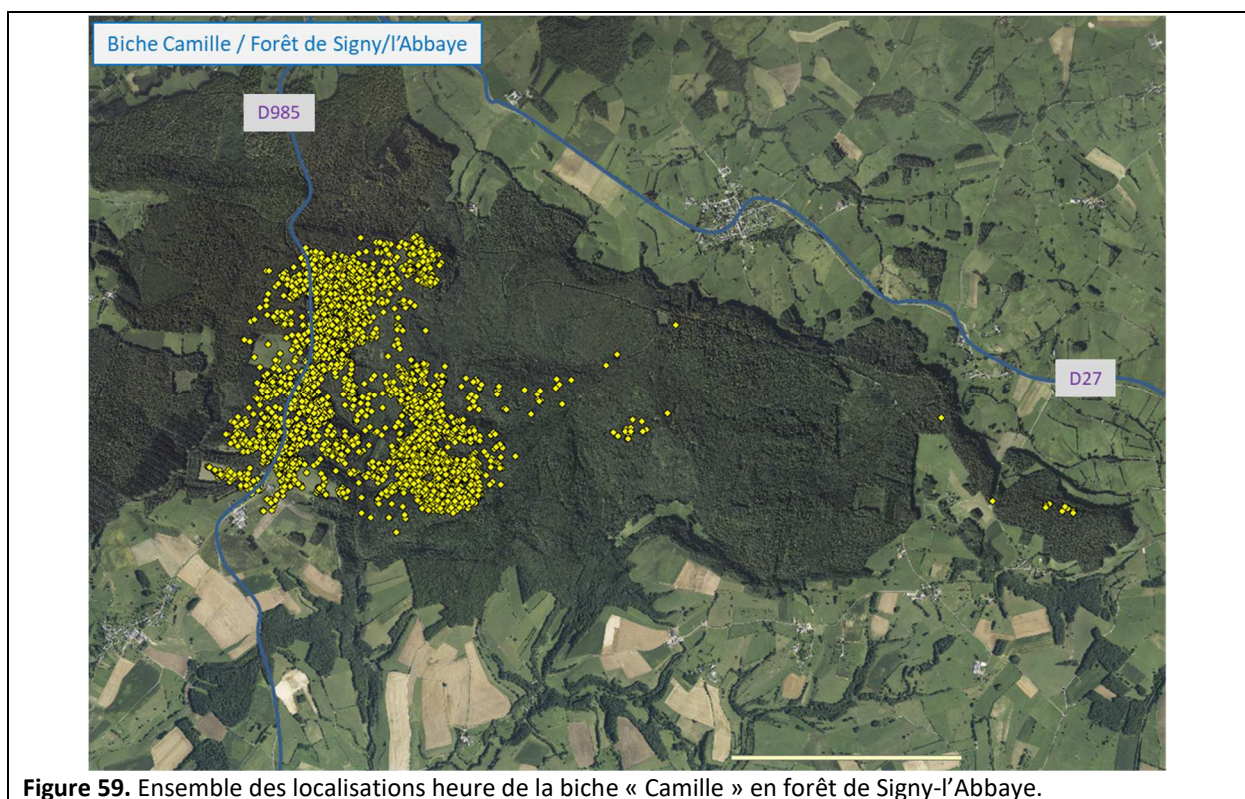


Figure 59. Ensemble des localisations heure de la biche « Camille » en forêt de Signy-l'Abbaye.

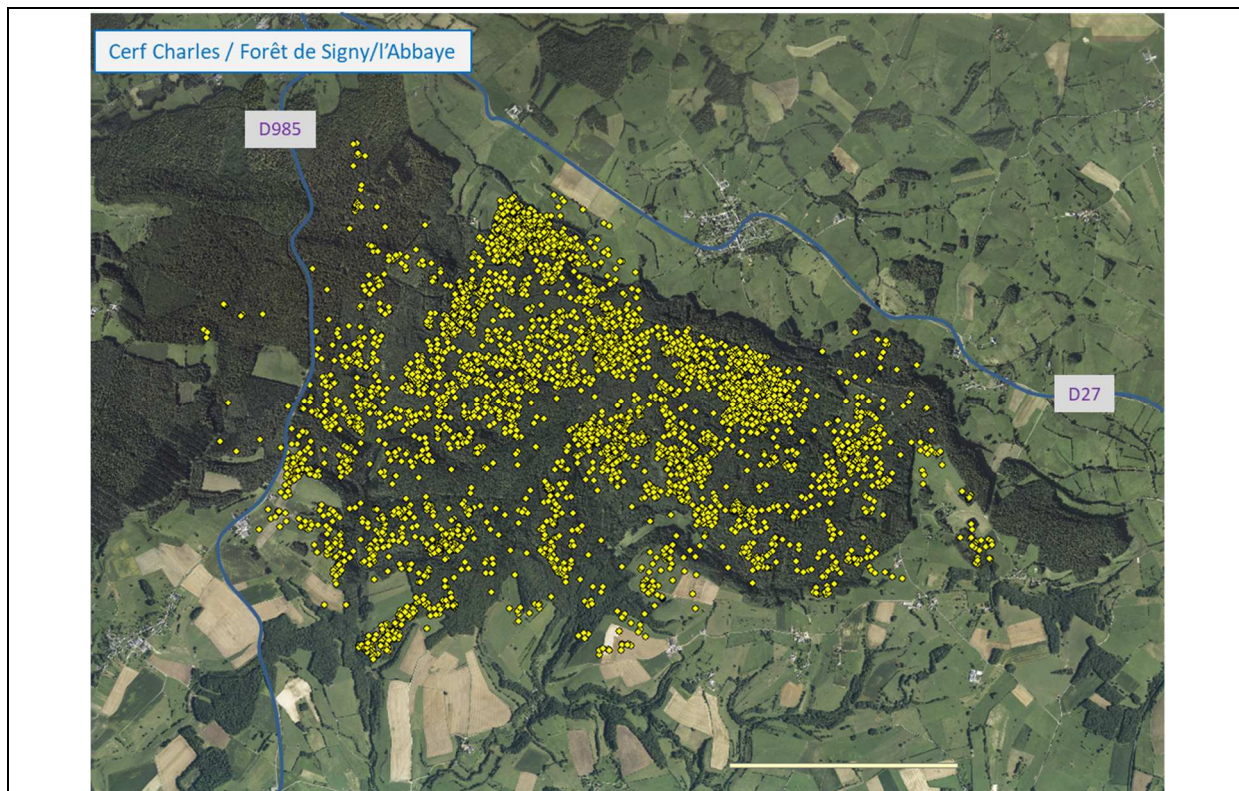


Figure 60. Ensemble des localisations heure du cerf « Charles » en forêt de Signy-l'Abbaye.

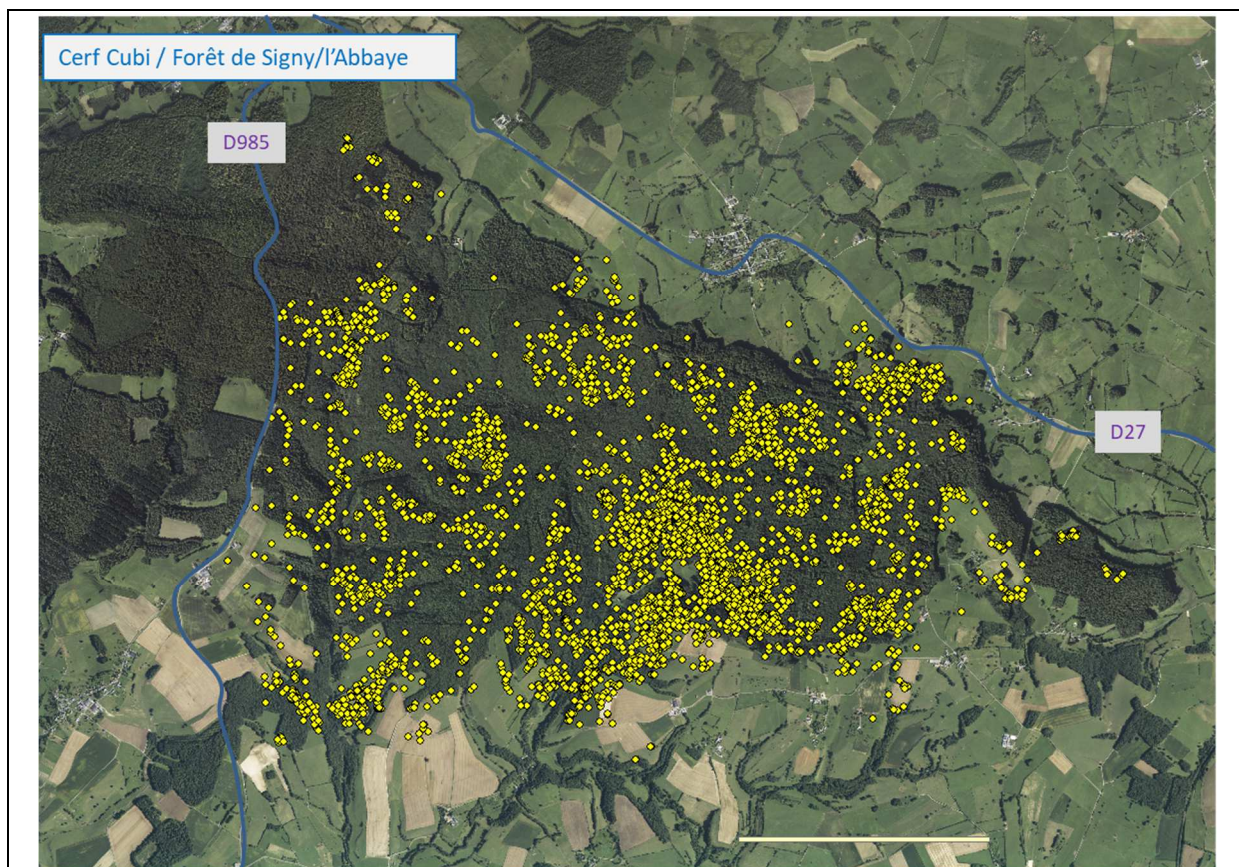
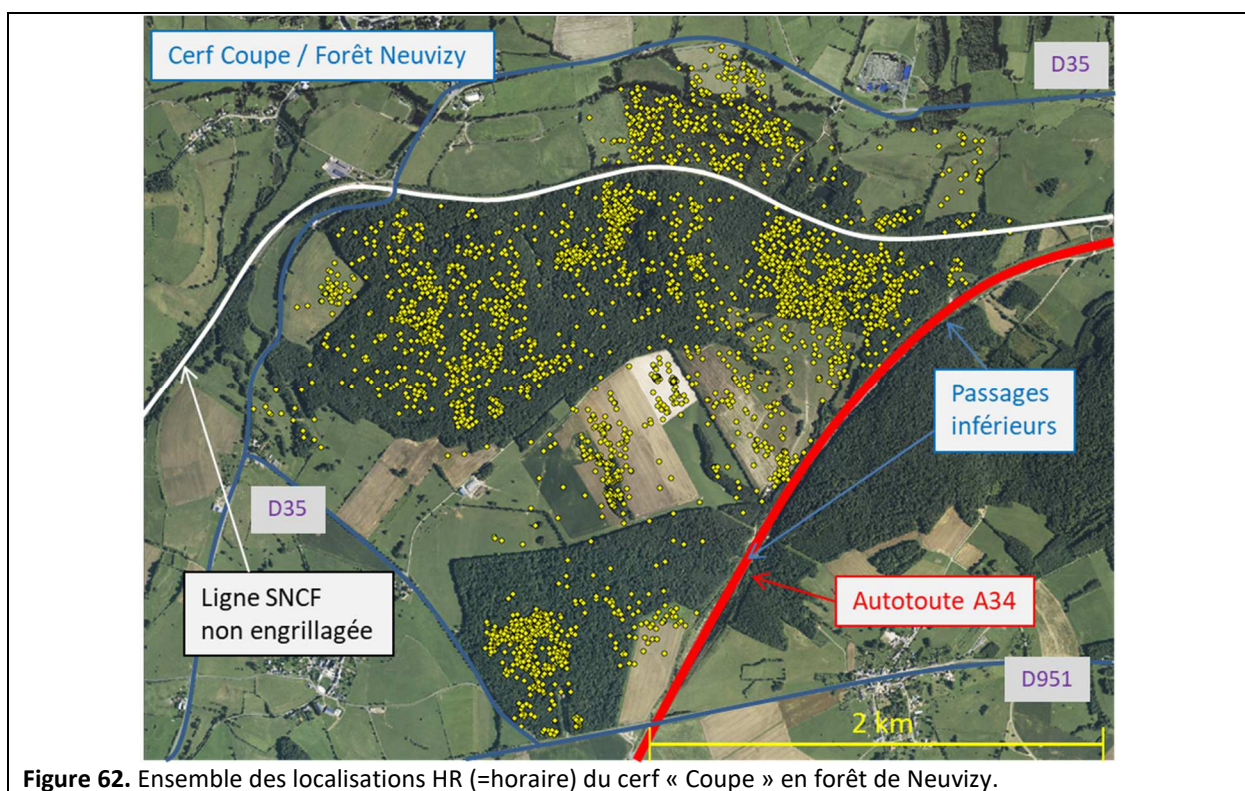


Figure 61. Ensemble des localisations heure du cerf « Cubi » en forêt de Signy-l'Abbaye.

➤ Massif de Neuvizy

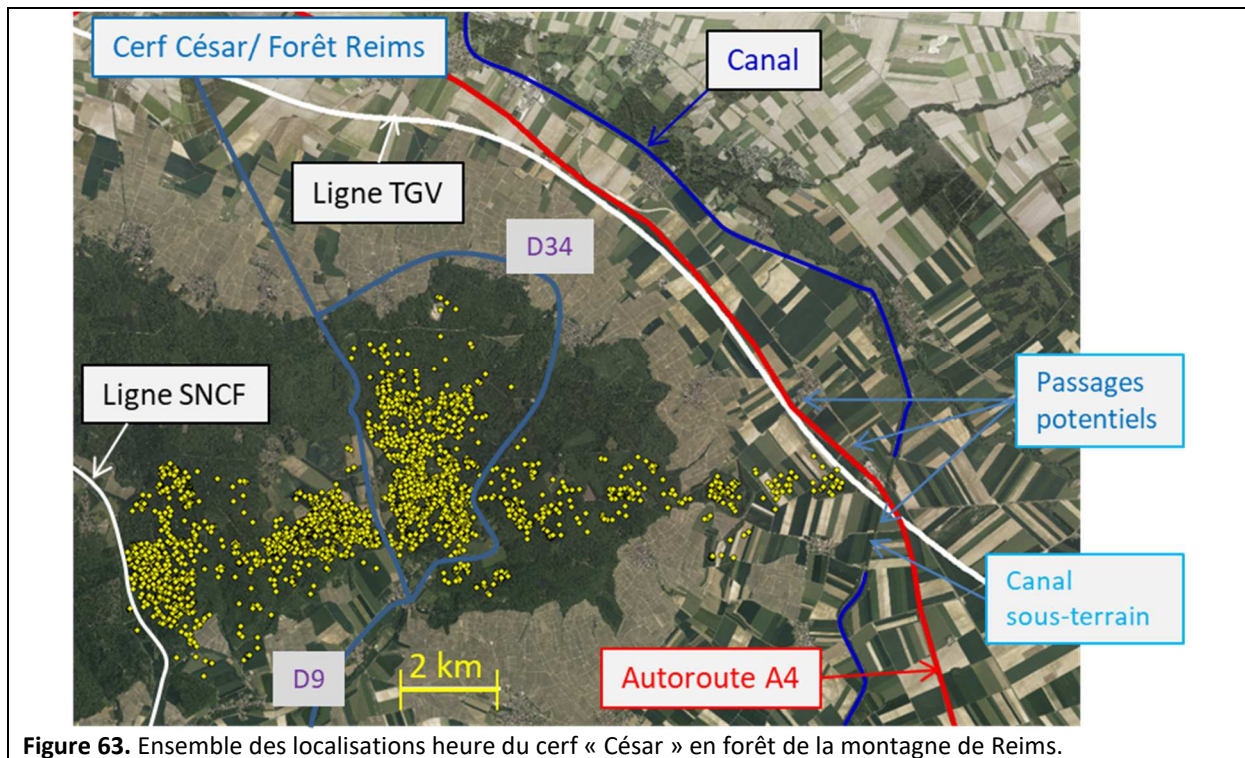
Le massif de Neuvizy est bordé au sud-est par l'autoroute A34 (qui relie Charleville-Mézières à Rethel). La **Figure 62** présente l'ensemble des localisations HR du cerf « Coupe » dans ce massif. Elles sont toutes, sans exception, incluses dans la surface délimitée par l'autoroute A34 à l'est, et par les départementales D951 (sud), D35 (ouest et nord). La ligne de chemin de fer non engrillagée est régulièrement traversée par l'animal.

Le cerf est resté au moins 6 mois (de mars à septembre 2018) dans le massif de Neuvizy. Cette occupation est plutôt surprenante puisque le territoire utilisé (350 ha) est très petit par rapport au domaine vital moyen (1000 ha) d'un cerf. Toutefois (cf. paragraphe p. 71), cet animal a peut-être été vu par la suite à Château-Porcien en décembre 2019. L'autoroute A34 semble constituer une barrière au franchissement des cerfs, et ce malgré l'existence de deux ponts (passages inférieurs d'environ 4 m de hauteur) qui auraient pu lui permettre de passer.



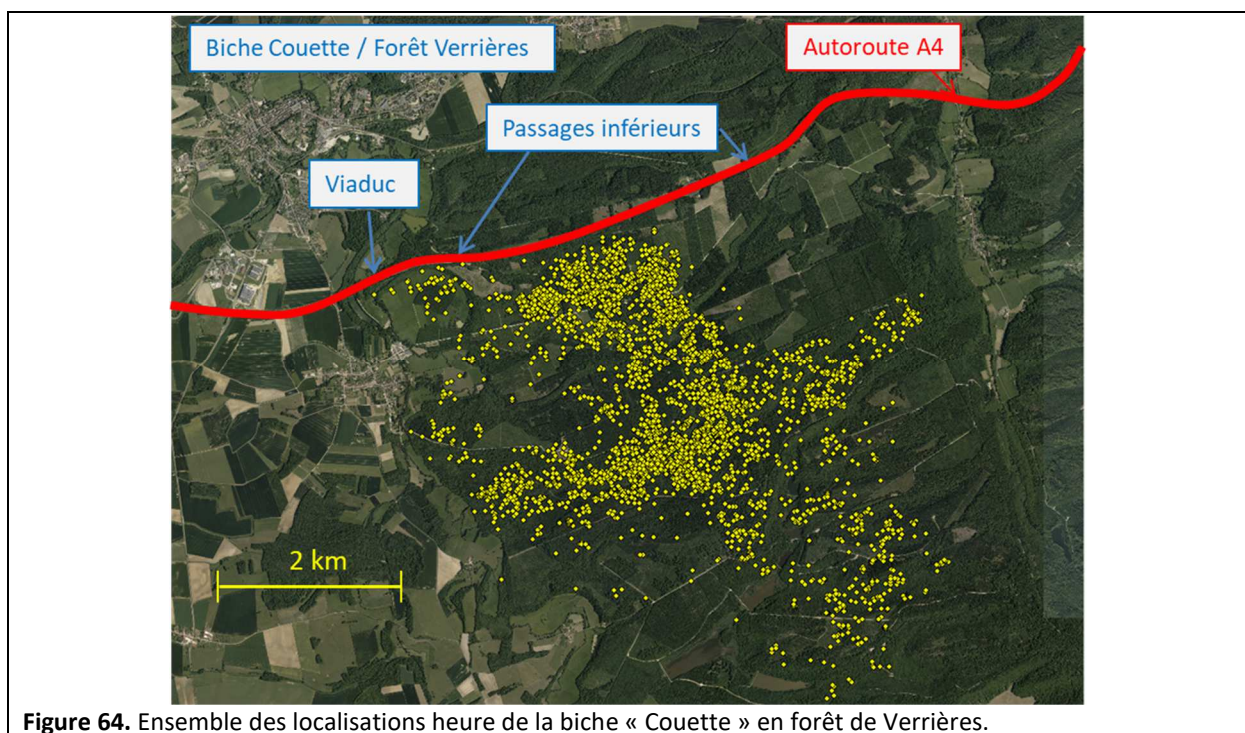
➤ Massif de la Montagne de Reims

Le massif de la Montagne de Reims est bordé au nord et à l'est d'un cumul d'infrastructures proches les unes des autres, la ligne SNCF à grande vitesse, l'autoroute A4 et le canal de la Marne (même si celui-ci est enterré sur 2 km dans la zone de croisement avec l'autoroute et la LGV). A l'image du cerf « Coupe », les localisations du cerf « César » sont toutes placées à l'ouest du complexe LGV/A4/Canal qu'il n'a jamais traversé durant son suivi. On remarque aussi que l'animal traverse deux départementales, dont une relativement fréquentée (D9) et qu'il traverse une fois (AR) la ligne ferroviaire à l'ouest (**Figure 63**). César a été vu le 24/02/20 en bordure sud du massif de Reims. Il est très possible qu'il n'ait pas quitté ce massif depuis sa capture.

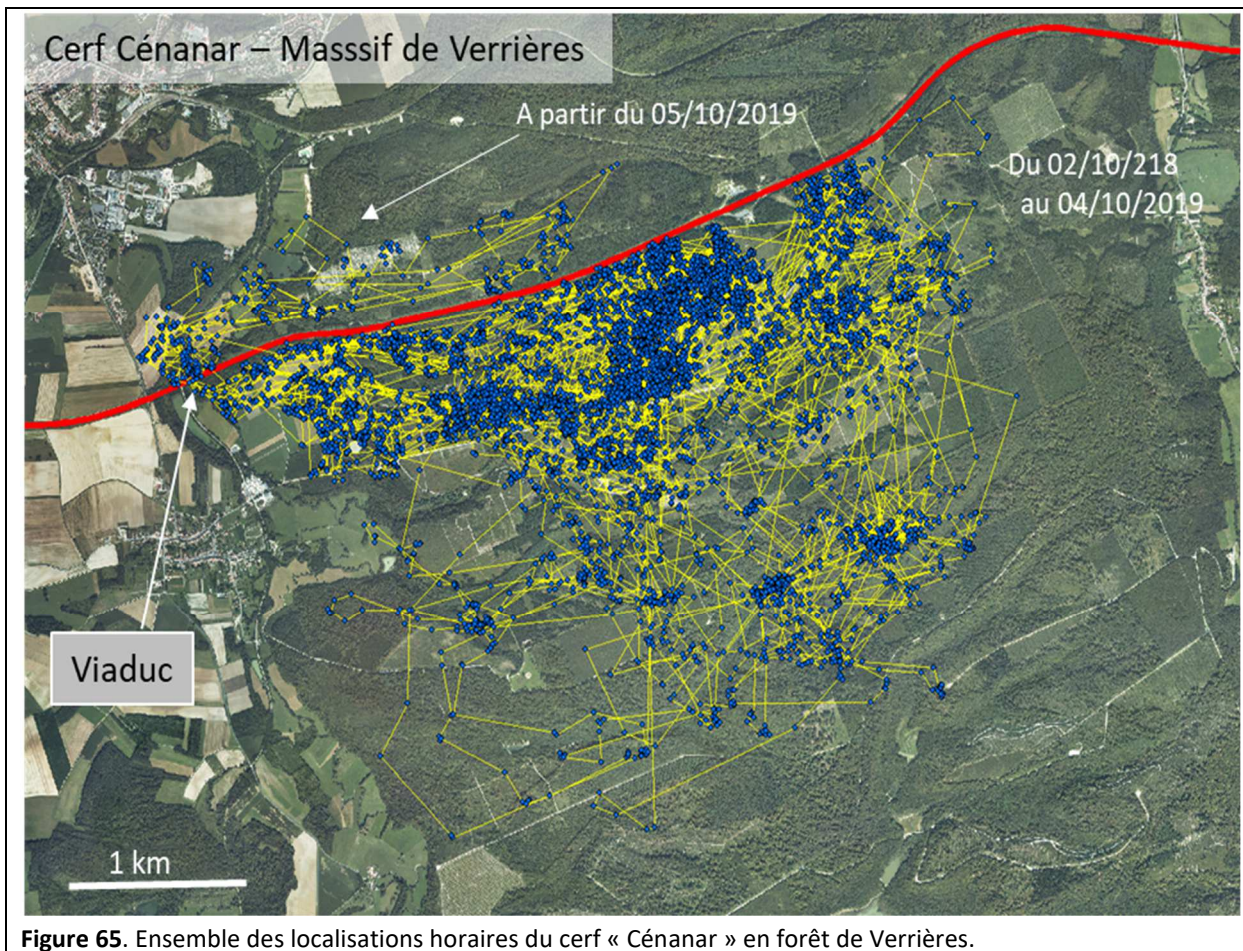


➤ Massif de Verrières (la Fontaine Olive)

Le massif de Verrières se situe au cœur de l'Argonne. Il est bordé au nord par l'autoroute A4 et au sud par la ligne SNCF à grande vitesse. Une biche et trois cerfs y ont été suivis. Comparativement aux mâles, la biche occupe une position plutôt centrale dans le massif. Elle s'est toutefois approchée régulièrement de l'autoroute et des passages potentiels mais ne les a jamais franchis durant tout le suivi GPS (**Figure 64**). Ce résultat est à prendre avec précaution puisque, comme nous le verrons ci-après, les cerfs peuvent rester plus d'une année d'un côté d'une infrastructure avant de la traverser.



Ainsi, le cerf Cénanar, équipé le 02 octobre 2018, est resté cantonné au sud de l'autoroute A4 pendant plus d'un an avant de la traverser via le viaduc de l'Aisne pour la première fois le 05 octobre 2019 (**Figure 65**). On a ainsi observé 9 passages (dont 4 aller-retours), tous effectués via le viaduc de Sainte-Menehould. Hormis un court aller-retour réalisé dans la nuit du 11 octobre, les franchissements réalisés par ce cerf l'ont conduit à stationner entre 2 et 12 jours du côté Nord de l'autoroute. Le cerf Cénanar a été tué accidentellement lors d'une chute dans un ravin au cours d'une tentative de re-capture du côté nord de l'A4 après sa 9^{ième} traversée.



De même, le cerf Culbute, équipé en décembre 2019, est resté cantonné au sud de l'A4 jusqu'au 20 mai 2020. Les quelques excursions observées étaient orientées au sud de son territoire habituel (**Figure 66**). Puis le 20/05/20, le cerf est parti de son territoire pour franchir le viaduc et s'est installé (depuis 10 jours, date de la fin des enregistrements pour ce rapport) dans un bois au nord-ouest de l'autoroute.

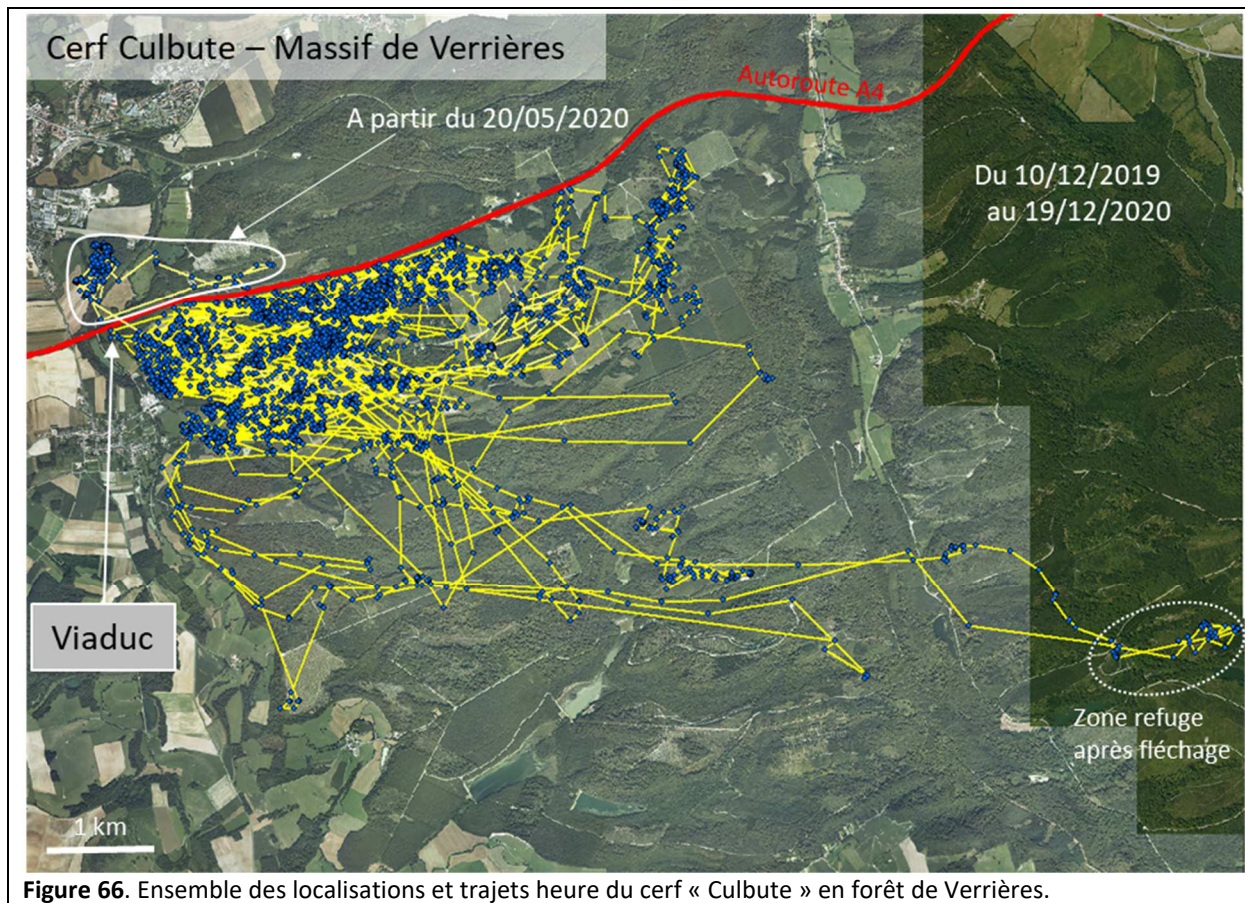


Figure 66. Ensemble des localisations et trajets heure du cerf « Culbute » en forêt de Verrières.

Le dernier cerf équipé dans ce massif (Cirage), suivi depuis le 07/05/19, a un domaine vital allongé et adjacent à l'A4 (**Figure 67**). Malgré le nombre de fois où ce cerf a eu l'occasion d'emprunter un pont pour passer de l'autre côté, il n'a franchi l'autoroute qu'en 2 occasions 26/06/19 et le 23/09/19. Si en juin, le franchissement s'est bien effectué via le viaduc (courte période de 3 heures dans les prairies le long de l'Aisne), nous ne pouvons pas savoir si le cerf a utilisé le pont routier lors son retour vers le Sud de l'A4 le 23 septembre après 9 heures passées au nord (**Figure 68**). En effet, le collier GPS n'a pas fonctionné entre 20 :00 (sud autoroute) et 01 :00 (nord autoroute). Cependant, un piège photographique posé sous le viaduc montre le passage de Cirage à 00 :30 le 23/09. En revanche, les pièges photos installés sous le viaduc mais aussi sous le pont routier n'ont pas été déclenchés entre 10 :00 et 11 :00 pour le retour vers le sud.

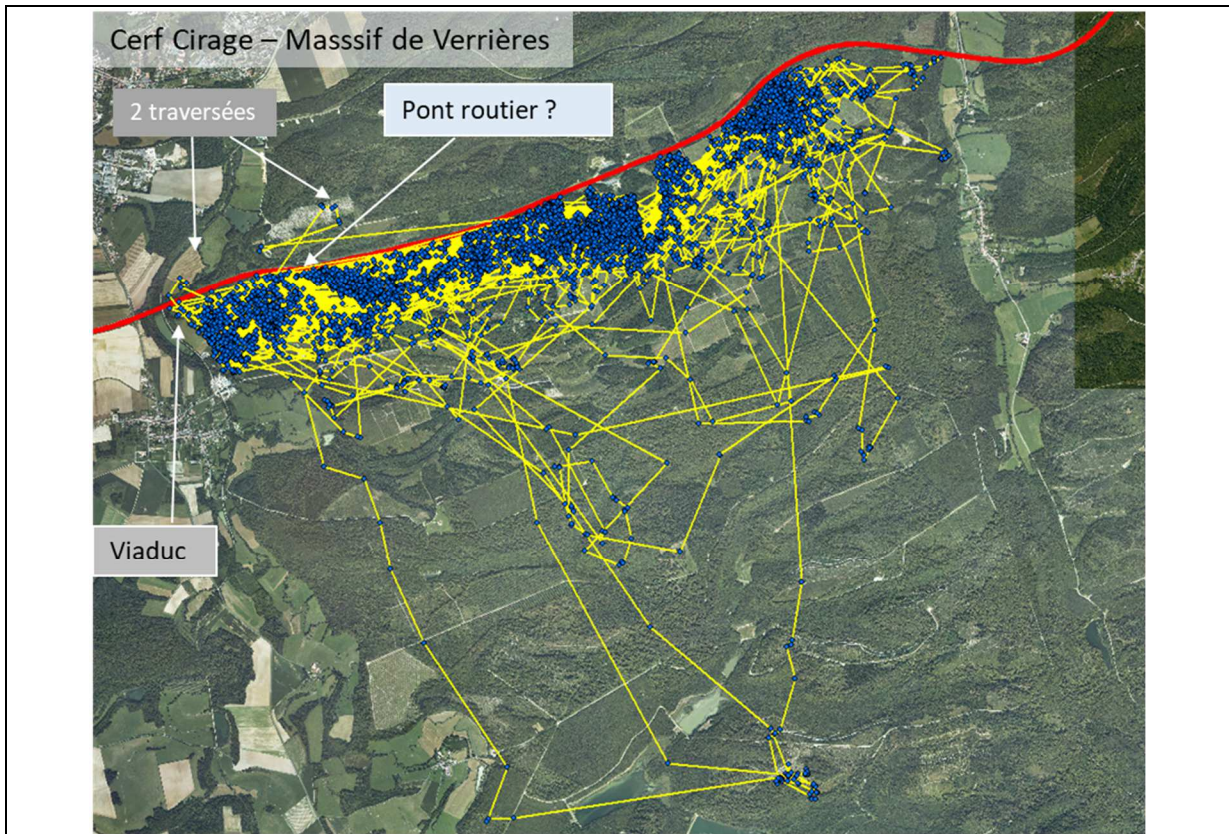


Figure 67. Ensemble des localisations et trajets heure du cerf « Cirage » en forêt de Verrières

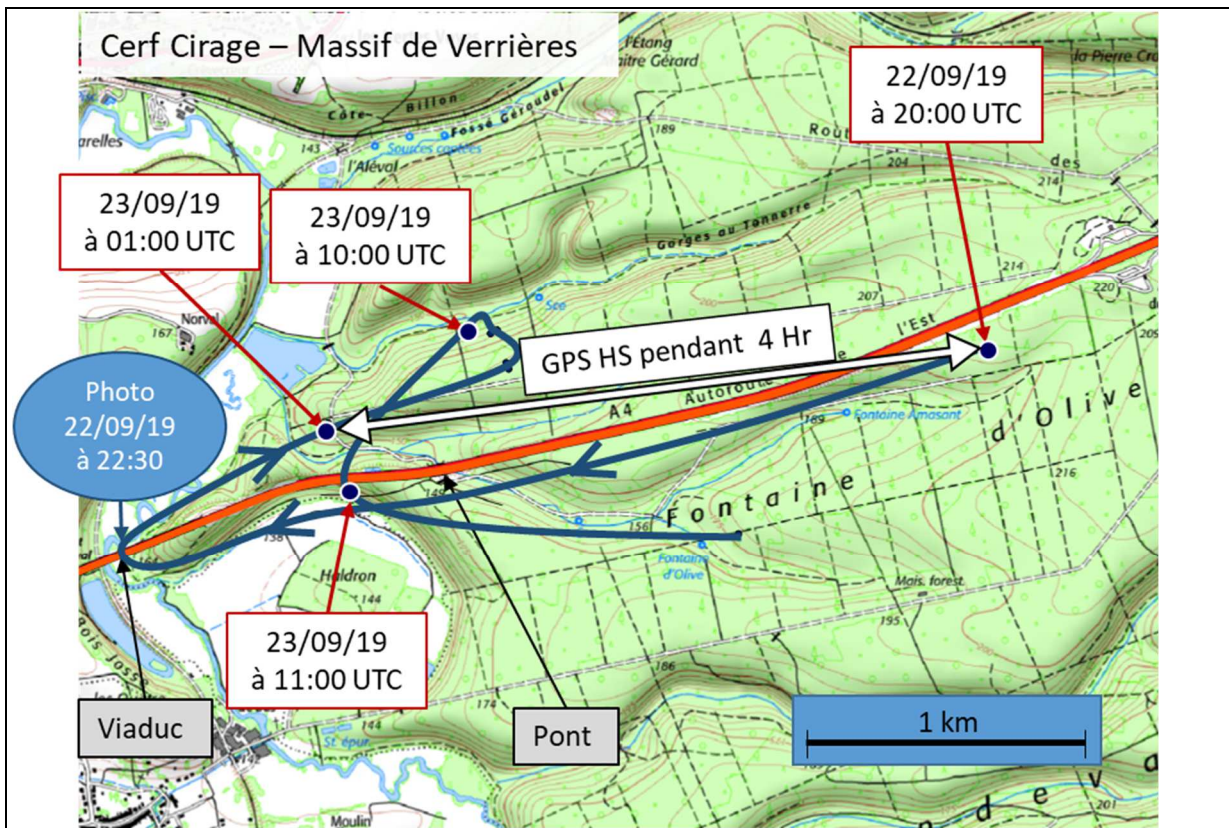


Figure 68. Détail du trajet du 22-23 septembre 2019 au cours duquel Cirage a franchi deux fois l'A4, par le viaduc à l'aller (observation au piège photographique) et sans pouvoir identifier l'endroit de passage au retour.

En résumé, nous constatons que les 3 cerfs suivis dans le massif de Verrières ont franchi au moins une fois l'autoroute A4. Ces franchissements ont très majoritairement (ou totalement) été effectués par le viaduc de l'Aisne (**Figure 69**). Ce viaduc, d'une longueur totale de 450 mètres et d'une hauteur maximale de 23 m constitue donc un passage privilégié pour les cerfs, par rapport aux autres ponts inférieurs, de bien plus petite dimension (voir p.89, suivi du viaduc par pièges photographiques)



Figure 69. Différentes vues du Viaduc de l'Aisne par lequel les 3 cerfs suivis dans le massif de Verrières sont passés pour rejoindre le côté nord de l'autoroute A4.

f. Déplacements hors territoire

Pour compléter nos informations quant aux capacités de déplacement des cerfs, nous nous sommes intéressés aux déplacements qui sortent de l'ordinaire. En effet c'est lors de ces événements que nous pouvons connaître l'amplitude maximale des déplacements des cerfs et les éléments paysagers utilisés dans ce contexte particulier. Ces informations sont de première importance pour appréhender la connectivité du territoire à grande échelle. Nous avons par ailleurs cherché à savoir si ces « excursions » hors du territoire habituel pouvaient être liés à des situations particulières que sont la capture de l'animal et les journées de chasse.

➤ Déplacements entre différents massifs

Le quatrième individu capturé dans le site de Signy-L'Abbaye, le cerf « Cano », a été équipé avec un collier qui n'a fonctionné que durant un mois et demi (unité GPS défaillante) (**Figure 70**). Cette durée, trop faible pour que les localisations soient incluses dans les analyses précédentes, a cependant permis d'observer deux grands déplacements, à savoir 2 allers retour entre les massifs de Signy-l'Abbaye et de Thin-le-Moutier au nord-est de Signy (**Figure 71**). Si les deux trajets « allers » ont bien été enregistrés, un seul trajet « retour » a été correctement observé. Pour chaque traversée, Cano a dû parcourir environ 7 km de milieu ouvert, incluant cependant quelques petits bois. Cette distance a été couverte, soit en une fois en une nuit, soit en deux fois en restant toute une journée à l'intérieur d'un bois avant de repartir le soir. Il est intéressant de constater que pour ces trois trajets, les chemins empruntés sont identiques, et ils passent dès que possible par les petits bois séparant les massifs.

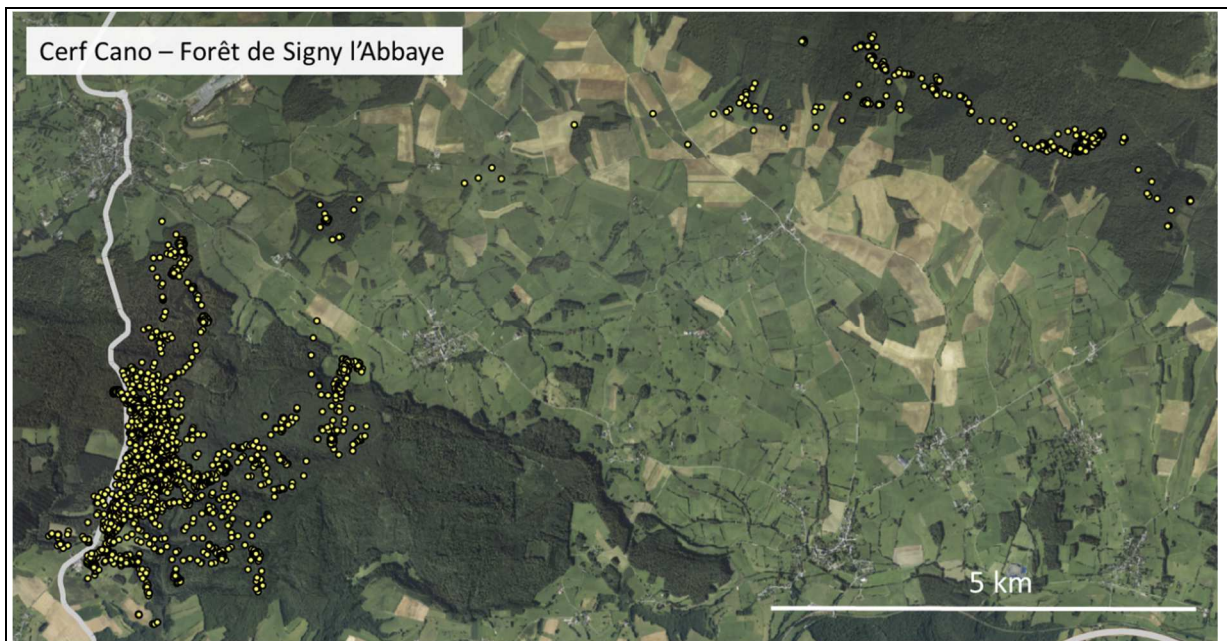


Figure 70. Ensemble des localisations du cerfs « Cano » dans le secteur de Signy-l'Abbaye/Thin le Moutier.

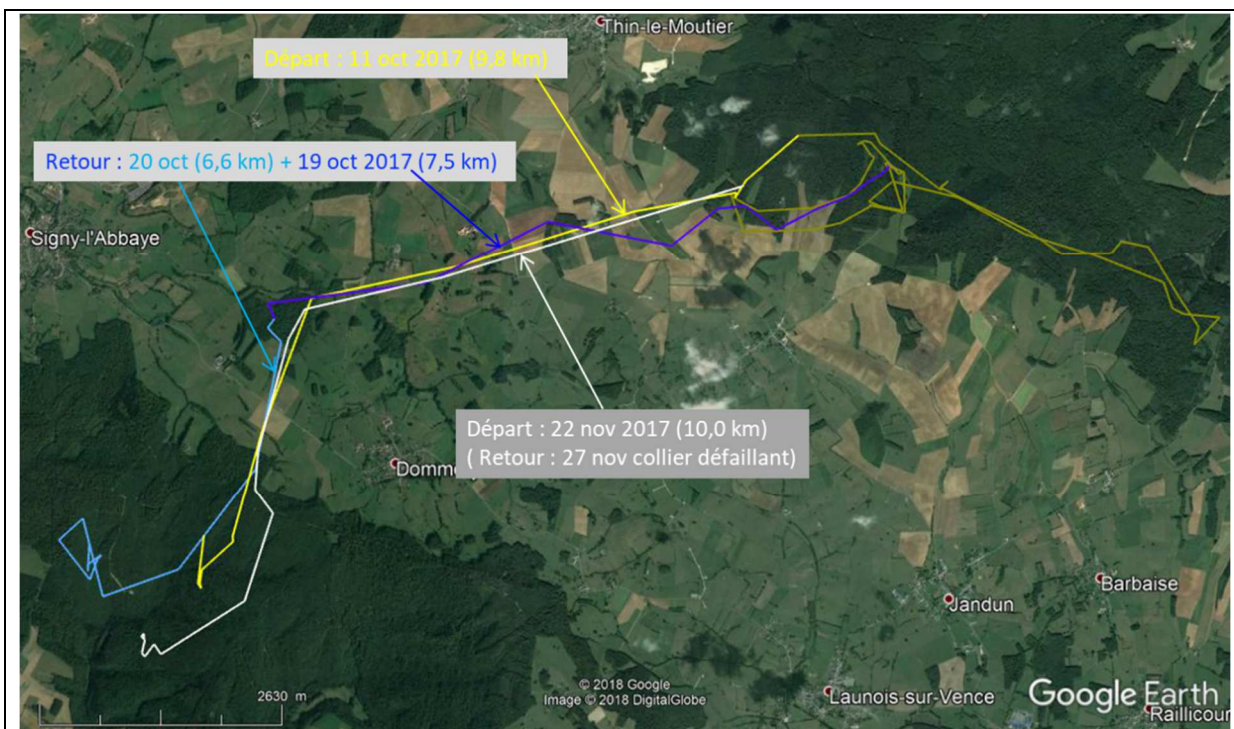


Figure 71. Trois trajets réalisés les 19 et 20 octobre et le 22 novembre 2017 par Cano entre les massifs forestiers de Signy-l'Abbaye et de Thin-le-Moutier.

D'autres déplacements entre massifs forestiers ont été déduits à partir d'observations de cerfs portant un collier par des acteurs de terrain, notamment des agents de l'ONF et des chasseurs. Lorsqu'un collier n'est plus fonctionnel, un système de détachement est censé libérer l'animal de son équipement. Ce système s'est révélé défaillant puisqu'il n'a fonctionné qu'une fois sur dix, laissant en contrepartie une chance d'observer des cerfs équipés sur le long terme. Deux cerfs portant un collier non fonctionnel ont ainsi été vus à plusieurs reprises en dehors des sites de capture.

En effet, Cano, le cerf qui avait relié par deux fois le massif de Thin-le-Moutier, a été vu plusieurs fois en octobre 2018 (source Fédération des Chasseurs des Ardennes, ONF) dans la forêt de Maubert-Fontaine à 20 km au nord de son massif d'origine, mais aussi de l'autre côté de l'autoroute A304 (**Figure 72**). Le milieu ouvert séparant les deux massifs, tout comme la nouvelle autoroute A304 n'ont a priori pas constitué d'obstacle au déplacement de ce cerf.

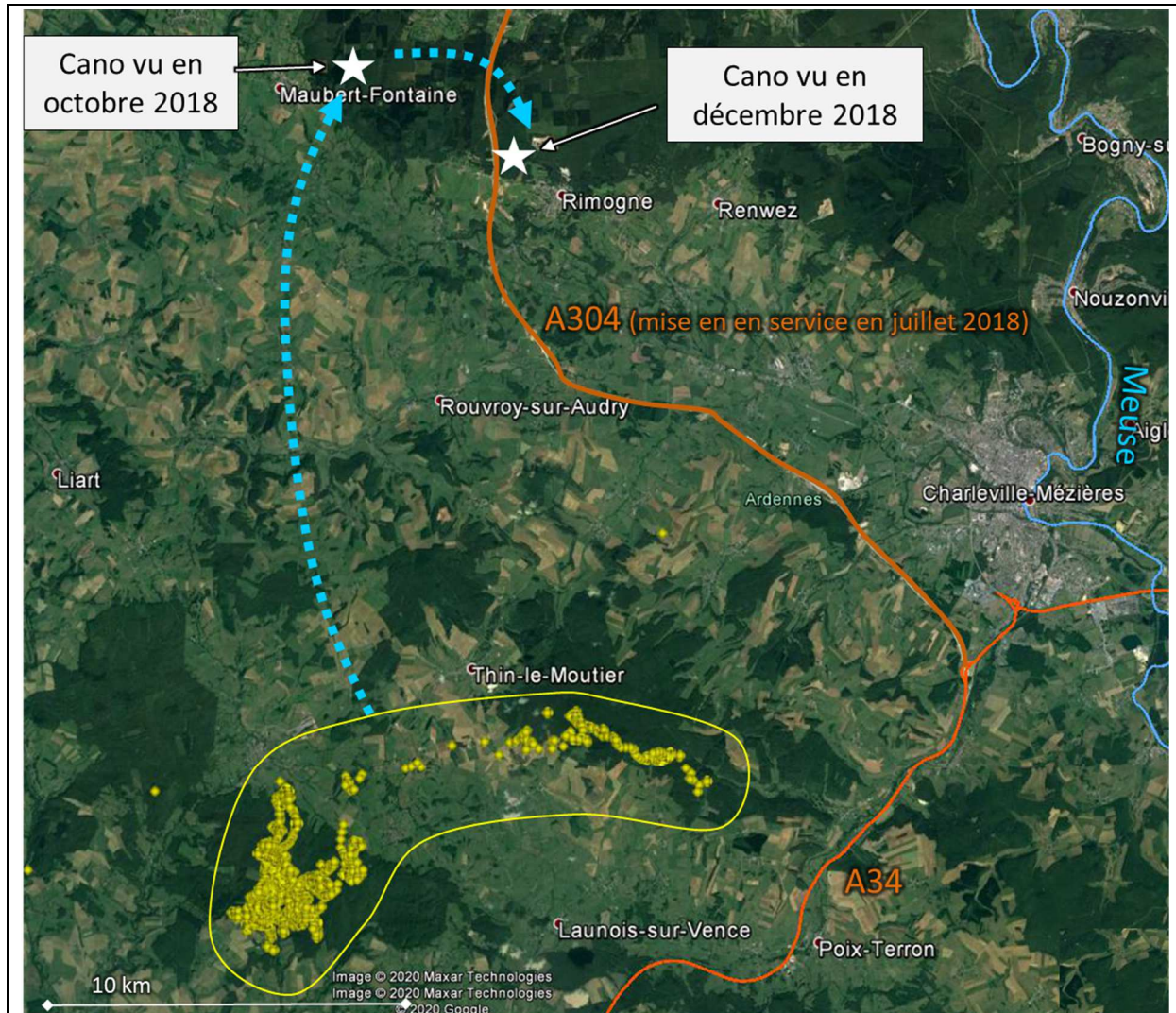


Figure 72. Déplacements grande distance du cerf Cano entre deux massifs déduits des observations de terrain. Les flèches bleues n'indiquent aucunement les endroits réels empruntés par l'animal.

Un cerf équipé a également été vu en octobre 2019 à plusieurs reprises dans des petits bois à proximité de Château-Porcien. Nous ne sommes pas en mesure de savoir avec certitude de quel animal il s'agit (**Figure 73**). Soit il s'agit encore de Cano, qui aurait cette fois parcouru 40 km vers le sud, hypothèse qui, même si elle est possible, nous semble la moins probable ; soit il s'agit du cerf « Coupe ». Ce cerf a d'ailleurs disparu des images prises au piège photographique dans son secteur de Neuvizy en septembre 2019, alors qu'il y était régulièrement observé par ce biais jusqu'alors. Coupe aurait alors parcouru au moins 25 km en traversant des zones agricoles très peu boisées.

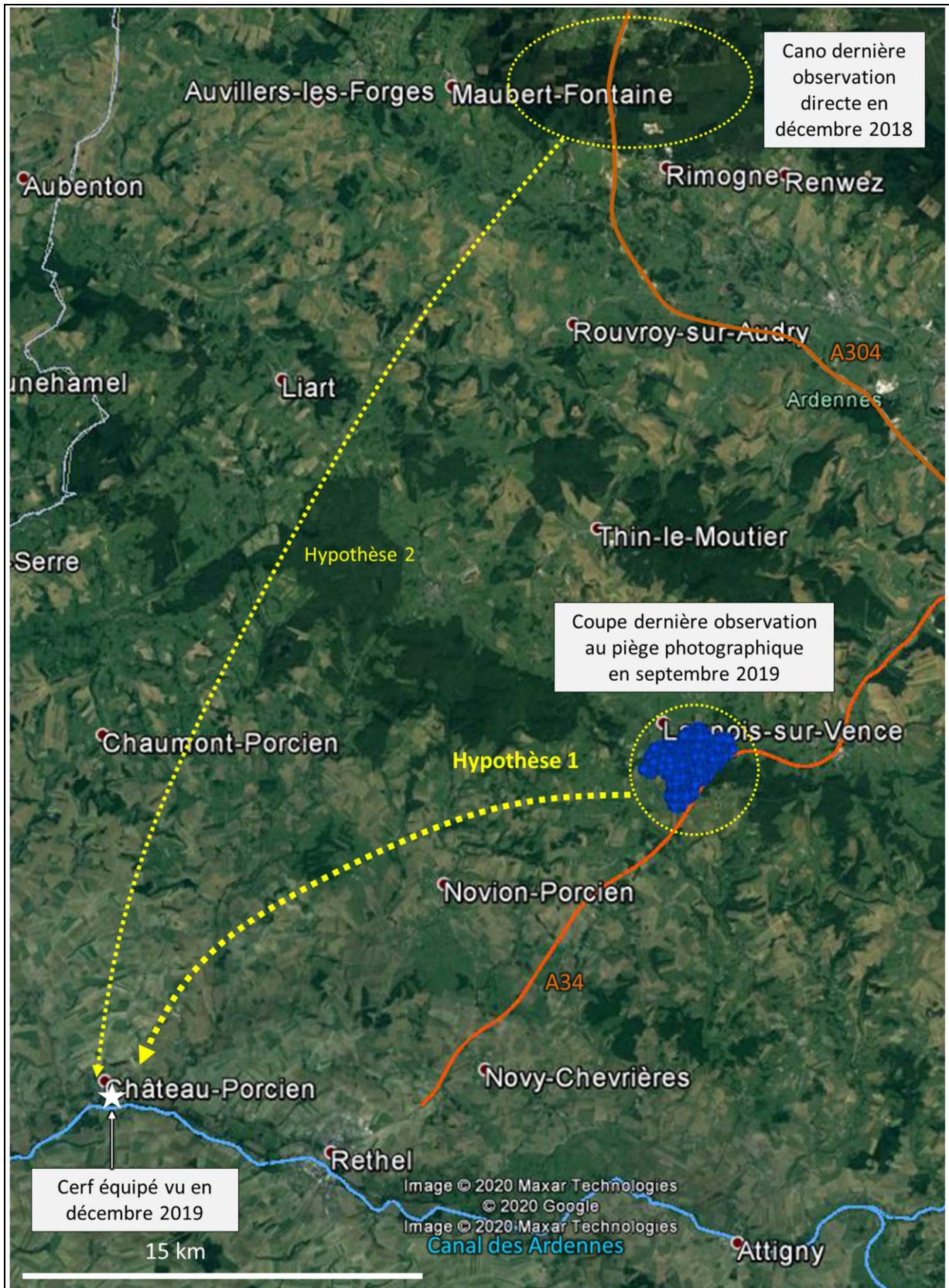


Figure 73. Hypothèses pouvant expliquer l'observation d'un cerf équipé aux alentours de Château-Porcien. L'hypothèse 1 est largement privilégiée sans pour autant avoir de certitude. Encore une fois les flèches ne représentent nullement les endroits utilisés par les animaux pour se déplacer.

➤ Excursions au sein d'un même massif

A plusieurs occasions, des excursions, ou tout du moins des trajets différents de ceux habituellement parcourus, ont été observés chez plusieurs individus. Par exemple, dans le site d'étude de Verrières, on dénombre respectivement 23 et 18 trajets de Cirage et Culbute qui ont eu lieu en dehors de leur domaine vital. Sur les 23 trajets hors territoire effectués par Culbute (**Figure 74**), 21 peuvent correspondre à des dates particulières : 5 trajets consécutifs suite à la capture et 16 associés aux journées de chasse en noir. Seuls les 2 trajets – aller-retour ne correspondent pas à des évènements connus.

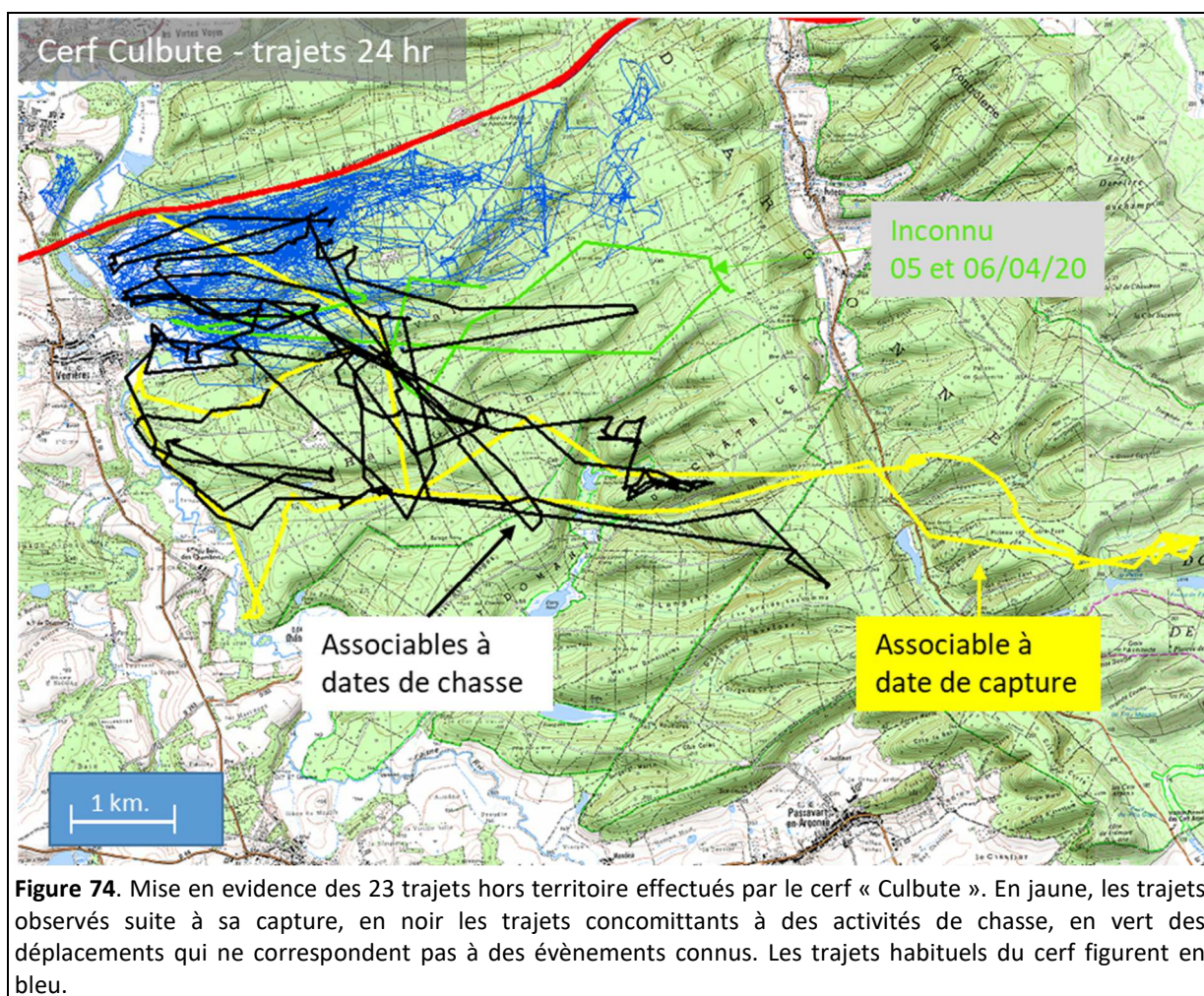


Figure 74. Mise en évidence des 23 trajets hors territoire effectués par le cerf « Culbute ». En jaune, les trajets observés suite à sa capture, en noir les trajets concomitants à des activités de chasse, en vert des déplacements qui ne correspondent pas à des évènements connus. Les trajets habituels du cerf figurent en bleu.

Les mêmes résultats sont observés avec le cerf Cirage (**Figure 75**). Sur les 18 trajets qu'il a effectués hors territoire, 3 sont consécutifs à la capture (1 vers le sud, 1 en local, 1 retour) et 11 trajets correspondent à des dates de chasse. Les 4 autres trajets (du 21/09/19 et du 27 au 29/09/19) n'ont pas pu être associés avec un évènement connu.

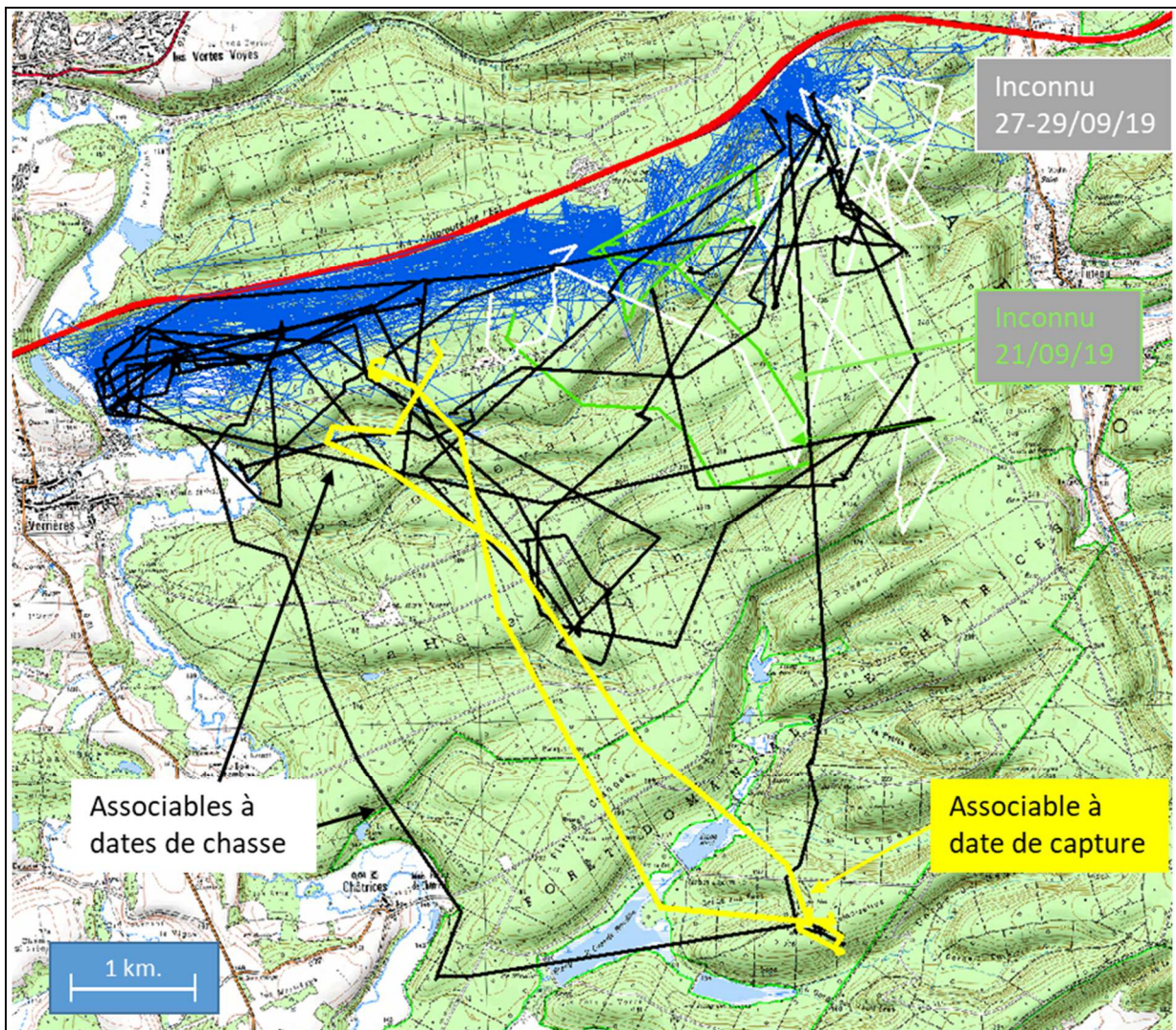


Figure 75. Mise en évidence des 18 trajets hors territoire effectués par le cerf « Cirage ». En jaune, les trajets observés suite à sa capture, en noir les trajets concomitants à des activités de chasse, en vert et en blanc des déplacements qui ne correspondent pas à des évènements connus. Les trajets habituels du cerf figurent en bleu.

Il est toutefois à noter que les journées de chasse n'entraînent pas obligatoirement de grands déplacements. Dans certains cas au contraire, les individus restent cantonnés dans des zones particulières. Par exemple, Cirage occupe deux zones distinctes selon les journées de chasse : l'une très resserrée à l'est du territoire (occupée jusqu'à fin novembre), et l'autre à l'ouest, en dehors du territoire de chasse (**Figure 76**).

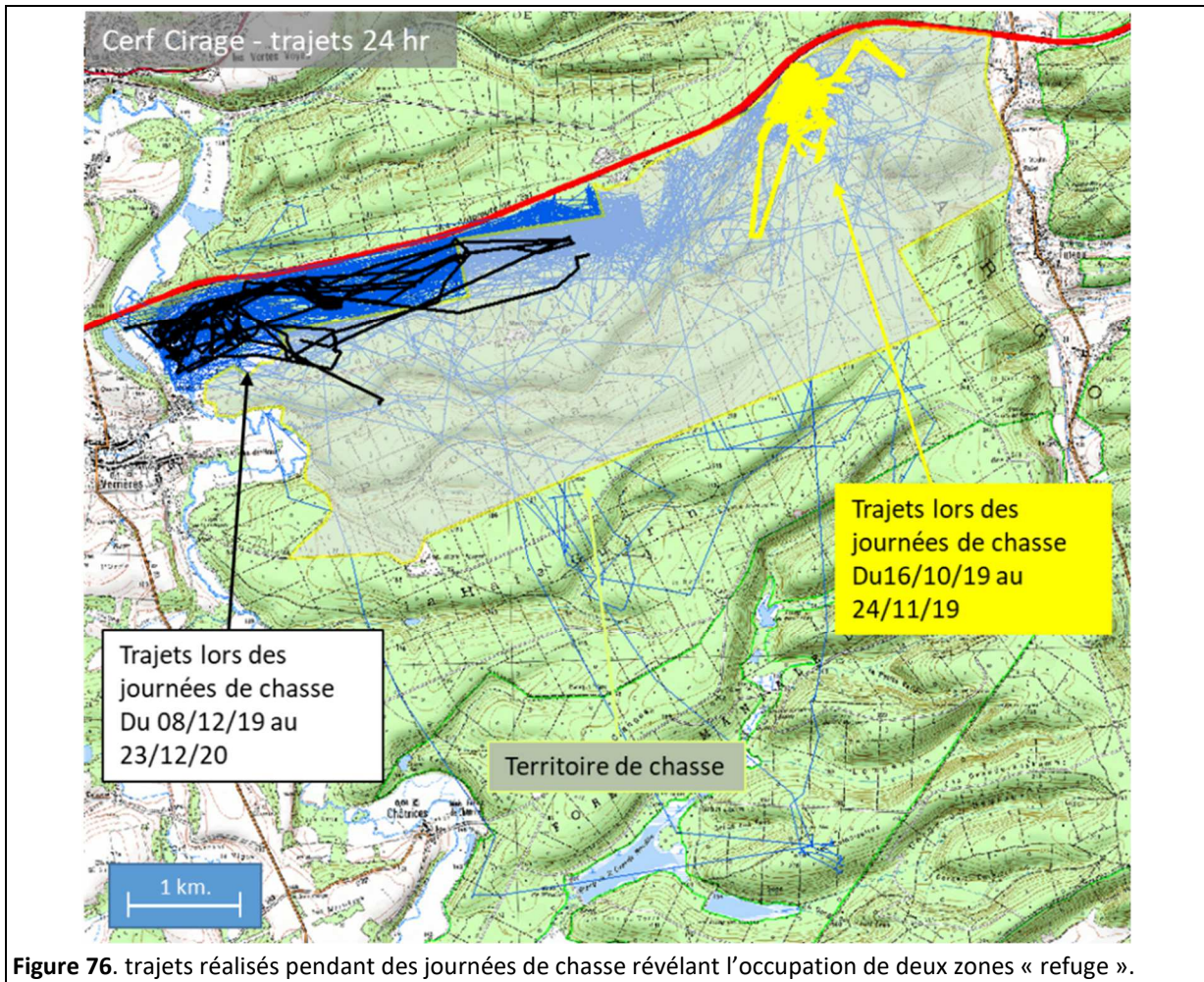


Figure 76. trajets réalisés pendant des journées de chasse révélant l'occupation de deux zones « refuge ».

Nous avons donc testé statistiquement ces informations sur la base des distances parcourues lors des événements de chasse. Il s'agit ici de comparer les distances horaires parcourues entre 07 :00 et 09 :00 UTC par les cerfs les jours de chasse à celles des jours non chassés, et ce d'octobre à février inclus. Ce test a été réalisé pour tous les individus suivis dans les massifs de Verrières et de Signy pour lesquels nous disposons des dates de chasse (Figure 77).

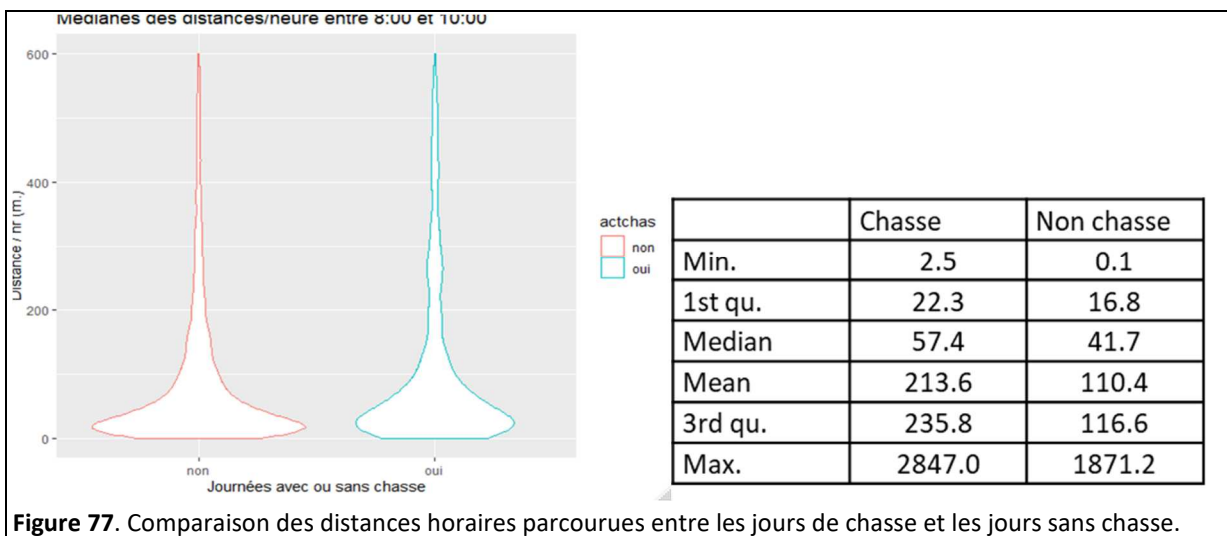
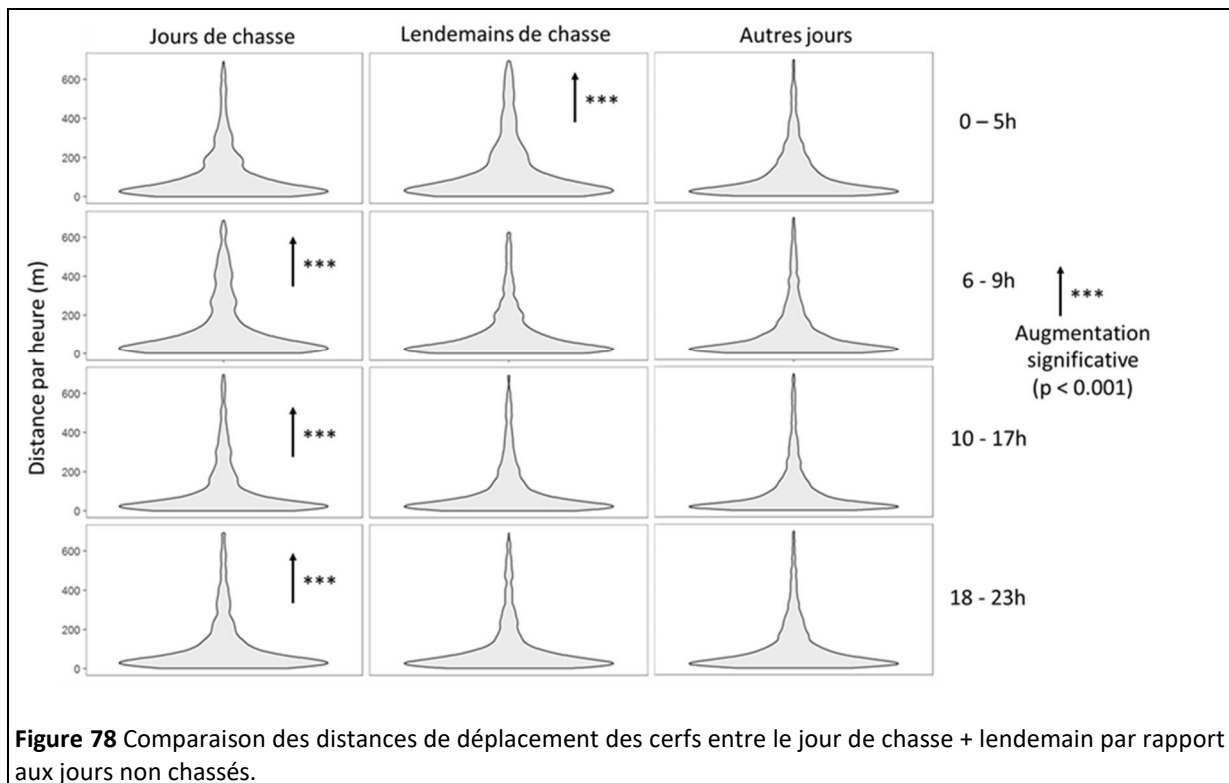


Figure 77. Comparaison des distances horaires parcourues entre les jours de chasse et les jours sans chasse.

Tous animaux confondus, nous observons une augmentation significative des distances de déplacement lors des journées de chasse ($W = 445328$, $p\text{-value} < 0.0001$). La chasse semble donc avoir un impact, ce qui était évidemment attendu.

Afin de savoir si cet effet se prolongeait dans le temps (la journée et le lendemain), des modèles mixtes linéaires généralisés ont été réalisés (**Figure 78**). On retrouve bien l'augmentation des déplacements entre 6 et 9 heure du matin lors des journées de chasse. Cet effet est encore présent pendant la journée, au début et même à la fin de la nuit suivante (de 18 à 23 heure et de 0 à 5 heure). Ce phénomène est peut-être dû à une « relocalisation » des animaux qui auraient été délogés.



Si la chasse semble favoriser les grands déplacements, elle ne semble pas pouvoir jouer sur le flux d'individus et donc sur le brassage génétique entre massif puisque les cerfs finissent par revenir dans leur domaine vital habituel. Cette question reste intéressante à traiter et il serait enrichissant de poursuivre les études pour confirmer ou infirmer ces observations.

Une analyse similaire a été menée pour connaître l'effet de la capture sur les distances de déplacement des cerfs dans le but de mieux comprendre les réactions des animaux après le fléchage et la manipulation, et ainsi pouvoir exclure correctement les données faussées par notre action (annexe II).

g. Conclusion cerfs

Au plan technique, le suivi des cerfs s'est révélé beaucoup plus compliqué que prévu en raison 1- de la difficulté d'approcher les cerfs ou de les laisser s'approcher, 2- de la faible efficacité de certains produits anesthésiants et 3- de la nécessité de n'utiliser que du matériel de très bonne qualité pour la capture et de trouver la bonne combinaison entre les émetteurs, les aiguilles, les fléchettes, ou les fusils existants sur le marché. A cette liste s'ajoute la nécessaire qualité des colliers dont le coût n'assure pas la fiabilité...

Malgré tout, nous avons pu apporter de nouveaux éléments sur la capacité de déplacement des cerfs sur le territoire et sur les éléments du paysage qui agissent ou non comme des barrières ou des freins aux déplacements. Ainsi, nous avons constaté la possibilité, pour les cerfs, de franchir les espaces bocagers et les infrastructures linéaires de transport de type route départementale et voie ferrée non engrillagées. Les animaux semblent pouvoir parcourir des distances relativement importantes (au moins 30 km) en milieu dépourvu d'ILT engrillagées. En revanche, les infrastructures engrillagées (autoroutes et LGV) semblent constituer une barrière, ou au moins une limite de territoire malgré la présence d'ouvrages suffisamment larges et hauts pour permettre le passage d'un cerf. Seule la fréquentation d'un viaduc de grandes dimensions a été observée au cours de nos suivis GPS.

Nous supposons aussi une assez grande fidélité aux sites de la part des cerfs. Même lors d'évènements perturbateurs (capture, chasse), les animaux reviennent sur leur zone habituelle après quelques jours (cf. annexes). On notera toutefois qu'au moins 2 animaux sur les 11 marqués ont été observés hors du massif dans lequel ils ont été équipés et que les cerfs peuvent mettre un assez long temps avant d'exploiter une nouvelle zone.

Il est assez frustrant de constater que de très intéressantes données, notamment sur les cerfs qui ont quitté les massifs de Signy et de Neuvizy, auraient dues être collectées si les colliers avaient duré plus longtemps (7 mois en moyenne contre les 12 à 18 promis par le constructeur). Nous projetons donc de poursuivre ce projet en équipant des animaux avec du matériel d'abord plus fiable (2 colliers sur 10 se sont révélés complètement défectueux !) et qui fonctionneront sur des périodes plus longues (2 à 4 ans).

IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES TRANSPARATEURS

II. Le suivi des passages potentiels de l'A4 ou la LGV par pièges photographiques

La zone de plaines céréalières traversée par l'autoroute A4 et la LGV Est-Européenne, à la hauteur de Châlons-en-Champagne, est un des secteurs particulièrement ciblés par le programme Corridors car il semble jouer un rôle de barrière aux déplacements de nombreux mammifères (programme in-situ, étude génétique des cerfs élaphe de ce programme). En effet, les deux infrastructures linéaires de transport sont grillagées sur tout leur linéaire, ce qui limite fortement les risques de collisions avec la faune, mais qui augmente l'effet barrière de ces structures. Par ailleurs, plusieurs populations importantes de cerfs élaphe sont situées autour de cette zone fortement anthropisée (Montagne de Reims, Camps militaires de Suippes et Mourmelon, Massif d'Argonne). En effet, le Cerf élaphe est bien l'espèce cible de ce volet du fait de sa taille. La Martre des pins étant capable d'utiliser n'importe quel passage (même des petites buses d'évacuation des eaux), il serait trop ambitieux de chercher à être exhaustif pour cette espèce. Néanmoins, au regard du nombre élevé des clichés obtenus, il nous a paru intéressant d'analyser les résultats concernant l'utilisation des passages par la faune en général.

1. Matériel et Méthodes

a. Protocoles de suivi

Afin de renforcer les connaissances sur les déplacements de cerfs, et sur l'utilisation des ouvrages de franchissement des infrastructures linéaires de transport, un suivi par pièges photographiques a été mis en place sur l'A4 et la LGV, sur un linéaire de 50 km chacune, entre Auve (51) à l'est, et Verzenay (51) à l'Ouest (**Figure 79**), zone ne comportant à priori pas de passage à faune dédié et opérationnel.

Soixante-dix structures potentielles de franchissement dont la majorité est potentiellement franchissable par le Cerf élaphe ont été identifiées, divisées en :

- 28 passages inférieurs dont 2 lits de rivière, 5 buses (diamètre supérieur ou égal à 1.5m), 3 voies ferrées, et 18 routes ou chemins agricoles)
- 42 passages supérieurs (ponts) dont 25 routes, 12 chemins agricoles et 5 ponts mixtes (route + chemin agricole)

Une pré-étude de quinze jours, dont les résultats ne seront pas présentés ici, a été menée sur 7 ponts en octobre 2016, afin d'optimiser le suivi et l'organisation des données (positionnement des appareils, organisation des relevés, variables considérées, type de batteries...).

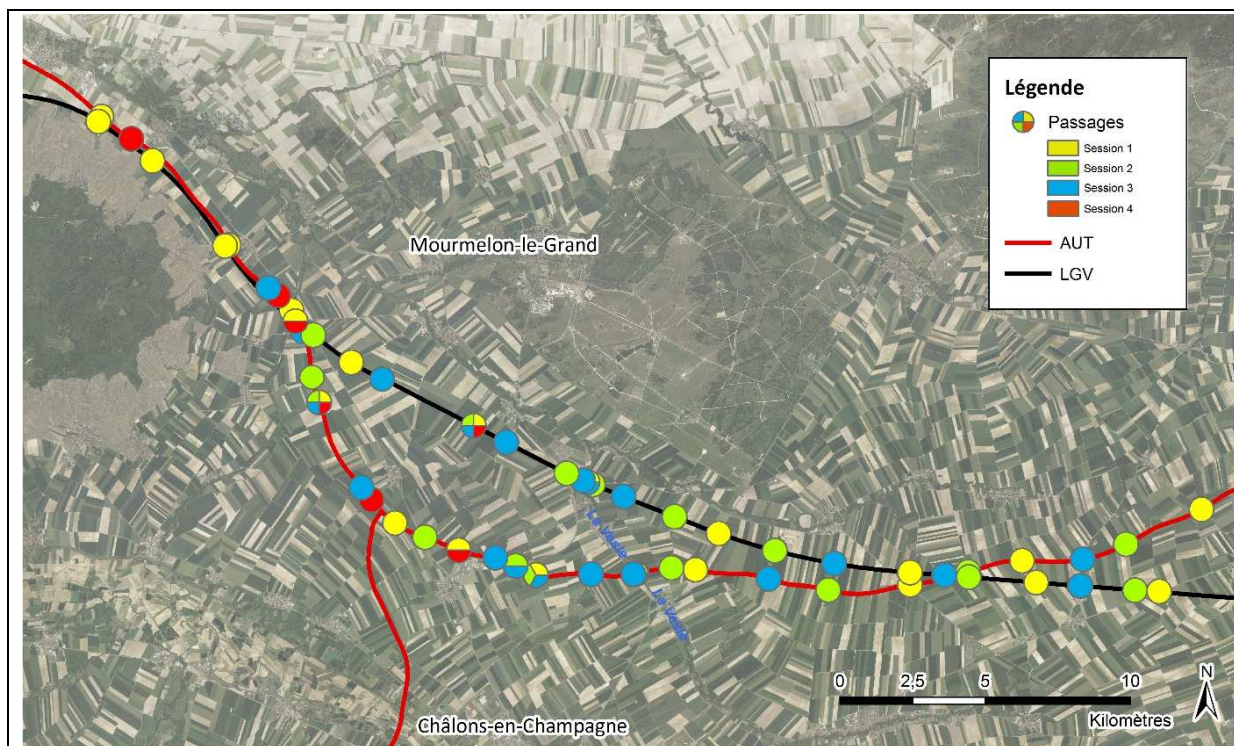


Figure 79 : localisation des ponts suivis par piège photographique lors des 4 sessions.

Tous les ponts ne pouvant être suivis simultanément (nombre de pièges photographiques limitant), le suivi de la fréquentation des ouvrages a été divisé d’abord en trois sessions de 8 mois, de sorte que chacune de ces sessions puisse prendre en compte au moins une période de déplacements de cerfs (d’après la littérature). Jusqu’à vingt-cinq appareils ont ainsi été déployés simultanément le long de l’A4 et de la LGV (voir **annexe III** pour le descriptif des appareils). Ils ont été relevés tous les mois dans le but de récupérer les clichés en changeant la carte mémoire, et de remplacer les piles si besoin. Cet important travail de terrain a été fait conjointement avec la Fédération des Chasseurs de la Marne.

Au fil des sessions, des ajustements du protocole ont été réalisés, en écartant certains ponts trop compliqués à suivre (trop de véhicules, dimensions trop importantes...), et en prolongeant le suivi sur certains ponts particulièrement intéressants. En déduisant également les ponts où l’appareil avait disparu dès le premier relevé, au total, 56 ponts ont été suivis. Des analyses intermédiaires nous ont également incité à poursuivre le suivi lors d’une quatrième session (**Tableau 16**), afin d’améliorer l’échantillonnage, notamment des buses, sous représentées, ou de compenser des manques de données dues à des appareils défectueux ou volés.

Tableau 16. Description des sessions de piégeage photographique.

Session	Date début	Date fin	Durée (jours)	Nombre de ponts suivis
1	29/11/2016	27/07/2017	240	24
2	27/07/2017	05/04/2018	252	22
3	05/04/2018	14/12/2018	253	24
4	08/03/2019	18/11/2019	255	7

b. Saisie, préparation et vérification des données

Les photos et vidéos ont été toutes visionnées au retour du terrain, en saisissant dans un tableur (Microsoft Excel) les informations sur l'espèce, le nombre, une description du comportement de traversée (passage ou non), le sens de passage, et toute information complémentaire sur le comportement, des doutes d'identification, des signes permettant une identification individuelle, etc.

Si un individu stationnait devant l'appareil et photographié plusieurs fois, il était considéré comme une seule observation. Dès lors qu'un individu sortait du champ du piège photographique, une nouvelle occurrence était considérée : il est généralement presque impossible d'être certain qu'il s'agit du même individu et non d'un congénère.

Les petits mammifères vivant directement sur le pont ont simplement été signalés en remarque, mais n'ont pas été saisis comme données véritables. Il s'agit des images de lapins, et de micromammifères. Des données intéressantes d'oiseaux notamment (Cigognes...) ont été notées mais n'ont pas été considérées pour les analyses.

Les dates et heures des clichés ont été extraits via un logiciel de traitement de métadonnées : Directory List&Print. Une correction systématique des dates et heures a été effectuée sous Excel : un décalage entre heure réelle et heure affichée sur l'appareil est très fréquent. Les heures sont toutes données à l'heure d'hiver (GMT+1).

Les comportements notés ont fait l'objet d'un tri. Ici, l'objectif est d'étudier la fréquentation des ouvrages par les différents mammifères, en priorité le Cerf. Ainsi, les ponts ont été considérés un par un : si l'appareil était placé au milieu du pont (typiquement pour les passages supérieurs), toutes les données ont été conservées. Pour les passages inférieurs globalement, l'appareil n'a pas pu être placé à l'intérieur de l'ouvrage, mais seulement à l'entrée de celui-ci. Une partie des observations était représentée par des individus passant devant l'appareil, mais n'entrant pas dans l'ouvrage. Ces données ont donc été écartées des analyses, puisque l'animal ne fréquentait pas rigoureusement l'ouvrage.

Les individus dont la détermination était impossible ont été notés en « NI » pour « Non-identifié ». Ces derniers ont tous été passés en revue en double aveugle pour vérifier la donnée. Les espèces difficiles à déterminer en photo (notamment les mustélidés) ont également tous fait l'objet de plusieurs vérifications.

Un dernier tri a été effectué au cas par cas pour les ponts avec des caractéristiques un peu spéciales. Par exemple, sous certains ponts où se trouve le lit d'une rivière (la Vesle), aucune traversée de mammifère n'a pu être observée dans les périodes où le niveau d'eau était haut. En outre, ces passages étaient très fréquentés en période d'étiage. Les caractéristiques du passage étant changeantes, seules les périodes d'étiage ou de faible niveau d'eau ont été prises en compte dans les analyses.

c. *Modélisation de la sélection des passages*

Une partie des espèces n'a pas été observée en effectif suffisant pour permettre des analyses statistiques robustes : c'est le cas de l'espèce cible, le Cerf élaphe, dont les données sont discutées de manière descriptive.

➤ Variables étudiées et choisies

De nombreuses variables susceptibles d'avoir un effet sur la fréquentation des ouvrages par des mammifères ont été identifiées. Elles concernent tant la description physique du pont, que l'habitat à proximité, ou encore les activités humaines, et n'ont pas toutes des effets sur la traversée des mammifères. La description précise de toutes ces variables est donnée en Annexe 135III.

Des méthodes statistiques de choix de modèles ont conservé les quelques variables qui ont le plus de poids dans nos résultats. Il s'agit de la **Position** (passage inférieur ou pont supérieur), du **Type de pont** (route, chemin, rivière, voie ferrée...), du **Taux de végétalisation** des ouvrages, du **Faciès** (le pont est soit en creux, en bosse ou bien plat par rapport au relief environnant), de la **Surface boisée** (dans un rayon de 250 et 3000m), de la Fréquentation humaine, et de l'**Isolement relatif des ouvrages** (nommé PSn : un pont plus isolé concentre théoriquement plus le passage des animaux que si les ponts sont nombreux et rapprochés).

L'étude étant menée sur le terrain, avec des paramètres non contrôlables, il apparaît que les corrélations sont nombreuses et que les variables employées sont rarement indépendantes. Pour exemple, il semble en effet logique que le type de pont soit étroitement lié à sa fréquentation par les véhicules, tout comme au matériau de revêtement ou encore à sa largeur. Autre exemple, il existe logiquement une corrélation entre la fréquentation humaine et la durée effective de suivi. En effet, les appareils situés sur des routes les plus passantes ont souvent été subtilisés, ou bien ont vu leurs piles se vider plus vite en raison de la forte fréquentation (réduisant dans les deux cas la durée de fonctionnement des appareils).

➤ Modèles statistiques

S'agissant de données de comptage, le choix de modèle s'est tourné vers un Modèle Linéaire Mixte (GLMM) de type Poisson. Ce modèle a permis de prendre en compte la variabilité entre les sessions de suivi. Les variables décrites ci-dessus ont été incluses dans le modèle, et la durée de suivi (log) a été placée en variable « offset », puisque les résultats sont nécessairement intimement liés à la durée de suivi effectif de chaque pont. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R 3.4, grâce au package « lme4 ».



Figure 80. Piège photographique installé sur un pont de la LGV.

d. Suivi des ponts en Argonne : Sainte-Ménéhould / Verrières

Une deuxième zone d'étude a été ajoutée au suivi et concerne le secteur où l'autoroute A4 traverse l'Argonne. Les objectifs étant de quantifier les passages de cerfs dans l'arc argonnais, afin de pouvoir illustrer les résultats génétiques et de suivi GPS qui concernent cette zone.

Trois passages potentiels ont été identifiés : deux buses suffisamment importantes pour être empruntées par des véhicules (et des cerfs) ; et le Viaduc de l'Aisne, long de 450 mètres, sous lequel la ripisylve de l'Aisne, les bois et prairies sont continus. Cinq pièges photographiques ont été mis en place, dont 3 sous le viaduc (**Figure 81**).

Ces passages sont suivis depuis 2019 et sont toujours en cours. Les analyses présentées ici concernent les observations enregistrées jusqu'au 12 février 2020 (**Tableau 17**).

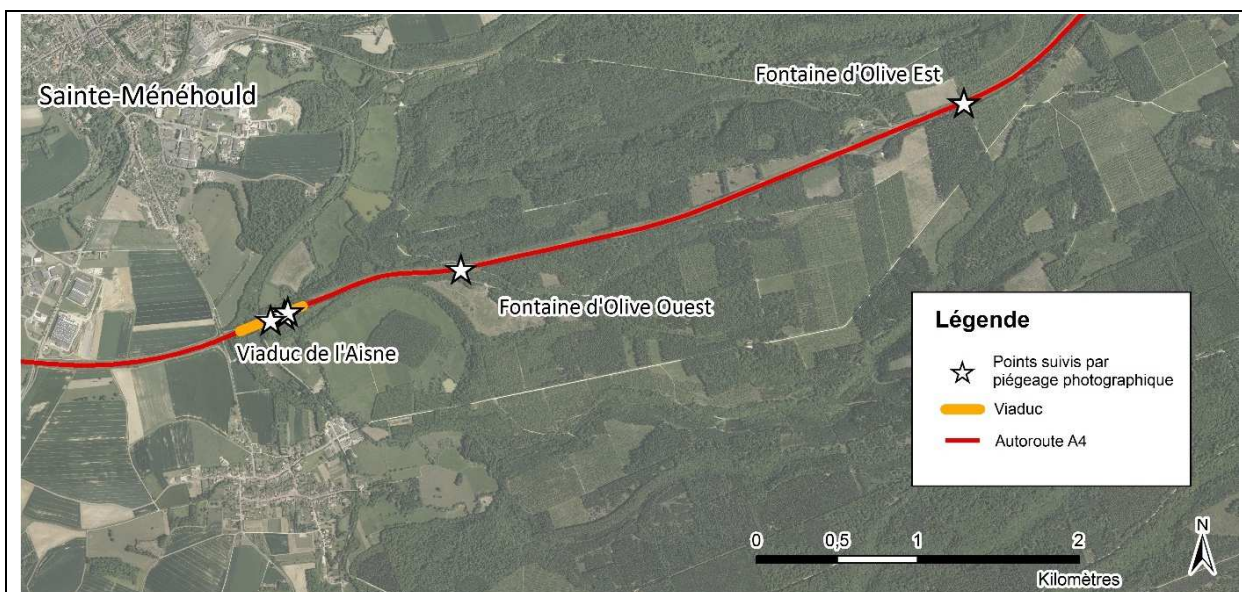


Figure 81. Localisation des pièges photographiques posés pour le suivi des ponts argonnais.

Tableau 17. Modalités de suivi pour les ponts argonnais de l'autoroute A4.

Passage	Date début	Date fin	Durée de suivi analysée (jours)	Nombre de clichés
Viaduc 1	19/06/2019	en cours	238,1	861
Viaduc 2	19/06/2019	en cours	195,4	8011
Viaduc 3	11/07/2019	en cours	181,2	6505
Fontaine d'Olive Est	08/03/2019	11/07/2019	109,7	1270
Fontaine d'Olive Ouest	08/03/2019	en cours	297,8	12005

2. Résultats et interprétations

a. Cerfs en plaine au niveau de l'A4/LGV

➤ Observations

D'après des données communiquées par des chasseurs, agriculteurs ou habitants, des cerfs étaient régulièrement observés dans la partie située entre l'autoroute et la LGV. Certains ponts étaient donc certainement empruntés par des cerfs. Le suivi par piégeage photographique des ouvrages mené par le CERFE n'a permis de détecter que 5 cerfs, dont une femelle, trois mâles et un dont le sexe n'a pas pu être déterminé (**Tableau 18, Figure 82**).

Les sites et sens de traversée sont précisés en **Figure 83**. Sur ces cinq individus, un a fait demi-tour sur le pont le 16/10/2017, et la biche du 15/04/2017 s'est arrêtée au niveau de l'appareil, nous ne savons donc pas si elle a terminé le franchissement ou non.

Tableau 18. Description des données de Cerfs sur les ponts de plaine.

Passage	Session	Date	Heure (GMT+1)	Nombre	Sexe	Age	Sens
LGV19	1	15/04/2017	1:05	1	Biche	Adulte	Nord-Sud
AUT05	2	11/08/2017	22:20	1	Cerf	Adulte	Sud-Nord
LGV19	2	16/10/2017	22:08	1	Cerf	Adulte	Nord-Sud
LGV18	3	06/05/2018	3:44	1	Cerf	Jeune	Nord-Sud
LGV06	3	18/05/2018	22:27	1	?	?	Sud-Nord

Les cerfs fréquentant les ouvrages ont donc été trop rares pour permettre des analyses robustes avec des inférences sur les exigences de l'espèce. Cependant, la simple description des éléments connus est riche en informations.

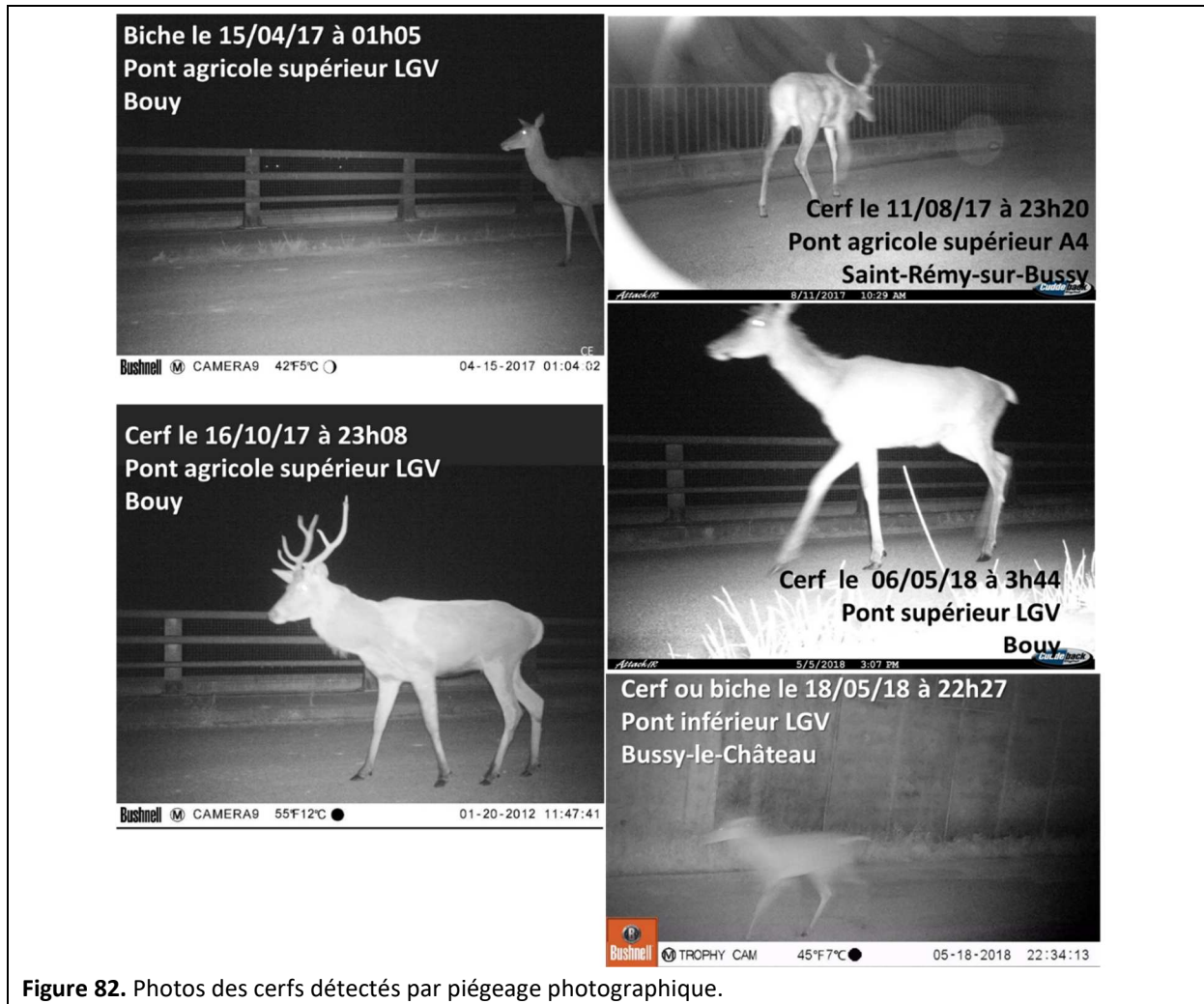


Figure 82. Photos des cerfs détectés par piégeage photographique.



Figure 83. Localisations, nombre et sens de traversée des cerfs observés sur les ouvrages non-dédiés de plaine (LGV et A4).

Ces 5 observations ont été réalisées dans deux secteurs principaux : les abords de Bouy à l'Ouest (LGV18 et LGV19), et la zone de croisement Est de l'A4 et de la LGV (AUT05 et LGV06) (**Figure 83**). Cette agrégation des données pourrait être due à deux phénomènes :

- Pour le secteur de Bouy : une zone de passage privilégiée, étant potentiellement le fait de la proximité de Mourmelon, de la présence de Bois assez proches au Sud de la LGV. Des cerfs ont régulièrement été observés avant 2016 dans le massif de la Renardière, juste au sud de la LGV, notamment après le brame.
- Pour le croisement LGV-A4 : la proximité de ces données pourrait être un indice de comportement des cerfs à proximité des barrières. Ici, les cerfs pourraient avoir longé les infrastructures jusqu'à ce croisement infranchissable où deux possibilités s'offrent alors aux animaux : le demi-tour, ou la traversée obligatoire. L'un des deux cerfs concernés, celui du pont LGV06 s'extrait ainsi en courant de la zone « coincée » entre l'A4 et la LGV.

➤ Description des passages empruntés

Les ouvrages empruntés par les cerfs pour franchir les ILT ont des caractéristiques communes (**Tableau 19, Figure 84**) :

- Les quatre ponts empruntés par les cerfs ont tous en commun d'être des ponts de type « Chemin agricole », avec une fréquentation modérée par l'Homme en journée, et très faible la nuit. D'ailleurs, les traversées ont toutes eu lieu entre 23h et 5h du matin (heure d'été).
- Le faciès des ponts empruntés est : soit « bosse », soit « plat », mais jamais « creux » (cette dernière catégorie est moins représentée dans les ouvrages : 6 ponts sur 56 sont « creux », contre 28 et 22 pour les ponts en « bosse » ou « plats » respectivement).
- Les ponts sont assez peu végétalisés, avec seulement quelques bosquets sur les ponts AUT05 et LGV06 (pas d'effet « attractif » visible de la végétation sur le pont).
- Le paysage autour des ponts est très majoritairement agricole. Cet habitat étant le plus représenté dans la zone d'études, nous ne pouvons affirmer qu'il est particulièrement sélectionné par rapport aux autres. Cependant, nous pouvons dire que les cerfs ayant visité les ponts n'ont pas recherché des habitats boisés comme on pourrait s'y attendre.

Tableau 19 : Description des ponts empruntés par les cerfs élaphe.

Passage	Type de pont	Position	Faciès	Revêtement général	Revêtement secondaire	Végétalisation du pont	Surfaces boisées dans rayon 250m
LGV19	Chemin agricole	Supérieur	Bosse	Cailloux	Bitume	Absente	0,20%
LGV18	Mixte (Chemin agricole / Route)	Supérieur	Bosse	Cailloux	Bitume	Absente	0%
AUT05	Chemin agricole	Supérieur	Bosse	Cailloux	Bitume	Peu végétalisé	2,50%
LGV06	Chemin agricole	Inférieur	Plat	Bitume	Bitume	Peu végétalisé	1,40%



Figure 84. Photographies des ponts empruntés par les cerfs élapes.

b. Cerfs en massif forestier au niveau de l'A4 (Argonne)

La surveillance des trois ouvrages en Argonne a permis d'observer 86 visites de cerfs, dont la quasi-totalité (84) sous le viaduc.

➤ Passages sous le Viaduc

Les résultats montrent que les cerfs mâles adultes représentent plus de la moitié des observations (55%) (**Figure 85**), ce qui pourrait s'expliquer par une plus grande mobilité des mâles (**Figure 86**). Les biches, bichettes et faons, souvent en petits groupes de quelques individus, représentent 41% des observations. L'étude des sens de traversée montre une sur-représentation du sens Sud-Nord (63%). Toutefois, le nombre d'appareils photographiques en place (n=3) sous le viaduc n'est pas suffisant pour capter l'ensemble des mouvements sous cet ouvrage long de plusieurs centaines de mètres. Rappelons également que le nombre de traversées observées n'est pas représentatif du nombre d'individus empruntant le viaduc. En effet, un même individu peut traverser plusieurs fois l'ouvrage.

