



Mission d'appui pour le recensement du chevreuil dans le massif sonien

Rapport annuel - Période de référence: 2008 - 2022

Lynn Pallemmaerts, Niko Boone, Sander Devisscher, Frank Huysentruyt, Alain
Licoppe, Céline Malengreaux, Jan Vercammen, Jim Casaer

Septembre 2022

INSTITUUT
NATUUR- EN
BOSONDERZOEK

AGENTSCHAP
NATUUR & BOS



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



Wallonie

SPW

Service public de Wallonie

Auteurs :

Lynn Pallemmaerts , Niko Boone, Sander Devisscher , Frank Huysentruyt , Alain Licoppe , Céline Malengreaux, Jan Vercammen, Jim Casaer 

Reviewers :

Patrick Huvenne, Stéphane Vanwijnsberghe, Damien Bauwens

l'Institut de Recherche sur la Nature et les Forêts ('Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek', INBO) est un institut de recherche indépendant du gouvernement flamand, qui étaye et évalue la politique et la gestion en matière de biodiversité par la recherche scientifique appliquée, l'intégration et la dissémination publique de données et de connaissances.

Adresse :

INBO Brussel

Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, Belgique

vlaanderen.be/inbo

e-mail :

lynn.pallemmaerts@inbo.be; alain.licoppe@spw.wallonie.be

Citation recommandée :

Pallemmaerts et al. (2022). Mission d'appui pour le recensement du chevreuil dans le massif sonien. Rapport annuel - Période de référence 2008-2022. Rapports de l'Institut de Recherche sur la Nature et les Forêts 2022 (21). l'Institut de Recherche sur la Nature et les Forêts, Bruxelles. DOI : <https://doi.org/10.21436/inbor.83250010>

D/2022/3241/229

Rapports de l'Institut de Recherche sur la Nature et les Forêts 2022 (21)

ISSN : 1782-9054

Éditeur responsable :

Maurice Hoffmann

Photo de couverture :

Chevreaux dans le massif sonien. Photo de Jan Vercammen.

Cette étude a été menée en collaboration avec :

Département de l'Etude du milieu naturel et agricole – DEMNA

Service Public de Wallonie - SPW

Avenue Maréchal Juin 23

5030 Gembloux



Ce rapport est sous licence [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

MISSION D'APPUI POUR LE RECENSEMENT DU CHEVREUIL DANS LE MASSIF SONIEN

Rapport annuel - Période de référence 2008-2022

Lynn Pallemmaerts, Niko Boone, Sander Devisscher, Frank Huysentruyt, Alain Licoppe, Céline Malengreaux, Jan Vercammen, Jim Casaer

<https://doi.org/10.21436/inbor.83250010>

Remerciements

La réalisation des comptages dont question dans ce rapport n'aurait pas été possible sans l'aide précieuse des nombreux recenseurs bénévoles provenant de divers organismes et instituts. Nous en profitons donc pour remercier l'ensemble des collaborateurs ayant pris part, de près ou de loin, à ce monitoring et qui ont permis d'assurer ce suivi sur le long terme.

Nous tenons à remercier tout spécialement, pour leur aide relative aux aspects organisationnels, l'Agentschap voor Natuur- en Bos (ANB), Bruxelles Environnement (IBGE), le Service Public de Wallonie (SPW) et l' Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO).

Table des matières

Remerciements	1
Table des matières	2
1 Introduction	3
2 L'indice kilométrique (IK) en forêt de Soignes	4
2.1 Méthodologie	4
3 Résultats	6
3.1 Nombre de kilomètres parcourus	6
3.2 Nombres maximum et minimum de chevreuils observés chaque année	6
3.3 Évolution de l'IK de 2008 à 2022	6
3.4 Évolution des valeurs IK par parcours en 2022	8
3.5 Durée de la réalisation des parcours	10
3.6 Causes des variations du nombre de chevreuils observés	10
3.6.1 Baisse du nombre de chevreuils	10
3.6.2 Modification de la visibilité des parcours	11
3.7 Stabilisation du nombre de chevreuils observés	12
4 Estimation de la population de chevreuils à l'aide du <i>distance sampling</i>	13
4.1 Introduction	13
4.2 Matériel et méthodes	13
4.3 Résultats	13
4.4 Discussion	15
5 Conclusions	17
Bibliographie	18
A Annexe	19
B Présentation de futurs projets potentiels	20
C Évaluation du stress chez <i>Capreolus capreolus</i>	22
C.1 Physiologie et mesure du stress	22
C.2 Rappel sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et la production de glucocorticoïdes	22
C.3 Méthodes de mesure non invasives	22
C.4 Biais de mesure	23
C.5 Protocoles	23

1 INTRODUCTION

Le chevreuil (*Capreolus capreolus*) figure parmi les plus grands mammifères présents en forêt de Soignes. L'espèce y est présente partout, mais sa densité varie très fort selon les secteurs considérés.

Afin de disposer d'un aperçu de l'évolution de la population de chevreuils vivant au coeur du massif sonien, à cheval sur les 3 Régions du pays, un projet a été mis en place en 2008, avec le soutien de la Région bruxelloise, via l'asbl Wildlife and Man, et de l'Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), pour effectuer des comptages systématiques de cette espèce. Ces comptages sont ainsi effectués en étroite collaboration avec l'Agentschap voor Natuur- en Bos (ANB), Bruxelles Environnement (IBGE), le Service Public de Wallonie (DNF et DEMNA - SPW) et l'INBO. Jusqu'en 2020, l'asbl Wildlife & Man s'occupait du travail préparatoire et du feed-back annuel aux volontaires. Depuis 2022, ce feed-back est organisé par la Fondation forêt de Soignes.

S'il est clairement admis qu'une population de chevreuils ne peut pas être dénombrée de manière absolue, il est prouvé scientifiquement que des modifications de la taille de la population peuvent être mesurées de manière fiable. Une équipe de chercheurs français a en effet validé une méthode indiciaire d'abondance de population qui permet de déterminer de manière fiable si la population est en croissance, en diminution ou stable. Cette méthode est appelée "Indice kilométrique (IK)" et est appliquée en forêt de Soignes depuis 2008 ([Vercammen et al., 2011](#)).

Ce rapport comprend d'abord un rappel de la méthodologie de l'IK et ensuite les résultats obtenus sur la période 2008-2022. Ce rapport annuel vient compléter l'information acquise précédemment.

2 L'INDICE KILOMÉTRIQUE (IK) EN FORÊT DE SOIGNES

2.1 MÉTHODOLOGIE

Le principe de base de l'indice kilométrique d'abondance est le suivant : chaque année, un certain nombre de parcours prédéfinis (figure 2.1) sont réalisés à pied, un certain nombre de fois, pour y dénombrer les chevreuils. Le nombre de chevreuils observés est ensuite divisé par le nombre de kilomètres parcourus et traduit en indice kilométrique (nombre de chevreuils observés par kilomètre).

Pour que cet indice apporte des enseignements statistiquement valides, tous les parcours doivent être répétés un certain nombre de fois chaque année, idéalement 3 à 4 fois. Ceux-ci prennent place dans un délai le plus court possible. Pendant chaque séance de comptage, chaque parcours doit être cheminé. Ceci se passe idéalement au même moment, les matins ou les soirs.

À l'issue de chaque séance de comptage, l'indice kilométrique est calculé pour chaque parcours dans un premier temps. La moyenne pour l'ensemble des parcours d'une même séance est calculée dans un second temps. Cette procédure est répétée un certain nombre de fois de sorte qu'une moyenne annuelle, tenant compte de toutes les séances de comptage, puisse enfin être calculée et complétée par un intervalle de confiance. Cette manière de procéder, répétée année après année, rend possible la comparaison des résultats moyens dans le temps, sur une base statistique grâce aux intervalles de confiance propres à chaque année.

Pour plus d'informations quant à cette méthode, le lecteur peut se référer au rapport final 2008 de la mission d'appui pour la mise en place d'un recensement chevreuil dans le massif sonien (Malengreaux & Casaer, 2008). Les premiers résultats sont disponibles dans le rapport 'Reewildtellingen' (Vercammen *et al.*, 2011), les résultats suivants sur le site web de l'INBO (<http://www.inbo.be>) et dans la section "Documents" du site <http://www.wildlifeandman.be>. Le rapport le plus récent est également disponible sous forme digitale sur la page de publication du groupe de recherche de la gestion de la faune de l'INBO (<https://inbo.github.io/fis-reports/>).



FIGURE 2.1 – Vue d'ensemble des parcours d'IK sur le massif sonien. Le parcours n°1 a été utilisé en 2008 et abandonné par la suite.

3 RÉSULTATS

3.1 NOMBRE DE KILOMÈTRES PARCOURUS

En 2008, la première année du suivi IK, chaque parcours a été répété 8 fois, 4 fois le matin et 4 fois le soir. Depuis 2009, les comptages ont lieu à quatre reprises, uniquement le matin. Apparemment, les conditions météorologiques ont un impact très important sur le nombre de visiteurs pendant la journée et le soir et donc sur les perturbations éventuelles avant et pendant les comptages.

Les comptages s'effectuent une fois par semaine, pendant quatre semaines consécutives. Les 24 parcours, mis bout à bout, mesurent 122.6 km. Chaque année, ce sont donc 490 km qui sont normalement parcourus pour calculer l'indice kilométrique d'abondance du chevreuil. En 2014, 2016, 2017, 2019, 2020, 2021 quelques séances de comptage n'ont pas été réalisées, pour différentes raisons. Au total il s'agit de 39 sorties qui n'ont pas pu se faire. La plupart d'elles (25) datent de 2020, en raison d'une limitation des comptages dans le cadre des mesures corona.

Au total, depuis 2008, 7376 km ont été parcourus dans le cadre du monitoring chevreuil de la forêt de Soignes.

3.2 NOMBRES MAXIMUM ET MINIMUM DE CHEVREUILS OBSERVÉS CHAQUE ANNÉE

Le tableau 3.1 montre le nombre minimum et maximum de chevreuils observés depuis 2013 (pour les années antérieures, il est fait référence aux rapports précédents et à l'annexe A.1).

Le faible nombre d'observations en 2014, 2015, 2016 et 2017 résulte probablement des mauvaises conditions météorologiques, comme le brouillard et d'intenses averses, au moment précis du comptage. En raison du manque de trajectoires et/ou de comptages, les valeurs obtenues ne donnent pas toujours une image correcte de la situation. Elles ne donnent qu'une indication de l'ampleur des différences au cours des années. C'est surtout le cas pour l'année de monitoring de 2020, où beaucoup de parcours n'ont pas été réalisés.

TABLE 3.1 – Synthèse des maximums et des minimums observés par an lors d'une session de comptage pour les 10 dernières années de suivi. *Les résultats de 2020 ne sont pas représentatifs.

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*	2021	2022
Nombre maximum de chevreuils observés	153	108	83	93	82	93	88	42	81	83
Date maximum	13/03	19/03	04/03	09/03	15/03	13/03	26/03	03/03	24/03	16/03
Nombre minimum de chevreuils observés	85	49	74	36	43	45	56	17	34	59
Date minimum	20/03	12/03	18/03	02/03	08/03	27/03	19/03	24/03	03/03	02/03

3.3 ÉVOLUTION DE L'IK DE 2008 À 2022

Les résultats observés en 2022 confirment une stabilisation de la population, bien qu'à un niveau inférieur à celui de la période avant 2014. Il faut considérer 2 périodes différentes depuis le début du suivi en 2008 (figure 3.1, 3.2). De 2009 à 2013, l'indice kilométrique est stable et le nombre de chevreuils observés par

////////////////////////////////////

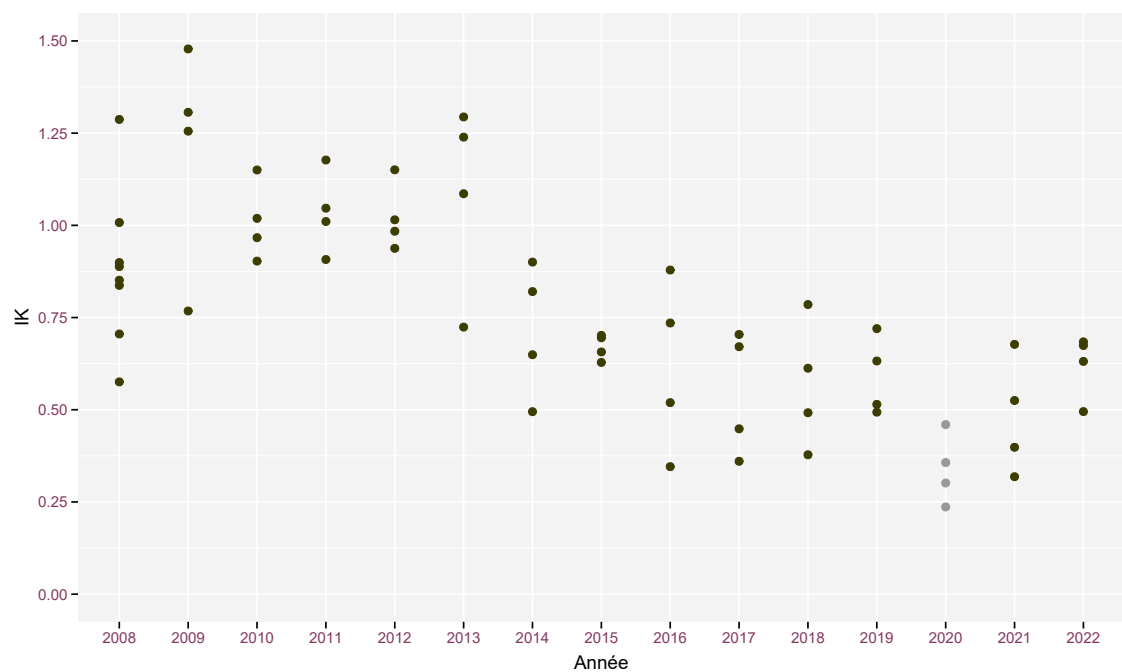


FIGURE 3.1 – Distribution des valeurs d'indice kilométrique en fonction des années sur la période 2008-2022 (en 2008, 8 comptages ont eu lieu, à partir de 2009, 4 comptages ont été organisés par an).

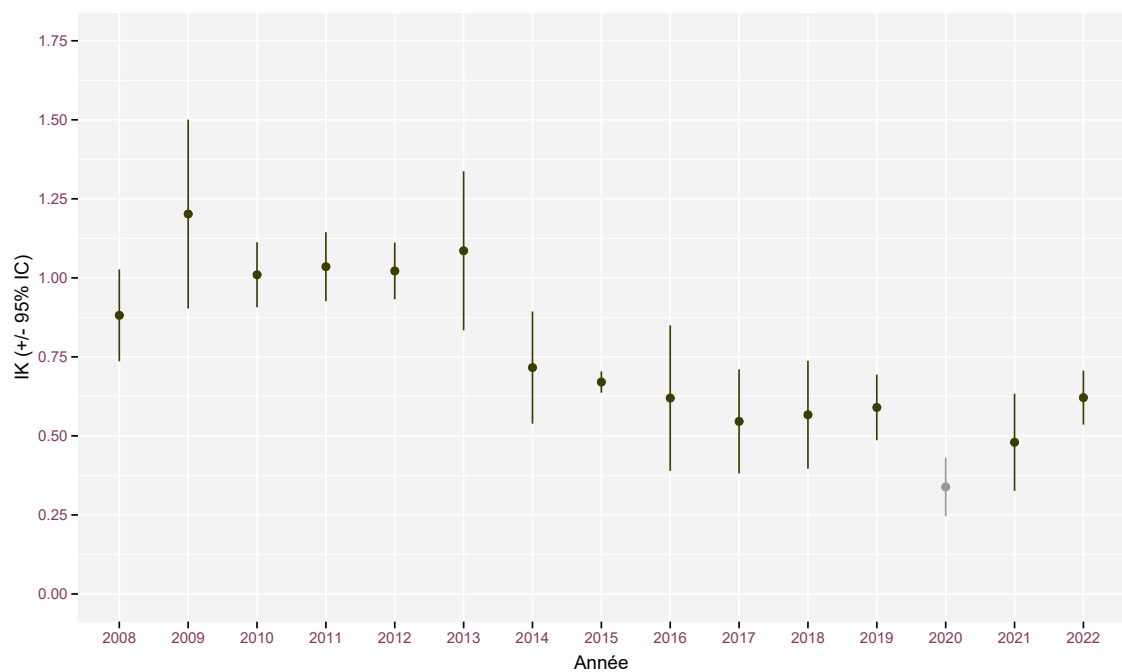


FIGURE 3.2 – Indices kilométriques moyens en fonction des années sur la période 2008-2022.

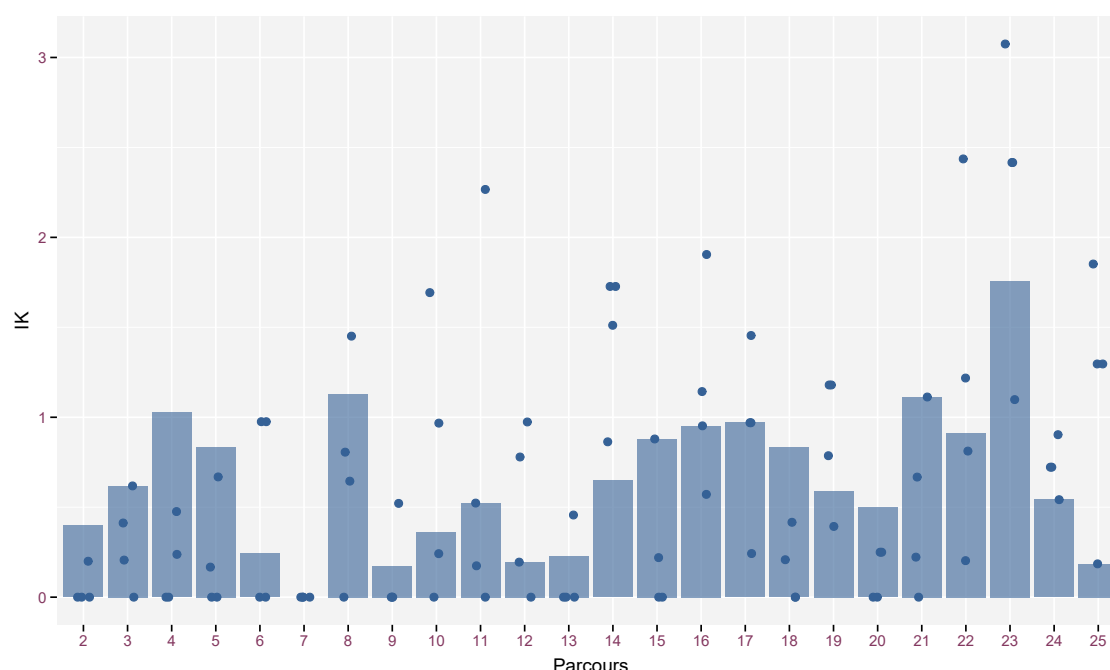
kilomètre est d'environ 1.07. Au cours de la deuxième période, la moyenne annuelle était de 0.6 chevreuil par kilomètre (l'année 2020 exclue). Il semble qu'après une période de baisse, un nouvel état d'équilibre ait été atteint (et non plus une tendance à la baisse), bien qu'à un niveau nettement inférieur à celui de la période allant jusqu'en 2013.

2020 a été une année particulière en raison des mesures corona et le nombre limité de comptages rend la comparaison avec les autres années difficile (voir figure 3.1). Nous ne pouvons donc tirer aucune conclusion de la valeur significativement inférieure enregistrée en 2020 (0.33). La valeur moyenne de 2022 (0.62) est de nouveau à un niveau similaire à celle de 2019 (0.59), Ceci confirme l'hypothèse que, dans la période 2014-2022, la population de chevreuils se maintient à un niveau inférieur constant.

3.4 ÉVOLUTION DES VALEURS IK PAR PARCOURS EN 2022

La comparaison des résultats de 2022 pour chaque parcours avec la valeur médiane des résultats des années précédentes (2008 - 2021) met en évidence quatre phénomènes (figure 3.3) :

1. 5 parcours présentent des résultats systématiquement inférieurs à ce qui a été observé précédemment (parcours 2, 4, 5, 18, 20).
2. Il y a 16 parcours sur lesquels aucun contact n'a été enregistré à une ou plusieurs reprises.
3. Sur 15 parcours, il y avait plus de rencontres comparé à la valeur médiane des années précédentes (figure 3.3).
4. En 2022, sur les parcours wallons (24 et 25, figure 2.1), beaucoup plus de chevreuils ont été repéré en comparaison avec les années précédentes (figures 3.3 et 3.4).



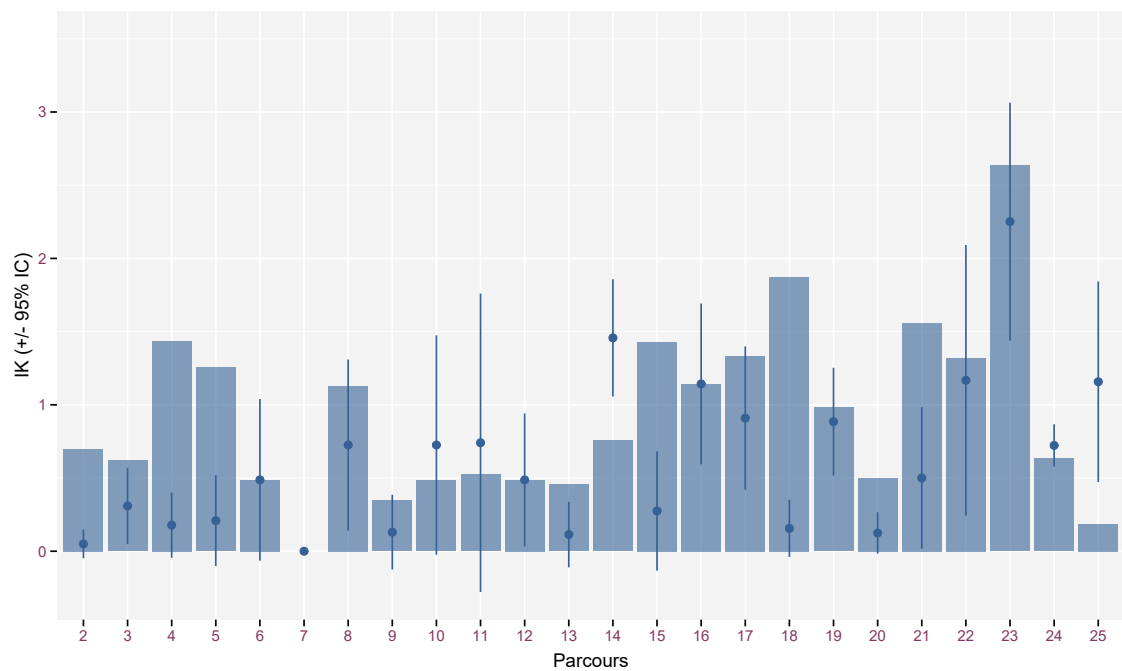


FIGURE 3.4 – Comparaison de l'IK moyen par parcours pour l'année en cours avec la valeur médiane calculée sur la période 2008-2013 (barres), la période avant la baisse remarquable.

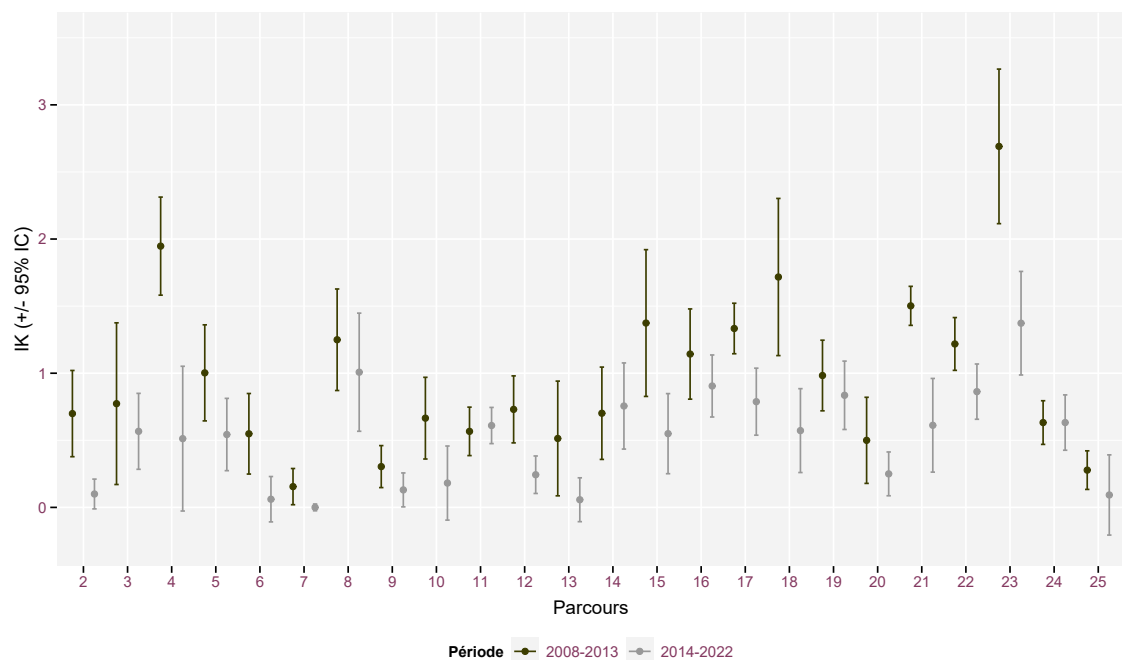


FIGURE 3.5 – IK moyen par parcours pour la période avant la diminution (2008-2013) et après (2014 jusqu'à aujourd'hui).

3.5 DURÉE DE LA RÉALISATION DES PARCOURS

La durée idéale pour la réalisation d'un parcours est de 1h30 à 1h45. À l'exception de 2011, la durée moyenne pour l'ensemble des parcours se trouve dans ces temps (tableau 3.2). En 2022, le temps le plus court dans lequel un comptage a été effectué était de 1h15, le plus long de 2h15. Cette année, sur un total de 94 parcours dont le temps d'exécution était connu, 23 ont été réalisés trop vite et 23 un peu trop lentement. Cela reste un point d'attention, notamment pour les comptages qui ont été effectués trop rapidement. Il existe un risque que les chevreuils présents ne soient pas observés. Il est donc important de respecter le temps minimum de 1h30.

TABLE 3.2 – Temps moyen par parcours.

Année	Durée moyenne (h)
2008	01 :39
2009	01 :30
2010	01 :30
2011	01 :27
2012	01 :30
2013	01 :30
2014	01 :32
2015	01 :33
2016	01 :35
2017	01 :32
2018	01 :35
2019	01 :33
2020	01 :35
2021	01 :35
2022	01 :37

3.6 CAUSES DES VARIATIONS DU NOMBRE DE CHEVREUILS OBSERVÉS

Le nombre d'**observations** en baisse depuis 2014 peut s'expliquer soit par une diminution réelle du nombre de chevreuils dans le massif sonien, soit par une diminution des possibilités d'observer (et donc de compter) les animaux. Dans le deuxième cas, il s'agit de la probabilité de détecter effectivement les animaux présents. Cette détectabilité peut être influencée soit par une modification du comportement de l'animal lui-même ou par une modification de la visibilité de son milieu de vie (apparition d'un couvert bas, de fourrés, de régénération).

3.6.1 Baisse du nombre de chevreuils

Si l'on parvient à exclure une éventuelle modification de la détectabilité comme cause possible de la baisse de l'IK, alors on pourra définitivement parler de baisse du nombre d'individus dans la population. Les causes possibles sont une chute du taux de reproduction, une augmentation de la mortalité et/ou des émigrations. Comme la population de chevreuils dans la forêt de Soignes n'est pas chassée, une mortalité plus élevée pourrait être causée par une augmentation de maladies, la prédation, ou par les chiens errants (non-tenus en laisse et non-maîtrisés), ainsi que les collisions routières. Les données concernant les animaux trouvés morts ou blessés en forêt sont collectées dans les trois Régions, mais elles ne sont pas exhaustives. Cependant, on ne dispose pas de données sur les populations d'éventuels prédateurs dans et autour de

3.7 STABILISATION DU NOMBRE DE CHEVREUILS OBSERVÉS

Vu l'absence de changement de gestion dans la forêt de Soignes au moment de la chute du nombre d'observations, il est difficile d'expliquer la baisse par une diminution de la visibilité et de la probabilité de détection (voir aussi tableau 4.1). Il est plus probable que la population de chevreuils dans la forêt de Soignes ait effectivement diminué depuis 2014.

Si on laisse de côté les résultats de 2020, on peut dire que IK s'est stabilisé depuis 2014, bien qu'à un niveau inférieur que celui de la période entre 2008 et 2013. Cela pourrait indiquer une population stabilisée de chevreuils dans la forêt de Soignes, à cheval sur les trois Régions (figure 3.2), mais cela ne pourra être confirmé que par les résultats des prochaines années de sondage.

4.1 INTRODUCTION

4.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.3 RÉSULTATS

Pour les autres mesures, le tableau 4.1 montre que la distance moyenne mesurée par rapport à un animal observé reste assez stable d’une année à l’autre. La distance moyenne des 337 observations avec télémètre est de 68.4 ± 33.6 m. De plus, cette moyenne paraît assez robuste et semble être indépendante du nombre de mesures effectuées. Lorsque l’on compare les valeurs moyennes par parcours mesuré pour 2022, on remarque que la visibilité moyenne entre les parcours peut être très différente (figure 4.4).



FIGURE 4.2 – Distribution des distances de détection à travers les années consecutives de comptage.

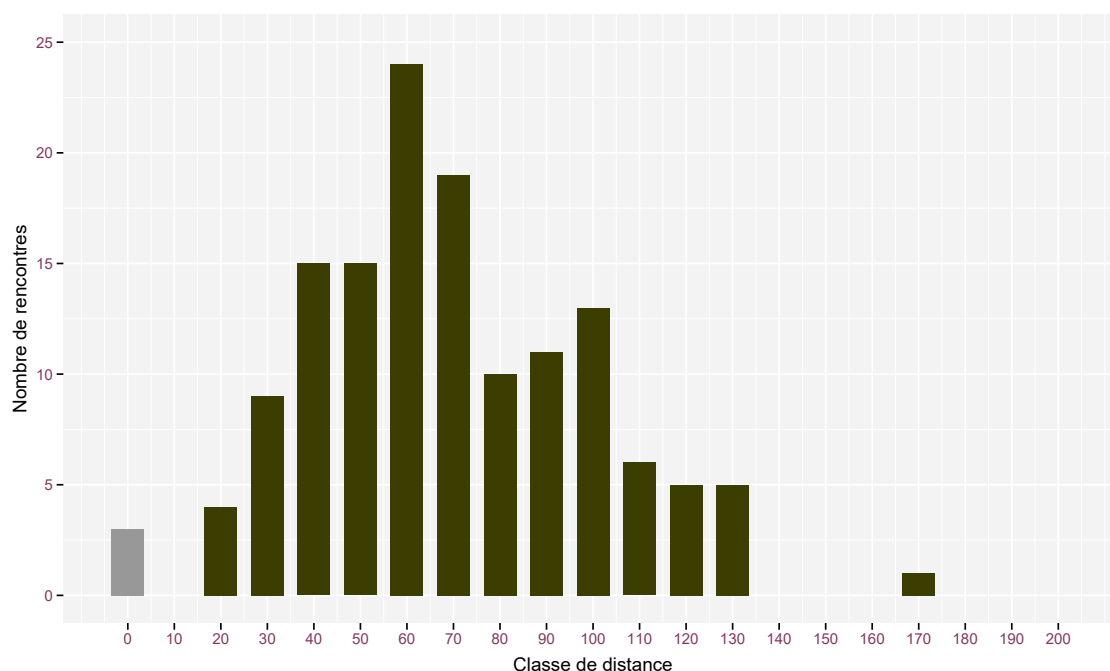


FIGURE 4.3 – Distribution de la fréquence de l'ensemble des contacts sur tous les parcours échantillonnés en fonction de la distance (classe de 10 m), pour l'année 2022. Les distances égales à zéro (barre grise) correspondent à des rencontres sur les parcours.

TABLE 4.1 – Comparaison par an de la distance moyenne (<200m) mesurée entre l'observateur et l'animal observé.

Année	Nombre de parcours	Nombre d'observations	Distance moyenne	Écart type de la distance
2018	17	71	65.3	32.3
2019	8	38	79.5	33.8
2020	9	24	72.7	34.8
2021	11	64	69.5	40.6
2022	21	140	65.6	30.2

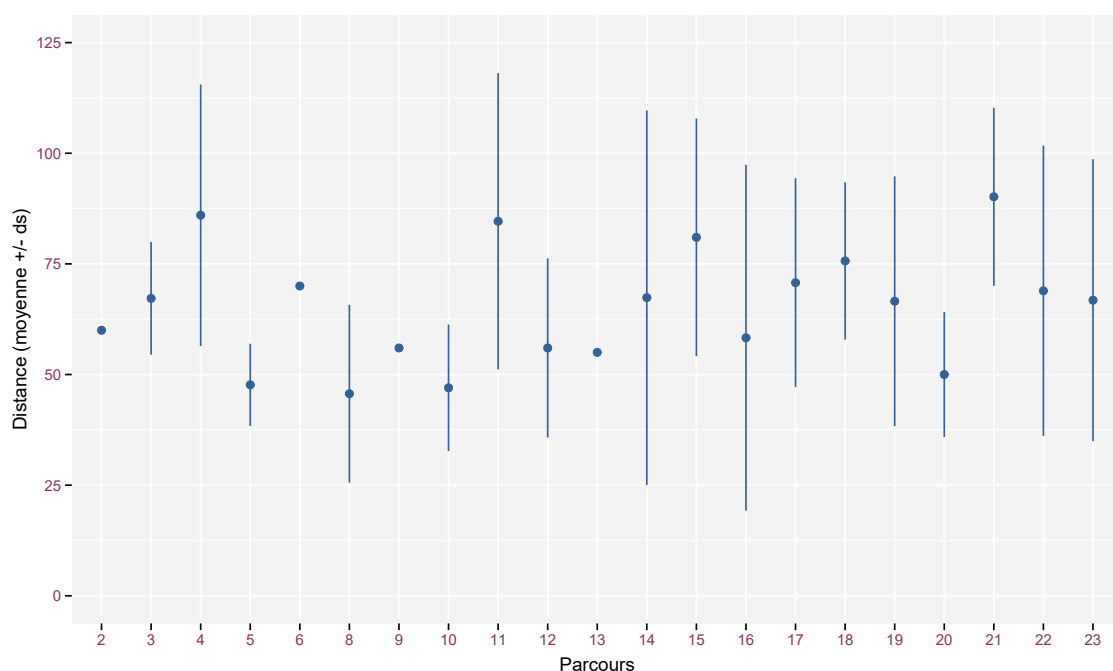


FIGURE 4.4 – Distances moyennes (et déviations standards) mesurées entre chaque contact (groupe de chevreuils) et l’observateur. Sur les parcours wallons (24 et 25), des télémètres n’étaient pas disponibles.

4.4 DISCUSSION

Le nombre de télémètres à disposition n'était tout juste pas suffisant pour couvrir les 24 parcours à la fois. Il n'y avait pas de télémètres disponibles pour les deux parcours wallons.

De plus, les distances obtenues jusque-là sont des distances directes entre l'observateur et le chevreuil. Or le *distance sampling* impose théoriquement la mesure d'une distance perpendiculaire entre le parcours et le chevreuil. Des tests doivent encore être menés pour évaluer l'ampleur d'une éventuelle erreur d'estimation de la densité en fonction du type de distance mesurée.

La figure 4.3 indique clairement que la majorité des observations est réalisée à une distance comprise entre 40 et 90 m de l'observateur. Le modèle théorique s'attend à ce que la fréquence des observations soit plus élevée à courte distance (figure 4.1). L'effet du dérangement lié à l'observateur ou au sentier, ou le temps de réaction de l'observateur, entre le moment où le chevreuil bouge et celui où il le détecte, peuvent expliquer cette fréquence des contacts à distance plus élevée que prévu. Pour estimer la détectabilité, le logiciel *Distance* corrige cet effet au niveau des premières classes de distance quand il calcule la fonction de détection.

Vu le nombre de questions méthodologiques encore en suspens, on a préféré ne pas intégrer les résultats des calculs de densité en fonction des distances et d'utiliser les distances mesurées uniquement pour surveiller l'évolution de la visibilité dans le massif sonien. Si on veut vraiment calculer la densité et l'abondance des chevreuils dans la forêt de Soignes, il faut insister sur l'usage de télémètres à travers toute la zone d'étude.

5 CONCLUSIONS

Après la baisse de l'indice kilométrique mise en évidence en 2014, 2015 et 2016, il semble que la population se soit stabilisée à un niveau inférieur. Alors que l'IK moyen au cours de la période 2008-2013 a fluctué autour de 1 chevreuil/km, l'indice n'a jamais dépassé 0,75 depuis 2014.

En 2016 on évoquait sur la base de ces résultats le possible recul de la population de chevreuils en forêt de Soignes. Il vaut sûrement la peine de tenter d'identifier toutes les causes possibles pour expliquer ce recul et de rassembler toutes les données nécessaires pour explorer toutes les hypothèses afin de pouvoir, à terme, apporter une réponse claire. Des exemples d'informations manquantes sont : le braconnage, la condition physique des chevreuils, la pression récréative, la présence d'autres ongulés, etc. Cependant, il est improbable que le recul était une conséquence d'une augmentation du nombre de victimes routières, puisqu'entre 2013 et 2018 la construction d'éco-infrastructure a activement tenté de diminuer ce nombre. Cependant, ces mêmes efforts peuvent avoir eu un effet sur la stabilisation ultérieure de la population. Toutefois, dans le cadre du monitoring mis en place, la collecte et l'analyse de ces informations ne sont pas prévues pour l'instant.

Une enquête auprès des recenseurs en 2015 mettait en évidence un sentiment général d’une baisse de détectabilité pouvant expliquer totalement ou partiellement la baisse de l’IK. Pour écarter la possibilité qu’une diminution apparente de la population soit liée à une diminution généralisée de la visibilité en forêt, il a semblé important de la documenter le long des parcours IK. Une comparaison des mesures de visibilité de 2015 et 2018 montre peu de différences. Ce résultat est assez logique étant donné la courte période entre les deux mesures et l’absence d’événements qui pourraient soudainement modifier la visibilité (p. ex., dommages causés par les tempêtes, incendie naturel ou coupes extraordinaires). Des variations dans la visibilité en forêt en raison de changements dans la végétation se produisent de manière progressive tant qu’il n’y a pas de calamités, avec des effets marqués seulement sur le long terme. De plus, les chiffres les plus récents mesurant les distances des chevreuils observés n’indiquent pas de fortes différences de visibilité depuis 2018.

Cependant, nous ne disposons pas de données antérieures à 2015 et ne pouvons donc pas établir de lien entre la visibilité et la période de fortes densités de 2008-2013.

Parce qu'il n'y a aucune preuve d'une visibilité et d'une probabilité de détection décroissante, il semble donc plausible de supposer une population décroissante de chevreuils dans le massif sonien en comparaison avec la période avant 2014. Les dernières années de monitoring semblent cependant indiquer une stabilisation de l'IK, ce qui impliquerait une stabilisation de la population, bien qu'à un niveau inférieur.

Bibliographie

- Bonnot N., Bergvall U., Jarnemo A. & Kjellander P. (2018). Who's afraid of the big bad wolf? Variation in the stress response among personalities and populations in a large wild herbivore. *Oecologia* 188 (1) : 85-95.
- Boone N., Casaer J., Vercammen J., Malengreaux C. & Licoppe A. (2020). Ondersteuningsproject bij de uitvoering van de reemonitoring in het Zoniënwoud : Jaarlijks rapport, Periode : 2008-2019. Rapporten van het Instituut voor Natuuren Bosonderzoek, Brussel, België.
- Buckland S., Anderson D., KP B., Laake J., Borchers D. & Thomas L. (2001). Introduction to Distance Sampling, Estimating abundance of biological populations. University Press, Oxford, UK.
- Casaer J. & Malengreaux C. (2008). Studie ter voorbereiding van het monitoren van de reewildpopulatie-grootte in Zonië Overzicht van bestaande methoden en hun toepasbaarheid in Zonië. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2008.26, Brussel, België.
- Dixon G., Marriott A., Stelfox G., Dunkerley C. & Batke S. (2021). How do red deer react to increased visitor numbers? A case study on human-deer encounter probability and its effect on cortisol stress responses. *Nature Conservation* 43 : 55-78.
- Feys S., Boers K., Jacobs M., Lambrechts J., Lefevre A., Steeman R., Vanormelingen P., Van De Poel S. & Willems W. (2020). Monitoring van drie ontsnipperende maatregelen in het Zoniënwoud. Natuurpunt Studie i.o.v. Vlaamse Overheid, Departement Omgeving. Rapport Natuurpunt 2020/15, Mechelen, België.
- Hadinger U., Haymerle A., Knauer F., Schwarzenberger F. & Walzer C. (2015). Faecal cortisol metabolites to assess stress in wildlife : evaluation of a field method in free-ranging chamois. *Methods in Ecology and Evolution* 6 (11) : 1349-1357.
- Heimbürge S., Kanitz E. & Otten W. (2019). The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology* 270 : 10-17.
- Huysentruyt F., Malengreaux C., Vercammen J., Casaer J. & Licoppe A. (2015). Ondersteuningsproject bij de uitvoering van de reemonitoring in het Zoniënwoud /Mission d'appui pour le recensement du chevreuil dans le massif sonien : Jaarlijks rapport / Rapport annuel, Periode / Période de référence : 2008-2015. Rapporten van het Instituut voor Natuuren Bosonderzoek, Brussel, België.
- Malengreaux C. & Casaer J. (2008). Mission d'appui pour la mise en place d'un recensement chevreuil dans le massif sonien. Mission d'appui financée par l'IBGE et confiée à l'asbl Wildlife and Man : 2008. Wildlife and Man, Brussel, België.
- Möstl E. & Palme R. (2002). Hormones as indicators of stress. *Domestic animal endocrinology* 23 (1-2) : 67-74.
- Moya D., Schwartzkopf-Genswein K. & Veira D. (2013). Standardization of a non-invasive methodology to measure cortisol in hair of beef cattle. *Livestock Science* 158 (1-3) : 138-144.
- Vercammen J., Huysentruyt F. & Casaer J. (2011). Reewildtellingen : Overzicht van de resultaten uit de verschillende gebieden. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, België.
- Vilela S., Alves da Silva A., Palme R., Ruckstuhl K., Sousa J. & Alves J. (2020). Physiological stress reactions in red deer induced by hunting activities. *Animals* 10 (6) : 1003.

A ANNEXE

TABLE A.1 – Aperçu du nombre maximum et minimum de chevreuils rencontrés pendant un comptage depuis le début du sondage. *En 2008, chaque comptage fut répété deux fois, le matin et le soir. **Les résultats de 2020 ne sont pas représentatifs.

Année	Nombre maximum de chevreuils observés	Date maximum	Nombre minimum de chevreuils observés	Date minimum
2008*	154	08/04	69	06/05
2009	174	18/03	89	25/03
2010	137	03/03	103	31/03
2011	138	23/03	107	30/03
2012	135	14/03	112	07/03
2013	153	13/03	85	20/03
2014	108	19/03	49	12/03
2015	83	04/03	74	18/03
2016	93	09/03	36	02/03
2017	82	15/03	43	08/03
2018	93	13/03	45	27/03
2019	88	26/03	56	19/03
2020**	42	03/03	17	24/03
2021	81	24/03	34	03/03
2022	83	16/03	59	02/03

B PRÉSENTATION DE FUTURS PROJETS POTENTIELS

Les résultats des comptages de chevreuil depuis 2008 montrent une forte diminution du nombre de chevreuils observés lors de la période 2014-2022 en comparaison avec la période 2008-2013. A partir de 2014, la diminution semble se poursuivre de manière moins marquée.

Ce suivi par IK va être maintenu sur base du même protocole. En complément, sur chaque parcours IK, les distances entre les observateurs et les chevreuils seront mesurées et enregistrées afin de mettre en évidence un éventuel changement de détectabilité dû à l'évolution de la visibilité en forêt.

Il est à présent établi que la baisse des observations de chevreuils ne peut être expliquée uniquement par une diminution de la détectabilité. Les gestionnaires des différentes Régions concernées ont donc soumis à l'INBO et au DEMNA les questions suivantes :

- Quelles sont les causes et mécanismes possibles qui peuvent expliquer l'apparente diminution des chevreuils (proposer des hypothèses) ?
- Au moyen de quelles techniques et méthodes les hypothèses formulées pourraient-elles être explorées ?

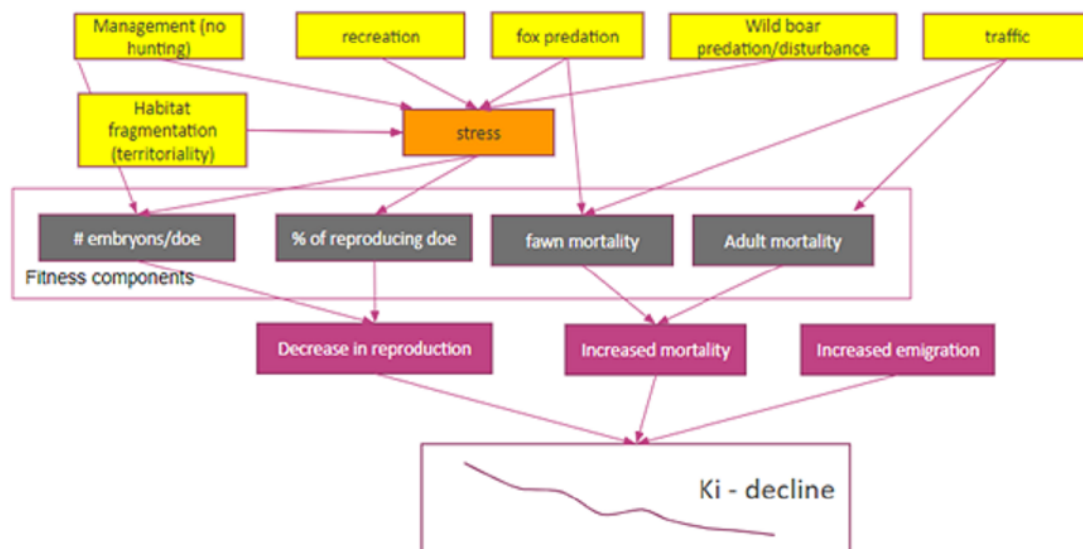


FIGURE B.1 – Causes et effets de stress sur une population de chevreuils.

Les mécanismes de base qui peuvent expliquer une baisse de la population sont une diminution de la reproduction et de l'immigration, ainsi qu'une augmentation de l'émigration et de la mortalité. Le schéma présenté ci-dessous illustre en détails ces causes possibles et leurs interactions. Différentes causes peuvent influencer le même paramètre de dynamique de population, ce qui rend l'analyse complexe. Par exemple, une hausse de la mortalité peut dépendre du trafic routier, de la prédation, de problèmes sanitaires ou de stress. En forêt de Soignes, où la pression récréative est très élevée, une augmentation de la fréquentation humaine pourrait entraîner un stress accru, qui pourrait se traduire par une réduction de la condition physique des animaux, et donc par une diminution du nombre de jeunes (reproduction) et/ou davantage de mortalité.

- Le rapport chevrillard / chevrette (reproduction)
- L'évolution de ce rapport au cours du temps (reproduction et mortalité)
- La présence de sangliers (dérangement / stress / mortalité)
- La présence de renards (mortalité)
- Modèles d'activité des chevreuils (en comparaison avec des forêts moins récréatives)

- Dosage au niveau des fèces (Faeces Cortisol)
 - Identifier les périodes de stress aigu au fil des saisons
- Dosage au niveau des poils (Hair Cortisol)
 - Mesurer un niveau de stress chronique sur les semaines ou mois écoulés. Ceci nécessite une comparaison avec d'autres populations et donc l'échantillonnage sur d'autres territoires.

C ÉVALUATION DU STRESS CHEZ *CAPREOLUS* *CAPREOLUS*

C.1 PHYSIOLOGIE ET MESURE DU STRESS

Les signaux de stress peuvent être repérés de différentes façons :

- Examen général : fréquence cardiaque, fréquence respiratoire et pression sanguine augmentées.
- Prise de sang : divers paramètres étudiés, mais nécessite une capture et donc un biais de mesure car implique un stress chez l'animal.
- Hormones : glucocorticoïdes (cortisol).

C.2 RAPPEL SUR L'AXE HYPOTHALAMO-HYPOPHYSAIRE ET LA PRODUCTION DE GLUCOCORTICOÏDES

En cas de stimulus stressant, l'axe hypothalamo-hypophysaire est activé et l'hypothalamus produit la CRH (corticotropin releasing hormone). La CRH agit ensuite sur le lobe antérieur de l'hypophyse qui va produire l'ACTH. L'ACTH quant à elle a une action sur la zone fasciculaire des glandes surrénales et ces dernières produiront des glucocorticoïdes, dont le cortisol. Ils sont alors détectables dès 3 à 5 minutes dans le plasma des mammifères. La production de glucocorticoïdes est régulée par feed-back négatif. Lors de stress aigu, la sécrétion de cortisol revient rapidement à la normale, mais lors de stress chronique, le feedback négatif perd en efficacité et la sécrétion de glucocorticoïdes reste élevée.

Le cortisol est impliqué dans de nombreuses réponses métaboliques nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme, mais peut être délétère s'il est présent en concentration élevée de façon prolongée (immunosuppression, altération de la reproduction ; Möstl & Palme (2002)). C'est un marqueur de stress chronique ou aigu. Il peut être prélevé dans le sang, les urines, le lait, la salive, les fèces ou les poils. Cependant, il vaut mieux privilégier un prélèvement non invasif pour ne pas induire un biais de mesure suite au stress de la capture. En cas de surproduction chronique de glucocorticoïdes, une augmentation de la taille des surrénales peut éventuellement être observée (sur carcasse).

C.3 MÉTHODES DE MESURE NON INVASIVES

Les deux méthodes les plus pertinentes dans notre cas sont la détection du taux de cortisol dans les poils et dans les matières fécales. En effet, elles sont toutes deux non invasives, n'interfèrent pas avec les résultats et ont fait leurs preuves Möstl & Palme (2002).

La méthode de **hair cortisol concentration** met en évidence le niveau de stress éprouvé par l'animal au cours des derniers mois, ce qui est un indicateur du stress chronique de l'animal.

La méthode de **feaces cortisol concentration** peut détecter un stress récent (12 à 48 heures post-stress). Ceci dépend de l'espèce, car l'excrétion de cortisol dépend de la durée du passage intestinal (Möstl & Palme, 2002). Cette méthode peut être utile si on corrèle le taux de cortisol des fèces avec une observation de la présence humaine quotidienne.

C.4 BIAIS DE MESURE

- Statut physiologique : pas de différence significative entre jeunes et adultes (pas de période hypo-répondante chez le chevreuil; Bonnot *et al.* (2018)), ni entre mâles et femelles (Vilela *et al.*, 2020).
- Cycle saisonnier : la saison du prélèvement peut avoir un impact sur le résultat (Heimbürge *et al.*, 2019).
- Couleur du poil : le taux de cortisol peut différer selon la couleur et la partie du corps dont le poils est prélevé, mais rien de concluant n'a été montré (Heimbürge *et al.*, 2019).

C.5 PROTOCOLES

	Hair cortisol	Feaces cortisol
Laps de temps étudié	Stress chronique : dernières semaines, voire derniers mois	Stress récent : 12 à 48h post stress
Récolte	Couchettes, mue, piquet ou barbelés, animaux morts	Recherche aux endroits de passage des animaux
Analyse	Procédure (Moya <i>et al.</i> , 2013) : Une fois récoltés, les poils sont 1) rincés 2 x 3' dans 5mL d'isopropanol, séchés et couverts 5 jours dans une pièce à t° ambiante; 2) Mixés dans un mixeur à 22Hz 5'; 3) Placer 20mg de l'échantillon dans un tube de 5mL avec 1mL de méthanol; 4) L'ensemble doit être soniqué (soumis à des ultrasons) 30', puis incubé dans un shaker pendant 18h à 50°C et 100 rpm; 5) 0,8mL du surnageant est pipetté et évaporé sur une plaque à 45°C sous un flux de nitrogène; 6) Ajout de 100µL de solution saline (PBS); 7) Quantification du cortisol dans un kit enzyme immunoassay EIA.	Procédure (Hadinger <i>et al.</i> , 2015) : Une fois récoltées, les fèces sont 1) 5g de fèces sont mixées avec 5mL de méthanol à 80%; 2) Le tout est homogénéisé par centrifugation pendant 30'; 3) Dilution du surnageant dans une solution saline 1 :10; 4) Quantification du cortisol dans un kit enzyme immunoassay EIA : DetectX steroid immunoassay kit de Arbor Assay (Dixon <i>et al.</i> , 2021) sur MF sèches : 1 x 96 plates = 375€

L'utilisation des deux méthodes simultanément peut être intéressante car elles sont complémentaires. En effet, elles donnent des informations sur le taux de cortisol à différents moments (Vilela *et al.*, 2020). Le taux de cortisol des poils peut montrer la chronicité ou non du stress que subissent les chevreuils et le taux de cortisol des matières fécales peut mettre en évidence des moments où le stress est plus important.

En outre, ce sont les méthodes les plus faciles à mettre en œuvre et les plus pertinentes dans notre cas car elles n'impliquent pas une capture de l'animal.