

Evaluation de l'influence de la topographie et de la structure de la végétation sur le taux de succès et la précision de la télémétrie GPS dans le Pfälzerwald (Circonscription du Südwestpfalz, D.)

Introduction

Dans le parc naturel régional du Pfälzerwald les populations de sangliers (Sus scrofa L.) ont enregistré une forte augmentation ces dernières années. Un des buts pour l'Institut de recherche pour l'écologie de la forêt et de la sylviculture (Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, FAWF) de la Rhénanie-Palatinat en Allemagne, est de définir le nombre de sangliers par hectares présents dans le Pfälzerwald (cf. Figure 1).

La télémétrie utilisant le GPS (Global Positioning System) et la télémétrie par onde radio VHF (Very High Frequency) sont des moyens disponibles par les scientifiques pour suivre ces populations. La précision et la fiabilité de la méthode utilisant le GPS a déjà été évaluée, mais il est conseillé de la réévaluer pour chaque type de récepteur GPS, ainsi que pour chaque type de milieu.

L'objectif général de ce travail de diplôme a été de déterminer la précision et l'efficacité de la télémétrie utilisant la technologie GPS, en fonction des divers milieux et de la topographie. En outre, en acquérant suffisamment de données à la fois GPS et VHF, quelques points de comparaison ont été faits entre ces deux méthodes.



Figure 1 : Cartes de localisation de la région d'étude (Source : www.softguide.de , www.wikipedia.org)

Résultats (suite)

Résultats de l'évaluation de la précision des colliers GPS dans diverses structures de végétation

Les résultats ont été introduits dans un tableau afin de pouvoir les comparer (cf. Tableau 3). Selon l'analyse statistique, il existe des différences significatives entre les différents tests ($P < 0,05$). Les valeurs des tests effectués dans des milieux peu boisés (prairie et buissonnant) diffèrent significativement avec les valeurs de ceux effectués en milieux densément boisés (prairie et buissonnant) différenciées par la structure de végétation et l'erreur de localisation a été démontrée ($R > 0,5$ et $P < 0,05$) par des tests statistiques et par des graphiques (cf. Figure 4).

N°	Type de végétation	Couverture végétale [%]			Aire basale [m²/ha]	Hauteur moyenne [m]	Pointage GPS			DOP			Erreur de localisation 1 ^a			Erreur de localisation 2 ^b						
		végétale	arbres	basale			n	3D	2D	Echec	Moy.	Min	Max	Moyenne 1	Min 1	Max 1	Moyenne 2	Min 2	Max 2			
N2	Prairie 1	0	0	0	0,5	24	24	0	0	4,7	2,4	16,4	5,4	0,4	11,6	5,3	0,6	12,0				
N12	Prairie 2	0	0	0	0,5	24	23	1	0	3,2	1,8	6,2	4,8	1,1	11,4	4,6	0,3	12,2				
N8	Buissonnant 1	75	0	0	1,5	24	21	2	1	4,3	2,2	14,8	5,1	0,4	23,5	5,1	0,5	22,5				
N15	Buissonnant 2	100	0	0	2	24	24	0	0	4,1	2,2	9,6	5,6	0,0	18,5	5,5	0,4	19,7				
N4	Conifères espaces 1	40	233	20	25	24	23	1	0	3,5	2,2	6,6	5,7	0,7	15,1	5,7	0,4	14,3				
N10	Feuillus espaces 2	80	223	24	25	24	23	1	0	4,1	1,8	8,2	13,5	0,5	43,8	12,8	1,9	46,9				
N6	Feuillus denses 1	100	178	24	15	24	21	3	0	4,6	2,4	10,2	11,0	1,2	32,1	10,7	0,3	30,9				
N11	Mixte espaces 2	75	132	28	25	24	23	1	0	4,5	1,8	21,6	7,3	0,5	22,9	6,5	1,7	19,2				
N5	Conifères denses 1	95	751	28	15	24	11	10	3	4,6	2,4	12,0	12,1	0,4	80,7	12,1	2,5	78,7				
N14	Feuillus denses 2	100	892	28	5	24	18	6	0	5,7	2,0	14,4	6,9	0,9	15,5	6,7	0,9	16,3				
N1	Feuillus espaces 1	75	456	32	20	24	20	4	0	5,2	2,0	16,0	11,5	0,7	28,5	10,4	1,7	33,2				
N7	Mixte espaces 1	80	145	32	25	24	24	0	0	4,5	2,6	9,2	12,4	1,7	35,6	11,7	1,7	37,7				
N9	Mixte denses 2	100	345	36	15	24	11	10	3	5,2	2,0	17,0	19,5	1,4	81,3	19,2	2,2	81,9				
N13	Conifères espaces 2	30	206	44	25	24	19	5	0	5,0	1,8	13,4	9,3	1,6	50,3	9,2	1,1	47,3				
N16	Conifères denses 2	100	669	52	20	24	21	2	1	6,4	2,2	24,8	17,1	0,9	74,7	17,3	2,2	75,0				
N3	Mixte denses 1	100	1001	56	20	24	16	3	5	5,8	2,4	14,6	13,3	1,0	56,0	10,1	2,8	44,5				
Total										384	322	49	13	4,7	1,8	24,8	10,0	0,0	81,9	9,6	0,3	81,9

^a Les types de végétation sont classés selon l'aire basale puis selon le pourcentage de couverture végétale
^b Erreur représente la distance entre les coordonnées des positions relevées par le collier GPS et les coordonnées du point réel
^c Erreur représente la distance entre les coordonnées des positions relevées par les colliers GPS et les coordonnées de la position moyenne calculée à partir de toutes les positions

Tableau 3 : Données relevées par les colliers GPS et données relevées sur les lieux des tests

Méthode et matériel

Evaluation de la méthode de télémétrie GPS grâce à la télémétrie VHF



Figure 2 : Un sanglier équipé d'un collier GPS (Source : EBERT 2006)

Pour l'évaluation de la méthode de télémétrie GPS grâce à la télémétrie VHF, des sangliers ont été capturés et équipés de colliers GPS et d'émetteurs VHF afin de pouvoir effectuer des pointages et des suivis (cf. Figure 2). Six sangliers ont été suivis à la fois par télémétrie VHF et par télémétrie GPS. Les pointages VHF ont été effectués aux mêmes heures que les pointages GPS afin de pouvoir comparer les données.

Les pointages VHF pris pour cette comparaison étaient tous réussis afin de pouvoir déterminer dans quel lieu topographique le pointage GPS a réussi ou pas. Afin d'être sûr de la fiabilité des pointages VHF, ils ont été analysés à l'aide de certains critères de sélection.

Le lieu topographique de chaque pointage a été déterminé. Deux catégories ont été utilisées : vallée et plateau. Les données acceptées selon les critères de sélection ont été ensuite analysées à l'aide d'un test statistique.

Evaluation de la précision des colliers GPS dans diverses structures de végétation.

Des tests avec deux colliers GPS ont été réalisés dans différentes structures de végétation dans le domaine d'étude du FAWF (cf. Figure 1). Les colliers GPS ont été fixés sur un support ressemblant le plus possible à un sanglier (cf. Figure 3). Ces colliers ont été laissés 24 heures dans huit types de végétation différents et ont effectué des pointages GPS toutes les heures. Pour chaque site testé les différents paramètres de la végétation ont été relevés (hauteur d'arbres, aire basale, couverture végétale et densité d'arbres). Les sites se trouvent sur un plateau ou en hauteur afin d'éliminer les facteurs topographiques affectant la précision.



Figure 3 : Un support avec un collier GPS

La distance entre la position relevée par le collier GPS et l'emplacement réel du collier a été calculée. Elle correspond à l'erreur de localisation. La moyenne de celle-ci a été calculée (elle correspond à la « Moyenne 1 » dans les graphiques). En outre, un point moyen a été calculé en prenant la moyenne de toutes les coordonnées d'un même test. La distance entre ce point moyen et chaque position relevée par le collier a été prise pour calculer la dispersion globale des positions. La moyenne de cette distance a aussi été calculée (elle correspond à la « Moyenne 2 » dans les graphiques).

Des tests statistiques ont ensuite été effectués pour mettre en évidence l'existence de différences significatives entre les tests, pour déterminer s'il y a des corrélations entre certains facteurs et l'erreur de localisation moyenne et pour voir si les éléments de la structure végétale ont une influence sur l'erreur de localisation.

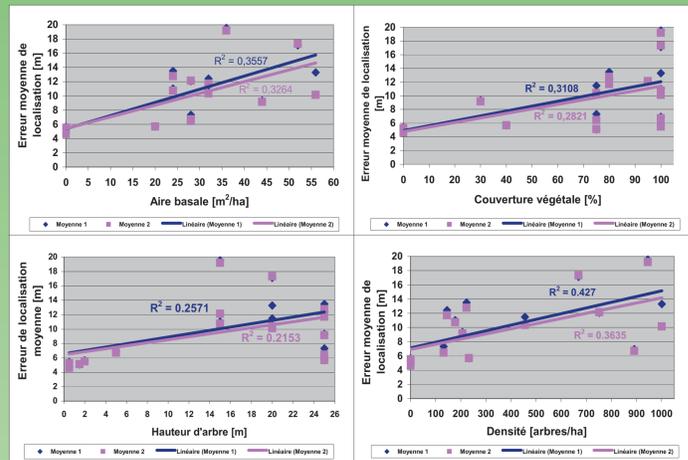


Figure 4 : Graphiques de l'erreur de localisation en fonction de l'aire basale, de la couverture végétale, de la hauteur d'arbre et de la densité d'arbres

Le test statistique pour déterminer quel est l'élément de la structure végétale qui a le plus d'influence sur l'erreur de localisation a démontré que l'aire basale est le facteur d'influence déterminant ($R = 0,739$ et $P = 0,001$). Si l'aire basale augmente de 1 m²/ha, l'erreur de localisation augmente de 0,186m. Le second élément ayant aussi une influence, mais dans une moindre mesure, est la couverture végétale ($R = 0,557$ et $P = 0,025$).

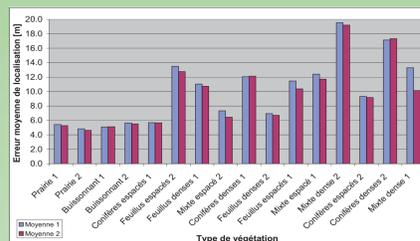


Figure 5 : Graphique de l'erreur moyenne de localisation par type de végétation

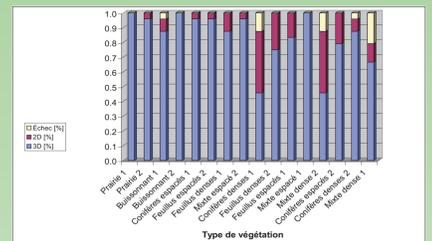


Figure 6 : Graphique du pourcentage de type de pointages par type de végétation

Discussion et perspectives

Evaluation de la méthode de télémétrie GPS grâce à la télémétrie VHF

L'évaluation de la méthode de télémétrie GPS a démontré que la topographie joue un rôle sur le taux de succès des pointages ainsi que sur leurs localisations en deux ou trois dimensions. Le fait que moins de données, à la fois GPS et VHF, ont été récoltées dans la vallée ne signifie pas forcément que les sangliers s'y sont moins déplacés. Dans les vallées, les signaux des satellites pénètrent beaucoup moins car ils sont bloqués par la topographie. Celle-ci pourrait donc être une des raisons du faible taux de données récoltées par les colliers GPS dans les vallées. Une des conséquences, est un biais lors de l'évaluation de l'utilisation de l'espace, par une sous-estimation de la présence du sanglier dans les milieux se trouvant dans les vallées.

La télémétrie VHF devient aussi moins précise et plus difficile à réaliser lorsque les éléments topographiques sont plus accidentés. La probabilité de capter un signal VHF réfléchi s'accroît lorsque le pointeur se trouve dans une vallée. Dans le cas où la télémétrie VHF aurait un taux de succès tout aussi faible en vallée que la télémétrie GPS, l'évaluation du taux de succès des pointages GPS grâce à la télémétrie VHF n'aurait aucun sens. En observant le peu de résultats obtenus, cette hypothèse est tout à fait plausible.

La dernière hypothèse pour expliquer le faible taux de positions observées en vallée, serait simplement l'éventualité que les sangliers séjournent moins en vallée que sur les plateaux. Le relevé d'indices de présence (traces, laissées, vermillis, boutis, etc.) pourrait être une méthode pour tester cette hypothèse.

Evaluation de la précision des colliers GPS dans diverses structures de végétation

L'évaluation de la précision des colliers GPS dans diverses structures de végétation a démontré que les pointages GPS, malgré une influence marquée de la végétation, sont très précis. Seulement 13 pointages (3,5%) sur 384 ont échoués. Parmi les 371 pointages ayant réussi à relever une position, 70% d'entre eux ont une erreur de localisation de moins de 10m et 95% ont une erreur de moins de 30m. L'erreur de localisation moyenne pour tous les pointages est, quant à elle, de 10m. L'influence très marquée de l'aire basale permet de dire que l'obstruction des signaux est plus grande lorsque les obstacles sont constitués d'éléments larges et denses, comme les troncs d'arbres.

Afin de pouvoir déterminer l'impact d'éléments topographiques pouvant bloquer la réception des signaux satellites, une autre étude devrait être réalisée dans des milieux comme les vallées. En comparant par la suite les données avec celles obtenues dans la présente étude, l'influence de la topographie pourra être déterminée.

Une évaluation de l'influence de la topographie sur les erreurs de localisation des colliers GPS a déjà été réalisée lors d'une autre étude. Elle a démontré que la topographie n'a pas d'influence lorsque la végétation est absente, mais interagit avec elle lorsque cette dernière se densifie. Comme pour l'influence de la végétation, l'influence de la topographie devrait être mesurée pour le domaine d'étude du FAWF. Car les résultats pourraient différer des résultats des autres études d'une manière significative.

Comparaison de la télémétrie GPS avec la télémétrie VHF

La comparaison des deux méthodes de télémétrie (cf. Tableau 4) a démontré que le système GPS est beaucoup plus précis (erreur de localisation d'environ 20m) et demande beaucoup moins de temps pour effectuer un pointage que le système VHF (erreur de localisation d'environ 200m). Le GPS est a priori l'un des instruments scientifiques les plus efficaces pour l'évaluation des déplacements de la grande faune.

Télémétrie VHF	Télémétrie GPS
Coûts matériels : - 215 € : émetteur auriculaire (C-1 / ER1733A), Wagner, Allemagne) - 540 € : récepteur (TRX 1000S, Wildlife Materials International Inc., USA) - 180 € : antenne (5 Element - Yagi, Biotrack, Angleterre) - 1800 € : mât télescopique (ST55-4-TC, Clark Mast, Angleterre) - 22900 € : bus (Transporter T4 2,5 TDI, 1998, Volkswagen, Allemagne) - 40 € : boussole (DS 50, Recta, Suisse)	Coûts matériels : - 3575 € : collier GPS (GPS Pro-3 Plus Collar, Vectronics Aerospace GmbH, Allemagne) - 1500 € : station de réception des données (GSM Ground Station, Vectronics Aerospace GmbH, Allemagne) avec cartes SIM pour les colliers et droit d'utilisation du programme (GPS Plus Collar Manager, Vectronics Aerospace GmbH, Allemagne)
Total : 24775 €	Total : 5075 €
Coûts d'utilisation : - Diesel pour le bus - Fournitures de bureau (papier, stylo, etc.)	Coûts d'utilisation : - Électricité - 24h sur 24 pour l'ordinateur
Précision moyenne : - Inférieure à 200m (BERGER, 2006)	Précision moyenne : - Inférieure à 20m (DI ORIO et al., 2003)
Temps demandé pour un pointage : - Entre 30 et 60 minute (plus le déplacement vers le domaine d'étude, 40 minutes environ)	Temps demandé pour un pointage : - 3 minutes
Longévité de l'émetteur : - environ 1,5 ans (WAGENER, communication personnelle 2007)	Longévité de l'émetteur : - environ 18500 pointages (Vectronics Aerospace, 2005) ce qui correspond à 2,5 ans si 20 pointages sont effectués par 24 heures

Tableau 4 : Comparaison des deux méthodes de télémétrie

Résultats

Résultats de l'évaluation de la méthode de télémétrie GPS grâce à la télémétrie VHF

	Total	GPS et VHF ^a		VHF ^b	
		n	%	n	%
Acceptées	91	53	58,2	38	41,8
Non acceptées	34	22	64,7	12	35,3
Total	125	75	60,0	50	40,0

Le nombre total de localisations effectuées grâce à la télémétrie VHF et GPS, pendant la période de relevé, s'élève à 125. 91 localisations ont été acceptées selon les critères de sélections. De ces 91 localisations ou positions, 74 se trouvent dans la catégorie plateau et 17 se trouvent dans la catégorie vallée. 21 positions sur les 74 se trouvant dans la catégorie plateau n'ont pas pu être relevées par le collier GPS et 11 sur 17 respectivement pour la catégorie vallée (cf. Tableau 1).

La distance moyenne entre la localisation GPS et la localisation VHF est d'environ 120m.

L'analyse statistique indique que les colliers GPS ont sur le plateau un taux de réussite significativement plus grand que le taux d'échec

	Total acceptées	GPS et VHF ^a		VHF ^b	
		n	%	n	%
Plateau	74	47	63,5	27	36,5
Vallée	17	6	35,3	11	64,7
Total	91	53	58,2	38	41,8

^a Localisations réussies à la fois par le collier GPS et par la télémétrie VHF
^b Localisations réussies par la télémétrie VHF mais échec du collier GPS

Tableau 1 : Localisations relevées par les colliers GPS et par la télémétrie VHF

($P = 0,020$). En vallée, l'analyse statistique n'indique aucun écart significatif entre le taux de réussite et le taux attendu, probablement ont raison du peu de données disponibles pour cette catégorie ($P = 0,25$). Cependant on peut observer une légère tendance. Le taux de réussite est légèrement inférieur au taux d'échec (cf. Tableau 1).

Les colliers GPS, quand ils ont réussi à déterminer une position, ont mis en évidence plusieurs autres données. Parmi les plus intéressantes on trouve le type de pointage (3D ou 2D selon le nombre de satellites utilisés pour le pointage) et la validation ou pas, par le collier lui-même, du pointage GPS (cf. Tableau 2). Pour les pointages de la catégorie plateau on observe une nette prédominance de pointages 3D (80%) et de pointages validés (70%). En vallée le taux de pointages 3D est plus faible (60%) ainsi que les pointages validés (60%).

	Total	Validées ^a		Non validées ^a		Localisation				Distance entre position GPS et VHF [m]		
		n	%	n	%	3D		2D		Moyenne	Max	Min
		n	%	n	%	n	%	n	%			
Plateau	47	32	68,1	15	31,9	36	76,6	11	23,4	116	327	6
Vallée	6	4	66,7	2	33,3	4	66,7	2	33,3	136	358	31
Total	53	36	67,9	17	32,1	40	75,5	13	24,5			

^a Validation du pointage par le collier GPS selon le DOP et selon la localisation 3D ou 2D (Attention : la validation ici ne correspond pas à l'acceptation des pointages VHF qui se trouve dans le tableau 1)

Tableau 2 : Nombre de pointages acceptés et réussi à la fois par les colliers GPS et la télémétrie VHF