

Analyse critique de résultats issus d'enregistreurs automatiques d'activité de chauves-souris

FAUVEL Bruno

ONF, réseau mammifères
3 rue des mets
10200 COUVIGNON

Des salariés de l'Office National des Forêts (ONF), identifiés pour leurs compétences naturalistes, sont regroupés dans un réseau mammifère. Certains sont dotés de « SM2 bat+ » de chez Wildlife acousticsTM. Ce matériel permet d'enregistrer durant plusieurs nuits l'activité des chauves-souris avec des programmations adaptables. On peut connecter deux microphones et les sons sont stockés sur des cartes SD.

L'ONF a diffusé en interne un protocole comprenant la mise en place du SM2 *in situ*, les réglages préalables, l'installation (un microphone à hauteur d'homme et le second dans la canopée), l'extraction des sons (la transformation des sons WACO en WAV qui permet une analyse ultérieure avec le logiciel BATSOUND PetterssonTM) et un scannage puis une analyse avec un script en langage R élaboré par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN¹) pour identifier les groupes d'espèces et les espèces. Chaque détermination est suivie d'un indice de confiance variant de 0 à 10, 10 quand la détermination est jugée parfaite (protocole MCD100, DARNIS, 2013).

Une action du plan régional d'actions en faveur des chiroptères de Champagne-Ardenne prévoit des inventaires en forêt, notamment pour estimer les habitats favorables. Ces dernières années, pour appréhender l'activité des chauves-souris, les naturalistes du réseau « mammifères » de l'ONF ne disposaient que de détecteurs actifs, c'est-à-dire nécessitant la participation active d'un observateur. Pour savoir si ces animaux chassaient dans les houppiers des grands arbres ou au-dessus de la canopée, il fallait grimper dans ces derniers, munis de détecteurs à ultrasons. Les limites du système sont réelles : il faut qu'un spécialiste grimpe la nuit à plus de 20 m de haut et reste suspendu durant plusieurs heures, attendant le passage des chiroptères. Pour des raisons de sécurité, mais aussi pour comparer avec l'activité au sol, un deuxième spécialiste était nécessaire. Par contre, un des gros avantages de cette technique est une détermination immédiate pour plus des 2/3 des sons et une sélection des sons à enregistrer, ce qui facilite les déterminations ultérieures avec le logiciel BATSOUND.

L'arrivée des enregistreurs passifs tels que les SM2 doit faciliter les études d'activités, car les réglages et l'installation sont simples et standardisés. On obtient des enregistrements sur une ou plusieurs nuits, avec 2 microphones déportés. L'extraction et la détermination sont réalisées par informatique.

Néanmoins, je me suis aperçu que ces résultats d'analyses informatiques (dénommés plus loin RAI) génèrent des listes d'espèces surprenantes pour la Champagne-Ardenne : du Murin de Capaccini, du Rhinolophe euryale, du Murin des marais...! Ma surprise bascula rapidement dans l'inquiétude à la vue des premiers sons vérifiés avec BATSOUND (je détaillerai plus loin) et je me suis lancé dans un contrôle par échantillonnage ; vous allez vite comprendre pourquoi il faut échantillonner !

¹ Il existe maintenant une version commerciale de Sonochiro diffusée par Biotope.

MATERIEL ET METHODE

Je dispose de 22 nuits d'enregistrements réalisées durant l'été 2013 dans deux forêts domaniales (FD) de l'Aube : 2 points en FD du Temple et 6 points en FD d'Oisellemont. La première forêt se trouve en Champagne humide où les chênes dominent et l'eau n'est jamais loin (rus forestiers, étangs et lacs). La seconde forêt se trouve sur les plateaux calcaires du Barrois. Le Hêtre domine, même si les chênes sont encore bien représentés, et l'eau est rare, en général à l'extérieur des massifs forestiers. Dans la première, on capture régulièrement le Murin de Bechstein, le Murin de Brandt, le Murin d'Alcathoe, le Murin de Daubenton et de nombreux contacts de Noctules commune et de Leisler sont comptabilisés. Dans la seconde, l'activité chiroptère est nettement plus faible, les noctules sont exceptionnelles et on capture ou on entend les rhinolophes (le Grand et le Petit), la Barbastelle, le Murin à oreilles échanquées et la Sérotine commune. La Pipistrelle commune est une constante aux deux forêts.

Après décompression des sons, via le logiciel gratuit KALEIDOSCOPE, j'ai obtenu un total de 14962 sons WAV. Ceux qui utilisent BATSOUND doivent commencer à s'arracher les cheveux ! Si une vérification exhaustive de tous ces sons était envisagée, il faudrait, en comptant une moyenne de 5 minutes par son et « sans respirer », 1247 heures ou 35 semaines d'analyse minimum ! Mission impossible en l'état ! L'échantillonnage devenait « vital » pour l'opérateur. 985 sons WAV, soit 6,6% du total des sons enregistrés, ont été extraits d'après les RAI. Les derniers critères publiés pour déterminer les sons (BARATAUD, 2012) sont utilisés en contrôlant la gamme de fréquence habituelle de l'espèce et du groupe identifié par les RAI. Ceci signifie que si une pipistrelle est annoncée par les RAI, je recherche une pipistrelle en cris de vol, ignorant les autres espèces : le contrôle reste centré sur l'espèce ou le groupe défini par les RAI. Bien entendu, les autres espèces présentes sur le son WAV sont également identifiées, l'information est conservée mais ne sera pas discutée ici.

Les noms latins ne sont pas cités : c'est le matériel qui est analysé et non les résultats spécifiques, même si quelques cas d'espèces seront repris. La bibliographie est succincte car cet article ne se base que sur l'analyse du matériel et n'est pas conclusif.

Avec les RAI, on dispose des informations suivantes :

- Les sons sont tronçonnés en séquences WAV, de 5 secondes au maximum
- Chaque son WAV est rangé dans un des 12 groupes d'espèces prédéfinis (Gpe)
- Un nom d'espèce est ensuite affecté (avec les trois premières lettres du nom de genre en latin et les trois premières lettres de l'espèce)
- Un indice de confiance sur la détermination (IC) est fourni sur une échelle de 0 (pas bon) à 10 (très bon)
- Le nombre de cris par son WAV est indiqué (nombre de cris dans la plage de 5 secondes)
- Le microphone qui a enregistré le son est spécifié

Avec toutes ces informations, on devrait pouvoir comparer l'activité selon l'espèce ou le groupe, le nombre de sons WAV et de cris, la hauteur d'enregistrement, l'heure et la nuit et, bien entendu, comparer les points d'écoutes entre eux. Tout ceci est alléchant !

Il y aura trois grandes parties dans les résultats :

- Résultats globaux
- Quelques résultats spécifiques
- Résultats obtenus sur la parcelle 11 de la FD du Temple

RESULTATS ET CRITIQUES

Résultats globaux :

En faisant la moyenne des sons WAV par nuit pour l'information « Gpe » et en négligeant par simplification la durée de la nuit¹, on remarque que l'activité est intense dans certaines parcelles et nettement moindre dans d'autres. Néanmoins, la dernière colonne du **tableau I**, qui donne le pourcentage de sons WAV que les RAI ont affecté à des chauves-souris, indique qu'il y a parfois beaucoup de sons WAV considérés comme « parasites »². Ces derniers varient de 4,2% (parcelle Oi84) à 65,2% (T44), une amplitude qui doit impacter les résultats.

On constate aussi que le nombre d'espèces annoncées par les RAI est différent de la réalité, en moyenne inférieur de moitié, avec des surestimations très importantes (voir Tab.III, ex pOi31). 31 espèces sont annoncées globalement par les RAI dont la Sérotine de Nilson (Eptnil), la Vespère de Savi (Hypsav), le Petit Murin (Myobly), le Murin de Capaccini (Myocap), le Murin des marais (Myodas), la Grande Noctule (Nyctas), l'Oreillard montagnard (Plemac), le Rhinolophe euryale (Rhieur), le Molosse de cestoni (Tadten) et la Sérotine bicolore (Vesmur), toutes absentes de la région³ ! Après vérification des sons, ces espèces ne sont pas réelles (ouf !). La liste chute alors à 20 espèces. Ceci confirme que la vérification est obligatoire pour ces espèces « anormales », ce qui est prévu dans le protocole ONF (DARNIS, 2013). Il est tout de même important d'observer que le SM2 a permis l'inventaire en 22 nuits de 95% des espèces possibles sur l'Aube puisqu'il manque uniquement le Grand Rhinolophe –Rhifer ! La Pipistrelle de Kuhl (Pipkuh) était identifiée par la RAI mais l'espèce ne fut confirmée que sur un WAV affecté à la Barbastelle (Barbar) : les deux espèces étaient présentes sur l'enregistrement.

Forêt	Parcelle	Nombre de nuits	Nombre de sons WAV	Nombre de sons WAV par nuit	Nombre de sons WAV point au sol (P0)	Nombre de sons WAV point en canopée (P1)	Nombre d'espèces annoncées	Nombre d'espèces réelles	Rapport espèces réelles / espèces annoncées	% de sons WAV concernant les chiroptères
Temple	T44	2	4920	2460	3295	1625	30	17	0.60	34.3
Temple	T11	2	5473	2737	4608	865	29	11	0.55	48.8
Oisellemont	Oi84	3	983	328	974	9	19	10	0.63	95.2
Oisellemont	Oi20b	3	167	56	133	34	17	10	0.59	85.6
Oisellemont	Oi20a	3	345	115	134	211	22	8	0.36	74.2
Oisellemont	Oi19c	3	595	198	386	209	23	16	0.70	95.8
Oisellemont	Oi19b	3	1850	617	1837	13	18	3	0.17	51.1
Oisellemont	Oi31	3	629	210	58	571	19	3	0.16	56.6
		22	14962	840*	1428*	442*	22*	9.8*	0.47*	67.7*

Tab.I : Résultats globaux issus des RAI pour les 8 parcelles. Les chiffres de la dernière ligne sont des totaux exceptés ceux suivis par « * » représentant des moyennes.

¹ Tous les inventaires ont été réalisés entre le 8 juillet et le 11 août 2013.

² Il s'agit de bruits divers, d'insectes mais aussi de cris sociaux de chauves-souris et parfois de cris de chauves-souris.

³ Eptnil, Myodas et Vesmur sont exceptionnels, quelques données en vingt ans sur la région!

	Sons WAV contrôlés							Nombre de sons WAV identifiés par les RAI par parcelle							
	nombre de WAV contrôlés	Total WAV identifiés RAI	% WAV contrôlés	espèce OK	groupe espèce (Gpe) OK	% espèce OK	%groupe espèce OK	oi84	oi20b	oi20a	oi19c	oi19b	oi31	t11	t44
Barbar	56	171	33%	30	30	54%	54%	17	10	29	2	5	3	50	55
Eptnil	16	23	70%	0	4	0%	25%			1			3	16	3
Eptser	33	180	18%	18	27	55%	82%		1	1	1		1	17	159
Hypsav	18	49	37%	0	0	0%	0%	1		1	4	2	4	34	3
Minsch	36	36	100%	2	7	6%	19%	4	1	4	4	6	6	4	7
Myoalc	5	6	83%	1	3	20%	60%		1	2	1		1		1
Myobec	61	253	24%	9	61	15%	98%		6	8	197	1		7	34
Myobly	42	127	33%	0	26	0%	38%	2	7	9	3	1		24	81
Myobra	33	160	21%	2	32	6%	97%	24	3	11	4	11		29	78
Myocap	55	276	20%	0	41	0%	75%	14	11	36	10	21	18	120	46
Myodas	6	9	67%	0	3	0%	50%		1					3	5
Myodau	34	174	20%	9	19	26%	56%	8	3	20	16	11	6	25	85
Myoema	43	152	28%	12	35	28%	81%	12	7	14	13	15	10	57	24
Myomyo	11	99	11%	9	9	82%	82%			1	1			1	96
Myomys	24	53	45%	2	14	8%	58%	4	2	6	5	4	6	2	24
Myonat	39	118	33%	4	5	10%	13%	3	4	9	21	33	15	8	25
Nyclas	7	11	64%	0	1	0%	14%						1	8	2
Nyclei	25	39	64%	6	15	24%	60%			1	1			10	27
Nycnoc	17	56	30%	13	15	76%	88%				11			3	42
<i>parasite</i>	43	7396	<1%	23	23	53%	53%	47	24	89	25	905	273	280	323
Pipkuh	35	70	50%	0	0	0%	0%	5	1	10	1	9	7	14	23
Pipnat	80	508	16%	14	68	18%	18%	40	24	19	21	40	45	180	139
Pippip	80	3912	2%	68	68	85%	85%	769	57	62	247	761	199	131	500
Pippyg	39	725	5%	14	16	39%	39%	5	4	3	2	2	3	610	96
Pleaur	24	126	19%	6	9	25%	38%	4		1	2	3		7	109
Pleaus	16	20	80%	1	3	6%	19%	2				2		7	9
Plemac	8	72	11%	0	0	0%	0%	1						69	2
Rhieur	11	12	92%	0	0	0%	0%	4					8		
Rhifer	16	16	100%	0	0	0%	0%				2		4	10	
Rhipip	50	72	69%	3	3	6%	6%	17		8	1	18	16	6	6
Tadten	16	35	46%	0	0	0%	0%							30	5
Vesmur	6	6	100%	0	5	0%	83%							2	4
	985							983	167	345	595	1850	629	547	492
														3	0

Tab.II : Nombre de sons WAV examinés avec BATSOUND (« nombre de WAV contrôlés »), nombre de sons WAV où l'identification initiale de l'espèce est confirmée (« espèce OK »), nombre de sons WAV où le groupe d'espèces est confirmé (« groupe espèces (Gpe) OK ») et les pourcentages de ces deux catégories par rapport aux sons WAV échantillonnés. Le nombre de sons WAV par parcelle et par espèce supposée est donné dans les colonnes « nombre de WAV par parcelle ». Les espèces sont citées par leur abrégé, voir au fil du texte pour les noms vernaculaires basés sur DIETZ et al. (2009).

Les RAI donnent de bons résultats pour le Grand Murin (Myomyo), la Noctule commune (Nycnoc) et la Pipistrelle commune (Pippip), supérieurs à 75%. Ils montrent par contre de nombreuses défaillances pour les autres espèces, avec des pourcentages de confirmation inférieurs à 30% (colonne « % espèce Ok » du Tab.II). Un groupe d'espèces pose problème : les Rhinolophes, puisque le pourcentage est de 6% pour le Petit (Rhipip), 0% pour l'Euryale (Rhieur) et le Grand (Rhifer).

On voit tout de suite que les résultats spécifiques issus des RAI sont à considérer avec prudence. A ce stade il serait hasardeux de se contenter de ces résultats et de se lancer dans des comparatifs ou des beaux graphiques tout en couleur !

Le tableau II contient deux grandes colonnes. La première mérite quelques précisions (« WAV contrôlés »). On y trouve, de la gauche vers la droite, le nombre de sons WAV contrôlés, le total des sons WAV identifiés par les RAI (le détail pour chacune des parcelles se trouve en seconde partie du tableau « nombre de WAV par parcelle »), le % de sons WAV contrôlés, les sons WAV qui correspondent bien à l'espèce puis ceux au groupe d'espèces des RAI. Si je prends l'exemple d'Eptnil, qui fait partie du groupe SEROT (voir Tab.III pour les espèces dans les groupes), il n'y a aucun son qui correspond à l'espèce après contrôle, mais 25% des WAV appartiennent tout de même au groupe (soit des Nycleis, Nycnoc ou Eptser).

Voyons maintenant les RAI pour les groupes d'espèces. Le tableau II permet déjà d'appréhender de meilleurs résultats (colonne « % groupe d'espèces OK »). Ils s'améliorent notablement, passant par exemple pour le Murin de Brandt (Myobra) de 6% quand il s'agit des RAI spécifiques (Tab.II) à 97% pour le groupe (ici Myosp du Tab.III) ; s'il y a bien une erreur d'indentification d'espèce, il s'agit toujours d'un petit *Myotis*. Pour la Sérotine bicolore (Vesmur), espèce absente de la région, on constate qu'à 83% il s'agit d'une autre espèce du groupe (SEROT) dont elle fait partie.

Le tableau III donne les résultats des contrôles pour ces groupes d'espèces. Le cas des rhinolophes (Rhifer et RhiPT) ne s'améliore pas !

Par contre, il y a souvent des cris de chauves-souris d'autres groupes dans les sons WAV. Le cas des groupes TadGN et Hysav est intéressant. Ils sont composés d'espèces absentes de la région et pourtant il y a des chiroptères dans les enregistrements (entre 33% et 43%). Deux autres groupes restent problématiques (PipNK & Plesp). En effet, le groupe est identifié par les RAI pour respectivement 12% et 25% des sons WAV et pourtant il y a 68% à 73% de chiroptères après contrôle : problème de paramétrage des logiciels ? On serait tenté d'éliminer le groupe « Parasi », puisqu'en théorie il s'agit de sons autres que ceux émis par les chiroptères. Le contrôle montre qu'il y a quand même 47% de chauves-souris dans ces groupes : difficile de les ignorer !

	Total	Gpe ok	% Gpe ok	% chirop ok
Barbar (Barbar)	56	38	54%	71%
Hypsav (Hypsav)	18	0	0%	33%
MyoGT (Myomyo & Myobly)	53	24	47%	94%
Myosp (tous les autres myo...)	300	222	68%	77%
Parasi (sons parasites : insectes, autres bruits)	43	23	53%	47%
PipMi (Pippip, Minsch & Pippyg)	155	91	59%	70%
PipNK (Pipkuh & Pipnat)	115	15	12%	68%
Pleensp (les oreillardes)	48	12	25%	73%
Rhifer (Rhifer)	16	0	0%	0%
RhiPT (Rhieur & Rhip)	61	3	5%	16%
SEROT (Eptser, Vesmur, Eptnil, Nycnoc & Nyclei)	97	65	68%	70%
TadGN (Nyclas & Tadten)	23	0	0%	43%

Tab .III : Contrôle des sons WAV des 12 groupes définis par les RAI (Gpe). Colonne « total » = nombre de sons WAV contrôlés, colonne « Gpe ok » = contrôle positif, le groupe défini est bon, colonne « %Gpe ok » est le rapport entre « Gpe ok » sur « total » et la dernière colonne « % chirop ok » donne après contrôle le pourcentage de sons de chiroptères sp. (y compris le groupe) ; dans le cas de Hypsav, si aucun son WAV ne correspond au groupe, il y a tout de même 33% de sons WAV qui concernent des chiroptères !

Si on veut produire des graphiques de résultats ou simplement comparer les points entre eux, il va falloir se poser quelques questions : Quelles données utiliser ? Comment intégrer le contrôle dans ces derniers ?, etc.

Maintenant que faire ? On s'arrête là, on obtient une liste d'espèces, sans nul doute déjà intéressante, ou on tente des analyses plus précises, plus complexes ?

Résultats spécifiques :

En considérant les indices de confiance de détermination (IC) fournis par les RAI, j'ai regardé pour les groupes et les espèces si des seuils « acceptables » permettraient de supprimer de l'inventaire les sons « non conformes ». Je reste prudent sur les termes, mais c'est l'idée qui est à retenir.

J'ai tout d'abord affiné la précision des RAI pour les groupes d'espèces en me basant sur les indices de confiance (IC) fournis. Le tableau IV donne le niveau IC pour des niveaux de seuils fixés arbitrairement mais qui restent toutefois cohérents avec la pratique. Je recherche en partant de l'IC10, et en allant vers l'IC0, à partir de quel IC le groupe d'espèces et les chiroptères en général atteignent les 4 seuils : 50%, 51 à 75%, 76 à 95% et 96 à 100%. L'idée est de purger le jeu de données WAV selon le seuil choisi afin de continuer les analyses. Si je considère que mon seuil d'analyse pour les sons de « groupe d'espèces » est 76 à 100%, je supprime tous les sons WAV < à IC3 pour Barbar, < à IC9 pour MyoGT, etc. Pour l'activité globale des chiroptères (« sons de chiroptères sp » dans le tableau), ces seuils deviennent <IC3 pour Barbar, <IC1 pour MyoGT (puisque pour ce dernier les autres seuils ne sont pas identifiés), etc.

Je reviendrai plus loin sur la notion d'activité globale mais il s'agit ici des divers chiroptères présents après contrôles dans les sons WAV affectés par les RAI au groupe x (les vrais parasites sont donc supprimés). Il reste un problème insoluble pour l'instant : les sons WAV parasites de RAI, car à partir de l'IC2 il y a 68% de chiroptères. On peut donc supprimer sans trop de risque tous les sons IC0 et IC1, c'est déjà ça !

	Sons du groupe d'espèces				Sons de chiroptères sp.			
	S50%	S51-75%	S76-95%	S96-100%	S50%	S51-75%	S76-95%	S96-100%
Barbar	IC1	IC2	IC3	IC5	IC1	IC2	IC3	IC4
Hypsav					IC3	IC3	IC3	IC4
MyoGT	IC3	IC6	IC9	IC10				IC1
Myosp	IC1	IC1	IC2	IC4	IC1	IC1	IC2	IC4
PipMi	IC1	IC2	IC5	IC9	IC1	IC2	IC3	IC6
PipNK	IC9				IC0	IC1	IC2	IC4
Plesp	IC2	IC4			IC1	IC1	IC3	IC5
Rhifer								
RhiPT	IC7	IC7	IC7	IC9	IC7	IC7	IC7	IC9
SEROT	IC1	IC1	IC1	IC2	IC1	IC1	IC1	IC2
TadGN						IC2	IC2	IC4

Tab. IV : Niveau d'IC à partir duquel le seuil de pourcentage de données est atteint pour le groupe d'espèces et pour l'activité globale des chiroptères.

	Seuils	Barbar	Hypsav	MyoGT	Myosp	PipMi	PipNK	Plesp	Rhifer	RhiPT	SEROT	TadGN
Sons du groupe	NC	62%	100%	39%	17%	6%	74%	32%	100%	96%	28%	100%
	50%	11%	0%	17%	3%	2%	26%	10%	0%	1%	6%	0%
	51-75%	8%	0%	40%	0%	9%	0%	59%	0%	0%	0%	0%
	76-95%	9%	0%	3%	6%	35%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	96-100%	11%	0%	1%	74%	48%	0%	0%	0%	3%	66%	0%
Sons chiroptères sp.	NC	62%	92%	32%	17%	6%	0%	23%	100%	96%	28%	64%
	50%	11%	5%	0%	3%	2%	39%	18%	0%	1%	6%	26%
	51-75%	8%	0%	0%	0%	2%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
	76-95%	9%	0%	0%	6%	6%	8%	15%	0%	0%	0%	0%
	96-100%	11%	4%	68%	74%	83%	43%	43%	0%	3%	66%	10%

Tab. V : Pourcentage de sons WAV par rapport au total de sons WAV de chacun des groupes et seuils selon que l'on considère uniquement le groupe ou l'activité globale des chiroptères. NC = n'atteint pas le seuil de 50%. Le tableau se lit, avec l'exemple de Barbar et « Sons du groupe », 62% des sons WAV affectés par RAI n'atteignent pas le seuil de 50%, etc.

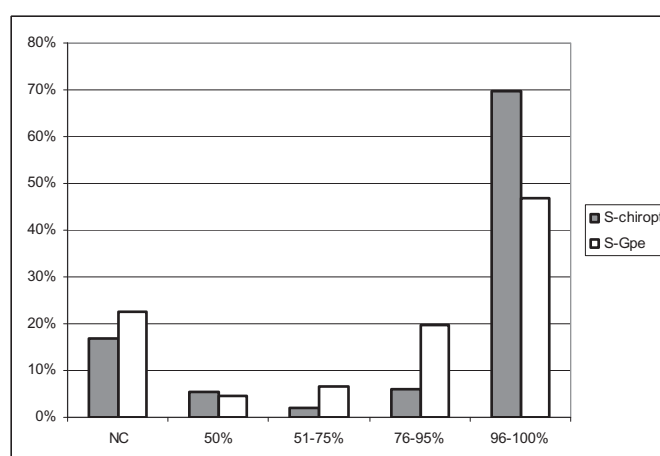


Fig.1 : Pourcentage total de sons WAV retenus (toutes les parcelles cumulées) après examen des seuils que l'on considère les groupes (S-Gpe) ou l'activité globale des chiroptères (S-chiropt). NC= n'atteint pas le seuil de 50%.

Si on considère le seuil de « 50% et plus », on peut analyser près de 77% des données « groupe » ou 83% de « l'activité globale ». Le seuil « 76% et plus » ne concerne plus que 67% des données pour « groupe » et 76% de « l'activité globale » (Fig.1). On remarque déjà que le seuil « 76% et plus » permet de travailler sur un gros nombre de sons WAV (près des ¾) et que le choix de sélectionner les groupes ou l'activité globale modifie peu le nombre de sons WAV. Il y a par contre une différence importante dans le nombre de sons WAV selon ce choix pour les groupes PipNK, Plesp et TadGN.

Dans le chapitre suivant, l'impact sur l'information de tout ceci est évalué en utilisant l'exemple de la parcelle 11 du Temple.

Mais revenons aux espèces. La majorité des taxons identifiés par les RAI pose problème et l'examen des résultats après contrôles permet d'appréhender l'importance des erreurs. Le calcul des IC n'est possible que pour 11 espèces : barbar, eptser, myodau, myoema, myomyo, myonat, nyclci, nycnoc, pipnat, pippip et pippyg. Les résultats bruts qui figuraient dans le tableau II n'auraient rien de bon pour certaines, ce calcul confirme le problème (voir tableaux en annexe pour les résultats complets et la Fig.2 pour 4 espèces).

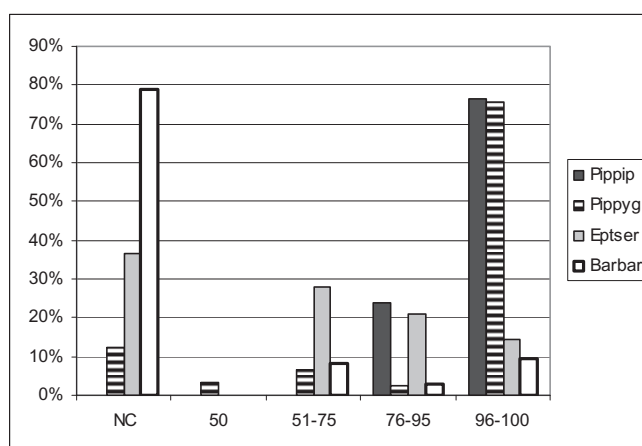


Fig.2 : Pourcentage de sons WAV par niveaux de seuil.

Le cas du Murin de Brandt (myobra): Sur les 33 sons WAV identifiés par RAI et contrôlés, 2 seulement sont confirmés comme du Murin de Brandt ! Tous les autres sont des petits *Myotis* dont 30 sont du groupe *Myosp* (dont 4 *myoalc*, 1 *myobec*, 2 *myodau*, 5 *myoema* et 18 petits *Myotis* non identifiés) et 1 du groupe *MyoGT* (en fait un Grand Murin). Les RAI éliminent donc bien les autres espèces et les parasites.

Le cas du Murin de Natterer (myonat): Sur les 39 WAV identifiés par RAI et contrôlés, 4 sont confirmés. Huit seulement sont des *Myotis* (1 *myoema*, 3 *myomyo* et 4 non identifiés), il y aura également une Pipistrelle (*pippip*) et 1 Oreillard roux (*pleaur*). La différence avec l'espèce précédente : 25 sons de parasites (64%).

Le cas du Murin de Capaccini (myocap): Comme l'espèce est absente de la région, c'est déjà rassurant qu'elle ne soit pas identifiée lors du contrôle. Sur les 55 WAV contrôlés, 1 Barbastelle (*barbar*), des *Myotis* (6 *myoalc*, 1 *myobec*, 5 *myodau*, 10 *myoema* et 19 non identifiés), 1 noctule (*nycnoc*), 2 pipistrelles (*pippip*), 1 oreillard (*pleaur*) et 9 parasites sont identifiés.

Il y a une constante pour *myobra* et *myocap* : le pourcentage important de *Myotis* non identifiés (respectivement : 55% et 35%). Cette catégorie reflète des problèmes d'identification sous BATSOUND. En effet, pour arriver au diagnostic, il faut pouvoir apprécier les types de sons et mesurer des critères d'énergie, de fréquence... (BARATAUD, 2012).

Or, les enregistrements sont en grande majorité de mauvaise qualité et à l'exception du maximum d'énergie et de la récurrence, les autres paramètres sont difficiles, voire impossibles à mesurer. C'est un réel problème pour valider une espèce ! Le phénomène est le même pour les sons WAV myoema des RAI, mais avec une variante car si les cris sont bien en haute fréquence (critère important pour identifier l'espèce), il y a autant de myoalc identifiés que myoema ; myoalc étant une autre espèce qui utilise la haute fréquence.

Globalement c'est l'ensemble des espèces du groupe Myosp qui pose problème !

Le cas de la Pipistrelle de Nathusius (pipnat) : Sur les 80 sons WAV identifiés par RAI et contrôlés, 14 sont vérifiés comme des pipnat (18%) ! L'espèce dominante est une autre Pipistrelle (pippip) avec 40 sons validés (50%). Un point rassurant : 78% des sons sont des Pipistrelles, mais il y a encore 17 parasites.

Le cas de la Pipistrelle de Kuhl (pipkuh) : Sur les 35 WAV identifiés par RAI et contrôlés, aucun n'est confirmé ! 20 sons concernent des parasites et les autres diverses espèces (4 myobec, 1 myodau, 1 myomyo, 2 pippip, 5 myotis non identifiés, 1 chiroptère non identifié et 1 oreillard non identifié). Gros problème !

Le cas des sons parasites (parasi) : Sur les 43 WAV identifiés par RAI et contrôlés, 23 sont bien des parasites (dont 8 des cris d'insectes typiques). Les autres sons concernent eptser (3), myodau (1), nycnoc (1), pippip (6), oreillard non identifié (1) et autres chiroptères non identifiés (8).

Il faut remarquer que ce groupe représente 49% des WAV identifiés par RAI et qu'il « cache » 47% de chiroptères, même si l'échantillonnage pour le contrôle, je l'accorde, est faible (<1%, Tab.II) !

Le Petit rhinolophe (rhihip) : Sur les 50 WAV identifiés par RAI et contrôlés, 3 seulement sont confirmés. Les autres concernent *Myotis* sp (3), pippip (3), une Pipistrelle sp et 40 parasites (80%) !

Si j'y ajoute les deux autres rhinolophes des RAI, j'arrive à 87% de parasites !

L'importance des sons parasites atteint son paroxysme avec Rhifer et Rhieur où ils représentent 100% des sons WAV des RAI !

La parcelle 11 du Temple :

Petit rappel des données disponibles pour cette parcelle : 5473 sons WAV pour 2 nuits, 29 espèces annoncées pour 11 confirmées et les sons WAV affectés par RAI à des chiroptères représentent 49% du total (2682).

A partir de maintenant j'utilise les résultats contrôlés en les comparant avec ceux des RAI. Le problème reste les WAV parasites pour lesquels, je le rappelle, il y a un risque que 47% d'entre eux soient des chiroptères. Pour construire les graphiques des figures (3 à 7) les seuils utilisés sont « 50% et plus » ou « 76% et plus ». De toute évidence, le seuil « 76% et plus » permet d'éliminer la grande majorité des « mauvais sons ». Ce choix est discutable et, je l'accorde, mérite des approfondissements. Le groupe « parasi » est maintenu dans le tableau VI, mais il n'y a pas d'analyse particulière sauf à considérer que 47% des WAV sont des chiroptères. Toutefois, si on sommait tous les sons de la colonne « WAV correspondant à des chiropt » il faudrait alors leur ajouter 1317 sons WAV¹, soit un total de 3644 sons WAV de chiroptères en 2 nuits (1822 par nuit). C'est à mon avis la seule possibilité pour neutraliser globalement le poids des parasites de RAI, mais on peut aussi les ignorer totalement ?

¹ Rien n'est tranché, on peut aussi sommer les WAV parasites avec IC2 ou plus et multiplier par 0,68, ce qui ferait ici 1774WAV à ajouter.

Le tableau VI se lit : *ex pour PipNK, 194 sons WAV au total sont identifiés par les RAI, aucun ne correspond pour ce groupe au seuil de 76% et plus, mais il y a tout de même 172 sons de chiroptères.*

	Tous les WAV	Wav des groupes d'espèces	% retenus groupes d'espèces	WAV correspondant à des chiropt	% retenus chiropt
Barbar	49	17	35%	17	35%
Hypsav	34	0	0%	0	0%
MyoGT	25	0	0%	8	32%
Myosp	251	205	82%	205	82%
<i>parasi</i>	2803	0	0%	0	0%
PipMi	1931	1756	91%	1840	95%
PipNK	194	0	0%	172	89%
Plesp	83	0	0%	54	65%
Rhifer	10	0	0%	0	0%
RhiPT	6	0	0%	0	0%
SEROT	47	19	40%	19	40%
TadGN	38	0	0%	12	32%

Tab. VI : Parcelle 11 du Temple, sons WAV par groupe d'espèces du RAI : tous les WAV, ceux retenus dans le groupe d'espèces au seuil IC de 76% et plus, le pourcentage des sons retenus par rapport au total, idem pour les WAV de chiroptères retenus dans chaque groupe et le pourcentage par rapport au total.

Si on descend le seuil à « 50% et plus », l'information s'améliore notamment pour les groupes espèces avec des IC bas à ce niveau : MyoGt et surtout PipNK et Plesp apparaissent (Fig.3 & Fig.4).

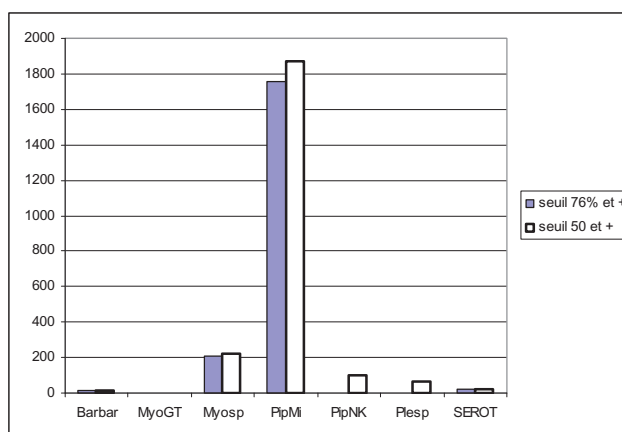


Fig.3 : Comparaison de l'information pour la p11 par groupe d'espèces selon que l'on considère les WAV à partir des seuils d'IC de 50% et + et 76% et +.

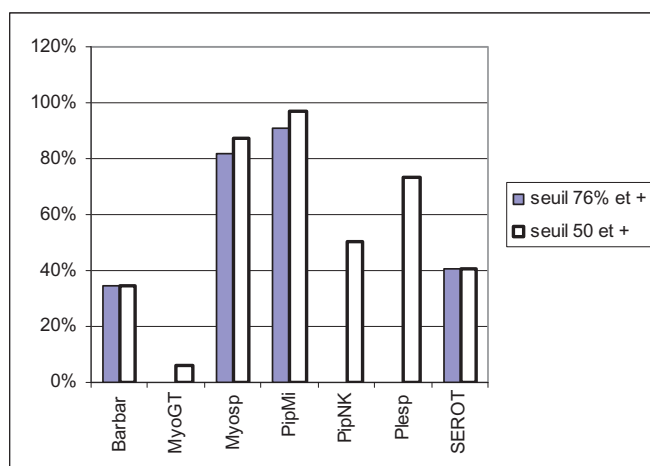


Fig.4 : Pourcentage par rapport au total identifié par les RAI de sons WAV retenus (données de la Fig.1) selon les seuils de « 50 et + » et « 76 et + ».

A ce stade il est évident que le choix du seuil est important ! Mais plus on descend, moins les chiffres auront de signification. Tout va dépendre de l'usage et des réponses à apporter.

Exemple :

Comme il y a une grosse activité en Pipistrelles (groupes PipMi & PipNK qui représentent 80% des sons WAV de cette parcelle hors parasites), je souhaite approfondir. Je peux, en utilisant les données au seuil de « 50 et plus »¹, faire quelques graphiques complémentaires. Tout d'abord, les pourcentages de ces deux groupes selon l'heure d'observation. Je rappelle que dans un cas comme celui-ci où les valeurs absolues sont très différentes, le graphique serait illisible pour PipNK (98 WAV retenus contre 1890 pour PipMi). Pour les sceptiques, la figure 6 reprend les données absolues !

Les PipNK (ici il s'agit de la Pipnat) sont très actives en début de nuit, bien plus que les PipMi (ici 2 espèces possibles : Pippip & Pippyg), puisque 93% des sons WAV sont enregistrés entre 21h00 et 22h00. De toute évidence il y a des gîtes dans le secteur (à rechercher de toute urgence !).

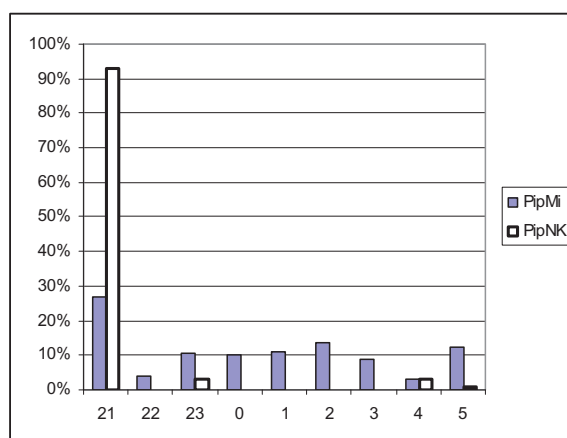


Fig.5 : Pourcentage de sons WAV des groupes d'espèces PipMi & PipNK par heure de la nuit. Seuil 50% et +. Parcelle 11 FD du Temple, août 2013.

¹ Je n'utilise plus le « 76 et + » car toutes les PipNK sont éliminées.

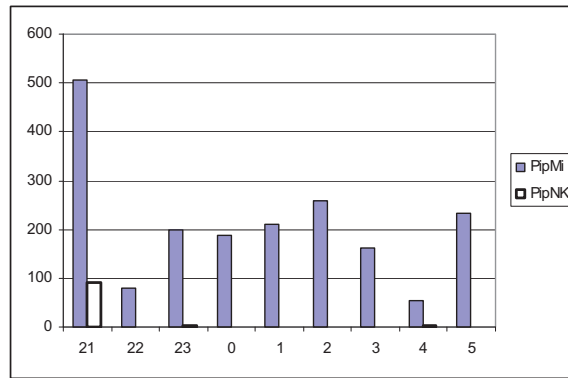


Fig.6 : Nombre de WAV des groupes d'espèces PipMi & PipNK par heure de la nuit. Seuil 50% et plus. Parcelle 11 du Temple, août 2013.

Comme j'ai deux espèces dans le groupe PipMI, la Pipistrelle commune (Pippip) et la Pipistrelle pygmée (Pippyg), voyons comment se déroule la nuit. Le seuil de « 76% et + » est atteint à l'ICO pour Pippip et IC 7 pour Pippyg, ce qui permet de travailler respectivement sur 100% des sons WAV pour l'une et 97% pour l'autre ! On a deux cycles différents : les Pippip doivent gîter dans la parcelle (forte activité en début et fin de nuit) et les Pippyg sont plus actives en milieu de nuit. Je vous assure que ce niveau d'activité était totalement inconnu pour cette dernière (Fig.7).

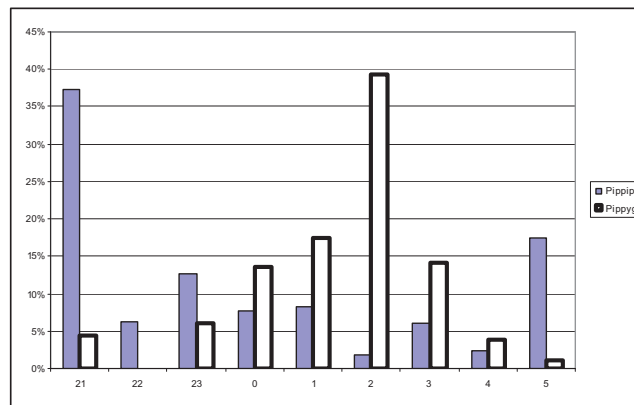


Fig.7 : Pourcentage de WAV pour Pippip & Pippyg par heure de la nuit. Seuil 51% et plus. Parcelle 11 du Temple, août 2013.

Etc...

DISCUSSION

Il y a des avantages certains à utiliser le SM2, avantages théoriques que j'indique en début d'article, mais il ne faudrait pas que ceux-ci se trouvent inhibés par de mauvaises analyses. De toute évidence on ne peut pas considérer comme exacte la liste d'espèces que le résultat de l'analyse informatique (RAI) fournit, deux fois plus que la réalité ! Pour le chiroptérologue de bureau (c'est une nouvelle espèce qui arrive !), le piège de la facilité est là et il lui faut vérifier les espèces signalées par les RAI avant de conclure sur ce premier point : ce contrôle est une obligation¹. Le nombre d'espèces après contrôle reste néanmoins important et montre tout l'intérêt du SM2 pour obtenir la richesse spécifique en 1, 2 ou 3 nuits !

¹ Quelques vérifications rapides réalisées avec SonoChiro de Biotope™, confirment que ce contrôle reste d'actualité.

Pour aller plus loin dans les analyses, je propose d'évaluer la part de l'erreur des RAI. Celle-ci provient en grande partie des logiciels (et de la version qui risque de s'améliorer avec le temps). Ce point sera vite bloquant quand on voudra comparer, par exemple, des résultats obtenus avec le script du MNHM ou encore Sonochiro de 2013 (BiotopeTM), avec ceux obtenus dans 10 ans (version 10 ?). On peut se poser la même question pour les logiciels de décompression des sons, l'usure du matériel... Je propose une manière de procéder qui permet d'obtenir, une fois les calculs réalisés, une information comparative qui conservera une certaine validité avec le temps.

Une fois que l'on a défini le niveau IC par seuil de validité (je propose une version, il faudra vite un cadre, mais <à 50%, 50 à 75%, 76 à 95% et 96 à 100% peuvent être un bon compromis), on peut passer aux graphiques et comparer les sites entre eux ; que de belles journées à passer au bureau ! Pousser plus avant les analyses, alors que les seuils ne sont pas identifiés, est très éloigné d'une réalité scientifique que je n'imagine pas. Je pense que les seuils seront dans un premier temps personnels car en plus du problème de matériel, les compétences de l'identificateur vont influencer les résultats. Les ornithologues font de même avec leurs indices de conversion quand ils veulent transformer des abondances d'oiseaux (obtenues lors de comptage) en densités à l'hectare. Les seuils permettront avec le temps de voir les progrès réalisés mais resteront valides, seul le pourcentage de sons va évoluer pour chacun. Il faudra simplement archiver les résultats (IC, espèces et groupe d'espèces dans des tableaux) selon les seuils pour pouvoir reprendre les analyses plus tard. Il est possible qu'à terme on stabilise les niveaux de seuils globalement.

Une fois cette étape franchie, on peut se limiter à une activité totale des chiroptères (quelque soit l'espèce) et, éventuellement, inclure dans le compte les sons WAV parasites supposés être des chauves-souris. Deux solutions apparaissent : on applique un pourcentage obtenu après contrôle sur tous ces sons WAV ou on ne considère que les sons WAV au seuil IC « 50% et plus » qui sont réellement des chiroptères. On pourra alors comparer rapidement les points, les milieux, les régions, *etc.*, entre eux.

Ensuite, on pousse l'analyse sur des groupes ou des espèces (mais attention ici encore aux seuils par rapport aux IC).

J'ai négligé ici l'analyse du nombre de cris par son WAV (données également fournies par les RAI). En fait, je ne suis pas convaincu à ce stade de la réalité de cette information : les cris dénombrés sont-ils uniquement ceux que les RAI attribuent à l'espèce? Un contrôle rapide de quelques données, que tout à chacun peut réaliser, a montré des écarts importants entre le nombre fourni par les RAI et ce que l'on observe sous BATSOUND !

Certes l'unité de référence WAV est un son de 5 secondes au maximum (comprendre qu'il peut y en avoir de plus courts), néanmoins je trouve que le nombre de sons WAV disponibles en quelques nuits représente déjà un gros échantillon.

Je n'aborde pas l'intérêt d'1, 2, 3 ou x nuits : quelques tests permettront de définir le nombre minimum de nuits pour une information statistiquement fiable. A ce jour, cela va dépendre de l'information que l'on souhaite obtenir. Pour la richesse spécifique, une ou deux nuits doivent être suffisantes.

Par contre, il va falloir rapidement trancher sur l'unité temporelle de référence. Il me semble que les moyennes de sons WAV par nuit sont une entrée. Pour cet article, je me suis contenté de cette référence car les données ont été acquises sur une période où l'amplitude de la durée de nuit est faible. Mais la nuit reste une nuit pour les Chiroptères et sa durée ne doit probablement influencer que le nombre de sons WAV, pas la richesse spécifique ni les résultats basés sur la phénologie horaire, surtout s'ils sont exprimés en pourcentage.

On a le début du premier son et le dernier par nuit, donc une plage d'enregistrement possible à traduire en minutes, en ¼ d'heure, en heure, *etc.* Cela reste en fait à définir ! Peut-être que la minute est moins influençable (la moyenne risque d'être faible, c'est tout) pour des références comparant des données à fortes amplitudes de durée de nuit. Une fois le choix d'unité réalisé, on pourra préciser l'échantillonnage minimum selon la question à laquelle on veut répondre.

Les RAI, avec la version du script du MNHN utilisée, ont des défaillances réelles sur certains groupes (les rhinolophes) et certaines espèces (Myocap, Pipkuh...).

La mauvaise qualité d'une majorité des sons génère beaucoup de problèmes d'identification notamment dans les *Myotis*. C'est un problème en 2013. Probablement que des réglages à venir vont le résoudre, d'où l'importance de construire et d'archiver les seuils de validité. Il restera toutefois le problème matériel (usure, défaillance...).

Il y a du boulot, mais nous entrons dans une belle période à condition que les mauvais praticiens n'anéantissent pas cet augure. Il faut rapidement un cadre qui précise la méthodologie.

Je vous donne des pistes, mais il faut des règles communes.

CONCLUSION

Après la peur à la vue du nombre de sons WAV, après l'inquiétude sur les aberrations des RAI, le SM2 - utilisé après un échantillonnage, un contrôle, une évaluation globale des seuils de validité, *etc.* - permet d'obtenir de beaux résultats qui vont donner un nouveau démarrage à la connaissance des chauves-souris. Il faut l'avouer, elles ne nous facilitent pas la tâche ces bestioles : vivre la nuit, crier pour voir... Mais avec le SM2, elles n'auront plus grand-chose à nous apprendre... dans une vingtaine d'années !

Certes cet article fait référence aux résultats issus du script du MNHN mais il serait bon de vérifier les résultats provenant de Sonochiro 2013, car les quelques contrôles réalisés confirment des problèmes récurrents pour certains groupes ou espèces, en tout cas sur un jeu de données du nord de la France !

Je souhaite ouvrir le débat avec cet article sur des bases qui restent provisoires et discutables sur le besoin primordial de méthode partagée. Mais avec un peu de sérieux et un cadrage méthodologique, nous disposerons d'informations échangeables pour mieux connaître et protéger les chauves-souris.

REMERCIEMENTS

Merci à mon collègue Thomas DARNIS du réseau « mammifères » de l'ONF pour sa relecture et ses remarques pertinentes.

BIBLIOGRAPHIE

DARNIS T., 2013. *Protocole MCD100*. 35 pages.

BARATAUD M., 2012. *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotopie éditions & Publications scientifiques du Muséum, Paris.

DIETZ C., HELVERSEN O. & NILL D., 2009. *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord*. Editions Delachaux & Niestlé, Paris.

ANNEXE

	50	51-75	76-95	96-100
Barbar	IC1	IC2	IC3	IC5
Eptser		IC1	IC2	IC3
Myodau	IC5			
Myoema	IC3			IC4
Myomyo			IC0	IC1
Myonat				IC5
Nyclei		IC1		IC2
Nycnoc			IC0	IC1
parasi	IC0	IC2		
Pipnat	IC9			
Pippip			IC0	IC4
Pippyg	IC2	IC3	IC7	IC8

Seuils et IC pour les espèces (y compris les parasites).

	NC	50	51-75	76-95	96-100
Barbar	62%	11%	8%	9%	11%
Eptnil	100%				
Eptser	37%		28%	21%	15%
Hypsav	100%				
Minsch	100%				
Myoalc	100%				
Myobec	100%				
Myobly	100%				
Myobra	100%				
Myocap	100%				
Myodas	100%				
Myodau	99%	1%			
Myoema	98%	1%			
Myomyo				8%	92%
Myomys	100%				
Myonat	98%				2%
Nyclas	100%				
Nyclei	73%		11%		16%
Nycnoc				100%	
parasi		60%	40%		
Pipkuh	100%				
Pipnat	81%	19%			
Pippip				24%	76%
Pippyg	12%	3%	7%	2%	76%
Pleaur	100%				
Pleaus	100%				
Plemac	100%				
Rhieur	100%				
Rhifer	100%				
Rhiphip	100%				
Tadten	100%				
Vesmur	100%				
toutes espèces	29%	25%	17%	7%	23%

Pourcentage de WAV de chacune des espèces de la RAI pour chaque niveau de seuil.