Analyse des émissions vocales de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* et estimation du nombre de mâles en croule : un test pratique

Pierre Mollet, François Estoppey, Pius Korner & Michael Lanz

Fr. Estoppey

Le preneur de son, dans le milieu naturel de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola*. Point d'écoute des Marches (Mar), Ormont-Dessous VD, juillet 2020.

Une analyse détaillée d'une série d'enregistrements systématiques de chants de Bécasse des bois en croule, dans les Préalpes vaudoises, nous montre que le risque est grand de surestimer leur nombre avec cette technique.

Le mode de vie très secret de la Bécasse des bois et son absence de défense territoriale, même en période de nidification, posent un défi méthodologique redoutable pour estimer la taille de sa population. À cela s'ajoute le fait que, à l'heure actuelle, aucune méthode ne permet d'effectuer un recensement systématique des femelles. Si, en période de croule, les mâles se laissent observer facilement pendant leurs vols nuptiaux vespéraux, on doit partir du principe qu'ils sont plusieurs à survoler plus d'une fois un même point d'écoute lors d'une soirée, sans qu'il soit possible de les distinguer. De plus, comme le nombre de survols effectués par chaque mâle peut grandement varier au cours des soirs (Hirons 1983), il n'est pas possible d'en déduire l'effectif des individus en parade.

La strophe qu'un mâle émet pendant la croule se compose de plusieurs sons de basse fréquence, rappelant le coassement d'une grenouille et transcrits par l'onomatopée « *crô* », « *ror* » ou « *quor* » selon les observateurs, et immédiatement suivis d'un sifflement de haute fréquence transcrit par un « *psitt* » (*fig. 1*). Durant la croule, plusieurs de ces strophes sont émises les unes après les autres, en général toutes les 1 à 3 secondes. Selon le terrain et le point d'écoute, on peut percevoir et enregistrer jusqu'à une dizaine de strophes par Bécasse lors d'un seul passage au vol.

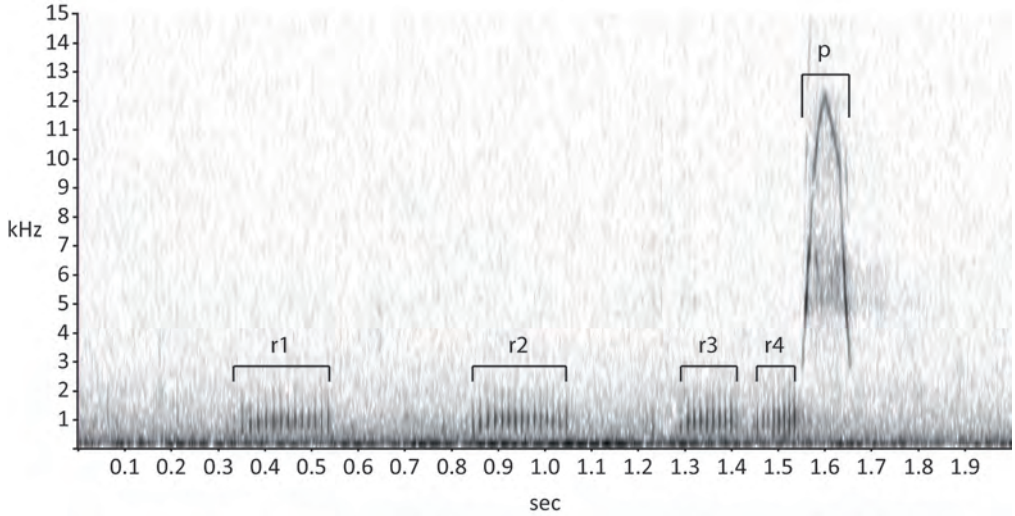


Fig. 1 Une strophe de croule de Bécasse des bois *Scolopax rusticola* de la région d'étude, représentée par un sonagramme. On reconnaît quatre éléments graves « *ror* » (r1 à r4), ainsi que le sifflement aigu final « *psitt* » (p).

Nemetschek (1977) a écrit que les strophes émises pendant leur parade par les mâles de la région qu'il étudiait étaient à ce point caractéristiques qu'il pouvait reconnaître les oiseaux individuellement à la seule ouïe. Ferrand (1987) a ensuite développé l'idée d'utiliser ces différences individuelles au niveau des strophes pour distinguer les oiseaux et ainsi les compter. Pour ne pas devoir s'en remettre, comme Nemetschek (1977), à la perception subjective de l'ouïe humaine, il a enregistré les strophes et en a tiré des sonagrammes, puis les a imprimés pour ensuite effectuer des mesures. Ce principe technique a été repris plus tard par Hoodless *et al*. (2008), ainsi que par Mulhauser & Zimmermann (2010).

Jusqu'à présent, chaque auteur a utilisé ses propres variables pour mesurer les strophes. Ferrand (1987) et Hoodless *et al*. (2008) ont exclusivement analysé le sifflement aigu (*fig. 2*; *tabl. 1*), avant tout pour des raisons techniques. Les sons « *ror* » graves n'ont pu être transcrits en sonagrammes à partir des enregistrements bruts (Ferrand 1987) ou bien ont été trop fortement masqués par les bruits de fond de la même gamme de fréquences (Hoodless *et al*. 2008). Mulhauser & Zimmermann (2010), par contre, ont aussi utilisé les « *ror* » pour caractériser les strophes (*fig. 3*; *tabl. 1*).

Dans ces trois études, on a d'abord testé si les paramètres bioacoustiques permettaient une reconnaissance individuelle. Il faut alors pouvoir identifier de façon univoque chaque oiseau dont on enregistre les strophes. À cet effet, Ferrand (1987) et Hoodless *et al*. (2008) ont enregistré des strophes émises lors de la croule sur plusieurs points éloignés les uns des autres (>2 km), partant du principe qu'ils captaient ainsi autant d'individus dont ils pouvaient être sûrs qu'ils étaient différents. Ferrand (1987) a utilisé les strophes de huit individus, Hoodless *et al*. (2008) de 39 individus. Mulhauser & Zimmermann (2010) ont quant à eux utilisé des sons provenant d'une seule zone. Ils ont différencié deux individus en utilisant la télémétrie et cinq grâce à leurs strophes « extrêmes ou singulières ». Comme ils ont pris des photographies de chaque oiseau en même temps que les enregistrements sonores, ils ont pu en distinguer quatre autres sur la base de caractéristiques du plumage (plumes manquantes, etc.) ou de bagues de couleur. Des analyses discriminantes (*discriminant function analysis*; DFA) ont ensuite permis de découvrir la meilleure combinaison de paramètres pour attribuer les strophes enregistrées aux bons individus. Ferrand (1987) atteint un taux de 89,7 % d'attribution correcte des strophes en utilisant les paramètres DD, LL et TPSITT (*fig. 2* & *tabl. 1*). Hoodless *et al*. (2008) ont pu attribuer correctement 95 % des strophes en utilisant les variables D1, NARROW,

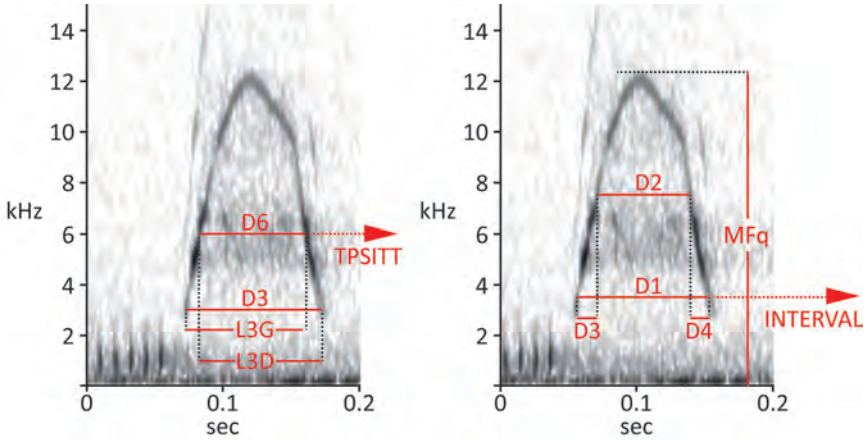


Fig. 2 Les variables D3, D6, L3D, L3G et TPSITT selon Ferrand (1987 ; à gauche) et D1 à D4, MFq ainsi que INTERVAL selon Hoodless *et al*. (2008 ; à droite) mesurées dans le sonagramme. Explications voir *tabl.1*.

Tabl. 1 Toutes les variables selon Ferrand (FD ; 1987), Hoodless *et al*. (HS ; 2008) et Mulhauser & Zimmermann (MZ ; 2010). Les variables mesurées directement dans le sonagramme sont représentées en blanc, les variables calculées, en gris.

Variable	Auteurs	Unité	Description
D3	FD	sec	Durée du psitt entre branche ascendante et descendante à 3 kHz
D6	FD	sec	Durée du psitt entre branche ascendante et descendante à 6 kHz
L3D	FD	sec	Durée du psitt entre branche ascendante à 3 kHz et branche descendante à 6 kHz
L3G	FD	sec	Durée du psitt entre branche ascendante à 6 kHz et branche descendante à 3 kHz
DD	FD	calculé	D6 / D3
LL	FD	calculé	L3G / L3D
TPSITT	FD	sec	Durée entre le psitt mesuré (n) et le psitt de la strophe suivante (n+1) → correspond à la variable B selon MZ
D1	HS	sec	Durée entre branche ascendante et descendante du psitt à 3,5 kHz
D2	HS	sec	Durée entre branche ascendante et descendante du psitt à 7,5 kHz
D3	HS	sec	Durée entre 3,5 kHz et 7,5 kHz de la branche ascendante du psitt
D4	HS	sec	Durée entre 7,5 kHz et 3,5 kHz de la branche descendante du psitt
NARROW	HS	calculé	D2 / D1
SKEW	HS	calculé	D4 / D3
MAXFREQ	HS	kHz	Fréquence maximale du psitt
INTERVAL	HS	sec	Durée entre le psitt mesuré (n) et le psitt de la strophe suivante (n+1) → correspond à la variable B selon MZ
A	MZ	nombre	Nombre des élements "ror"
B	MZ	sec	Durée entre le psitt mesuré (n) et le psitt de la prochaine strophe (n+1) à 6,5 kHz
C	MZ	sec	Durée entre le psitt mesuré (n) et le début du premier "ror" de la strophe suivante (n+1) à 6,5 kHz
D	MZ	sec	Durée entre le début du premier et la fin du dernier élement "ror"
E	MZ	sec	Durée du psitt entre branche ascendante et descendante à 4,5 kHz

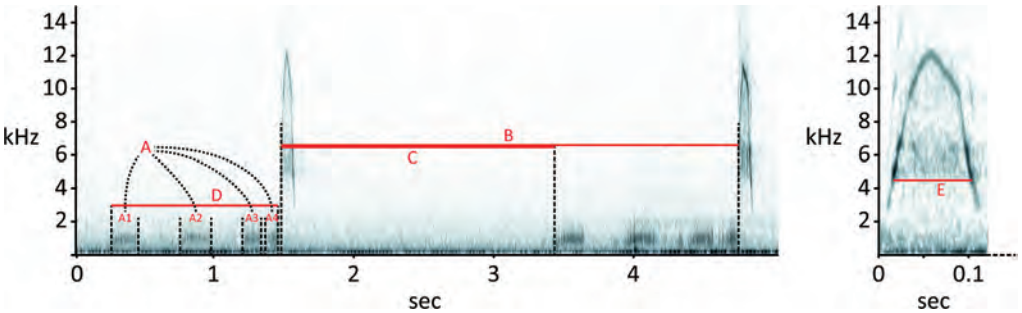


Fig. 3 Les variables A à E selon Mulhauser & Zimmermann (2010) mesurées dans le sonagramme. Explications voir *tabl.1*.

SKEW, MFq et INTERVAL (*fig. 2* & *tabl. 1*), et Mulhauser & Zimmermann (2010) ont pu attribuer correctement les strophes de 10 des 11 individus connus (90,1 %) en combinant les variables A, B et E (*fig. 3* & *tabl. 1*). Ces taux de réussite montrent que la variabilité des strophes émises par un individu semble bien moindre que celle entre individus différents.

Pour la dernière étape importante, à savoir la discrimination de plusieurs individus présents au même endroit avec un nombre inconnu d'oiseaux en croule, Hoodless *et al*. (2008) et Mulhauser & Zimmermann (2010) ont procédé de façon très semblable, tandis que Ferrand (1987) ne s'exprime pas sur ce point. Le principe consiste à inscrire, sous forme de points dans un graphique, les valeurs des strophes concernées et de délimiter, à la main et subjectivement, des groupes de points qui correspondent au final chacun à un individu. Hoodless *et al*. (2008) ont généré ces graphiques par une analyse en composantes principales (*principal component analysis*; PCA), pour laquelle ils ont utilisé les cinq paramètres de leur meilleure combinaison. Comme la meilleure combinaison chez Mulhauser & Zimmermann (2010) ne comprenait que trois paramètres, ils ont pu représenter deux d'entre eux (B et E) l'un par rapport à l'autre et visualiser le troisième (A) avec des symboles différents pour chaque valeur.

On ignorait jusqu'à présent quelle était la méthode la plus adéquate, celle de Mulhauser & Zimmermann (2010), de Hoodless *et al*. (2008), ou une combinaison des deux, pour une estimation stable et fiable du nombre de mâles de Bécasses des bois en parade. L'objectif de la présente étude est donc de tester, par un exemple pratique, la différenciation des mâles de Bécasses des bois en parade au moyen de l'analyse vocale.

Méthodes

Zone d'étude

La zone d'étude se situe dans les Préalpes vaudoises, à une altitude comprise entre 1660 m et 1850 m sur le territoire de la commune d'Ormont-Dessous (*fig. 4*; coordonnées centrales env. 46°20'21''N/7°05'59''E). Elle recouvre une surface de 94 ha, dont 60 de forêt. Les 34 autres hectares sont des surfaces ouvertes

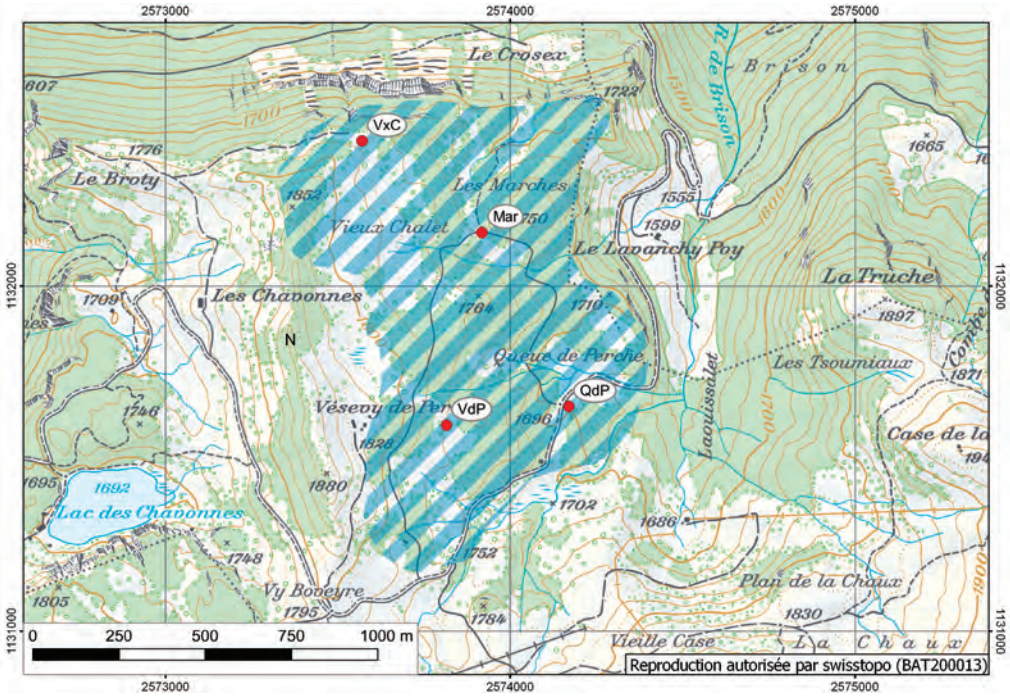


Fig. 4 Le périmètre d'étude avec les quatre points d'écoute.

de pâturages parsemées d'arbres, certaines très humides et à caractère de bas-marais. La présence des Bécasses dans la région pendant la croule est connue depuis de nombreuses années par l'un d'entre nous (FE).

Enregistrement des strophes émises pendant la croule

De 2013 à 2015, nous avons enregistré les strophes émises pendant la croule par les mâles de Bécasse des bois survolant quatre points d'écoute de la zone d'étude (*fig. 4*). Nous nous sommes limités à la croule vespérale, lors de soirées sans précipitations et avec peu ou pas de vent. En 2013, nous avons été présents douze soirs exclusivement sur le site « Mar », en 2014 et 2015 trois soirs sur chacun des quatre sites. Pour la prise de son, nous avons utilisé quatre microphones directionnels Sennheiser ME66 avec modules d'adaptation K6 et protection contre le vent, ainsi que deux enregistreurs Nagra SD et deux Olympus LS-10.

Nous avons en principe enclenché les enregistreurs au moment du coucher du soleil, et attendu que les Bécasses passent en vol. Nous n'avons jamais éteint les appareils durant l'enregistrement, produisant ainsi un document sonore unique par soirée de prise de son. Pour chaque survol, nous avons inscrit un numéro de survol et l'heure précise sur un formulaire papier, afin de pouvoir plus facilement localiser les strophes dans les longues bandes sonores. Nous avons mis fin aux enregistrements après la baisse sensible de l'activité de croule, au plus tard au bout de 2 heures.

Mesure des strophes

Le logiciel « Raven Pro », du *Cornell Lab of Ornithology* (http://ravensoundsoftware.com), nous a permis de produire des sonagrammes à partir des enregistrements, de retrouver chaque survol à l'aide des données relevées, d'isoler les strophes et de sauvegarder ces nouveaux documents sous un nom univoque. Pour finir, nous avons mesuré tant les paramètres utilisés par Mulhauser & Zimmerman (2010) que ceux de Hoodless *et al*. (2008).

Discrimination des individus

En suivant le protocole de Mulhauser & Zimmermann (2010) pour la marche à suivre dans des conditions inconnues, nous avons produit des représentations graphiques pour toutes les strophes exploitables, avec les variables E et leur écart-type en abscisse, les variables B et leur écart-type en ordonnée, et les variables A sous la forme de différents symboles. L'écart-type pour B et E résulte de la multiplication de chaque valeur par le cœfficient de variation moyen, que Mulhauser & Zimmermann (2010) ont calculé pour chacun de ces paramètres avec les données de leurs 11 oiseaux identifiables sans équivoque. L'écart-type pour B est de 5,5 %, celui pour E de 4,1 %.

En plus de ce protocole originel de Mulhauser & Zimmermann (2010), que nous nommons « méthode MZ », nous avons également intégré dans la représentation l'information sur les strophes d'un même individu, en reliant par une ligne tous les points d'un même survol (émanant donc avec certitude d'un même individu) – c'est la « méthode MZ+ ».

Bien que la DFA de Mulhauser & Zimmermann (2010) ait pu séparer les individus les uns des autres en utilisant trois variables seulement (A, B et E), il est possible que la méthode donne de meilleurs résultats si on intègre les cinq variables. C'est la raison pour laquelle nous avons, en plus, soumis ces cinq variables à une PCA et avons tracé le premier axe de la PCA en face du deuxième (« Méthode PCA »). À l'origine, nous souhaitions également analyser les données selon les variables de Hoodless *et al*. (2008) avec cette méthode (PCA), mais nous avons fini par y renoncer pour des raisons qualitatives (voir « Résultats »). Toutes les analyses statistiques et les graphiques ont été effectués avec R (R Development Core Team 2018).

Comme nous l'avons écrit, la détermination finale du nombre d'individus à la croule repose sur l'idée que les valeurs pour les strophes d'oiseaux différents dessinent des groupes dans le graphique, groupes qui sont relativement bien délimités, et que le nombre de groupes correspond ainsi au nombre d'individus. Dans la méthode « MZ », le paramètre A (« nombre de *ror* ») intervient dans une deuxième étape en plus de cette identification par groupes : il permet de contrôler si, au sein de ces groupes délimités, ne se cachent pas malgré tout les strophes de plusieurs individus (en partant du principe que des valeurs différentes pour le paramètre A indiquent des individus différents au sein d'un même groupe).

Résultats

Qualité de la prise de son

Lors d'une première estimation rapide, nous avons considéré la qualité comme suffisante pour un total de 710 strophes. Cependant, par la suite, plusieurs paramètres n'ont pu être mesurés pour nombre de strophes. Nous avons rencontré des difficultés surtout avec les paramètres utilisés par Hoodless *et al*. (2008), que nous n'avons tous pu mesurer que sur 28,4 % des strophes, tandis que le taux de succès se montait à 78,9 % pour ceux de Mulhauser & Zimmermann (2010) (*fig. 5*). C'est pourquoi toutes les analyses suivantes ont été effectuées avec les seules variables de Mulhauser & Zimmermann (2010).

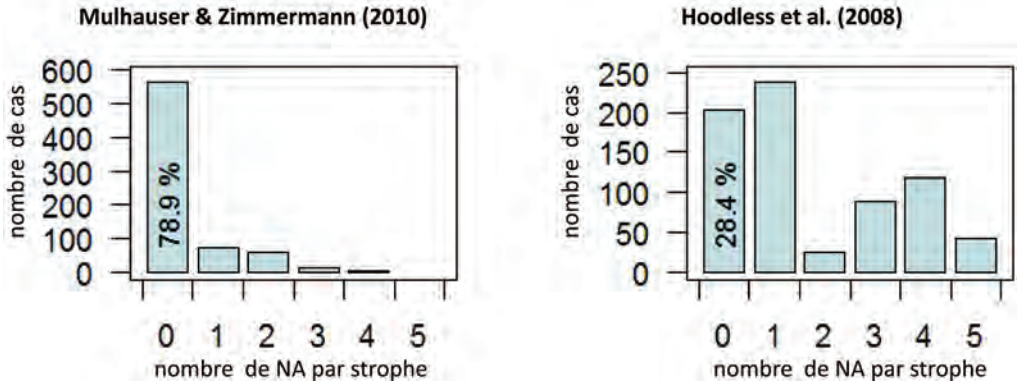


Fig. 5 Nombre de paramètres non mesurables (« NA ») dans les strophes. Tous les paramètres selon Mulhauser & Zimmermann (2010) ont pu être mesurés dans 78,9 % des strophes, contre seulement 28,4 % pour ceux de Hoodless *et al*. (2008).

Discrimination des individus

Les exemples qui suivent ont été choisis car ils illustrent au mieux les différences entre les méthodes MZ et MZ+ ; ils montrent en particulier les amplitudes individuelles trop importantes des variables B et E pour calculer des écarts-types selon MZ ou de la variable A pour distinguer les individus au sein d'un nuage de points.

Données du même site

Pour le 24 juin 2013, nous disposons de données issues de 27 strophes utilisables dans leur intégralité (*fig. 6*), et représentant 10 survols. Avec la méthode MZ, six groupes bien délimités les uns des autres et sans chevauchements importants des écarts-types y sont clairement identifiables (G1 à G6 dans la *fig. 6*, à gauche). À l'intérieur des groupes G1, G2 et G4, on trouve surtout des strophes avec la variable A=4 « *ror* », mais aussi quelques-unes avec A=5 « *ror* ». C'est la raison pour laquelle nous avons noté deux individus pour chacun de ces groupes. Avec les trois strophes singulières G3, G5 et G6, nous pourrions donc estimer à neuf le nombre de mâles qui croulaient ce soir-là sur le point d'écoute « Mar ».

Cependant, si l'on relie en plus les strophes de chaque survol (émises à coup sûr par le même individu) par des lignes (*fig. 6*, au milieu), nous constatons tout d'abord que G3 et G5 proviennent du même individu. En outre, les strophes de quatre survols recoupent tant le groupe G1 que le G2. On doit donc revoir la délimitation des groupes en conséquence et on ne peut dès lors identifier que trois groupes (a à c). Par ailleurs, nous constatons que quatre survols comportent des strophes dont la variable A prend la valeur 4 « *ror* » et d'autres où elle correspond à 5 « *ror* ». Nous renonçons donc à utiliser cette variable A pour distinguer les individus à l'intérieur des groupes et estimons, sur la base du deuxième graphique, qu'il y avait trois mâles (a à c) en croule ce soir-là sur le site « Mar ».

La représentation graphique des résultats de la PCA (*fig. 6*, à droite) montre trois groupes faciles à délimiter (gA à gC). Cette méthode nous donne ainsi également une estimation de trois individus.

Pour le 28 juin 2013, nous disposons de données de 17 strophes utilisables dans leur intégralité (*fig. 7*, à gauche), provenant de 7 survols. En procédant à la même analyse que pour les données du 24 juin 2013, nous parvenons tout d'abord, après délimitation des groupes, à une estimation de 4 mâles en croule (*fig. 7*, à gauche ;

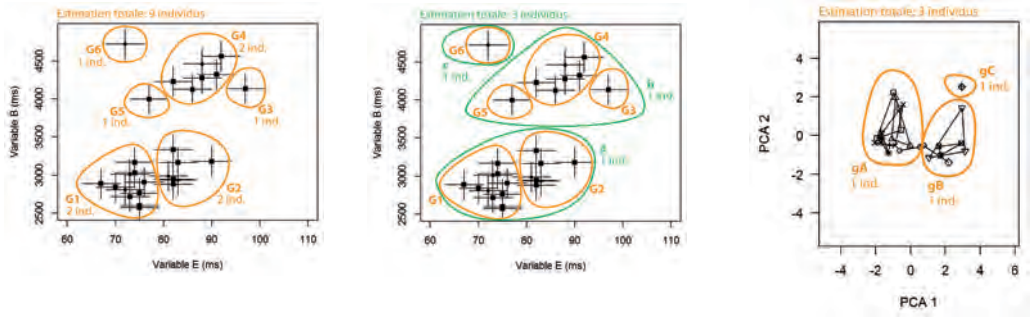


Fig. 6 Données du 24 juin 2013 du point d'écoute « Mar ». *À gauche* les variables A, B et E selon Mulhauser & Zimmermann (2010) et la répartition des strophes par groupes bien délimités (G1 à G6). *Au milieu* on voit la même représentation mais avec les strophes d'un même survol (donc d'un même individu) reliées par des lignes, et la répartition en groupes corrigée en conséquence (a à c) – entouré en vert. *À droite*, les cinq variables des 27 mêmes strophes, représentées en fonction des deux axes principaux d'une analyse en composantes principales (PCA).

G1 à G4). La variable A prend la valeur de 4 pour toutes les strophes de cette soirée d'écoute. Si l'on superpose à nouveau l'information concernant les strophes des mêmes survols (*fig. 7*, au milieu), on constate premièrement que G2 et G4 proviennent du même individu, et deuxièmement qu'un même survol lie les groupes G1 et G3. La révision de l'estimation du nombre d'individus aboutit donc à deux (a et b).

Les résultats de la PCA (*fig. 7*, à droite) montrent au contraire trois groupes bien délimités (gA à gC), et nous estimons donc qu'il y a trois individus.

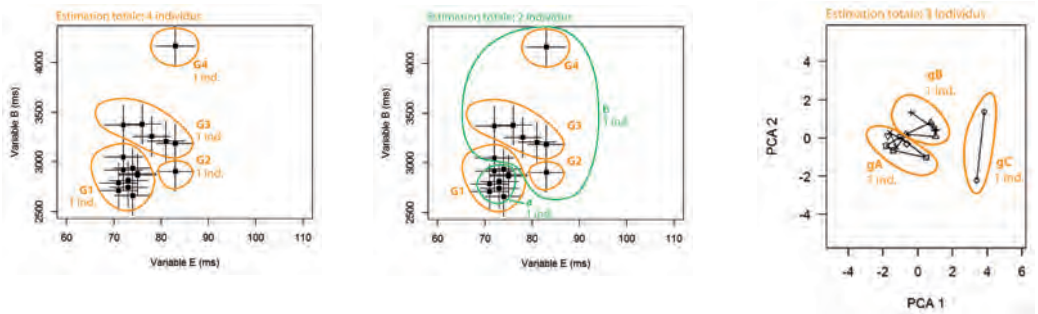


Fig. 7 Données du 28 juin 2013 du point d'écoute « Mar », représentées comme dans la *figure 6*.

Données de quatre sites

Le 2 juin 2014 fournit les données de 49 strophes issues de 16 survols sur l'ensemble des points d'écoute (*fig. 8*, à gauche). L'écart-type pour les variables B et E n'est pas représenté car, avec autant de strophes, le graphique serait illisible. Nous identifions d'abord 7 groupes (G1 à G7), aux limites peu claires, surtout pour G4 dont les strophes pourraient aussi être attribuées à l'un des amas voisins. Dans le groupe G3, on trouve des strophes tant avec A=3 « *ror* », que A=4 « *ror* », soit deux mâles, tandis que le groupe G6 présente des strophes avec A=3 « *ror* », A=4 « *ror* », A=5 « *ror* », soit 3 mâles. Nous estimons ainsi qu'avec les autres groupes G1, G2, G4, G5 et G7, nous avons affaire à 10 individus au total.

Dans ce cas aussi, avec des données provenant de quatre sites d'écoute, nous pouvons relier les points issus des mêmes survols par des lignes (*fig. 8*, au milieu), et nous renonçons dans ce cas également à utiliser la variable A pour distinguer plusieurs individus. L'information supplémentaire concernant les strophes provenant d'un même survol nous permet de délimiter encore cinq groupes les uns des autres (a à e). Notre estimation se monte ainsi à cinq individus.

Les résultats de la PCA nous font délimiter quatre groupes, donc dénombrer 4 individus (*fig. 8*, à droite).

Tabl. 2 Nombre de survols (Sv) et de strophes exploitables (Str) pour les 18 soirs d'enregistrements. En plus, nombre estimé de mâles en parade selon a) l'analyse selon Mulhauser & Zimmermann (2010) au sens strict (« MZ »), b) la méthode modifiée, avec l'indication supplémentaire des strophes émises lors d'un même vol mais sans l'utilisation de la variable A (« MZ+ »), et c) PCA. nd : données trop peu exploitables. ng : délimitation de groupes impossible en raison d'une répartition trop homogène des points dans le graphique.

						Nombre d'individus estimé		
An	Mois	Jour	Points d'observation	Ps	Str	MZ	MZ+	PCA
2013	06	06	Mar	2	2	nd	nd	nd
2013	06	17	Mar	2	3	nd	nd	nd
2013	06	21	Mar	11	32	8	5	5
2013	06	24	Mar	10	27	9	3	3
2013	06	25	Mar	7	13	3	2	2
2013	06	27	Mar	10	34	11	3	3
2013	06	28	Mar	7	17	4	2	3
2013	07	02	Mar	9	29	10	5	4
2013	07	03	Mar	7	16	8	5	5
2013	07	08	Mar	6	11	4	3	4
2013	07	11	Mar	1	1	nd	nd	nd
2013	07	16	Mar	4	14	5	4	3
Résultats cumulés pour 2013						3 - 11	2 - 5	2 - 5
2014	06	02	Tous	16	49	10	5	4
2014	06	16	Tous	16	25	10	6	5
2014	06	26	Tous	23	62	ng	4	3
Résultats cumulés pour 2014						10	4 - 6	3 - 5
2015	06	16	Tous	26	53	12	5	3
2015	06	23	Tous	22	47	8	5	5
2015	07	02	Tous	10	20	4	2	3
Résultats cumulés pour 2015						4 - 12	2 - 5	3 - 5

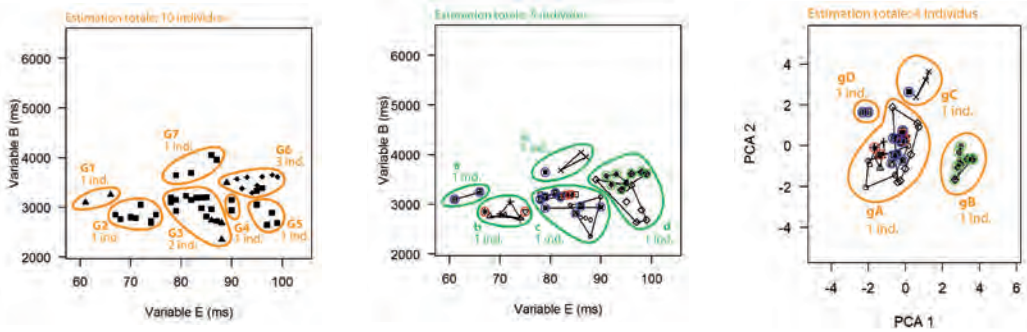


Fig. 8 Données du 2 juin 2014 de 4 points d'écoute, représentées comme dans les *figures 6* et *7*, sauf a) points sans écart-type, et b) illustrations du milieu et de droite avec indication du site d'enregistrement : rouge = QdP, vert = VdP, bleu = VxC, sans couleur = Mar.

Comparaison des méthodes

Procéder strictement selon la méthode « MZ » fournit systématiquement des estimations plus élevées, voire beaucoup plus élevées que notre méthode modifiée « MZ+ » (*tabl. 2*). Les résultats obtenus par cette méthode modifiée et ceux de la PCA sont par contre très semblables, puisqu'ils aboutissent à la même valeur dans presque tous les cas et à une différence de 1 dans les autres, tant pour les relevés en un site que pour les enregistrements en quatre sites. La seule exception (différence de 2 individus) est notée le 16 juin 2015 (voir *annexes*).

Discussion

Qualité de l'enregistrement

De nombreuses strophes n'ont pu faire l'objet de la mesure des paramètres selon

Fr. Estoppey

Le point d'écoute de Vésevy de Perche (VdP). Le deuxième plan, couvert d'Aune vert *Alnus viridis,* n'est pas survolé par les Bécasses *Scolopax rusticola* en croule. Ormont-Dessous VD, juillet 2020.

Hoodless *et al*. (2008) à cause de la mauvaise qualité des enregistrements. Le paramètre qui, de très loin, a le plus souvent fait défaut, est MFq, qui n'a pu être mesuré parce que la partie la plus aiguë (la fréquence la plus haute) du sifflement n'était pas reconnaissable. Le paramètre D1 (durée du *psitt* à 3,5 kHz) a également fait les frais de la qualité de l'enregistrement, parce qu'une des deux parties les plus graves du sifflement, ou les deux, n'était pas reconnaissable en dessous d'une fréquence de 3,5 kHZ. Dans ces cas, les variables D3 et/ou D4 ainsi que NARROW et SKEW ont généralement aussi passé à la trappe. Nous sommes convaincus que ces problèmes – mais surtout concernant MFq – sont d'autant plus probables que l'oiseau se trouve loin du microphone. Pour réaliser des enregistrements de bonne qualité se prêtant à la mesure des paramètres, on ne doit donc pas seulement tenir compte des conditions météorologiques (il ne doit ni pleuvoir, ni souffler), mais aussi de la topographie du terrain autour du point d'écoute. Les sites sur des cols ou des selles sont bien adaptés, mais pas ceux situés dans des creux de terrain. Lorsque les paramètres selon Mulhauser & Zimmermann (2010) n'ont pu être mesurés, c'est presque chaque fois en raison d'un arrière-fond sonore trop fort dans la plage de fréquences des éléments « *ror* », en particulier les cloches du bétail qui paissait trop près. Les sites d'enregistrement doivent donc être choisis également de sorte à assurer un éloignement suffisant des sources de bruit (bétail mais aussi cours d'eau), surtout dans les Alpes et Préalpes.

Mesure des strophes

Les paramètres à mesurer doivent pouvoir caractériser le plus précisément possible les strophes que l'on analyse. Toutefois, on ne sait toujours pas laquelle des méthodes de Hoodless *et al*. (2008) ou de Mulhauser & Zimmermann (2010), convient le mieux à cette fin. Initialement prévue, la comparaison des deux méthodes s'est avérée impossible (*cf*. Résultats). Il est toutefois possible que cette mesure manuelle d'un petit nombre de paramètres ne suffise de toute façon pas pour une caractérisation assez précise. Il serait en tous les cas intéressant d'enregistrer les strophes d'oiseaux identifiables individuellement (p. ex. par télémétrie), d'analyser chacune de leur forme avec le logiciel, et d'utiliser cette analyse comme base pour établir une discrimination des individus.

Discrimination des individus

L'identification de groupes de strophes bien délimités (et donc d'individus) n'est pas évidente. Dans bon nombre de cas, elle nous paraît dépendante d'une estimation subjective plus que de critères objectifs. Disposer de

l'information de quelle strophe provient de quel survol (et donc du même individu) est très utile, mais n'élimine pas complètement le problème. Les données du 26 juin 2014 figurant dans l'*annexe II* le montrent très bien : avec la méthode « MZ », les nuages de points plus ou moins continus ne permettent pas de définir une limite entre des groupes (à gauche). Si on superpose (méthode « MZ+ ») l'information sur les strophes des mêmes survols (au milieu), la délimitation fonctionne de manière assez satisfaisante. Reste toutefois le problème que quelques strophes se trouvent au centre tout près les unes des autres, et que leur attribution à l'un des trois groupes semble arbitraire. La méthode PCA fournit là aussi des résultats légèrement meilleurs (à droite), ce qui n'est pas surprenant puisqu'elle se base au final sur une information donnée par cinq paramètres au lieu de deux.

Nous jugeons la méthode « MZ » décrite par Mulhauser & Zimmermann (2010) comme inadaptée à la discrimination des individus et amenant à nettement surestimer le nombre d'individus, pour deux raisons :

a) la variabilité des paramètres B et E dans les strophes d'un nombre important d'individus est beaucoup trop grande pour que l'utilisation des écarts-types pour B et E soit un critère pertinent pour délimiter les groupes – c'est particulièrement bien visible pour les groupes G3 et G5 dans la *fig. 6* (au milieu) et dans les groupes G2 et G4 dans la *fig. 7* (au milieu) ;
b) on ne peut pas utiliser le paramètre A pour distinguer des individus à l'intérieur des groupes identifiés au préalable, ce paramètre étant beaucoup trop variable.

Les méthodes « MZ+ » et surtout « PCA » semblent nettement plus appropriées pour délimiter des groupes et ainsi distinguer les individus. En partant du principe que ce sont à peu près toujours les mêmes mâles en croule dans une région comme celle de notre étude pendant une même saison de reproduction, le nombre estimé d'individus sur la saison devrait être à peu près toujours le même. Cette stabilité des estimations, au cours d'une même saison de reproduction, obtenues par les méthodes « MZ+ » et « PCA », nous semble effectivement remarquable (*tabl. 2*), tout comme la bonne concordance sur les trois ans, bien que les enregistrements aient été réalisés sur un seul site en 2013 et en quatre les deux années

Fr. Estoppey

Le point d'écoute du Vieux Chalet (VxC). Ormont-Dessous VD, juillet 2020.

suivantes. Si les estimations pour 2014 et 2015 ne sont pas significativement plus élevées que pour 2013, c'est selon nous parce que tous les individus ou presque ont survolé des régions assez grandes pour passer régulièrement au-dessus des quatre points d'écoute pendant leur croule. Cela correspondrait à notre expérience du terrain. Après avoir survolé le point « Mar » en particulier, les oiseaux restaient souvent visibles contre le ciel encore relativement clair du crépuscule jusqu'à ce qu'ils se trouvent au moins dans les environs des points VxC et QdP. Cela tend de plus à démontrer que les régions survolées pendant la croule de plusieurs mâles se chevauchent clairement et qu'il n'y a donc pas de territoire chez la Bécasse des bois. Hirons (1980) l'avait déjà montré sur la base de sept oiseaux équipés d'émetteurs. Nous supposons de plus qu'il y avait 5 à 6 mâles en parade active dans la région étudiée durant les trois ans. Notons que les recensements simultanés effectués par plusieurs observateurs en 2014 et 2015 dans la zone d'étude estiment les effectifs à 5 ou 6 mâles en croule, rejoignant ainsi les valeurs trouvées par MZ+ et PCA. Cette concordance ouvre les perspectives d'une méthode relativement légère à appliquer sur le terrain.

Le problème fondamental, et à ce jour non résolu, concernant les analyses acoustiques visant la discrimination individuelle des Bécasses des bois, est la stabilité de leur chant au cours du temps. Deux conditions doivent en principe être remplies pour que les analyses acoustiques visant à différencier les individus et à estimer le nombre de mâles en parade puissent être utilisées (Terry *et al*. 2005) :

a) la variabilité intra-individuelle du chant est plus faible que la variabilité inter-individuelle ;
b) le chant de chaque individu varie suffisamment peu au cours du temps pour que le nombre de strophes nécessaire puisse être enregistré dans les conditions extérieures requises.

Les résultats des DFA conduites par Ferrand (1987), Mulhauser & Zimmermann (2010) et Hoodless *et al*. (2008) laissent supposer que la première condition est effectivement largement remplie. Nos résultats montrent toutefois qu'il existe des individus dont les strophes émises pendant un même vol peuvent être très variables. Le problème est que nous ne savons pas si cela concerne toujours les mêmes individus au cours de la même saison et si la variabilité chez les autres est plus faible, ou si tous les individus peuvent de temps à autre montrer cette grande variabilité. On ne connait pas non plus la cause de cette variabilité.

On ignore tout de la deuxième condition selon Terry *et al*. (2005), et donc si elle est remplie. Personne n'a jamais enregistré ni analysé de strophes d'un grand nombre de mâles en croule identifiables avec certitude, par exemple par télémétrie, sur une suffisamment longue période.

Conclusion

À ce jour, la pertinence d'estimer l'abondance des mâles de Bécasses des bois en se basant sur les analyses des strophes émises pendant la croule n'est toujours pas confirmée. Nous pensons que cette méthode recèle un certain potentiel, mais qu'actuellement trop de questions restent ouvertes pour pouvoir l'utiliser dans le cadre de programmes de monitoring. Seule une étude permettant une reconnaissance individuelle des chanteurs (par exemple par télémétrie) permettra d'estimer la pertinence de la méthode bioacoustique pour évaluer le nombres de mâles fréquentant une place de croule.

Remerciements

Nous remercions Norbert Jordan, Laurent Strehler, Thomas Sattler et Frédéric Turin de leur collaboration pour la prise de son dans le terrain, *Nos Oiseaux* pour son soutien financier et Sandrine Seidel pour la traduction de cet article originalement rédigé en allemand.

Résumé **Analyse des émissions vocales de la Bécasse des bois *Scolopax rusticola* et estimation du nombre de mâles en croule : un test pratique** Les résultats de plusieurs études antérieures suggèrent que l'analyse des différences individuelles dans les chants des Bécasse des bois en croule peut être utilisée pour distinguer les individus, et donc estimer le nombre de mâles. Afin de tester cette approche dans la pratique et la comparer aux méthodes d'autres auteurs, nous avons enregistré les chants des mâles dans une zone d'environ 100 ha dans les Préalpes vaudoises entre 2013 et 2015, nous les avons analysés et nous avons essayé d'estimer le nombre d'individus. La mesure des strophes individuelles dans des sonagrammes et l'analyse des valeurs qui en résultent avec la PCA (*principal component analysis*) ont donné des résultats cohérents sur les trois années. La méthode est

donc potentiellement adaptée pour estimer le nombre des mâles en croule. Toutefois, avant de pouvoir l'utiliser dans le cadre d'un programme de monitoring, il faut d'abord examiner si les caractéristiques des chants des différents oiseaux restent suffisamment stables dans le temps.

Zusammenfassung **Stimmanalysen zur Schätzung der Anzahl balzender Waldschnepfen-Männchen *Scolopax rusticola*: Ein Praxistest** Die Resultate einiger bisheriger Studien legen nahe, dass die Analyse individueller Unterschiede in den Gesängen balzender Waldschnepfen-Männchen deren Unterscheidung und damit eine Schätzung der Anzahl Männchen ermöglicht. Um diesen methodischen Ansatz einem Praxistest zu unterziehen, haben wir in den Jahren 2013 bis 2015 in den Waadtländer Voralpen in einem ca. 100 ha grossen Gebiet die Gesänge balzender Waldschnepfen-Männchen aufgenommen, sie analysiert und versucht, damit die Anzahl der Männchen zu schätzen. Die Vermessung der einzelnen Gesangs-Strophen im Sonagramm sowie die Analyse der damit erzeugten Zahlen mit PCA ergab konsistente Resultate über alle drei Jahre. Die Methode ist damit potenziell für die Schätzung der Anzahl balzender Männchen geeignet. Bevor sie jedoch im Rahmen eines Monitoringprogramms eingesetzt werden kann, muss eingehend geprüft werden, ob die Charakteristik der Gesänge einzelner Vögel über die Zeit ausreichend stabil bleibt.

Summary **Voice analyses for estimating the number of roding European Woodcock *Scolopax rusticola* males: a field test** The results of some previous studies suggest that the analysis of individual differences in the songs of roding European Woodcock males can be used to discriminate between the birds and thus to estimate the number of roding males. To test this methodological approach in the field, we recorded the songs of males in an area of about 100 ha in the Alps of western Switzerland (Canton Vaud) between 2013 and 2015, analysed them and tried to estimate the number of males. The measurement of individual characteristics in the spectrograms and the analysis of the resulting numbers with principal component analysis (PCA) gave consistent results over all three years. The method seems to be potentially suitable for estimating the number of roding males. However, before it can be used as part of a monitoring programme, further investigation is necessary to find out whether the characteristics of the songs of individual birds remain sufficiently stable over time.

Bibliographie

Ferrand, Y. (1987): Reconnaissance acoustique individuelle de la bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) à la croule. *Gibier Faune Sauvage* 4: 241-254.

Hirons, G. (1980): The significance of roding by Woodcock *Scolopax rusticola*: an alternative explanation based on observations of marked birds. *Ibis* 122: 350–354.

Hirons, G. (1983): A five-year study of the breeding behaviour and biology of the woodcock in England - A first report. *In*: H. Kalchreuter (ed.): *Proceedings of the second European woodcock and snipe workshop, Fordingbridge, England, 30th March - 1st April 1982*. International Waterfowl Research Bureau (IWRB), Slimbridge, England: 51-67.

Hoodless, A. N., J. G. Inglis, J.-P. Doucet & N. J. Aebischer (2008): Vocal individuality in the roding calls of Woodcock *Scolopax rusticola* and their use to validate a survey method. *Ibis* 150: 80-89.

Mulhauser, B. & J. L. Zimmermann (2010): Individuelle Erkennung und Bestandserfassung bei der Waldschnepfe *Scolopax rusticola* anhand von Gesangsmerkmalen balzender Männchen. *Ornithol. Beob*. 107: 39-50.

Nemetschek, G. (1977): Beobachtungen zur Flugbalz der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*). *J. Ornithol*. 118: 68-86.

R Development Core Team (2018): R: A Language and Environment for Statistical Computing. URL http://www.R-project.org/.

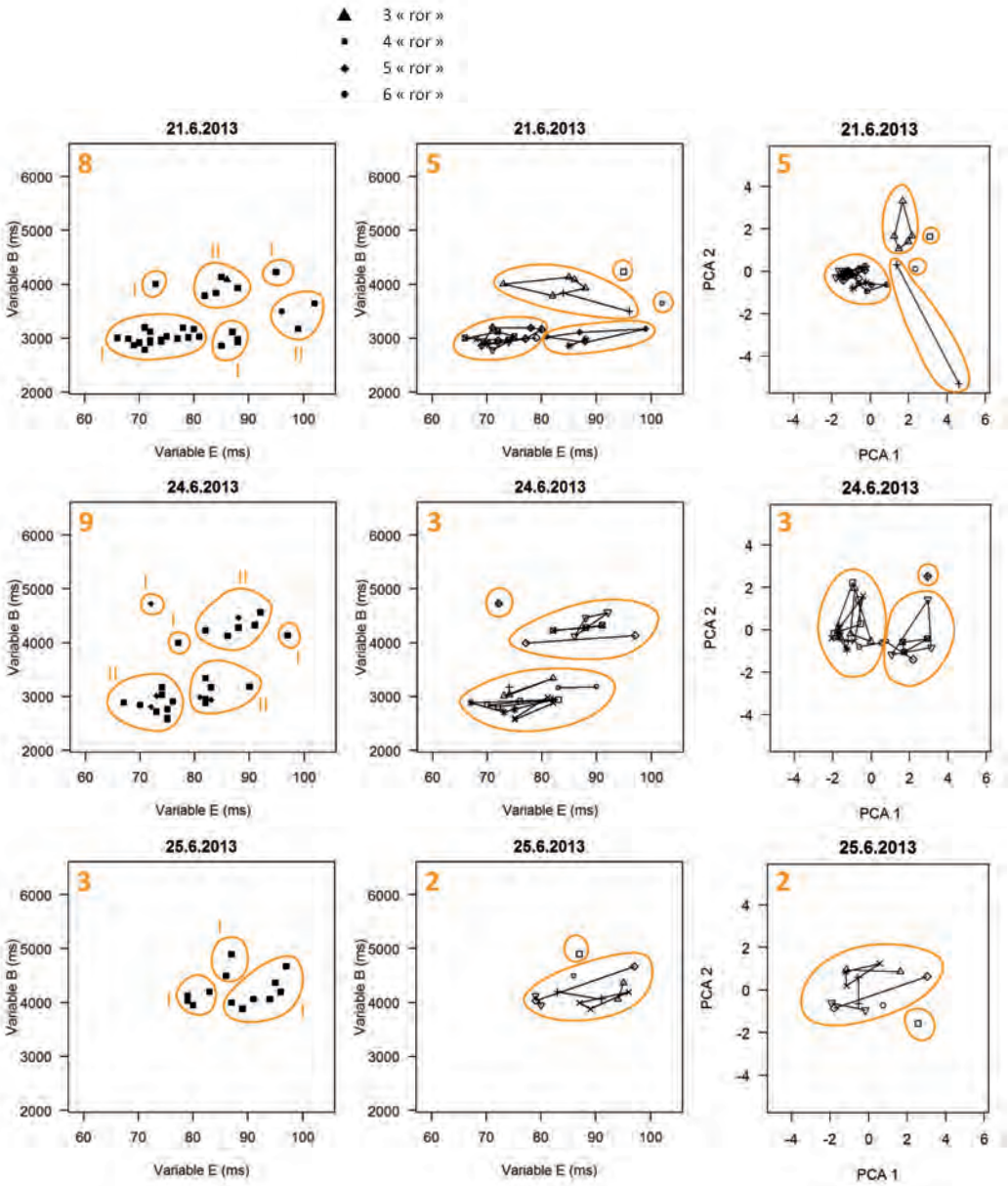
Terry, A. M. R., T. M. Peake & P. K. McGregor (2005): The role of vocal individuality in conservation. *Frontiers in Zoology 2*:10. https://doi.org/10.1186/1742-9994-2-10.

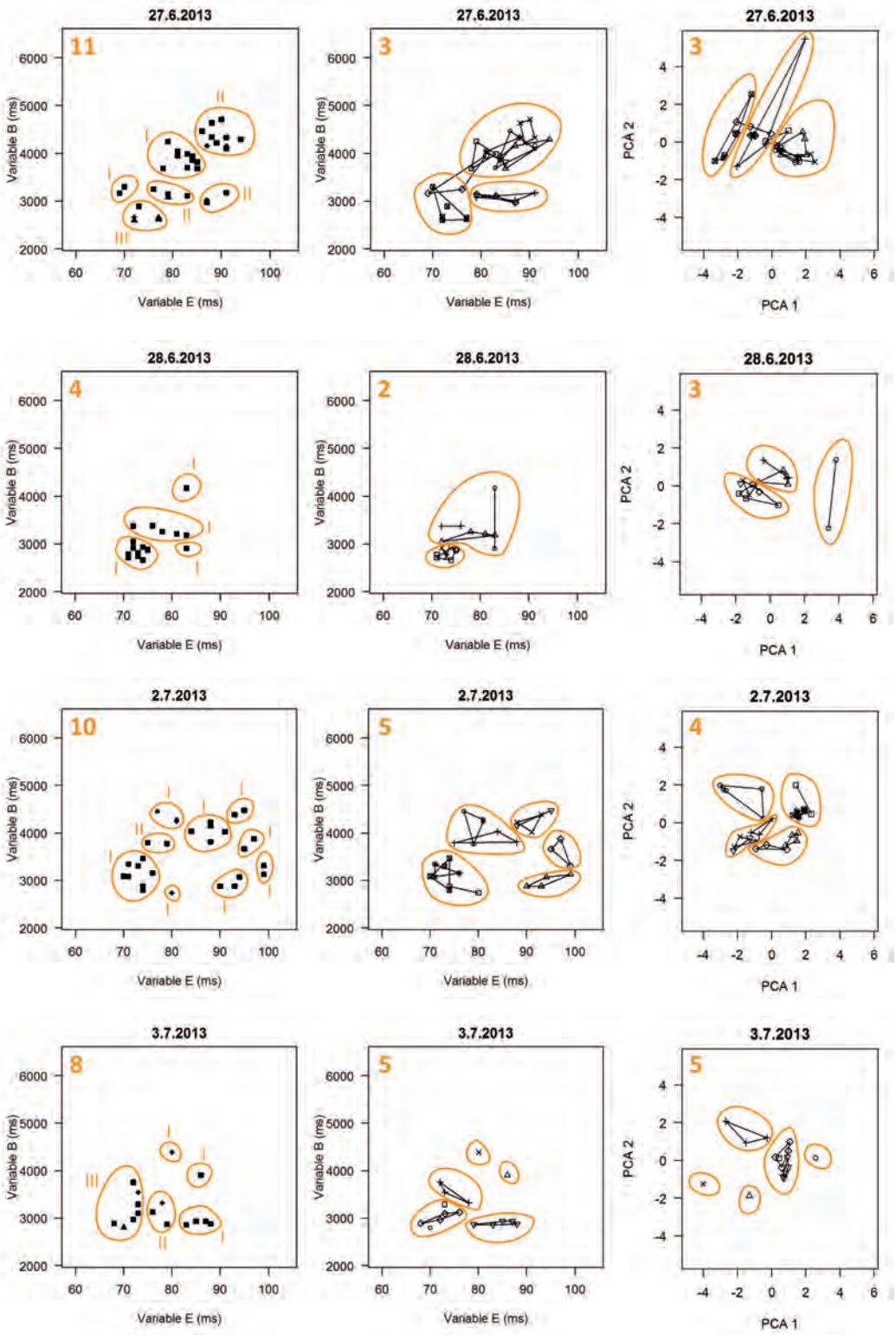
Pierre Mollet, Station ornithologique suisse, Seerose 1, CH–6204 Sempach, pierre.mollet@vogelwarte.ch
François Estoppey, Ch. du Tour de la Golette 36, CH–1866 La Forclaz, franest@bluewin.ch
Pius Korner, Station ornithologique suisse, Seerose 1, CH–6204 Sempach, pius.korner@vogelwarte.ch
Michael Lanz, Station ornithologique suisse, Seerose 1, CH–6204 Sempach, michael.lanz@vogelwarte.ch

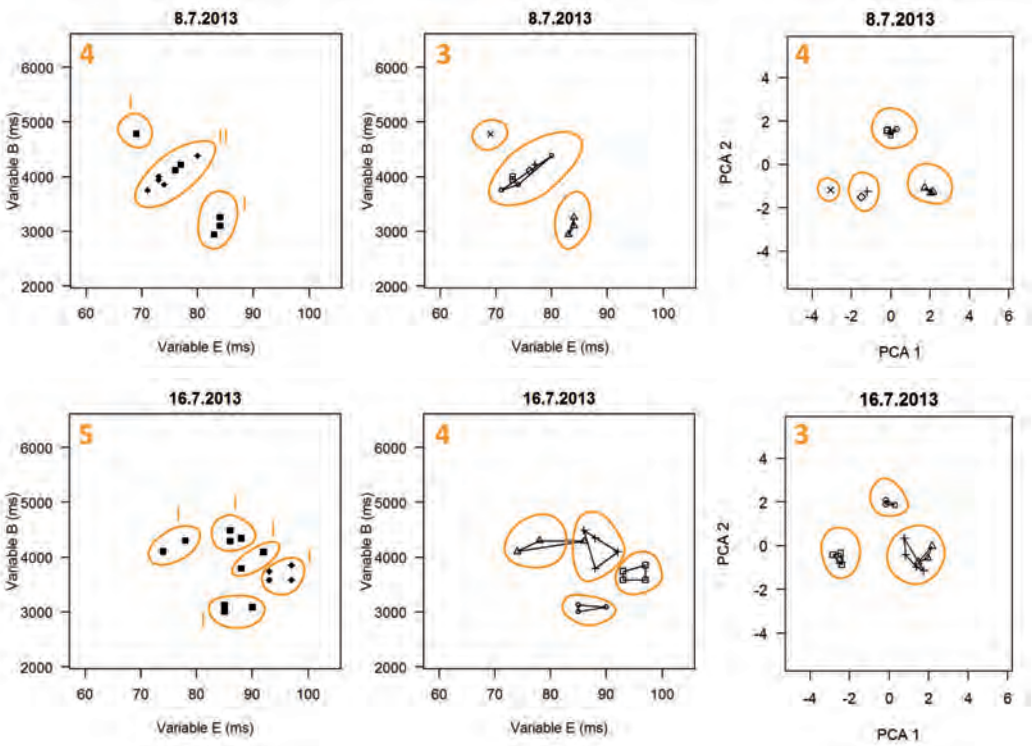
Annexe I

Résultats de l'ensemble des prises de son en 2013, toutes effectuées au point « Mar ».

- Pour chaque ligne, à gauche, représentation des variables B, E et A (sous forme de symbole). Au milieu, tous les points issus d'un même survol reliés par une ligne. À droite, les mêmes données, représentées en fonction des deux axes principaux d'une analyse en composantes principales (PCA).
- Dans la colonne de gauche, en chiffres romains (I à III), nombre d'individus dans le groupe en fonction du paramètre A (nombre de « *ror* »).
- Pour toutes les cases, estimation du nombre d'individus, en haut à gauche
- Pour la colonne de gauche, la variable A est représentée par les symboles suivants :




27.6.2013
11
3
3
28.6.2013
4
2
3
2.7.2013
10
5
4
3.7.2013
8
5
5
Variable B (ms)
Variable E (ms)
PCA 1
PCA 2

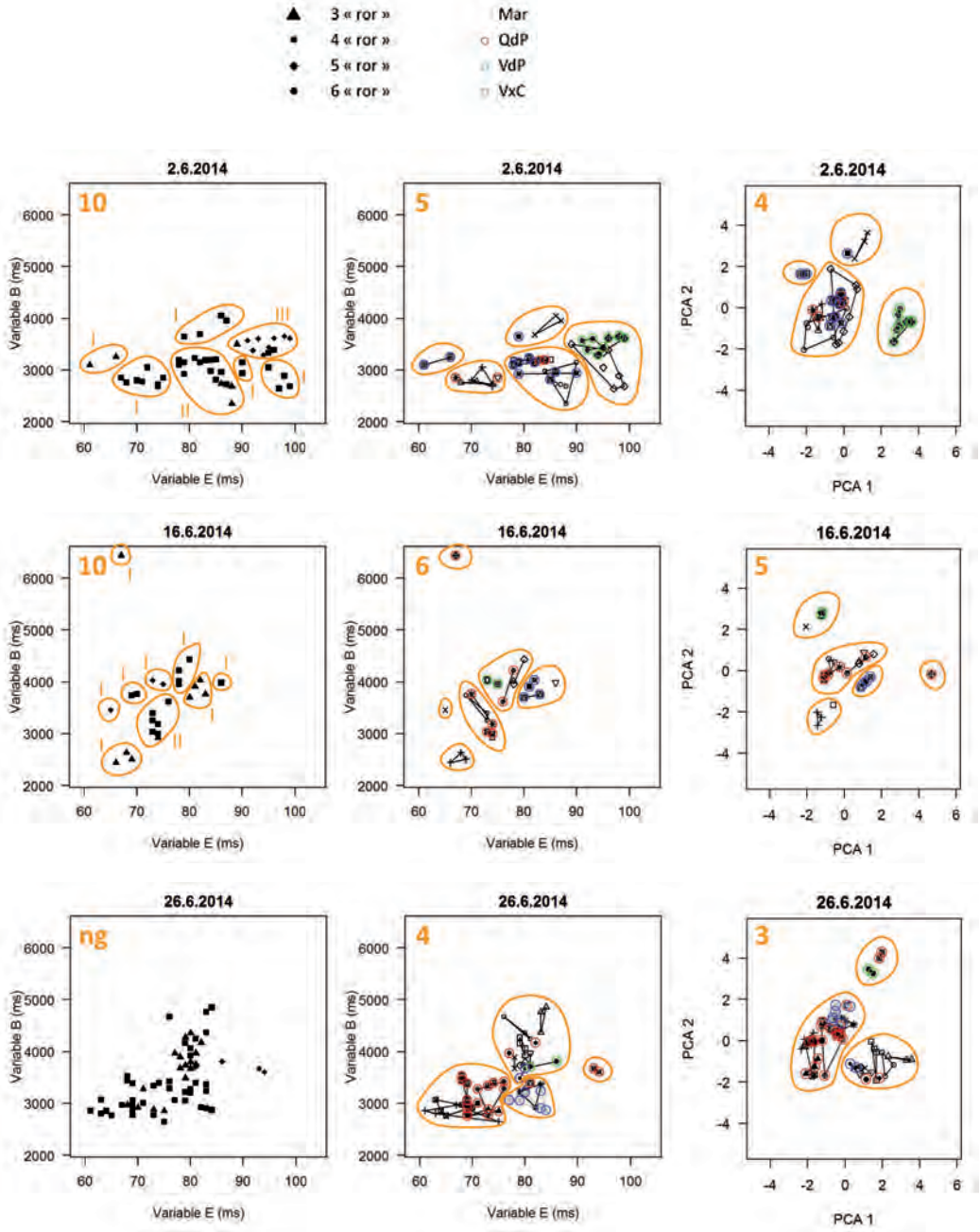


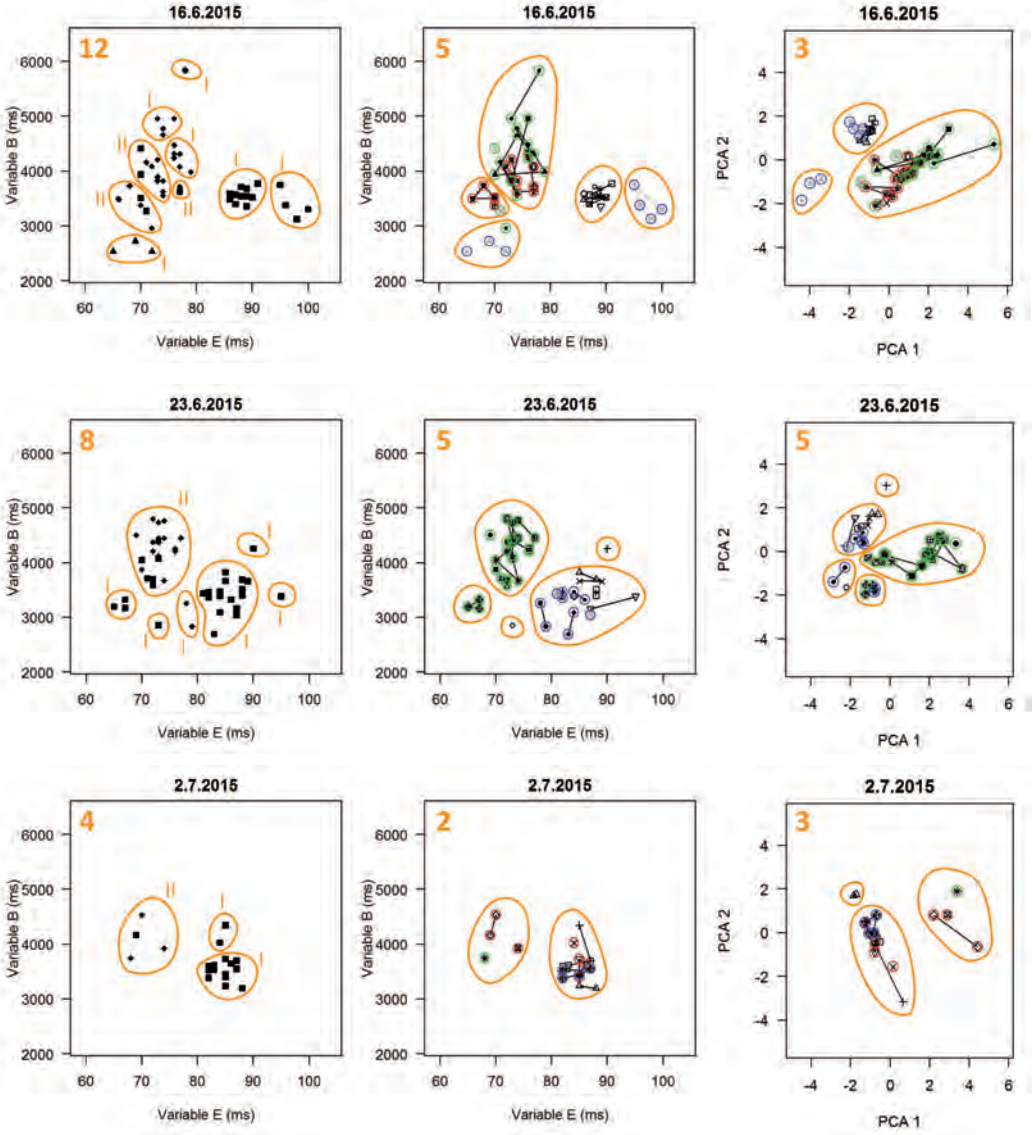
Fr. Estoppey

Zone d'étude vue d'avion en direction du sud avec les quatre points d'écoute. Ormont-Dessous VD, été 1999.

Annexe II

Résultats de l'ensemble des prises de son en 2014 et 2015, sur les quatre points d'écoute.
- Représentations identiques à l'annexe I.
- Strophes d'un même point d'écoute représentées dans la même couleur.
- Variable A (à gauche) & couleurs des points d'écoute:




16.6.2015
12
5
3
23.6.2015
8
5
5
2.7.2015
4
2
3
Variable B (ms)
Variable E (ms)
PCA 1
PCA 2