



HAL
open science

Une étude inédite de métabarcoding pour étudier le régime alimentaire de l'apron

Gaït Archambaud-suard, Emmanuel Corse, Emese Megléczy, Rémi Chappaz,
Vincent Dubut

► To cite this version:

Gaït Archambaud-suard, Emmanuel Corse, Emese Megléczy, Rémi Chappaz, Vincent Dubut. Une étude inédite de métabarcoding pour étudier le régime alimentaire de l'apron. Sciences Eaux & Territoires, 2019, (Cahier spécial IV), pp.12-19. 10.14758/set-revue.2019.cs4.03 . hal-02462400

HAL Id: hal-02462400

<https://hal.science/hal-02462400v1>

Submitted on 31 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Une étude inédite de métabarcoding pour étudier le régime alimentaire de l'apron

Pour guider les actions de gestion et de conservation d'une espèce menacée, il est indispensable d'acquérir des connaissances sur son écologie, et en particulier sur son régime et son comportement alimentaires. Dans le cadre du Plan national d'actions en faveur de l'apron du Rhône, des scientifiques d'Irstea et Aix-Marseille Université ont identifié certains paramètres clés pour améliorer ou restaurer la capacité d'accueil du milieu sur le plan de la disponibilité des ressources trophiques. Ils ont pour cela mobilisé une approche très innovante qui associe d'une part le métabarcoding pour déterminer et quantifier le régime alimentaire de l'apron, et d'autre part un échantillonnage intensif des macroinvertébrés aquatiques benthiques de quatre rivières.



Les études de régime alimentaire sont essentielles pour comprendre les interactions entre espèces ainsi que la structure et la dynamique des réseaux trophiques (Nielsen *et al.*, 2018). Elles ont été employées pour répondre à un large spectre de questions en écologie et en conservation, comme les interactions prédateurs/proies et l'utilisation de l'habitat (Corse *et al.*, 2010 ; Sánchez-Hernández, 2014), la répartition des niches trophiques entre espèces (Kartzinel *et al.*, 2015 ; Arrizabalaga-Escudero *et al.*, 2018), ou la détermination des exigences en termes d'habitat trophique pour guider la conservation des espèces (Quéméré *et al.*, 2013), leur gestion (Chivers *et al.*, 2013) et la restauration de leur habitat (Motte et Libois, 2002).

L'étude présentée ici, menée dans le cadre de l'action n° 8 du Plan national d'actions (PNA) en faveur de l'apron, intitulée « Régime alimentaire et utilisation des habitats », visait à élargir les connaissances écologiques

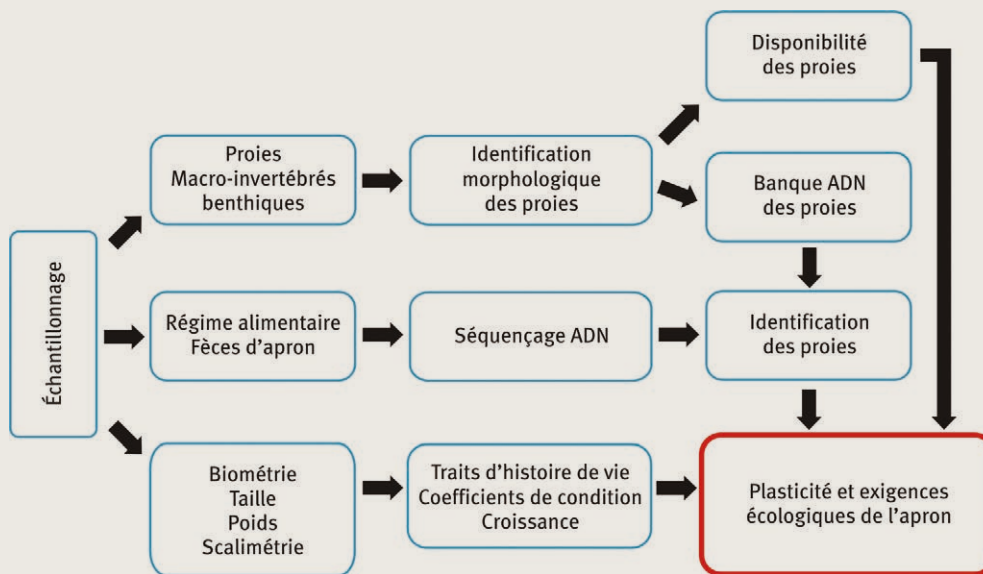
concernant l'apron, et à identifier certains facteurs pouvant limiter la démographie de ses populations.

L'action 8 avait plusieurs objectifs :

- définir la plasticité trophique de l'apron (ex. : ensemble des proies ingérées, variation temporelle et spatiale des proies) ;
- déterminer les proies et les habitats d'alimentation privilégiés de l'apron ;
- déterminer l'état de spécialisation trophique des populations d'aprons ;
- évaluer l'impact des facteurs affectant les communautés de proies qui ont un effet sur le comportement alimentaire de l'apron (ex. : diversité des habitats, colmatage du substrat...).

Les résultats attendus pour l'action 8, en définissant les exigences trophiques de l'apron en termes de proies et d'habitats, se voulaient un premier pas vers un outil d'aide à la gestion des populations d'aprons.

❶ Les différentes étapes de l'étude du régime alimentaire de l'apron.



Ces dernières années, de nouvelles approches basées sur l'analyse de l'ADN ont été développées pour améliorer l'analyse du régime alimentaire (Pompanon *et al.*, 2012). Ces nouvelles approches font appel aux techniques de séquençage haut-débit de l'ADN des proies contenues dans les fèces ou les contenus stomacaux, et sont regroupées sous le terme de métabarcoding (Taberlet *et al.* 2012). C'est ce type d'approche qui a été privilégié afin de répondre aux objectifs de l'action 8 du PNA apron.

(figure ❷). Trois stations ont été échantillonnées à deux saisons (codées A et B) lors des années 2014 et 2015. La station du Verdon n'a pu être échantillonnée qu'en 2015 lors de trois campagnes.

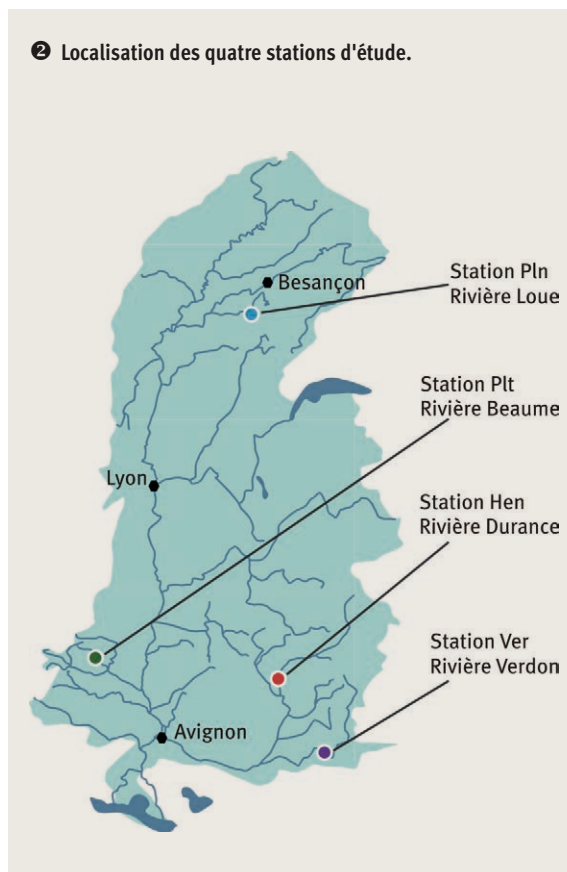
Acquisition des données : où, quand et comment s'y prendre ?

Trois types de données complémentaires ont été récoltés : données sur la disponibilité des proies potentielles (les macroinvertébrés aquatiques, proies principales de l'apron ; Cavalli *et al.*, 2003) dans le milieu, données sur les proies ingérées par l'apron et données sur certains traits d'histoire de vie de l'apron. La figure ❶ résume les différentes étapes réalisées après l'échantillonnage de ces trois types de données.

Une étude à l'échelle de l'aire de répartition de l'apron

Cette action a inclus au moins une station pour l'ensemble des bassins ou sous-bassins versants dans lesquels l'apron est aujourd'hui présent : le bassin de la Durance, le sous-bassin du Verdon, le bassin de l'Ardeche (rivière Beaume) et le sous-bassin de la Loue. Afin d'acquérir un jeu de données conséquent dans la même période d'étude, pour chacun de ces bassin versants nous avons défini quatre stations de 600 m à 1 300 m de linéaire. Ce sont les stations situées à Port-Lesney (Pln) sur la Loue (Jura), au lieu-dit Les Platanes (Plt) sur la Beaume (Ardèche), au lieu-dit Les Henris (Hen) sur la Durance (Hautes-Alpes) et à l'amont du lieu-dit L'Estellier (Ver) sur le Verdon (Alpes de Haute-Provence et Var)

❷ Localisation des quatre stations d'étude.



3 Capture des aprons, biométrie et prélèvement des fèces (photos : G. Archambaud-Suard – Irstea-Aix Marseille Université).

a. Pêche électrique.



b. Stabulation des aprons capturés.



c. Apron capturé.



d. Biométrie-pesée.



e. Prélèvement de fèces.



f. Stockage de fèces.



Capture des aprons, biométrie et échantillonnage des fèces

Dans la Durance, la capture des aprons a été réalisée le jour par pêche électrique dans des zones de courant (figure 3 a).

Pour les trois autres sites, la capture des aprons a été effectuée durant la nuit entre 2 h et 6 h du matin. Le repérage des aprons se fait alors à pied à l'aide d'une lampe frontale et leur capture est réalisée grâce à un matériel électrique à batterie (Chappaz et Dubut, 2018). Une fois capturés, les aprons sont mis en stabulation dans un vivier (caisse plastique ajourée ; figure 3 b) jusqu'au moment des mesures biométriques et des prélèvements biologiques. Pour chaque apron ont été réalisés (figure 3 c-d-e) : une mesure de la longueur à la fourche, une mesure du poids, un prélèvement d'écaillés, et un prélèvement des excréments par massage abdominal. Les excréments collectés ont été immédiatement stockés dans un tube de 1,5 ml contenant de l'éthanol à 96 % (figure 3 f). Les aprons ont ensuite été relâchés dans la rivière en quatre à cinq points sur le linéaire de pêche.

Une phase pilote a été nécessaire afin d'identifier à quelle période du cycle nyctéméral les fèces pouvaient être récupérées avec le plus de succès. En pêchant l'apron de nuit ou tôt dans la journée, selon la température de l'eau, la période optimale d'échantillonnage des excréments se situe entre 9h et 14h, avec un maximum autour de midi.

Échantillonnage des invertébrés et caractérisation des habitats

Afin d'évaluer la disponibilité des proies pour l'apron en termes de qualité (nature des proies), diversité, abondance, localisation et distribution dans les habitats, un échantillonnage de terrain conséquent de macroinvertébrés (61 à 90 points de prélèvements par campagne) a été réalisé au filet de type surber, d'une surface unitaire de 0,05 m² et de taille de maille de 250 µm (figure 4 a). L'échantillonnage a été accompli de l'aval vers l'amont de la station, en progressant par transect d'une rive à l'autre, avec un nombre variable de points de prélèvements par transect selon la largeur du lit mouillé (de un à sept points par transect). Les échantillons d'invertébrés ont été effectués de façon à être représentatifs des faciès et des habitats de la station. Il faut cependant noter que les habitats associés à une hauteur d'eau supérieure à 65 cm et ceux associés à une vitesse de courant supérieure à 2 m.s⁻¹ n'ont pas pu être échantillonnés.

Pour caractériser physiquement les habitats, plusieurs paramètres ont été décrits ou mesurés comme la localisation dans les faciès, la granulométrie des substrats, le niveau de colmatage, la présence de végétation aquatique et de biofilm, la hauteur d'eau, les vitesses du courant (figure 4 b)... Ces mesures comprennent notamment dix-sept variables quantitatives utilisées pour la mise en relation des habitats, des communautés d'invertébrés et du régime alimentaire de l'apron.

Par la suite au laboratoire, les invertébrés aquatiques conservés dans l'éthanol à 90°, après un passage sur une colonne de tamis, dont la dernière possède un vide de maille de 0,5 mm, ont tous été identifiés et comptés. L'identification des invertébrés a été menée avec la

même résolution taxonomique pour l'ensemble des stations. Les abondances (ou effectifs bruts) des invertébrés sont ensuite ramenées à une unité de surface pour être exprimées en densités (nombre d'individus par m²).

Analyse des fèces par métabarcoding

Nous avons développé une approche originale dite de métabarcoding afin d'identifier les proies ingérées par les aprons sur la base d'analyses de l'ADN contenu dans leurs fèces (voir Corse *et al.*, 2017a). Cette approche, non destructrice pour l'apron, nous a permis d'obtenir une identification taxonomique très fine des proies (le plus souvent à l'espèce). Le protocole moléculaire et le traitement bioinformatique des données ont nécessité une importante phase de développement ainsi que la construction d'une banque ADN de référence pour les proies potentielles de l'apron (Corse *et al.*, 2017a). Cette banque inclut les données disponibles dans la base de données publiques (GenBank et BOLD), mais aussi des séquences obtenues à partir d'invertébrés récoltés sur le terrain et identifiés selon leur morphologie au laboratoire. Une fois la méthodologie mise au point, les fèces récoltées sur le terrain durant les années 2014 et 2015 ont pu être analysées. Les résultats de ces analyses sont présentés ci-après.

Bilan des données

Le bilan global des données obtenues pour l'ensemble des stations est assez conséquent : 909 aprons capturés, mesurés et pesés, 513 excréments collectés, et 1 353 échantillons d'invertébrés réalisés. Une moyenne de 30 excréments a été prélevée à chaque campagne et pour chacune des stations (tableau 1).

Quelles sont les proies potentiellement disponibles pour l'apron ?

Les communautés de macroinvertébrés récoltées sur les stations étudiées sont constituées en majorité de larves d'insectes, de Crustacés, de Mollusques et de « vers » (sangues, planaires) de taille supérieure à 0,5 mm. Les caractéristiques des communautés d'invertébrés des stations sont résumées dans le tableau 2. La richesse taxonomique correspond au nombre de taxons¹ différents : un total de 78 taxons a été identifié à partir des 292 628 invertébrés récoltés sur les 1 353 points d'échantillonnage.

1. Le terme taxon désigne un groupe d'êtres vivants qui ont des caractéristiques communes. Ce terme peut désigner une espèce, un genre, une famille ou un autre niveau de classification.

4 Échantillonnage des invertébrés et caractérisation des habitats (photos : V. Dubut - Aix Marseille Université-Irstea).

a. Prélèvements d'invertébrés au filet surber.



b. Mesure de vitesse du courant et description de l'habitat.



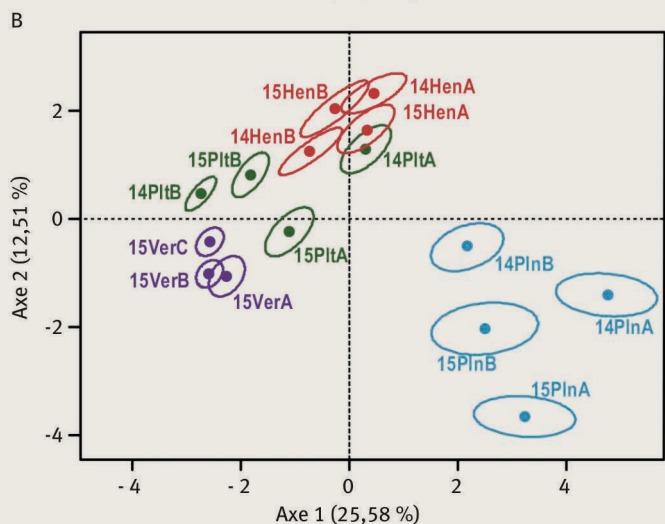
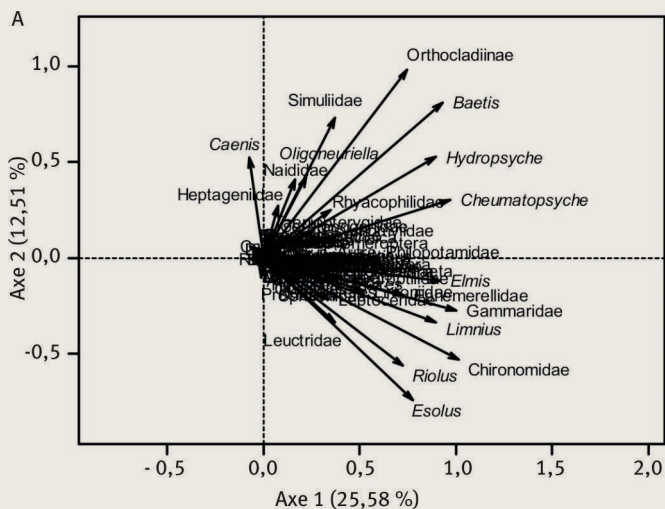
1 Bilan des nombres d'aprons, de fèces et d'échantillons d'invertébrés de 2014 à 2015.

Stations et tronçons	Nombre d'aprons (fèces)	Échantillon d'invertébrés
Durance Les Henris (Hen) - 4 campagnes	227 (126)	390
Verdon Estellier (Ver) - 3 campagnes	228 (76)	241
Beaume Les Platanes (Plt) - 4 campagnes	201 (126)	360
Loue Port Lesney (Pln) - 4 campagnes	253 (185)	362
Total des échantillons	909 (513)	1 353

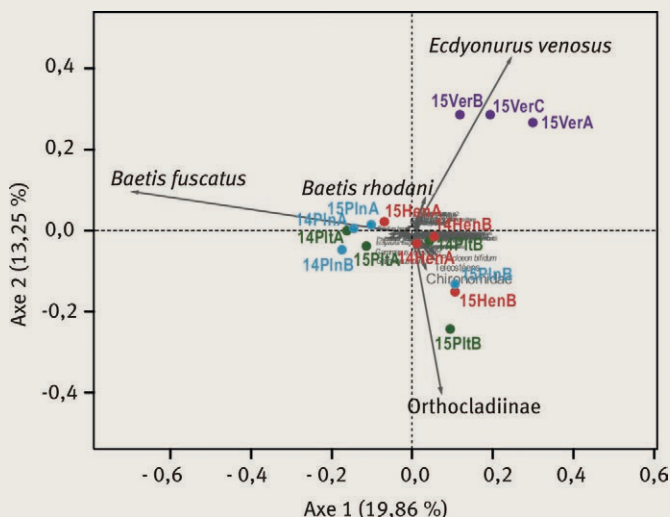
2 Bilan des richesses, effectifs bruts, nombre d'échantillons, densités des proies potentielles et taxons dominants dans chaque station.

Stations	Richesse taxonomique	Effectifs bruts	Nombre d'échantillons	Densités (individus/m ²)	Invertébrés dominants (> 10 % densité totale)
Durance Les Henris (Hen)	61	74 896	390	4 161	Orthocladiinae, <i>Baetis</i> , Oligoneuriella
Verdon Estellier (Ver)	55	15 652	241	1 299	Leuctridae, Heptageniidae
Beaume Les Platanes (Plt)	69	71 636	360	3 980	Orthocladiinae, <i>Caenis</i> , Chironomidae
Loue Port Lesney (Pln)	71	130 444	362	7 207	Chironomidae, Orthocladiinae
Total	78	292 628	1 353		

5 Analyse en composantes principales des abondances de macroinvertébrés. En A) sont figurés les vecteurs associés aux différents taxa identifiés. En B) sont indiqués la distribution des barycentres des points d'échantillonnage de chaque campagne.



6 Analyse en composantes principales des données du régime alimentaire de l'apron.



Les résultats montrent que la station Port-Lesney est la plus dense en invertébrés (plus de 7 200 individus/m²), tandis que les stations Les Henris et Les Platanes sont du même ordre de grandeur (densité en moyenne inférieure à 4 000 individus/m²). La station du Verdon détient les valeurs minimales de densités (1 300 individus/m²) et de richesse taxonomique ; cette station est en effet peu productive car située dans le milieu très contraint des Grandes Gorges du Verdon.

Les données d'abondance des différents taxons ont été analysées à l'aide d'une Analyse en Composantes Principales (figure 5). Cette analyse des communautés d'invertébrés a pour objectif de caractériser les variations spatiales (entre stations) et temporelles (inter-campagnes). Elle permet de différencier la station de Port-Lesney sur la base des Diptères Chironomidae et des Coléoptères (notamment les genres *Elmis*, *Limnius*, *Riolus* et *Esolus*). La station du Verdon se différencie de la station des Henris (Durance) par une plus faible abondance de taxons plutôt rhéophiles comme les Diptères Orthocladiinae et Simuliidae ou le genre *Hydropsyche* (Trichoptères). Par rapport à l'abondance de ces taxons rhéophiles, la station de la Beaume (bassin de l'Ardèche) apparaît comme un intermédiaire entre Les Henris et la station du Verdon.

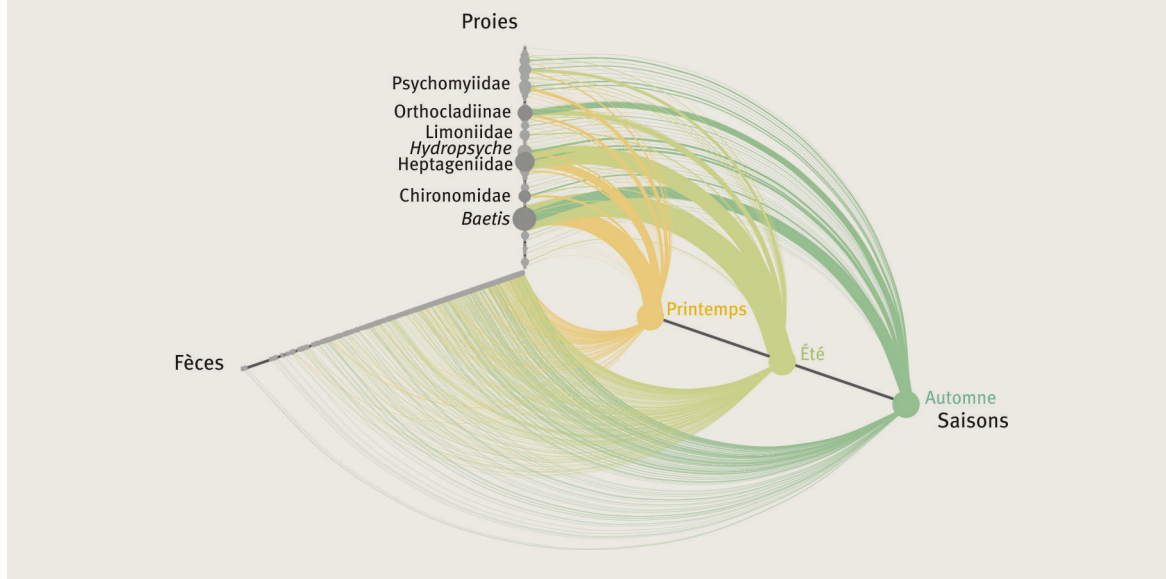
Que mange l'apron ? Entre sélection, contraintes et opportunisme

Les résultats issus de l'analyse par métabarcoding des fèces d'apron ont montré que les larves d'insectes des ordres Ephéméroptères, Diptères et Trichoptères sont les proies les plus abondamment consommées par l'apron à l'échelle du bassin du Rhône (Corse *et al.*, 2017). Une Analyse en Composantes Principales sur les proportions (ACPP; figure 6) de ces données du régime alimentaire obtenues par métabarcoding permet de préciser que parmi les Ephéméroptères, *Baetis fuscatus* (famille des Baetidae) constitue la proie principale de l'apron. Les espèces du genre *Ecdyonurus* (Ephéméroptères de la famille Heptageniidae) et les Diptères de la sous-famille Orthocladiinae constituent des proies secondaires importantes de son régime alimentaire, les autres taxons formant des proies accessoires. Néanmoins, l'exploitation d'*Ecdyonurus* est plus importante dans le Verdon comparativement aux autres stations, et ce taxon constitue dans cette station la proie principale.

Par ailleurs, les analyses de sélection basées sur la comparaison des distributions des macroinvertébrés dans le régime alimentaire d'une part et dans la rivière d'autre part ont permis de montrer que les proies abondamment et fréquemment consommées (*Baetis* et Heptageniidae) sont sélectionnées positivement par l'apron dans toutes les stations. Autrement dit, les aprons en ingèrent relativement plus que ce qu'il y en a dans le milieu. En revanche, certaines proies sont sélectionnées négativement. Bien qu'abondantes, ces proies ne sont quasiment jamais ingérées par l'apron (c'est le cas par exemple des Coléoptères *Riolus* ou *Elmis*) ou sont très peu consommées comparativement à leurs fortes abondances (ex. : les Ephéméroptères *Oligoneuriella* et *Caenis* ; les Trichoptères *Cheumatopsyche*).

En outre, les campagnes les plus tardives (codées « B ») sont moins associées à *Baetis fuscatus*, et les campagnes

7 Réseaux des relations entre régime alimentaire, saison et proies ingérées par l'apron.



d'automne 2015 sont davantage associées à Orthoclaadiinae (figure 6). Ces deux tendances sont observables aussi sur le graphique de la figure 7 qui montre une évolution saisonnière du régime alimentaire de l'apron : la consommation des proies principales (*Baetis* et Heptageniidae) est maximale au printemps (en jaune), elle évolue vers une part plus importante d'Heptageniidae en été (en vert clair), puis vers une diminution de *Baetis* et une forte augmentation des Orthoclaadiinae (proie secondaire) à l'automne (en vert foncé).

On observe ainsi un changement saisonnier, avec une diminution des proies principales et une augmentation des proies secondaires et accessoires. En effet, il y a moins de variation interindividuelle du régime alimentaire au printemps (cf. axe Fèces ; figure 7), période à laquelle les aprons consomment les mêmes types de proies (leurs proies principales et préférentielles ; cf. axe Proies ; figure 7). Puis à partir de l'été on assiste à la fois à un élargissement du spectre des proies, avec davantage de proies accessoires (ex. : Chironomidae, *Hydropsyche* et *Psychomyiidae* ; cf. distribution sur l'axe Proies ; figure 7) et de la variation interindividuelle du régime alimentaire (écartement des points sur l'axe Fèces ; figure 7). À l'automne, le spectre s'élargit encore concernant les proies et la variabilité individuelle du régime alimentaire de l'apron. On assiste ainsi au fil des saisons à une déspecialisation populationnelle du régime alimentaire, les aprons semblant contraints à davantage d'opportunisme (diminution de la consommation de leurs proies principales, augmentation des proies accessoires et augmentation de la variabilité interindividuelle du régime alimentaire). Des analyses complémentaires (Corse *et al.*, 2017b) ont notamment mis en évidence que le régime alimentaire des aprons est fortement déterminé par la diversité et la structure de la communauté de proies (ex. : équitabilité des proies, abondances, hétérogénéité spatiale). Au printemps, on observe une forte densité et diversité des proies disponibles. Les populations d'aprons

sont alors spécialisées (faible variabilité interindividuelle), exploitant abondamment et principalement *Baetis fuscatus*. En automne au contraire, la diversité des proies disponibles est plus faible, la disponibilité de *Baetis* diminue et la communauté présente une plus forte structuration spatiale. Les populations d'aprons sont alors moins spécialisées et il existe une variabilité interindividuelle importante du régime alimentaire. En outre, c'est dans ce contexte d'opportunisme contraint par les modifications saisonnières de la communauté de proies que les coefficients de conditions² les plus faibles ont été mesurés pour l'apron. Cet élément suggère que le régime alimentaire automnal est sub-optimal pour l'apron.

Dans quel type d'habitats l'apron va-t-il chercher ses proies ?

Afin d'évaluer quels sont les types d'habitats exploités par l'apron, nous avons conduit une analyse de co-inertie entre les données de la communauté de macroinvertébrés et les données habitats, dite l'analyse de niche (Dolédec *et al.*, 2000). Cette analyse a pour objectif de caractériser les associations de chaque invertébré avec les différentes variables physiques des habitats.

Quand on considère l'ensemble des stations, la majorité des proies ingérées par l'apron, que ce soient les proies principales, les proies secondaires ou les proies accessoires, se retrouve dans des milieux lotiques plutôt associés à un faible colmatage et à une granulométrie importante (figure 8). Néanmoins, certains invertébrés, qui sont pourtant dans les mêmes habitats que les proies ingérées par l'apron ne sont pas ou peu exploités (bien qu'abondants ; ex. : les Coléoptères, *Caenis*), suggérant que l'apron opère une sélection intra-habitat. Cette

2. Le coefficient de condition se calcule en divisant le poids d'un poisson par sa longueur au cube (P/L³). Ce coefficient révèle l'état physiologique des poissons d'une même espèce.

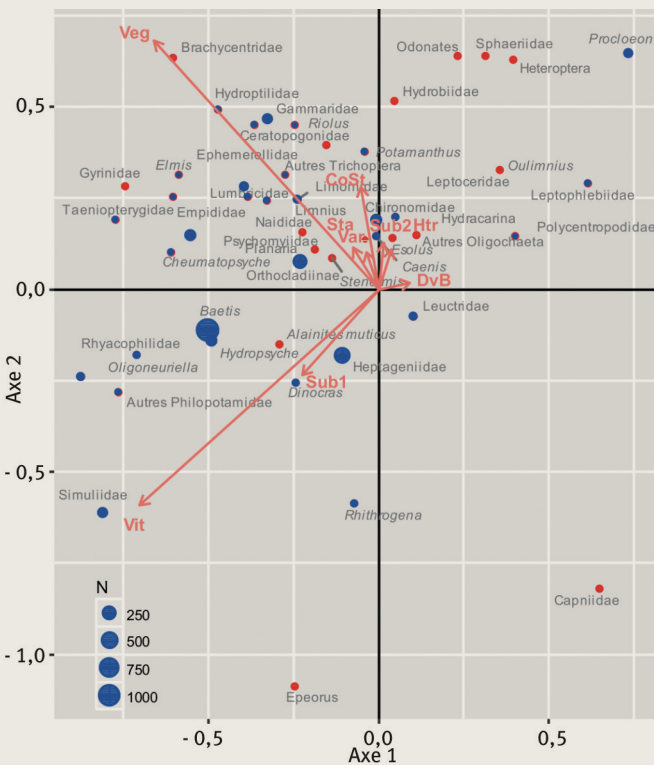
sélection intra-habitat semble être en lien avec les traits d'histoire de vie des macroinvertébrés, car la majorité des proies consommées par l'apron, en plus d'être rhéophiles, sont épibenthiques.

Conclusions et perspectives

Notre approche, associant d'une part le métabarcoding pour déterminer et quantifier le régime alimentaire de l'apron, et d'autre part un échantillonnage intensif des invertébrés dans leurs micro-habitats, a permis d'acquies une connaissance beaucoup plus précise du comportement alimentaire de l'apron du Rhône. Sans être inféodé à un seul type d'habitat, l'apron affectionne davantage les proies rhéophiles, associées à un faible colmatage et une granulométrie grossière. À l'intérieur d'un même habitat, il préférera en outre des proies épibenthiques. Parmi toutes ses proies, les Ephéméroptères de l'espèce *Baetis fuscatus* (famille Baetidae) mais aussi du genre *Ecdyonurus* (famille Heptageniidae) constituent les proies les plus abondamment consommées et les plus fortement sélectionnées par l'apron.

Baetis fuscatus et Heptageniidae constituent ainsi des proies clés du régime alimentaire de l'apron, et ce sur l'ensemble de son aire de répartition actuelle. En outre, une variation saisonnière globale du régime alimentaire de l'apron a pu être mesurée et caractérisée. La structure et la diversité de la communauté des proies sont des paramètres déterminants de cette variation saisonnière, exerçant un contrôle de type « bottom-up » sur le régime alimentaire et le coefficient de condition de l'apron. À ce titre, il apparaît pertinent et important que la disponibilité des ressources trophiques (qui dépend de la qualité des habitats aquatiques) soit une dimension à prendre en compte dans les réflexions concernant les mesures de conservation et de gestion de l'espèce, par exemple pour étudier les possibilités d'élargissement de la distribution géographique de l'apron et notamment pour guider le choix des sites de réintroduction. Par ailleurs, toutes les mesures favorisant l'abondance de ses proies dans la perspective d'améliorer ou restaurer la capacité d'accueil du milieu sont attendues comme profitables pour l'apron. ■

8 Analyse de niche des invertébrés et des proies de l'apron des stations.



Les positions des différents invertébrés sont figurées dans l'espace bidimensionnel créé par l'analyse de niche. En bleu, les macroinvertébrés consommés par l'apron ; la taille des points est corrélée à leur abondance dans le régime alimentaire de l'apron (N). En rouge, les macroinvertébrés non consommés par l'apron. Les vecteurs de chaque variable habitat sont indiqués par des flèches : CoSt = indice de colmatage du substrat ; DvB = développement biologique ; Htr = Hauteur d'eau ; Sta : Stabilité du substrat ; Sub1 = indice granulométrique du substrat et de la sous-couche ; Sub2 = indice de différentiel granulométrique entre le substrat et la sous-couche ; Var = diversité granulométrique du substrat ; Veg = développement végétal ; Vit = vitesse du courant.

Les auteurs

Gaït ARCHAMBAUD-SUARD et Emmanuel CORSE
Irstea, Aix Marseille Université,
UMR RECOVER,
Centre d'Aix-en-Provence,
3275 route de Cézanne CS40061,
F-13182 Aix-en-Provence Cedex 5, France.
✉ gait.archambaud@irstea.fr
✉ emmanuel.corse@irstea.fr

Rémi CHAPPAZ
Aix Marseille Université, Irstea,
UMR RECOVER,
Centre St-Charles, Case 36,
3 Place Victor Hugo,
F-13331 Marseille Cedex 3, France.
✉ remi.chappaz@univ-amu.fr

Emese MEGLÉCZ et Vincent DUBUT
Aix Marseille Université, CNRS, IRD,
Avignon Université, UMR IMBE,
Station marine d'Endoume,
Chemin de la Batterie des Lions,
F-13007 Marseille, France.
✉ emese.meglecz@imbe.fr
✉ vincent.dubut@imbe.fr

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les nombreux partenaires du PNA apron, ainsi que les nombreux collègues ayant participé aux campagnes de terrain et à l'acquisition des données. Ce travail a été financé par Electricité de France, l'Agence française pour la biodiversité, le Syndicat mixte d'aménagement du Val Durance, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, le Parc naturel régional du Verdon et les conseils régionaux de Bourgogne-Franche-Comté, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

EN SAVOIR PLUS...

- CAVALLI, L., PECH, N., CHAPPAZ, R., 2003, Diet and growth of the endangered Zingel asper in the Durance River, *Journal of Fish Biology*, n°63, p. 460-471.
- CORSE, E., MEGLÉCZ, E., ARCHAMBAUD, G., ARDISSON, M., MARTIN, J.-F., TOUGARD, C., CHAPPAZ, R., DUBUT, V., 2017a, A from-benchmark-to-desktop workflow for validating HTS data and for taxonomic identification in diet metabarcoding studies, *Molecular Ecology Resources*, n°17, p. 146-159.
- CORSE, E., ARCHAMBAUD-SUARD, G., MÉGLECZ, E., BALMAIN, J.-P., BERTRAND, M., CHAPPAZ, R., DUBUT, V., 2017b, *Étude du comportement alimentaire de l'Apron du Rhône (Zingel asper L.). Secteurs Ardèche, Loue, Durance, Buëch 2014-2015 et Verdon 2015*, Rapport de fin de travaux Aix-Marseille Université/Irstea, 153 p.
- NIELSEN, J.M., CLARE, E.L., HAYDEN, B., BRETT, M.T., KRATINA, P., 2018, Diet tracing in ecology: Method comparison and selection, *Methods, in Ecology and Evolution*, n°9, p. 278-291.
- POMPANON, F., DEAGLE, B.E., SYMONDSON, W.O., BROWN, D.S., JARMAN, S.N., TABERLET, P., 2012, Who is eating what: diet assessment using next generation sequencing, *Molecular Ecology*, n°21, p. 1931-1950.



Pour guider les actions de gestion et de conservation d'une espèce menacée, il est indispensable d'acquérir des connaissances sur son écologie.