



HAL
open science

Réhabilitation de la rivière Drugeon et des zones humides limitrophes: impact sur les oiseaux nicheurs

Dominique Michelat, Thomas Déforêt, Bernard Frochot, Patrick Giraudoux, Francis Raoul, Jean-Noël Resch, Geneviève Magnon, Michel Sauret

► To cite this version:

Dominique Michelat, Thomas Déforêt, Bernard Frochot, Patrick Giraudoux, Francis Raoul, et al.. Réhabilitation de la rivière Drugeon et des zones humides limitrophes: impact sur les oiseaux nicheurs. *Alauda*, 2012, 80 (2), pp.101-116. hal-04649615

HAL Id: hal-04649615

<https://hal.science/hal-04649615v1>

Submitted on 16 Jul 2024

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.

RÉHABILITATION DE LA RIVIÈRE DRUGEON ET DES ZONES HUMIDES LIMITROPHES : IMPACT SUR LES OISEAUX NICHEURS

Dominique MICHELAT⁽¹⁾, Thomas DÉFORÊT⁽²⁾, Bernard FROCHOT⁽³⁾, Patrick GIRAUDOUX⁽⁴⁾, Francis RAOUL⁽⁴⁾, Jean-Noël RESCH⁽⁵⁾, Geneviève MAGNON⁽⁵⁾ & Michel SAURET⁽⁵⁾

Restoration of the Drugeon River and adjacent wetlands (northeastern France): impact on breeding birds. The channelizing of the minor bed of the Drugeon river and the drainage of adjacent marshes were carried out from 1961 to 1973 in the hope of gaining 2000 ha of farmland. Those works led to important damage to the wetlands of the Drugeon basin, a Ramsar site since 2003, under the protection of several national and European laws since 1992. Actually, two hundred hectares only were gained and the stream length was shortened by 30% (8km). This changed the river into a rectilinear channel with subsequent erosion increasing the river bottom depth from some tens of centimetres to two meters, decreasing the fish populations and leading to the extinction of the White-footed Crayfish (*Austropotamobius pallipes*). From 1993 to 1997 the combination of EU directives and national and regional protection laws led to achieve a LIFE programme aiming at restoring 30km of the Drugeon river. This included re-meandering the stream over 20km and filling the drains that have been dug in marshes in order to re-elevate the water table in adjacent areas. The first works begun in 1997 upstream and ended in 2001. Based on the IPA method (IBCC, 1977), the present study aims at comparing the nesting bird community between 1998-1999 (at the very beginning of the works) and 2006-2007 (5 years after the end of the works).

A total of 104 nesting bird species were contacted at least once; 74 in 1998 on 15 IPAs, 80 in 1998, 94 in 2006 and 83 in 2007 on 20 IPAs. Total species richness per IPA was multiplied by 1.3 ten years after the beginning of the works and by 1.9 considering wetland species only (FIG. 2). Remarkably, bird abundance represented by the sum of the IPA scores also increased significantly (FIG. 3). Species number increase was observed all along the river but was neatly larger downstream (FIG. 4). Twelve species show a significant population increase ($p < 0.05$) or possibly an increase ($0.05 < p < 0.1$). The Willow Warbler, the Marsh Warbler, the Coot, the Reed Bunting, the Mallard, the Northern Lapwing and the Little Grebe increased; the Meadow Pipit increased only in the Coot area ($p < 0,05$). The Common Pochard, the Tufted Duck and the Grey Wagtail possibly increased ($0.05 < p < 0,1$). Only the Whinchat showed a trend to decrease ($0.05 < p < 0.1$).

Those results are discussed and compared with other bird censuses achieved along the first 80 kilometres of 5 French rivers (Seine, Saône, Loire, Allier, Loue). A remarkably high diversity of bird species was observed along the Drugeon river. The rehabilitation of the river led to improve the ecological conditions and the population of wetland species. Some of those species showed an increase in the area rehabilitated although they are known to markedly decline at European, French, Swiss and regional scales.

Mots clés: Restauration de rivière, Avifaune aquatique, Évolution du peuplement.

Key words: River restoration, Wetland management, Community succession, Waterbirds.

⁽¹⁾ Impasse des jonquilles, F-25300 Sainte-Colombe (Dominique.Michelat@wanadoo.fr).

⁽²⁾ 2 rue de Belfays, F-70190 Maizières (thomasdeforet@orange.fr).

⁽³⁾ 8 rue Montesquieu, F-21000 Dijon (bernard.frochot@orange.fr).

⁽⁴⁾ Chrono-environnement, UMR UFC/CNRS 6249 usc INRA, Université de Franche-Comté, F-25030 Besançon cedex (patrick.giraudoux@univ-fcomte.fr, francis.raoul@univ-fcomte.fr).

⁽⁵⁾ Communauté de commune Frasne Drugeon, 3 rue de la gare, F-25560 Frasne (jn-resch.cfd@wanadoo.fr - genevieve-magnon.cfd@wanadoo.fr - Sauret.Michel@wanadoo.fr).

INTRODUCTION

Les zones humides sont en régression très importante depuis plus d'un siècle, partout dans le monde (BARBIER, 1993; LEFEUVRE *et al.*, 2000). La France n'échappe pas à ce phénomène et on estime que les deux tiers de la superficie des zones humides originelles françaises ont été détruites depuis le début du XX^{ème} siècle dont la moitié en 30 ans, sur la période 1960-1990 (BERNARD, 1994). Parmi les différents types de zones humides, celles qui occupent les plaines alluviales sont particulièrement menacées. Ce sont des prairies humides ou des marais peu profonds, qui depuis plus d'un siècle sont dégradés ou détruits soit par intervention directe (drainage, mise en culture, constructions...) soit par des interventions sur le lit du cours d'eau voisin. En effet, le fonctionnement naturel de l'hydrosystème par l'intermédiaire de la nappe phréatique et des crues, soumet l'humidité de ces zones au niveau des eaux du cours d'eau dont elles dépendent.

Les rectifications du lit des cours d'eau figurent parmi les atteintes graves et malheureusement nombreuses aux hydrosystèmes (AMOROS *et al.*, 1993; WASSON *et al.* 1998). Leurs inconvénients sont maintenant largement démontrés et connus, aussi bien à l'échelle du fonctionnement général de l'hydrosystème (augmentation de la gravité des crues en aval, reprise d'érosion, perte des capacités épuratrices...) qu'à l'échelle locale (abaissement du niveau de la nappe, assèchement des annexes et zones humides latérales...).

Cette régression des zones humides entraîne bien entendu celle de toute la biodiversité, importante et très spécifique, qu'elles abritent et entretiennent. À ce titre, le statut des oiseaux d'eau s'est davantage détérioré depuis vingt ans que celui des oiseaux des autres milieux (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). À l'échelle régionale, cette régression est cependant souvent masquée par l'arrivée récente d'espèces nouvelles (de retour, ou bien envahissantes), qui profitent de l'augmentation des superficies en eau ou bien de l'eutrophisation générale des milieux (FROCHOT *et al.* 2008; FULLER *et al.*, 2008). Ce sont des espèces appartenant principalement aux Laridés, Ardeidés et Anatidés, qui habitent surtout les plans d'eau libres et les grandes rivières. Dans le

même temps, les espèces typiques des marais et prairies humides sont en forte régression, comme le Râle des genêts *Crex crex* ou le Tarier des prés *Saxicola rubetra*. Finalement, 41 % de 522 populations d'oiseaux d'eau migrateurs recensés entre Afrique et en Eurasie sont en déclin (WETLANDS INTERNATIONAL, 2008)

Le bassin du Drugeon est une zone humide du massif du Jura bénéficiant de multiples classements : zone d'importance communautaire pour les oiseaux (ZICO) depuis 1992, classement en site européen Natura 2000 depuis 2002, zone de protection spéciale (ZPS) au titre de la directive « oiseaux » depuis 2003, site international Ramsar depuis 2003, arrêté de protection de biotope depuis 2004, zone spéciale de conservation (ZSC) au titre de la directive « habitats » depuis 2009. Par ailleurs, les tourbières de la localité de Frasne sont classées en réserve naturelle régionale depuis 1986.

Les zones humides de ce secteur ont pourtant été dégradées par d'importants travaux de rectification du lit mineur de la rivière Drugeon et d'assèchement des marais menés entre 1961 et 1973. L'objectif était de récupérer 2000 hectares de terres agricoles sur l'ensemble de la vallée. À l'occasion de ces travaux, les méandres ont été coupés et la rivière a été transformée en un chenal presque rectiligne, enfoncé de plusieurs dizaines de centimètres, et même de près de deux mètres localement par rapport à son niveau initial. Le cours d'eau a ainsi été amputé de huit kilomètres, soit près de 30 % de son linéaire. Finalement, seulement 200 hectares sur les 2000 annoncés ont été réellement gagnés (CHARPY, 1994). Ces travaux se sont traduits par une évacuation beaucoup plus rapide des eaux avec les périodes d'étiage plus longues et plus sévères, un abaissement du cours d'eau entraînant un effondrement des berges et un déchaussement des ponts (nécessitant de nouveaux travaux réalisés dans les années 1970), et également par un abaissement et une diminution de la capacité de stockage de la nappe phréatique. Du point de vue biologique, la rivière a perdu de son intérêt halieutique avec une diminution de la biomasse piscicole et la disparition de l'Écrevisse à pattes blanches (DIREN, 1995). Concernant le peuplement d'oiseaux, nous ne disposons malheureusement d'aucune étude avant ces travaux, de

sorte que leur impact sur l'avifaune n'a pas pu être mesuré précisément. L'intérêt ornithologique de cette zone avait été cependant souligné dès 1956 (GÉROUDET *et al.*, 1956).

La combinaison des classements communautaires, nationaux et régionaux, la mise en œuvre d'un programme LIFE de 1993 à 1997 et une volonté forte de restauration des milieux par le syndicat mixte de la vallée du Drugeon ont permis d'asseoir, de façon unique en France, un programme de restauration de la rivière, sur une trentaine de kilomètres. Parmi les objectifs figuraient l'élévation du niveau d'eau du Drugeon par le « reméandrement » d'environ 20 km de son cours, la restauration des zones humides pour réhumidifier les zones adjacentes par le bouchage des drains qui avaient été creusés, l'amélioration de la qualité des eaux et la restauration de la qualité des milieux accueillant des espèces à forte valeur patrimoniale (plantes, crustacés, insectes, poissons, oiseaux...). La stratégie adoptée a été de respecter au plus près les processus naturels (WOHL *et al.*, 2005), en réutilisant les anciens méandres et en restaurant la dynamique fluviale. Les premiers travaux de réhabilitation ont débuté en 1997 et ont concerné la partie amont du cours d'eau entre Vaux-et-Chantegrue et Bonnevaux. Actuellement, 27 km de rivière ont été restaurés, permettant de retrouver cinq des huit kilomètres perdus lors des travaux de rectification. Un programme d'évaluation pluriannuel de l'impact des travaux a été mis en place sur la base de protocoles de suivis standards : paramètres physico-chimiques (température, charge nutritive, polluants divers...), végétation, macrofaune benthique, peuplements piscicole et ornithologique.

Le travail présenté ici a pour objectif de mesurer l'évolution du peuplement d'oiseaux entre 1998-1999, c'est-à-dire juste au début des travaux de réhabilitation du cours d'eau et 2006-2007, soit cinq années après la fin des travaux dans la zone d'étude. Il est basé sur la comparaison de quatre séries d'IPA réalisées en 1998 et 1999 puis en 2006 et 2007 le long du cours d'eau. Les analyses portent sur les comparaisons entre ces deux périodes de la richesse spécifique totale, de la richesse moyenne par point d'écoute, de

l'abondance du peuplement et, compte-tenu de la nature des travaux effectués, de la richesse en espèces caractéristiques des milieux humides. Les tendances démographiques de certaines espèces d'oiseaux à forte valeur patrimoniale et/ou caractéristiques des milieux humides ont été également recherchées. Les « oiseaux d'eau » sont définis ici au sens large comme l'ensemble des espèces qui dépendent des milieux humides pour leur reproduction ou leur alimentation (DUFFY, 1999). Une analyse par secteur géographique, basée sur la zonation du peuplement d'oiseaux des cours d'eau (ROCHÉ *et al.*, 1993 et ROCHÉ & FROCHOT, 1993) a permis d'approfondir les secteurs où les progressions ou les diminutions étaient les plus marquées.

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La vallée du Drugeon se situe sur le second plateau de l'arc jurassien. Le Drugeon, principal cours d'eau de la vallée, prend sa source juste en amont du village de Vaux-et-Chantegrue à une altitude de 865 m et se jette dans le Doubs, au niveau de la commune de Doubs, à 800 m d'altitude. De sa source à Bonnevaux (environ 8 km), le cours d'eau s'écoule vers le Nord-Ouest puis le Sud-Ouest dans une cluse relativement étroite entourée de forêts de résineux. La pente de la rivière est faible : 1,8/1 000 sur l'ensemble du cours. Cette valeur moyenne cache en fait une disparité entre le secteur amont (de la source à l'aval de Bonnevaux), dont la pente est modérée, voisine de 5/1000, et le secteur aval (de Bonnevaux à l'embouchure) où la pente est très faible (0,7/1 000). Après le village de Bonnevaux, la rivière s'oriente vers le Nord-Est et coule ensuite à travers une vaste pénéplaine située à environ 820 mètres d'altitude qui s'étend sur vingt kilomètres entre Frasné et Pontarlier (FIG. 1). Les parties basses du bassin du Drugeon sont occupées par des formations humides variées ; quelques plans d'eau, des ruisseaux, des bas-marais et des tourbières reposent sur des dépôts glaciaires plus ou moins imperméables datant des dernières glaciations (-15 000 ans). L'agriculture est tournée essentiellement vers la production de lait et dans une moindre mesure vers la production de viande

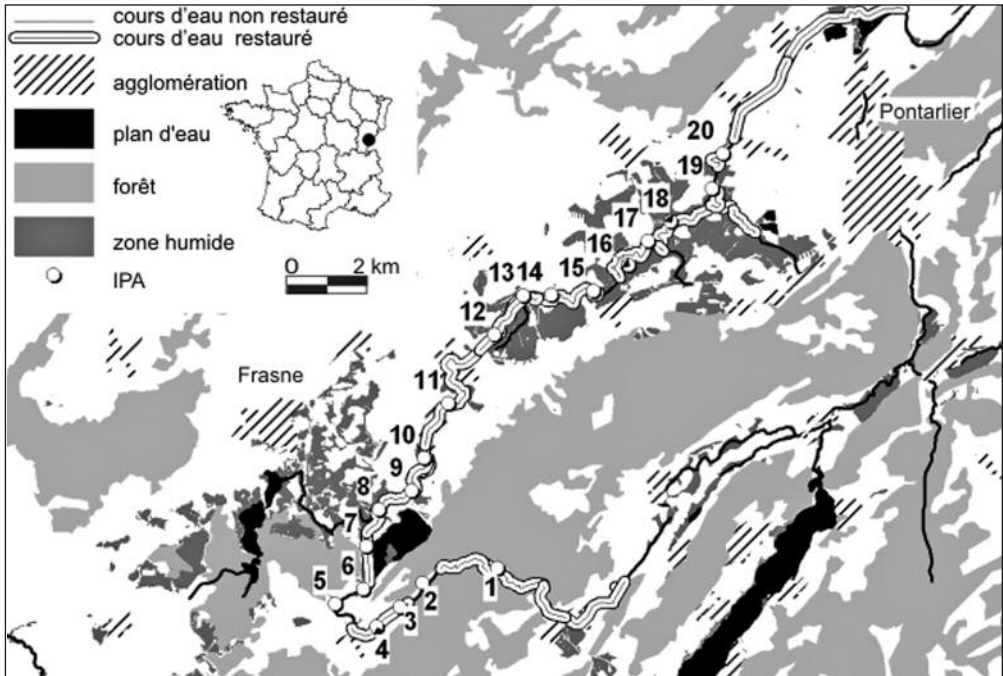


FIG. 1.– Carte des travaux de restauration réalisés le long du Drugeon et répartition des points IPA.
 Map showing the restoration works carried out along the Drugeon river and the distribution of point counts (IPA).



PHOTO I.– Un grand méandre du Drugeon (cliché Michel SAURET). A meander of the Drugeon river.

bovine. Pratiquement toute la surface agricole est utilisée en prairies de fauche et pâtures. Celles-ci sont réparties tout au long du bassin, avec quelques bosquets et très peu de haies. Les travaux de réaménagement se sont poursuivis jusqu'en 2001 sur la portion de rivière concernée par la présente étude, mais aussi sur plusieurs de ses affluents. D'autres travaux de restauration ont été menés plus récemment (jusqu'en 2007), mais ne concernent pas directement la zone étudiée ici, dont les limites géographiques restent dans la zone classée Natura 2000.

La figure 1 présente la localisation des travaux de restauration le long de la rivière. Lors des reméandremments, l'ancien lit rectiligne n'a pas systématiquement été rebouché et se comporte dans ce cas comme un bras mort.

MÉTHODE D'ÉTUDE DU PEUPEMENT D'OISEAUX

La méthode d'étude du peuplement d'oiseaux utilisée ici est celle des Indices ponctuels d'abondance (IPA) (BLONDEL *et al.*, 1970; IBCC 1977; BLONDEL *et al.*, 1981). Selon le protocole, deux passages avec récolte de données de vingt minutes par point d'écoute ont été réalisés chaque année (début et fin du printemps), en matinée, par beau temps et absence de vent. La valeur 1 est attribuée à une espèce pour tout contact visuel ou auditif avec un couple, un nid occupé, une famille, un adulte transportant de la nourriture, un mâle chanteur et la valeur 0,5 à un oiseau seul ne chantant pas. Les valeurs par espèce et par passage sont additionnées jusqu'à un indice maximum de 5. Pour chaque point d'écoute, le meilleur indice des deux passages a été retenu pour l'analyse. La récolte des données est réalisée entre 6 h 30 et 9 h 00 lors du premier passage, entre 6 h 00 et 9 h 00 lors du second. Au maximum, cinq IPA ont été effectués au cours d'une même matinée.

Quatre campagnes de comptage ont été effectuées

En 1998, une série de quinze IPA répartis le long du cours d'eau a été réalisée. L'année 1998 s'est traduite par une absence de récolte de données

pour les points 1, 8, 9, 10 et 11 (FIG. 1) effectués les années suivantes. Les premiers passages ont été effectués entre le 8 et le 10 mai en 1998; les seconds entre le 16 juin et le 5 juillet 1998.

En 1999, le peuplement a été inventorié sur la base de vingt points d'écoute répartis régulièrement le long de la rivière, à raison d'un point tous les deux kilomètres environ, depuis l'amont de Bonnevaux jusqu'au village d'Houtaud (FIG. 1) (DÉFORÉT, 1999). Ces points d'écoute étaient placés sensiblement aux mêmes endroits que les points de l'étude de l'année précédente. Les premiers passages ont été effectués entre le 27 avril et le 1^{er} mai 1999; les seconds entre le 8 et le 11 juin 1999.

En 2006 et 2007, deux nouvelles séries de vingt IPA ont été effectuées reprenant exactement la méthodologie et la répartition des points de 1999 (MICHELAT, 2008). Les premiers passages ont été effectués entre le 17 et le 21 avril 2006 et entre le 15 et le 23 avril 2007; les seconds passages entre le 28 mai et le 5 juin 2006 et entre le 31 mai et le 6 juin 2007.

ANALYSE DES DONNÉES

Les valeurs des variables suivantes ont été comparées avant et après travaux: (i) richesse totale en espèces (ii) richesse en espèces aquatiques (afin de vérifier si les travaux de réhabilitation effectués sur le cours d'eau et les milieux humides étaient bénéfiques aux espèces caractéristiques des milieux humides), (iii) indice total d'abondance par IPA (soit une image de l'abondance du nombre de « couples » d'oiseaux nicheurs) (iv) indice d'abondance par espèce (afin de vérifier l'évolution démographique individuelle de chaque espèce avant et après travaux).

La distribution des espèces recensées par grands types d'habitats est basée sur la classification proposée par FERRY (1973) pour l'avifaune nicheuse de Côte-d'Or. Elle a dû être complétée pour quelques espèces: Faisan de Colchide *Phasianus colchicus*, Tarin des aulnes *Carduelis spinus* et Sizerin flammé cabaret *Carduelis flammæ cabaret*.

Deux comptages consécutifs (1998-1999 & 2006-2007) ayant été réalisés respectivement avant et après travaux, en visitant à chaque fois

les mêmes points d'écoute, un modèle linéaire général multi-niveaux, encore appelé modèle général à effet mixte, a été ajusté aux données (PINHEIRO & BATES 2000). Un lien de Poisson a été retenu pour les richesses spécifiques, gaussien pour les indices. Cette approche modélise ces variables en fonction du stade des travaux (avant/après) et tient compte de deux effets aléatoires emboîtés supplémentaires. Un premier effet « point d'écoute » tient compte du fait que des mesures consécutives sur un même point d'écoute ne sont pas statistiquement indépendantes (par exemple, il est probable qu'une observation d'espèce, liée au milieu échantillonné, relativement abondante sur un point d'écoute donné, trouve cette espèce relativement abondante au même endroit lors du comptage suivant). Un deuxième effet, emboîté dans le premier, tient compte des différences de valeur inexplicables entre les deux années consécutives de comptage (par exemple de 1998 à 1999, ou de 2006 à 2007). Les calculs ont été effectués dans l'environnement R (R Development Core Team 2010) avec les packages nlme (PINHEIRO *et al.*, 2009) et lme4 (BATES & MAECHLER, 2010).

RÉSULTATS

Richesse du peuplement

Un total de 75 espèces d'oiseaux a été recensé lors des quinze IPA en 1998, 80 espèces en 1999, 102 espèces en 2006 et 87 espèces en 2007 lors des vingt mêmes IPA pour un total de 119 espèces sur l'ensemble des quatre années. Selon le mode de traitement des données appliqué dans le programme STORI (ROCHÉ *et al.*, 1993 et 1995; FROCHOT *et al.*, 2003), certaines espèces ont été écartées de la suite des analyses car elles se rapportent à des migrateurs ou à des non nicheurs. En 1998, une seule espèce est concernée : la Spatule blanche *Platalea leucorodia*. En 1999, aucune espèce n'est éliminée. En 2006, huit espèces sont concernées : le Grand Cormoran *Phalacrocorax carbo*, la Grande Aigrette *Casmerodius albus*, le Tadorne casarca *Tadorna ferruginea*, le Chevalier aboyeur *Tringa nebularia*, le Chevalier guignette *Actitis hypoleucos*, le Pipit spioncelle *Anthus spinoletta*, la Rémiz penduline

Remiz pendulinus et le Tarin des aulnes. En 2007, ce sont quatre espèces qui sont écartées : le Grand Cormoran, la Sarcelle d'été *Anas querquedula* (contactée uniquement sur un point d'écoute lors du premier passage), le Faucon kobez *Falco vespertinus* et le Chevalier sylvain *Tringa glareola*. Toujours en accord avec les consignes en usage sur d'autres cours d'eau (ROCHÉ *et al.*, 1993), seules les données enregistrées lors du deuxième passage ont été conservées pour la Sarcelle d'été *Anas querquedula*, les Fuligules milouin et morillon *Aythya ferina* et *fuligula* et le Goéland leucophaée *Larus michahellis*. La même précaution a été prise pour le Sizerin flammé car les données récoltées au cours de la première série d'IPA de 2006 concernent sans doute des migrateurs. En effet, l'hiver 2005-2006 a été l'objet d'une invasion de sizerins flammés dans le Haut-Doubs, dont certains individus se sont attardés jusqu'au début du mois de mai (MICHELAT, 2007).

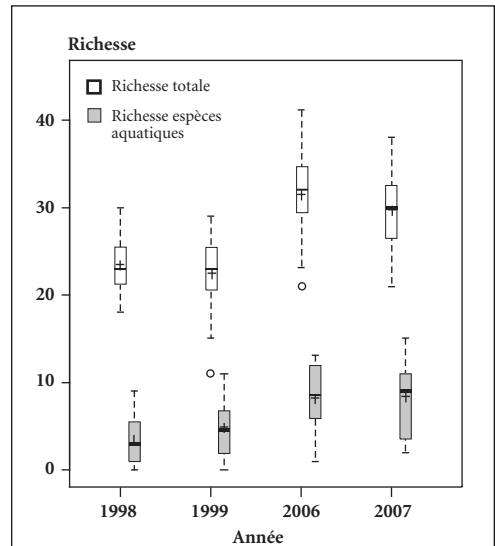


FIG. 2.— Évolution de la richesse spécifique totale et en espèces liées aux milieux aquatiques le long du Drugeon entre 1998-1999 et 2006-2007.

Le trait horizontal indique la médiane du nombre d'espèces observées sur les IPA au cours d'une année, la croix représente la moyenne; la boîte encadre 50 % des valeurs et les valeurs extrêmes sont individualisées.

Total specific richness and richness of wetland species along the Drugeon river.

Après filtration des données, ce sont donc 74 espèces d'oiseaux considérées comme nicheuses qui ont été contactées au moins une fois sur l'un des quinze IPA le long du Drugeon en 1998, 80 en 1999, 94 en 2006 et 83 en 2007 sur les vingt IPA à chaque fois. Sur l'ensemble des quatre années, ce sont 108 espèces d'oiseaux nicheurs ou considérés comme nicheurs qui ont été recensées le long du Drugeon. La suite des analyses ne porte que sur ce groupe d'espèces.

Évolution de la richesse totale et en espèces aquatiques entre les années 1998-1999 et les années 2006-2007

La figure 2 présente l'évolution de la richesse totale et en espèces aquatiques par IPA au cours de la période de suivi. Dans les deux cas, on constate une augmentation très significative de la richesse dix ans après le début des travaux qui est multipliée par 1,3 pour la

richesse totale (coef = 0,287, $p = 2,97 \times 10^{-10}$) et 1,9 pour la richesse en espèces liées aux milieux aquatiques (coef = 0,656, $p = 5,98 \times 10^{-11}$).

Évolution de l'abondance du peuplement entre les années 1998-1999 et les années 2006-2007

Le total des indices obtenus par chaque espèce recensée lors d'un IPA donne une image de l'abondance d'oiseaux sur ce point. Par extrapolation, cette somme correspond au nombre de couples nicheurs d'oiseaux contactés au cours de cet IPA. La figure 3 présente l'évolution des sommes des indices annuels de toutes les espèces recensées au cours de la période de suivi. L'augmentation constatée dix ans après le début des travaux est statistiquement très significative (coef = 15,105; $p < 2 \times 10^{-16}$).

Évolution spatiale du nombre d'espèces d'oiseaux aquatiques recensées en 1998-1999 et 2006-2007 le long du Drugeon.

Ces analyses peuvent encore être affinées en cherchant si l'augmentation de la richesse en espèces liées aux milieux aquatiques est homogène le long du cours d'eau. La figure 4 présente le gain ou la perte d'espèces d'oiseaux aquatiques pour chacun des points IPA répartis le long du Drugeon. Nous avons calculé la moyenne du nombre d'espèces d'oiseaux aquatiques recensés pour chaque paire d'années (1998-1999 et 2006-2007). Pour les cinq points effectués en 1999 et pas en 1998 (points 1 - 8 - 9 - 10 et 11), nous avons pris les résultats de l'année 1999.

Le gain d'espèces est sensible sur l'ensemble du cours du Drugeon, mais il est nettement plus marqué sur la partie aval du cours d'eau (en aval du point 6 et surtout en aval du point 10). Avec une évolution comprise entre - 0,5 et + 2,5 espèces par point, la situation est pratiquement stable sur la partie amont du point de vue du peuplement. Certains points de la partie aval montrent une progression très importante : gain d'au moins cinq espèces d'oiseaux aquatiques aux points 7 - 10 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 et 19. À l'exception des points 8 et 12 sur lesquels nous reviendrons ensuite, tous les points IPA de la partie aval ont gagné au moins trois espèces caractéristiques des milieux humides.

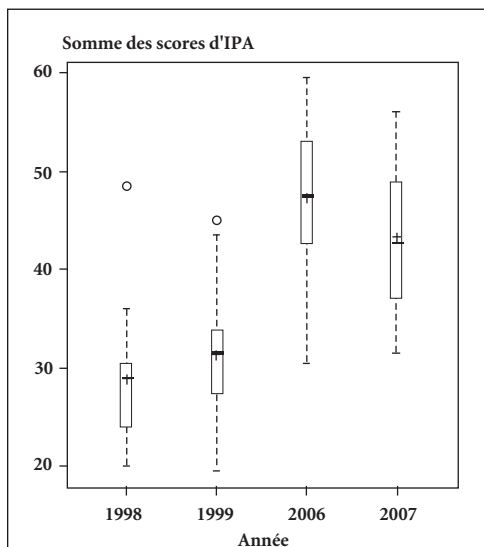
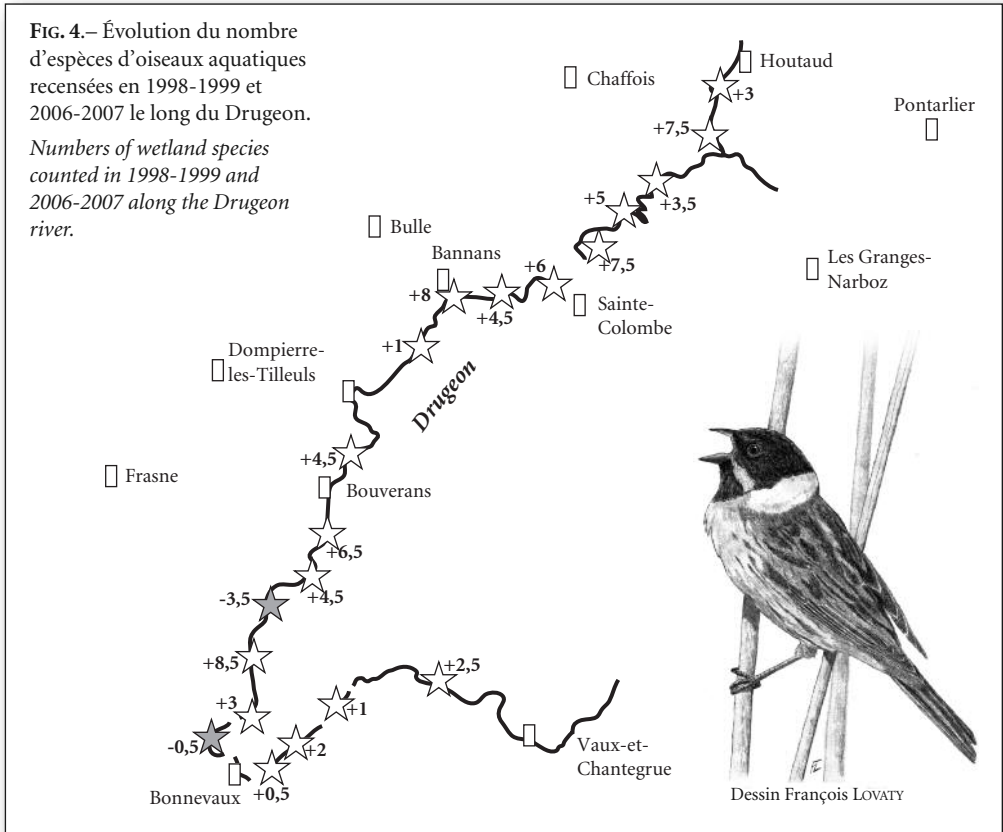


FIG. 3.— Évolution des indices des points IPA le long du Drugeon entre 1998-1999 et 2006-2007.

Le trait horizontal indique la médiane du nombre d'espèces observées sur les IPA au cours d'une année, la croix représente la moyenne; la boîte encadre 50 % des valeurs et les valeurs extrêmes sont individualisées.

Variation of Point Count Index (IPA) along the Drugeon river (1998-1999 to 2006-2007).



Évolution des effectifs de certaines espèces entre 1998-1999 et 2006-2007 sur l'ensemble du linéaire du Drugeon

Outre l'étude de l'évolution du peuplement depuis les travaux de réhabilitation du Drugeon, l'un des objectifs importants de ce travail est de cerner l'évolution des populations d'oiseaux et plus particulièrement des oiseaux d'eau.

Deux seuils de « significativité » sont retenus ici, l'un classique rejetant l'hypothèse nulle d'absence de variation avant/après au risque 0,05, l'autre indicatif au risque 0,1 (les quatre comptages et vingt points d'écoute laissent un manque de puissance statistique qui pourrait conduire à accepter l'hypothèse nulle à tort). Sur les 108 espèces contactées pendant les quatre séries d'IPA et retenues pour les analyses, 12 espèces caractéristiques des milieux humides ou particulièrement abondantes dans ces milieux montrent des évolutions

démographiques à risque inférieur à 0,1 (TAB. I). Pour 8 d'entre elles, ces évolutions sont statistiquement significatives ($p < 0,05$).

Une analyse par secteurs géographiques a permis d'approfondir les zones où les progressions ou les diminutions étaient les plus marquées. Selon la zonation élaborée par ROCHÉ *et al.* (1993) et ROCHÉ & FROCHOT (1993), la portion de rivière couvrant les IPA 1 à 6 correspond à la zone à Cincle plongeur *Cinclus cinclus* et Bergeronnette des ruisseaux *Motacilla cinerea* tandis que la portion allant des IPA 7 à 20 couvre la zone à Foulque macroule *Fulica atra*. Ce passage correspond à la rupture de pente de la vallée.

Sept espèces d'oiseaux auraient des populations en augmentation dans le bassin du Drugeon au cours de la décennie. Classées de celle dont les indices IPA ont le plus progressé à celle qui dont les indices ont le moins progressé, ces espèces sont :

TABLEAU I.— Evolution des populations d'oiseaux le long du Drugeon d'après les IPA. Seules les espèces caractéristiques des milieux humides ou particulièrement abondantes dans ces milieux sont mentionnées.

Variation of bird populations along the Drugeon river according to Point Count Index (IPA).
Only wetland or particularly abundant species are considered.

		IPA 1 à 20		IPA 1 à 6		IPA 7 à 20	
		coef	proba	coef	proba	coef	proba
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>	0,31	0,27	NA	NA	0,43	0,28
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	0,64 ↗	0,01 ↗	0,21	0,69	0,83 ↗	0,01 ↗
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	0,52 →	0,07 →	NA	NA	0,74 →	0,09 →
Fuligule morillon	<i>Aythya fuligula</i>	0,46 →	0,07 →	0,06	0,63	0,63 →	0,08 →
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	0,30 ↗	0,04 ↗	NA	NA	0,45 ↗	0,04 ↗
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	0,07	0,46	NA	NA	0,10	0,48
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	0,14	0,53	0,20	0,36	0,10	0,77
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	0,02	0,51	NA	NA	0,04	0,53
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>	0,11	0,30	NA	NA	0,15	0,31
Gallinule poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	0,07	0,22	NA	NA	0,10	0,23
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	0,94 ↗	0,01 ↗	0,08	0,41	1,33 ↗	0,01 ↗
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i>	0,15	0,26	NA	NA	0,23	0,27
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	0,62 ↗	0,01 ↗	NA	NA	0,88 ↗	0,01 ↗
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>	0,12	0,34	NA	NA	0,17	0,36
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	0,15	0,62	NA	NA	0,06	0,85
Goéland leucopnée	<i>Larus michahellis</i>	0,04	0,55	NA	NA	0,06	0,57
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	0,21	0,11	0,08	0,52	0,64 ↗	0,05 ↗
Berg. des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	0,15 →	0,06 →	0,22	0,24	0,12	0,28
Cincla plongeur	<i>Cinclus cinclus</i>	-0,02	0,70	-0,04	0,79	NA	NA
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	-0,56 ↘	0,08 ↘	NA	NA	-0,66	0,14
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>	-0,08	0,61	0,06	0,63	-0,17	0,45
Rousserolle verderolle	<i>Acrocephalus palustris</i>	0,96	0,01	0,09	0,90	1,36	0,02
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	0,05	0,68	0,06	0,63	0,04	0,81
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	-0,11	0,42	0,06	0,63	-0,22	0,31
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1,67 ↗	0,00 ↗	0,39	0,55	2,21 ↗	0,00 ↗
Mésange boréale	<i>Poecile montanus</i>	0,26	0,33	0,95	0,10	-0,07	0,81
Bruant des roseaux	<i>Emberiza schoeniclus</i>	0,65 ↗	0,03 ↗	-0,10	0,38	0,92 ↗	0,04 ↗

↗ signale les espèces qui ont augmenté significativement ($p < 0,05$)
→ signale les espèces qui montrent une tendance à l'augmentation ($0,05 < p < 0,1$)
↘ signale les espèces qui montrent une tendance à la diminution ($0,05 < p < 0,1$)
En gras : les espèces non caractéristiques des milieux aquatiques

Pouillot fitis *Phylloscopus trochilus*, Rousserolle verderolle *Acrocephalus palustris*, Foulque macroule, Bruant des roseaux *Emberiza schoeniclus*, Canard colvert *Anas platyrhynchos*, Vanneau huppé *Vanellus vanellus* et Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* ($p < 0,05$). À ce groupe d'espèces, on peut ajouter le Pipit farlouse *Anthus pratensis* qui montre un accroissement significatif de ses indices IPA uniquement dans la partie aval de la zone d'étude. Trois espèces montrent une tendance à l'accroissement des indices IPA ($0,05 < p < 0,1$) ; il s'agit du Fuligule milouin, du Fuligule morillon et de la Bergeronnette des ruisseaux. Une seule espèce montre une tendance ($0,05 < p < 0,1$) à la diminution : le Tarier des prés *Saxicola rubetra*.

DISCUSSION

L'augmentation de la richesse totale, de la richesse en espèces caractéristiques des milieux aquatiques et de l'abondance du peuplement le long du Drugeon peuvent être mises en relation avec les travaux de reméandrement des cours d'eau, de bouchage des drains et d'augmentation du niveau d'eau qui en découle. La pente de la rivière est sans doute un élément-clé de la particularité du Drugeon qui, à une altitude de 800 mètres et avec un linéaire aussi court, est habituellement torrentiel. Avant les travaux de réhabilitation, le cours d'eau avait déjà le profil d'une rivière de plaine, mais un peu plus encaissé et avec un linéaire nettement plus court.

Les changements observés dans le peuplement d'oiseaux sont manifestes là où la pente s'est adoucie, mais ce facteur n'est sans doute pas l'unique variable explicative. La restauration du cours d'eau s'est traduite par l'augmentation de la fréquence des débordements, l'augmentation de l'hygrométrie, le soutien des débits d'étiage, la connectivité accrue (ou tout simplement restaurée) entre le lit mineur et le lit majeur, qui créé par la même occasion une interface extrêmement favorable entre le milieu terrestre et le milieu humide, le développement d'une flore hygrophile également favorable aux oiseaux aquatiques et probablement une augmentation des ressources alimentaires.

Cependant, à l'amont de Bonnevaux, la pente a été réduite et le changement pour les oiseaux n'est pas important à cause du lit majeur plus encaissé et de l'environnement forestier. La progression, plus forte en aval du point 10, s'explique également par le fait qu'en 1999, les travaux sur le Drugeon avaient été effectués jusqu'au point 9. Compte tenu de la vitesse de réaction des oiseaux, la richesse avifaunistique s'était sans doute déjà améliorée lors de la réalisation des IPA de 1999 et la marge de progression était plus réduite (voir le cas du point 8 par exemple).

D'une manière générale, les points qui ont le plus gagné d'espèces d'oiseaux aquatiques sont ceux qui se trouvent placés au niveau des grands méandres remis en eau : aval de la minoterie de Bannans (point 13), moulin de Chaffois (point 15) et pont des artilleurs (point 19). Le point 7 (marais du Varot) bénéficie de la remontée du cours d'eau qui rend ce marais à nouveau inondable. À l'opposé, le point 12 montre une pro-

gression plus réduite avec seulement un gain moyen d'une espèce entre 1998-99 et 2006-07. Ce faible gain peut s'expliquer par le fait que cette portion de rivière a été peu modifiée et subit peut-être une pression anthropique plus importante en raison de la station d'épuration avec la route d'accès et du sentier qui rejoint le village de La Rivière-Drugeon à la station.

Avec sa perte moyenne de trois espèces au cours de la décennie, le point 8 (Les Encorts à Bouverans) fait figure d'exception. Les espèces contactées en 1999 et non retrouvées sur ce site en 2006 et 2007 sont le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, le Petit Gravelot *Charadrius dubius* et la Bergeronnette des ruisseaux. En 1998, ce site n'avait pas fait l'objet de relevé. Le point IPA effectué en 1999 faisait suite aux travaux de reméandrement effectués sur le site. La végétation pionnière qui se développait sur le cours comblé du Drugeon était alors très favorable au Petit Gravelot. Cette zone est désormais végétalisée et ne permet plus d'accueillir l'espèce. Pour la Bergeronnette des ruisseaux, il semble que les travaux de reméandrement du Drugeon ont entraîné une élévation du niveau de l'eau qui s'est traduite par une remontée vers l'amont de l'aire de répartition de cette espèce. Le Râle d'eau est quant à lui toujours présent dans le marais limitrophe du cours d'eau, mais son activité de chant essentiellement nocturne le rend peu détectable par la méthode des IPA. Pour finir, il convient de remarquer que ce point d'écoute avait permis de contacter onze espèces aquatiques en 1999, richesse maximale cette année-là, et qu'il n'offrirait donc guère de possibilité de gain de nouvelle espèce.

TABLEAU II.— Richesse spécifique par IPA des peuplements d'oiseaux nicheurs le long des 80 premiers kilomètres de cinq grandes rivières (ROCHÉ *et al.*, 1995) et le long du Drugeon. *Specific richness per Point Count of breeding birds along the first 80 km of five French rivers (ROCHÉ et al., 1995) and along the Drugeon river.*

	SEINE	SAÔNE	LOIRE	ALLIER	LOUE	DRUGEON 1998
Parcours étudiés	0-80 km	0-80 km	0-80 km	0-80 km	0-80 km	0-30 km
Altitude en mètres	446-191	424-214	1 400-593	1 450-615	530-245	868-800
Nombre d'IPA	25	35	26	19	55	15
Nombre moyen d'espèces	26,8	24,2	24,9	23,4	18,8	23,5
Nombre moyen d'espèces aquatiques	2,3	1,6	1,9	1,8	2,3	3,4

Le tableau II, réalisé sur la base d'une étude de ROCHÉ *et al.* (1995), permet de comparer la richesse de l'avifaune du Drugeon avec celles des 80 premiers kilomètres d'autres rivières de France, étudiées dans le cadre du programme STORI (Suivi temporel des oiseaux des rivières). Ce tableau a été complété par les données récoltées lors des quatre campagnes d'IPA menées le long du Drugeon.

Les deux nouvelles campagnes d'IPA menées en 2006 et 2007 confortent et accentuent la richesse remarquable de l'avifaune du Drugeon décrite par DÉFORÉT (1999). Le nombre moyen d'espèces contactées par IPA lors des deux dernières campagnes est proche de 30, ce qui est nettement supérieur à celui enregistré le long de la Loue, autre rivière franc-comtoise, et même légèrement supérieur à ceux obtenus le long de la partie amont de grands cours d'eau comme la Seine, la Saône, la Loire et l'Allier. Il en est de même avec le nombre moyen d'espèces aquatiques par IPA. Avec une valeur de 4,8 espèces d'oiseaux aquatiques par IPA, le Drugeon obtenait, en 1999, un indice près de deux fois supérieur aux autres rivières sur leurs 80 premiers kilomètres. Les deux nouvelles campagnes font progresser cet indice à environ 8 espèces d'oiseaux aquatiques par IPA, soit près de quatre fois plus que ce qui a été enregistré sur la partie amont de la Seine, de la Saône, de la Loire, de l'Allier et de la Loue.

Cette richesse tient pour partie au profil du Drugeon avec une partie amont encaissée à cours rapide, encadrée de forêts sur environ huit kilomètres, et une partie aval beaucoup plus lente, en milieu très ouvert, cernée de marais, de tourbières et de prairies et jouxtant ponctuellement des plans d'eau; le tout sur une distance relativement faible puisque le cours d'eau avait un linéaire d'environ 30 kilomètres avant reméandrement, et près

de 40 kilomètres après les travaux de restauration. Ainsi, le Drugeon offre une grande variété d'habitats, notamment humides, sur un linéaire particulièrement court.

À titre de comparaison, l'inventaire du peuplement d'oiseaux le long de la Loire par trois séries de 198 IPA répartis le long du cours d'eau (environ 1 000 km) révèle une richesse totale variant entre 146 et 150 espèces d'oiseaux par année pour une richesse totale cumulée de 164 espèces, une richesse spécifique ponctuelle (par point d'écoute) variant entre 30,15 et 31,24 espèces et une richesse spécifique ponctuelle en espèces caractéristiques des milieux aquatiques variant entre 6,05 et 6,68 espèces (FROCHOT *et al.*, 2003). Hormis la richesse totale, nettement plus élevée le long de la Loire, on notera que les autres indicateurs sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus le long du Drugeon. Pourtant la Loire est le plus long cours d'eau de France et, parmi les grands fleuves de notre pays, elle reste relativement peu modifiée à l'exception de plusieurs barrages localisés.

Le long du Drugeon, douze espèces d'oiseaux montrent une évolution ($p < 0,05$) ou une tendance ($0,05 < p < 0,1$) démographique le long du Drugeon entre 1998-1999 et 2006-2007. Le Pouillot fitis, la Rousserolle verderolle, la Foulque macroule, le Bruant des roseaux, le Canard colvert, le Vanneau huppé et le Grèbe castagneux ont progressé; le Pipit farlouse n'a augmenté ses indices IPA que sur la zone à Foulque ($p < 0,05$). Le Fuligule milouin, le Fuligule morillon et la Bergeronnette des ruisseaux montrent une tendance à l'accroissement des indices IPA ($0,05 < p < 0,1$). Seul le Tarier des prés montre une tendance à la diminution ($0,05 < p < 0,1$).

Dans le tableau III, ces évolutions sont comparées aux tendances démographiques constatées dans l'Union européenne (BIRDLIFE, 2004), en France (DUBOIS *et al.*, 2001; 2008, site Vigie-Nature 2007), en Suisse (MAUMARY *et al.*, 2007) et en Franche-Comté (LEGAY & WEIDMANN, 2008; PAUL 2008; LEGAY, 2010; MAAS & PAUL, 2010) (TAB. III).

Le programme Suivi temporel des oiseaux communs (STOC), basé également sur des recensements par points d'écoute, permet de comparer les évolutions constatées dans le bassin du Drugeon avec les variations enregistrées à

DRUGEON 1999	DRUGEON 2006	DRUGEON 2007
0-30 km	0-30 km	0-30 km
868-800	868-800	868-800
20	20	20
22,6	31,4	29,8
4,8	8,2	8

TABLEAU III. – Comparaison des tendances démographiques des douze espèces d'oiseaux caractéristiques des milieux humides ou particulièrement abondantes dans ces milieux et montrant une évolution significative des indices IPA entre 1998-1999 et 2007-2008 dans le bassin du Drugeon avec les tendances démographiques constatées en France, en Suisse et en Europe.

Tendances démographiques Espèces	Bassin du Drugeon ⁽¹⁾	Franche-Comté ⁽²⁾	France ⁽³⁾
Grèbe castagneux	↗ : ensemble - zone à foulque	?	→ ou ↘
Canard colvert	↗ : ensemble - zone à foulque	↗	→ ou ↗
Fuligule milouin	tendance ↗ : ensemble - zone à foulque	→ probable	↗
Fuligule morillon	tendance ↗ : ensemble - zone à foulque	→ probable	↗
Foulque macroule	↗ : ensemble - zone à foulque	?	→
Vanneau huppé	↗ : ensemble - zone à foulque	↘	↘
Pipit farlouse	↗ : zone à foulque	↘	↘
Berg. des ruisseaux	tendance ↗ : ensemble	?	→
Tarier des prés	tendance ↘ : ensemble	↘	↘
Rousserolle verderolle	↗ : ensemble - zone à foulque	?	→
Pouillot fitis	↗ : ensemble - zone à foulque	↗	↘
Bruant des roseaux	↗ : ensemble - zone à foulque	?	↘

⁽¹⁾ Ensemble : tendance sur tout le cours de la rivière - Zone à cincle : tendance sur la zone à cincle (IPA 1 à 6) - Zone à foulque : tendance sur la zone à foulque (IPA 7 à 20).

⁽²⁾ LEGAY & WEIDMANN (2008) ; PAUL (2008) ; LEGAY (2010) ; MAAS & PAUL (2010).

⁽³⁾ Site Vigie-Nature (2007-2008), DUBOIS *et al.* (2001-2008)

⁽⁴⁾ MAUMARY *et al.* (2007)

⁽⁵⁾ BIRDLIFE (2004)

l'échelle de la France pour la période 1989-2006. Selon ce programme, les effectifs du Pipit farlouse, du Bruant des roseaux et du Pouillot fitis ont significativement baissé en France au cours de ces 18 années. Les autres espèces en augmentation dans le bassin du Drugeon sont stables (Foulque macroule, Rousserolle verderolle) ou ne montrent pas de variations significatives de leurs effectifs (Canard colvert, Bergeronnette des ruisseaux) ou encore ne sont pas traitées dans le cadre de ce programme (Fuligule milouin, Fuligule morillon, Grèbe castagneux) (site Vigie-Nature 2007). Parmi les espèces abondantes dans les milieux humides, seul le Tarier des prés montre une tendance à la diminution le long du Drugeon. Ce passereau est également en déclin en France entre 1989 et 2006 (site Vigie-Nature 2007). On notera qu'aucune des espèces caractéristiques des milieux humides n'a diminué ou montre une tendance à la baisse entre 1998-1999 et 2006-2007.

Certains bons résultats présentés dans ce travail sont peut-être dus en partie à l'effet des perturbations générées par les travaux, favora-

bles aux espèces pionnières. Ainsi, le recensement exhaustif de la population de Petit Gravelot sur la zone d'étude révèle que le nombre et la répartition des couples sont en grande partie liés à la réalisation de travaux le long du cours d'eau. Ainsi, 5 couples étaient dénombrés en 1997 et 1998, juste avant le début des travaux dans la zone aval, puis la population a augmenté au moment des travaux (17-18 couples en 1999 et 25 couples en 2000) pour diminuer progressivement ensuite en fonction de la fermeture des milieux par développement de la végétation (8 couples en 2001 et 2002, 3 en 2003), remonter ensuite lors de nouveaux travaux au pont de Bannans (9 à 13 couples de 2004 à 2006) et diminuer une nouvelle fois avec le développement de la couverture végétale sur cette zone (4 couples en 2008). La répartition des colonies de Vanneau huppé a suivi globalement la même dynamique avec une installation des couples nicheurs juste après les travaux et abandon de ces sites perturbés quelques années après.

Demographic trends of 12 wetland or particularly abundant species showing a significant trend of Point Count Index (1998-1999 to 2007-2008) in the Drugeon basin with overall demographic trends found in France, in Switzerland and in Europe.

Suisse ⁽⁴⁾	Europe ⁽⁵⁾	
→	→	effet positif
→	→	effet positif
→ ou ↘	↘	
→	↘	
→	↘ modérée	effet positif
↘	↘	effet positif
→	↘	effet positif
→	→	
↘	↘	
→	→	effet positif
↘	↘	effet positif
→	↘	effet positif

CONCLUSION

En 1999, le Drugeon montrait déjà une avifaune d'une richesse remarquable pour un cours d'eau de trente kilomètres seulement. Les deux nouvelles campagnes d'IPA menées le long de la rivière ont confirmé cette importante diversité. Entre 1998-1999 et 2006-2007, les travaux de réhabilitation du cours d'eau, des marais et des tourbières limitrophes ont permis d'augmenter le nombre d'espèces et l'abondance d'oiseaux, mais surtout, et c'était l'un des objectifs des mesures prises, d'améliorer la situation des espèces d'oiseaux caractéristiques des milieux aquatiques. Ces résultats sont d'autant plus encourageants que plusieurs espèces montrent des effectifs en augmentation dans le bassin du Drugeon alors qu'elles sont en déclin plus ou moins marqué à l'échelle européenne, française, suisse ou régionale.

Contrairement à ce qui est observé le long du Drugeon, le long de la Loire, la comparaison de la richesse spécifique totale, de la richesse spécifique ponctuelle, totale ou limitée aux seules espèces caractéristiques des milieux aquatiques et de l'abondance des oiseaux ne révèle pas de différence significative entre les trois campagnes d'IPA (1990-1996 et 2001). Mais il est à noter que

ce fleuve et sa vallée n'ont pas subi de transformation environnementale majeure au cours de ces douze années (FROCHOT *et al.*, 2003).

Les opérations de réhabilitation de cours d'eau sont encore peu nombreuses et ne concernent le plus souvent que des tronçons de faible longueur (de l'ordre du kilomètre le plus souvent). Par ailleurs, et partiellement en raison de cette exigüité, leurs suivis ignorent l'indicateur « oiseau » (EISELTOVA *et al.*, 1995; BREUIL *et al.*, 2010; WAAL *et al.*, 2000). Le cas du Drugeon est donc particulièrement intéressant grâce à la longueur du tronçon remis en méandre (20 km) et à l'ampleur des travaux de réhabilitation des zones humides latérales. Ces grandes dimensions nous ont permis de mettre en place un suivi significatif des peuplements d'oiseaux. Ce taxon, et plus particulièrement le groupe des « oiseaux d'eau », est aujourd'hui connu pour apporter des indications originales sur l'état et la qualité des zones humides, en complément des taxons traditionnellement suivis (FROCHOT *et al.*, 2001; ROCHÉ *et al.*, à paraître). Dans leur synthèse sur l'évaluation des actions de restauration de rivières et de fleuves SCHIFF *et al.* (2011) ne citent aucune étude sur l'évolution du peuplement d'oiseaux sur les 48 études référencées sur ce sujet et publiées entre 1992 et 2008.

La vallée du Drugeon présente un fort intérêt écologique, en particulier pour la diversité de ses peuplements d'oiseaux. D'autre part, les travaux de réhabilitation entrepris sont d'une ampleur et d'une qualité remarquables, et constituent aujourd'hui un cas d'école faisant référence et fréquemment visité. Le besoin de tels sites témoins, d'intérêt à la fois technique et pédagogique, s'exprime aujourd'hui partout et s'est concrétisé en Europe par la création relativement récente du River Restoration Project (RRP) (WAAL *et al.*, 2000).

BIBLIOGRAPHIE

- AMOROS (C.) & PETTS (G.E.) 1993.– *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, Paris, 300 p.
- BARBIER (E.B.) 1993.– « Sustainable use of wetlands - valuing tropical wetland benefits: economic methodologies and applications ». *Geographical Journal*, 159: 22-35.



PHOTOS II et III.– Dugeon partie amont (clichés Jean-Noël RESCH). *The upper part of the Dugeon river.*



PHOTO IV.— Travaux de reméandrement de la rivière Drugeon (cliché Jean-Noël RESCH).

Restoration of a meander of the Drugeon river.

- BATES (D.) & MAECHLER (M.) 2010.— *lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes*. R package version 0.999 375-34. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- BERNARD (P.) 1994.— *Les zones humides. Rapport d'évaluation*. Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, Commissariat au plan, Documentation française, Paris, 391 p.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004.— *Birds in the European Union: a status assessment*. BirdLife International, Wageningen, 50 p.
- BLONDEL (J.), FERRY (C.) & FROCHOT (B.) 1970.— La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou relevés d'avifaune par « station s'écoute ». *Alauda*, 38: 55-71.
- BLONDEL (J.), FERRY (C.) & FROCHOT (B.) 1981.— Points counts with unlimited distance. *Studies in Avian Biology*, 6: 414-419.
- BREUIL (M.) & RENÉ (L.) 2010.— Renaissance de deux cours d'eau. *Adour Garonne*, 112: 11-12.
- CHARPY (R.) 1994.— *La vallée du Drugeon: aménagements hydrauliques et organisation socio-économique*. Mémoire de maîtrise de géographie. Université de Franche-Comté, Syndicat mixte d'aménagement du bassin Saône-Doubs et Direction régionale de l'environnement, XX p.
- DEFORÉT (T.) 1999.— *Les oiseaux nicheurs du Drugeon en 1999. Etat initial pour un suivi ornithologique*. Syndicat intercommunal du plateau de Frasné, Groupe naturaliste de Franche-Comté, Besançon, 20 p. et annexes.
- DIREN 1995.— *Etude de réhabilitation du Drugeon, étude hydrologique, physico-chimique et hydrobiologique, éléments guides pour le schéma de réhabilitation*. Direction régionale de l'Environnement de Franche-Comté, Besançon, XX p.
- DUBOIS (P.J.), LE MARÉCHAL (P.), OLIOSO (G.) & YÉSOU (P.) 2001.— *Inventaire des Oiseaux de France. Avifaune de la France métropolitaine*. Nathan, Paris, 397 p.
- DUBOIS (P.J.), LE MARÉCHAL (P.), OLIOSO (G.) & YÉSOU (P.) 2008.— *Nouvel inventaire des Oiseaux de France. Avifaune de la France métropolitaine*. Delachaux et Niestlé, Paris, 559 p.
- DUFFY (D. C.) 1999.— Waterbirds: Widening the Circle. *Waterbirds*, 22:1-2.

- EISELTOVA (M.) & BIGGS (J.) (eds) 1995.— *Restoration of Stream Ecosystems, an integrated catchment approach*. IWRB, Slimbridge, 170 p.
- FERRY (C.) 1973.— Liste des oiseaux nicheurs de Côte-d'Or: composition actuelle et évolution depuis un siècle. *Le Jean-le-Blanc*, 12: 1-23.
- FROCHOT (B.), EYBERT (M.-C.), JOURNAUX (L.), ROCHÉ (J.) & FAIVRE (B.) 2003.— Les oiseaux de la Loire: évolution sur 12 années. *Alauda*, 71: 17-190.
- FROCHOT (B.), FAIVRE (B.) & ROCHÉ (J.) 2001.— Les peuplements d'oiseaux indicateurs de l'état de santé des écosystèmes d'eau courante. In: LEMOALLE (J.), BERGOT (F.) & ROBERT (M.) 2001.— *Etat de santé des écosystèmes aquatiques. de nouveaux indicateurs biologiques*. GIP Hydrosystèmes, Cemagref éditions: 125-149.
- FROCHOT (B.), GODREAU (V.) & ROCHÉ (J.) 2008.— L'expansion récente des oiseaux d'eau. *Alauda*, 76: 279-286.
- FULLER (R.J.) & AUSDEN (M.) 2008.— Birds and habitat change in Britain. Part I: a review of losses and gains in the twentieth century. *British Birds*, 101: 644-675.
- GÉROUDET (P.) & BARRUEL (P.) 1956.— Notes d'ornithologie jurassienne. *Alauda*, 24: 81-96.
- IBCO 1977.— Censuring breeding bird by IPA method. *Polish Ecological Studies*, 3: 15-17.
- LEFEUVRE (J.-C.), FUSTEC (E.) & BARNAUD (G.) 2000.— De l'élimination à la reconquête des zones humides. In FUSTEC (E.) & LEFEUVRE (J.-C.) 2000.— *Fonctions et valeurs des zones humides*. Dunod, Paris: 1-16.
- LEGAY (P.) 2010.— *Suivi Temporel des Oiseaux Communs par points d'écoute (STOC-EPS) : Bilan du programme pour la Franche-Comté en 2008 et 2009*. LPO Franche-Comté, Besançon, 16 p. et annexes.
- LEGAY (P.) & WEIDMANN (J.-C.) 2008.— Suivis des oiseaux communs par points d'écoute (STOC-EPS). Bilan du programme en Franche-Comté pour la saison 2006 et tendance d'évolution entre 2002 et 2006. *Falco*, 39: 39-60.
- MAAS (S.) & PAUL (J.-P.) 2010.— Bilan intermédiaire 2010 : enquêtes Anatidés et Limicoles nicheurs de Frasne. LPO Franche-Comté, DREAL Franche-Comté & Union européenne, 20 p.
- MAUMARY (L.), VALLOTON (L.) & KNAUS (P.) 2007.— *Les oiseaux de Suisse*. Station ornithologique suisse, Sempach et Nos Oiseaux, Montmollin, 848 p.
- MICHELAT (D.) 2007.— A propos de l'afflux de Sizerins *Carduelis flammea flammea* et *Carduelis flammea cabaret* au cours de l'hiver 2005-2006 en Franche-Comté. *Falco*, 38: 75-81.
- MICHELAT (D.) 2008.— *Les oiseaux nicheurs le long du Drugeon. Etat du peuplement par point d'écoute en 2006-2007 et évolution du peuplement depuis 1998-1999*. Association des amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement-Sainte-Marie, 41 p.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2005.— *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- PAUL (J.-P.) 2008.— *Liste rouge des oiseaux nicheurs de Franche-Comté*. LPO-Franche-Comté, Besançon, 18 p.
- PINHEIRO (J.-C.) & BATES (D.M.) 2000.— *Mixed-effects models in S and S-plus*. Springer Verlag, New York, 528 p.
- PINHEIRO (J.), BATES (D.), DEBROY (D.), DEEPAYAN (S.) & the R CORE TEAM 2009.— *nlme: Linear and Non-linear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-96.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2010.— *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- ROCHÉ (J.), CONSTANT (P.), DAURAT (B.), DESBROSSES (R.), EYBERT (M.-C.), FAIVRE (B.), GODREAU (V.), PERRET (F.) & FROCHOT (B.) 1993.— *Diversité et valeur patrimoniale des peuplements d'oiseaux nicheurs de la Loire sur l'ensemble du cours. De l'écologie à la conservation*. Ministère de l'Environnement, Laboratoire d'écologie, Université de Bourgogne, Dijon.
- ROCHÉ (J.), DESBROSSES (R.), FAIVRE (B.), GUÉLIN (F.), LALLEMAND (J.-J.) & FROCHOT (B.) 1995.— *Diversité et valeur patrimoniale des peuplements d'oiseaux nicheurs de l'Allier sur l'ensemble du cours. De l'écologie à la conservation*. Université de Bourgogne, Dijon.
- ROCHÉ (J.) & FROCHOT (B.) 1993.— Ornithological contribution to river zonation. *Acta Oecologica*, 14: 415-434.
- ROCHÉ (J.E.), GODHINO (C.), RABACA (J.E.), FROCHOT (B.), FAIVRE (B.), MENDES (A.) & DIAS (P.) à paraître.— Relevance of bird communities to assess riparian ecosystem quality and rehabilitation measures. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*.
- Site Internet Vigie-Nature: www2.mnhn.fr/vigie-nature
- SCHIFF (R.), BENOIT (G.) & MACBROOM (J.) 2011.— Evaluating stream restoration: a case study from two partially developed 4th order Connecticut, U.S.A. streams and evaluation monitoring strategies. *River Res. Applic.*, 27: 431-460.
- WAAL (L.C.) DE, LARGE (A.R.G.) & WADE (P.M.) 2000.— *Rehabilitation of Rivers. Principles and Implementation*. Willey, Chichester, 331 p.
- WASSON (J.-G.), MALAVOI (J.-R.), MARIDET (L.), SOUCHON (Y.) & PAULIN (L.) 1998.— *Impacts écologiques de la chenalisation des rivières*. Cemagref éditions, 158 p.
- WETLANDS INTERNATIONAL 2008.— *Report on the Conservation Status of Migratory Waterbirds in the Agreement Area. Fourth Edition. Final Draft*. Wetlands International, Wageningen, 250 p.
- WOHL (E.), ANGERMEIER (P.L.), BLEDSOE (B.), KONDOLF (M.), MACDONNELL (L.), MERRITT (D.M.), PALMER (M.), LEROY POFF (N.) & TARBOTON (D.) 2005.— River restoration. *Water Resources Research* 41, W10301: 12 p.