



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Vairon - © P. Baffie / OFB

Les mémos

Collection des synthèses eaufrance

Numéro 2 - mars 2022

Une évaluation de l'intersexualité des poissons de rivières

De nombreux produits de la vie courante (détergents, cosmétiques, médicaments, plastiques) et les pesticides contiennent des molécules chimiques qui interfèrent avec le système hormonal humain et animal. On parle de « **perturbateurs endocriniens** » (PE).

Les PE sont devenus une préoccupation majeure en raison des **dangers** qu'ils présentent pour la santé humaine et la biodiversité.

Perturbant les fonctions biologiques de certaines espèces (reproduction, développement sexuel...), ils sont responsables du **déclin local des populations**.

Les **milieux aquatiques** sont le **réceptacle** de diverses pollutions, et on observe les conséquences des PE sur la reproduction des espèces qui y vivent. Une exposition prolongée à des PE (notamment œstrogènes) durant les stades

embryo-larvaire et juvénile conduit à la production d'**intersexualité** ou à une **fématisation complète des individus**.



Les perturbateurs endocriniens, un enjeu réglementaire

Au niveau européen, l'identification des propriétés de perturbation endocrinienne des substances chimiques est centrale dans le cadre des réglementations autorisant la mise sur le marché des produits biocides et phytopharmaceutiques et l'enregistrement des substances chimiques.

La France est moteur au niveau européen et s'est dotée d'une stratégie nationale sur les PE en 2014 (SNPE), qui vise à réduire l'exposition de la population et de l'environnement aux PE.

Autres espèces touchées par l'exposition aux PE

Au delà de l'intersexualité des poissons, l'exposition aux PE a des répercussions sur la reproduction et le développement de nombreuses autres espèces :

- diminution de l'épaisseur de la coquille des œufs chez les **oiseaux de proie** à cause d'un insecticide
- développement anormal des organes sexuels chez les **alligators** en lien avec des pesticides
- apparition de caractéristiques sexuelles mâles chez des **gastéropodes marins** femelles suite à l'exposition à des peintures antialgues de bateaux
- perturbation de la reproduction des **phoques** et des **amphibiens**.

L'intersexualité des poissons, un outil de suivi des milieux aquatiques

En complément des méthodes chimiques (mesures de contaminants) et biologiques (espèces bioindicatrices), des approches visent à **évaluer les effets de la contamination sur les individus** par l'observation de certains paramètres dans les organismes : on parle de **biomarqueurs**. Ce sont des changements observables au niveau biochimique, physiologique, histologique, morphologique ou comportemental qui révèlent l'exposition, présente ou passée, à au moins un polluant.



Goujon - © Séverine Bignon / OFB

Parmi les biomarqueurs associés à une perturbation endocrinienne, **l'intersexualité** est définie comme la présence **simultanée de tissus mâle et femelle dans les gonades** (organe sexuel qui produit les gamètes) chez des espèces gonochoriques (avec des sexes séparés). Cela correspond à un **processus de féminisation ou de masculinisation anormale des individus**. L'intersexualité est un biomarqueur particulièrement pertinent puisqu'il peut être relié à des diminutions d'abondance des individus au sein des populations impactées.

Évaluation de l'intersexualité des poissons en France

Une **étude publiée par l'Ineris en 2019** en partenariat avec l'Office français de la biodiversité, a permis d'améliorer les connaissances sur le **phénomène d'intersexualité affectant les poissons** des cours d'eau de métropole.

Cette étude a permis d'établir une **cartographie de l'intersexualité des cyprinidés en France**

(la plus grande famille de poissons d'eau douce), établissant ainsi une représentation du phénomène d'intersexualité à l'échelle nationale. Elle permet **d'identifier des populations vulnérables** au niveau de sites sur lesquels des actions spécifiques permettant d'identifier les causes de l'intersexualité pourront être mises en œuvre.

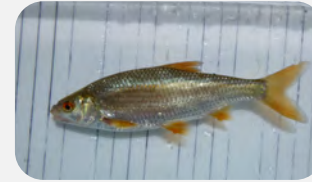
Méthode

L'étude porte sur **4 espèces communes de cyprinidés** :

Goujon
Gobio gobio



Gardon
Rutilus rutilus



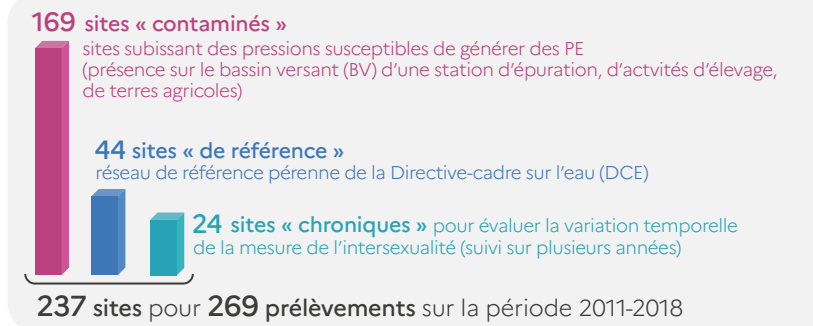
Vairon
Phoxinus phoxinus



Chevaîne
Leuciscus cephalus

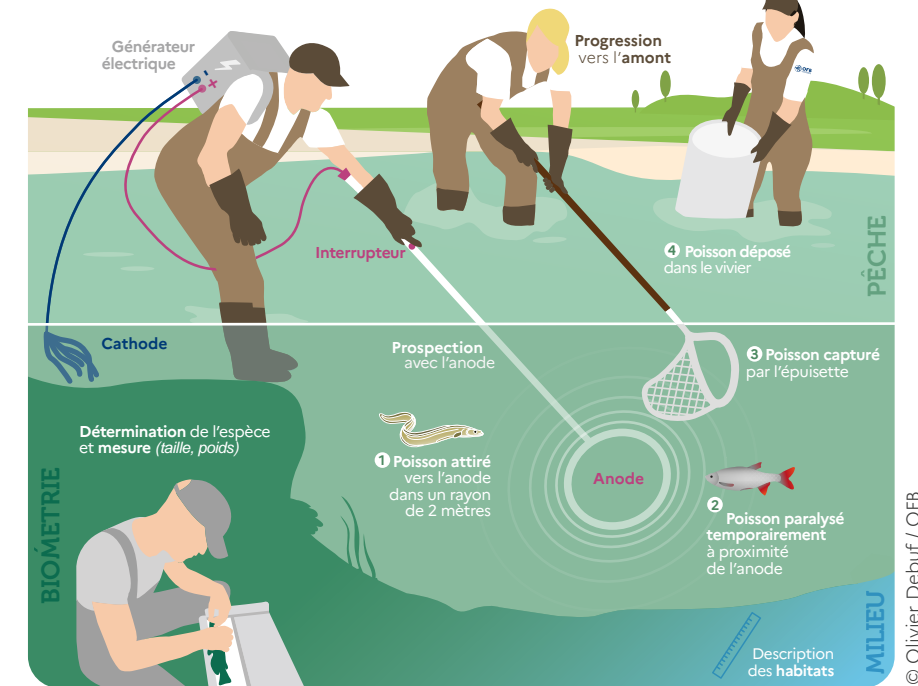


Les 4 espèces de cyprinidés



Les sites d'échantillonnage des poissons

Les poissons ont été prélevés par **pêche à l'électricité** par les agents des services départementaux de l'OFB, selon des règles de **sécurité** strictes.



La pêche à l'électricité

Un site pour une espèce

269 opérations de prélèvement

7 000 poissons prélevés

20 à 30 poissons pêchés à l'électricité par site

- sexuellement matures
- maximum 30 cm
- euthanasiés sur place et conservés dans du formaldéhyde
- envoyés à l'Ineris pour traitement des échantillons

Préparation des coupes microscopique :

- fixation au formol
- déshydration et clarification
- inclusion en paraffine,
- coupe et coloration des tissus (éosine : cytoplasme en rose, hématoxyline : noyaux en violet)

Observation & analyse des lames (microscope optique) : détermination du sexe et d'une éventuelle intersexualité

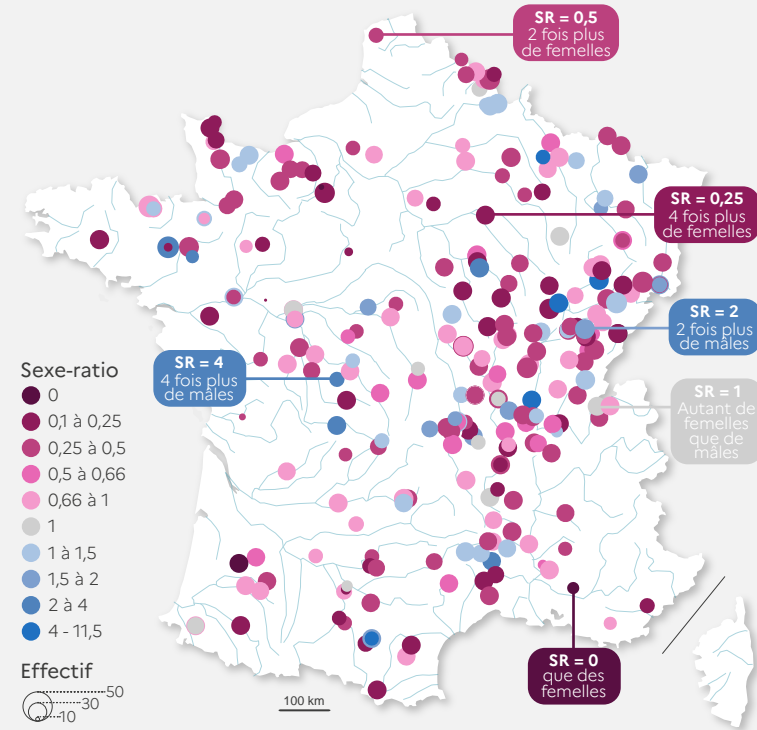
tissu mâle dans un ovaire ou ovocyte dans un testicule

Méthodologie de l'étude

Sexe et effectif des poissons

pour chacun des sites à partir de l'échantillon prélevé

$$\text{Sexe ratio (SR)} = \frac{\text{Nombre de mâles}}{\text{Nombre de femelles}}$$



À l'échelle nationale, on constate majoritairement une **fématisation des poissons prélevés pour cette étude**. L'observation d'un sexe-ratio biaisé vers les femelles est une conséquence de **l'exposition à des PE** (substances œstrogéniques notamment). Par ailleurs **d'autres facteurs environnementaux** peuvent influencer sur la différenciation sexuelle des poissons et le sexe-ratio (température, oxygénation, etc.).

Des effectifs importants de poissons intersexués sont **notamment observés dans les bassins de la Loire, de la Meuse et du Doubs**. Toutefois, il est à noter que la **répartition des sites de prélèvements n'est pas homogène sur le territoire**, ne permettant pas de comparer les cours d'eau entre eux.

Sévérité de l'intersexualité

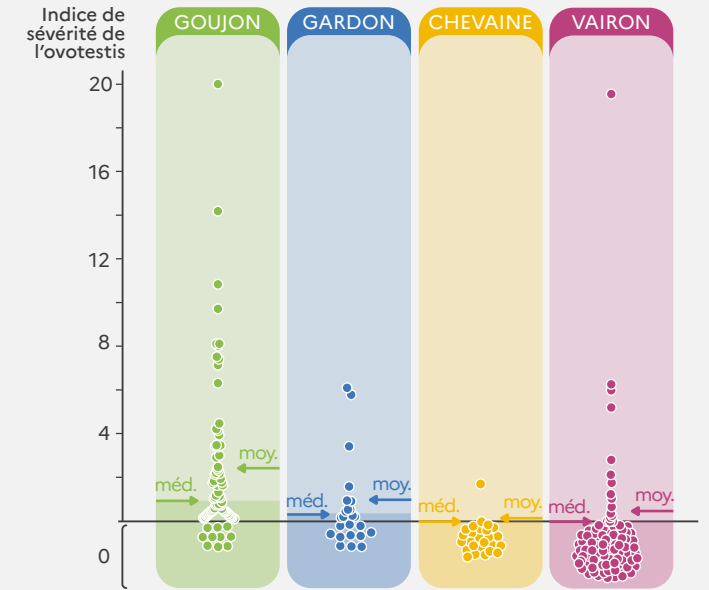
pour chaque individu intersexué

Chaque individu présentant une **intersexualité est analysé** afin d'évaluer la sévérité de la perturbation endocrinienne par le calcul de **l'indice de sévérité**. Ce dernier est obtenu à partir de **l'observation des ovocytes** dans des gonades intersexuées.

Indice de sévérité de l'ovotestis (OSI)

L'**ovotestis** est une **gonade** présentant à la fois des **cellules mâles et femelles**.

Il est possible de calculer l'**OSI moyen (OSI_{moy})**, moyenne des OSI des individus intersexués du site considéré.

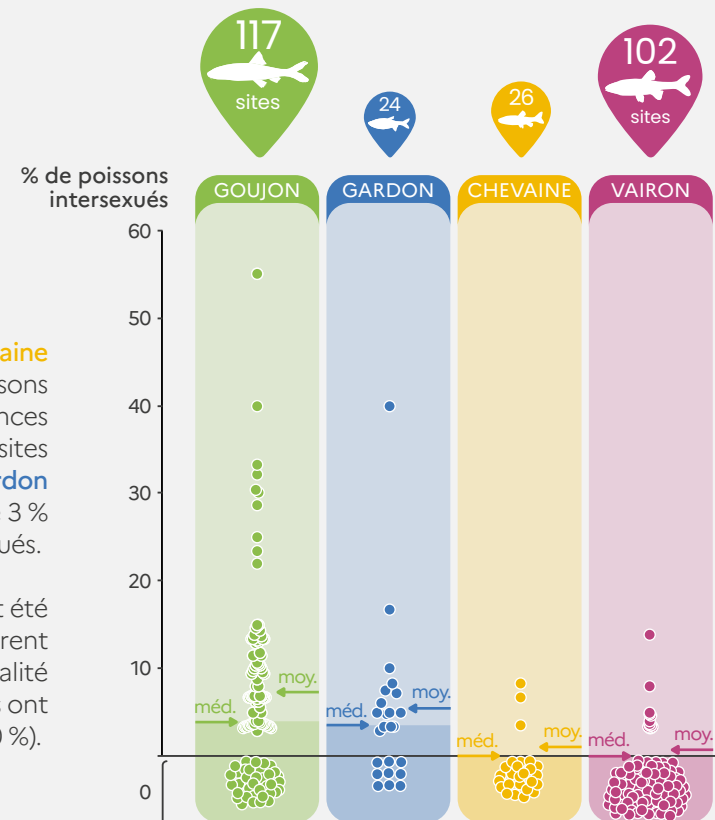


À l'échelle des individus intersexués, on constate que les **goujons** sont atteints d'un ovotestis moyen plus sévère (supérieur à 2, tandis qu'il est inférieur à 1 pour le **gardon** et le **vairon**, et proche de 0 pour le **chevaîne**).

Fréquence d'intersexualité

pour chacun des sites à partir de l'échantillon prélevé

$$\text{Fréquence d'intersexualité (IS)} = \frac{\text{Nombre de poissons intersexués}}{\text{Nombre de poissons capturés}} \times 100$$



Si la majorité des sites dédiés au **chevaîne** et au **vairon** ne comptent pas de poissons intersexués (médiane des fréquences d'intersexualité à 0), la moitié des sites consacrés au **goujon** et au **gardon** ont mis en évidence plus de 3 % de poissons intersexués.

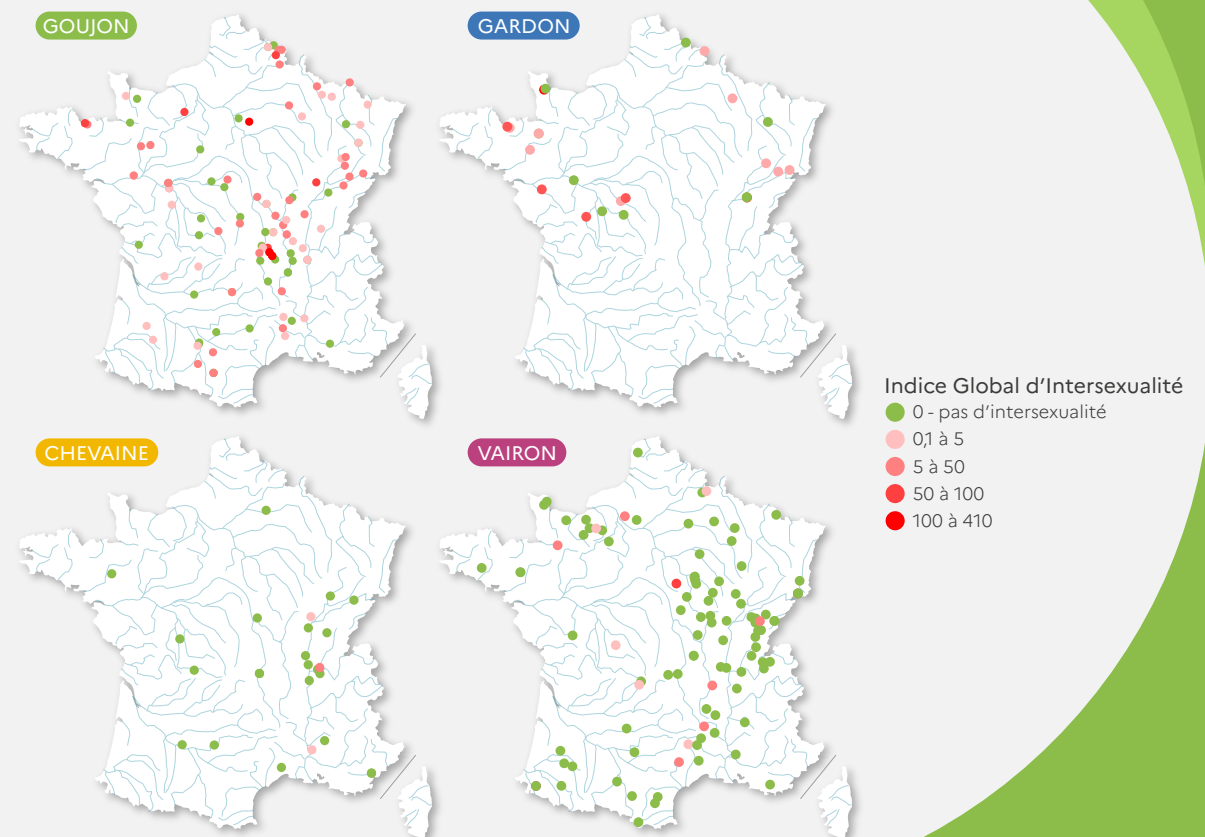
Les sites sur lesquels ont été prélevés des **goujons** montrent les fréquences d'intersexualité les plus élevées (dix sites ont des IS de plus de 20 %).

Cartographie de l'intersexualité

pour chacun des sites à partir de l'échantillon prélevé

$$\text{Indice global d'intersexualité (IGI)} = \text{IS} \times \text{OSI}$$

Cet indice combine la **fréquence de poissons intersexués** et la **sévérité de l'intersexualité**.

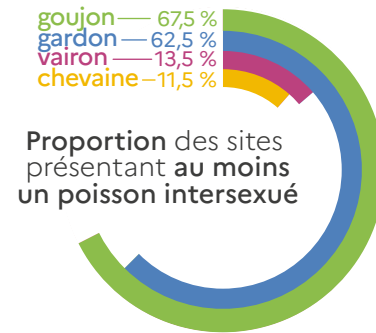


De grandes disparités entre les sites et entre les espèces

Pour les quatre espèces étudiées, la fréquence d'intersexualité varie de 0 à 55 % selon les sites. Certains sites échantillonnés sont donc exempts d'intersexualité (entre 33,3 % et 88,5 % d'entre eux) et ce pour chacune des espèces.

Certaines espèces sont plus sensibles aux perturbateurs endocriniens et

plus fréquemment touchées par le phénomène d'intersexualité, parfois avec une intensité plus grande. Les sexe-ratios observés témoignent plutôt d'une féminisation des populations. Le goujon et le gardon apparaissent plus touchés et présentent des proportions d'intersexualité plus importantes.



Utilisation de l'intersexualité en biosurveillance environnementale

L'absence d'intersexe semble constituer la situation normale de référence, quelle que soit l'espèce étudiée.

La mesure de l'intersexualité chez les poissons d'un site constitue donc un signal d'alarme utilisable en biosurveillance des milieux aquatiques.

L'Ineris a produit un guide méthodologique sur la mesure de l'intersexualité chez le poisson en 2015. Toutefois, l'utilisation de ce biomarqueur n'est pas adaptée en surveillance de routine car il nécessite le sacrifice des poissons prélevés et un temps de préparation et d'analyse des

échantillons trop important.

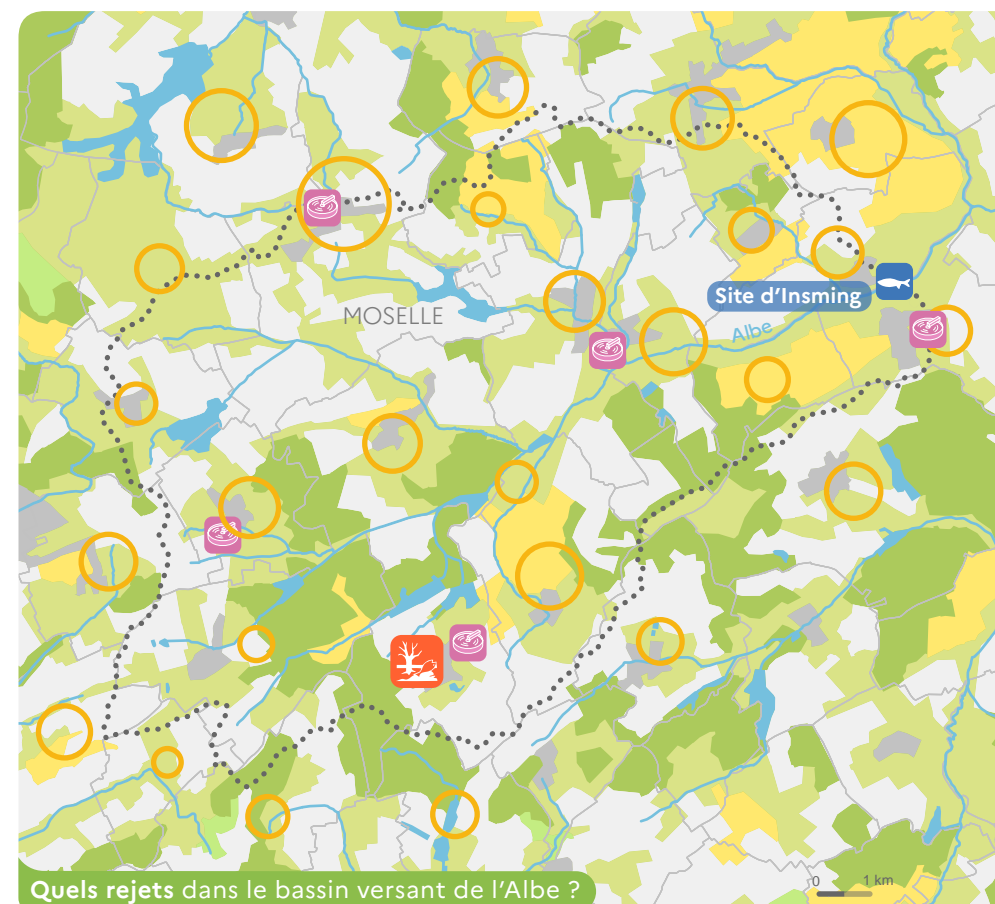
L'indice global d'intersexualité construit dans cette étude combine l'occurrence et la sévérité. Il permet un classement des sites et autorise les comparaisons entre espèces.

Analyse des activités sur les bassins versants

Pour l'ensemble des sites étudiés, une analyse en cours des données d'occupation du bassin versant actuellement en cours doit permettre d'identifier des types de pression contribuant significativement au phénomène.

Des résultats préliminaires indiquent de faibles corrélations positives entre la réponse du biomarqueur IGI et le pourcentage du bassin versant occupé par les terres arables et la taille du cheptel de bovins. Mais il n'a pas de relations significatives avec des pressions urbaines (surface artificialisée, densité de population, stations d'épuration).

Cela semblerait indiquer une prédominance de l'origine agricole des molécules PE dans les milieux aquatiques par rapport à une origine urbaine.



- Site de prélèvement
- Délimitations
 - Bassin versant - 109 km²
 - Communes
- Occupation du sol
 - Masse d'eau
 - Culture
 - Prairie
 - Forêt
 - Urbain
- Rejets dans le milieu
 - 15 rejets toutes activités confondues
Volumes équivalents : 370 000 m³
 - 5 stations d'épuration dans le BV
4 600 Eq. hab
 - Cheptel (nombre de bovins et porcins)
 - 1 000
 - 100

Sources des données : Ineris, 2014 ; BD REP, 2014 - ROSEAU, 2014 - STEU, 2014 (MTE) ; RGA, 2010 (MAA)
Fonds cartographiques : Corine Land Cover, 2012 ; DB Carthage, 2017 ; OFB, 2021
Réalisation : O. Debuf, A. Liccardi © OFB, 2021

Quelles sont les activités humaines et les produits de notre consommation courante qui peuvent être incriminés ?

Des substances présentant des activités endocrines sont présentes dans une large gamme de produits de consommation courante : cosmétiques, produits détergents, plastiques, mais aussi des produits de traitement des cultures (herbicides, insecticides et fongicides), des biocides à usages non-agricoles, et des médicaments à usages humain et vétérinaire. Certaines substances chimiques « héritées du passé », utilisées dans différentes applications industrielles et domestiques (comme retardateurs de flammes, revêtements anti-adhésifs, isolants électriques, etc.) dont l'usage est maintenant interdit, sont encore présents dans nos rivières en raison de leur caractère persistant.

Quelles sont les conséquences à long terme de la féminisation des poissons ?

Des études au Royaume-Uni montrent une diminution de la fertilité et du succès reproducteur (nombre de descendants par géniteur) chez certaines espèces de poissons sauvages, notamment en aval de stations de traitement des eaux usées urbaines (STEU). Au Canada, une étude expérimentale réalisée à l'échelle d'un lac entier a montré qu'une exposition prolongée à l'éthinylestradiol (une hormone de synthèse utilisée dans les pilules contraceptives), à des niveaux de concentration communément rencontrés en sortie de STEU, avait provoqué la disparition de la population de cyprinidés habitant ce lac.

Comment chacun peut-il y remédier ?

En tant que consommateurs, nous avons la possibilité de changer nos comportements en choisissant des produits dans lesquels on ne retrouve pas de perturbateurs endocriniens. La loi anti-gaspillage économie circulaire (AGEC) publiée en 2020, qui vise la réduction des déchets et la fin du plastique jetable d'ici à 2040, rend obligatoire la mise à disposition des informations permettant d'identifier les PE dans les produits mis sur le marché.

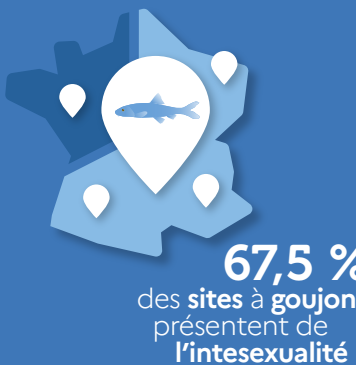


Poursuite des recherches

Les sites présentant une intersexualité élevée doivent prochainement faire l'objet d'une étude approfondie par l'Ineris impliquant des approches bio-analytiques pour détecter dans l'eau des activités endocrines (œstrogéniques, androgéniques, anti-androgéniques, glucocorticoïdes, etc.) potentiellement responsables des effets observés.

Des tests cellulaires in vitro et analyses chimiques ciblées seront ainsi combinés pour identifier les PE présents dans ces milieux.

LES CHIFFRES-CLÉS ILLUSTRÉS



Les mémOs

© Fabien Salles / OFB

Pour aller plus loin...



Collection du service public d'information sur l'eau, **eaufrance**, les **mémOs** sont à retrouver dans la rubrique « publications » du portail eaufrance. Ces synthèses sont réalisées dans le cadre du **schéma national des données sur l'eau** et font l'objet d'une **consultation des partenaires** du système d'information sur l'eau concernés.

www.eaufrance.fr/publications



Les perturbateurs endocriniens, un enjeu majeur pour l'environnement et la santé :

professionnels.ofb.fr/fr/node/1397

L'activité R&D menée sur les perturbateurs endocriniens

professionnels.ofb.fr/fr/node/1403



Office français de la biodiversité
Site de Vincennes
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes

ofb.gouv.fr



@OFBiodiversite @linkedInOFB

INERIS

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques, créé en 1990, est l'expert public pour la maîtrise des risques industriels et environnementaux. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement.

www.ineris.fr

Rapport d'étude de l'Ineris sur l'intersexualité des cyprinidés :

www.eaufrance.fr/publications/lintersexualite-des-cyprinides-dans-les-cours-deau-de-metropole



anses

L'Agence nationale de sécurité sanitaire alimentaire nationale

www.anses.fr/fr/content/travaux-et-implication-de-lanses-sur-les-perturbateurs-endocriniens

SNPE - Stratégie nationale sur les perturbateurs endocriniens 2019-2022

[www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/SNPE 2 - Document de référence.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/SNPE_2_Document_de_reference.pdf)

Directeur de publication : Pierre Dubreuil (OFB)

Coordination de la collection : Clotilde Marcel (OFB)

Conception : Olivier Debuf (OFB)

Rédaction : Clotilde Marcel - Olivier Perceval (OFB)

Relecture : Stéphanie Belaud - Guillaume Body -
Gaëlle Deronzier - Julien Massetti (OFB) -
Édith Chadili - Jean-Marc Porcher (Ineris) -
Isabelle Witté (PatriNat)

Cartes & infographies : Olivier Debuf (OFB)