



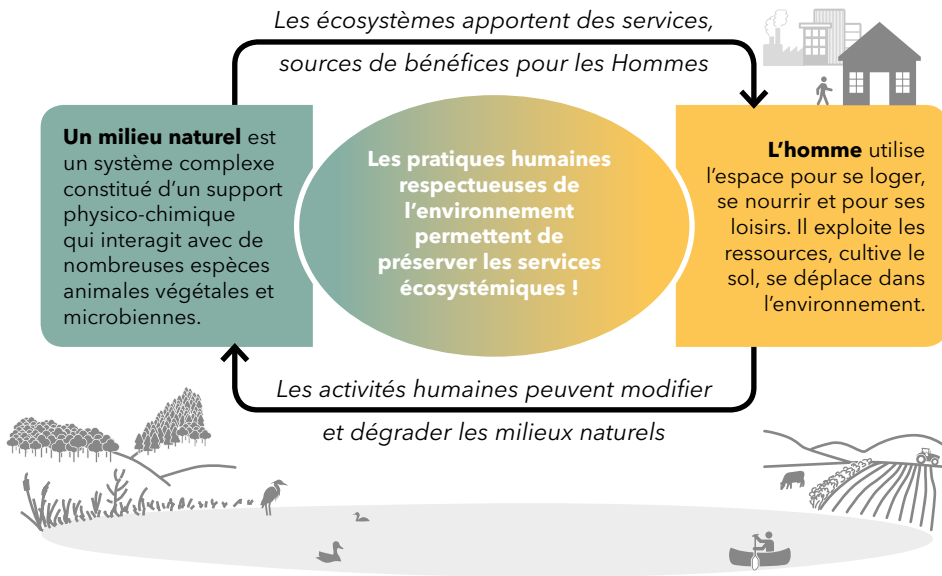
© Lise Pinault

# *Le karst et les rivières du massif jurassien*

**UN SOCIO-ÉCOSYSTÈME FRAGILISÉ PAR  
DES DÉCENNIES D'ACTIVITÉS HUMAINES**

# Introduction

Les **socio-écosystèmes** sont des systèmes intégrés couplant les Hommes et la Nature. Leur étude permet de comprendre les **interactions entre les sociétés humaines et leur environnement**.



Zone Atelier de l'Arc jurassien  
 — Frontière franco-suisse  
 - - - Limite régionale française  
 - - - Limite départementale / cantonale  
 ● Principales villes  
 Sources : IGN, Swisstopo, Chrono-environnement

## DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES PRÉSERVÉS PAR UNE GESTION ADAPTATIVE

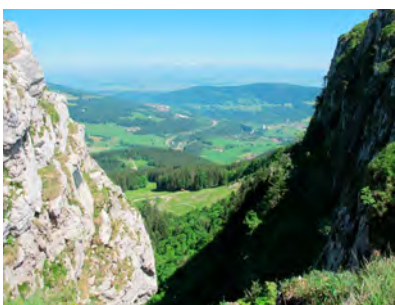


Les **services écosystémiques**, bénéfiques tirés par les hommes du fonctionnement des écosystèmes, assurent le bien-être et le maintien des sociétés humaines depuis des millénaires. On distingue les services :

- de **support** (production d'oxygène...)
- d'**approvisionnement** (production alimentaire...)
- de **régulation** (autoépuration des eaux...)
- **culturels** (esthétique, pédagogie...)



Les actions des sociétés humaines **impactent la qualité des services écosystémiques** fournis par les milieux naturels. En retour, les milieux naturels changent et contraignent les Hommes à s'adapter. On parle de **boucles de rétroaction**.



En mettant en place une **gestion adaptative** de leur environnement, les Hommes changent leurs façons d'agir et d'utiliser les ressources naturelles pour préserver la qualité des milieux naturels et pour garantir la pérennité des services apportés par la nature.



© Daniel Gilbert

© Daniel Gilbert

© Daniel Gilbert



# L'Arc Jurassien

## PORTRAIT D'UN MASSIF DE MOYENNE MONTAGNE

En raison de sa géologie, le massif jurassien est divisé en zones paysagères très spécifiques : plaine, côte, plateau, montagne. On distingue ainsi de l'Ouest vers l'Est, la **zone externe du vignoble jurassien** ou du faisceau de Besançon, à laquelle **succèdent deux plateaux** : le premier à l'est de Lons-le-Saunier (400 m d'altitude) et le second vers Champagnole et Ornans (700 m d'altitude). Enfin la **Haute Chaîne plissée**, composée d'anticlinaux (monts) et de vallées synclinales, débute à partir d'altitudes supérieures à 800 m. Ces trois unités géomorphologiques composent un même ensemble géologique constitué de roches sédimentaires (calcaires et marnes) datées principalement du Jurassique et déformées lors de la formation des Alpes.

Le massif jurassien se distingue par un climat **tempéré à influence océanique, continentale voire montagnarde dans la Haute Chaîne**. Les températures hivernales sont rigoureuses dans la partie Est et les précipitations sont abondantes (entre 1 200 mm sur les avant-monts et 2 000 mm sur la Haute Chaîne). Néanmoins, l'eau est rapidement absorbée par un sol peu épais et un sous-sol très drainant, en particulier là où le calcaire affleure. Les zones les plus imperméables dominées par les marnes ou recouvertes par des dépôts glaciaires favorisent l'accumulation d'eau en surface (lacs, tourbières).

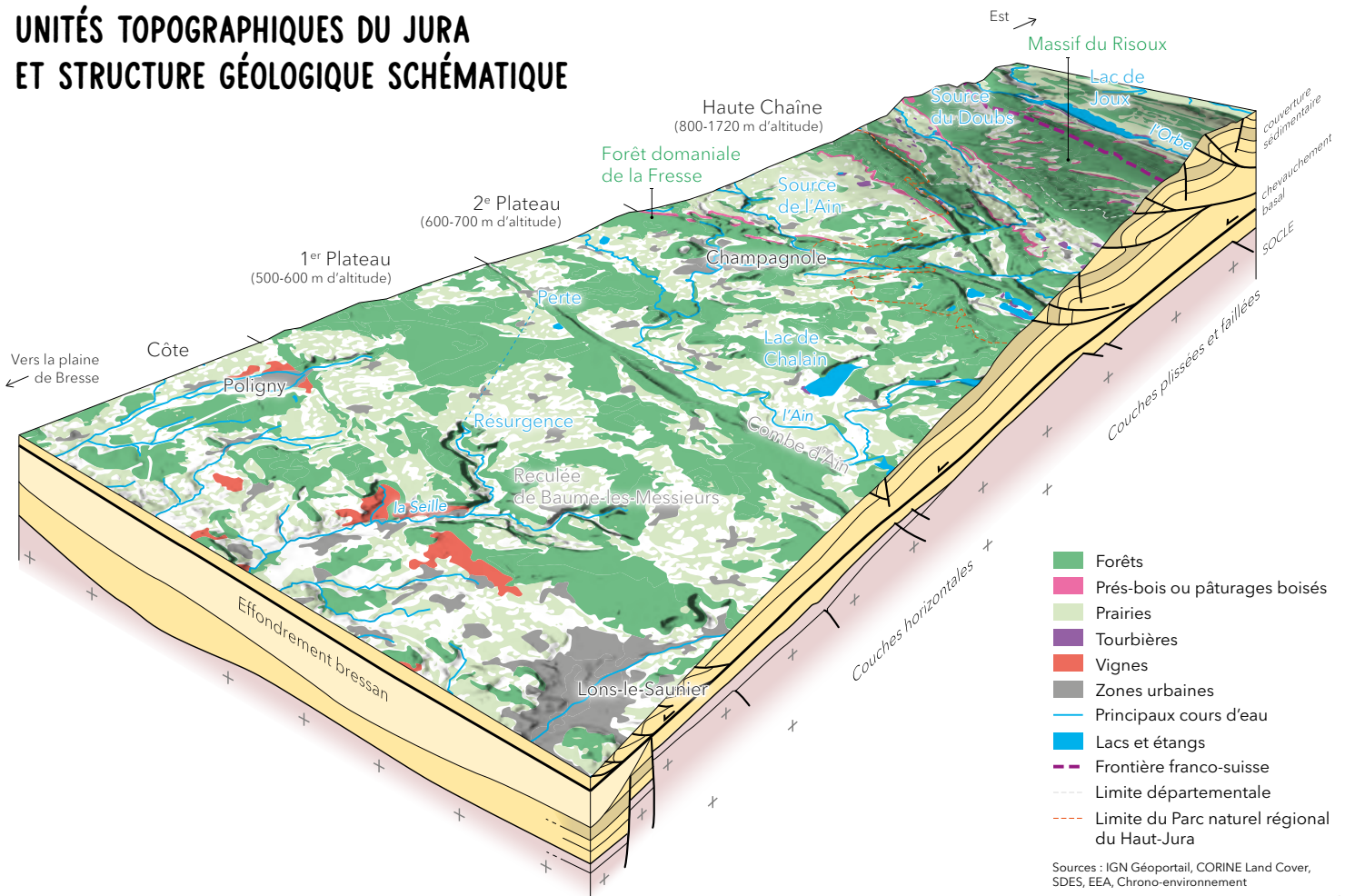
La variété des conditions géologiques, pédoclimatiques et des usages des sols ont façonné des milieux diversifiés : **forêts** (de feuillus, résineuses et mixtes), **prairies** (permanentes et temporaires), **prés-bois, rivières karstiques, lacs d'altitude, tourbières** et autres zones humides.



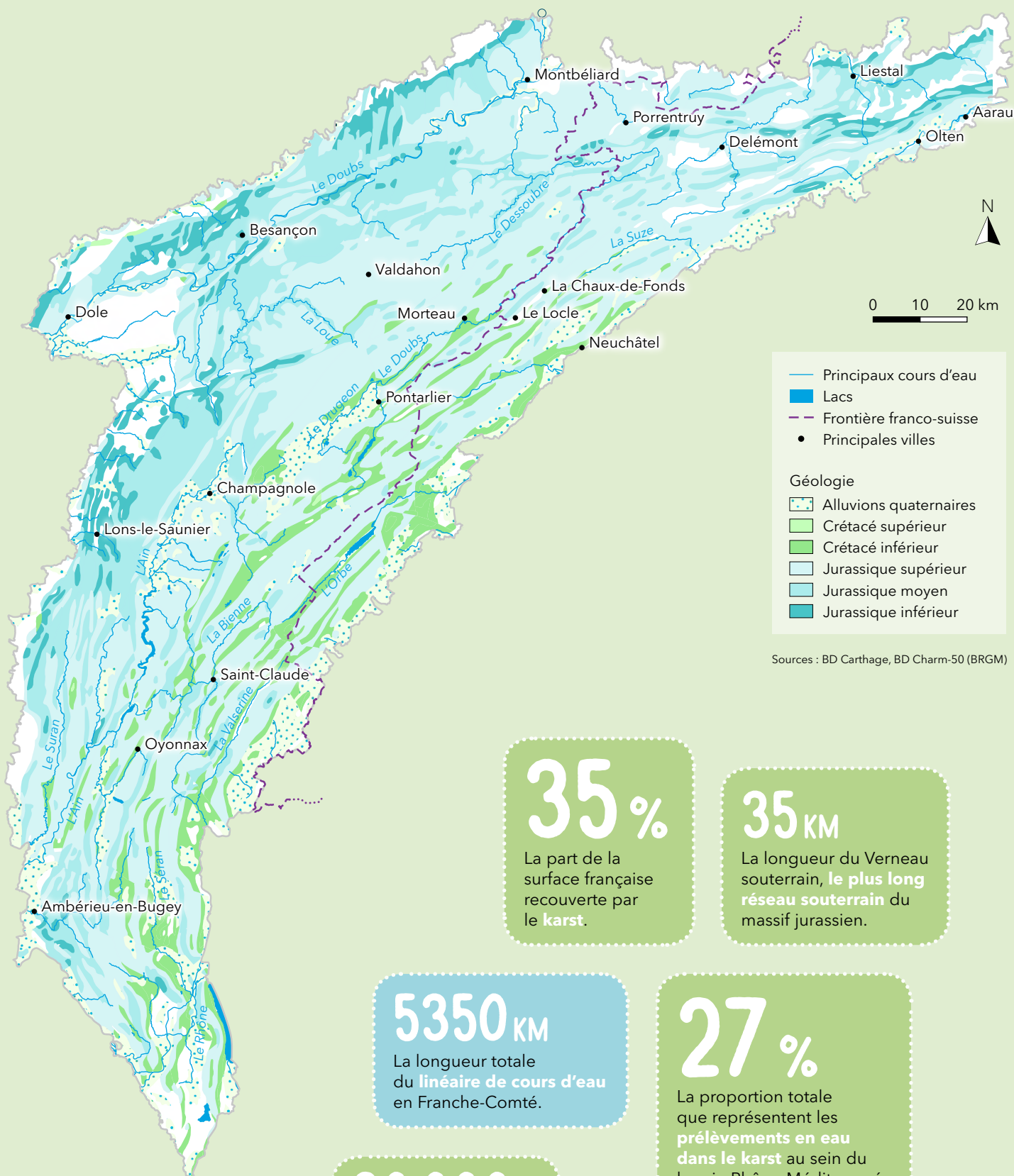
Paysage jurassien.

Dans le massif jurassien, les interactions entre les sociétés humaines et leur environnement sont anciennes : la présence permanente des hommes sur le territoire est attestée dès le Néolithique. C'est au cours des 3 derniers siècles, cependant, que sont apparues la majorité des pratiques susceptibles de mettre en péril la résilience de ces espaces, avec une nette accélération des transformations après 1950.

## UNITÉS TOPOGRAPHIQUES DU JURA ET STRUCTURE GÉOLOGIQUE SCHÉMATIQUE



# LES PRINCIPALES RIVIÈRES DU MASSIF JURASSIEN



**35%**

La part de la surface française recouverte par le karst.

**35 KM**

La longueur du Verneau souterrain, le plus long réseau souterrain du massif jurassien.

**5350 KM**

La longueur totale du linéaire de cours d'eau en Franche-Comté.

**27%**

La proportion totale que représentent les prélèvements en eau dans le karst au sein du bassin Rhône-Méditerranée.

**20 000**

Le nombre de cavités souterraines recensées dans le massif jurassien franco-suisse.

**453 KM**

La longueur du Doubs, plus longue rivière de l'Arc Jurassien.



# Le karst et les rivières

## UN CONTINUUM HYDROLOGIQUE

Le karst et les rivières karstiques sont des milieux emblématiques de l'Arc Jurassien, dotés d'une forte valeur patrimoniale. Ce ne sont pas deux entités distinctes : au contraire, karst et rivières sont intimement connectés via un **continuum écologique**. Les rivières jurassiennes héritent d'ailleurs leurs spécificités de leur nature karstique.

1) En profondeur, des **galeries et rivières souterraines** récupèrent les eaux infiltrées à travers les sols.

Du karst...



© Etienne Vois

La grotte d'Osselle (Doubs)

...à la source...

10,8 M<sup>3</sup>/S

Le débit moyen de la source de la Loue

© Lise Pinault



La source du Lison (Doubs)

2) L'eau retrouve la lumière du jour au niveau de **sources où prennent naissance des rivières** comme le Doubs, la Loue, l'Orbe ou le Lison.

...à la rivière



© Lise Pinault

Le Doubs à Besançon

## LES BASSINS VERSANTS KARSTIQUES

Les eaux s'écoulant dans une rivière proviennent de son bassin versant, territoire qui recueille l'ensemble des précipitations qui l'alimentent via le ruissellement ou l'infiltration y compris pour ses affluents. En règle générale, les limites du bassin versant sont déterminées par la ligne des crêtes qui l'entourent, c'est-à-dire par le relief : de part et d'autre de cette ligne, les eaux ruissellent par gravité vers un exutoire\* différent. Le milieu karstique oblige à repenser cette délimitation traditionnelle du bassin versant. En milieu karstique, il est courant qu'une partie des précipitations qui s'écoulent sur un versant s'infiltrent dans le sous-sol et réapparaissent au pied de l'autre versant. Le cheminement des écoulements souterrains, d'une grande complexité, est d'ailleurs encore très mal connu des scientifiques.

\* Les mots annotés d'un astérisque (\*) dans ce livret sont définis dans le glossaire en page 23.

3) Peu nombreuses, les rivières qui coulent dans le massif jurassien s'étendent sur de grandes longueurs et drainent des débits importants :

- Le **DOUBS** (453 km)
- L'**AIN** (190 km)
- La **LOUE** (122 km)

# L'histoire géologique a façonné le Jura

## CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Pour comprendre le façonnement du karst et des rivières jurassiennes, il faut faire un bond de **150 millions d'années en arrière**. C'est là que se sont formées les roches couvrant à 95 % le massif jurassien : les **calcaires** et les **marnes**. À cette période, le Jurassique, le Jura était couvert par les eaux et ressemblait à une immense plateforme littorale marine, située en bordure de la Thétys, un océan disparu.

## CALCAIRES

Formés dans des étendues marines peu profondes, chaudes, oxygénées et riches de vie.

**1) Accumulation de boues calcaires** composées majoritairement de restes de coquillages et squelettes d'organismes marins.

**2) Transformation des boues** en calcaires par un ensemble des processus physico-chimiques (diagenèse).

Les calcaires sont des roches dures, mais **solubles au contact de l'eau**.



Vodimivado

## MARNES

Formées dans des bassins marins profonds, calmes, peu oxygénés et proches des côtes.

L'érosion des continents alimente les océans en **particules argileuses**, s'accumulant dans les bassins peu agités.

Formation des marnes, roches sensibles à l'érosion et **imperméables**.



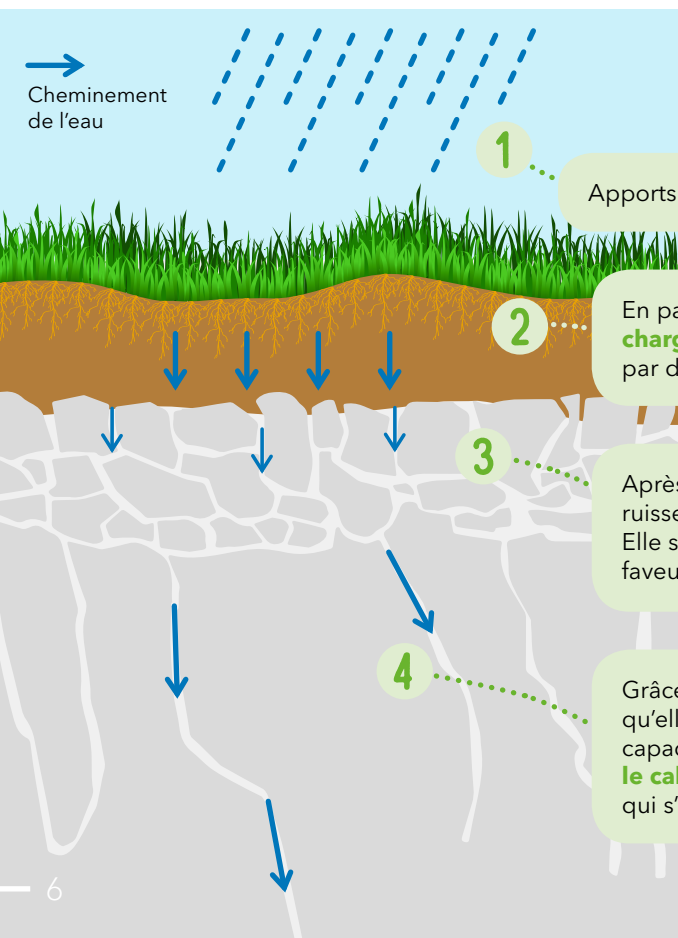
Philippeula

## LA KARSTIFICATION, LE PROCESSUS DE FORMATION DU KARST

La **présence de calcaire massif, épais et fracturé par l'activité tectonique, et de précipitations abondantes** a permis la mise en place du karst, forme d'érosion particulière résultant de la **dissolution du calcaire**. Ce lent processus de formation du karst s'appelle la **karstification**.

Après le retrait de l'océan Thétys, les plaques tectoniques africaines et européennes **entrent en collision il y a environ 30 millions d'années**, provoquant le soulèvement des Alpes. Cela a eu des conséquences **sur les régions avoisinantes comme le Jura**, où les couches de roches sédimentaires se sont décollées de leur socle et déformées comme des ondulations (plissements) dans la Haute Chaîne. Les couches calcaires ont été fortement impactées par cette activité tectonique, créant des **cassures (failles ou diaclases) propices à l'infiltration de l'eau dans la roche**.

## MISE EN PLACE DE LA KARSTIFICATION SUR UN CALCAIRE MASSIF FRACTURÉ



→  
Cheminement de l'eau

1... Apports d'eau par les **précipitations**.

2... En passant dans le sol, l'eau se **charge en dioxyde de carbone** par dissolution et s'acidifie.

3... Après avoir traversé le sol, l'eau ruisselle sur la surface du calcaire. Elle s'infiltre dans le sous-sol à la faveur des **fractures de la roche**.

4... Grâce au dioxyde de carbone qu'elle contient, l'eau acquiert la capacité d'attaquer et **dissoudre le calcaire** le long des fractures, qui s'agrandissent au fil du temps.

Le sol est riche en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) car c'est le lieu de décomposition de la matière organique en  $\text{CO}_2$  par les micro-organismes du sol (**minéralisation\***).

On dit que l'eau **percole**.

En dissolvant le calcaire, l'eau s'enrichit en minéraux (**calcium, magnésium, bicarbonates...**).

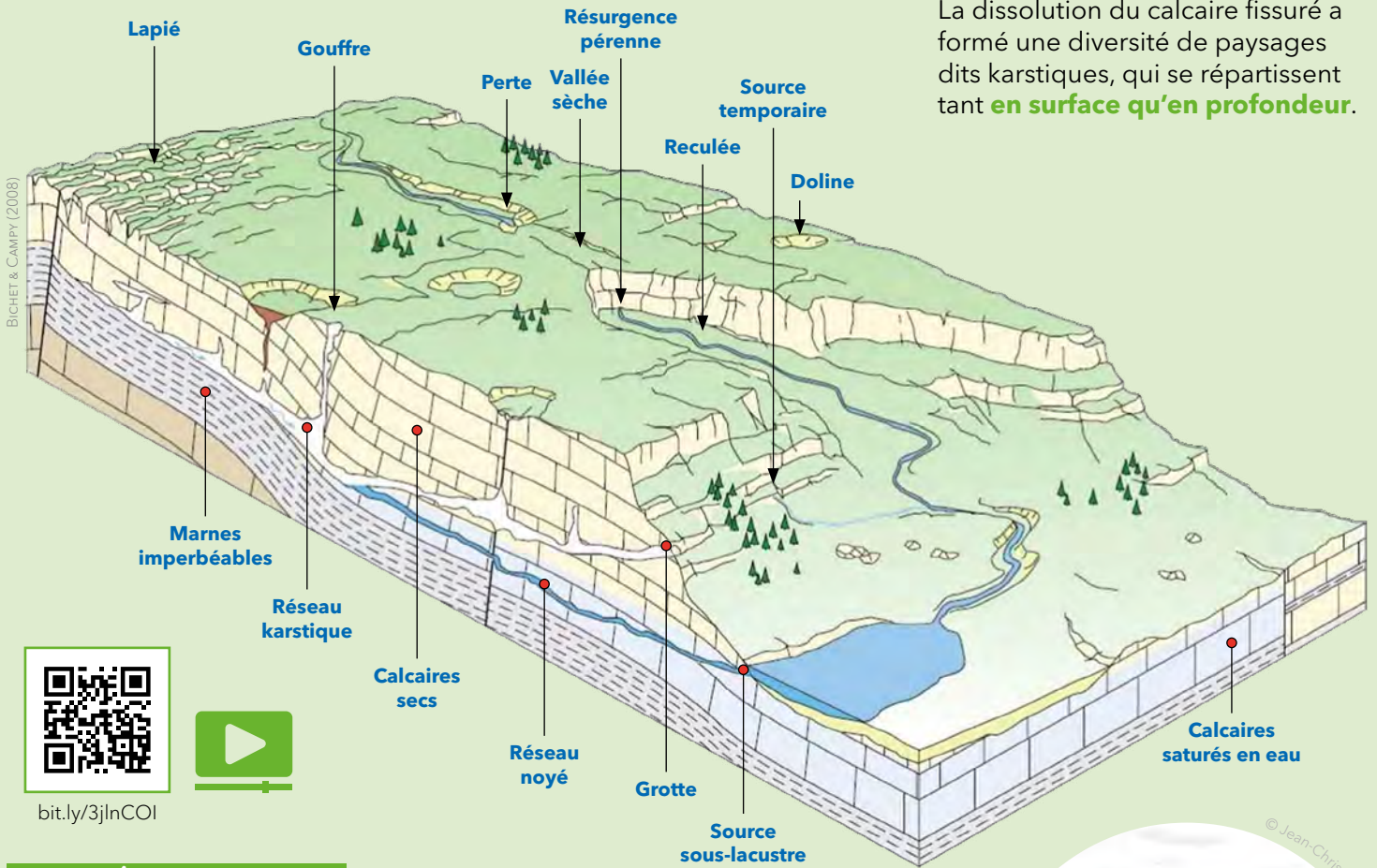
L'eau rejoint ensuite les **réseaux karstiques souterrains** puis les sources et les rivières.



# LA DIVERSITÉ DES PAYSAGES LIÉS À L'EAU ET AU KARST DANS LE JURA

Le Jura est un **milieu très drainant**, c'est-à-dire que l'eau issue des précipitations **s'infiltré rapidement** vers les réseaux souterrains grâce aux fractures du calcaire et à la faible épaisseur des sols.

La dissolution du calcaire fissuré a formé une diversité de paysages dits karstiques, qui se répartissent tant **en surface qu'en profondeur**.



bit.ly/3jInCOI



## MODELÉS SOUTERRAINS

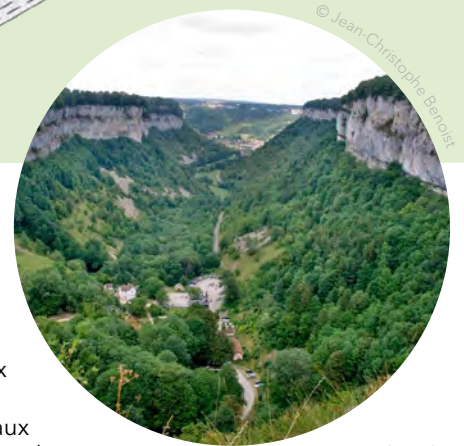
Dans le sous-sol se trouve l'**aquifère karstique**, une couche de roche perméable conductrice d'eau souterraine (**calcaires**) reposant sur une couche imperméable (**marnes**). Ce sous-sol est creusé par l'eau formant localement de larges conduits et **réseaux souterrains** de plusieurs centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres de long. Dans ces cavités se forment des rivières souterraines où **l'eau circule à vitesse élevée**. Elle peut arriver dans ces réseaux de manière diffuse, en s'infiltrant sur l'ensemble des terrains calcaires, ou ponctuellement au niveau des **pertes**.



Le réseau du Verneau (Jura, Doubs).

## MODELÉS KARSTIQUES DE SURFACE

Dans la zone proche de la surface, dite superficielle, les calcaires forment, au contact de l'eau, des modelés originaux (**exokarst**) comme les **pertes** (où l'eau s'infiltré dans les réseaux souterrains), les **résurgences\*** (où l'eau ressort), les **lapiéz\***, les **dolines\*** (dépression circulaire), les puits (ou avens), les **reculées\*** (vallée profonde creusée dans le bord d'un plateau calcaire)...



La reculée de Baume-les-Messieurs (Jura).

## Eaux DE SURFACE

Les eaux de surface (rivières) s'écoulent dans les vals, parfois sur les plateaux et dans les reculées en bordure de ceux-ci, à même le calcaire ou sur les terrains imperméabilisés par des marnes ou des dépôts glaciaires. **Étroitement liées au karst, leurs eaux peuvent disparaître dans les écoulements souterrains ou être directement alimentées via ces derniers**. Le passage d'un écoulement souterrain à un écoulement de surface s'effectue au niveau d'une source. Localement, les eaux des rivières peuvent à nouveau rejoindre sur une partie de leur tracé les réseaux karstiques en s'infiltrant au niveau des **pertes**.



La Loue.

© Daniel Gilbert

© Anthony Abi Nader

© Jean-Christophe Benoit



# Biodiversité et fonctionnement écologique

## DES RIVIÈRES AUX DÉBITS\* FLUCTUANTS

Les cours d'eau et réseaux karstiques du Jura drainent d'importants débits d'eau, dont les niveaux sont toutefois **variables d'une saison à l'autre** en fonction des apports en pluies et neiges.

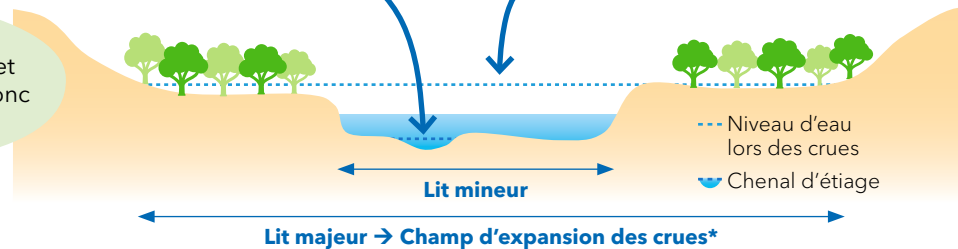
Les basses eaux ont lieu en été ou en début d'automne, quand la pluviométrie est minimale ; les cours d'eau peuvent parfois être en **assec\***. Des **étiages** peuvent aussi advenir en hiver, au cours de période de froid intense.

**Les crues** se produisent surtout en fin d'automne ou en fin d'hiver et en début de printemps, sous l'effet soit de pluies intenses soit du cumul des pluies et de la fonte des neiges.

L'été, des crues influencées par les précipitations orageuses (**crues éclairs**) peuvent aussi survenir.



L'augmentation du nombre de sécheresses intensifie la fréquence et la durée des étiages et assecs, et donc la disponibilité en eau (page 14 📖).



## LE TRANSPORT DES SÉDIMENTS DANS LES RIVIÈRES

Toute rivière transporte des **éléments minéraux** de tailles variées (sables, graviers, galets), **apportés des sources, érodés de ses berges, de son lit ou arrachés des versants alentours** (abrasion). La capacité d'un cours d'eau à transporter ces matériaux est contrôlée par la **pente**, la **vitesse du courant** et la **dimension des particules**. Vers l'amont, la partie la plus élevée du bassin versant, où les cours d'eau jurassiens sont plutôt **encaissés et à pente raide**, correspond à la zone de production des sédiments et d'alimentation en eau. En étiage, les sables, les graviers et les galets sont déposés en bancs dans le lit mineur. Ils sont remobilisés durant les crues tandis que les particules fines sont exportées à la faveur des inondations sur l'ensemble du lit mineur qu'elles fertilisent.



Les aménagements humains (barrages, seuils, digues) modifient fortement ces transports sédimentaires, altérant le fonctionnement des rivières (page 14 📖).

## UNE RARE RICHESSE BIOLOGIQUE

Le foisonnement biologique caractéristique des rivières jurassiennes s'explique par leur **alimentation karstique**. En effet, la circulation de l'eau dans le calcaire **l'enrichit en minéraux** comme le calcium et le magnésium, utilisés par les algues et les mollusques pour leur développement. En outre, alimentées par les eaux fraîches du karst, les rivières jurassiennes **bénéficient de températures basses** formant des habitats propices à certaines espèces d'invertébrés et de poissons (truites, ombres). Ces derniers peuvent atteindre des **tailles très importantes**.



Cette richesse des eaux en minéraux est aussi la faiblesse de ces rivières. En effet, le moindre apport excédentaire en minéraux peut entraîner une surproduction des algues (page 14 📖).





1. Cincle plongeur
2. Écrevisse à pattes blanches
3. Truite fario
4. Chabot
5. Perles

## HAUTE CHAÎNE

Les **températures** et les **brassages des eaux** varient sensiblement entre **l'amont** (eaux fraîches et plus agitées) et **l'aval** (eaux chaudes et plus calmes). En conséquence, les rivières jurassiennes offrent une **mosaïque variée d'habitats et d'espèces** entre la source et l'aval du cours d'eau.



- Eau de surface
- ... Ecoulements souterrains dans le karst
- Sens des écoulements

6. Ombre
7. Trichoptères
8. Apron du Rhône
9. Harle bièvre
10. Hirondelle de rivage
11. Guêpier d'Europe
12. Martin pêcheur
13. Brème
14. Brochet
15. Crapaud commun
16. Grand murin
17. Araignée (*Meta menardi*)
18. Niphargus

## LE KARST : UNE BIODIVERSITÉ ATYPIQUE

Malgré leur apparent dénuement, les milieux souterrains sont pourtant occupés par les organismes vivants qui ont su **s'adapter à la vie sans lumière**, que ce soit par perte de leur couleur (dépigmentation), de leur sens de la vue ou par le développement du sens tactile via des poils ou de la soie.

- Crédits
- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1. Agustín Povedano  | 10. Aiwok  |
| 2. David Gerke       | 11. Lise Pinault   |
| 3. Aaron Gustafson   | 12. Andreas Trepte   |
| 4. Hans Hillewaert   | 13. Микова Наталия   |
| 5. Drahrub           | 14. Gilles San Martin  |
| 6. Gilles San Martin | 15. Christian Fischer  |
| 7. Syrio             | 16. Manuel Werner  |
| 8. Erimouche         | 17. Holger Krisp   |
| 9. Philippe Moret    | 18. Jean-François Flot et al.<br>BMC Evolutionary Biology 2010 |

# Un lien ancien entre l'homme et les rivières : les pratiques passées

Scierie le long du ruisseau de la source bleue (Malbuisson, 25).

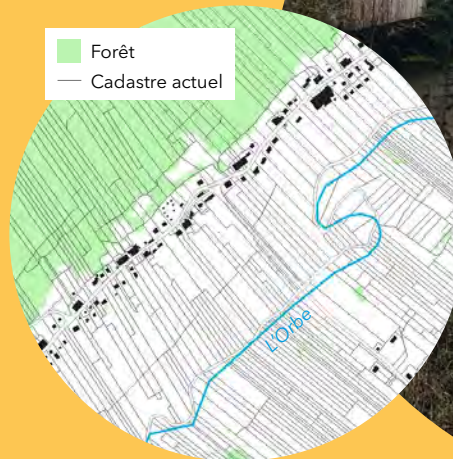
## Des usages anciens

### LES RIVIÈRES, DES LIEUX STRATÉGIQUES D'IMPLANTATION

- Malgré les risques d'inondations, vivre près des rivières était un atout pour les Hommes : **ressource en eau, en poissons, transport de marchandises**... Plusieurs grandes villes jurassiennes se sont établies le long des cours d'eau, à l'image de Besançon, nichée au cœur d'un méandre du Doubs.

- Dans les **plaines alluviales**, notamment en marge ouest de l'Arc Jurassien, la qualité des sols fertilisés par les alluvions et la disponibilité en eau (nappes alluviales), ont permis l'occupation humaine et la **production agricole dès le Néolithique**.

- Dans la Haute Chaîne, autour de l'an 1000, la **colonisation massive du milieu forestier** (cf. livret forêts 📖) s'est d'abord opérée **autour des axes naturels que sont les rivières**. Les terres y ont été découpées en lanières partant du cours d'eau et s'étirant jusqu'à la forêt. Distribuées par le clergé à des particuliers (abergement\*), ces derniers ont développé des prés de fauche et de pâturage dans les fonds de vallée humides et défriché le milieu pour percer en profondeur l'écosystème forestier.



Cadastre à bois d'amont (39), un héritage de l'abergement le long de l'Orbe.



### LE SAVIEZ-VOUS ?

Dans un système interconnecté, les évolutions paysagères du bassin versant ont impacté le fonctionnement des rivières. Au 19<sup>e</sup> siècle, les forêts jurassiennes ont quasiment disparu (cf. livret forêts 📖). Sur les versants dénudés, l'érosion est à son paroxysme, ce qui augmente les apports sédimentaires vers les rivières. En outre, les ruissellements sur les versants non végétalisés s'accroissent et on assiste à une multiplication du nombre de crues éclaircies à cette période.

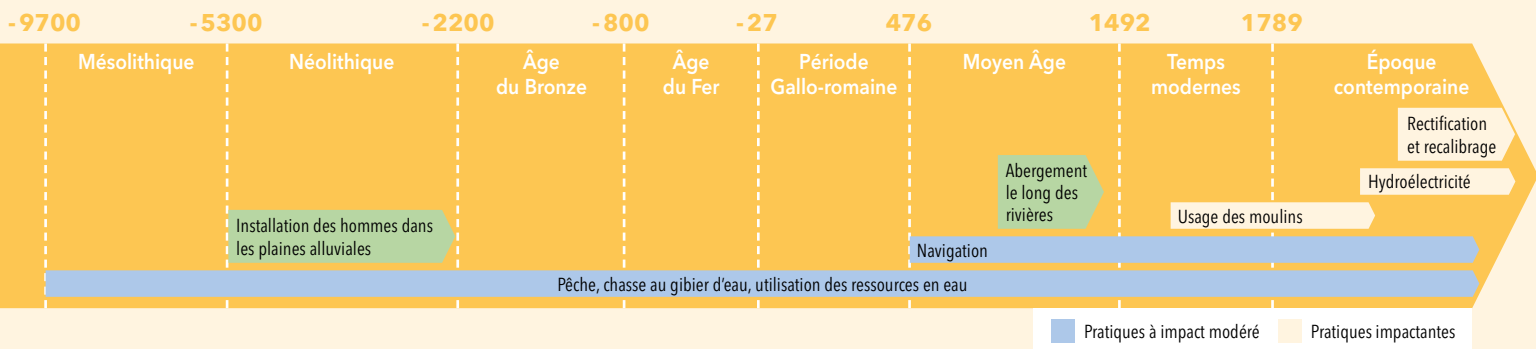
### LA NAVIGATION FLUVIALE ET LE FLOTTAGE DU BOIS

Si, depuis la terre, les rivières sont des barrages à la circulation humaine, elles ont aussi servi d'**axes de transport et de communication**, comme l'atteste l'existence de chemins de halage le long du Doubs. Dans la vallée de la Loue, les scieries ainsi que les sites de production du bois (forêt de Chau) utilisaient la rivière pour le transport des grumes, par flottage du bois. Le flottage du bois à « bûches perdues » a aussi été pratiqué sur de nombreux cours d'eau. En outre, la production de sel des Salines de Salins les Bains et d'Arc-et-Senans a été ponctuellement exportée grâce aux rivières, bien que le transport par les routes franco-comtoises était privilégié.

### HABITER UN MASSIF KARSTIQUE

Le massif jurassien est un **milieu karstique** où l'eau n'est que peu disponible à la surface en altitude, contraignant les Hommes à s'adapter dès le Moyen Âge. Pour développer l'agropastoralisme sur les estives, les **dolines**, dépressions circulaires formées par la dissolution du calcaire, ont été **comblées par un substrat imperméable argileux afin de favoriser l'accumulation des eaux de pluie** et éviter leur infiltration dans les réseaux karstiques. Ces mares artificielles, appelées **goyas**, étaient utilisées pour abreuver les bêtes dans les estives. Elles sont aujourd'hui remplacées par des citernes Certains cours d'eau ont également été détournés pour assurer l'approvisionnement en eau des animaux.





# Des activités impactantes pour le fonctionnement des cours d'eau

## FAIRE PROFIT DE LA FORCE MOTRICE

### LES MOULINS

Ponctuant par centaines les rives de la Loue, de la Bienne ou de la Furieuse, les moulins ont permis aux hommes d'utiliser la force motrice de l'eau pour actionner différents mécanismes, et ce dès le Moyen Âge.



120

Le nombre de roues hydrauliques sur la Furieuse entre sa source et Salins (12km) en 1880

Moulins à grain

Moulins des forges

Positionnés en retrait de la rivière

Moulins des scieries

La roue était actionnée par les eaux d'une rivière détournées par un bief (canal), souvent accompagné d'un seuil.

La plupart de ces ouvrages ont disparu à l'aune du 20<sup>e</sup> siècle, concurrencés par le charbon et la machine à vapeur.

### BARRAGES HYDROÉLECTRIQUES



Au 20<sup>e</sup> siècle, en parallèle à l'électrification des villages, les rivières jurassiennes sont utilisées pour la **production d'électricité**. Le Doubs franco-suisse, dans sa partie amont et médiane **où la pente et donc l'énergie disponible sont importantes**, a été particulièrement impacté. Y sont construits plusieurs barrages et centrales hydroélectriques dans la **première moitié du 20<sup>e</sup> siècle** (Refrain en 1909, la Prétière en 1918, Grosbois en 1927, Vaufrey en 1949, Châtelot en 1953). Le barrage jurassien le plus célèbre, celui de Vouglans, sur l'Ain, n'est quant à lui bâti qu'en 1968. En France, les centrales ont pour la plupart été **nationalisées après la seconde guerre mondiale** et appartiennent aujourd'hui à EDF.



Biefs, seuils, barrages, travaux de rectification et de recalibrage ont entravé le fonctionnement des cours d'eau et le déplacement des espèces (page 14 📖).

## MAÎTRISER LES RIVIÈRES POUR L'AGRICULTURE : LA RECTIFICATION ET LE RECALIBRAGE

Après un exode rural marqué jusqu'aux années 1950, le massif jurassien connaît un **regain démographique** après la seconde guerre mondiale. Celui-ci s'accompagne d'une **intensification agricole, demandeuse de terres agricoles nouvelles** pour accroître la production. En raison de l'urbanisation grandissante, cependant, les terres disponibles sont limitées et les hommes cherchent à les **gagner sur les champs d'expansion des crues\*** par **rectification\*** ou **recalibrage\*** des cours d'eau.



**AVANT.** La rivière en méandres possède un vaste champ d'expansion des crues, couvert de prairies humides et/ou forêts alluviales.



**APRÈS.** Élargi, le lit mineur suit un tracé rectiligne. Peu ou pas soumises aux crues, les terres adjacentes sont cultivées.

## ZOOM SUR

### L'USAGE DES POMPES HYDRAULIQUES DE LA GRANDE SALINE

La Grande Saline de Salins-les-Bains s'est servie de l'énergie hydraulique de la Furieuse, la rivière locale, pour faire fonctionner les mécanismes d'extraction du sel. Avant, le 18<sup>e</sup> siècle, la saumure – c'est-à-dire l'eau salée – était extraite grâce à un système de norias actionnées par des chevaux.

Après 1800, toutefois, ce système a été remplacé par des pompes hydrauliques fonctionnant grâce à l'énergie de la Furieuse. Une large roue entraînait dans son sillage une dizaine de pompes puisant l'eau salée en profondeur. La plupart de ces ouvrages, situés dans une galerie souterraine, ont été détruits avec le temps.



La roue actionnant les pompes.

# Le karst et les rivières au 21<sup>e</sup> siècle

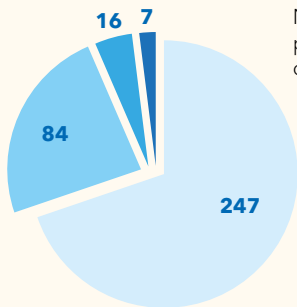
## APPROVISIONNEMENT EN EAU



La qualité des eaux karstiques varie selon la pluviométrie : elle diminue nettement lors des crues.

### D'OÙ VIENT L'EAU DU ROBINET ?

Dans le massif du Jura, les plus grandes réserves en eau sont contenues dans les sous-sols (aquifères karstiques). La majorité des prélèvements d'eau potable se font par **forages ou par captage de sources naturelles**.



Nombre de captages d'eau potable dans le département du Doubs.

- Aquifère karstique
- Nappe alluviale
- Aquifère profond
- Rivière ou lac



Chaque captage est généralement sécurisé par une **zone de protection des eaux**, au sein de laquelle les activités humaines sont réglementées. Dans le Jura, la nature karstique du massif peut complexifier leur délimitation (page 7).



## CONSOMMATION DOMESTIQUE

# 41%

La part des usages domestiques de l'eau dans le secteur de l'EPAGE Haut Doubs Haute Loue.

La pression exercée sur l'eau par les 2,4 millions d'habitants de l'Arc Jurassien est importante mais **inégalement répartie selon la densité de population**. Elle est la plus forte autour des grandes agglomérations (Besançon, Lons-le-Saunier...) et dans les communes **à la frontière franco-suisse** (Pontarlier, Morteau) où l'augmentation du nombre d'habitants et l'urbanisation accroissent la pression sur la ressource.

# 120 à 150

Le nombre de litres d'eau rejetés en moyenne par un habitant chaque jour.



## CONSOMMATION AGRICOLE

Bien que la pression sur l'eau générée par l'irrigation soit faible, l'agriculture jurassienne n'en est pas moins gourmande en eau. Pour des **raisons sanitaires**, il est courant que les fermes soient raccordées aux réseaux d'alimentation en eau potable pour abreuver leurs bêtes. La **présence de cheptels bien développés** sur une commune pourtant peu densément peuplée peut ainsi accroître la consommation en eau, surtout sur les plateaux jurassiens.



## CONSOMMATION INDUSTRIELLE & HYDROÉLECTRIQUE

Les réseaux potables publics sont utilisés par les industriels, qui s'installent d'ailleurs à proximité des rivières. L'eau sert de solvant (pour dissoudre des substances) ou de matériau refroidissant ou réchauffant.

→ **Sidérurgies, plasturgies, laiteries, scieries...**

En outre, l'eau prélevée directement dans les rivières sert massivement à l'industrie hydroélectrique, en particulier sur le Doubs franco-suisse et l'Ain, à Vouglans. Sur le Doubs, l'électricité produite est exportée à destination de la France comme de la Suisse.

# 110 000

Le nombre de foyers français alimentés en électricité par les 5 barrages hydroélectriques sur le Doubs.



Barrage du Refrain à la frontière franco-suisse.





# LA PÊCHE, EMBLÈME DU JURA

Les cours d'eau du massif jurassien se distinguent par leur **productivité biologique**. Leur **richesse en salmonidés (truites et ombres)**, abondants et de tailles remarquables, est de réputation mondiale mais menacée par la baisse de la qualité des eaux.

**PÊCHE À LA MOUCHE**  
des truites et ombres

**PÊCHE AUX CARNASSIERS**

**PÊCHE AU COUP**

C'est la pratique emblématique des rivières de l'Arc Jurassien. Elle utilise, pour tromper les poissons, un leurre imitant, à l'aide de plumes, poils et matériaux synthétiques, des mouches ou insectes.

**30 À 40 CM**

La taille qu'atteignent régulièrement les truites du Jura.



La pêche à la mouche.



**Nicolas GERMAIN,**  
pêcheur

« La pêche à la mouche sur les truites est très ancienne mais, avec la dégradation de la qualité de l'eau sur les rivières comtoises et la diminution du nombre de truites, elle s'est reportée sur d'autres espèces pour maintenir la pratique. On peut imiter toutes sortes d'appâts selon ce que mange l'espèce chassée. Aujourd'hui, plusieurs dizaines de km sont classés en No Kill de plus en plus avec le temps. Les conditions sont de plus en plus dramatiques et c'est un levier à activer pour préserver la ressource et continuer à pêcher. »

## LES MUTATIONS DE LA PÊCHE À LA MOUCHE SOUS L'EFFET DES POLLUTIONS

Pollution des eaux  
(page 14 ☞)

Raréfaction des poissons

Retombées sur le secteur du tourisme de pêche

Multiplication des parcours No Kill (où le poisson est relâché après capture)

Report vers d'autres pêches ou espèces

Report sur des rivières moins polluées

Pêche au corégone en lac  
(cf. livret tourbières et lacs ☞)

## TOURISME FLUVIAL



### Navigation fluviale

Le Doubs, la Petite Saône et le canal du Rhône au Rhin, ouvert en 1833, sont navigables sur une grande partie de leur cours. Ce secteur touristique s'est particulièrement développé autour de sites emblématiques tels le Saut du Doubs.

**300 KM**

Le linéaire de voies navigables en Franche-Comté.



### Voies cyclables le long des chemins de halage

De Belfort à Dole, d'anciens chemins de halage le long du Doubs et du canal du Rhône au Rhin ont été réaménagés pour le tourisme cyclable. Il s'agit d'un tronçon local de l'Eurovéloroute 6, qui propose de relier Saint Brévin les Pins en France à Constanța en Roumanie.

**160 KM**

La longueur du tronçon de l'Eurovéloroute 6 entre Belfort et Dole.

Trajet de l'Eurovéloroute 6



## LA SPÉLÉOLOGIE



De plus en plus populaire, la spéléologie consiste à **localiser, explorer et étudier les cavités souterraines**. Elle est bien implantée dans le Jura, où les cavités, grottes ou gouffres abondent en raison de la nature calcaire du massif. Pratiquée pour le plaisir, elle possède également **une vraie valeur scientifique**, en enrichissant notre connaissance du karst, dont les réseaux souterrains demeurent largement inexplorés.

© Anthony Abi Nader



Spéléologie.

# Un socioécosystème sous tension

Emblématiques par leur foisonnement biologique, qui a d'ailleurs fait leur réputation auprès des pêcheurs, les rivières karstiques du massif jurassien font pourtant l'objet de plusieurs menaces impactant la qualité de leurs eaux et leur fonctionnement hydrologique. Ces dégradations se sont intensifiées mais ne sont pas récentes : dans les années 70, des scientifiques sonnaient déjà l'alerte.

## DES OBSTACLES À LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE



© PNR Haut-Jura

Seuil sur le Merdançon.

Les **seuils** et surtout les **barrages** construits par les hommes pour utiliser la force motrice impactent la **continuité écologique**, autrement dit le libre déplacement des espèces et des sédiments :

- **Obstacles infranchissables** pour les poissons, ce qui limite leur accès aux zones de reproduction (frayères) ou d'alimentation ainsi que les brassages génétiques.
- **Ralentissement des écoulements** en amont des seuils, ce qui augmente la température de l'eau, diminue la qualité des habitats et accroît l'eutrophisation
- **Piégeage des plus gros sédiments** en amont du seuil entraînant une altération du fonctionnement de la rivière.
- **Risque pour les habitants riverains** lié à la rupture d'ouvrages fragilisés.

Pour en apprendre plus sur les continuités écologiques.



bit.ly/3yerOlk

## ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Ce sont des espèces **introduites par l'Homme**, dont le développement excessif présente une **menace pour la biodiversité autochtone**.

Écrevisse américaine



© Panoramedia

© Julia Kruse



Renouée du japon

Ragondin



© Norbert Nagel

## UNE MORPHOLOGIE DÉSTRUCTURÉE

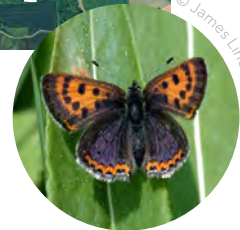


© IGN

© James Lindsey

Rectification de la Loue près de Parcey (39).

Après 1945, les rivières ont été **rectifiées**, c'est-à-dire que leur cours a été rendu linéaire par suppression des méandres. Ces travaux, souvent associés à un **élargissement et un enfoncement** du nouveau lit (recalibrage), ont dégradé le fonctionnement des rivières jurassiennes.



Le cuivré de la bistorte, un papillon affecté par la perte des habitats humides.

- **Perte de la diversité des habitats** par homogénéisation de la vitesse, de la profondeur et des substrats\*.
- **Incision\* du lit mineur** liée au manque de sédiments (qui ne sont plus mobilisés par suppression des inondations) et à l'augmentation de la pente et des débits\* maintenus dans le lit du cours d'eau en crue → *déstabilisation des ouvrages, baisse de la nappe, érosion des berges, déconnexion des habitats aquatiques...*
- **Aggravation des inondations** à l'aval par manque de champs d'expansion des crues\*
- **Réchauffement des eaux** induit par la coupe des arbres ou leur dépérissement situés le long des berges de la rivière

## PRESSIONS QUANTITATIVES

### SUREXPLOITATION DE LA RESSOURCE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

- **Pression démographique** et urbanisation dans certaines régions du massif, notamment à la frontière franco-suisse
- **Changement climatique** qui accroît la régularité des sécheresses et entraîne des **étiages plus nombreux et sévères**
- Aménagement des cours d'eau (rectification, recalibrage) qui a **abaissé les nappes d'accompagnement**
- **Vulnérabilité naturelle** liée à la connexion entre rivières et karst → l'eau des rivières s'infiltre en partie dans les réseaux souterrains et est vite sortie du système → faibles réserves en eau

*Récurrence des problèmes de disponibilité en eau pour l'alimentation en eau potable*



Faute de ressources suffisantes, les exportations d'eau d'une commune vers une autre sont de plus en plus fréquentes



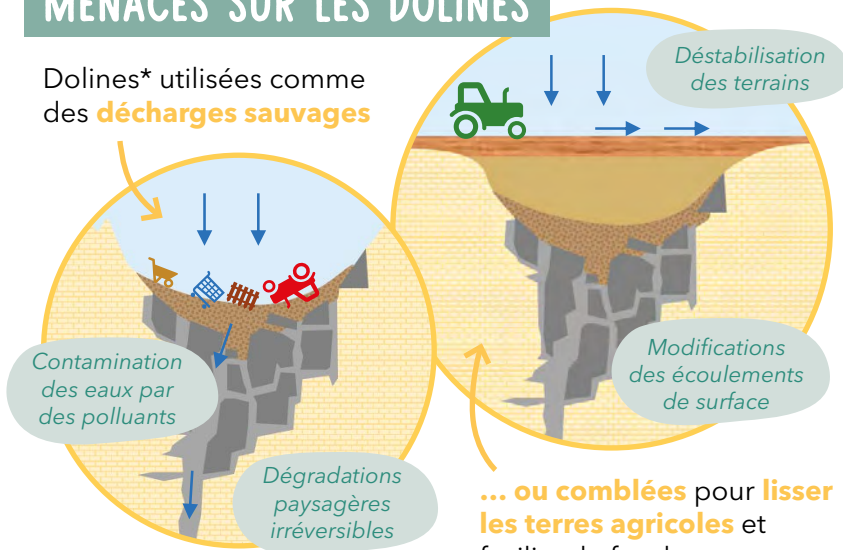
# POLLUTIONS ET CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

avec Mehdi EL BETTAH, Hydrologue, fédération de pêche du Jura

« La phase de disparition d'un taxon liée aux pollutions n'est pas forcément compensée par une phase de recolonisation par d'autres taxons : on se retrouve avec des rivières quasiment vides. C'est notamment dû au fait que les autres taxons ont, en raison des obstacles à la migration (barrages, moulins et seuils de moulins, seuils de stabilisation des grands cours d'eau...), des difficultés à accéder à des zones où d'autres espèces ont disparu. »

## MENACES SUR LES DOLINES

Dolines\* utilisées comme des **décharges sauvages**



... ou comblées pour **lisser les terres agricoles** et faciliter le fauchage

## PRESSIONS QUALITATIVES

### LA POLLUTION DES EAUX

#### DES CAUSES MULTIPLES

##### Une vulnérabilité naturelle

- **Absence de filtration des eaux** en raison de la faible épaisseur des sols et de la rapidité des écoulements dans les réseaux karstiques
- Des rivières **riches en minéraux** qui tolèrent mal les apports excédentaires

##### Des apports trop élevés en nutriments

Intensification des pratiques agropastorales (cf. livret prairies 📖)

- ↳ Hausse de la production, du cheptel et des surfaces exploitées
- ↳ Hausse des déjections et des épandages en engrais organiques et minéraux, parfois sur sols non végétalisés

Transferts dans les sols, les réseaux karstiques puis les rivières → apports excédentaires en azote et phosphore

##### Rejets de contaminants toxiques (micropolluants)

- **Assainissement** : stations d'épuration défectueuses, déversoirs d'orage encore mal maîtrisés
- **Pesticides** : Traitements anti-parasitaires des animaux d'élevage, traitement contre les ravageurs appliqués aux grumes de bois stockées en extérieur
- **Contaminants métalliques** (cuivre, plomb, zinc, étain) et **hydrocarbures** issus de l'industrie et de la circulation routière
- **Substances médicamenteuses** issues de l'élevage et des produits vétérinaires

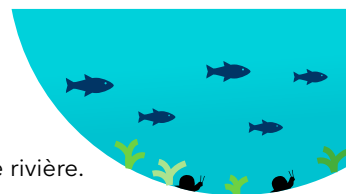
- ↳ Les pollutions toxiques sont pour partie **héritées des activités passées**. Fixées sur les sédiments des berges ou dans les cavités souterraines, les particules polluantes sont **remobilisées à la faveur des crues**.

#### DE GRAVES RÉPERCUSSIONS

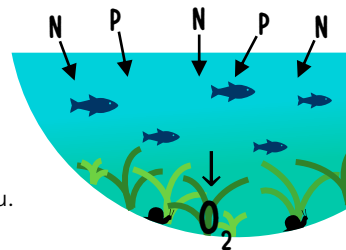
L'**excédent d'azote et de phosphore** dans les eaux karstiques provoque l'**eutrophisation** progressive des rivières qui altère gravement leur fonctionnement écologique.

#### EUTROPHISATION D'UNE RIVIÈRE ET COLMATAGE ALGAL

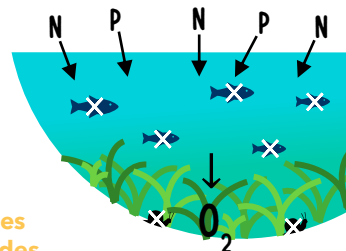
1. Fonctionnement normal d'une rivière.



2. Apports excédentaires en azote (N) et phosphore (P). Développement excessif d'algues. Leur décomposition par les bactéries diminue le taux d'oxygène (O<sub>2</sub>) dans l'eau.



3. La désoxygénation affecte surtout le fond des rivières. Privés d'oxygène, les organismes vivants meurent peu à peu.



À cela s'ajoute l'**accumulation des micropolluants dans les tissus des organismes aquatiques** (ichtyofaune, macrofaune), qui affecte leurs systèmes immunitaires.

## MORTALITÉS PISCICOLES SUR LA LOUE

Entre 2008 et 2012, d'importantes mortalités piscicoles liées au développement de la *Saprolegnia*, une mycose qui digère le derme des poissons ont été observées sur la Loue. Les salmonidés sont naturellement sensibles à cette maladie à cause de lésions corporelles héritées des combats reproductifs, mais habituellement seuls quelques individus sont affectés. L'ampleur anormale du phénomène est due à la dégradation de la qualité des eaux. Ce phénomène est devenu récurrent et d'autres rivières sont désormais régulièrement touchées (la Bienne, le Doubs ou l'Ain).



Traites atteintes de *Saprolegnia*.

© SOS Loue et rivières comtoises

- **Dégradation de la qualité de l'eau et des habitats (désoxygénation)**
- **Fragilisation des organismes aquatiques** → **diminution des abondances, disparition progressive de certains taxons (page 19 📖) et perturbation des chaînes alimentaires**
- **Risque sanitaire pour la consommation domestique de l'eau**

# Agir pour préserver la qualité des rivières



Injection de Sulforhodamine-B dans la perte de Breuil, commune de Naisey-les-Granges (Projet Transkarst)

## AMÉLIORER LA QUALITÉ DES EAUX

### 1. Des recherches pour comprendre l'impact des Hommes sur les rivières

- Ces travaux de recherche visent à déterminer l'état de santé des eaux, des habitats et de la biodiversité aquatique, surveiller leurs évolutions et **comprendre l'origine et les causes des actuels dysfonctionnements** des rivières

→ *JurassicKarst (p. 18 📖), étude du Parc naturel régional du Haut Jura sur les sédiments de la Bienne (p. 18 📖), NutriKarst, projet Loue (DEGIORGI & BADOT, p. 19 📖)*

- À terme, les résultats **orientent l'action publique** et les décisions politiques, en ciblant par exemple les pratiques en cause de la dégradation des rivières et en proposant des pistes d'actions pour y remédier.

### 2. Valoriser des changements de pratiques

La lutte contre les pollutions et dégradations des rivières passe par **une modification des pratiques agricoles et industrielles** :

- Limiter voire réduire la production agricole et mieux cibler les épandages** de lisier et de fumier, notamment en hiver lorsque les sols sont dépourvus de végétation (cf. livret prairies 📖).

- Poursuivre la **réduction des rejets en substances toxiques** utilisées par les industries et pour le traitement des grumes de bois, limiter l'utilisation des insecticides et des antiparasitaires dans les élevages et améliorer les **efforts d'assainissement** (mise aux normes des stations d'épuration...).

*Travail de dialogue et collaboration entre les acteurs → Conférences départementales de l'eau*



[bit.ly/3uZmdCU](https://bit.ly/3uZmdCU)

## UN ENGAGEMENT COLLECTIF : LE PROJET « DOUBS VIVANT »

**2011**

Plainte des ONG pour violation de la Convention de Berne relative à la protection de l'Apron du Rhône → Mise en œuvre d'un **plan national d'action en faveur du Doubs**

**2017**

**Création du projet « Doubs vivant »** pour veiller à l'application concrète du plan national d'action

**Partenaires**  
Pro Natura, WWF, Fédération suisse de pêche

### Champs d'intervention

- Amélioration de la qualité de l'eau
- Promotion de pratiques agricoles et sylvicoles plus durables
- Continuité piscicole du cours d'eau



[bit.ly/3up3iTO](https://bit.ly/3up3iTO)

### TRANSKARST

**Durée**  
2019-2024

### Partenaires

Région Bourgogne-Franche-Comté, AERMC, DREAL, Grand Besançon Métropole, Syndicat Mixte du Marais de Saône.

**Enjeu** Contraindre l'ampleur, l'origine et les voies de circulation de la contamination au sein de l'hydrosystème d'Arcier.

### Site d'étude

Bassin versant de la source d'Arcier (100 km<sup>2</sup>)

### Objectifs

- Établir un modèle géologique et hydrodynamique de l'hydrosystème,
- Évaluer la contamination minérale, organique et microbiologique,
- Comprendre la réactivité du milieu karstique,
- Confrontation connaissances/besoins des gestionnaires pour produire des outils d'aide à la décision.



[bit.ly/3Of9JPZ](https://bit.ly/3Of9JPZ)

## UNE ÉTUDE À VENIR SUR LES FLUX D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS ADMISSIBLES

**Enjeu** Comment établir un compromis entre écologie et économie ?

### Objectifs

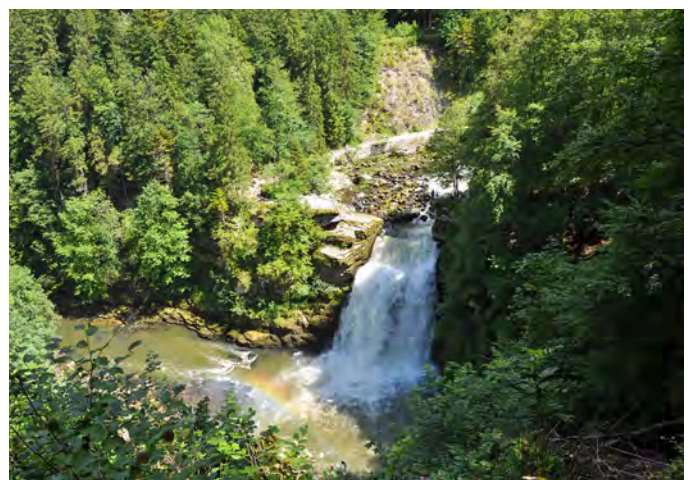
Définir les quantités d'azote maximales que peuvent recevoir les rivières comtoises sans compromettre leur fonctionnement

### Coordination

EPAGE Haut Doubs Haute Loue

## DES MOBILISATIONS CITOYENNES

Le collectif SOS Loue et Rivières Comtoises regroupe une vingtaine d'associations environnementalistes, naturalistes et de pêche, soutenues par le WWF et mobilisées pour la protection des milieux aquatiques jurassiens (propositions de modification du cahier des charges de l'AOP Comté, recours juridiques...)





## RESTAURER LE FONCTIONNEMENT DES RIVIÈRES...

- **Restauration hydromorphologique\*** : elle vise à modifier le tracé et la profondeur d'une rivière rectifiée et/ou recalibrée, pour lui donner une apparence plus naturelle et ainsi retrouver certaines fonctionnalités perdues (retour des crues, transport de sédiments, diversité d'habitats...).
- **Diversité de travaux** : comblement total ou partiel du chenal rectifié, suppression de digues ou d'enrochements, remplacement de la rivière dans ses anciens méandres, création de nouveaux méandres, apports de sédiments...
- **Acteurs concernés** : organismes de gestion (EPAGE Haut Doubs Haute Loue, Parc Naturel du Haut Jura...) ou associations (Pro Natura...).



© Jean-Noël Resch



Beaucoup de rivières ont été artificialisées. La restauration de la fonctionnalité d'un cours d'eau est difficile et coûteuse : l'idéal reste de ne pas l'altérer !

Travaux de reméandrage

## ...ET AMÉLIORER LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

- **Rétablir la continuité écologique** : son objectif est de permettre à nouveau les déplacements de la faune et des sédiments, lorsque la rivière est entravée par la présence de seuils ou de barrages en veillant à ne pas abaisser les lignes d'eau d'étiage pour ne pas aggraver l'érosion.
- **Diversité de travaux** : suppression ou abaissement de seuils, installation de passe à poissons si la suppression n'est pas envisageable, élargissement du lit...



Un exemple de restauration de la continuité écologique sur la Bienne



[bit.ly/370QCZH](https://bit.ly/370QCZH)

## SENSIBILISER ET VALORISER

### Le label « Rivières Sauvages »

- Un label créé pour **répondre au manque d'outils protégeant les dernières rivières en bon état écologique**, rares mais insuffisamment protégées. En labellisant leur rivière, les acteurs locaux s'engagent volontairement dans un programme d'action visant à rendre leur cours d'eau encore plus exemplaire.
- C'est un vrai **outil de reconnaissance patrimoniale**, qui valorise et met en réseau des milieux exceptionnels du point de vue écologique.

La Valserine a été la première rivière française labellisée, en 2014. Malgré quelques perturbations (barrage hydroélectrique), elle est globalement exempte des problèmes de pollutions et reconnue pour la qualité de ses peuplements piscicoles (truite fario).



Pour découvrir la Valserine, site remarquable

[bit.ly/3ur6YU5](https://bit.ly/3ur6YU5)



© Lise Pinaut

## LA RESTAURATION DE LA VALSERINE AU GRAND ESSERT (01)

Un projet mené par le Parc naturel régional du Haut-Jura

Au début des années 90, en vue de limiter l'érosion d'un terrain à proximité de la Valserine, un merlon (petite digue) a été installé le long de la rivière pour linéariser son tracé. Cependant, les travaux ont augmenté la vitesse de l'eau. La rivière s'est incisée et s'est déconnectée des habitats humides voisins, affectant la biodiversité sans régler le problème d'érosion du terrain adjacent. Début 2020, le Parc Naturel du Haut Jura a recruté un bureau d'étude pour lancer un projet de restauration de la rivière : l'actuel merlon sera démonté et les matériaux qui le composent seront déposés dans le fond de la rivière pour rehausser son lit. Les travaux, débutés en novembre 2021, devraient permettre à la rivière de déborder à nouveau dans son lit lors des crues et donc de reconnecter les milieux humides.



© IGN

La Valserine au Grand Essert (01).



**Bertrand DEVILLERS,**  
PNR du Haut-Jura

« Avant d'engager les travaux, le PNR du Haut Jura confie à des bureaux d'étude le soin de définir les meilleures solutions pour restaurer la libre circulation des poissons et des sédiments sans mettre en péril les routes et les infrastructures situées à proximité des seuils. Pour la réussite du projet, une large place à la concertation est assurée avec les propriétaires des ouvrages, les usagers des cours d'eau, les habitants et les élus pour définir les solutions compatibles avec les activités exercées. »

Cliquez pour retrouver cet extrait et tout comprendre des enjeux autour de la continuité écologique.



[bit.ly/3rdZjXg](https://bit.ly/3rdZjXg)

# De la recherche collaborative à la gestion adaptative

## LE PROJET JURASSIC KARST

### Contexte : SNO Karst

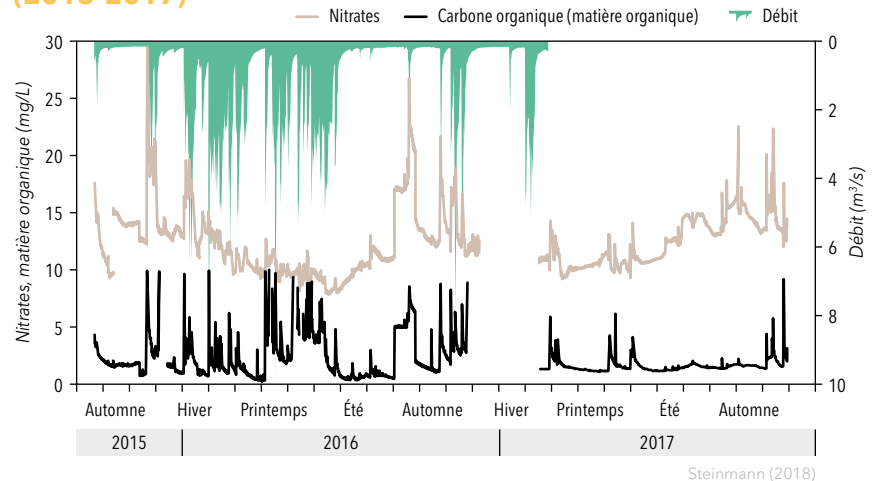
Le Service National d'Observation (SNO) du Karst est un dispositif labellisé par le CNRS dédié à l'étude des hydrosystèmes karstiques au sein de 9 observatoires répartis dans toute la France. Dans le Doubs, l'observatoire Jurassic Karst a été créé en 2009 et se compose de 4 sites, sur lesquels sont effectués en continu des suivis visant à acquérir des données sur le long terme.

### Objectifs de Jurassic Karst

Caractériser l'évolution à long terme des hydrosystèmes karstiques du massif du Jura face aux modifications du climat et des usages des sols.

→ Une attention particulière est portée sur le lien entre le fonctionnement de la zone d'infiltration de l'eau dans le karst et la réponse des systèmes karstiques. Ces processus sont étudiés à différentes altitudes (330 à 950 mètres).

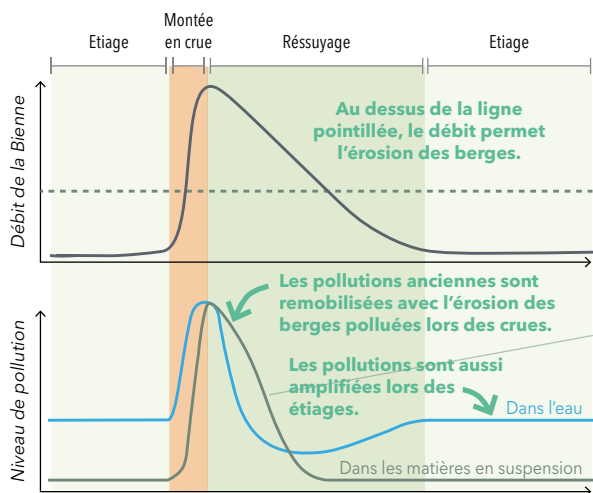
### Suivis des concentrations en nitrates et en matière organique (2015-2017)



Les **concentrations en nitrates et matière organique suivent les variations des débits** de la source du Grand Bief (Lods). Les **plus fortes concentrations en nitrates se produisent chaque automne** car l'azote accumulé pendant l'été dans les sols est remobilisé avec les premières précipitations et la baisse de l'activité végétale.

## D'OÙ PROVIENNENT LES POLLUTIONS DE LA BIENNE ?

Comme tant d'autres rivières karstiques du massif jurassien, la Bienne a été affectée par d'importantes mortalités piscicoles (dès 2012) dues à la contamination de ses eaux par les activités humaines implantées dans la vallée (rejets domestiques, industries, agriculture...)



### Objectifs

L'étude lancée en 2018 par le Parc Naturel du Haut Jura visait à :

- 1) Déterminer la nature et l'impact des pollutions historiques issues des dernières décennies
- 2) Cibler les pollutions actuelles et les facteurs aggravant la contamination des cours d'eau

### Méthode

L'analyse a porté sur 7 stations de suivis.

Prélèvements des sédiments (limons, sables, graviers) accumulés au niveau des berges et dans les retenues de barrages

Suivi de la qualité chimique de l'eau à l'aide de capteurs passifs

### Conclusions de l'étude

- Les pollutions de la Bienne sont le produit de contaminations passées, remobilisées lors des crues par l'érosion des berges, et des pollutions actuelles.
- ✓ La majorité des échantillons sédimentaires contiennent des quantités de contaminants organiques et métalliques supérieures aux seuils de toxicité pour les poissons et invertébrés.
- ✓ Parmi les polluants actuels, 63 substances ont été détectées (contaminants métalliques, substances médicamenteuses, pesticides...)
- L'étude insiste sur la nécessité de déployer des actions plus fortes : restauration hydromorphologique, diminution des rejets polluants...



# ÉVALUER L'ÉTAT DE SANTÉ DES RIVIÈRES KARSTIQUES

Retrouvez l'intégralité de l'étude



bit.ly/3KmLoFX



**François DEGIORGI,**  
hydrobiologiste,  
Chrono-environnement

« La dégradation de la qualité biologique de la Loue et de ses affluents est multifactorielle. Parmi les causes majeures de la réduction des capacités biogènes de ces cours d'eau, nos analyses ont identifié la surcharge modérée mais généralisée en azote, accompagnée d'excès plus ponctuels en phosphore qui favorisent la croissance de masses végétales, et les contaminations en insecticides qui affectent la richesse et l'abondance de la faune benthique »

## Un constat

Les rivières karstiques de Franche Comté subissent une profonde dégradation de la qualité de leurs eaux, constatée dans les années 1960 mais bien visible depuis les mortalités piscicoles de la fin des années 2000. Elle se matérialise par des évolutions de la couleur des sédiments lors des crues, par des **colmatages algaux** et par une **réduction voire une disparition des espèces polluosensibles**, dans des rivières pourtant évaluées en bon état écologique par les services publics. Prenant conscience de la gravité de la situation, les acteurs ont admis la nécessité de mieux connaître le fonctionnement des rivières karstiques pour **cibler les causes des dysfonctionnements et déterminer la responsabilité des uns et des autres**. L'étude universitaire lancée par le laboratoire Chrono-environnement entre 2012 et 2018 découle de ce constat.

## Objectifs

Sur une quinzaine de sites d'étude jalonnant la Loue, le Lison et le Doubs en amont et en aval proche de Pontarlier, les scientifiques ont cherché à diagnostiquer précisément l'état de santé de la Loue (biomasse algale, structure et abondance des peuplements piscicoles, benthiques et entomologiques, qualité physico-chimique des eaux et des sédiments...) et à faire le lien avec les différentes pressions anthropiques à l'origine des dysfonctionnements.

### Site d'étude

La Loue et son bassin versant

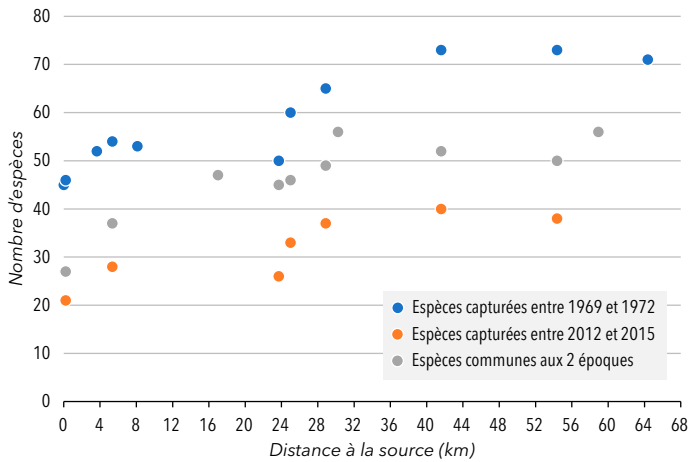
### Organisme pilote

Laboratoire Chrono-environnement

### Durée

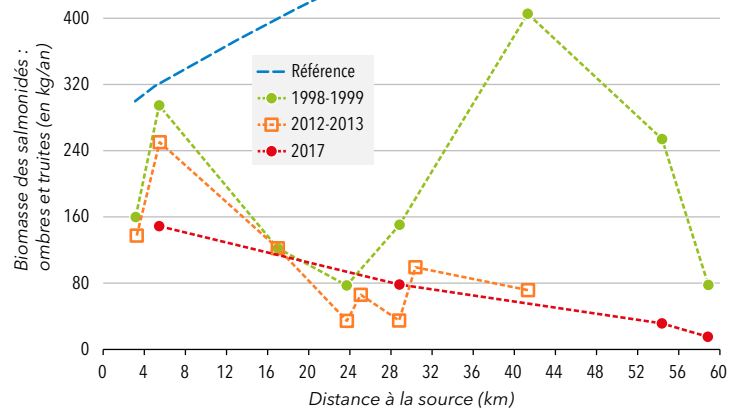
6 ans (2012-2018)

## Diagnostic écologique : un fort déclin de la biodiversité aquatique



Évolutions du nombre d'espèces d'éphémères, plécoptères et trichoptères (EPT) de la source à l'aval de la Loue entre 1969-1972 à 2012-2015.

DEGIORGI & BADOT (2020).



Évolutions de la biomasse des salmonidés de la source à l'aval de la Loue entre 1998-1999 et 2017.

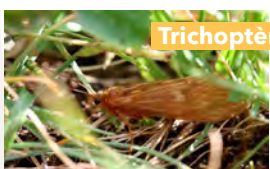
DEGIORGI & BADOT (2020).



**Éphémères**



**Plécoptères**



**Trichoptères**

L'inventaire complet de 3 ordres d'insectes à larves aquatiques (éphémères, plécoptères et trichoptères, ou EPT), mené sur plusieurs stations pendant 3 années consécutives, de 2012 à 2015, montre que le nombre de ces espèces a sérieusement régressé depuis la période 1969-1972. Toutes les stations subissent une baisse du nombre d'espèces de macro-invertébrés mais celle-ci est plus marquée à l'aval.

Les auteurs observent qu'« entre 46 et 57 % des espèces « typiques » d'EPT observées en 1973 ont été perdues dans les stations prospectées aux 2 époques. »

L'état des potentiels piscicoles a été évalué au moyen de 31 pêches électriques. L'ensemble des stations le long de la Loue ont une biomasse en truites et ombres largement inférieure au seuil de référence (en l'absence de toute perturbation), quelle que soit l'année de prospection. On observe en outre un effondrement de la biomasse\* entre 1998-1999 et 2017, malgré quelques remontées très ponctuelles. Comme pour les macroinvertébrés, les secteurs près de la source sont un peu plus proches de l'état de référence qu'en aval.

La biomasse en salmonidés est un bon indicateur de l'état de dégradation d'une rivière car ce sont des taxons sensibles aux pollutions et à la disparition des maillons inférieurs de la chaîne alimentaire, dont ils se nourrissent.







# Le karst et les rivières, une imbrication de processus humains et écologiques

## LA CASCADE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES APPLIQUÉE AUX RIVIÈRES KARSTIQUES DU JURA

© Projet Transkarst



Les Cascades du Hérisson, Ménétrux-en-Joux (39).



### STRUCTURE BIOPHYSIQUE

#### STOCKS

- Biomasse (végétation aquatique et riparienne, piscifaune, avifaune, macrofaune, bactéries...)
- Eau
- Carbone dissous
- Minéraux (calcium, magnésium, azote, phosphore...)
- Substrat (sédiments, roche brute...)

#### PROCESSUS

- Dynamiques des populations et communautés
- Cycle de la matière
- Cycle du carbone et de l'azote
- Cycles hydrologiques

### FONCTIONS

- Production de biomasse
- Transport et dépôts des sédiments (ex : alluvions)
- Transport des nutriments
- Rétention et circulation de l'eau
- Dénitrification
- Rétention de l'azote et du phosphore

### LIMITATION DES PRESSIONS

- Programmes de suivis et de recherche (NutriKarst, JurassicKarst, projet Loue...)
- Dialogue entre acteurs (Conférence Départementale de l'eau), Pôle Karst
- Projets et mesures de réduction des pollutions : Doubs vivant, CAP rivières saines, étude flux admissibles...
- Restauration hydromorphologique et des continuités écologiques

### SERVICES

- **Régulation** : qualité des eaux, protection des berges, recharge des nappes, champs d'expansion des crues
- **Approvisionnement** : eau douce, poissons, gibier, hydroélectricité, navigation, cultures dans les champs fertilisés par les alluvions
- **Culturels** : apprentissage, tourisme, activités récréatives, archives du passé

### PRESSIONS & IMPACTS

- Pollution des eaux karstiques liée à l'accumulation de nitrates et contaminants (agriculture, industrie, usage domestique)
- Aménagements humains : seuils, barrages, rectification, recalibrage...
- Surexploitation de la ressource en eau
- Changement climatique

Dégradation de la qualité des eaux, diminution et disparition de la biodiversité aquatique  
Rupture des continuités écologiques et dysfonctionnements hydrologiques

### BÉNÉFICES

- Ressources
- Qualité de vie
- Bien être
- Esthétique (aménités paysagères)

### VALEUR

- Patrimoine naturel
- Conservation de la biodiversité

# FAIRE DE LA RECHERCHE DANS LES ZONES ATELIERS

## LES ZONES ATELIERS, DES LIEUX PRIVILÉGIÉS POUR LES ÉTUDES SCIENTIFIQUES

Une Zone atelier, c'est un espace labélisé dans lequel des laboratoires de recherche étudient les relations entre l'homme et son environnement.

## OBSERVER PENDANT DE LONGUES PÉRIODES

Pour comprendre l'évolution des milieux naturels, il faut pouvoir les étudier longtemps, souvent pendant plusieurs dizaines d'années.

## COMPRENDRE GLOBALEMENT

Pour comprendre les interactions entre l'Homme et la Nature, il faut mener en même temps des études dans des disciplines très différentes : géologie, biologie, sociologie, économie...



© Patrick Giraudoux

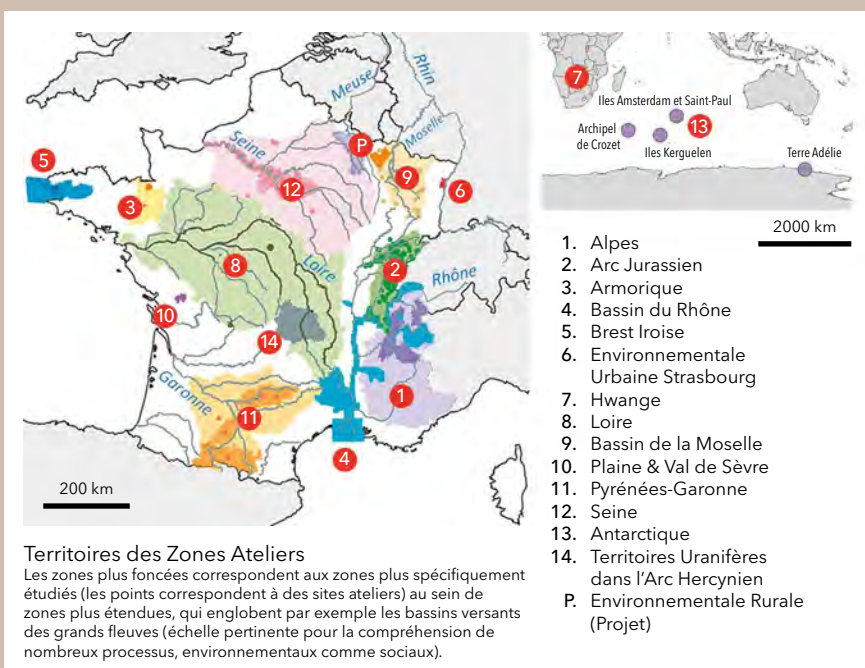
Charquemont, Doubs, 880 m alt., 29 juillet 2016 : concertation avec un collectif d'éleveurs sur le résultat de la diversification des assolements dans une zone de démarrage des pullulations de campagnol terrestre.

## PARTAGER LA RECHERCHE POUR TRANSFORMER LA SOCIÉTÉ

La recherche n'appartient pas qu'aux chercheurs ! Les zones ateliers sont des lieux de partage des savoirs et des expériences entre tous les acteurs.

## UN RÉSEAU NATIONAL ET INTERNATIONAL

Il existe 14 zones ateliers françaises où tous les grands écosystèmes sont représentés : des rivières aux montagnes en passant par les écosystèmes côtiers, urbains ou agricoles. Le réseau des zones ateliers fait partie d'un consortium mondial de recherche à long terme sur les milieux naturels.





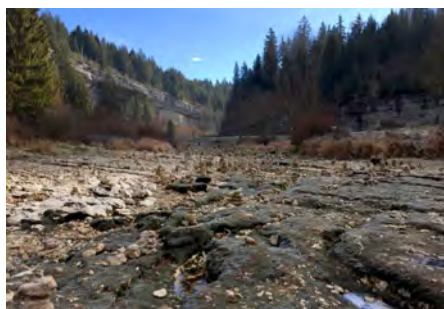
# GLOSSAIRE

Les mots annotés d'un astérisque (\*) dans ce livret sont définis dans le glossaire.

**Abergement** : au Moyen Âge, contrat par lequel une personne obtient une terre, qui lui est concédée par un seigneur (prince) contre une certaine somme (redevance en argent ou en produits).

**Alluvions** : dépôts sédimentaires constitués de sable, graviers, vase, limons ou d'argile transportés par une rivière et déposés dans la plaine alluviale lors des crues, où ils peuvent alors constituer une couche géologique et contenir de l'eau.

**Assec** : assèchement temporaire du lit d'un cours d'eau, partiel ou total.



Assec.

**Biomasse** : masse des êtres vivants (végétaux et/ou animaux) vivant en un lieu et pouvant se transformer en énergie.

**Champ d'expansion des crues** : zones naturellement affectées par les inondations, où les eaux peuvent s'épandre au-delà du lit majeur d'un cours d'eau. Situées dans les espaces peu ou pas urbanisés, elles protègent les secteurs plus sensibles où se concentrent les populations humaines, constituant ce que l'on nomme des zones tampons.

**Débit** : volume d'eau traversant un point donné d'un cours d'eau en un laps de temps déterminé, fonction de ses caractéristiques physiques (pente, largeur, profondeur, etc.), de la taille du bassin versant et des apports pluviométriques et niveaux.

**Doline** : dépression circulaire formée dans les régions karstiques par dissolution du calcaire et/ou effondrement du calcaire sous-jacent.

**Exutoire** : point de sortie des eaux dans un hydrosystème.

**Hydromorphologie** : discipline étudiant la morphologie des cours d'eau, autrement dit l'origine et l'évolution de leur forme dans le temps et dans l'espace. Elle implique de fait l'analyse des dynamiques liées à l'érosion, au transport solide, à la sédimentation et au débordement.

**Incision** : phénomène d'enfoncement d'un cours d'eau dans son lit, souvent sous l'effet de facteurs anthropiques comme les aménagements, qui a des répercussions sur son fonctionnement.

**Lapiez** : surface de roche calcaire sculptée par le ruissellement des eaux sur le calcaire qui dissout la roche, crée des vides qui forment un ensemble de couloirs morcelés et séparés par des substituts de roche.



Lapiez.



Substrat.

**Recalibrage** : aménagement par l'Homme d'un cours d'eau visant à élargir son lit en travers et/ou l'approfondir, l'objectif étant d'augmenter la capacité hydraulique de la rivière et de limiter les débordements lors des crues.

**Rectification** : aménagement visant à rendre rectiligne un cours d'eau sinueux, généralement pour gagner de nouvelles terres cultivables.

**Reculée** : dans le Jura, il s'agit d'une vallée profonde creusée en bordure d'un plateau calcaire terminée par un cirque, formée par la dissolution du calcaire.

**Résurgence** : exutoire d'eaux souterraines provenant, au moins sur une partie de leur cours, d'une rivière en surface s'étant infiltré dans le karst.

**Substrat** : matériau occupant le fond du lit (sable, graviers...) constituant un habitat aquatique.

## DANS LA MÊME COLLECTION



Livret  
**Tourbières et lacs**



[bit.ly/3KJAnzm](https://bit.ly/3KJAnzm)



Livret  
**Prairies**



[bit.ly/3wW4kGL](https://bit.ly/3wW4kGL)



Livret  
**Forêts**



[bit.ly/3Rr6ztE](https://bit.ly/3Rr6ztE)

# VALORISER ET SENSIBILISER À TRAVERS UN OUTIL DE MÉDIATION

## CONCEPTION ET RÉDACTION

Lise PINAULT, Université de Franche-Comté / Saline Royale d'Arc-et-Senans

## RESPONSABLES SCIENTIFIQUES DU LIVRET

Daniel GILBERT et Marc STEINMANN,  
Université de Franche-Comté

## COMITÉ SCIENTIFIQUE

Guillaume BERTRAND - Vincent BICHET -  
Simon CALLA - Paul DELSALLE - Emmanuel GARNIER -  
Emilie GAUTHIER (Université de Franche-Comté)

## REMERCIEMENTS

Luc BETTINELLI (CEN Franche Comté),  
Anne-Laure BORDERELLE (AFB), Isabelle BRUNNARIUS  
(France 3), Thomas CHEVALLIER (LPO Franche Comté),  
Geoffroy COUVAL (FREDON), Mehdi EL BETTAH  
(Fédération de Pêche du Jura), Yves FAILLENET (Jura  
Pêche), Pierre FEUVRIER (FD des Chasseurs du Doubs),  
Vincent FISTER (Pôle Karst), Victor FROSSARD (USMB),  
Nicolas GERMAIN, Marc GOUX (SOS Loue et Rivières  
Comtoises), Pierre-Yves JEANNIN (ISSKA), Yvan MATTHEY  
(ProNatura), Jeremy POURREAU (Syndicat mixte du  
Dessoubre), Jean-Noël RESCH (EPAGE Haut Doubs Haute  
Loue), Audrey TAVERNIER (Grande Saline), Bruno TISSOT  
(RNN du lac de Remoray), Bruno VERMOT-DESROCHES  
(MétéoFrance), Anne-Sophie VINCENT - Bertrand DEVILLERS  
(PNR du Haut Jura)...

Ce livret a été conçu en partenariat  
avec le Parc Naturel Régional du Haut-Jura

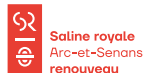


Livret  
**Karst et rivières**



[bit.ly/3emaCJA](https://bit.ly/3emaCJA)

Mise en page : Bat Compo  
Impression : L'imprimeur Simon - Ornans - Novembre 2022



Le projet « Arc Jurassien - Homme & Nature »  
est soutenu par le programme  
européen de coopération transfrontalière  
Interreg France-Suisse 2014-2020.

