



VERS LA RÉGÉNÉRATION DES HYDROSYSTÈMES

MOIS DU CLIMAT | DÉPARTEMENT LA MAYENNE | 30/09/2026

CADRE ET INTENTIONS

CONTEXTE DE LA CONFÉRENCE

La conférence s'est tenue le 30 septembre à CHANGE dans le cadre des manifestations organisées à l'occasion du Mois du climat. Le Conseil départemental de la Mayenne a organisé cette conférence dans le cadre de l'action EAU CAP 2070 et le volet gestion quantitative du SAGE Mayenne.

OBJECTIFS ET INTENTIONS DE LA CONFÉRENCE

Objectif initial : "Comment restaurer l'alimentation des nappes permettant le soutien d'étiage naturel, la sécurisation de l'alimentation en eau potable et des autres usages ?"

Cette conférence vient appuyer l'intérêt de ralentir les ruissellements et infiltrer vers les eaux souterraines (qui constitue le volet "sans regret ou SFN" des actions de gestion quantitative du SAGE et qui se trouve au cœur du programme départemental Infiltr'EAU). Au-delà des actions de ralentissement et d'infiltration des eaux ruisselées, la conférence avait pour objectif d'**élargir la problématique aux hydrosystèmes** et notamment aux techniques émergentes de régénération low tech et d'alliance avec le castor. L'intention était bien de donner une vision systémique autour de ces enjeux et d'ouvrir quelques voies possibles.

Il ne s'agit donc aucunement de présenter des solutions uniques, hégémoniques ou miraculeuses.

Il s'agit plutôt d'offrir **un cadre de réflexion plus large** autour du panel de "solutions" techniques sur la régénération des hydrosystèmes, avec une dimension éthique profonde et une approche pragmatique qui tient compte d'un contexte climatique fluctuant et d'un accès plus contraint aux ressources énergétiques et financières.



VERS LA RÉGÉNÉRATION DES HYDROSYSTÈMES

I. CONSIDÉRER L'EAU VIVANTE

De l'eau verte aux hydrosystèmes

II. LES PRESSIONS SUR LES HYDROSYSTÈMES

Usages, dépendances, impacts et changement climatique

III. LES ENJEUX AUTOUR DE LA RESTAURATION

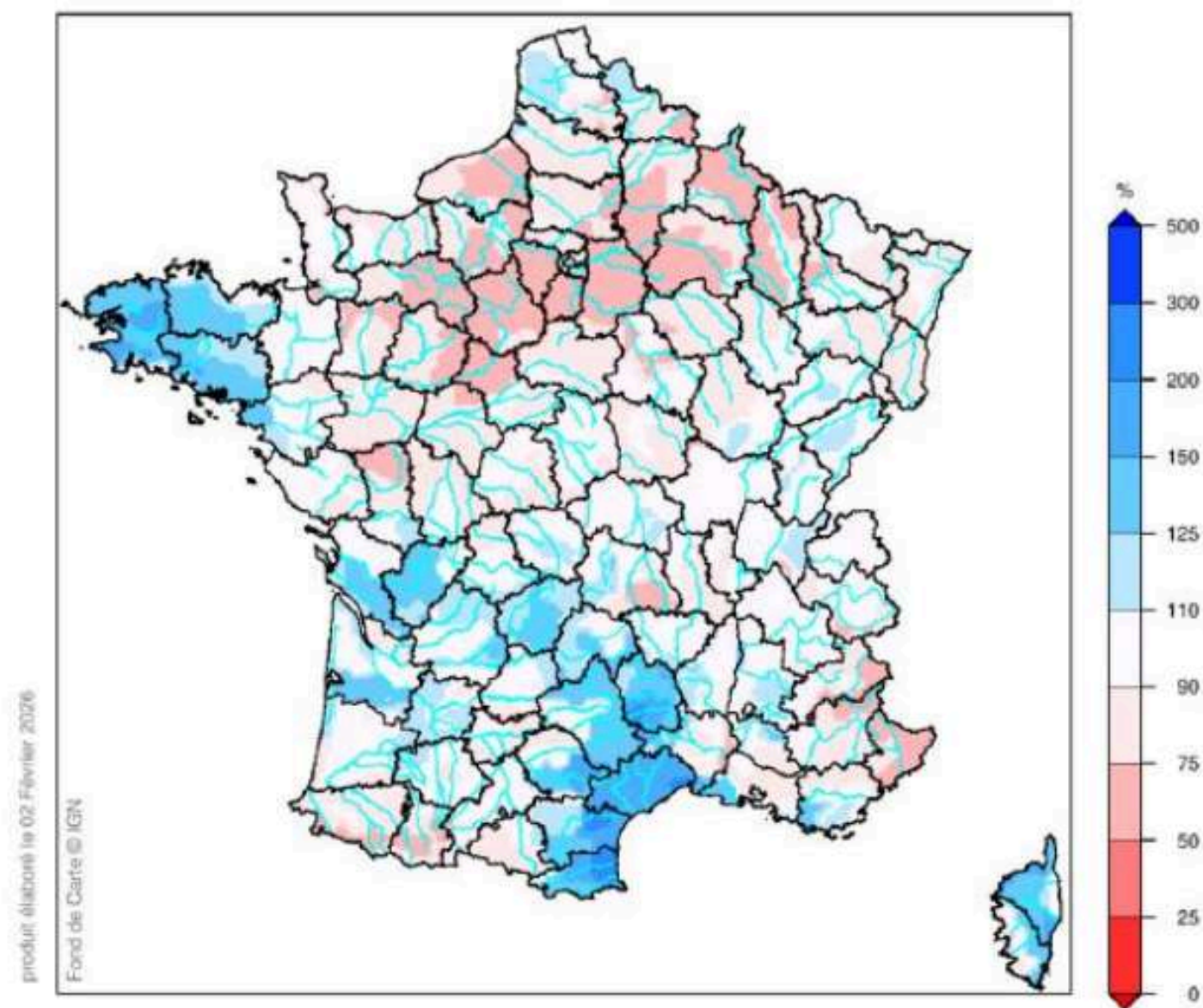
Du bon état à la santé, de la restauration à la régénération

IV. LA RÉGÉNÉRATION LOW TECH DES RIVIÈRES

Du trouble technique au travail diplomatique

2026, D'UN HIVER HUMIDE....

Rapport à la normale du cumul de précipitations
efficaces : 1^{er} septembre 2025 – 31 janvier 2026

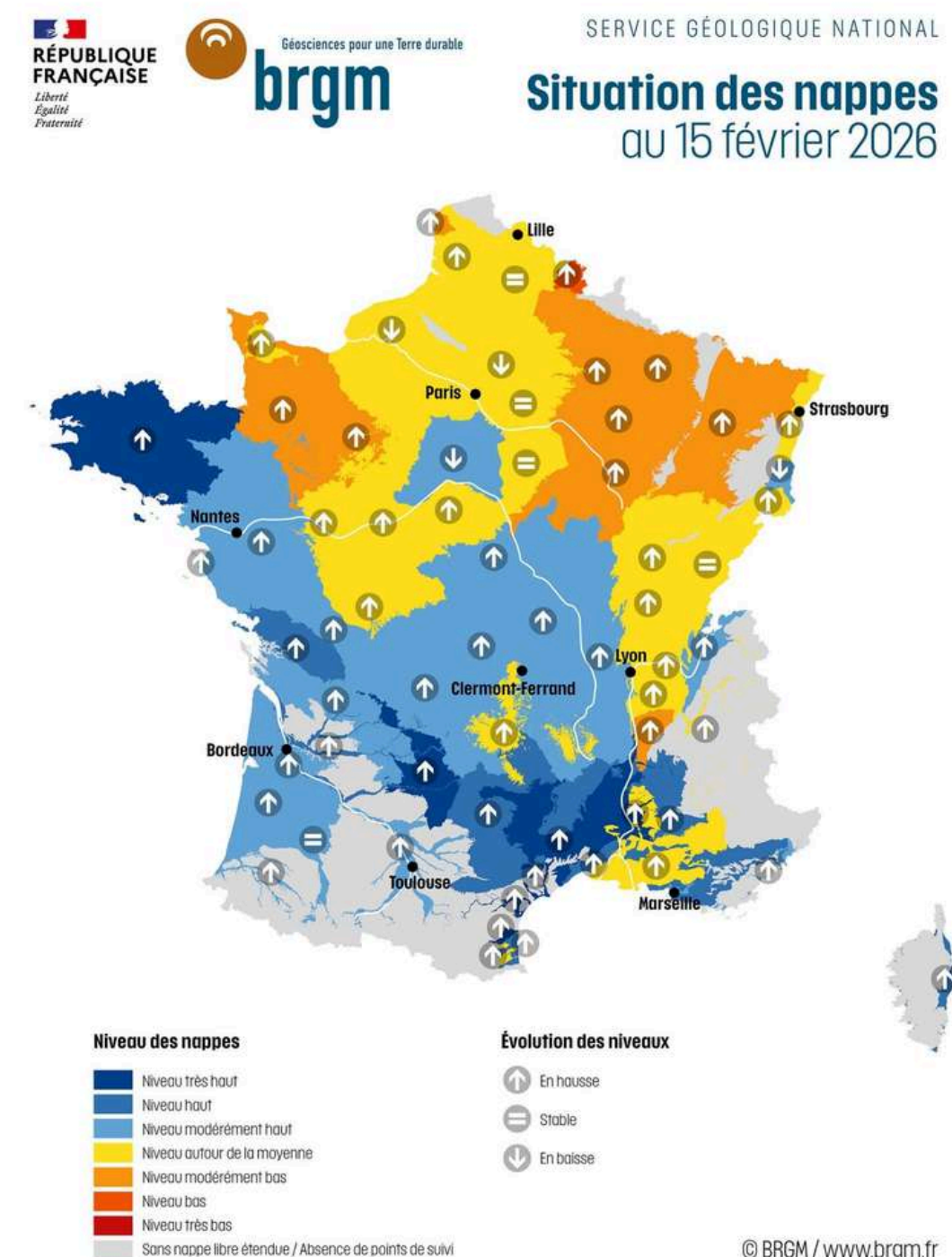


Une situation **contrastée**
(+/- 25 à 50%)

Réponse hydrologique **contrastée**

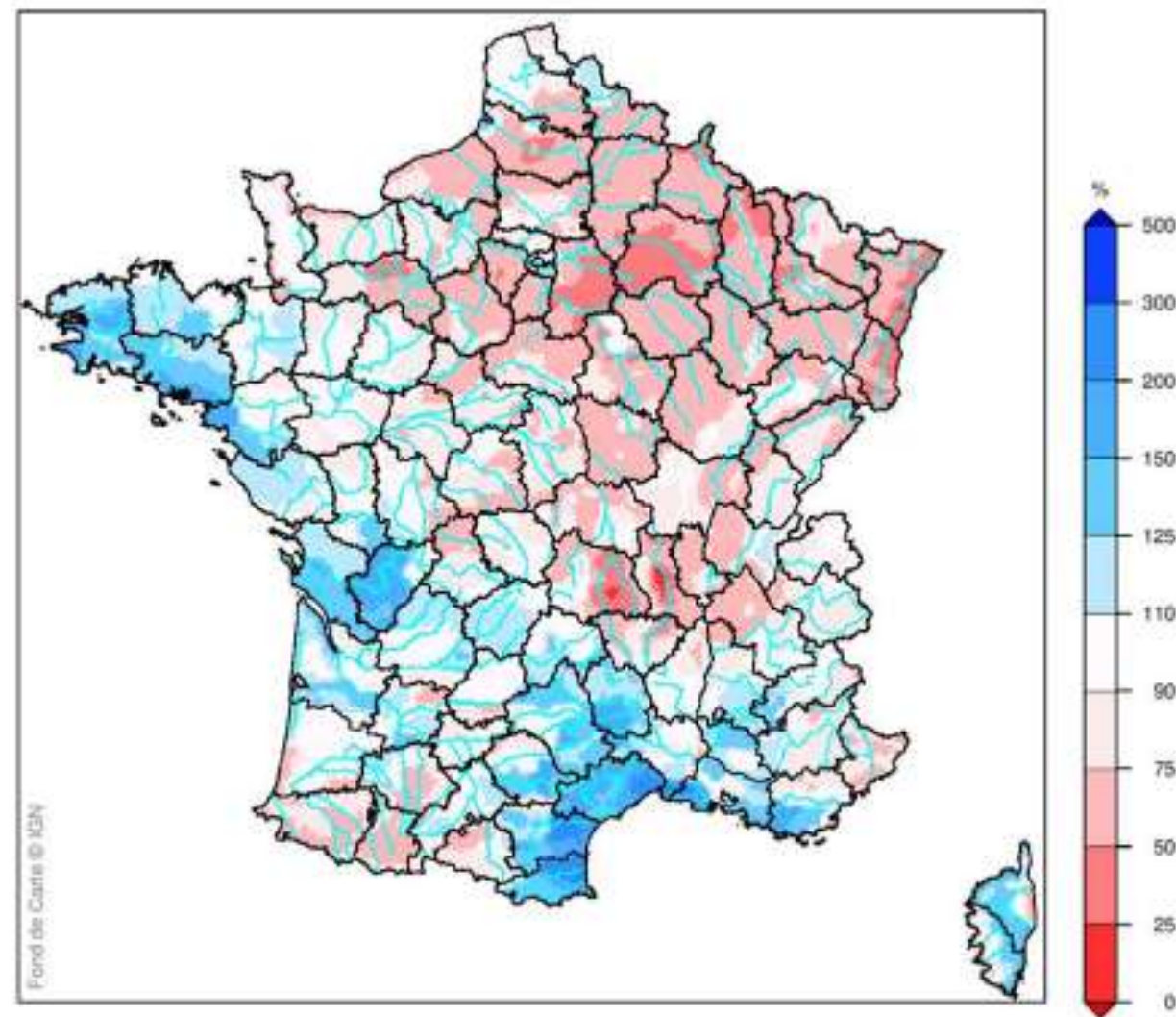


Des **crues majeures généralisées** sur la façade
Ouest
(Garonne et affluents, Loire
aval et affluents)



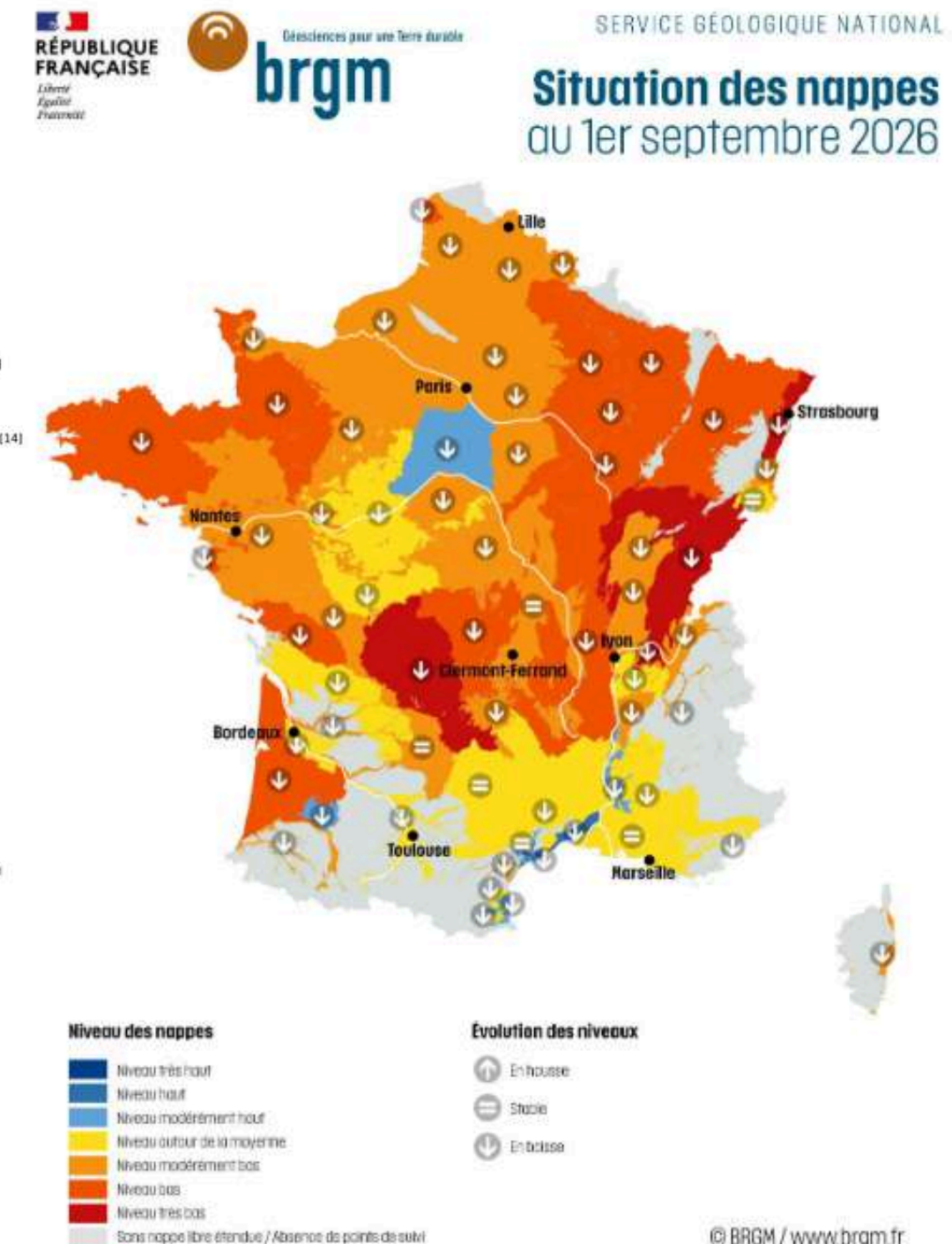
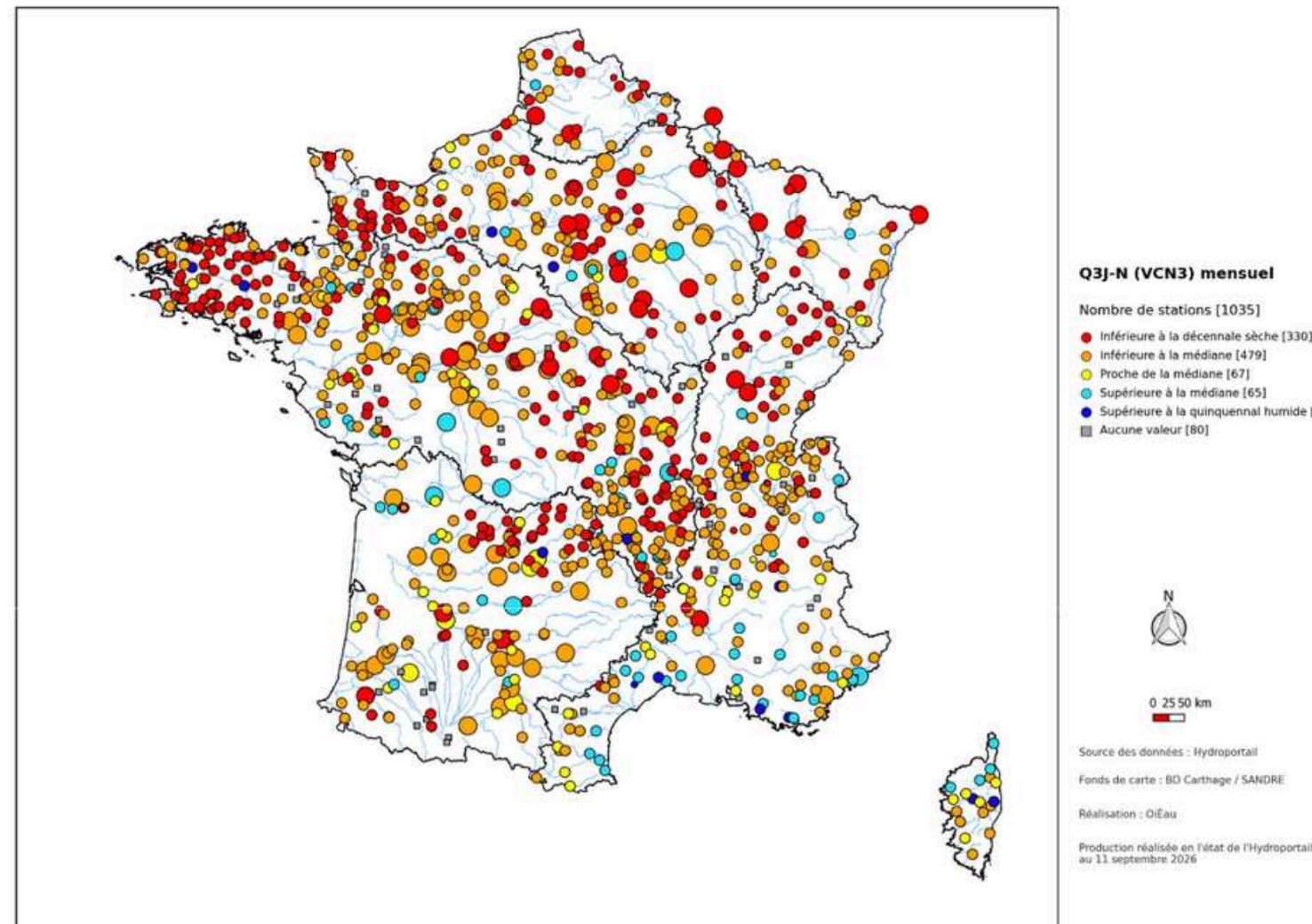
2026, À UN ÉTÉ (TRÈS) CHAUD ET SEC...

Rapport à la normale du cumul de précipitations
efficaces : 1^{er} septembre 2025 – 31 août 2026



Sécheresse historique des sols, rivières et fleuves

Débits de base du mois de août 2026 - France Métropolitaine



Une situation **contrastée**
(déficits -10 à -75%
et excédents +10 à +50%)

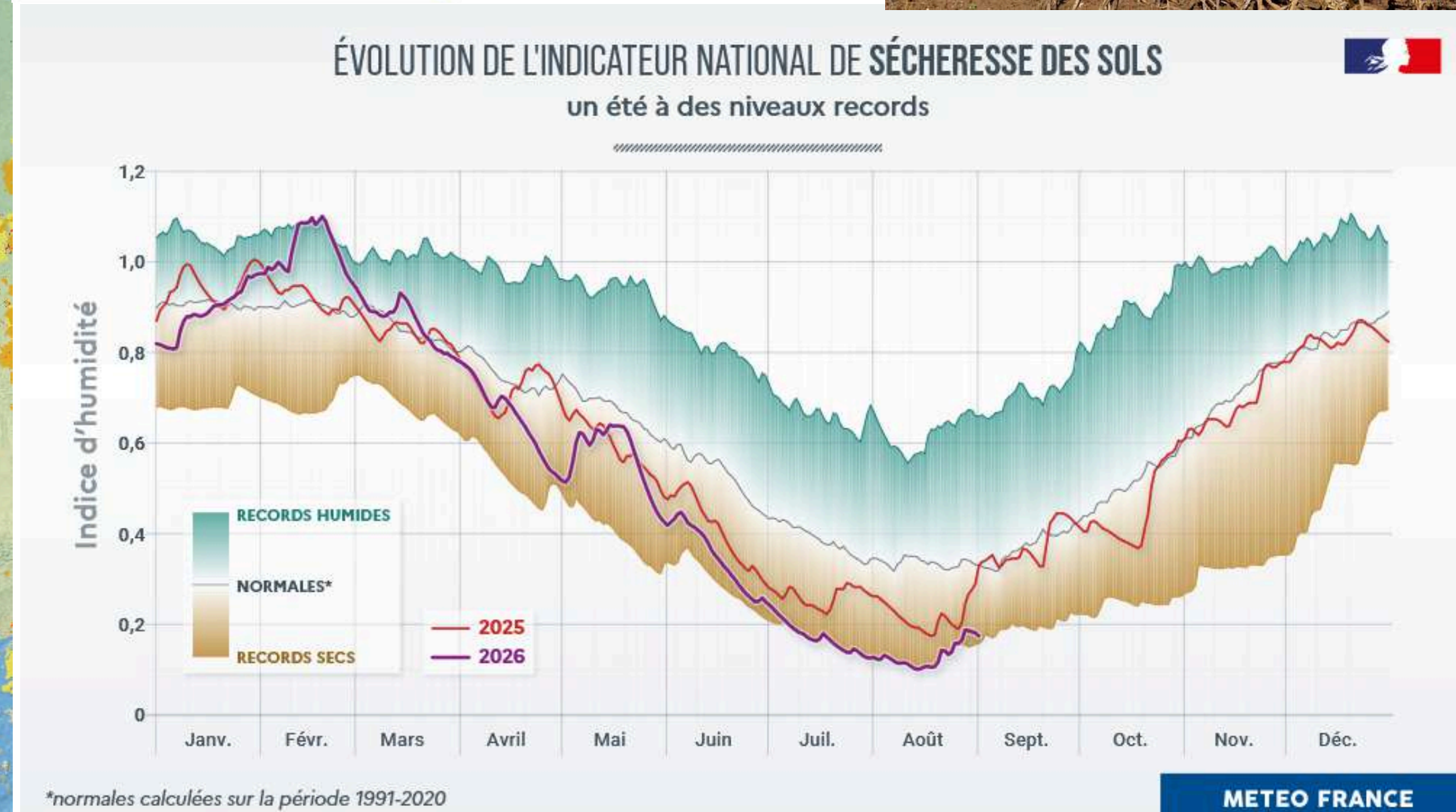
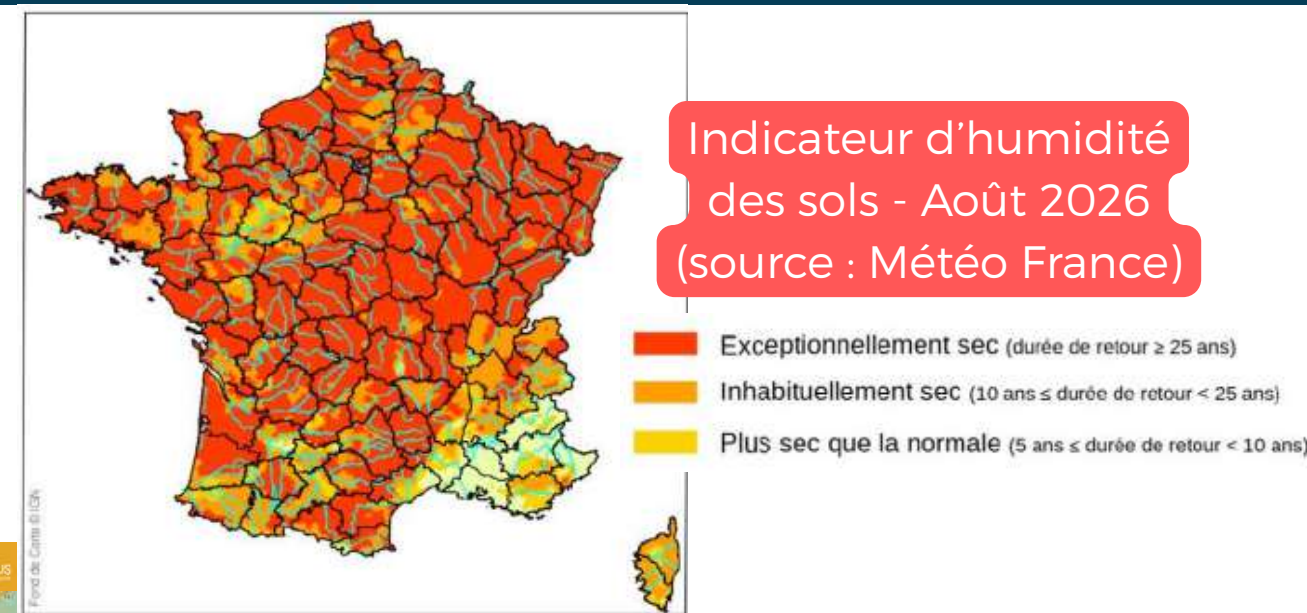
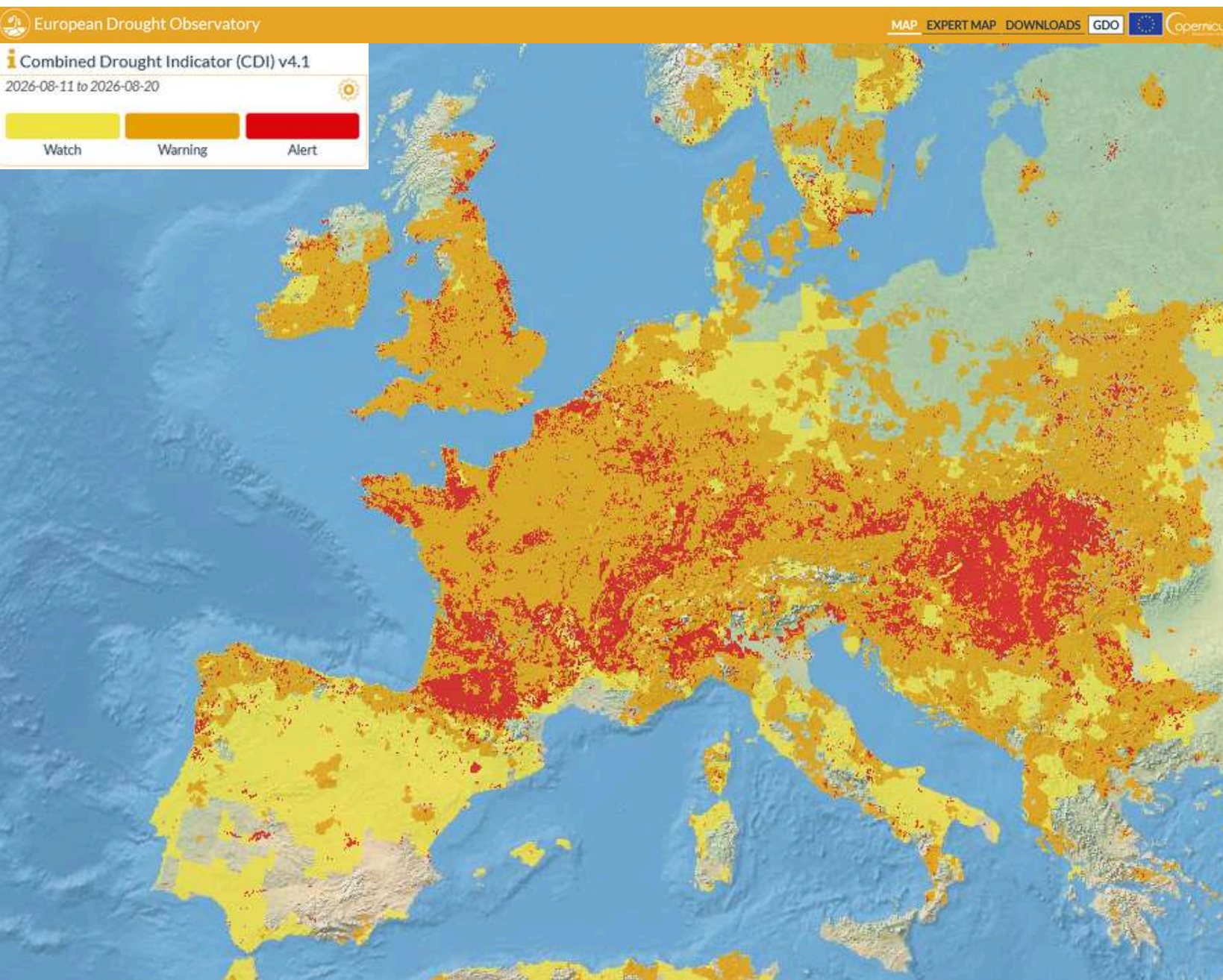


ÉTÉ 2026, SÉCHERESSE HISTORIQUE

“Le changement climatique
a rendu cette sécheresse (des sols)

**5 fois plus probable dans l'ouest de l'Europe,
et 11 fois plus probable dans l'est de l'Europe »**

Mariam Zachariah, chercheuse à l'Imperial College de Londres.



ÉTÉ 2026, UN ÉTÉ NORMAL D'ICI LA FIN DU SIÈCLE

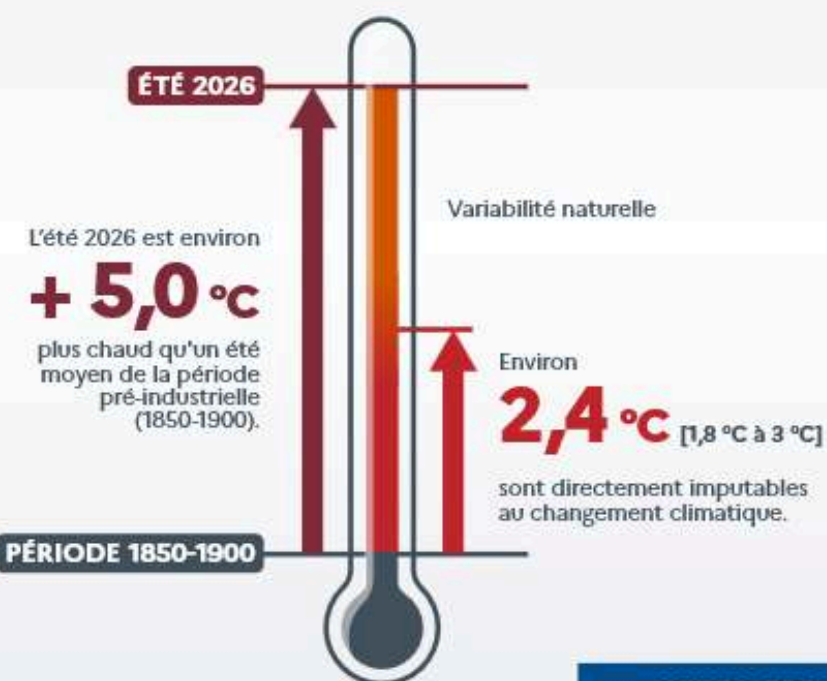
L'ÉTÉ 2026 : UN ÉTÉ INÉDIT DANS LE CLIMAT ACTUEL

Un été chaud et sec dans une France à +2,7 °C, mais plus ordinaire dans une France à +4°C



	JUIN 2026	JUILLET 2026	AOÛT 2026	ÉTÉ 2026
Anomalie	+3,8 °C	+3,8 °C	+3,3 °C	+3,6 °C
Caractérisation	mois de juin le plus chaud	mois de juillet le plus chaud	deuxième mois d'août le plus chaud derrière août 2003	été le plus chaud devant 2003 et 2022

L'ÉTÉ 2026, UN ÉTÉ EXCEPTIONNEL qui aurait été quasi impossible sans changement climatique



*écart relatif à la période 1976-2005 du cumul des précipitations

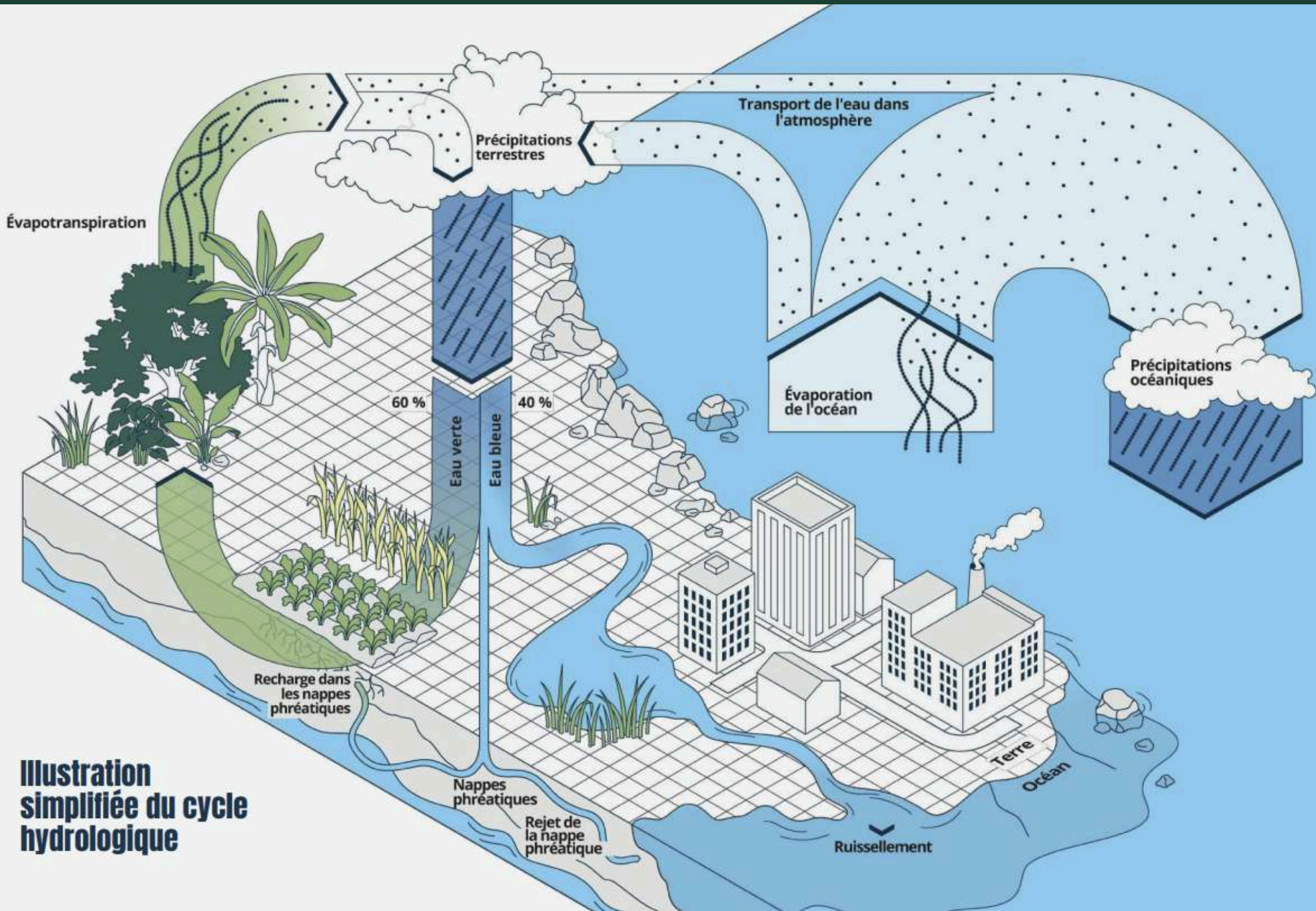


L'EAU VIVANTE

DE L'EAU VERTE AUX
HYDROSYSTÈMES



L'EAU VERTE ET SON RECYCLAGE CONTINENTAL



CONCEPT DE
MALIN FALKENMARK (1989) :

L'EAU VERTE

correspond à l'eau de pluie infiltrée et contenue dans la zone non saturée des premiers mètres du sol

**L'EAU VERTE EST
SOURCE DE PLUIE !**

elle représente
AU MOINS LA MOITIÉ
DES PRÉCIPITATIONS
CONTINENTALES
(à l'échelle mondiale,
très variable localement)

D'OÙ VIENT LA PLUIE ?

Source : Origin and fate of atmospheric moisture, Van Der Ent et al., 2010

Continental precipitation recycling ratio ρ_c

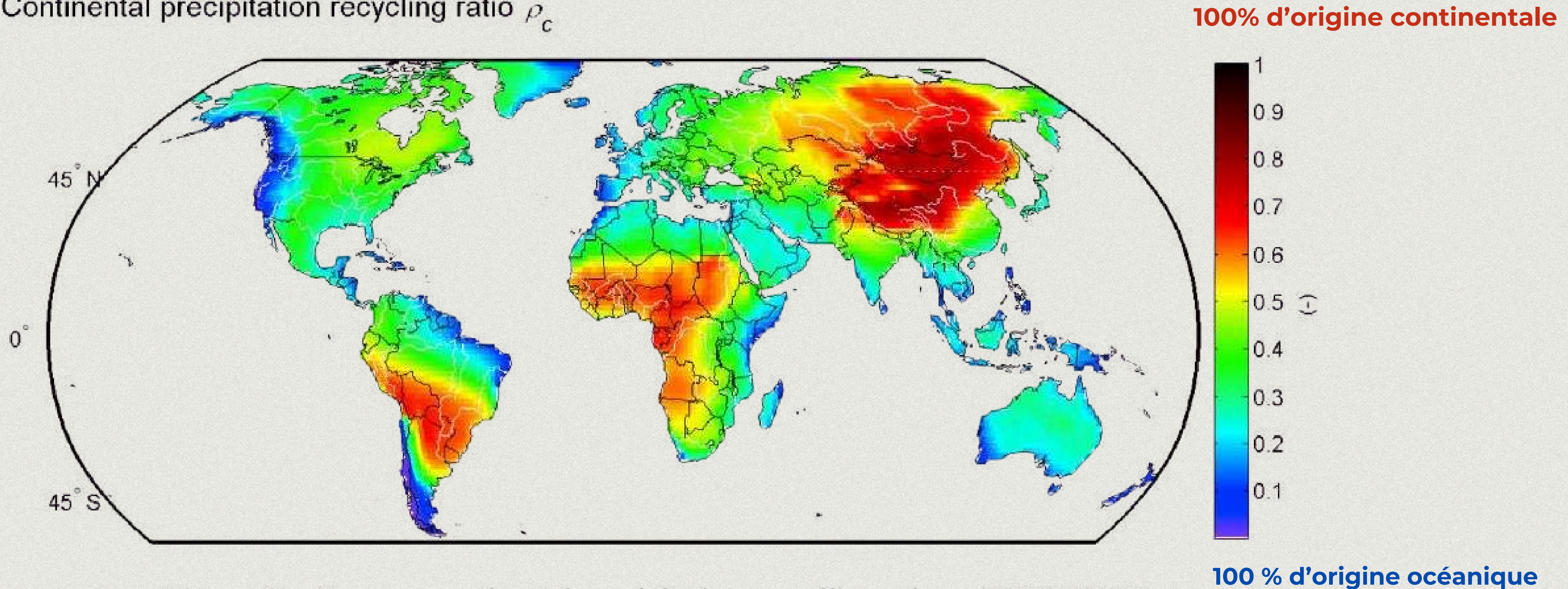


Figure 3. Average continental precipitation recycling ratio ρ_c (1999–2008).

QUE DEVIENT L'EAU ÉVAPORÉE ?

Source : Origin and fate of atmospheric moisture, Van Der Ent et al., 2010

**100% de l'eau évaporée retombera
sous forme de pluie ailleurs**
en suivant les vents dominants à
l'intérieur du continent

Continental evaporation recycling ratio ε_c

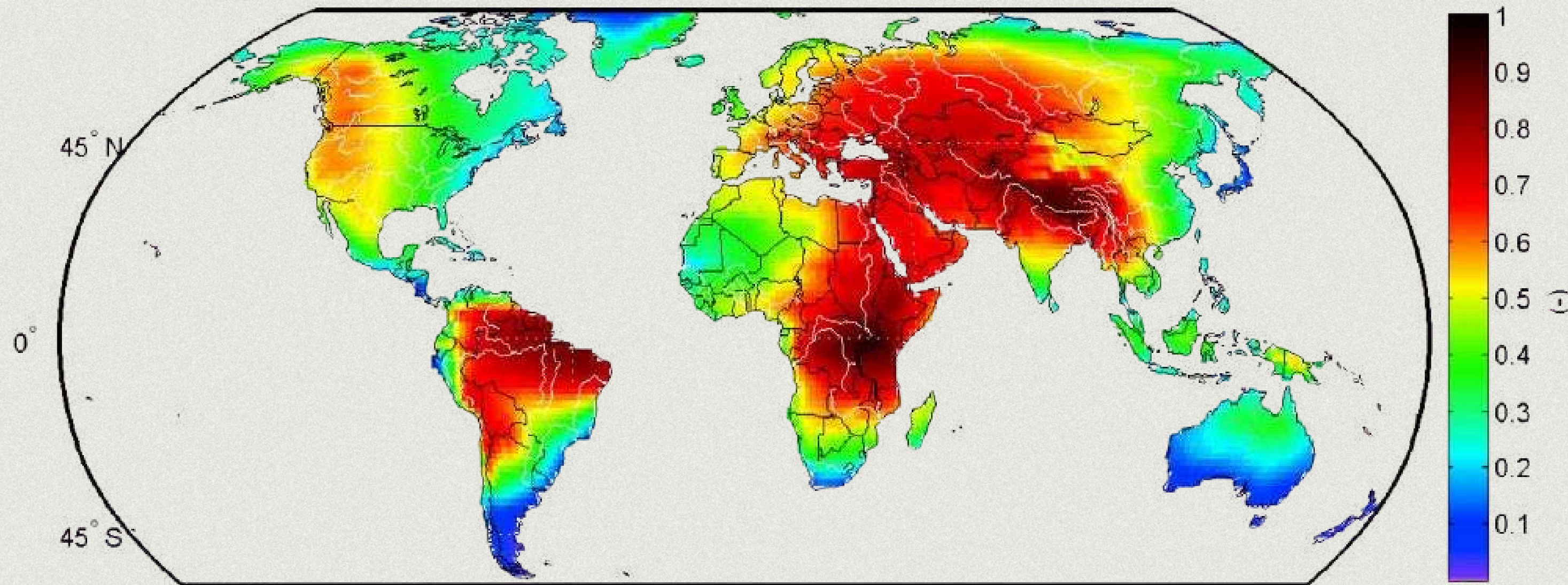


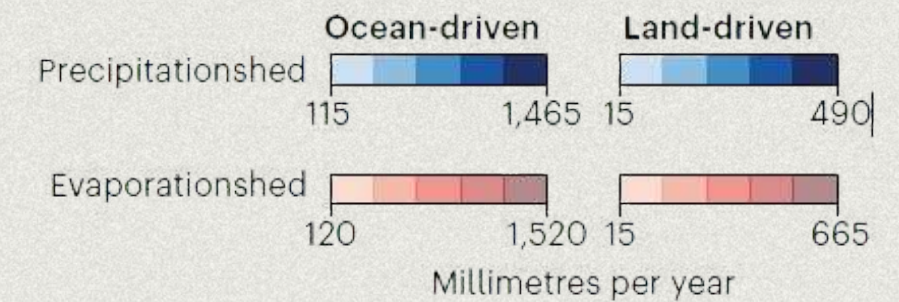
Figure 4. Average continental evaporation recycling ratio ε_c (1999–2008).

LES BASSINS ATMOSPHERIQUES

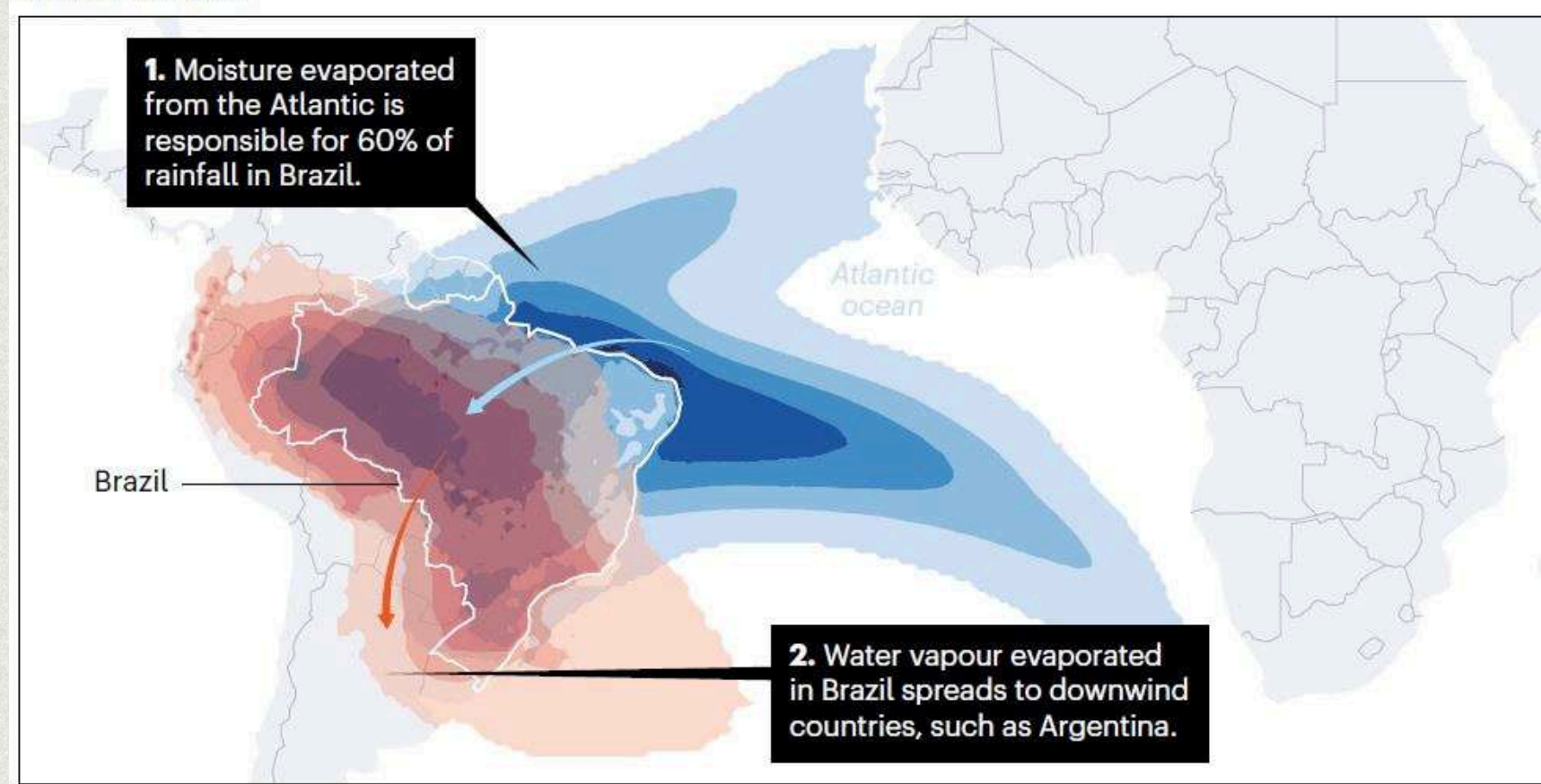
Source : Why we need a new economics of water as common good, Rockstrom et al., 2023

Les bassins de précipitation délimitent les régions d'où proviennent les précipitations

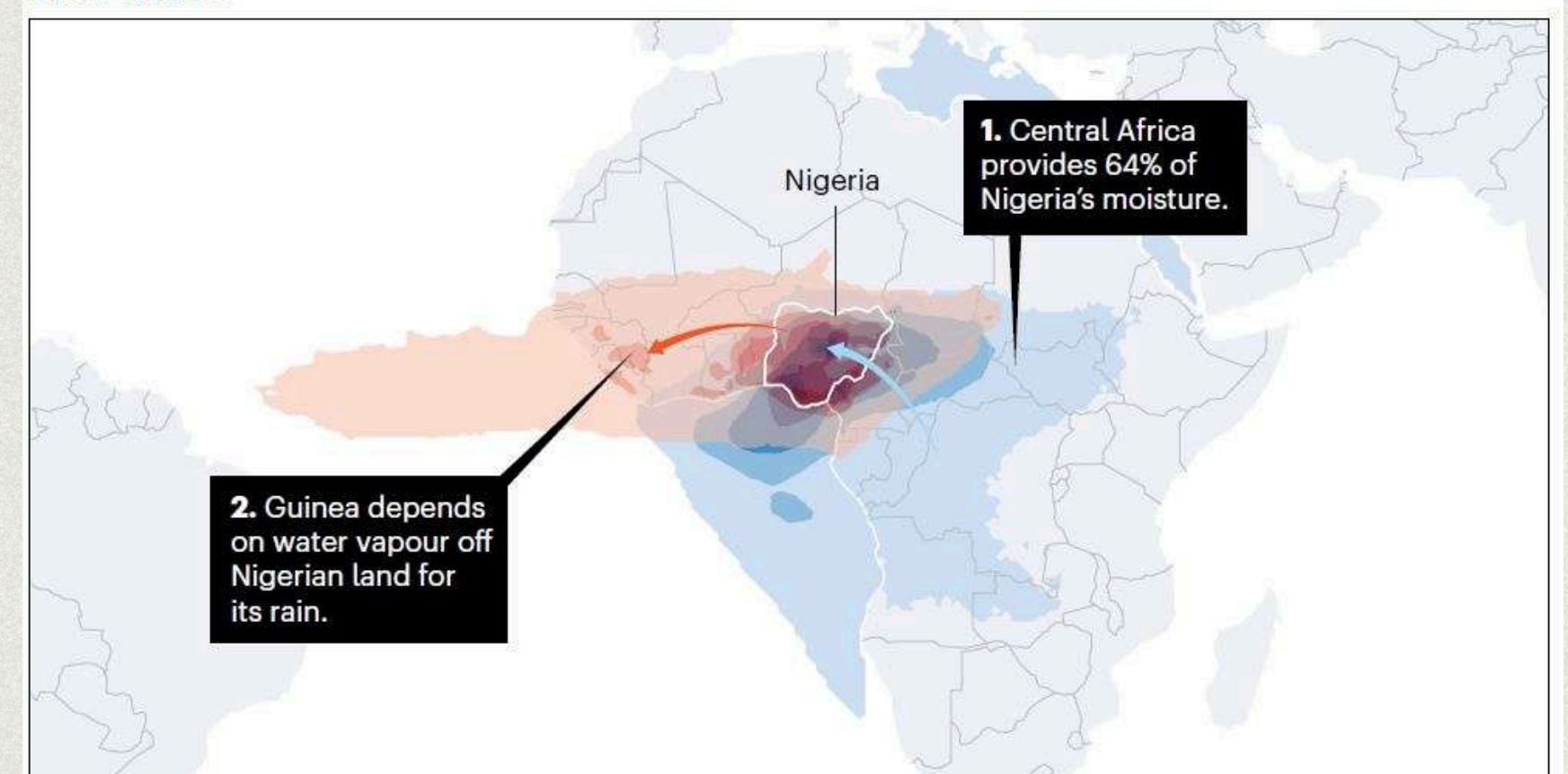
Les bassins d'évaporation délimitent les régions où l'eau évaporée va reprécipiter



Ocean-driven



Land-driven



Même les plus grands pays dépendent de l'évaporation d'autres régions pour maintenir leurs précipitations.

LE RECYCLAGE CONTINENTAL DE L'EAU VERTE, UN PHÉNOMÈNE À ÉTUDIER

POUR ALLER PLUS LOIN

[Lien vers l'article traduit](#)



Water Resources Research

Étude de l'impact de l'usage et du changement d'usage des sols sur le recyclage de l'humidité et les régimes de précipitation

[Sofie A. te Wierik](#), [Erik L. H. Cammeraat](#), [Joyeeta Gupta](#), [Yael A. Artzy-Randrup](#)

Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands ; Geography, Planning and International Development Studies, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands

Date de première publication : 25 juin 2021

Article traduit de l'anglais par Fanny Morizot (Agence Medis Terra) pour le compte de l'association [Pour une hydrologie régénérative](#)

RESUME

L'eau verte, désignant la part d'humidité du sol disponible pour les végétaux, constitue une fraction importante de l'eau douce terrestre. Le changement d'usage des sols modifie les dynamiques de l'eau verte par des interactions observables à l'échelle microscopique (entre le sol et les végétaux) ainsi qu'à l'échelle macroscopique (entre la surface continentale et l'atmosphère). La déforestation massive et l'intérêt croissant suscité par des projets de reforestation soulèvent la question suivante : de tels changements d'usage des sols à grande échelle ont-ils des effets éco-hydrologiques majeurs via le processus de recyclage de l'humidité continentale ? L'étude de ce sujet requiert une compréhension globale et mécaniste (c'est-à-dire des mécanismes causaux) des dynamiques de l'eau verte en lien avec le changement d'usage des sols. Cette étude d'articles aborde la question susmentionnée au moyen d'une revue exploratoire (*scoping review*) s'appuyant sur des travaux portant à la fois sur des observations empiriques et sur des approximations issues de simulations des effets hydrologiques du changement d'usage des sols dans différentes régions du monde. Les résultats montrent que la vulnérabilité aux changements d'usage des sols varie selon les régions, et que ces changements peuvent affecter l'hydrologie des paysages, tant à l'échelle locale qu'à distance. On constate par ailleurs que si de nombreuses études se concentrent sur le plan mondial ou sur les forêts tropicales humides, un défaut de connaissance persiste à l'égard des régions tempérées et des zones arides. L'étude de ces travaux nous amène à proposer des outils analytiques et de nouvelles orientations visant à améliorer notre compréhension des effets du changement d'usage des sols sur les schémas de recyclage de l'humidité. À terme, ces avancées devraient nous permettre de minimiser leurs impacts hydrologiques imprévus sur l'environnement et la société.

QUE PEUT-ON DIRE ?

1. L'eau ne fait pas que « tomber du ciel » :

les paysages contribuent (à divers degrés) au fonctionnement du cycle des précipitations.

2. Les bassins atmosphériques sont à considérer :

une modification significative du paysage (i.e. déforestation ou afforestation) peut avoir des effets hydrologiques très loin de l'endroit où elle se produit

3. Se dire que « plus d'arbres = plus de pluie » est une simplification excessive :

Une revégétalisation peut renforcer le recyclage de l'humidité dans certaines situations, mais les conditions méritent d'être mieux étudiées

4. Retenir l'eau dans les paysages peut avoir une dimension climatique

HYDROSYSTÈME

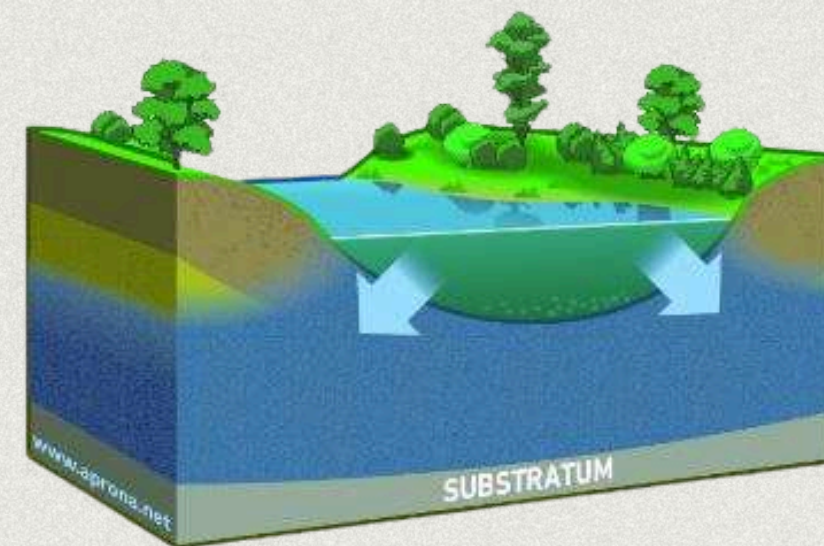


Une rivière en tresse (Kennicott River - Alaska) par MelissaMN

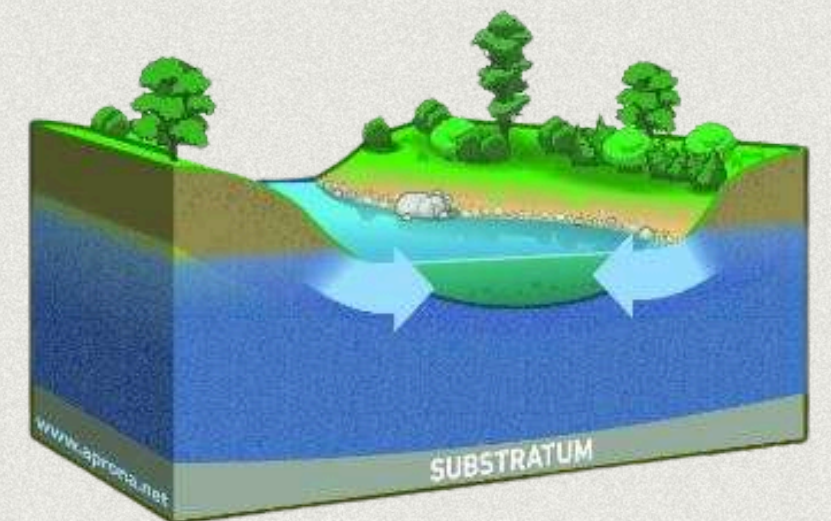
LES HYDROSYSTÈMES SONT CONNECTÉS

- Connexion **hydrologique**
- Connexion **hydrogéologique**
- Connexion **latérale**

LES ÉCHANGES NAPPE-RIVIÈRE



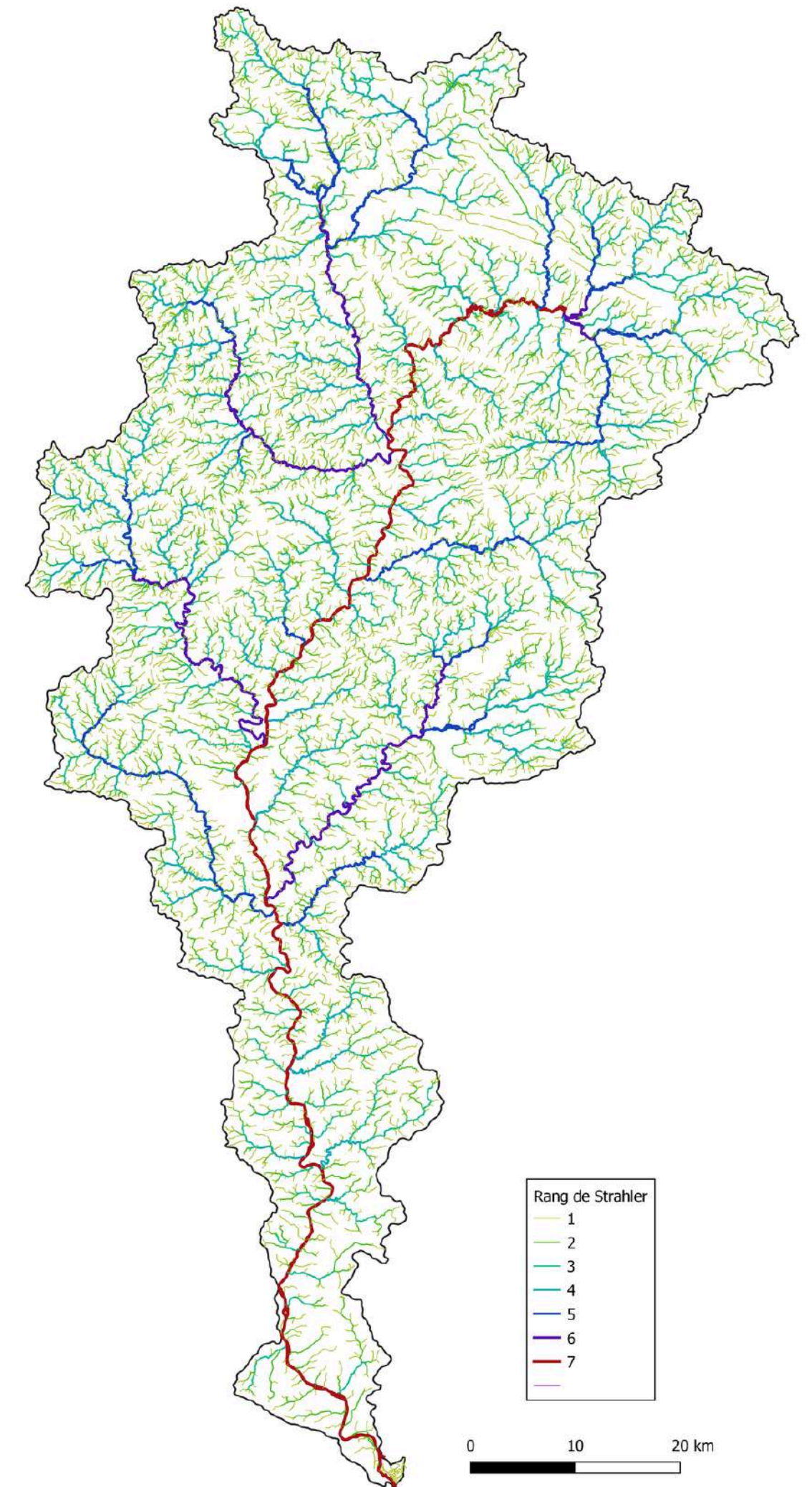
En hautes eaux



En basses eaux

LES HYDROSYSTÈMES MAYENNAIS

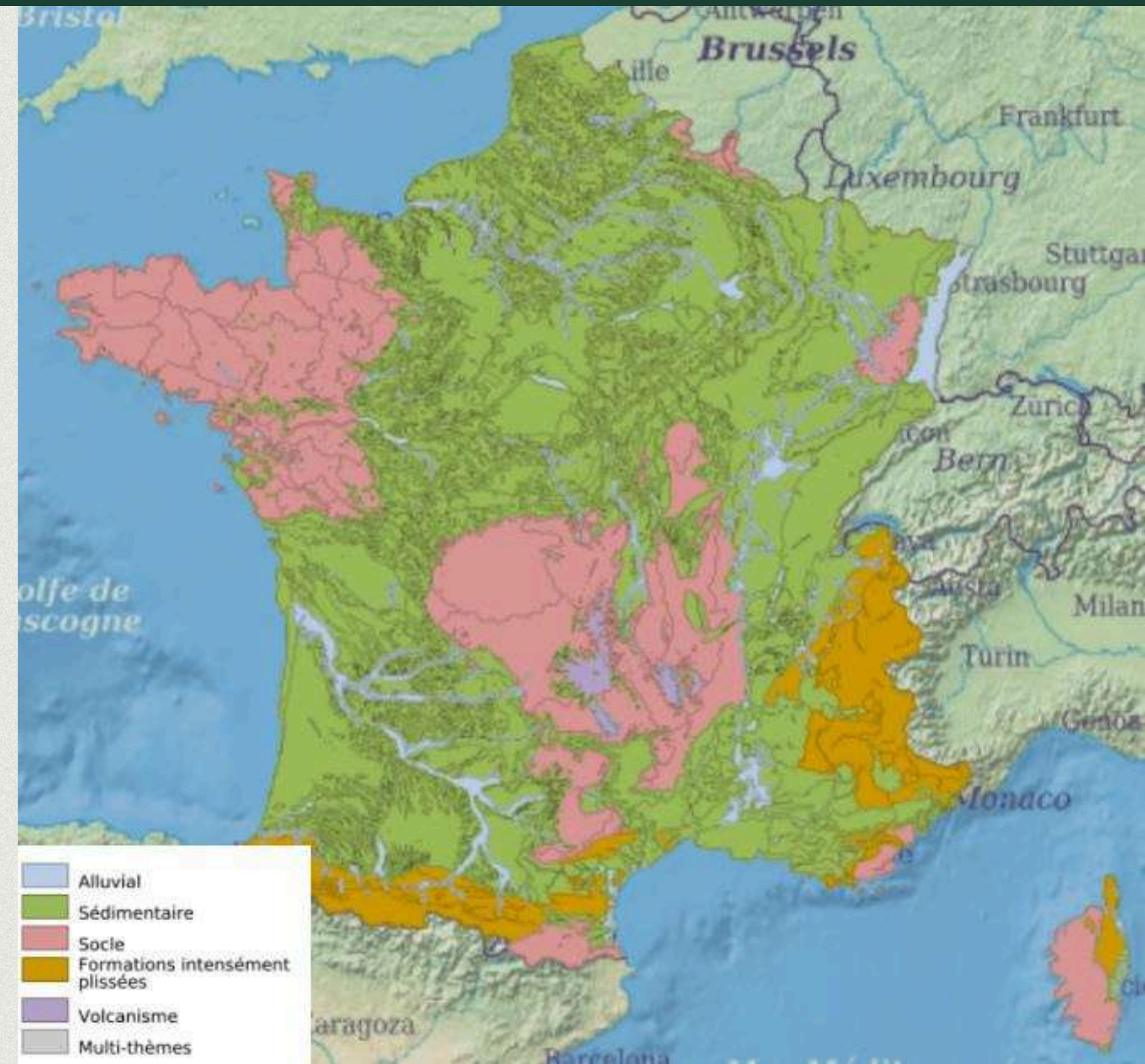
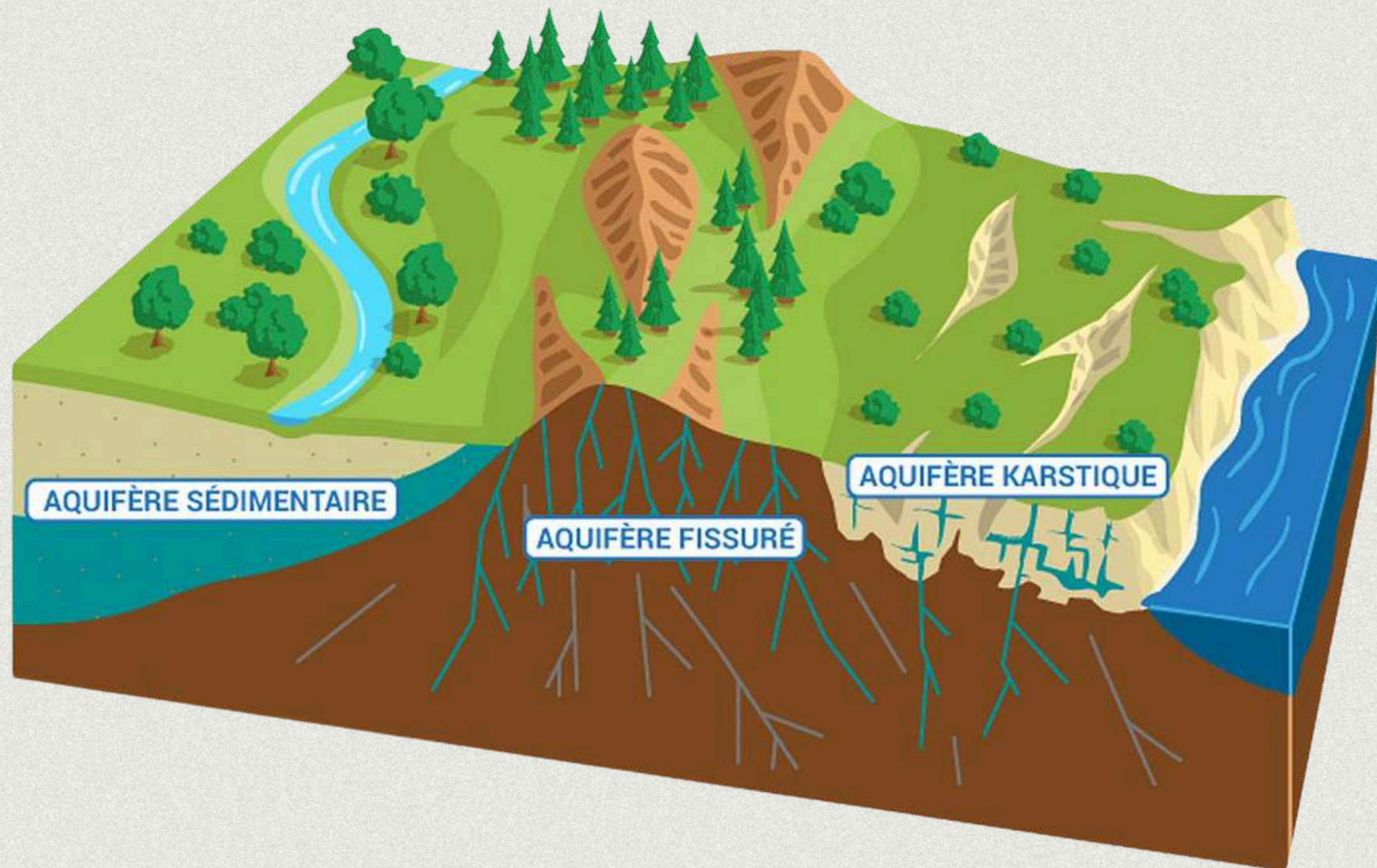
- la Mayenne et de ses affluents : l'Aisne, la Courbe, la Vée, l'Égrenne, la Varenne, la Colmont, l'Aron, l'Ernée...
- La Mayenne prend sa source au Mont des avaloirs (altitude : 417 m) sur la commune de LA LACELLE dans l'Orne et conflue 195 km en aval avec la Sarthe et le Loir pour former la Maine.
- Fort gradient pluviométrique : les précipitations sont divisées par 2 entre la partie amont du bassin (1300 mm/an) et sa partie aval (650 mm/an).
- 80% des ressources pour l'alimentation en eau potable proviennent des eaux superficielles (essentiellement de la Mayenne) donc forts enjeux de qualité et de prévention des pollutions



HYDROGÉOLOGIE

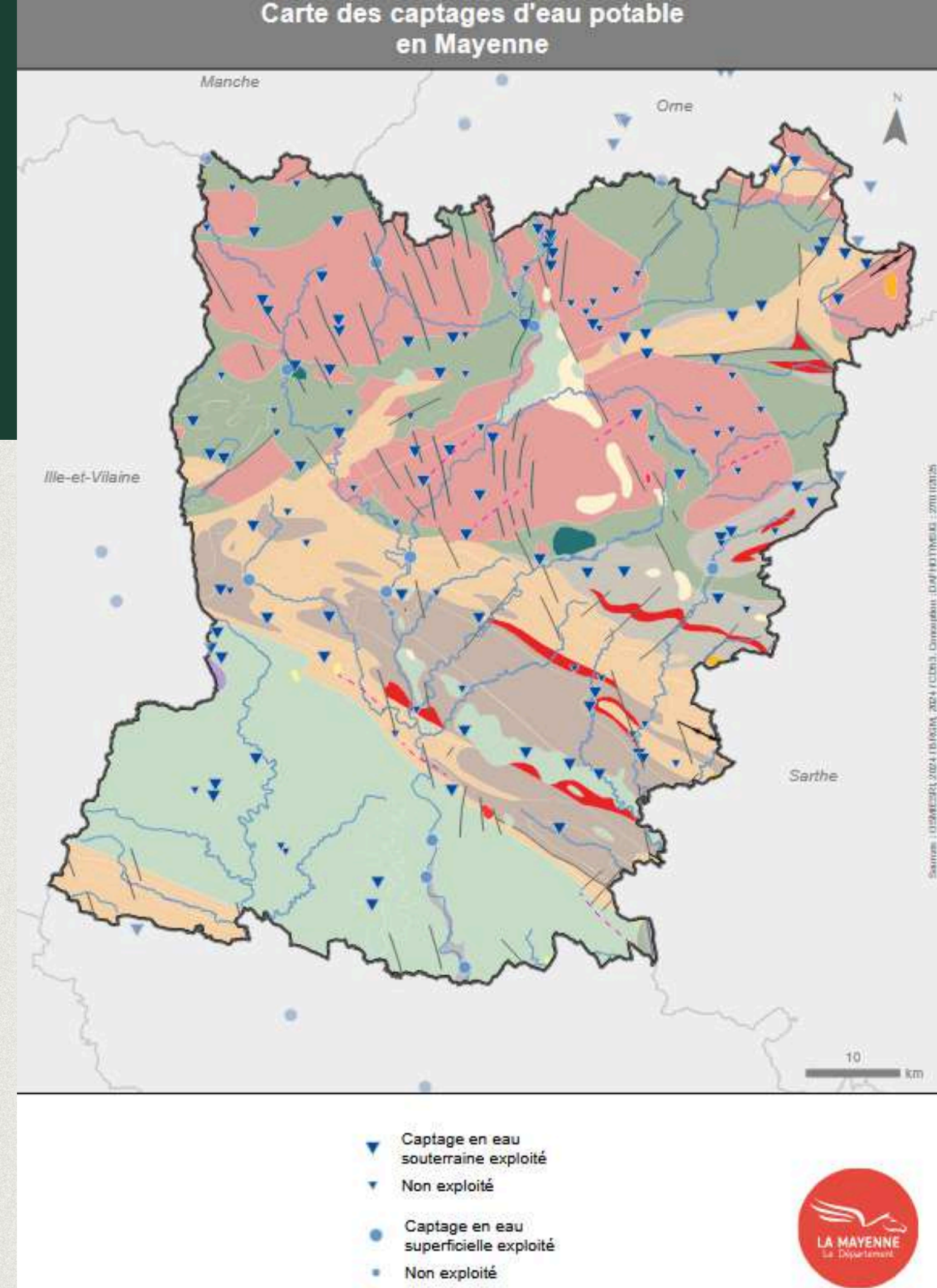
AQUIFÈRE :

La roche réservoir contenant une nappe
3 types

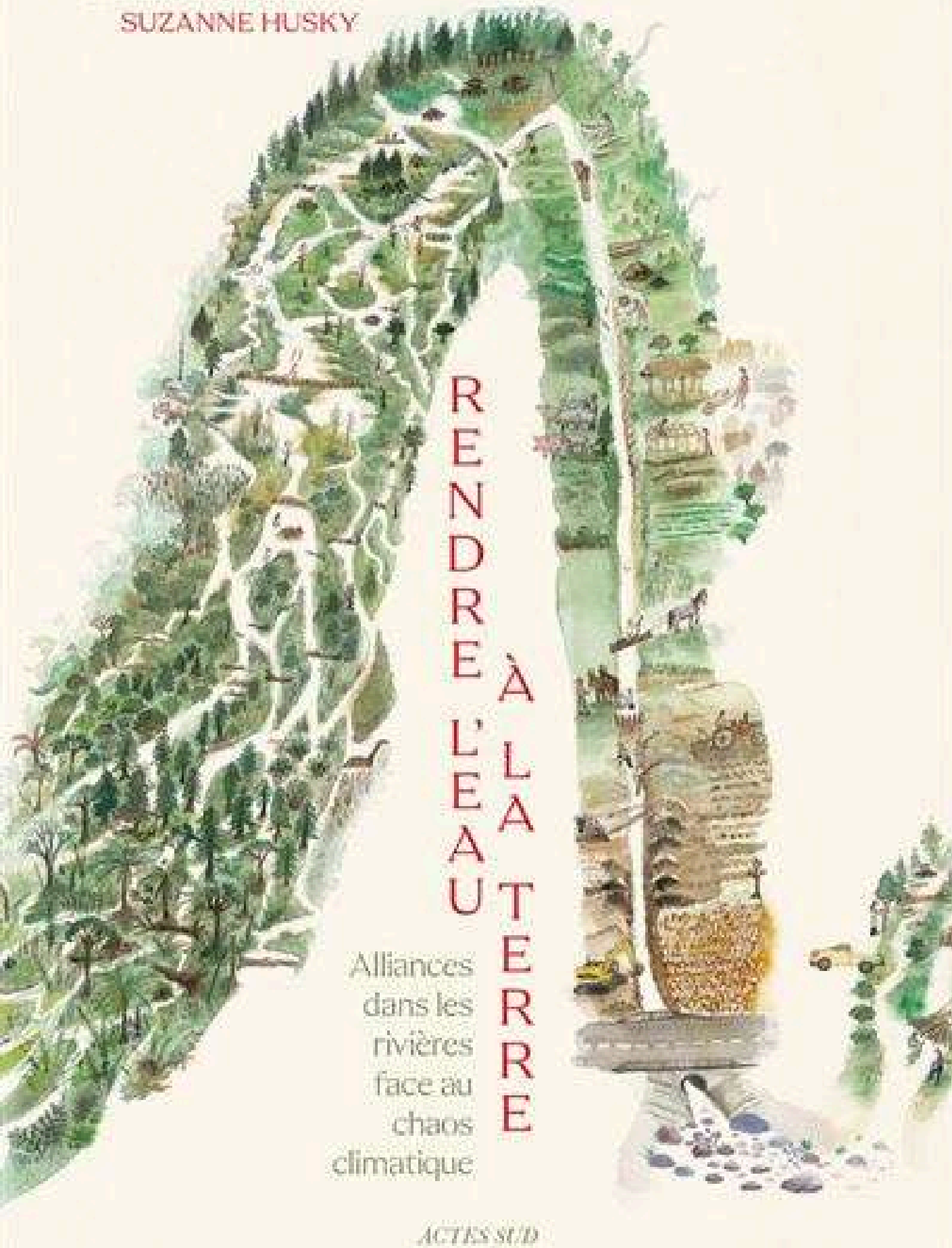


LES RÉSERVES D'EAU SOUTERRAINE EN MAYENNE

- Socle granitique armoricain
- sous sol majoritairement constitué de schistes et de granite paléozoïque
- Potentiel de ressources souterraines intéressant (6,5 millions de m³ par an),
- Mais ressource diffuse et son exploitation nécessiterait la réalisation de nombreux forages.



BAPTISTE MORIZOT
SUZANNE HUSKY

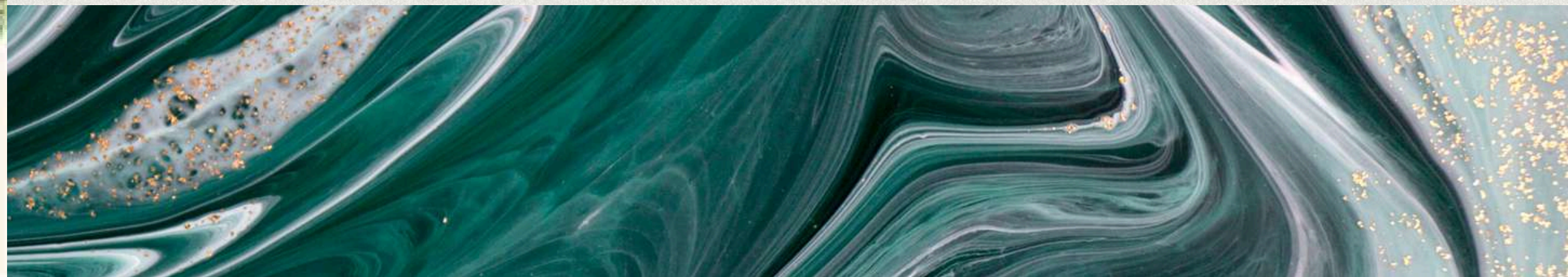


L'EAU VIVANTE

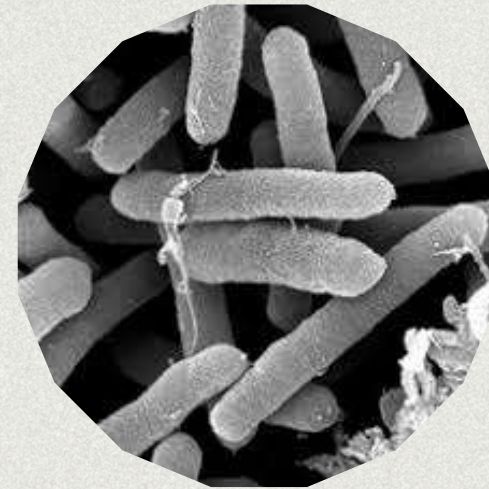
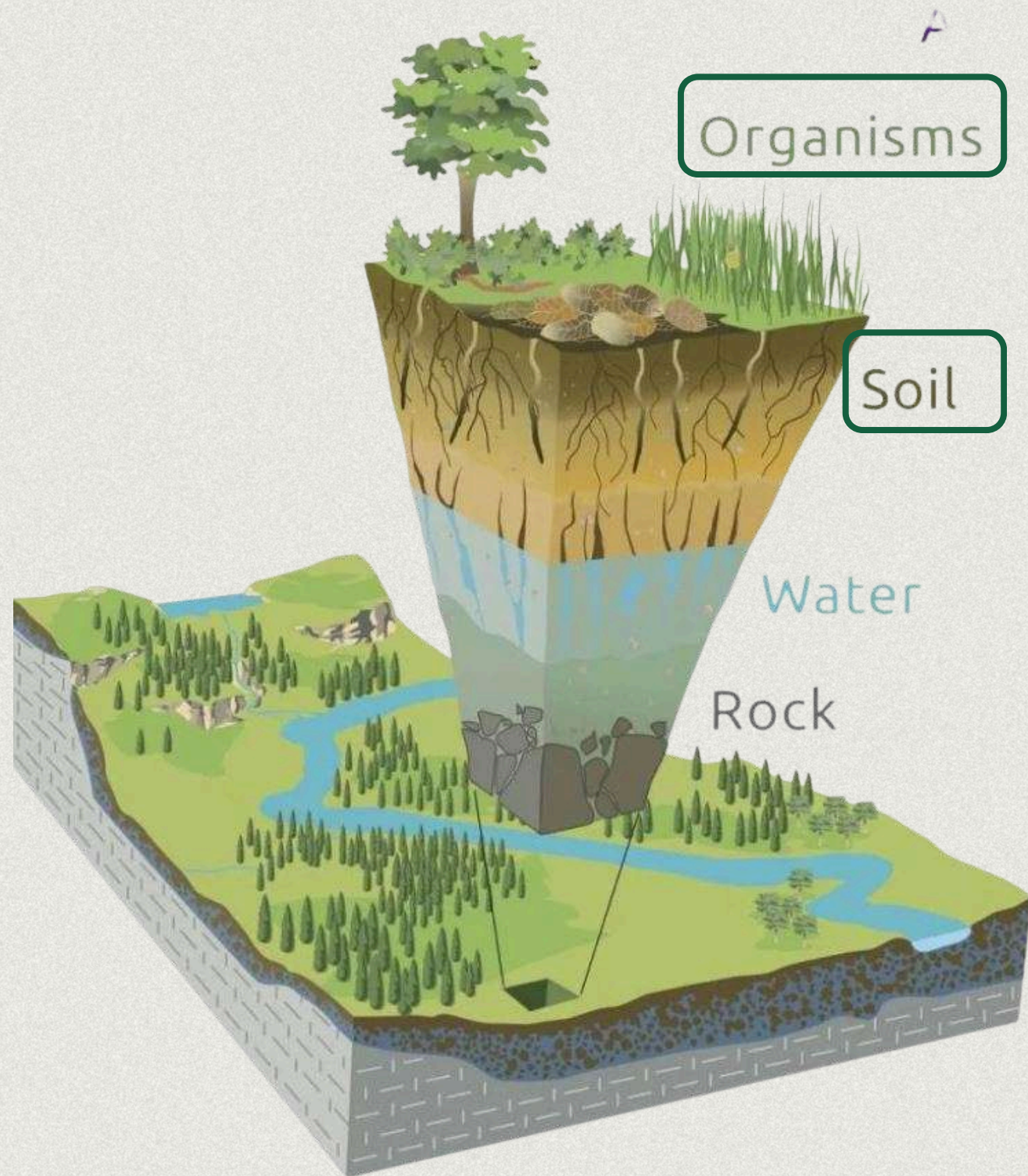


L'eau se déploie réellement dans des tissages immémoriaux et des interdépendances avec des communautés biotiques et des forces vivantes, tissages qui l'animent autrement, qui transforment son comportement, ses potentialités, et donc nos rapports collectifs à l'eau.
C'est cette entité *processuelle* et *relationnelle* que j'appelle "eau vivante".

BAPTISTE MORIZOT - RENDRE L'EAU À LA TERRE
(2024)



DE L'EAU VERTE...



LE **POUVOIR GLAÇOGENE**
DE LA BACTÉRIE ÉPIPHYTE
PSEUDOMONAS SYRINGAE
POUR AMORCER LA **PRÉCIPITATION**

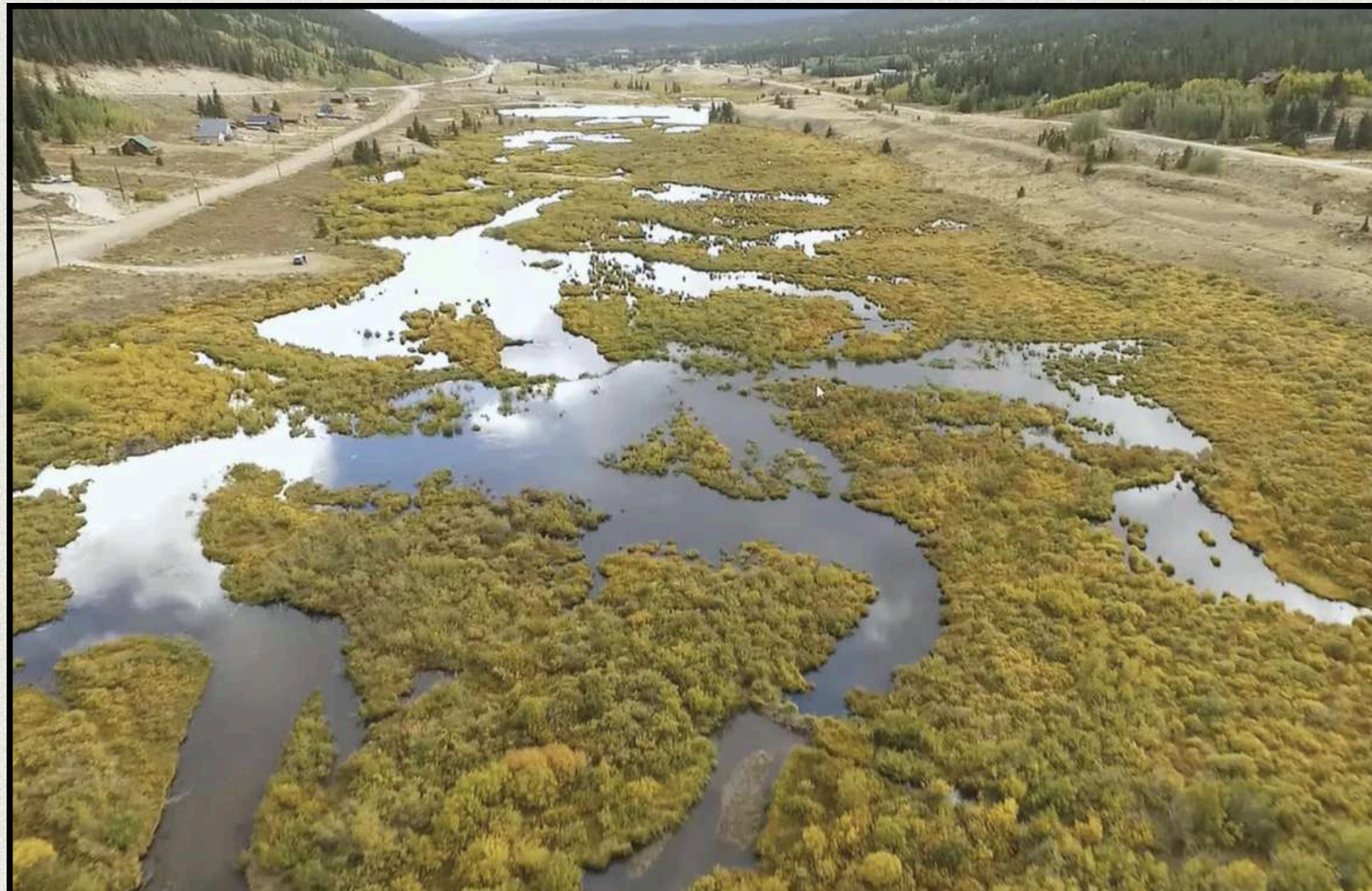
LE **POUVOIR STRUCTURANT**
DES SOLS POREUX GRÂCE AUX GALERIES
ET EXCRÉTIIONS DES VERS DE TERRE
POUR FACILITER L'**INFILTRATION**



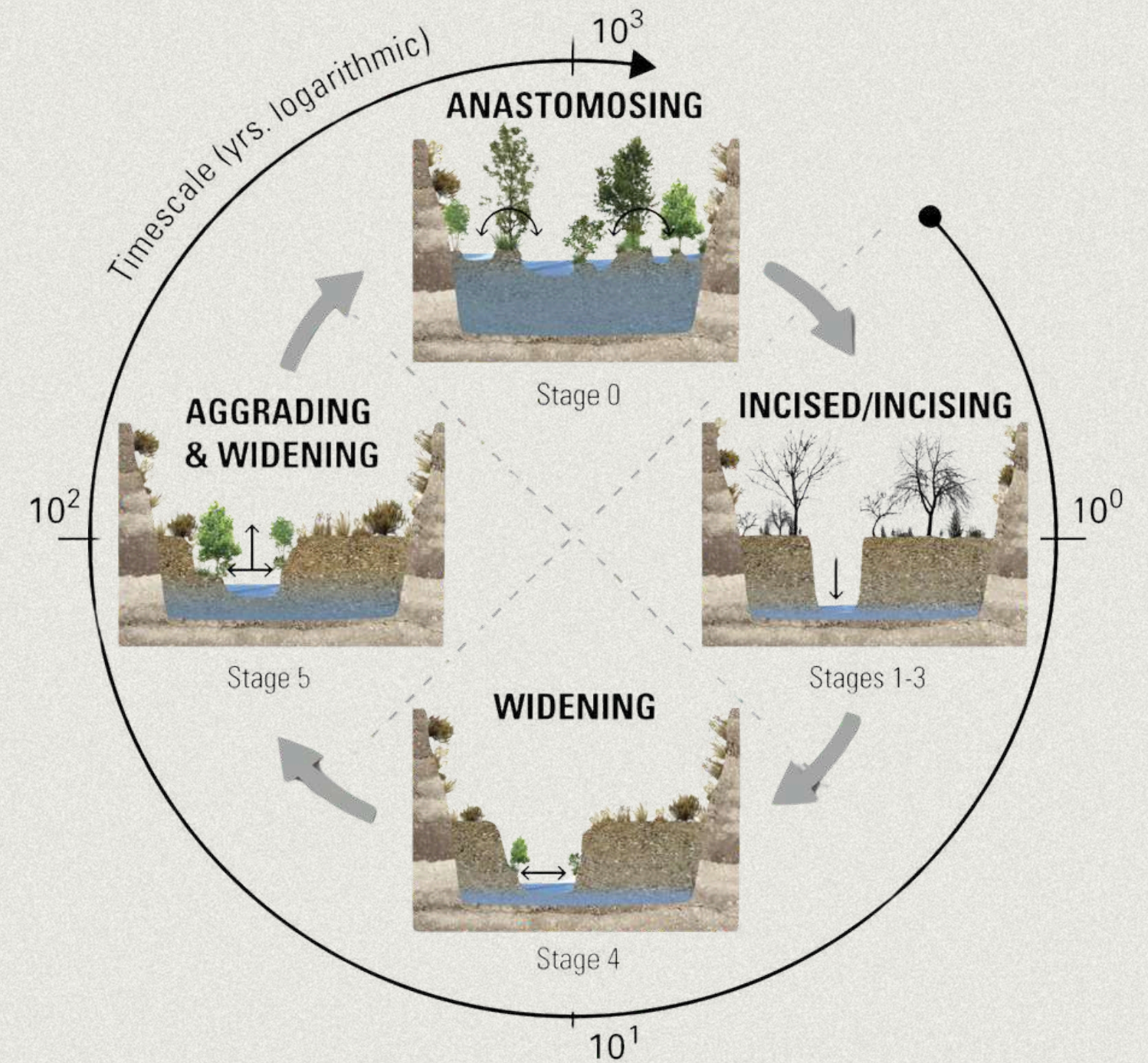
LE **POUVOIR RÉGULATEUR**
DES STOMATES DE VÉGÉTAUX
POUR MODULER
L'**ÉVAPOTRANSPIRATION**

...À L'HYDROSYSTÈME

LES HYDROSYSTÈMES SONT ÉVOLUTIFS



STAGE 0 - ANASTOMOSE



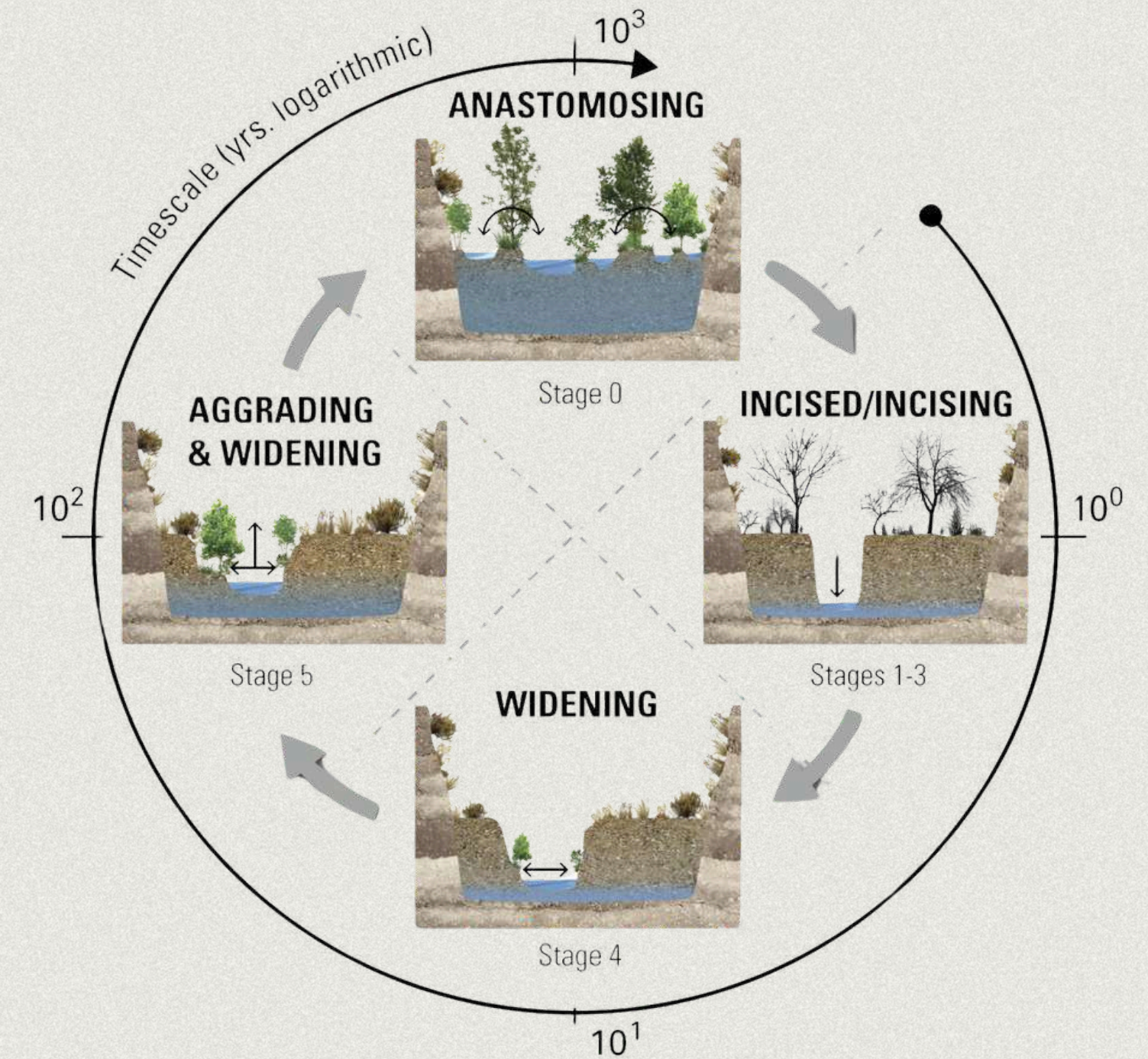
STREAM EVOLUTION MODEL, SIMPLIFIED
(CLUER AND THORNE - 2014)

...À L'HYDROSYSTÈME

LES HYDROSYSTÈMES SONT ÉVOLUTIFS



STAGE 3S - INCISION (SPIRALE)



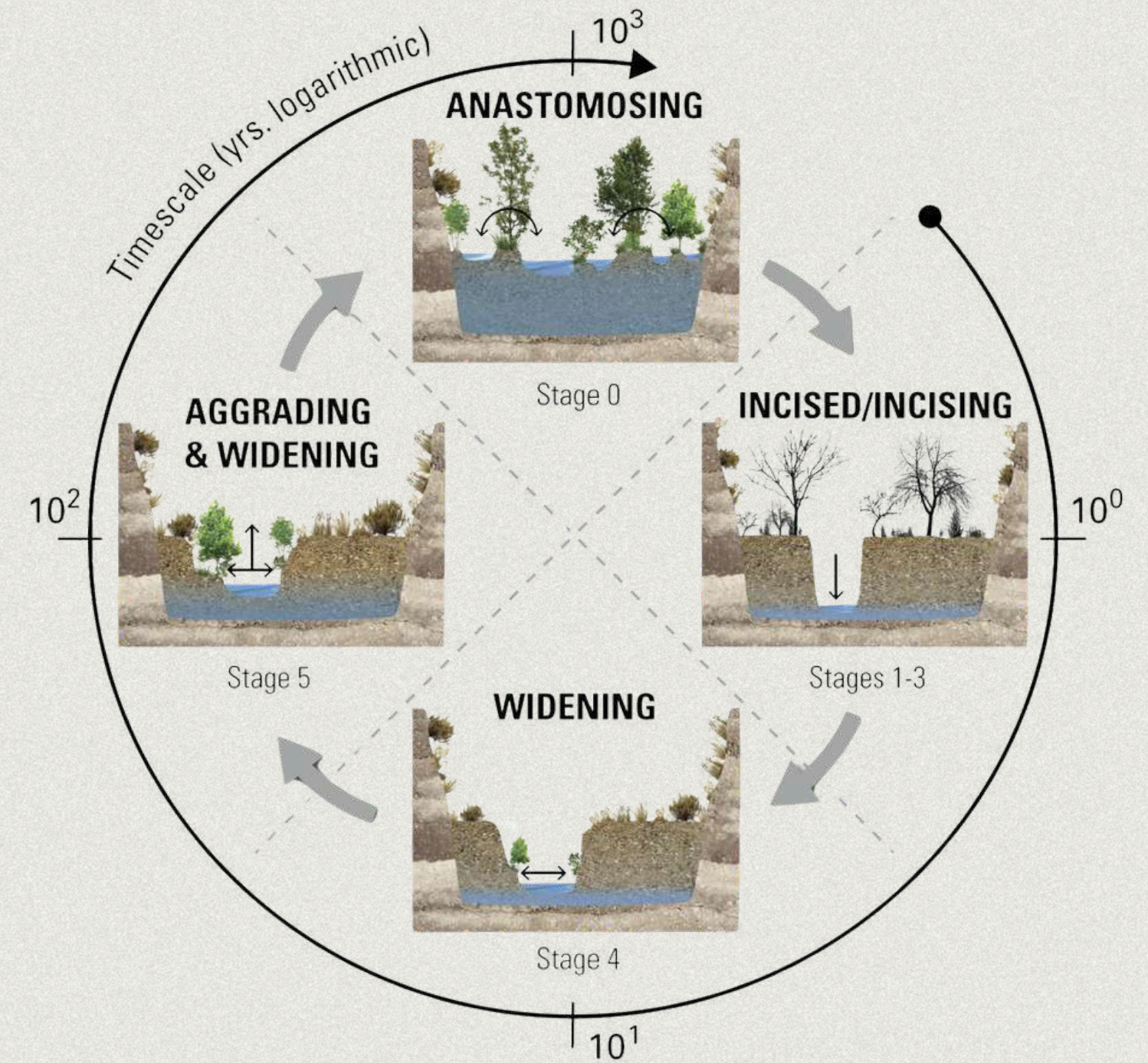
STREAM EVOLUTION MODEL, SIMPLIFIED
(CLUER AND THORNE - 2014)

...À L'HYDROSYSTÈME

LES HYDROSYSTÈMES SONT ÉVOLUTIFS

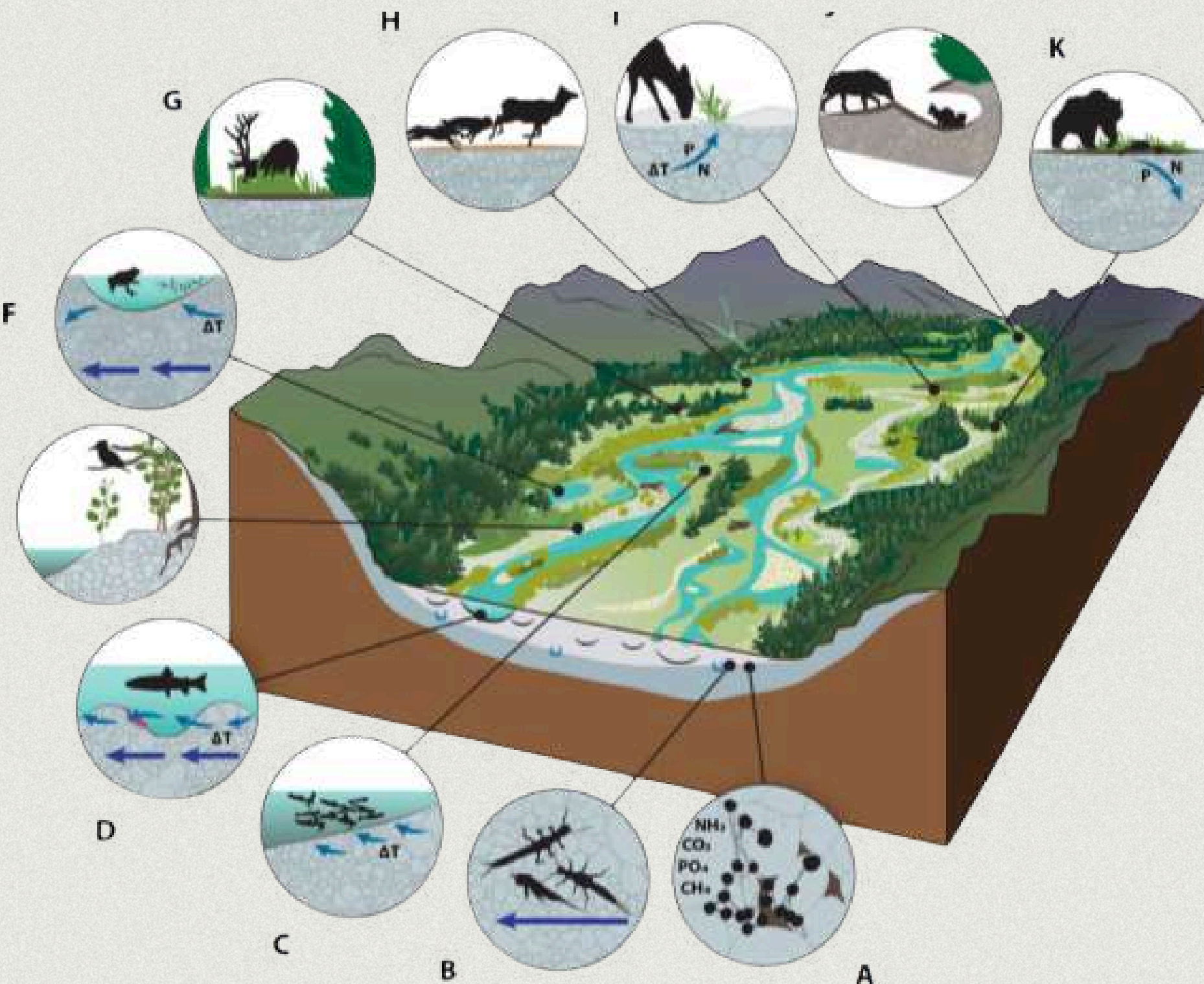


STAGE 5 - AGGRADATION ET ÉLARGISSEMENT



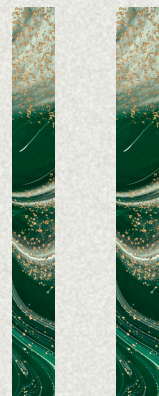
STREAM EVOLUTION MODEL, SIMPLIFIED
(CLUER AND THORNE - 2014)

...À L'HYDROSYSTÈME



LES HYDROSYSTÈMES SONT FAÇONNÉS PAR LE VIVANT

- L'importance des **petits cours d'eau** (OS 1 et 2) à la base de tout le réseau trophique
- Une grande **diversité** de styles fluviaux et de faciès d'écoulement = une plus grande complexité des hydrosystèmes
- Dépendant de l'**espace de bon fonctionnement**, de présence de **bois** dans l'eau et de **castors**....

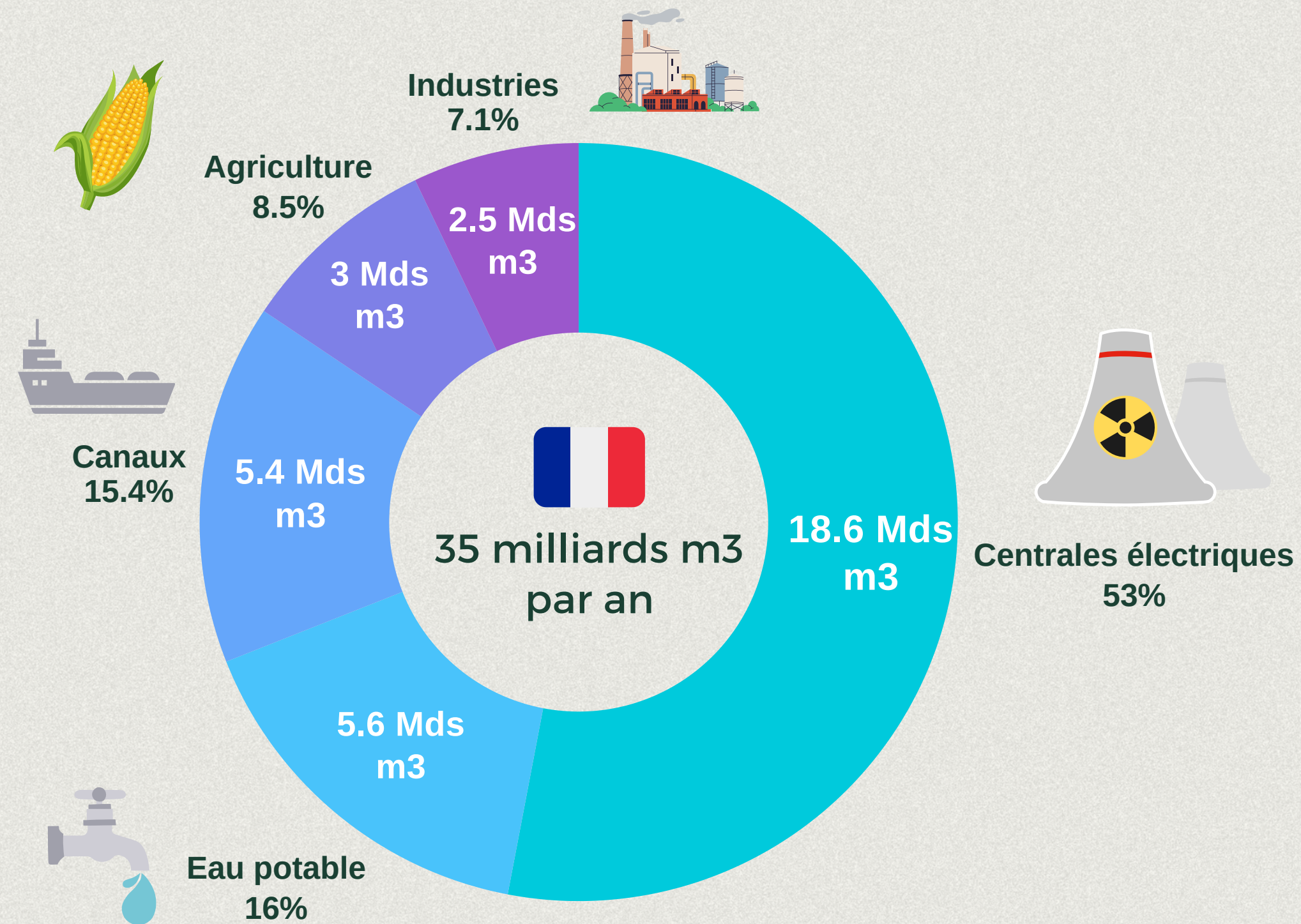


LES PRESSIONS

USAGES, DÉPENDANCES, IMPACTS
ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

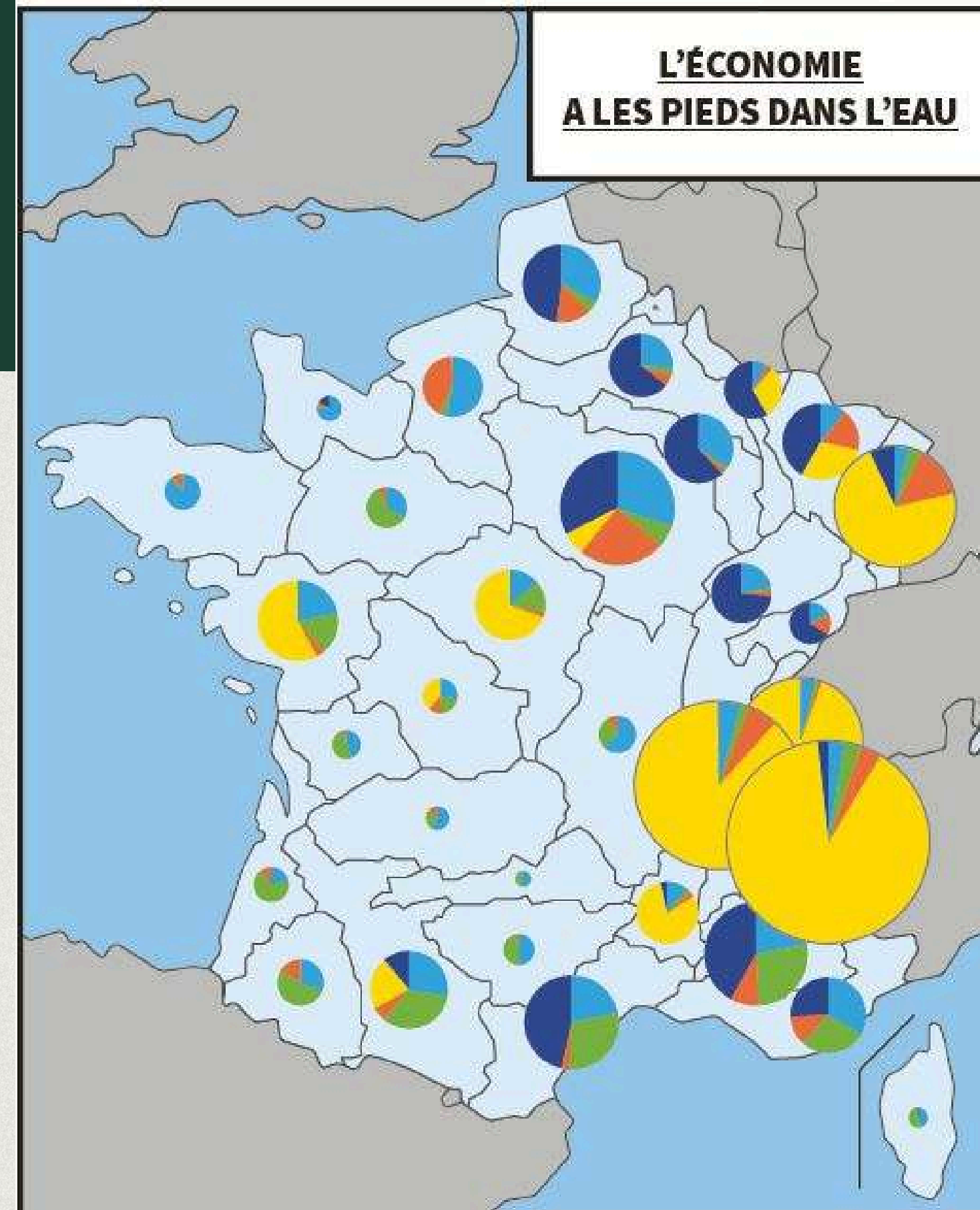


USAGES DE L'EAU : L'EAU PRÉLEVÉE

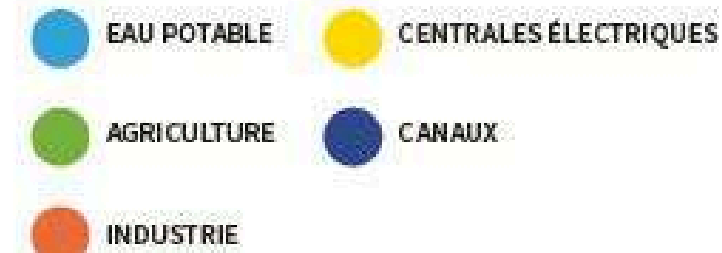
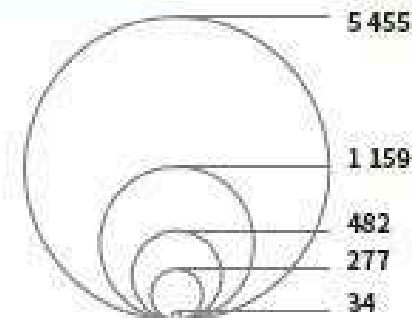


Source : Moyenne 2018-2021 - Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE)

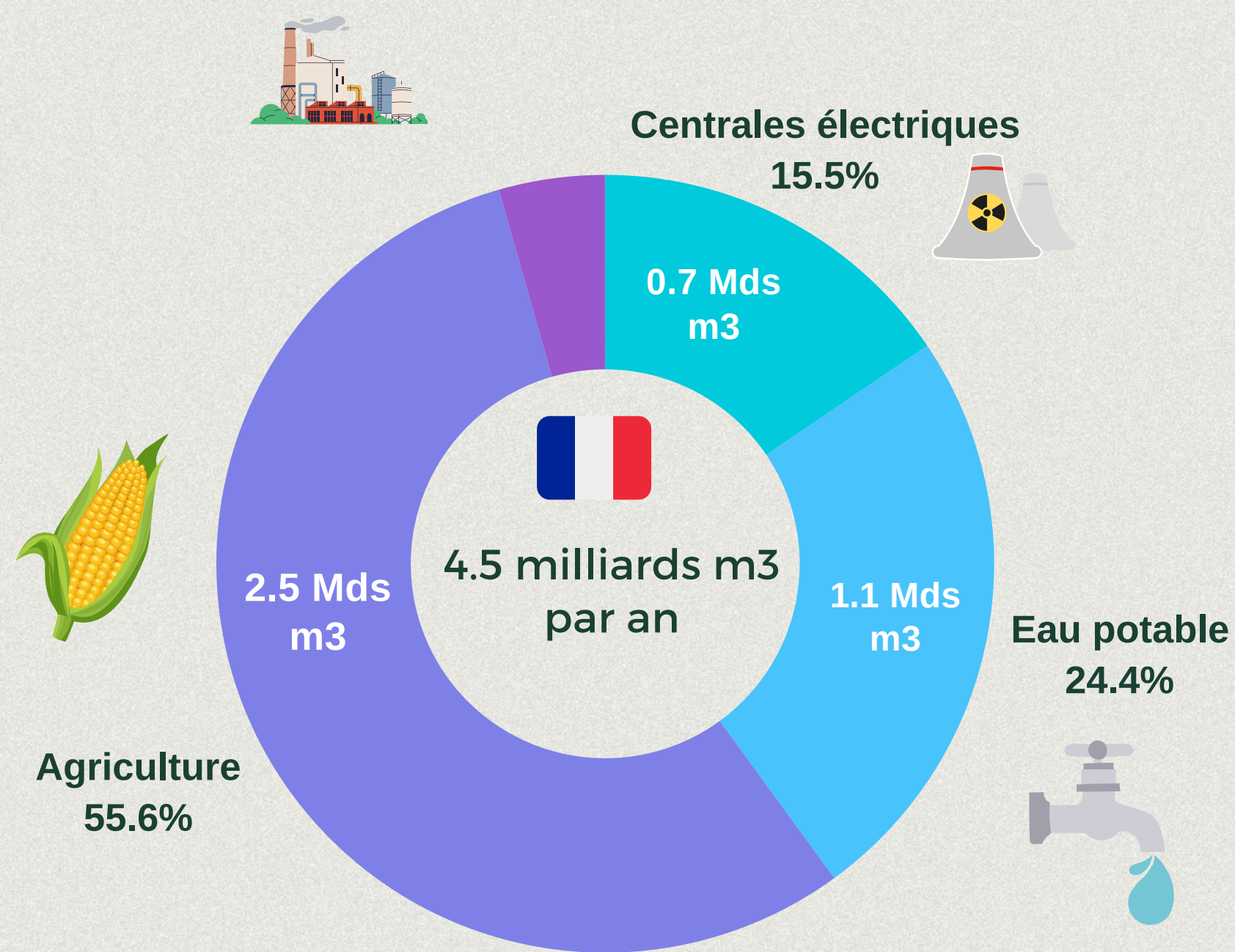
L'ÉCONOMIE A LES PIEDS DANS L'EAU



PRÉLEVEMENTS
D'EAU
en millions
de mètres cubes

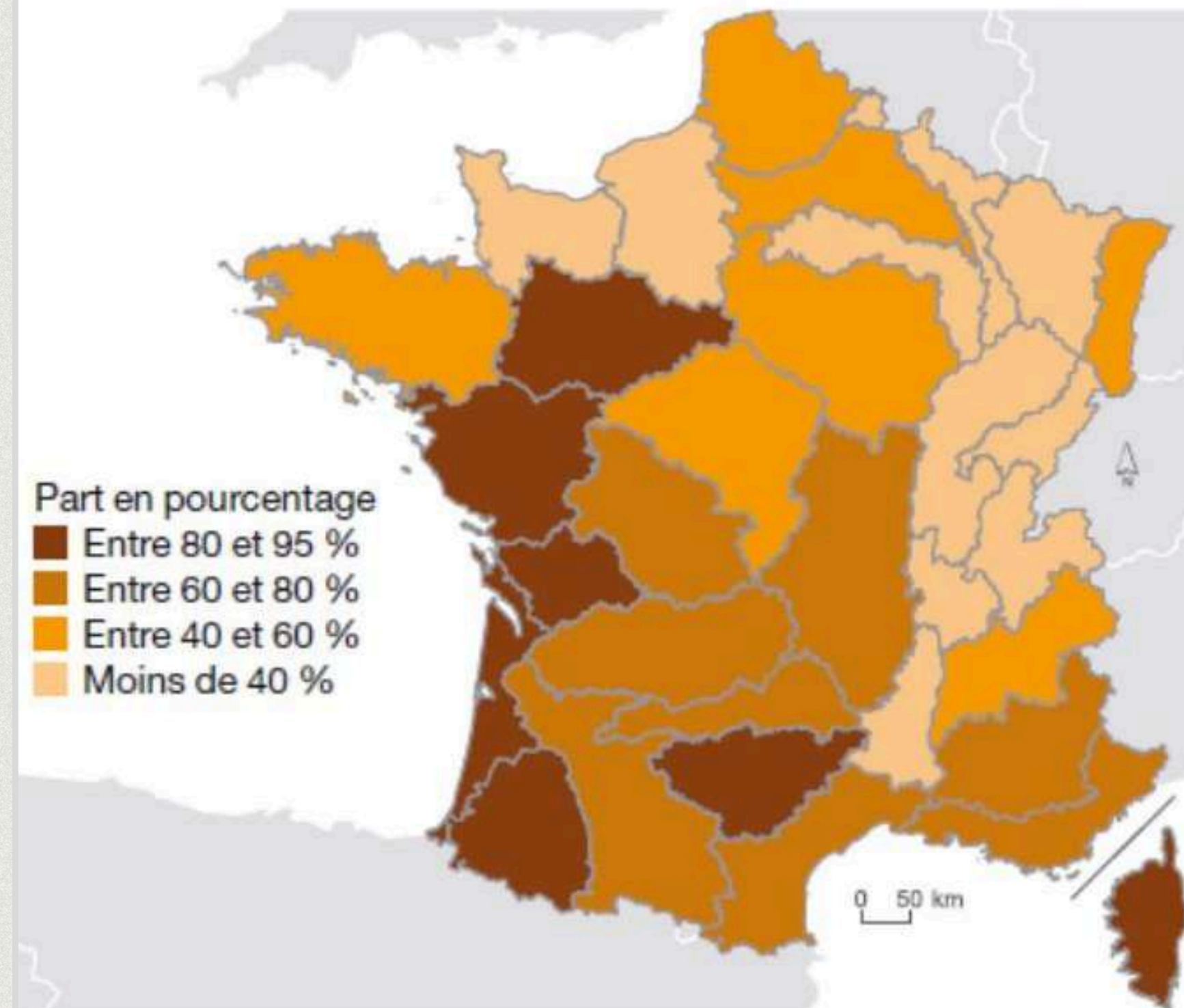


USAGES DE L'EAU : L'EAU CONSOMMÉE



Source : Évolutions de la ressource en eau renouvelable en France métropolitaine de 1990 à 2018 – Datalab 2022 et actualisé par Charlène Descollonges

Part de la consommation en eau estivale (moyenne 2008-2018)

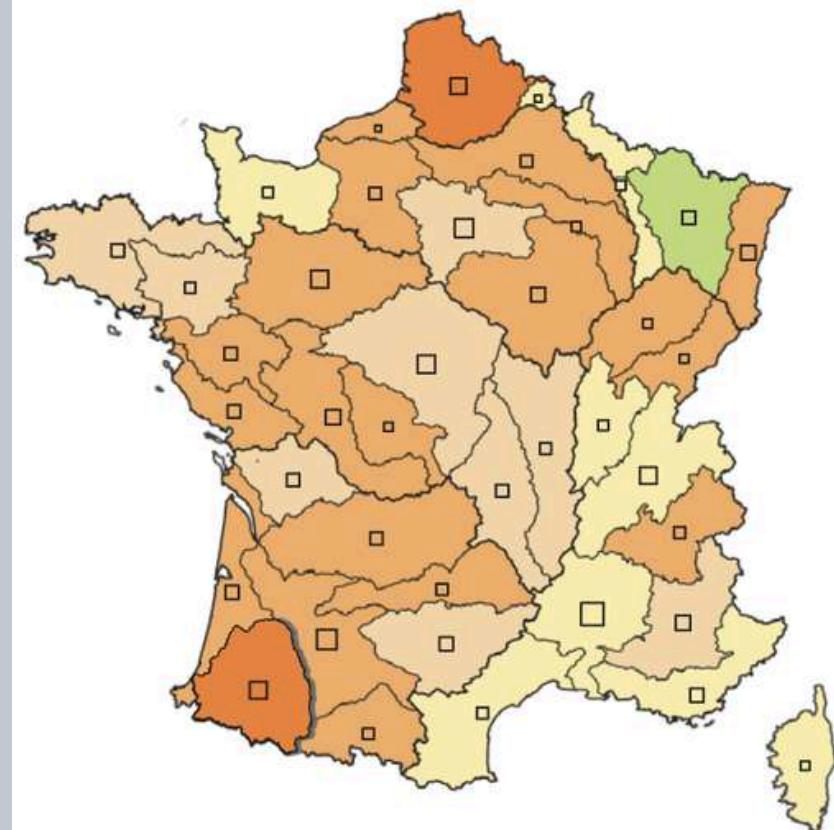


L'été, la France est en stress hydrique, extrême dans certaines régions

— UNE SOIF INSATIABLE ?

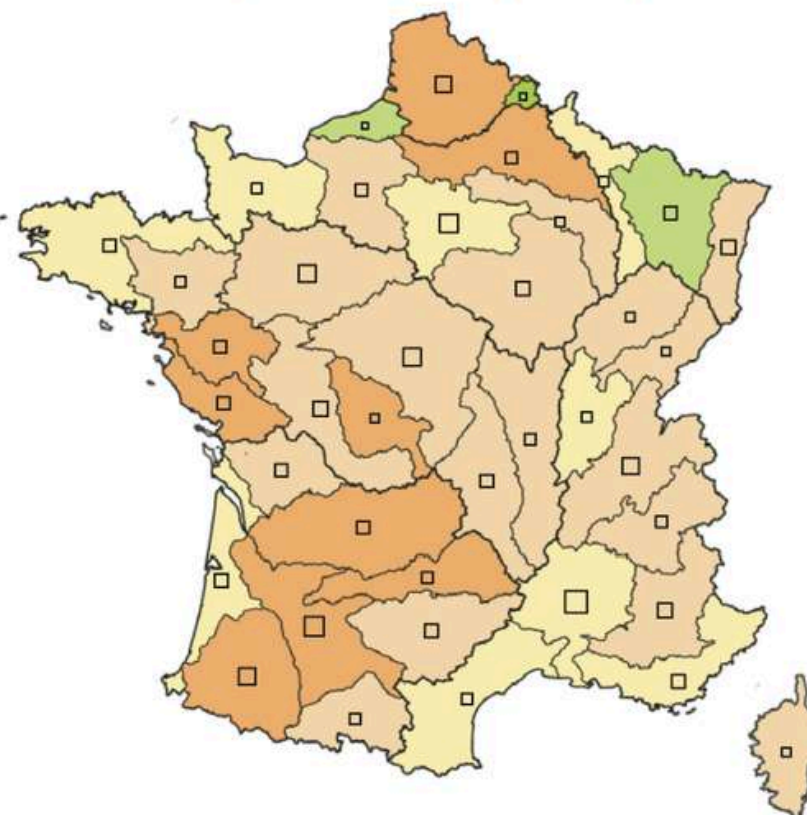
Évolution des consommations annuelles entre 2020 et 2050
dans la configuration climatique la plus défavorable étudiée, en pourcentage

Scénario tendanciel



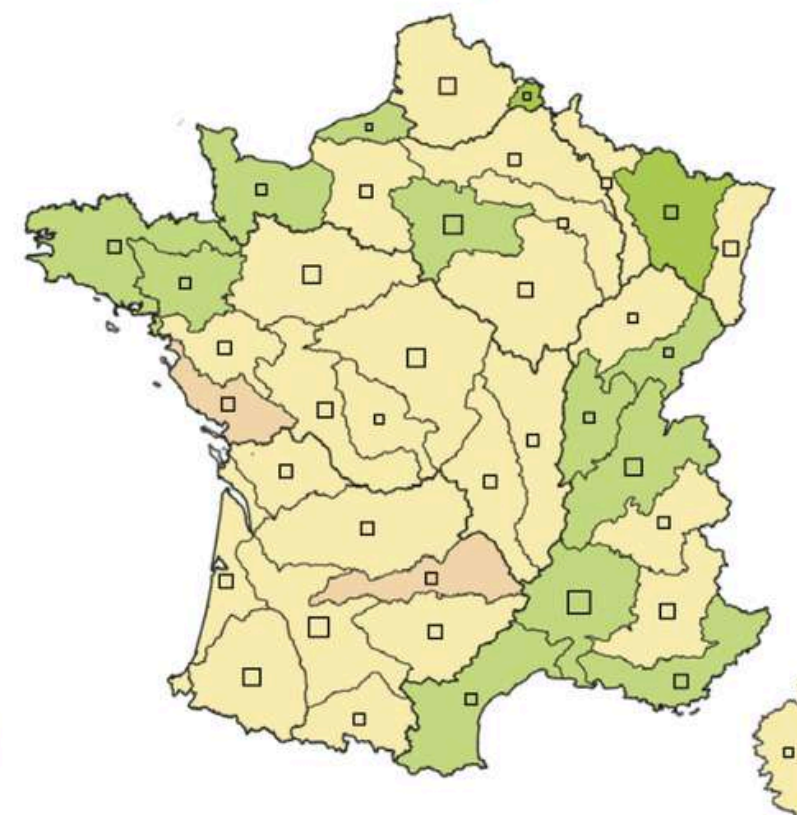
Cartographie IGN 2024

Scénario politiques publiques



Cartographie IGN 2024

Scénario de rupture



Cartographie IGN 2024

-100 -50 0 50 100 200 300

Consommations en 2020 (en millions de m³) 10 600

Note : les frontières en noir correspondent au découpage en quarante bassins versants réalisé dans la présente étude.

Lecture : en 2050, pour une météo printanière-estivale sèche et avec la projection climatique la plus défavorable étudiée, dans le scénario tendanciel, les consommations seraient multipliées par plus de trois dans le bassin versant de l'Adour (frontières en gras sur la carte).

Source : France Stratégie

Les perspectives
d'évolution dépendent
fortement de nos choix
agricoles et énergétiques

- Sobriété énergétique (-)
- Construction ou non de nouveaux EPR en circuit fermé (+)
- Baisse de la consommation de viande et diversification des productions (-)
- Développement ou non de pratiques agroécologiques, sans nouvelle retenue de substitution (-)
- Réindustrialisation et développement d'énergie décarbonée (+)

DÉPENDANCES ET IMPACTS

Eau bleue

Eau verte

Eau grise

Changement
climatique

Stockages artificiels

Changement de couverture
et usage intensif des sols

Aménagements
hydrauliques

Prélèvements &
consommations

Appropriation de
l'humidité des sols

Pollutions
(directe et diffuse)



Eau verte

PERTE ET DÉGRADATION DES SOLS



Eau bleue

ALTÉRATION DES HYDROSYSTÈMES



Eau grise

POLLUTION DES HYDROSYSTÈMES

St. épuration



Nutriments
Organique
Micropolluants



Industries

Métaux lourds
T° C
PFAS
COV
Organochlorés...



Agriculture



Nutriments
Phytosanitaire
Particules fines...



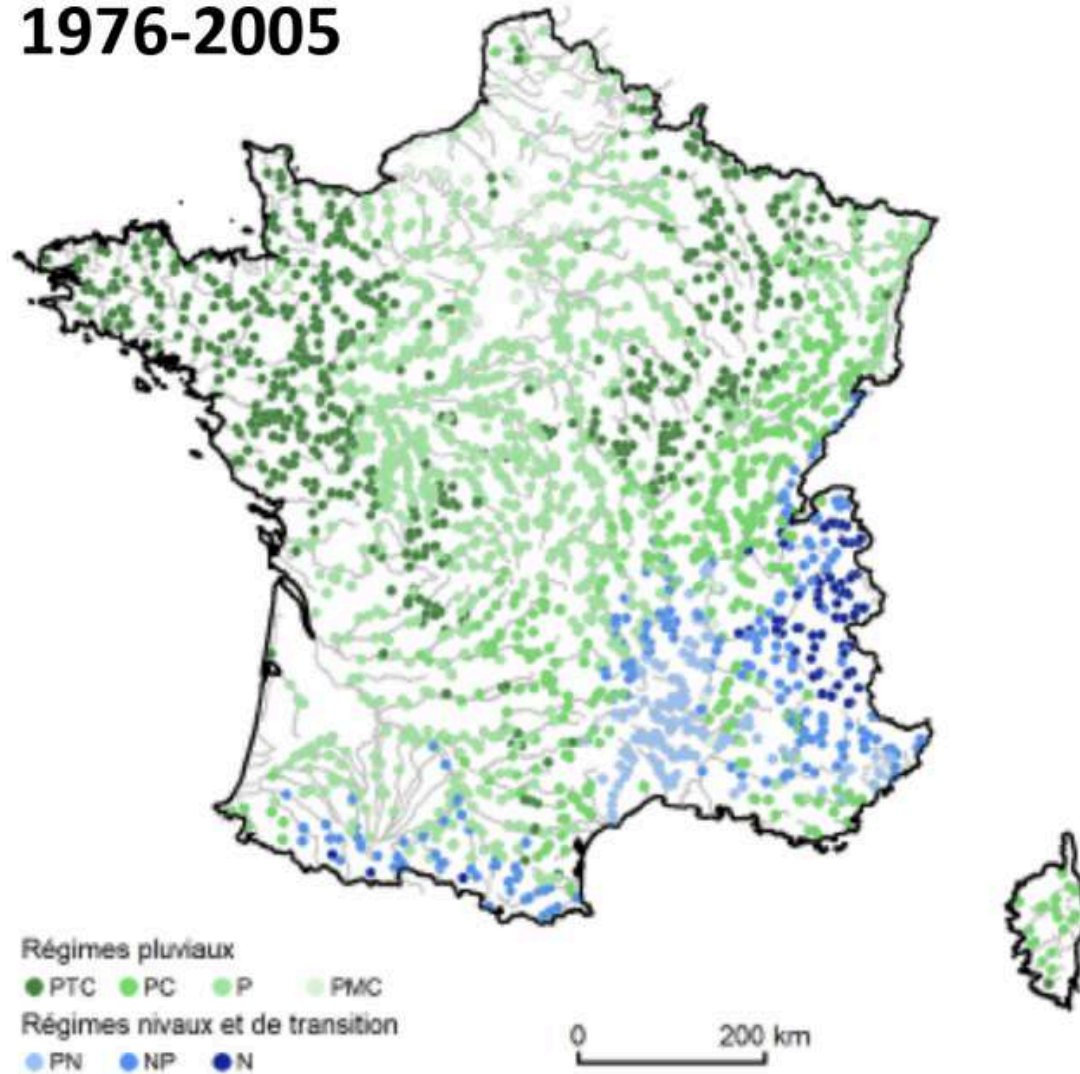
Eaux pluviales

Microorg.
Macrodéchets
Hydrocarbures

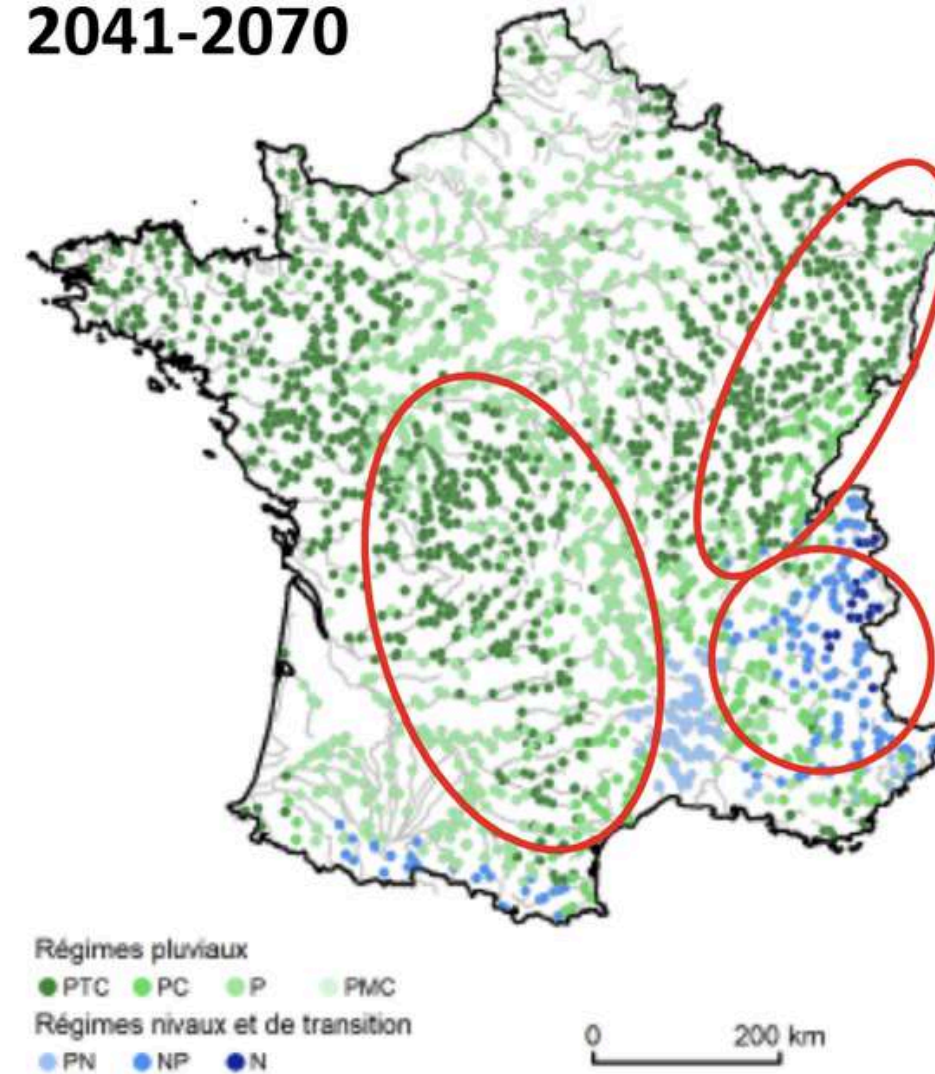


PROJECTIONS SCÉNARIO RCP 8.5

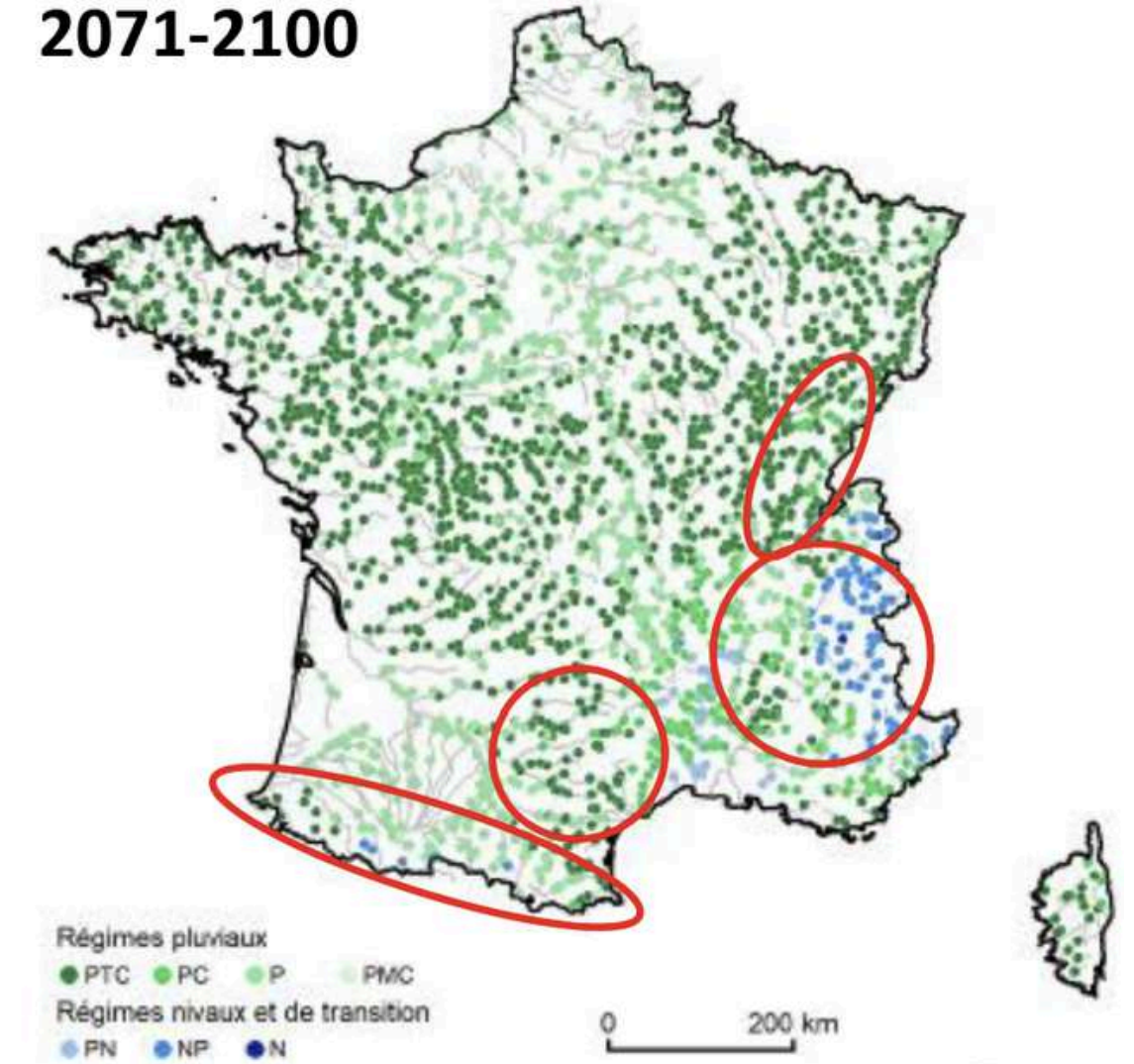
1976-2005



2041-2070



2071-2100



Augmentation du pluvial très contrasté car baisse des bas débits
Diminution du nival à pluvio-nival car moins de neige et de fonte

PROJECTIONS SCÉNARIO RCP 8.5

RÉSUMÉ : LES CHANGEMENTS ROBUSTES

Points d'attention :

Projections sans politique d'adaptation au CC

Pas d'évolution de la couverture et l'usage de sols (eau verte)

Pas de changement des usages et des prélèvements d'eau associés

Débits d'été et d'automne :

- Baisse sur une grande part du territoire
- **Evolution incertaine dans le nord-est**

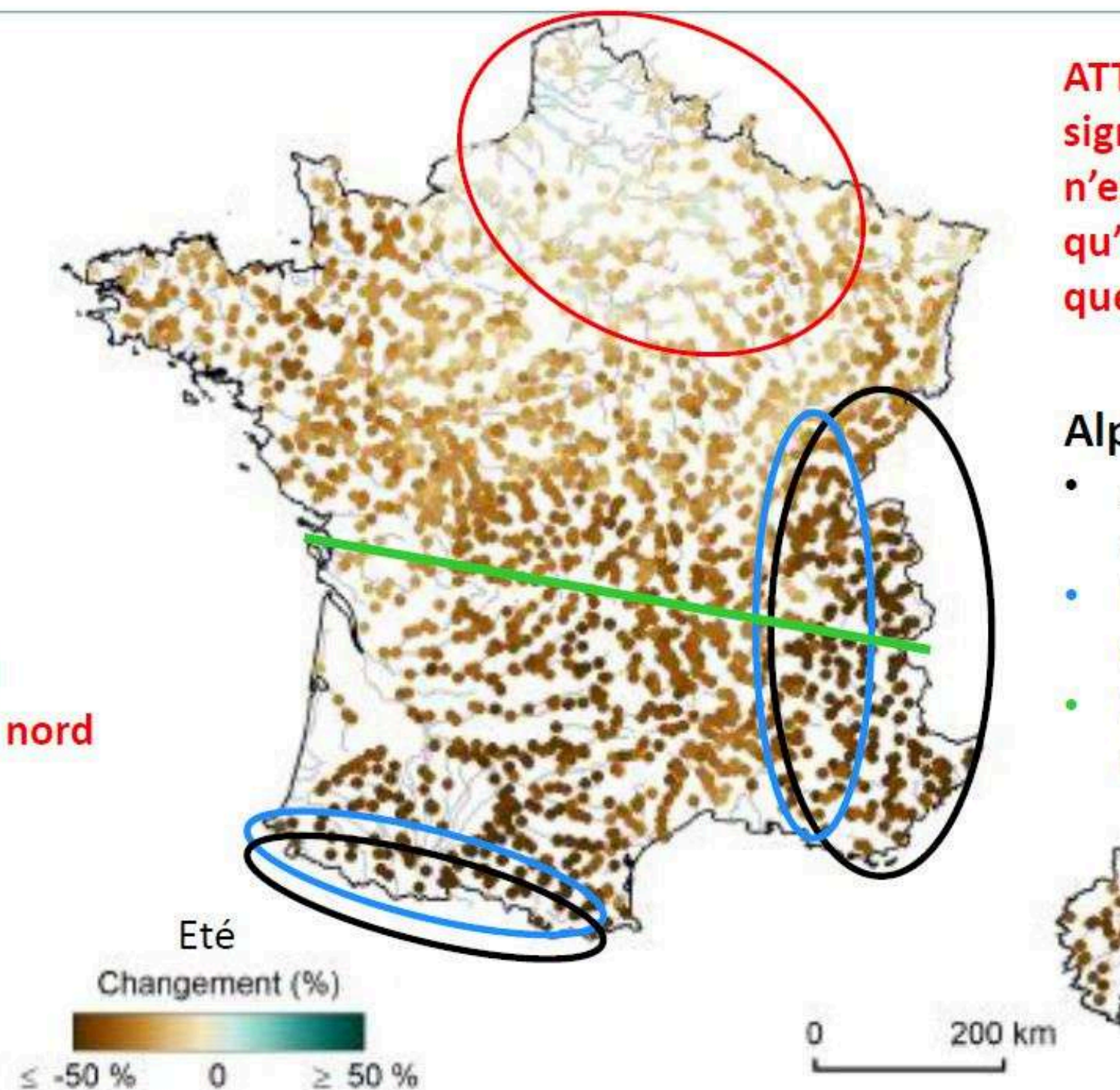
Débits annuels :

- Baisse sur la moitié sud
- **Evolution incertaine au nord**

ATTENTION : incertain signifie que la médiane n'est pas plus certaine qu'une projection quelconque

Alpes, Jura, Pyrénées :

- Augmentation des débits d'hiver
- **Disparition de l'onde de fonte nivale**
- **Baisse des débits annuels au sud**



EVOLUTION DES ÉTIAGES EN MAYENNE

AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE :

DES ÉTIAGES PLUS MARQUÉS

Baisse moyenne des débits d'étiage 30% à moyen terme (TRACC : France à +4°C)

= Concentration des pollutions = dégradation qualité
+ tensions sur le partage de l'eau entre les usages
= nécessaire arbitrage entre les usages prioritaires (souveraineté vs résilience), la demande croissante pour l'économie vs besoins en eau des milieux

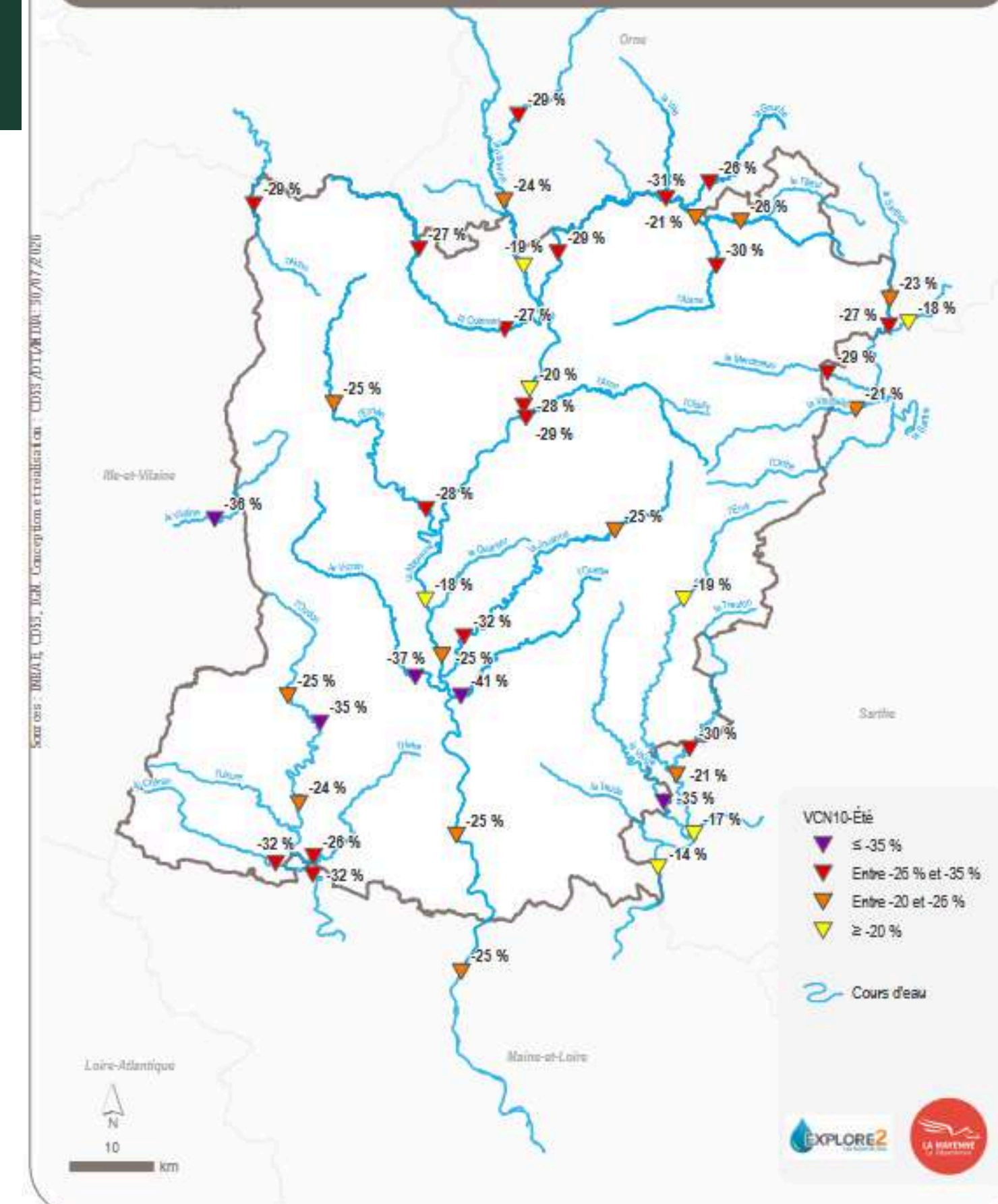
DES EAUX DE SURFACE PLUS CHAUDES

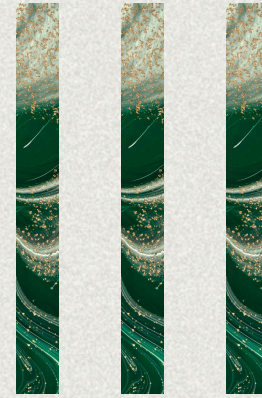
Moindre oxygénation = eutrophisation
= **enjeux écologiques et sanitaire**

Comment les débits d'été des cours d'eau pourraient évoluer ?

Évolution à l'horizon 2075 par rapport à 1991-2020

Évolution du débit minimal observé sur 10 jours consécutifs (VCN10)





LES ENJEUX

DU BON ÉTAT À LA SANTÉ,
DE LA RESTAURATION
À LA RÉGÉNÉRATION



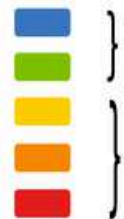
ATTEINDRE LE BON ÉTAT ?



La notion de bon état
eaux de surface

État écologique
(biologie, physicochimie)

Très bon
Bon
Moyen
Médiocre
Mauvais



État chimique
(normes qualité environnementale)

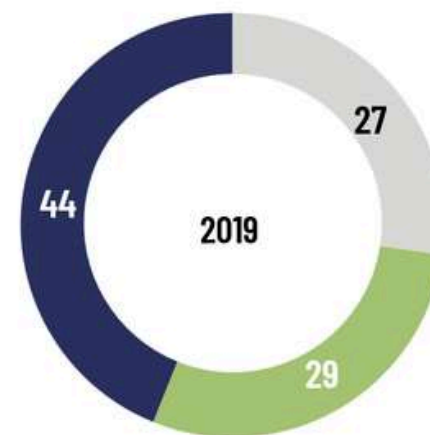
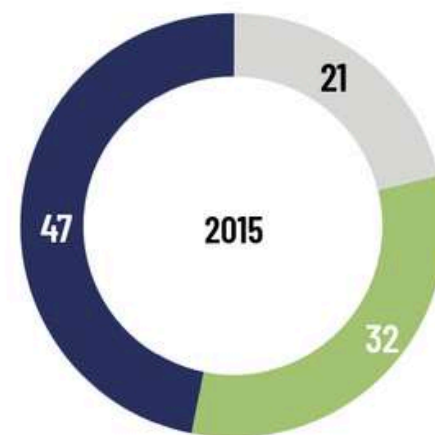
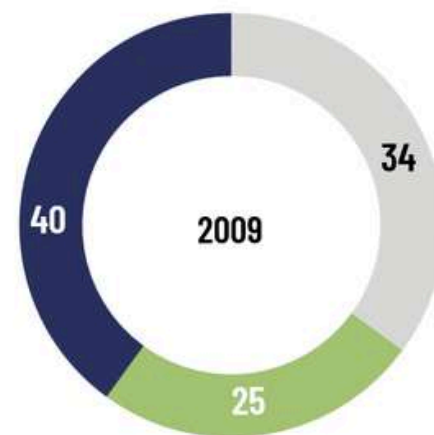
Bon

Pas bon



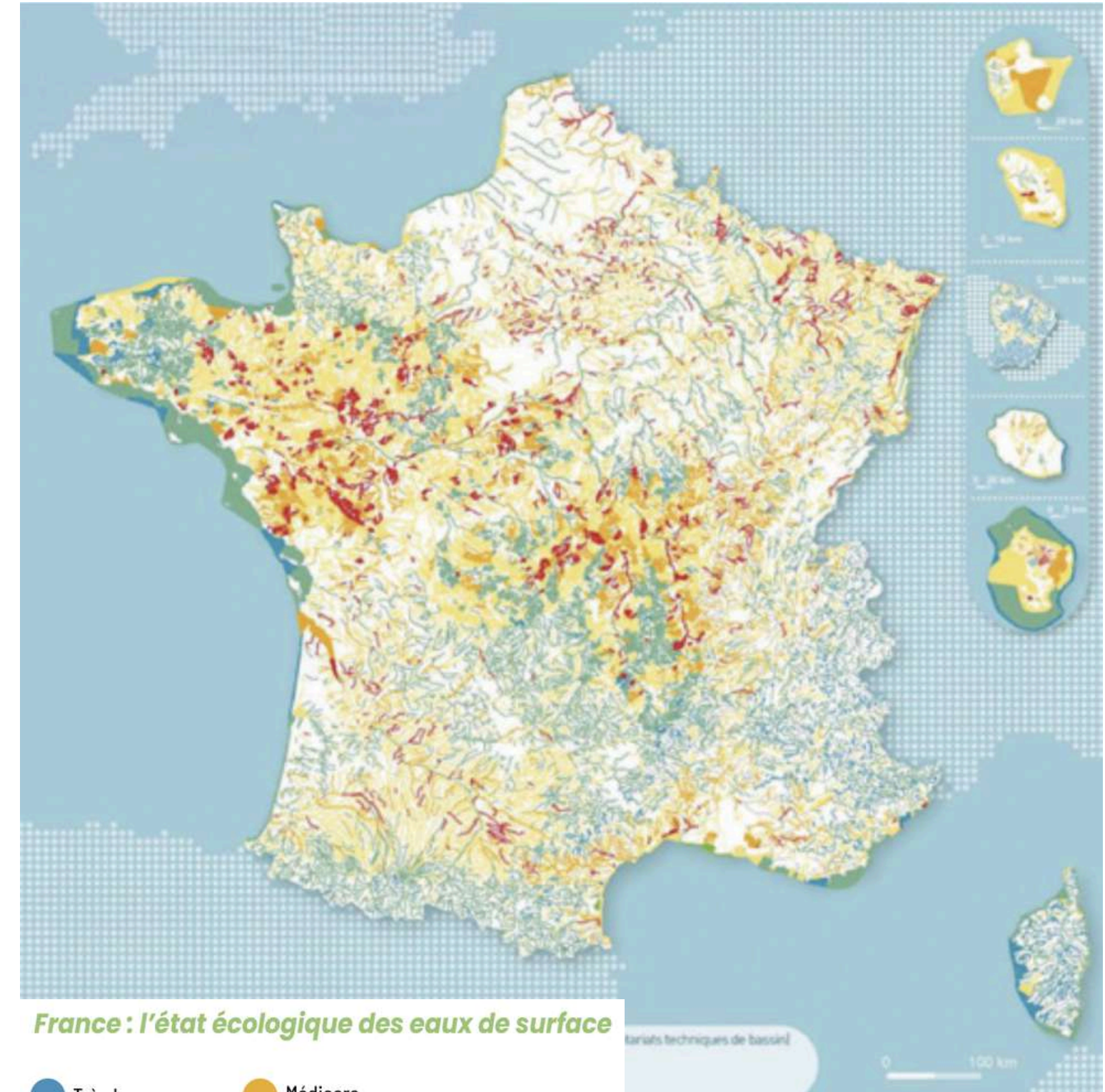
L'état des eaux de surface (bilans 2009, 2015 et 2019 en %)

État global



Inconnu Bon Moyon, médiocre, mauvais

Source : Etude FP2E - BDO Advisory 2024 - données Agences de l'eau et OFB

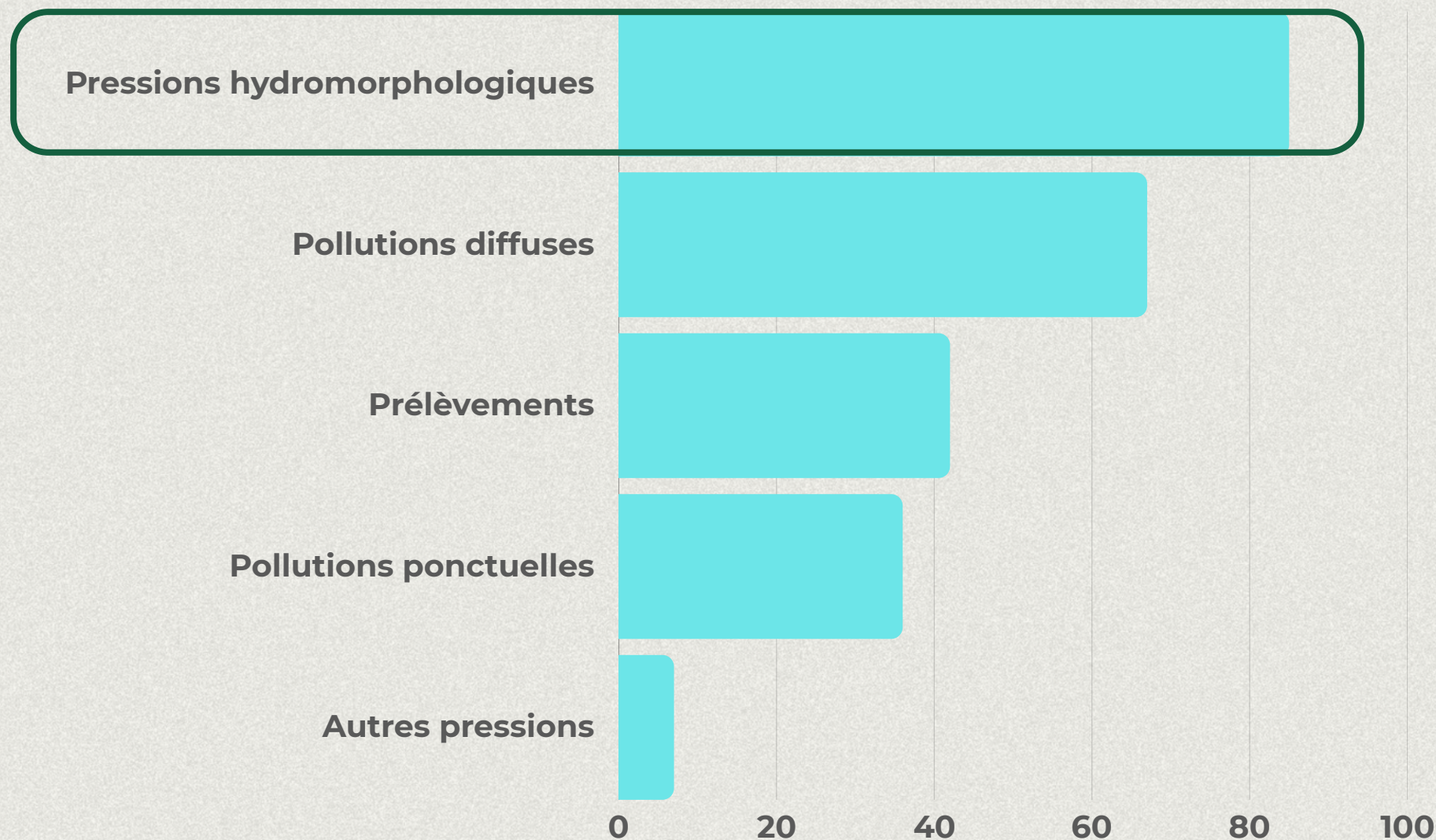


ATTEINDRE LE BON ÉTAT ?

**67% DES MASSES D'EAU SUPERFICIELLE
RISQUENT DE NE PAS ATTEINDRE LE BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE EN 2027**

TYPES DE PRESSION À L'ORIGINE DU RNABE

● % des masses d'eau de surface



Source : Agences de l'eau, OFB, CFE

**POUR 80% D'ENTRE ELLES,
LE RISQUE EST LIÉ AUX PRESSIONS
HYDROMORPHOLOGIQUES**



ALTÉRATION DE LA MORPHOLOGIE

Recalibrages, rectifications, endiguements, bétonnage, enrochement des berges, déboisement de la ripisylve



ALTÉRATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Seuils et barrages en dur impactant la migration des espèces et le transport sédimentaire

LE PRIX DE LA RESTAURATION MORPHOLOGIQUE



DIVERSIFICATION DES HABITATS DANS LE LIT MINEUR

30 k€ à 300 k€ / km linéaire
en milieu rural à intermédiaire

300 k€ à 1 M€ / km linéaire
en milieu urbain ou cas complexe

30 à 150 € / m²



RECONSTITUTION DE LA RIPISYLVE

10 k€ à 30 k€ / km linéaire



REMODELAGE DU LIT MINEUR DANS L'EBF

200 k€ à 400 k€ / km linéaire
en milieu rural à intermédiaire

600 k€ à 2 M€ / km linéaire
en milieu urbain ou cas complexe

30 à 150 € / m²



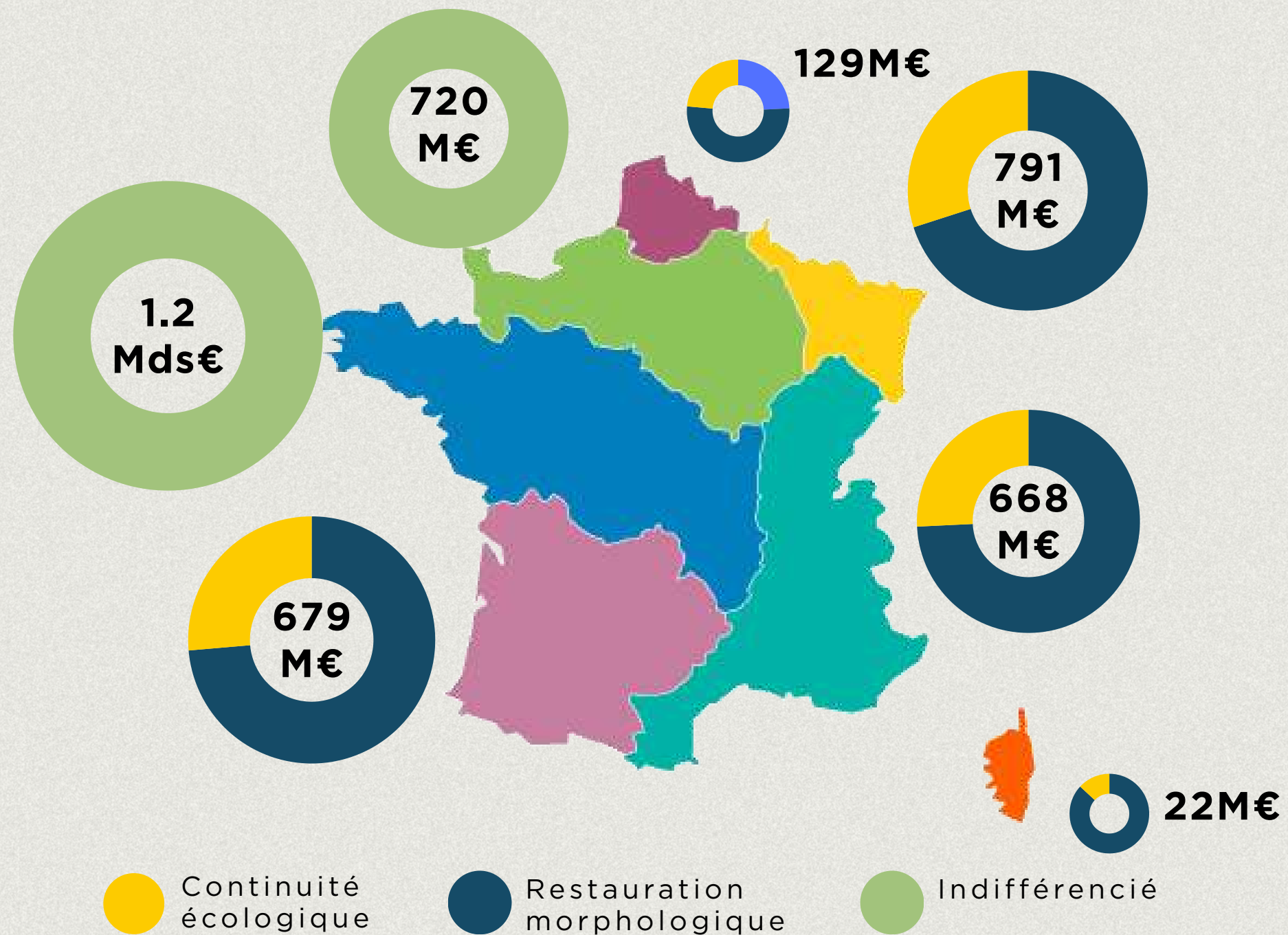
RESTAURATION D'ANNEXES FLUVIALES

120 k€ à 230 k€ / km linéaire

5 à 15 € / m²

RESTAURER POUR ATTEINDRE LE BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE

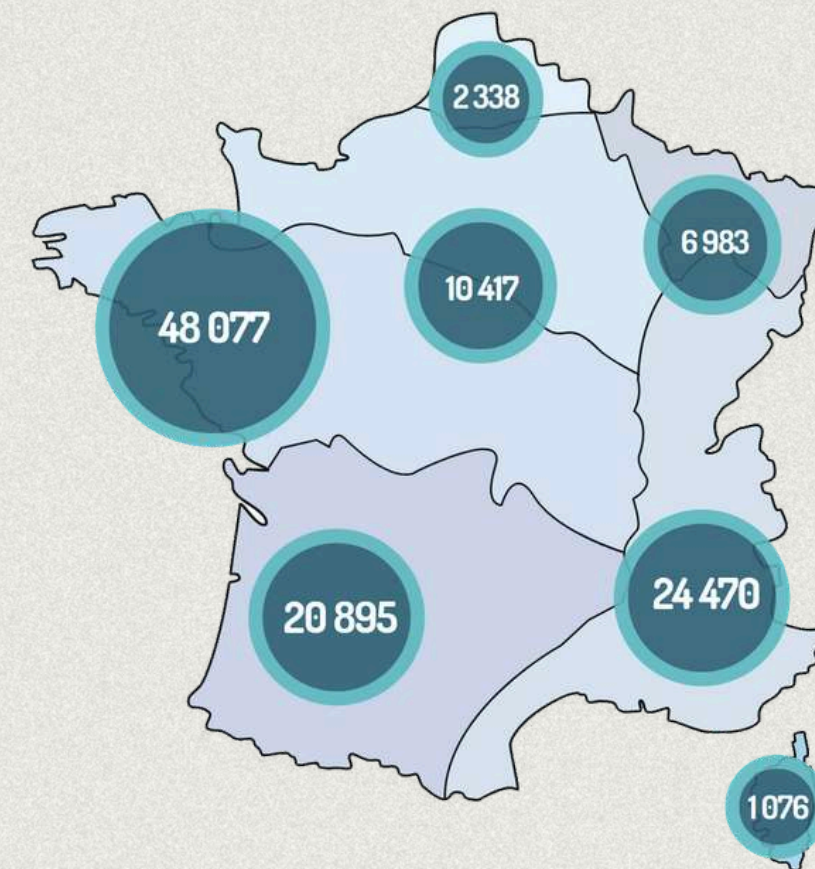
4.2 MDS € D'INVESTISSEMENTS PRÉVUS
SUR LA PÉRIODE 2022 - 2027



Source : Le Marché de la renaturation en France - FNTF et Carbone 4

ESTIMATION DES BESOINS DE RESTAURATION
SUR LA PÉRIODE 2020-2050

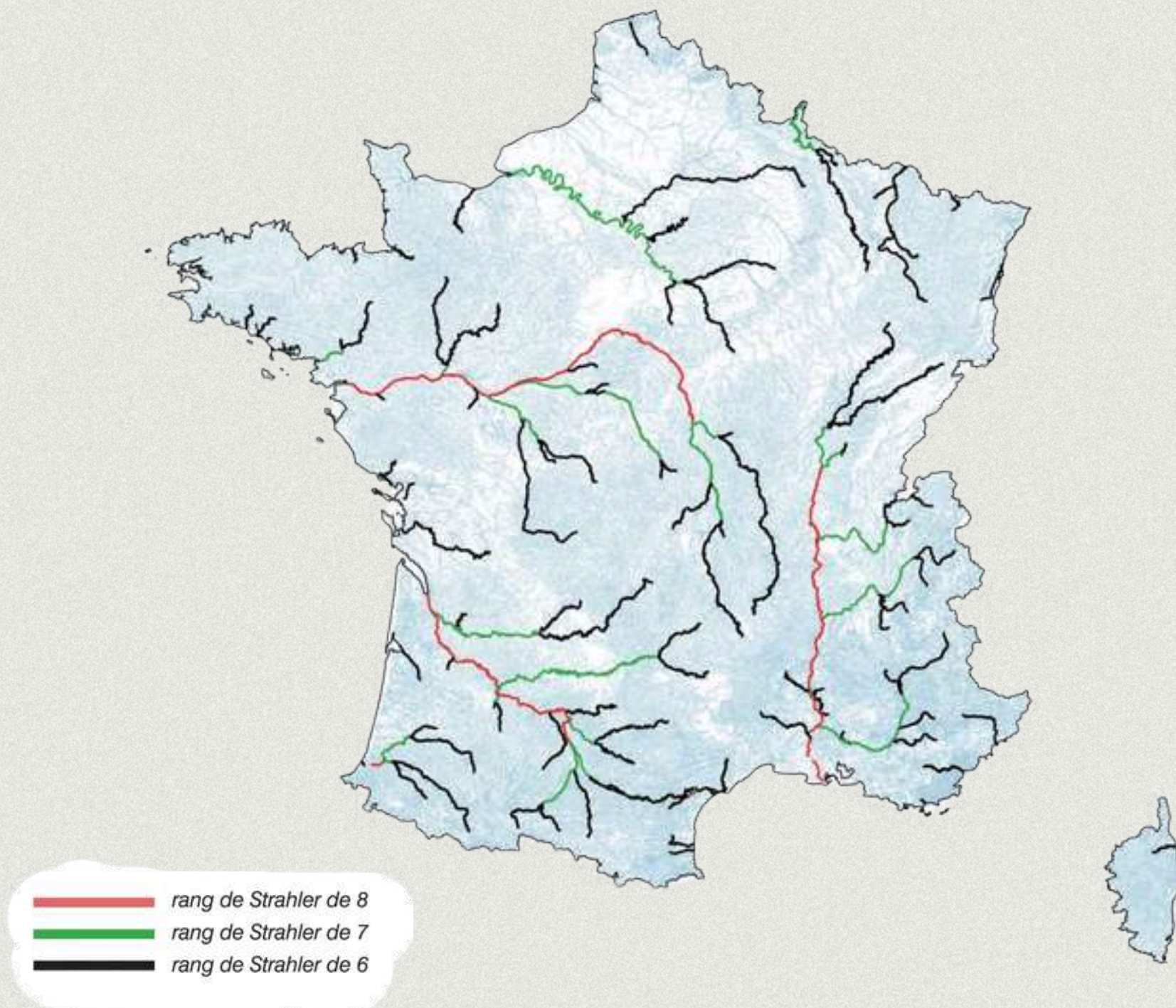
Environ **150 000 km de linéaire** à restaurer



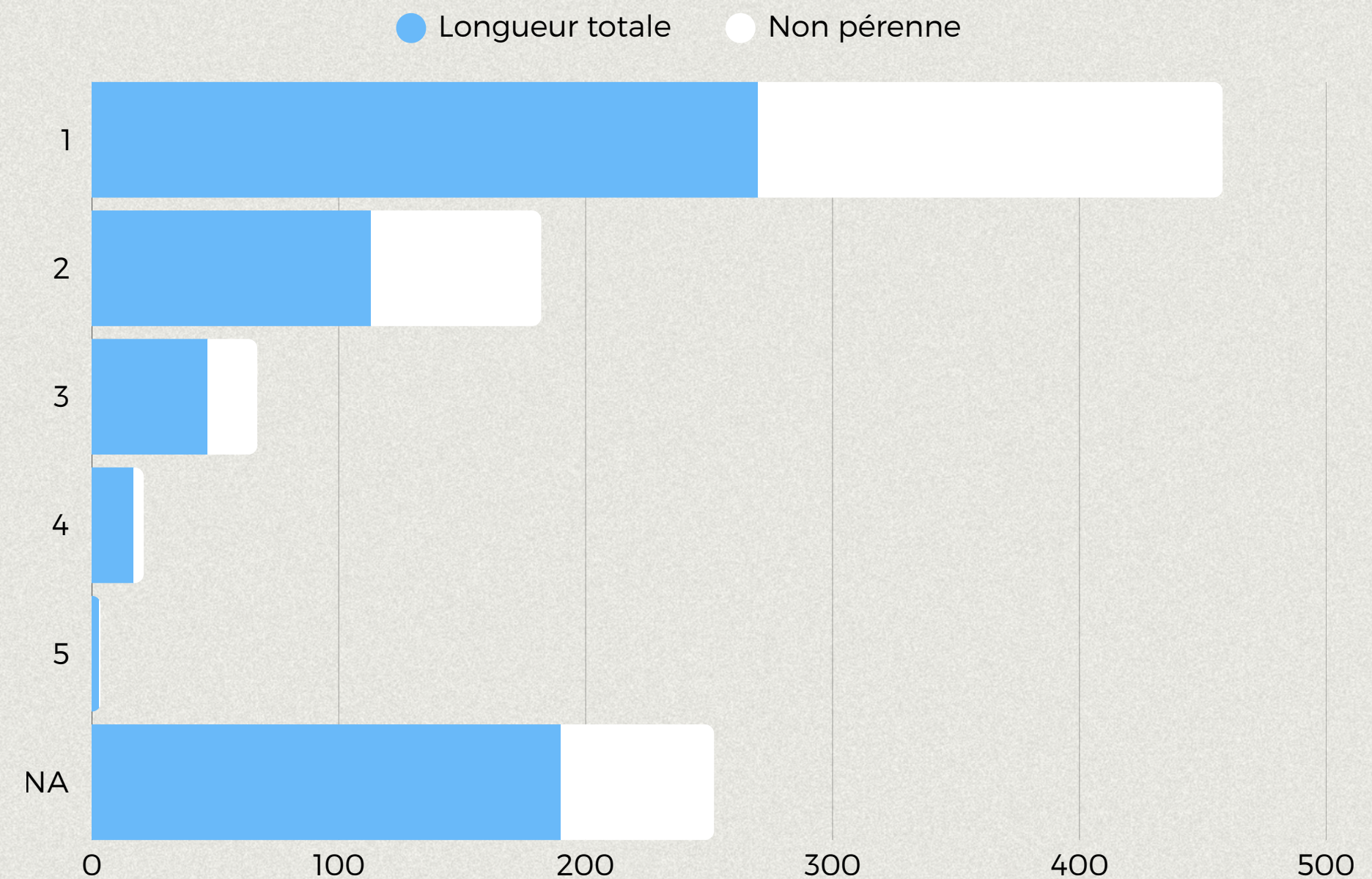
Besoins théoriques : 57 Mds € d'ici 2050
soit 1,9 Mds € par an en moyenne
(2,7 fois le rythme actuel)

SOIGNER LES PETITS COURS D'EAU

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE EN MÉTROPOLE (2023) :
SUR 639 000 KM DE COURS D'EAU
60% SONT INTERMITTENTS



65% DES COURS D'EAU SONT DES PETITS COURS D'EAU (ORDRE DE STRAHLER 1 & 2)



Source : Une cartographie réglementaire incohérente menace les rivières et les ruisseaux Français. Messager et al 2024

RESTAURER OU RÉGÉNÉRER ?

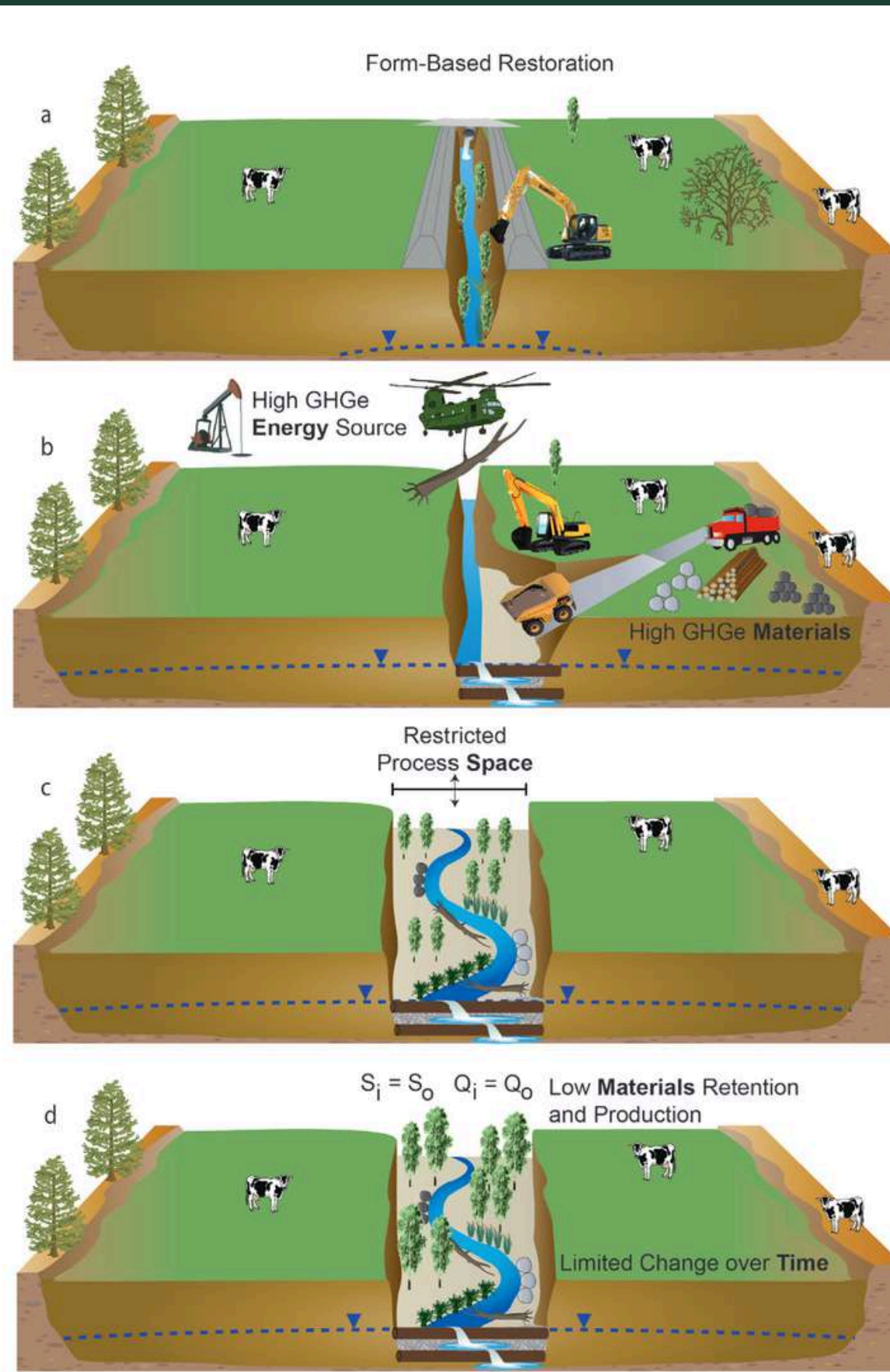
RESTAURATION BASÉE SUR LES FORMES

Forme de la rivière prédéfinie (chenal unique à méandre)
Berges stabilisées

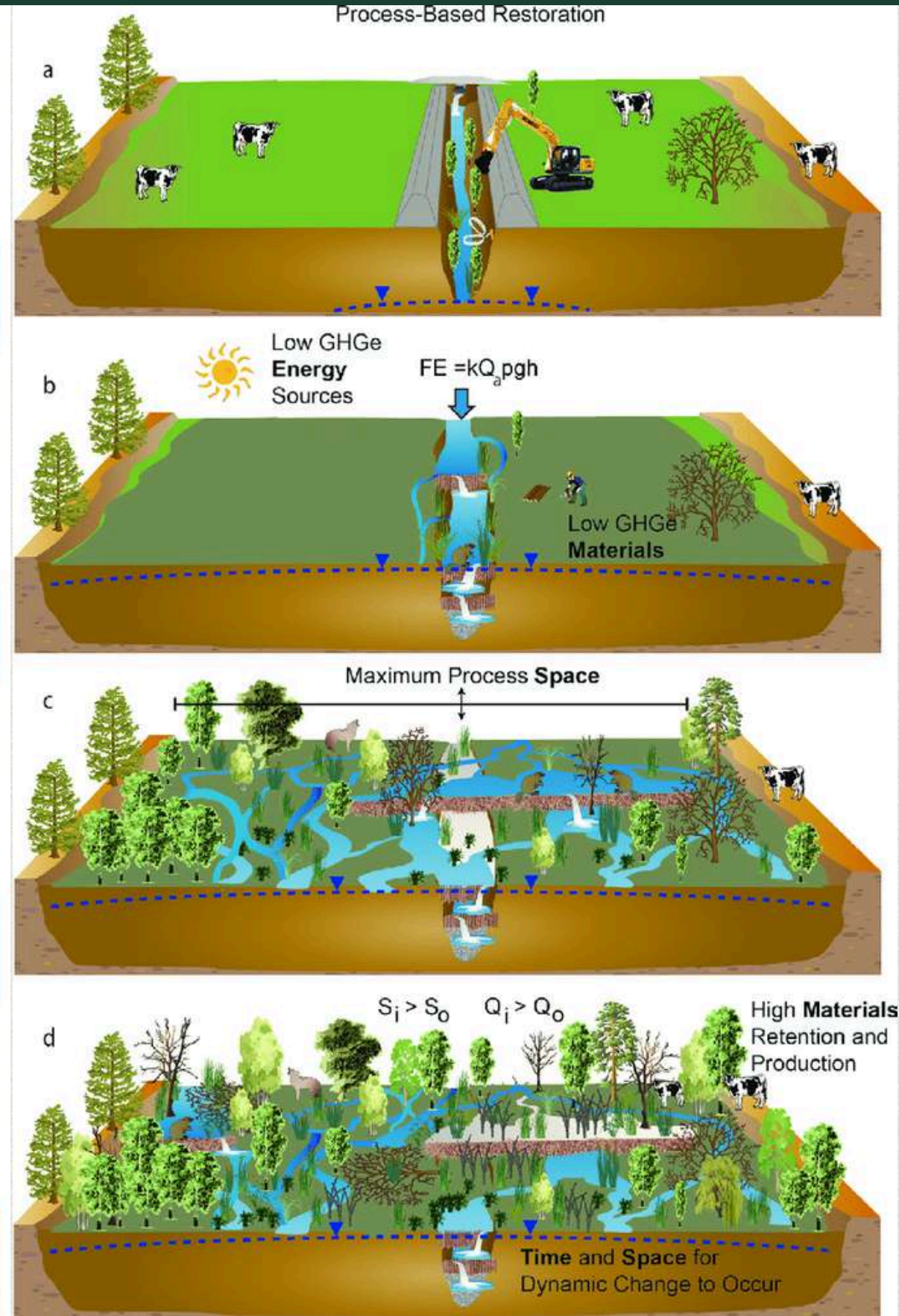
Débits de crue contrôlés
Gain écologique ciblé

Donc :
Ingénierie +++
Démarches administratives +++
Travaux mécanisés +++
Coûts +++

Crédits : D. Ciotti, 2011



Process-Based Restoration



RÉGÉNÉRATION BASÉE SUR LES PROCESSUS

Réactivation des processus (érosion berges, élargissement, aggradation, chenaux multiples)

Espace latéral pas/peu contraint

Décisions déléguées à l'hydrosystème
Grande **diversité écologique**

Donc :
Ingénierie +
Démarches administratives ++
Travaux mécanisés -
Coûts ---

SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?



LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE SELON L'UICN

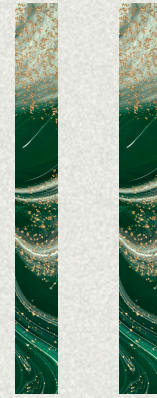
Actions visant à **protéger**, **gérer de manière durable** et **restaurer** des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les **défis de société** de **manière efficace et adaptative**, tout en assurant **le bien-être humain** et en produisant des **bénéfices pour la biodiversité**

3 TYPES D'ACTION POUVANT ÊTRE COMBINÉES AVEC DU GÉNIE CIVIL

- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ;
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.

RÉGÉNÉRER ?





DE LA RÉGÉNÉRATION

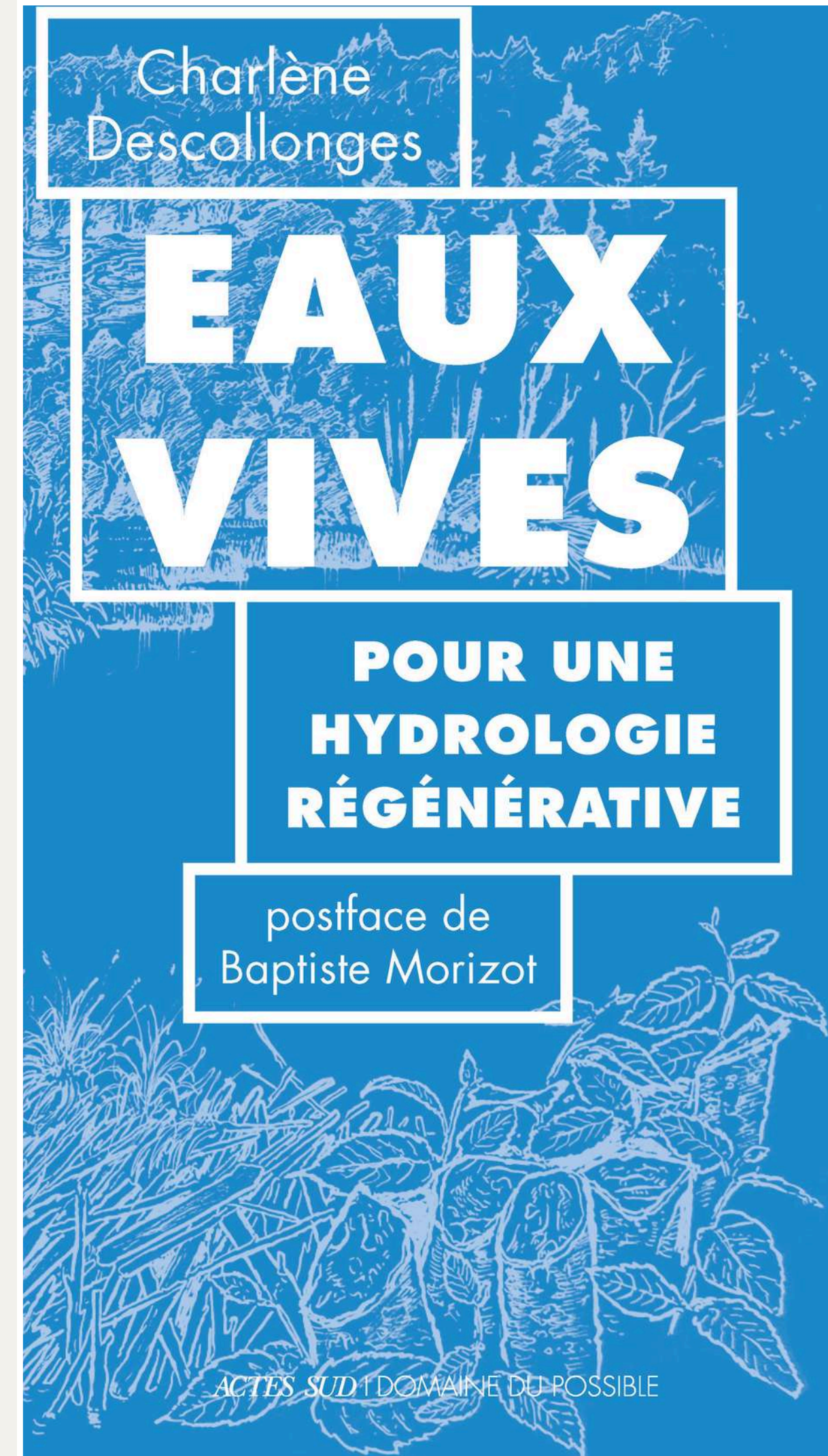
L'HYDROLOGIE RÉGÉNÉRATIVE
ET SES VOIES D'APPLICATION



Qu'est-ce que l'hydrologie régénérative? **puhr**

“Une science (émergente) portant sur la régénération des cycles de l'eau”

- Elle relie un ensemble de savoirs et de pratiques qui vise à réactiver les processus naturels
 - en se basant sur des principes clés (RISED, eau-sol-arbre)
 - en se déclinant dans différents milieux (forêts, agricoles, rivières et urbains)
- Vise la **résilience des territoires** face aux risques
 - de sécheresses, d'incendie, d'inondations
 - d'érosion des sols et de la biodiversité
- Porte son ambition à grande échelle pour des **effets significatifs**
=> les bassins versants



Les principes clés

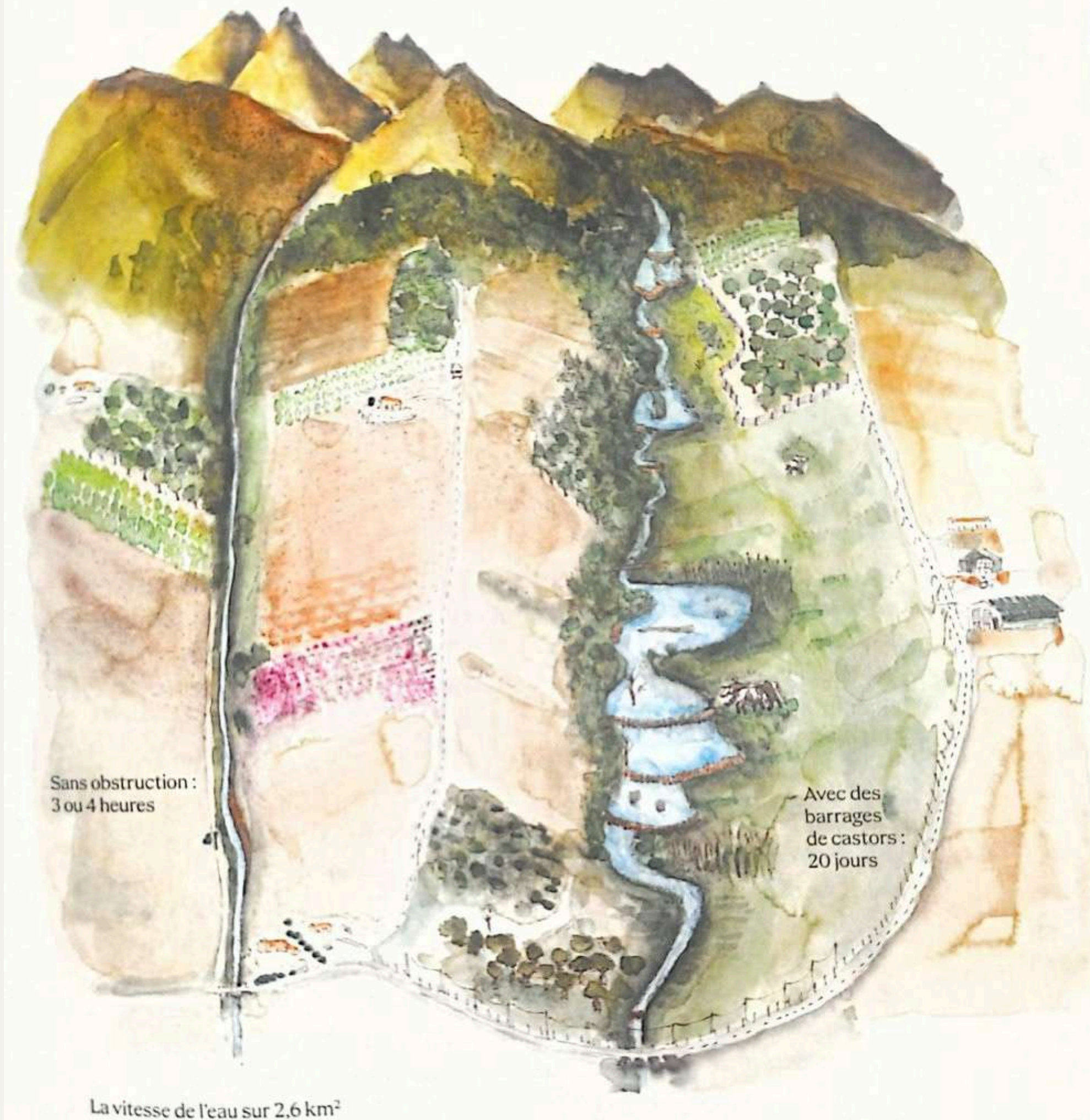
5 PRINCIPES “RISED”

Ralentir et Infiltrer les eaux de surface

Stocker dans les sols et sous-sol

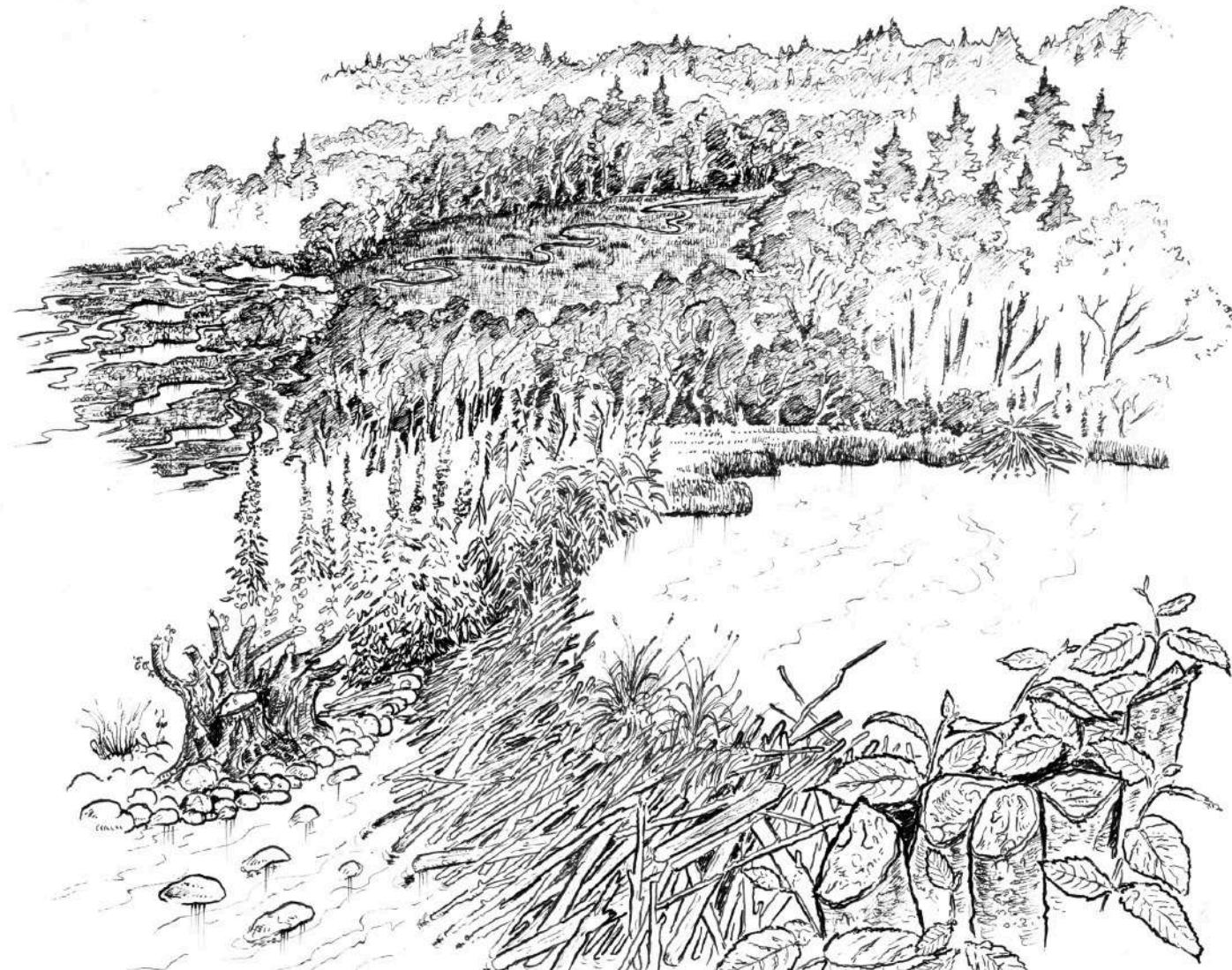
Favoriser l'Evapotranspiration

Diversifier la couverture végétale



EN FORÊT

- **Eau** : réduction des ruissellements (cheminements), dédrainage, régénération low tech des rus forestiers, habitats pour le castor
- **Sol** : régénération naturelle, îlots de sénescence, zones humides, biodiversité
- **Arbre** : diversification des essences et modes de gestion, couvert continu, favoriser la libre évolution



RALENTIR L'EAU DANS LES FORÊTS ÉPONGES

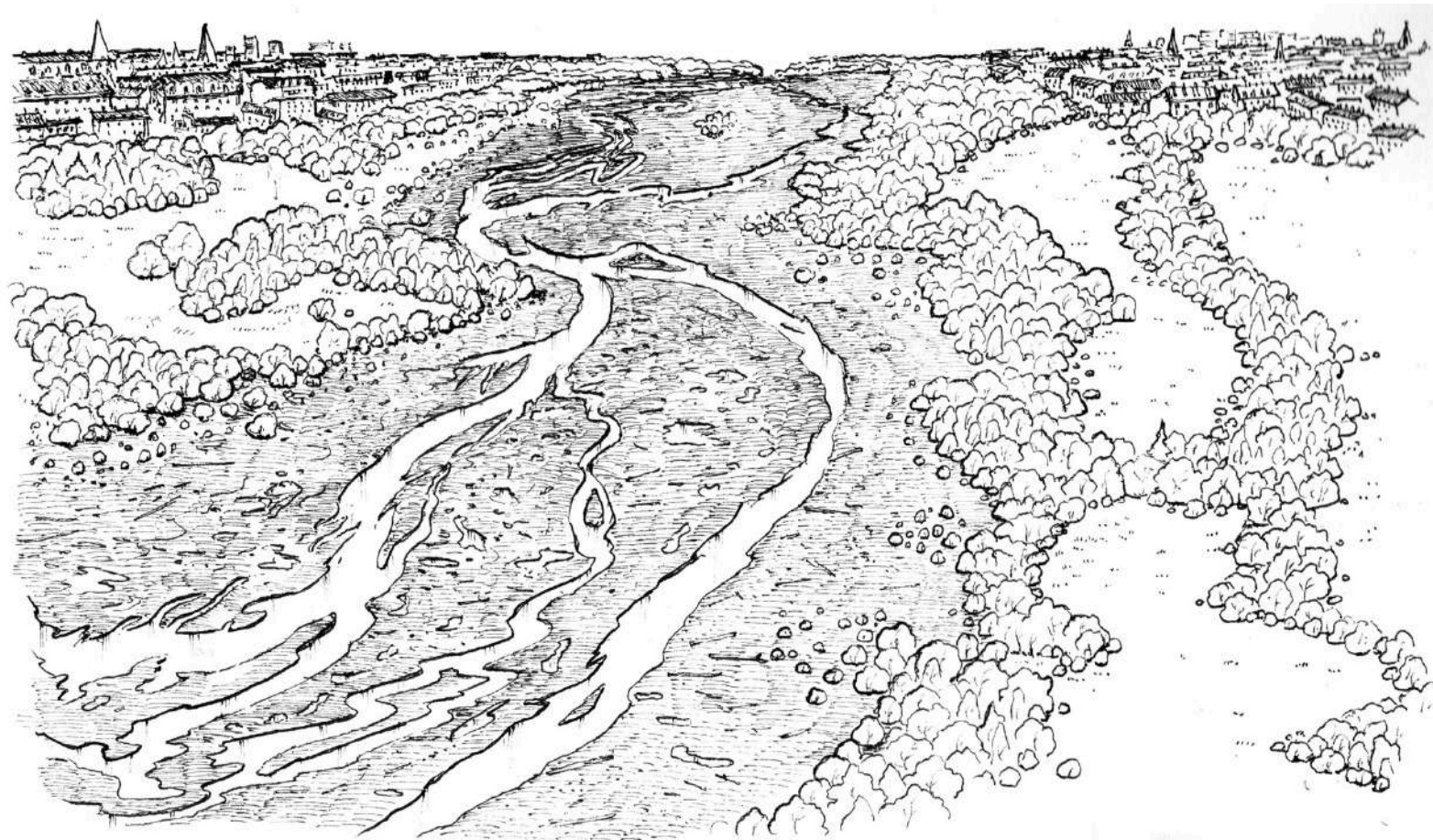


Dédrainage dans la forêt de Rumilly-Chaource et
Régénération du ru du Vérien dans la forêt de Rumilly-les-
Vaudes (ONF Aube)

EN RIVIÈRE



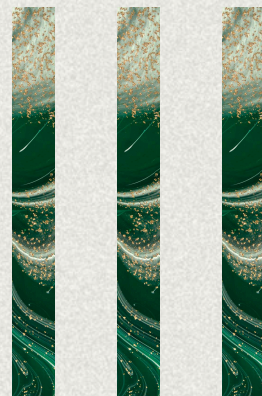
- **Eau** : délimiter l'espace de bon fonctionnement des rivières, favoriser dynamique sédimentaire,
- **Sol** : reconnexion des rivières avec leurs nappes (superficielles et profondes), leurs ripisylves et zones humides alluviales
- **Arbre** : développer la ripisylve, laisser le bois mort dans les rivières, gestion des berges et embâcles, ouvrages low tech...



RECONNECTER LES HYDROSYSTÈMES EN ALLIANCE AVEC LES CASTORS



Zone humide réhydratée par les castors (Drôme)
Ouvrages castor-mimétiques construits par les techniciens de rivières de
Valence Romans Agglo (Drôme)

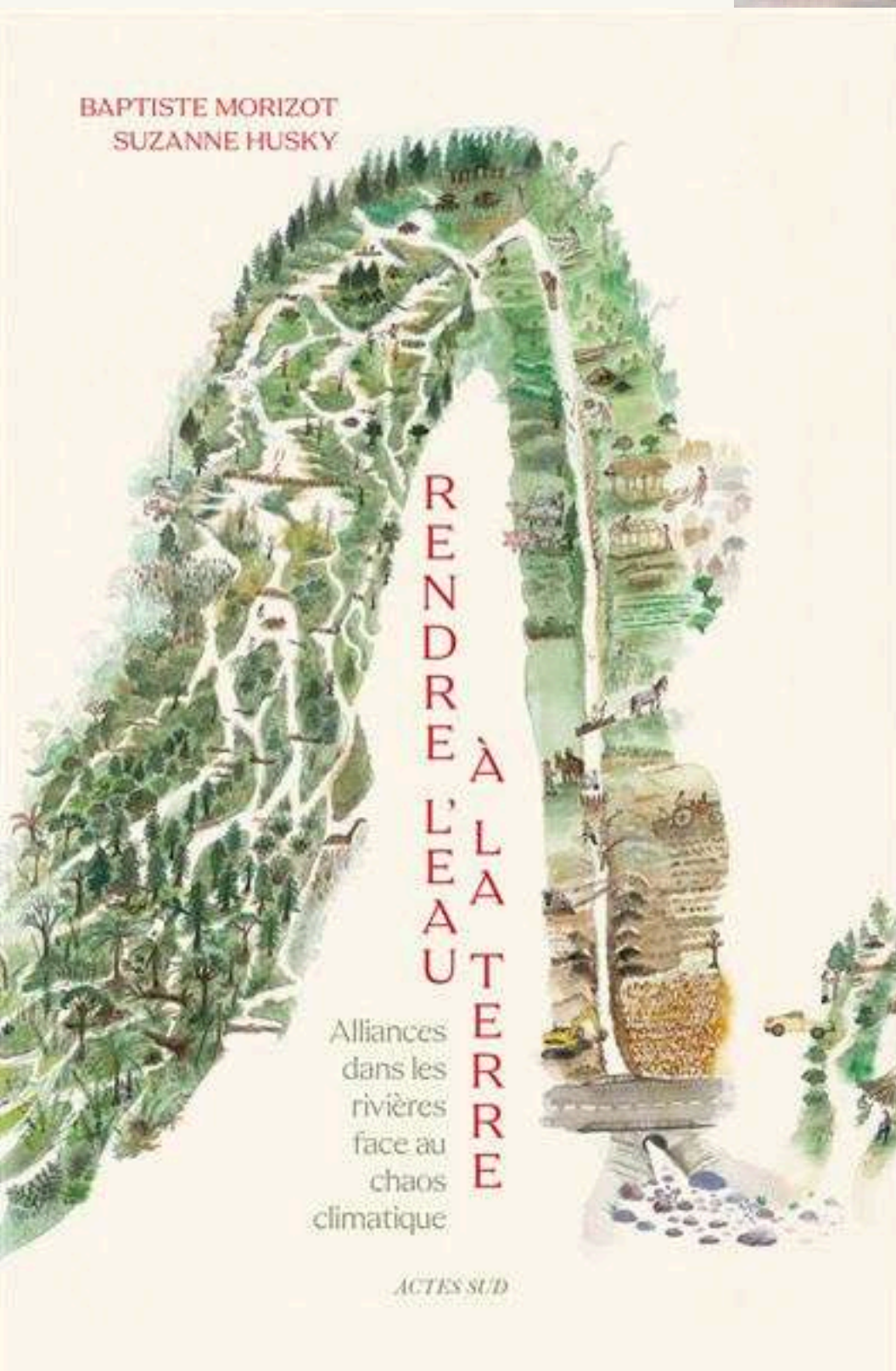


LA RÉGÉNÉRATION BASÉE SUR LES PROCESSUS

DE LA TECHNIQUE
AU TRAVAIL DIPLOMATIQUE



Rendre l'eau à la Terre
(Actes sud)
Aquarelles de Suzanne Husky

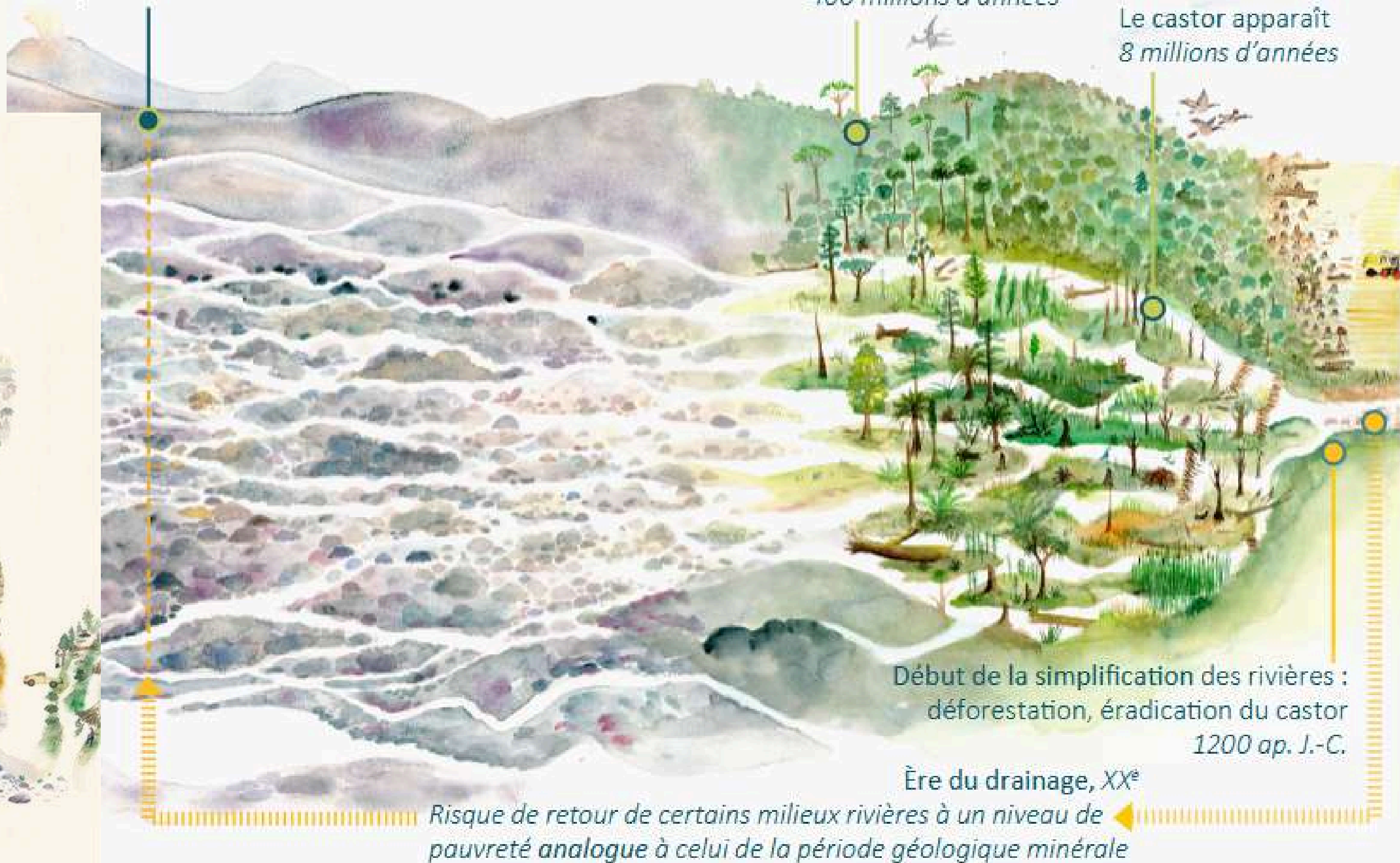


Terre minérale
Apparition de l'eau liquide
4,4 milliards d'années

Le temps profond des milieux rivières

La vie invente les arbres
400 millions d'années

Le castor apparaît
8 millions d'années





Vous essayez d'atténuer les inondations ou d'améliorer la qualité de l'eau ?

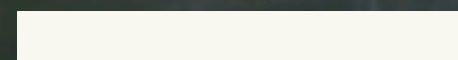
Il y a un castor pour cela.

Vous espérez capter plus d'eau pour adapter l'agriculture face au changement climatique ?

Il y a un castor pour cela.

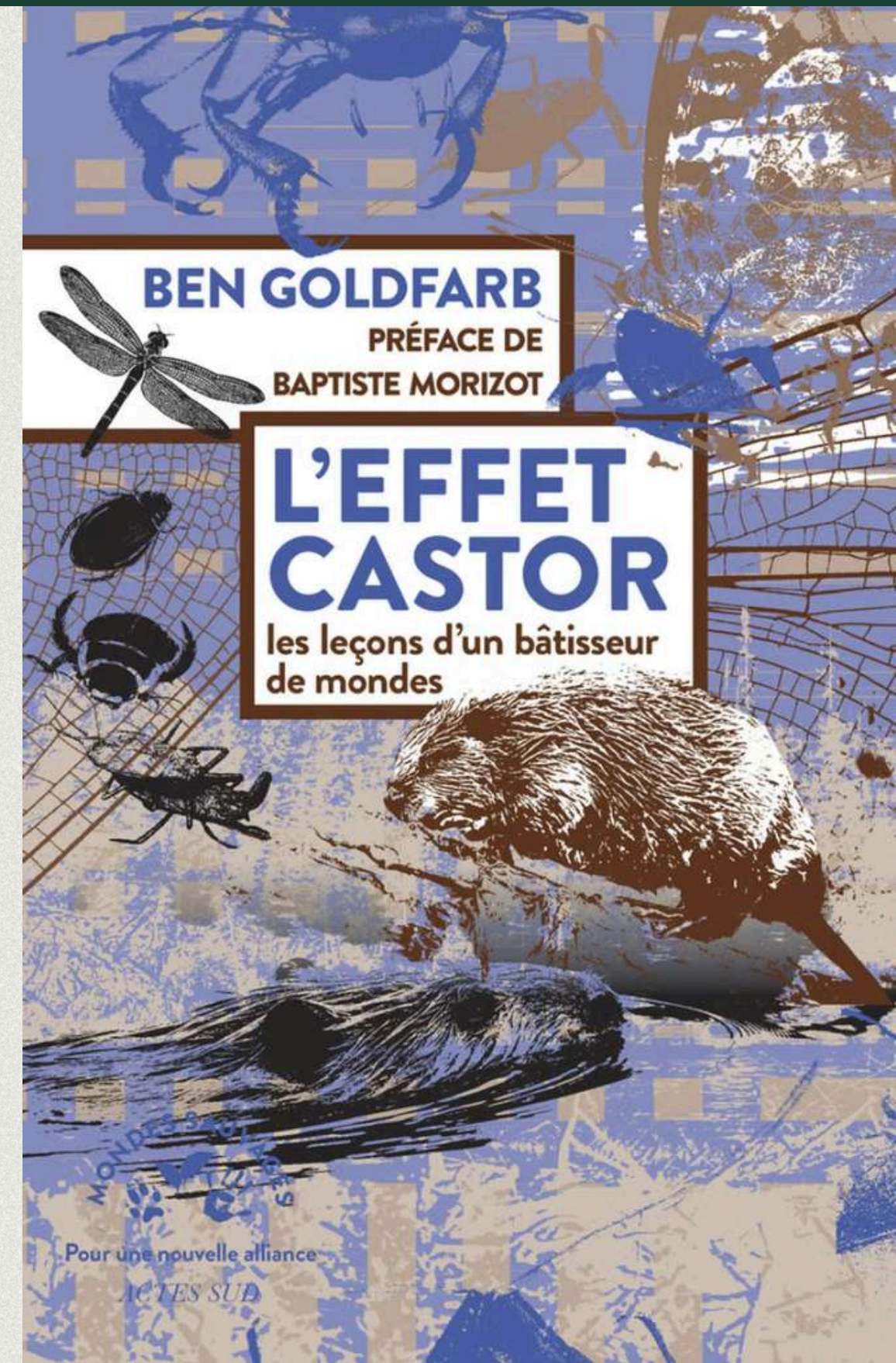
Vous êtes préoccupé par la sédimentation, les populations de saumons, les feux de forêt ?

**Prenez deux familles de castors
et faites le point dans un an.**



BEN GOLDFARB, *EAGER. THE SURPRISING SECRET LIFE OF BEAVERS AND WHY THEY MATTER* (2018)

VERS UNE ALLIANCE AVEC LE CASTOR





LOW-TECH PROCESS-BASED RESTORATION *OF* RIVERSCAPES DESIGN MANUAL



Edited by: Joseph M. Wheaton, Stephen N. Bennett, Nicolaas Bouwes, Jeremy D. Maestas & Scott M. Shahverdian

LA RÉGÉNÉRATION LOW TECH BASÉE SUR LES PROCESSUS

Pratique consistant à installer des **structures simples et peu coûteuses** (ouvrages en bois imitant les embâcles et ceux de castors) pour **activer les processus géomorphologiques** spécifiques aux paysages fluviaux.

Traitements rentables et peu techniques en réponse à la **nécessité d'une application à grande échelle** et de « **laisser le système faire le travail** ».

JOSEPH M. WHEATON

LES STRUCTURES LOW TECH



ACCUMULATION DE BOIS FIXE (POST-ASSISTED LOG STRUCTURES)

Structures en bois imitant l'accumulation de bois dans l'eau

Bois de taille variée fixés par des pieux en bois

Fonction : **érosion de berges** (recrutement sédimentaire)

Types : fixé sur une ou les deux berges ou fixé au milieu du lit mineur



OUVRAGES CASTORMIMÉTIQUES (BEAVER DAM ANALOGUES)

Structures en bois, boues et sédiments
construit dans le lit mineur pour ouvrir
un bras secondaire de la rivière

Fonctions : ouvrage filtrant,
diversification, agradation sédimentaire,
reconnexion... peut évoluer

POUR ALLER PLUS LOIN :



Un cours d'eau revient à la vie.

Dans l'Ouest des États-Unis, des scientifiques et des propriétaires terriens construisent des ouvrages type Castor pour guérir les cours d'eau dégradés, restaurer les populations de castors et soutenir la faune sauvage. Sur certains sites, le suivi a révélé des effets bénéfiques des dispositifs en seulement 1 à 3 ans.



Cours d'eau incisé



Cours d'eau régénéré



Ajout d'ouvrages type Castor

Élargissement du lit incisé

Retour des castors

Refuge écosystémique complexe

OUVRAGES TYPE CASTOR



1. IMITER 2. FAVORISER LE RETOUR 3. AUTONOMISER

Sur ce site :

- Castors absents depuis 30 ans
- 25 ouvrages type castor construits (BDA)
- Arrivée de 9 castors
- 3 ans plus tard : les castors ont "entretenu" et étendu 22 des 25 ouvrages et ont construit plus de 140 ouvrages supplémentaires

LE PREMIER SITE PILOTE FRANÇAIS

SITE PILOTE DE LA LIERNE-VÉORE (26)

valence
romans
AGGLO



5 Modules = Une 20aine de structures

Un complexe = 1 km de cours d'eau
sous effet des aménagements

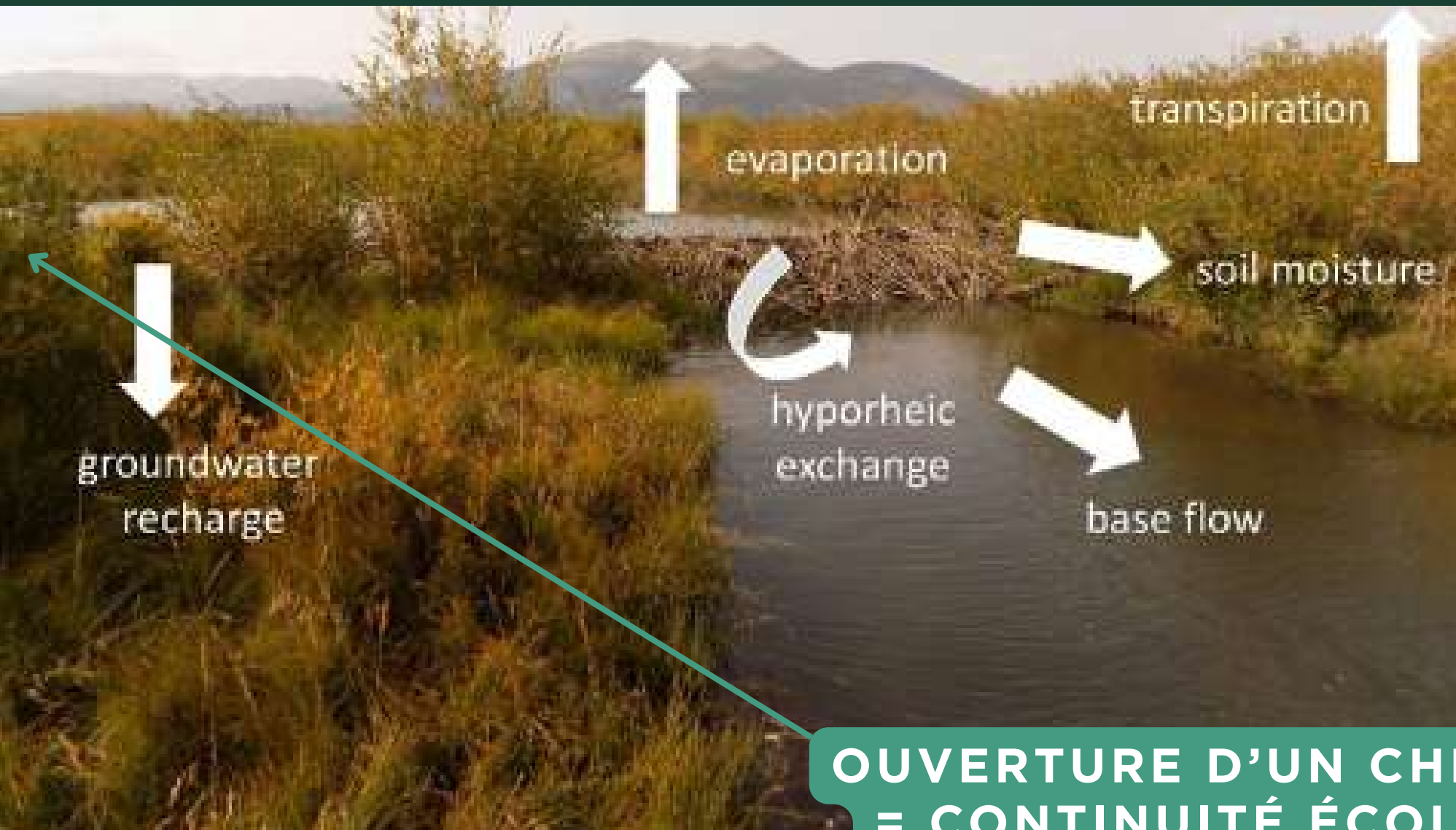
Environ 2 hectares de zones humides
réhydratées et 700 mètres de chenaux
secondaires remis en eau



Site de démonstration et de formation
pour les gestionnaires (présence de
praticiens US)

Les aménagements vont se
poursuivre sur le territoire de l'Agglo
dans la cadre d'un plan pluriannuel
d'intervention :
cours d'eau incisés et zones humides
asséchées

OUVRAGES CASTORS ET CASTORMIMÉTIQUES



**OUVERTURE D'UN CHENAL SECONDAIRE
= CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ASSURÉE**

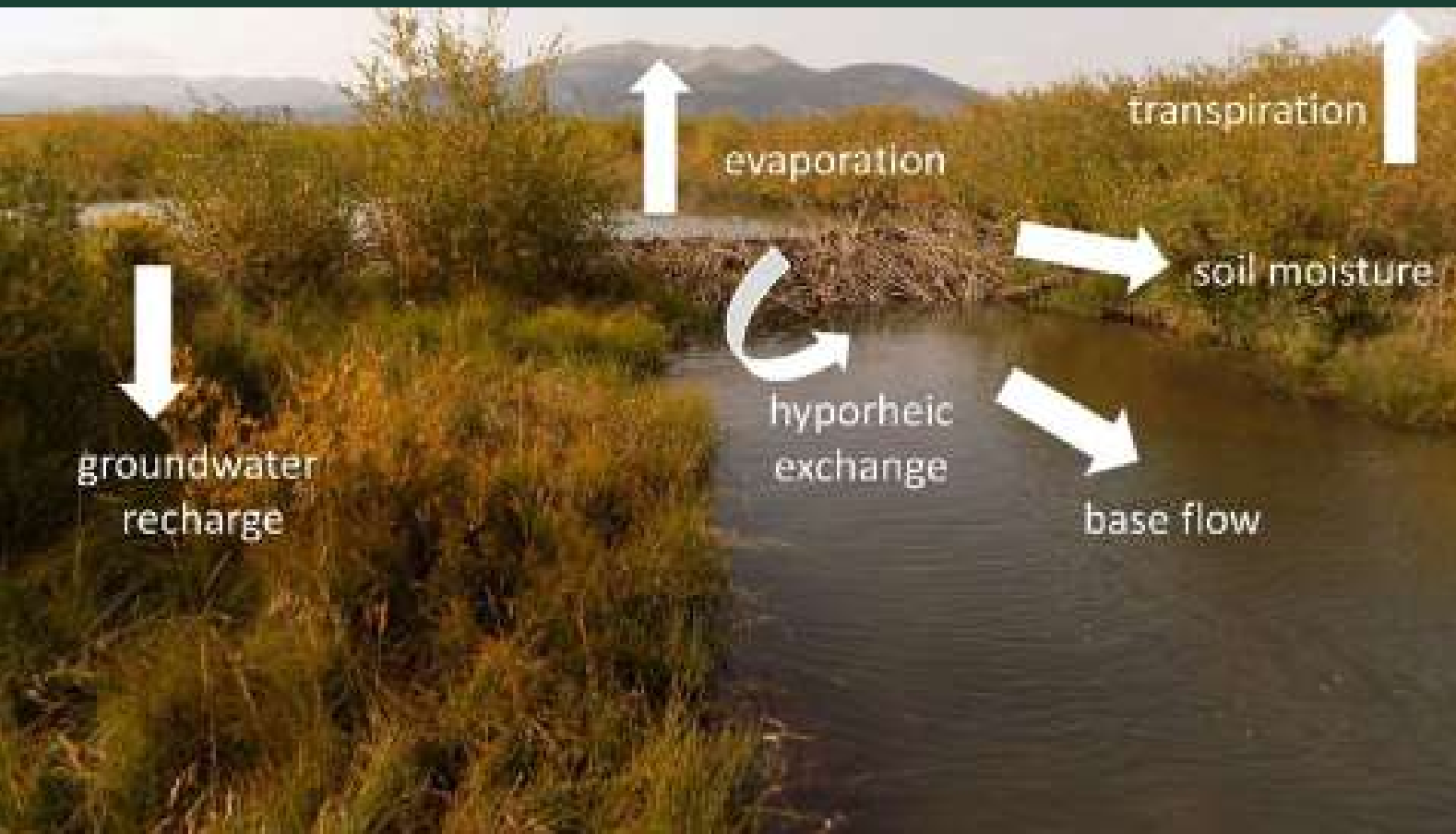


Rendre l'eau à la Terre - Suzanne Husky

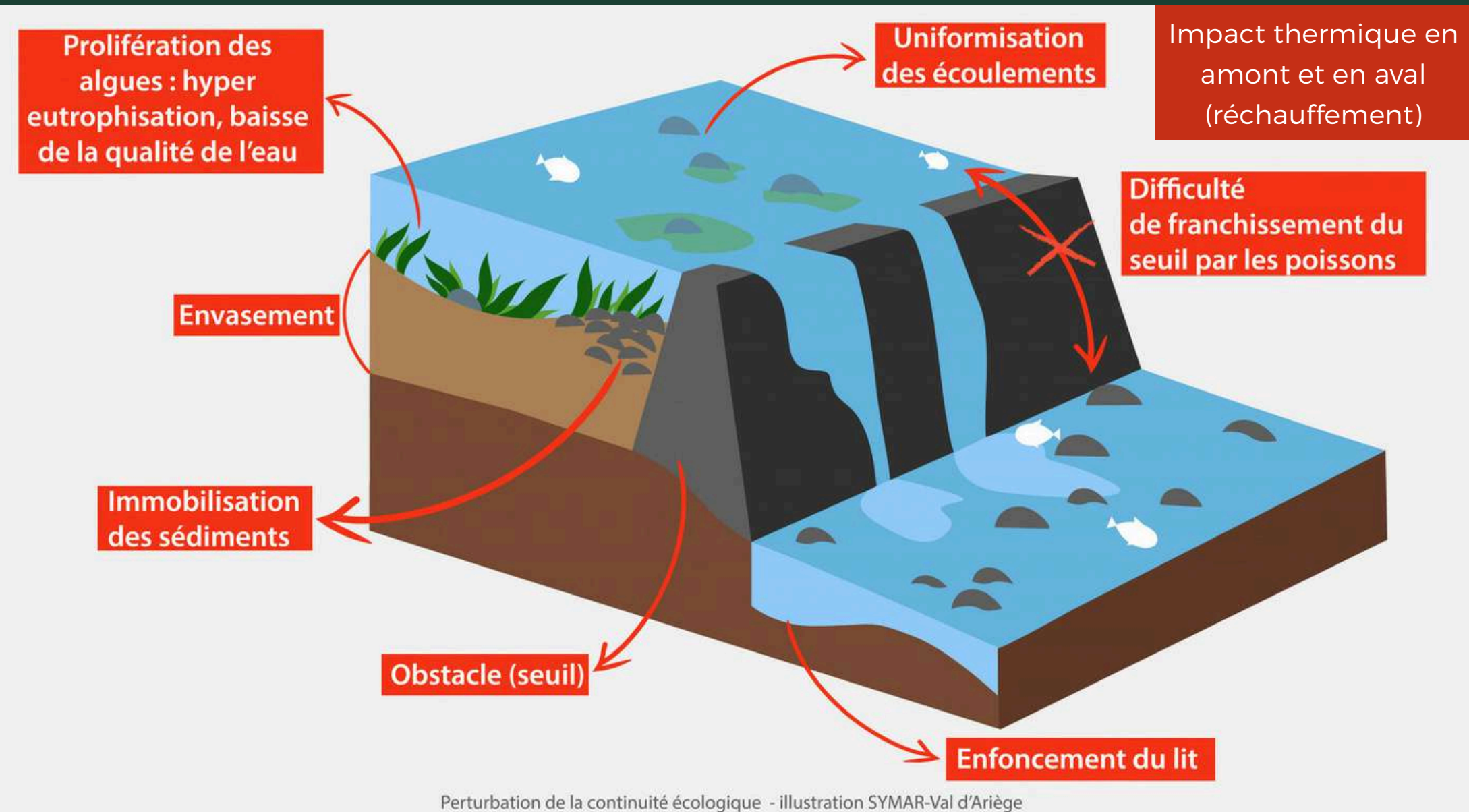
EFFETS BÉNÉFIQUES :

Diversification des **faciès d'écoulement** (substrat, vitesse), échanges **hyporhéiques** favorisés (remontée d'**eau fraîche et oxygénée**), amélioration et diversification des populations de **macroinvertébrés** et de **poissons**, reconnexion de la rivière avec sa **nappe** d'accompagnement, élargissement de la **ripisylve**, des **peignes à embâcles naturels**, **peu d'entretien** car autonomie visée etc.

OUVRAGES CASTORS ≠ BARRAGES HUMAINS



- Activation des processus hydromorphologiques
- Berges érodables : élargissement du lit
- Continuité écologique *complexe* (poissons, bois et sédiments)
- Recharge de la nappe
- Diversification des habitats donc + biodiversité



- Rivière figée dans le lit mineur
- Pas d'érosion latérale, pas d'élargissement
- Homogénéisation des faciès d'écoulement (plats lenticques), des habitats, faible biodiversité
- Obstacle à la continuité écologique (poissons, bois et sédiments) et envasement (pas d'échanges hyporhéiques)

Ouvrages Castors ≠ Barrages Humains

Beaver Versus Human: The Big Differences in Small Dams

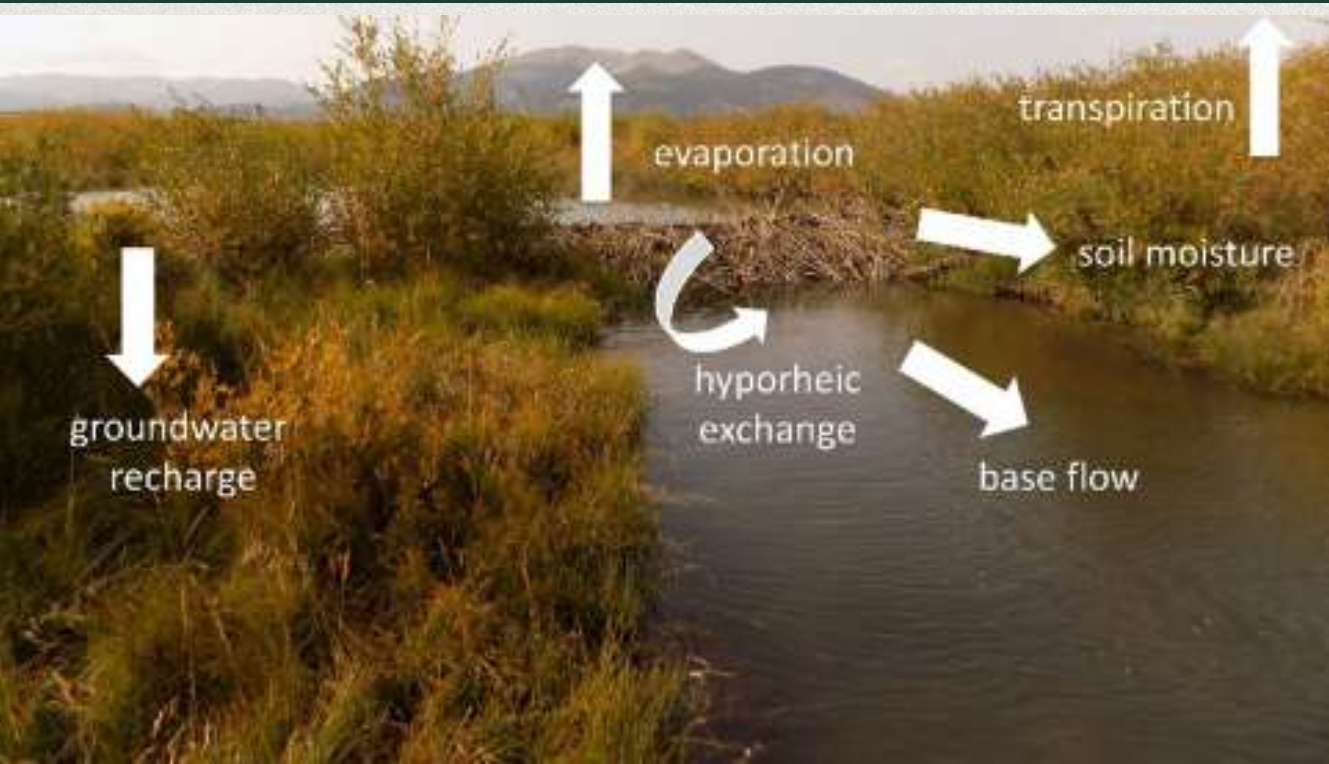
Ellen Wohl¹ | Shreeram Inamdar²

¹Department of Geosciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA | ²Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, Delaware, USA



	beaver meadows	single beaver dam	single beaver dam analogue	earthen embankment	check dam	mill dam
Benefits						
Water storage	+++	+	+	++	+	+
Sediment storage	+++	+	+	++	++	++
Nutrient storage & uptake	+++	+	+	+	+	+
Habitat abundance & diversity	+++	+	+	++	+	+
Biomass & biodiversity	+++	+	+	++		+
Restrict invasive species mobility					+	+++
Carbon storage	+++	+	+		+	++
Costs						
Downstream water deficit				-		
Downstream channel erosion				-	--	-
Downstream excess sediment/nutrients (after breaching)					-	---
Gaseous C emissions	-	-	-			-
Reduced longitudinal biotic connectivity		-	-		--	---
Support non-native vertebrate predators				-		

FIGURE 7 | Illustration of the net benefits and costs of different types of dams considered in this paper. The types of dams are ordered by relative benefit from left to right, with the most beneficial on the left. The number of + symbols under benefits and – symbols under costs indicate the likely magnitude of the effect, from + or – for small effect to +++ or --- for substantial effect. The inset photo for the earthen embankment is a Google Earth view (with scale bar) for a stock pond in Wyoming.



Les hydrosystèmes complexifiés par les ouvrages de castor stockent plus d'eau, de carbone, de nutriments. Ils offrent plus d'habitats favorables à la biodiversité

Ces effets bénéfiques sont rendus possibles par le nombre et la complexité des structures. Ce qui dépend de l'espace de reconnexion disponible...

LES PERSPECTIVES DE LA RÉGÉNÉRATION BASÉE SUR LES PROCESSUS



EXPÉRIMENTER

- Des projets pilotes sur le bassin du Rhône (avec l'AERMC / 1 par délégation)
- Des suivis scientifiques à standardiser (en lien avec le Riverscape consortium)
- D'autres projets pilotes avec le MAPCa et PUHR



FORMER & ACCOMPAGNER

- Déployer un panel de formation à destination des responsables GEMAPI
- Former des formateurs, concepteurs-praticiens
- Accompagnement et conseils auprès des maîtres d'ouvrage

CONSTRUIRE UN RÉSEAU

- Praticiens et formateurs, chercheurs, acteurs GEMAPI, acteurs non techniques
- Diffuser les connaissances, les récits et contenus pédagogiques
- Accompagnement et conseils auprès des maîtres d'ouvrage



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

AUX ENJEUX COMPLEXES ET SYSTÉMIQUES, DES RÉPONSES MULTIPLES (PAS DE SOLUTION UNIQUE ET MIRACLE)

VISION : AVANCER DANS UN MONDE FLUCTUANT



SOBRIÉTÉ HYDRIQUE ET PRÉVENTION

- Au-delà des écogestes, soutenir des plans de sobriété hydrique à l'échelle des collectivités et des entreprises en partenariat avec acteurs économiques)
- Accompagner une nécessaire mutation du modèle agricole (conférence avec Mayenne Communauté) par un soutien technique et financier notamment



PLANNIFICATION TERRITORIALE

- L'eau au coeur des politiques territoriales (aménagement du territoire, résilience alimentaire, schéma directeur AEP et assainissement etc.)
- Mieux anticiper les crises sécheresses (prévision, gestion de crise...)



RÉGÉNÉRATION DES HYDROSYSTÈMES

- Passer de la restauration (basée sur les formes) à la régénération (basée sur les processus) par la formation et les chantiers pilotes
- Faire des alliances mutuellement bénéfiques avec le castor (coexistence)



Merci!

Pour aller plus loin

2 LIVRES PÉDAGOGIQUES

NOTE
PROSPECTIVE

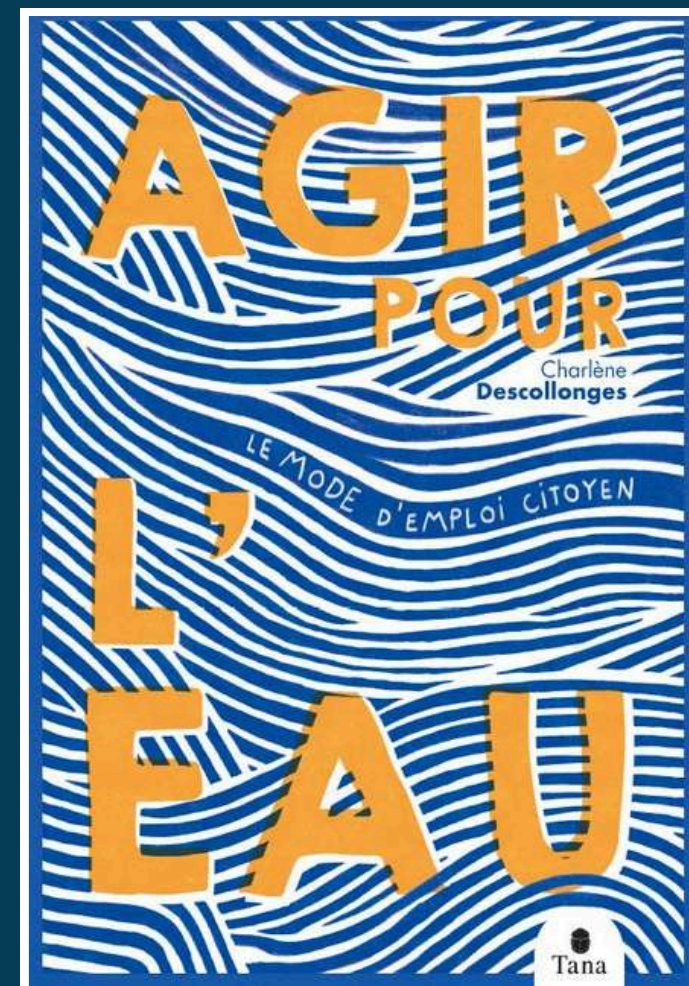
SATOR
MASTERCLASS 10H

MANIFESTE

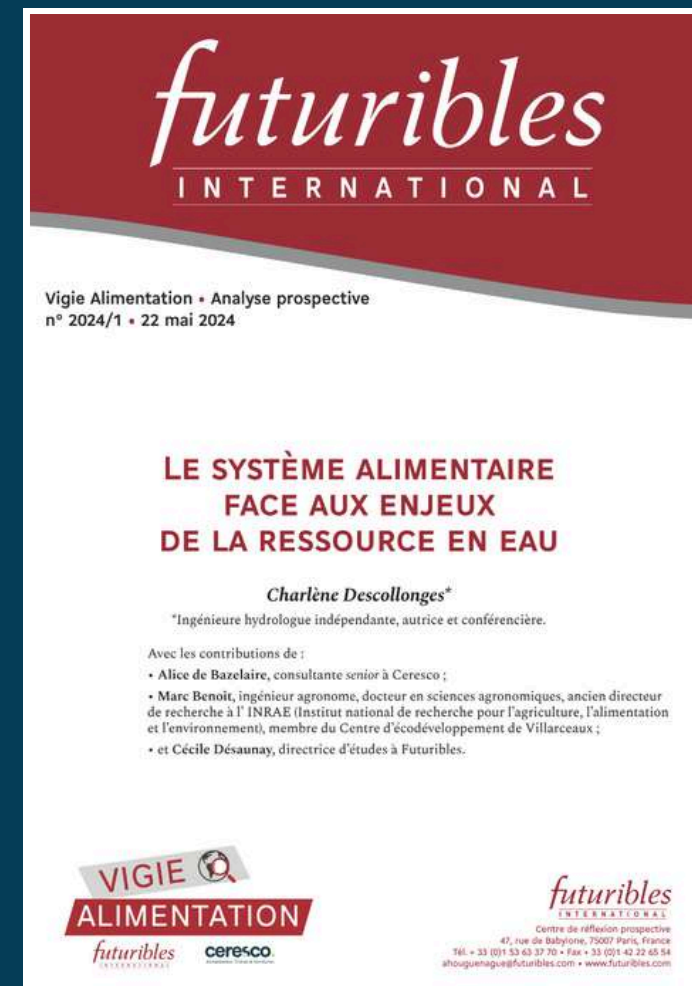
ACTES SUD



COMPRENDRE



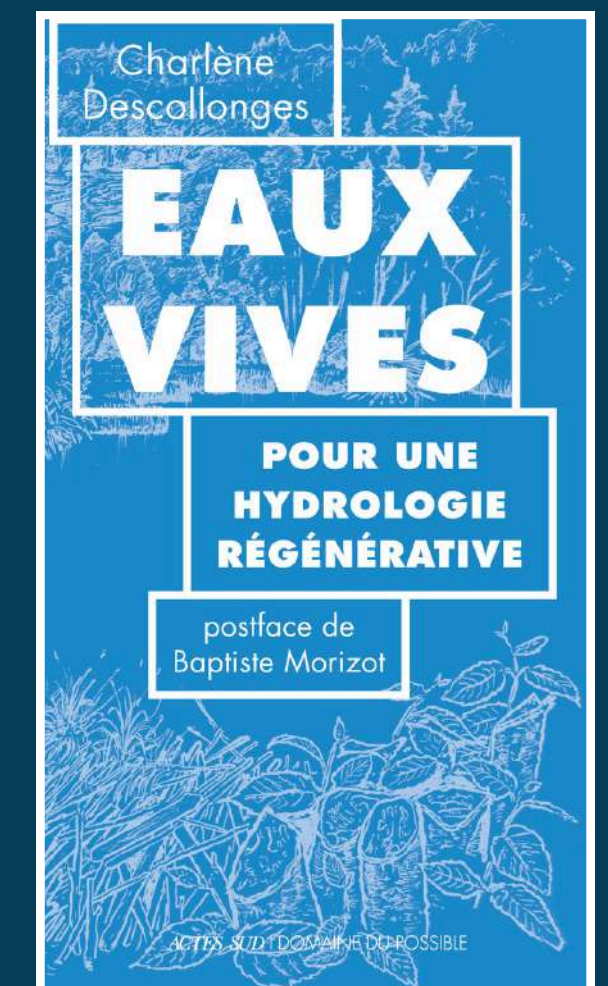
PASSER À L'ACTION



SE PROJETER



SE FORMER



CHANGER DE
CULTURE