



Aménagements visant le stockage et l'infiltration de l'eau sur les bassins versants

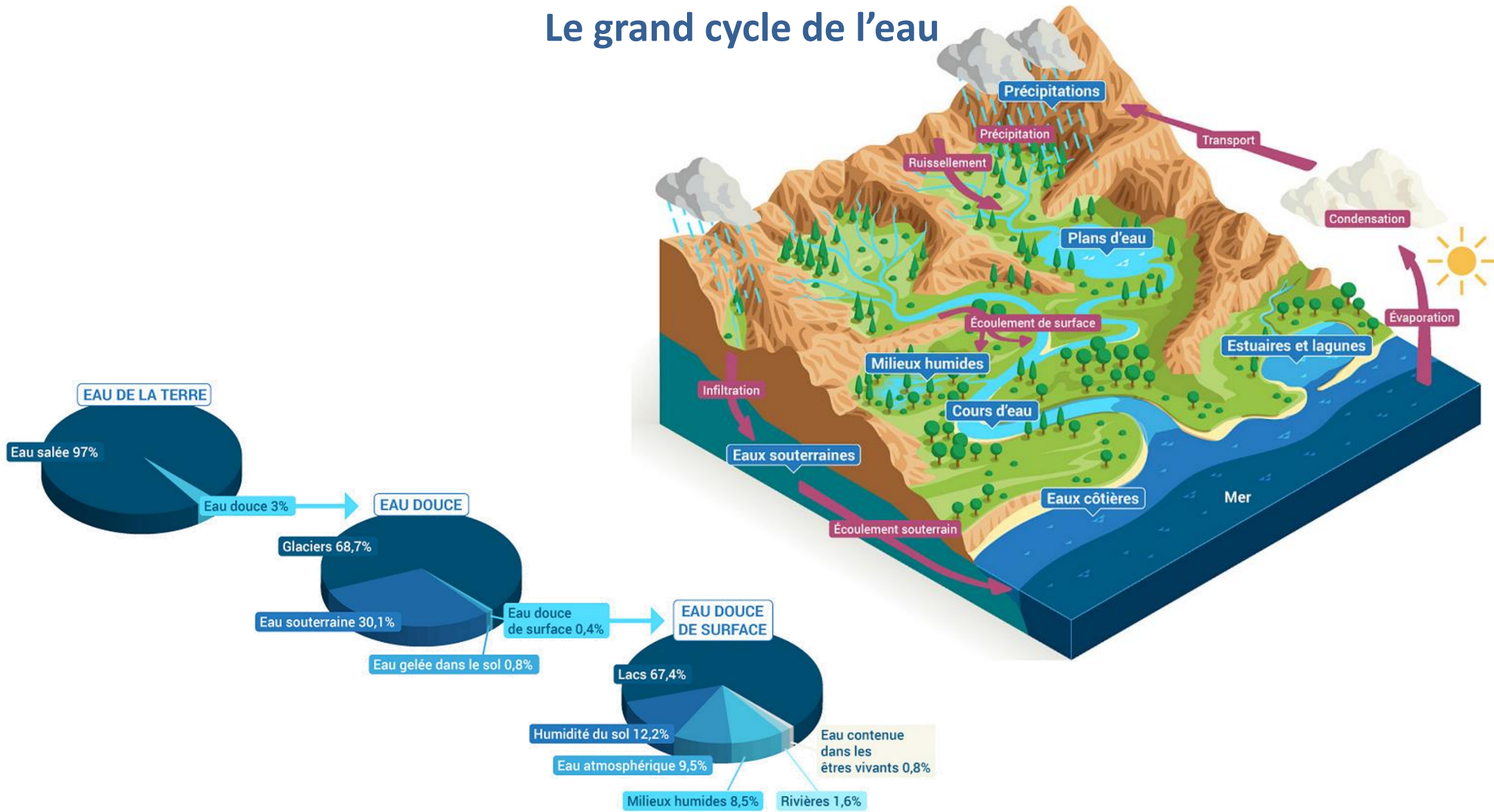
Mikaël LE BIHAN
Direction Bretagne de l'OFB

15 Mai 2025

Quelques rappels sur le stockage et l'infiltration des eaux à l'échelle des bassins versants



Le grand cycle de l'eau



La Bretagne dépend des eaux superficielles

● En Bretagne, l'alimentation en eau potable est assurée à 25% par les eaux souterraines, les 75% restants étant issus des eaux superficielles (cours d'eau et barrages).



EAU POTABLE



INDUSTRIE et ACTIVITES ECONOMIQUES



IRRIGATION



CANAUX

3/4 des prélèvements* en Bretagne proviennent des eaux superficielles



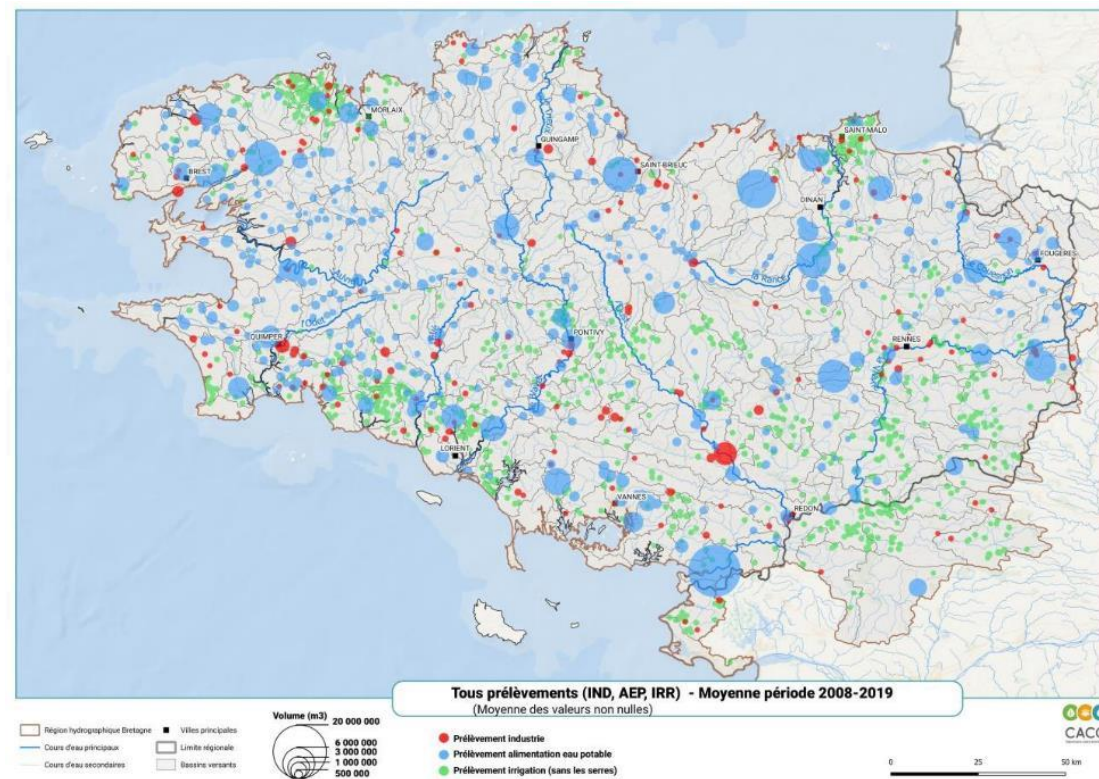
■ Surface
■ continental
■ Souterrain

TOTAL = 290 Millions de m³
en 2020

dont Finistère = **83,2 Millions de m³**
prélevés en 2020*

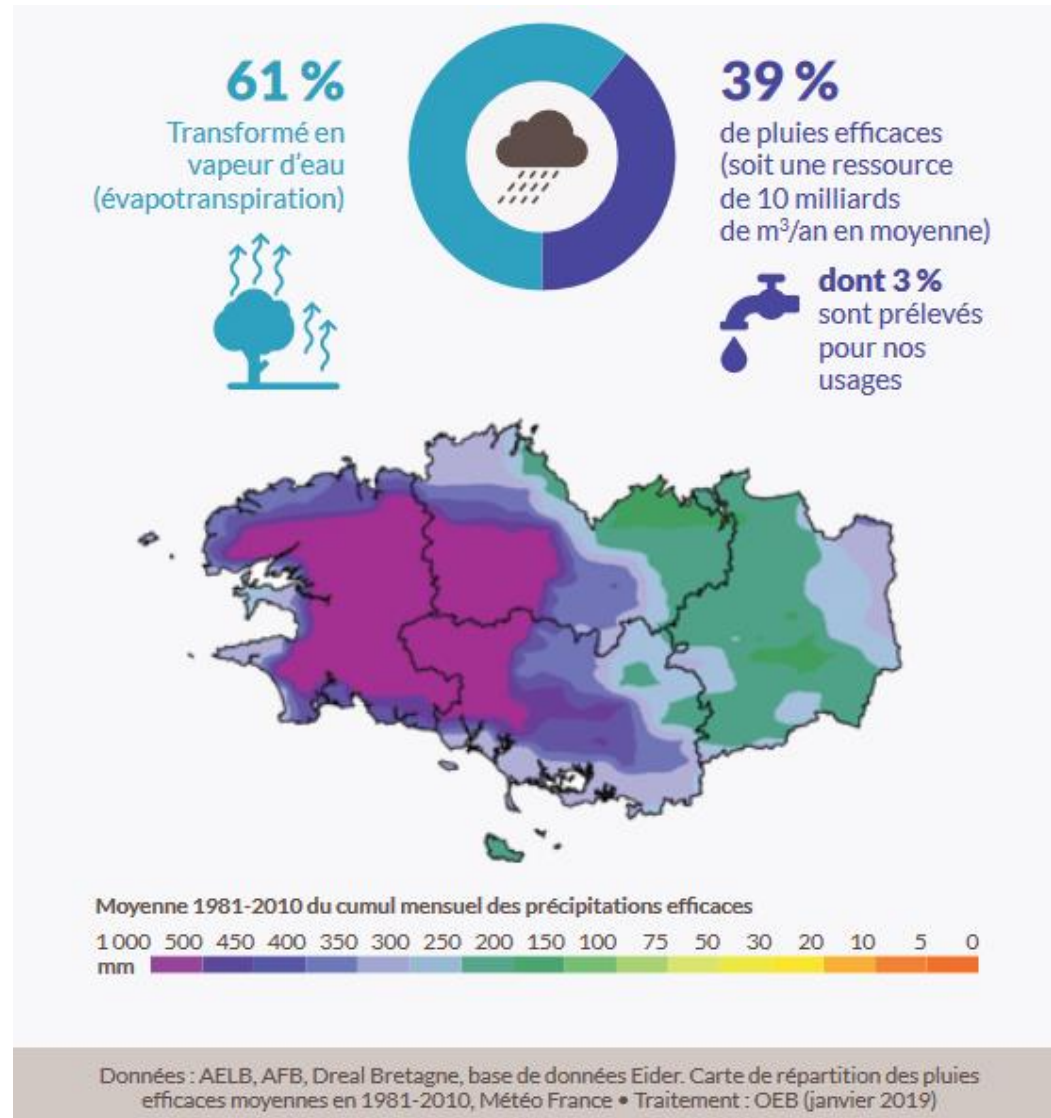
<https://bnpe.eaufrance.fr/>

* Hors abreuvement, eau turbinée, prélèvements domestiques < 1000 m³

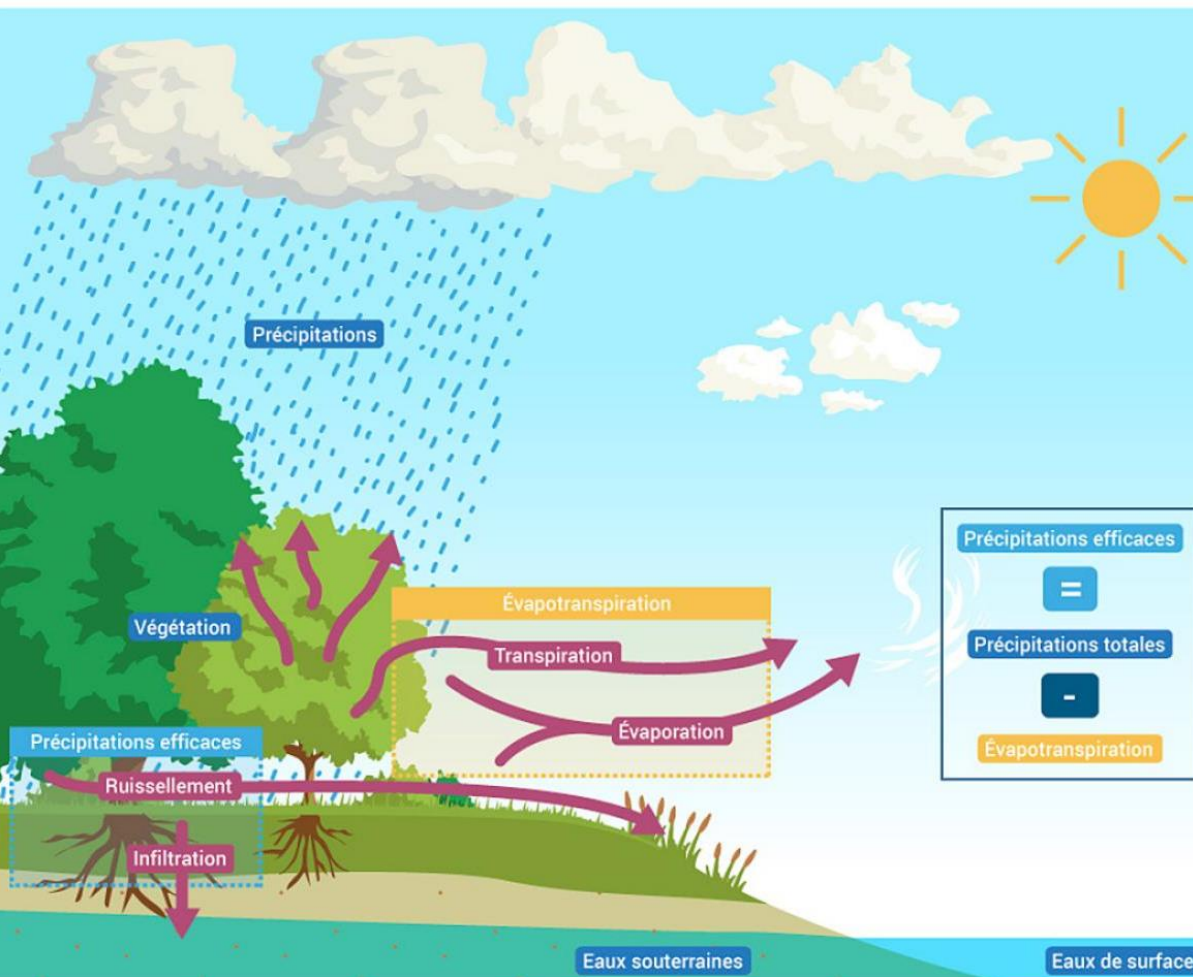


Extrait de l'étude
DREAL Bretagne – CACG 2021

La pluviométrie en Bretagne



Les pluies efficaces



PRÉCIPITATIONS

ÉVAPOTRANSPIRATION

PRÉCIPITATIONS EFFICACES

NIVEAU DE LA NAPPE

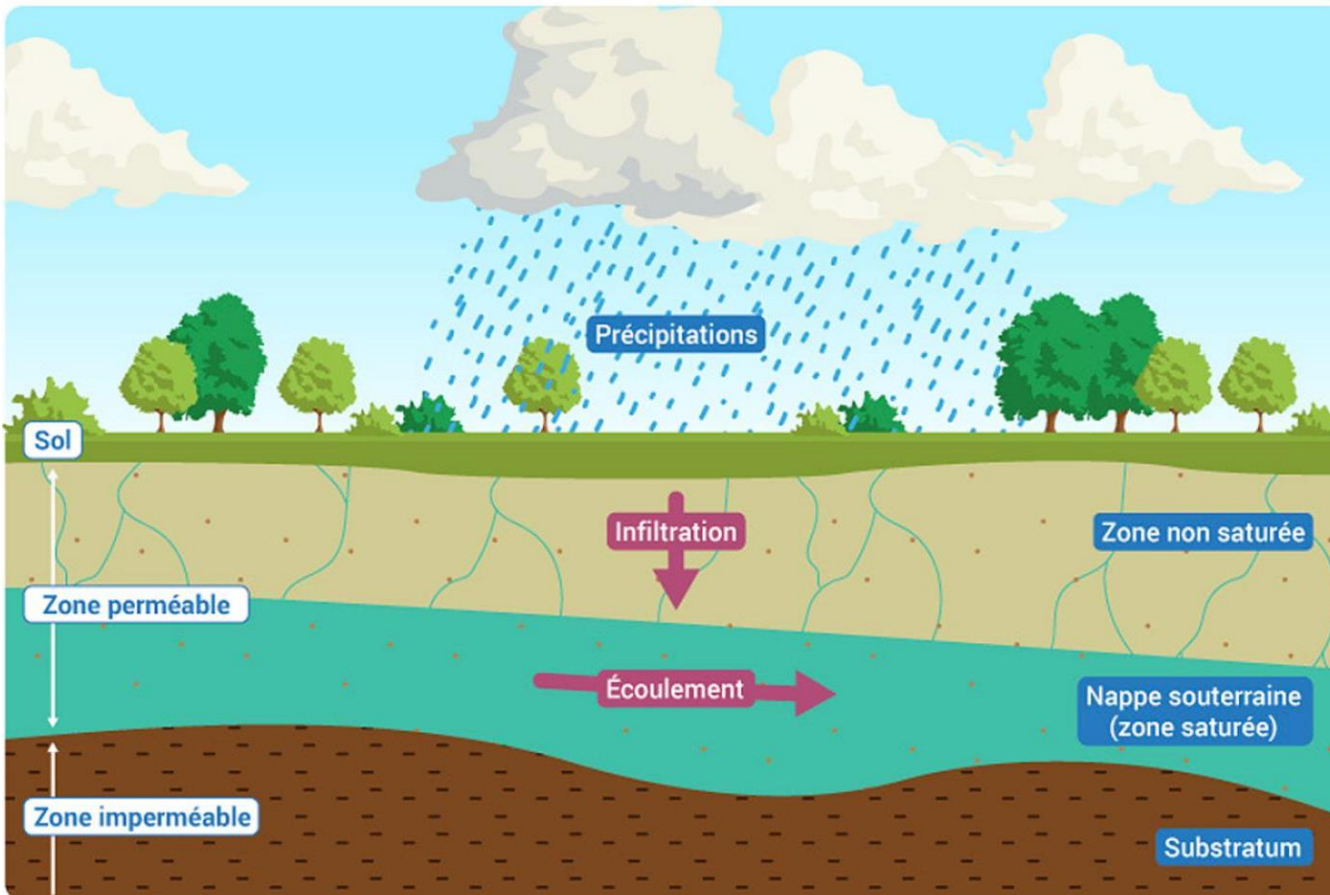
Eaux souterraines



Les **précipitations efficaces**, ou pluies efficaces, sont les précipitations qui contribuent réellement à alimenter les milieux aquatiques et à recharger les nappes souterraines (mm).

L'eau des nappes provient du phénomène d'infiltration

🟡 À la suite des pluies, une partie de l'eau pénètre dans les pores et les fissures du sol (**infiltration**). Entraînée par gravité, elle traverse le sol puis s'infiltre dans le sous-sol, jusqu'à ce qu'elle soit interrompue par un substratum compact, imperméable. L'eau s'accumule alors dans tous les espaces vides de l'aquifère, **et forme une nappe** (Eau France, 2025).



Aquifère = roche + nappe d'eau

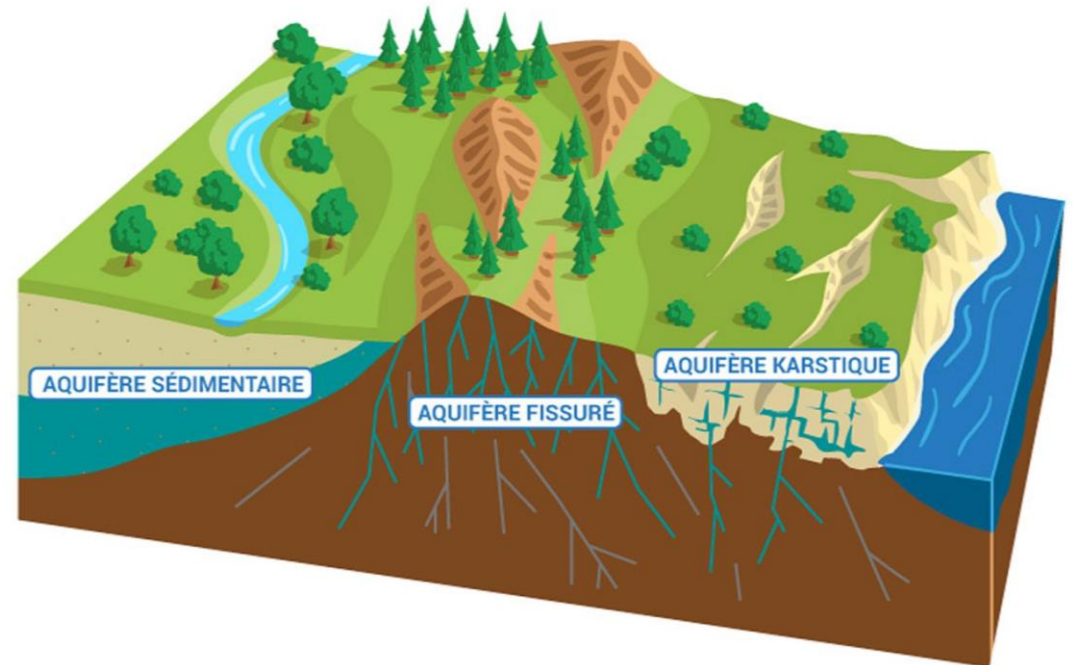
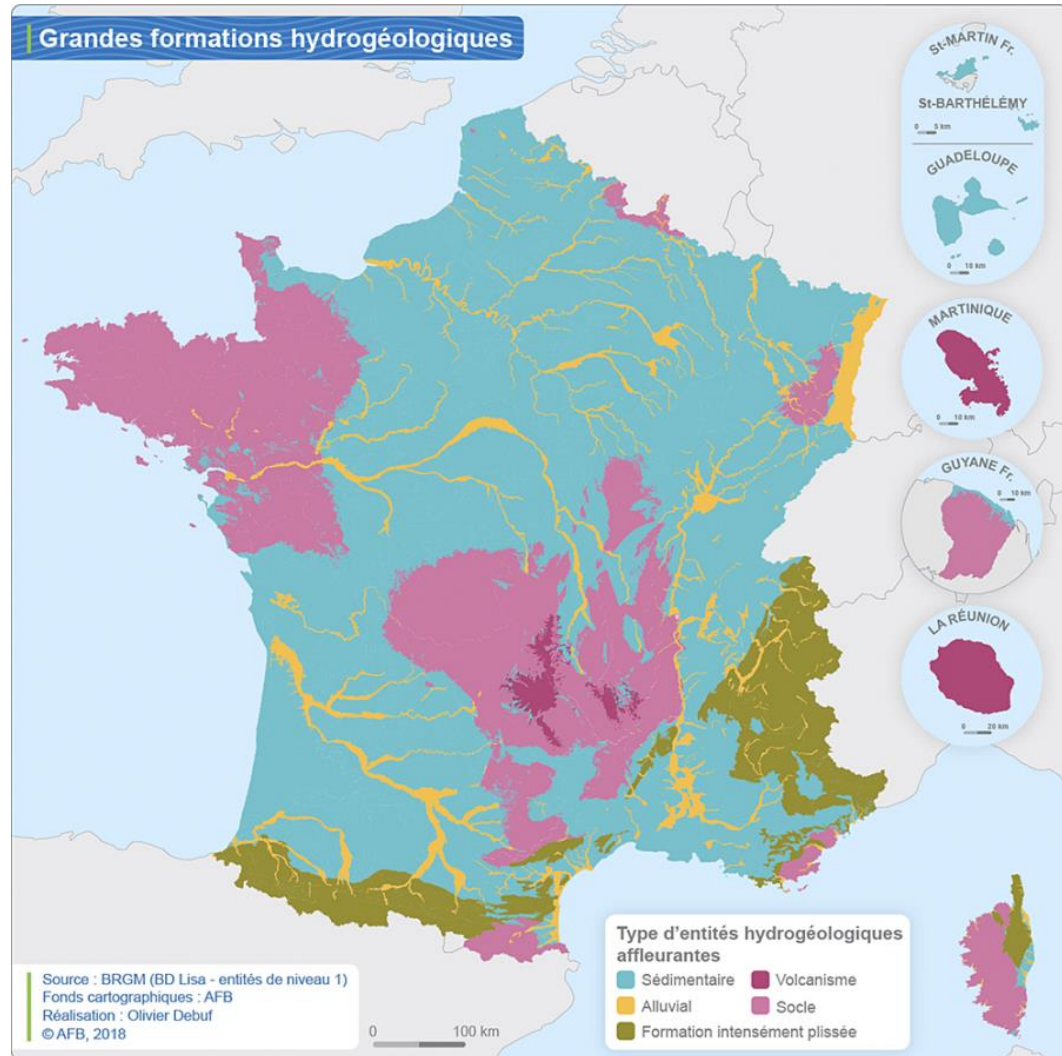
Aquifère composé :

- Une zone supérieure dite non saturée (les pores de la roche sont remplis d'air)
- Une zone inférieure dite saturée, où l'eau remplit tous les espaces disponibles.

Le niveau de la nappe contenue dans cet aquifère correspond à la limite supérieure de la zone saturée.

Type d'aquifères en Bretagne

● En Bretagne, aquifères dits « de socle » dans des roches dures anciennes (schiste, granite, etc.)

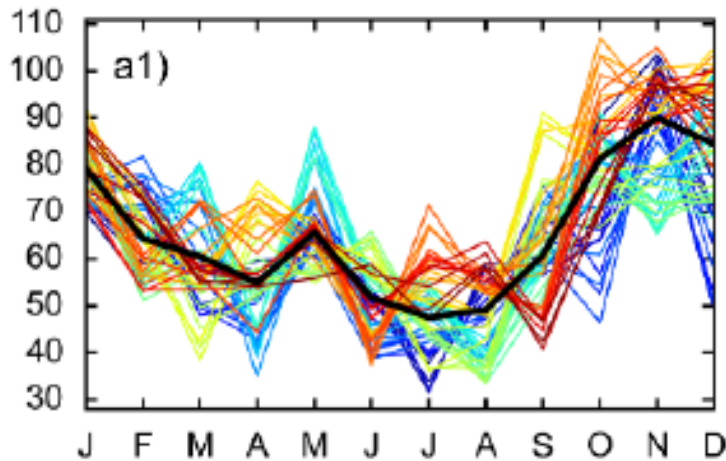


Aquifères fracturés peu profonds (10 à 50 mètres)

La recharge des nappes

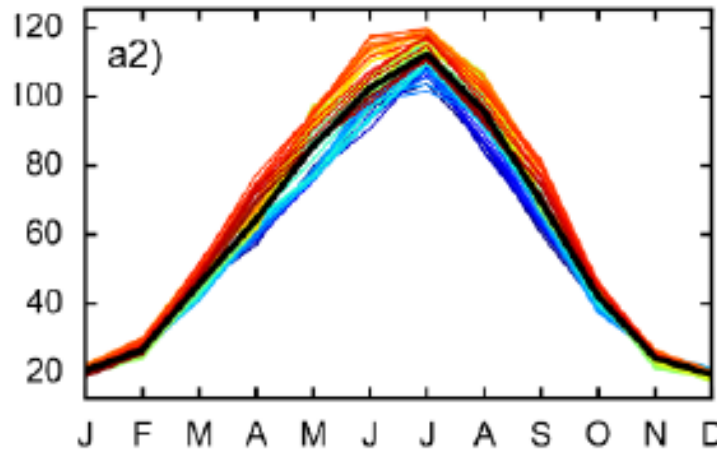
- **Le niveau d'une nappe** dépend de la quantité d'eau qui entre dans la nappe par infiltration, et de la quantité qui en sort, vers les milieux aquatiques ou un autre aquifère.
- **Période de recharge de la nappe (plutôt l'automne et l'hiver)** durant laquelle le niveau de l'eau dans l'aquifère monte.
- **Dès que la recharge cesse, le niveau baisse** puisque la nappe continue de s'écouler à travers l'aquifère : c'est la période d'abaissement de la nappe. À la fin de l'été, le niveau de la nappe est au plus bas : il s'agit de l'étiage de la nappe (Eau France, 2025).

Precipitations



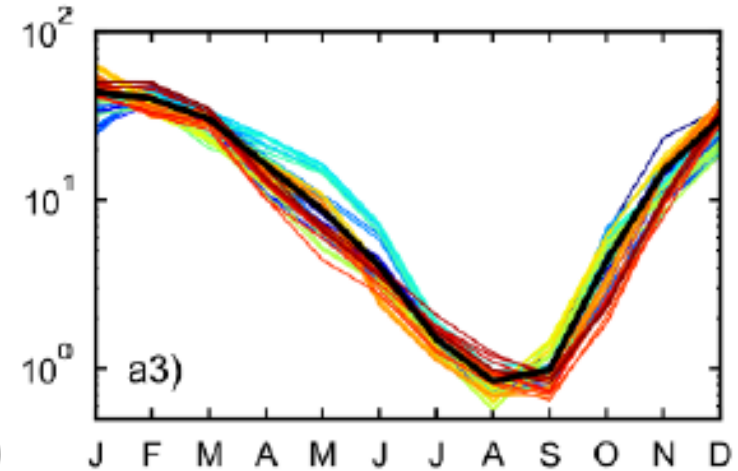
Units: [mm/month]

Evapotranspiration

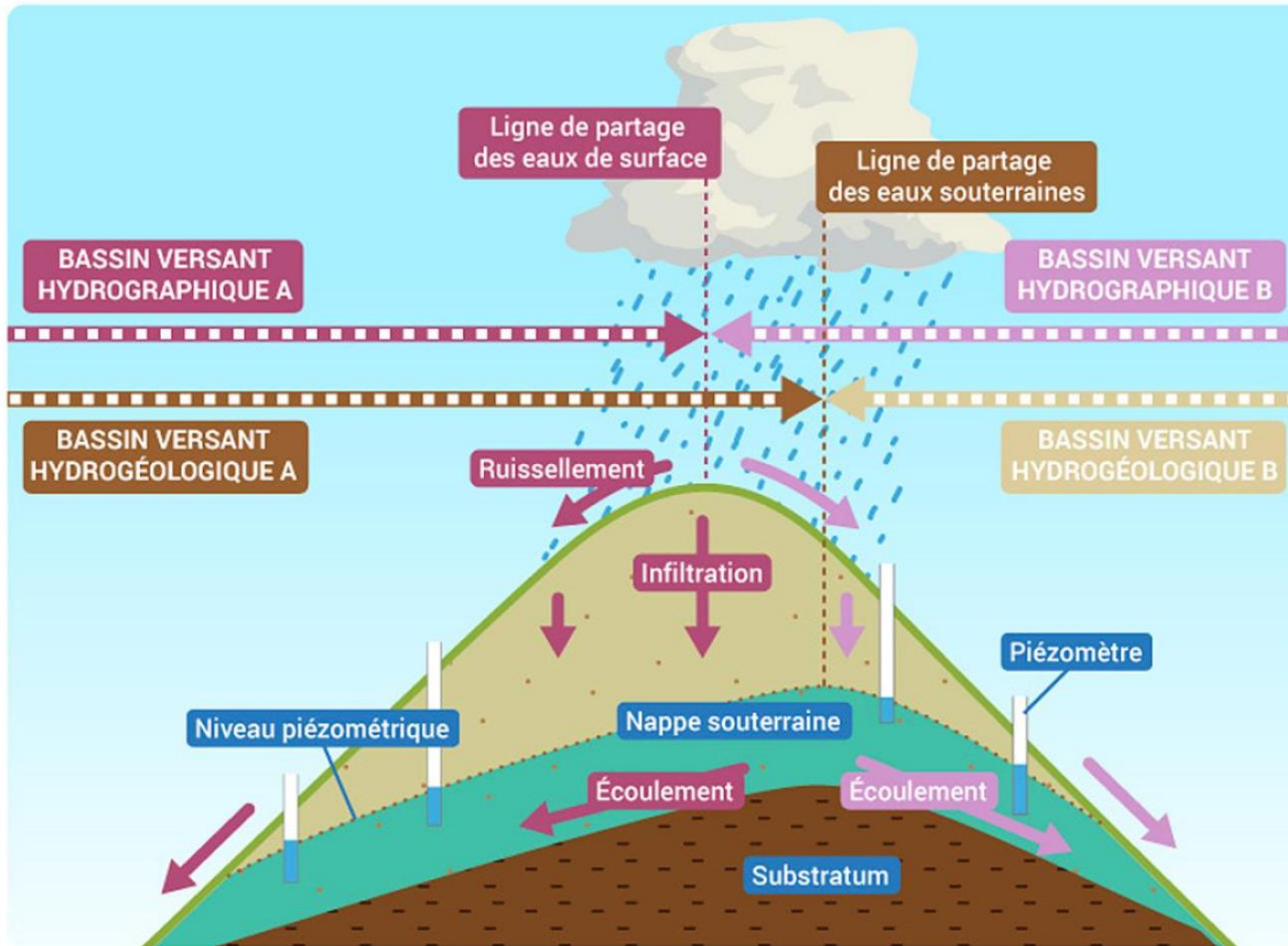


Months

Recharge

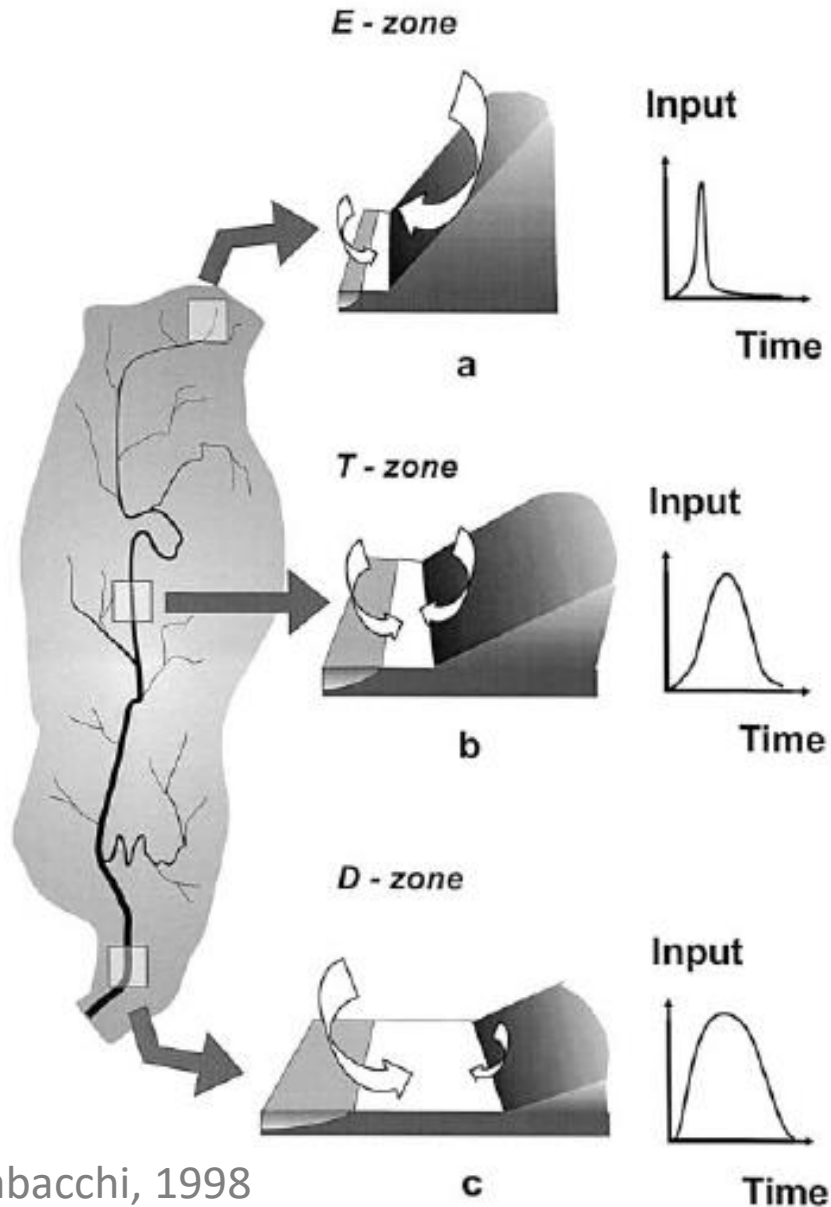


Bassin versant hydrographique et hydrogéologique

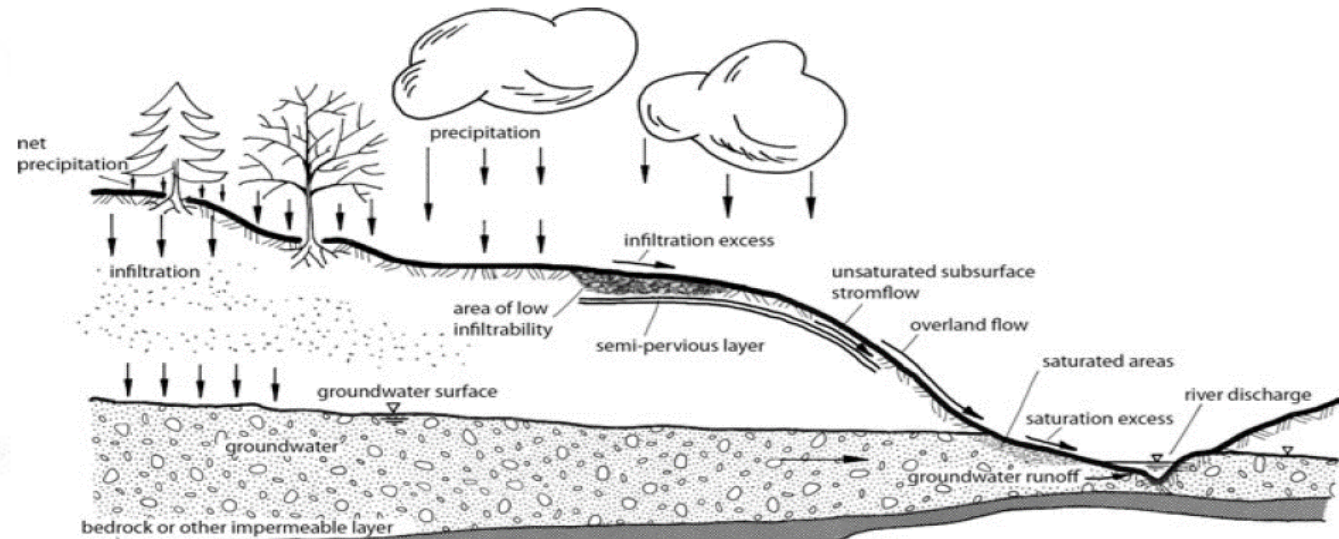


Les bassins versants des nappes souterraines correspondent souvent à ceux des milieux aquatiques de surface bien que, ponctuellement, des spécificités géologiques provoquent des différences de tracé : par exemple, la présence d'une faille ou d'une roche imperméable.

Importance d'agir dès les versants !



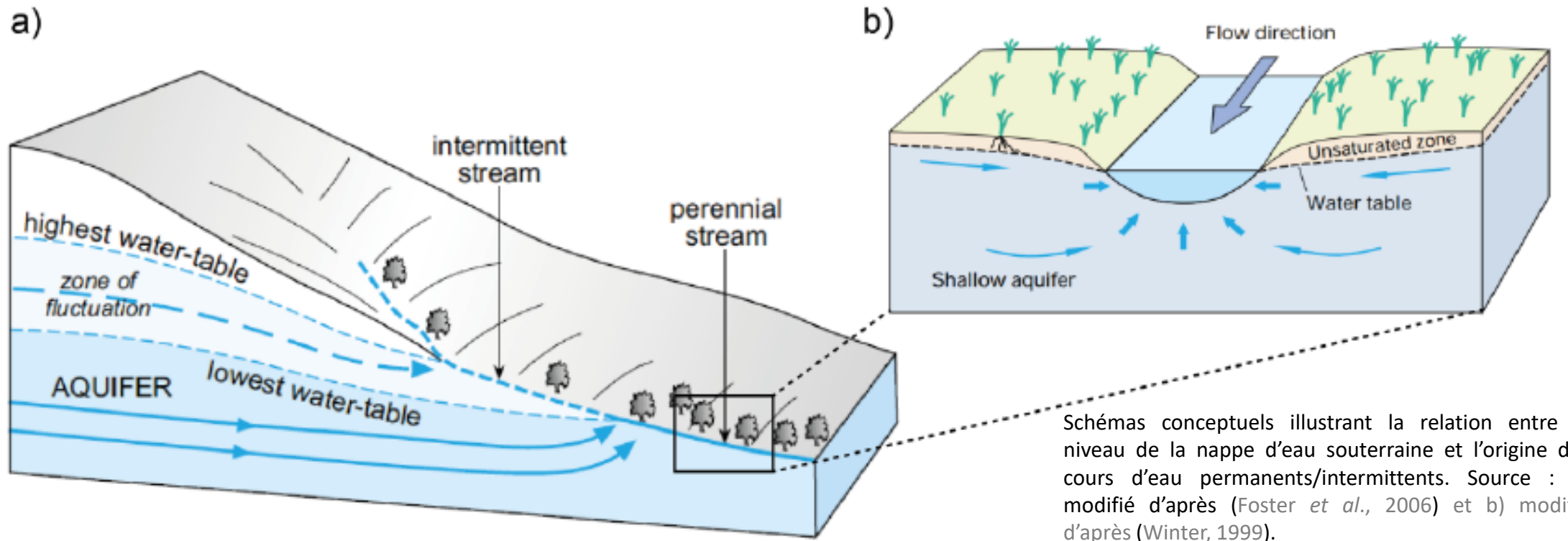
Berceau



Bronstert *et al.*, 2012

Les eaux souterraines et les eaux de surface sont connectées

- En règle générale, à l'échelle de la Bretagne, les eaux de surface sont soutenues par un ensemble de petites nappes, peu profondes, connectées et proches de la surface (Abhervé, 2023).



Contribution des eaux souterraines au débit des rivières en Bretagne : de 35 % jusqu'à 85 % pour certains bassins-versants (Mougin *et al.*, 2008)

Temps de résidence des eaux

● Au sein d'un même bassin versant, les temps de résidence des masses d'eau peuvent être variables, en fonction du réservoir aquifère traversé, du stock d'eau, de la recharge mais aussi de la profondeur de circulation de l'eau.

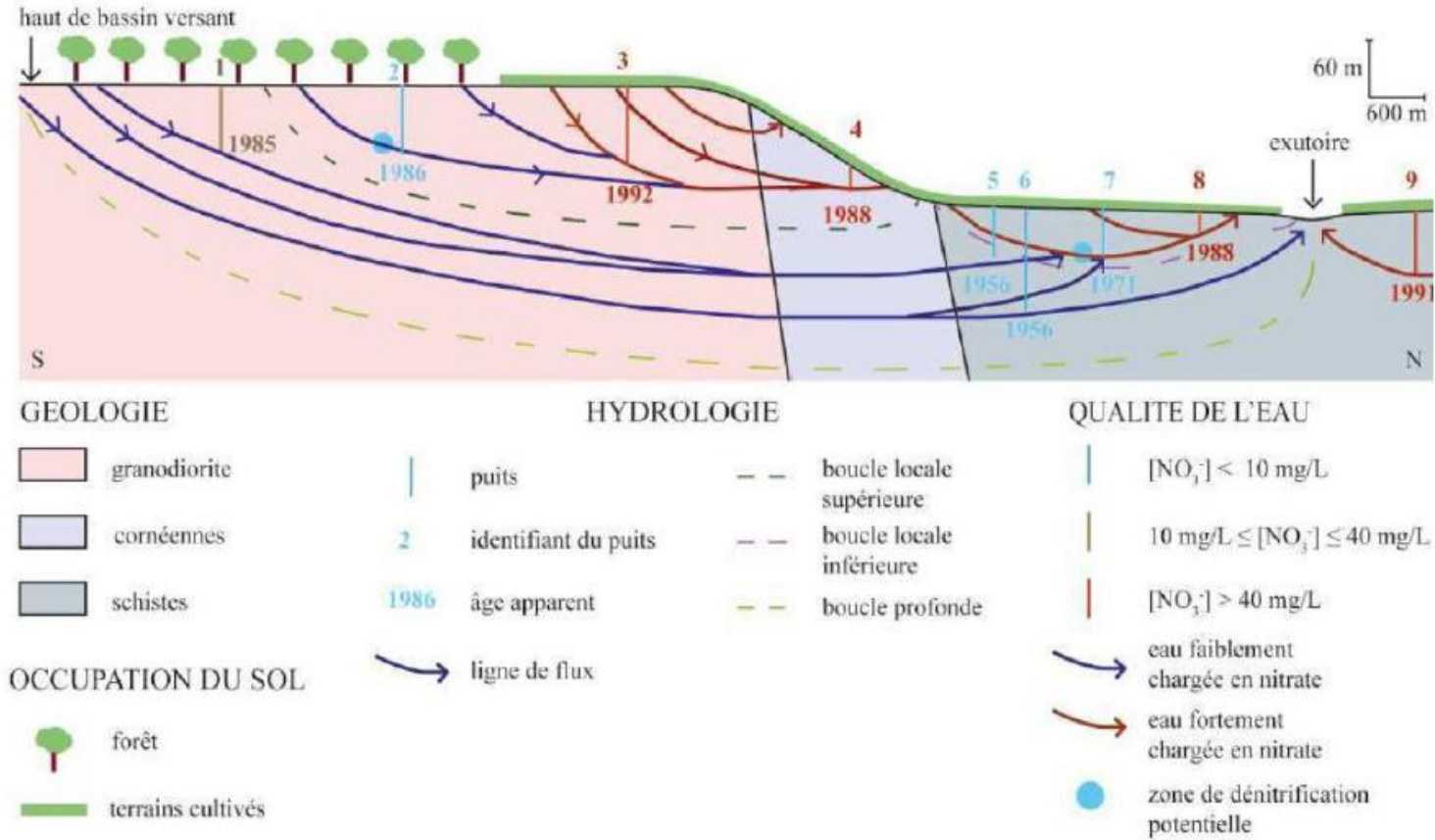


Figure 7 : Temps de résidence et lignes d'écoulement de l'eau souterraine dans le bassin versant de Pleine-Fougères. Virginie Vergnaud-Ayraud et al. (2015).

Que se passe t'il lors des crues ?

● Le sens des écoulements peut varier sur de courtes périodes (épisode de crue) :

- Si la quantité de précipitation est assez importante, le niveau d'eau dans le cours d'eau peut monter rapidement de manière significative, et passer temporairement au-dessus du niveau d'eau dans la nappe (Figure 9). Dans ce cas, avant la crue, la nappe alimente le cours d'eau puis, durant une courte période de temps, le sens des échanges s'inverse et la rivière alimente la nappe.
- A noter que pour le contexte breton, ce processus de recharge de la nappe est très partiel dans le temps et l'espace, et négligeable si on le compare à la recharge provenant de versants pendant une année hydrologique.

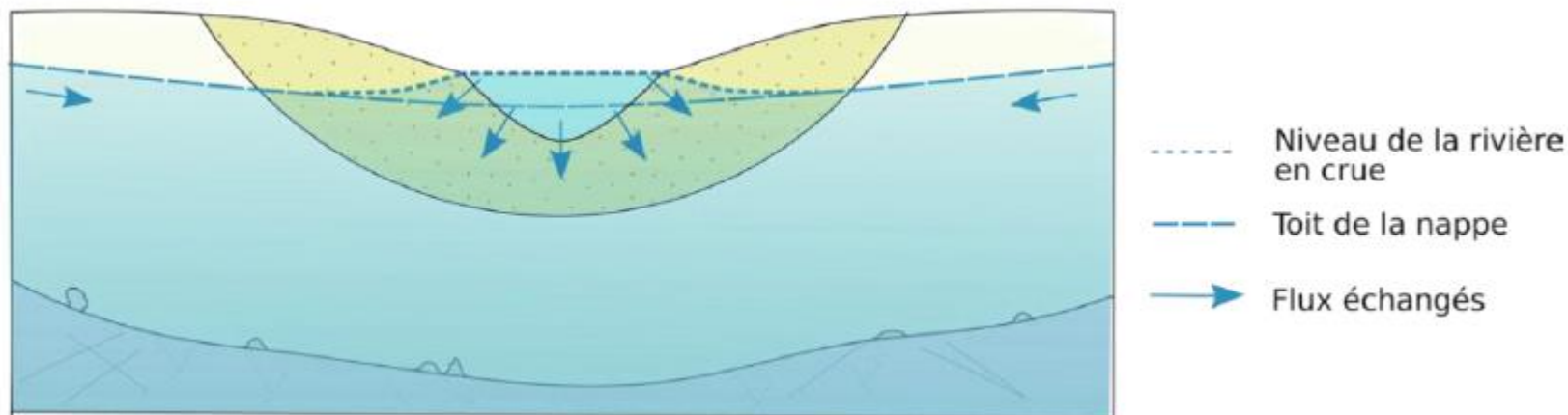
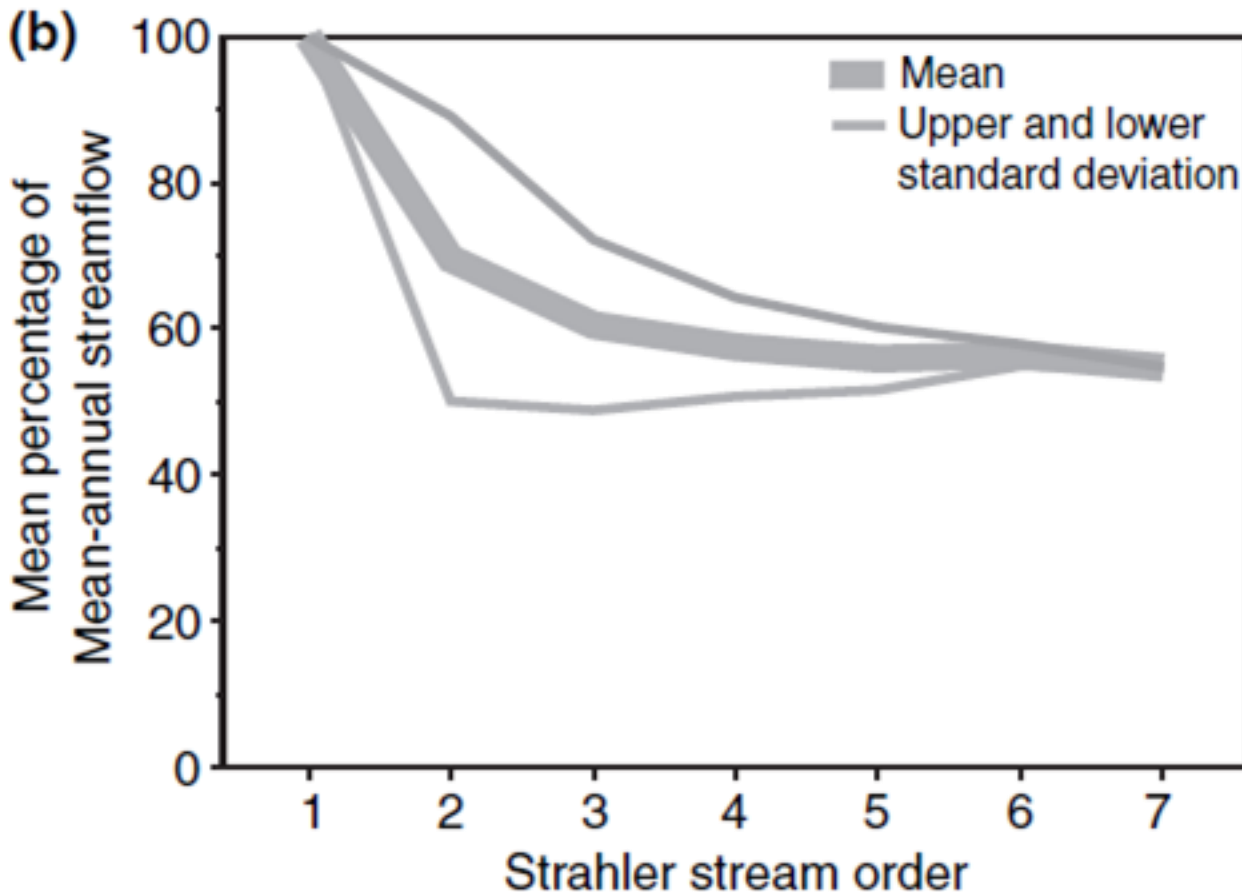


Figure 9 : Schéma descriptif de la variation locale des échanges nappe-rivière lors d'un évènement de crue.

L'importance de l'alimentation en eau des têtes de bassin versant

Contributions des têtes de bassin aux débits en aval

- ✓ Conditionnent quantitativement les ressources en eau de l'aval (Alexander *et al.*, 2007*)
- ✓ **50 à 70% de l'alimentation en eau des cours d'eau d'ordre supérieur** (ordre 3 à 7) provient des têtes de bassin versant d'ordre 1 et 2 (Alexander *et al.*, 2007*)



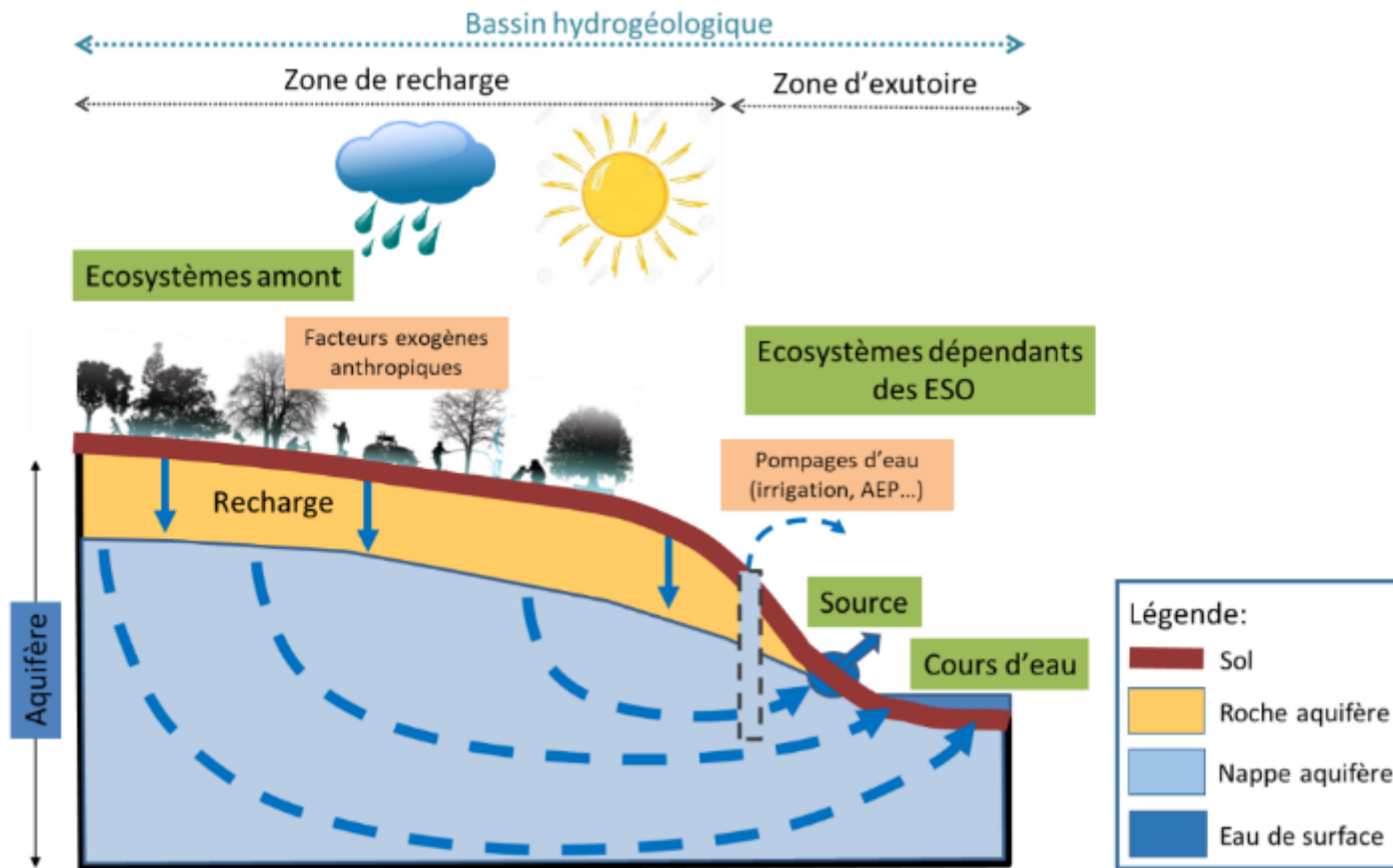
« **CAPITAL**
hydrologique »

Quelles solutions ?



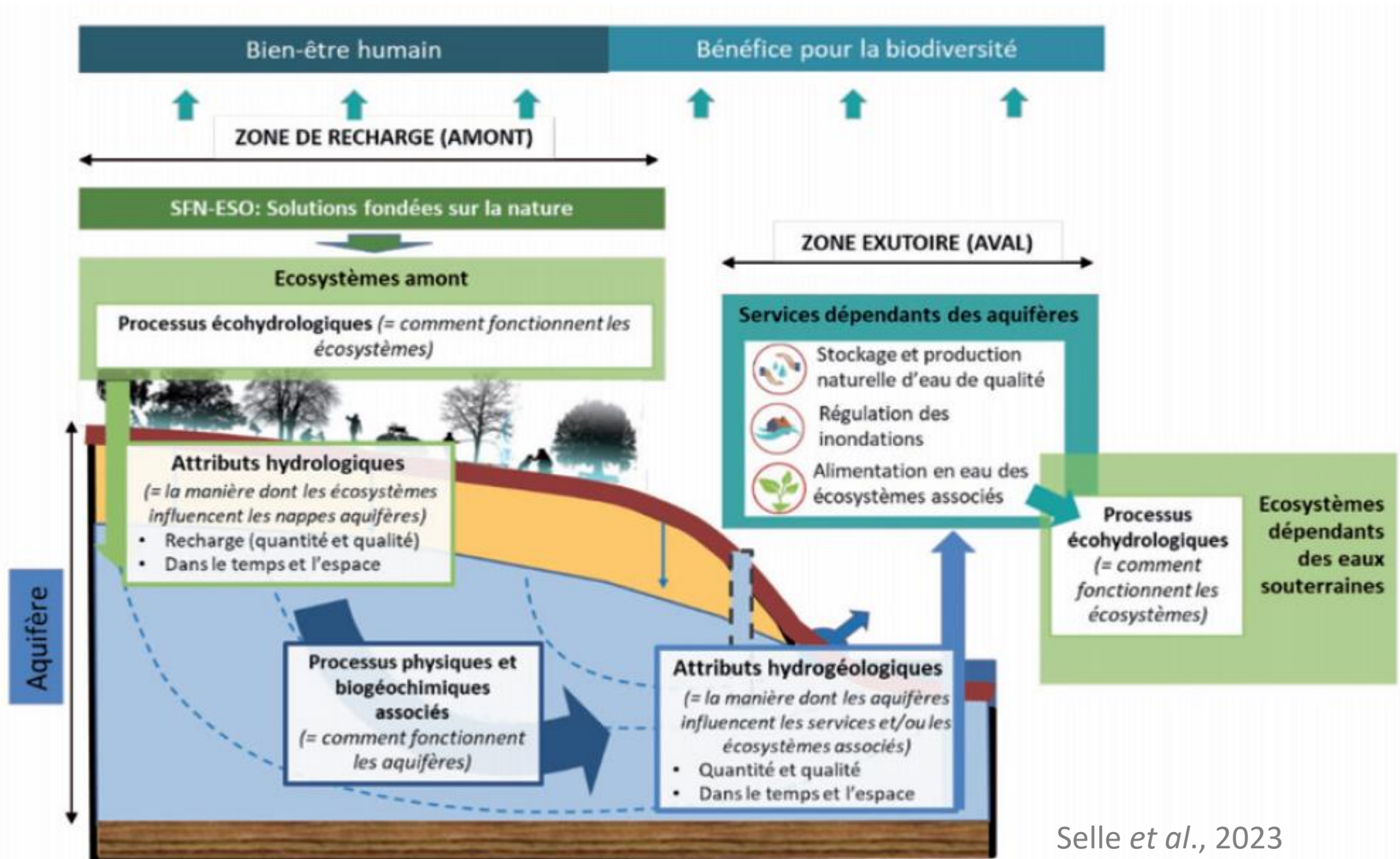
Les solutions fondées sur la nature - Eaux souterraines

● Peu de travaux sur les SFN - ESO (Selle *et al.*, 2023)



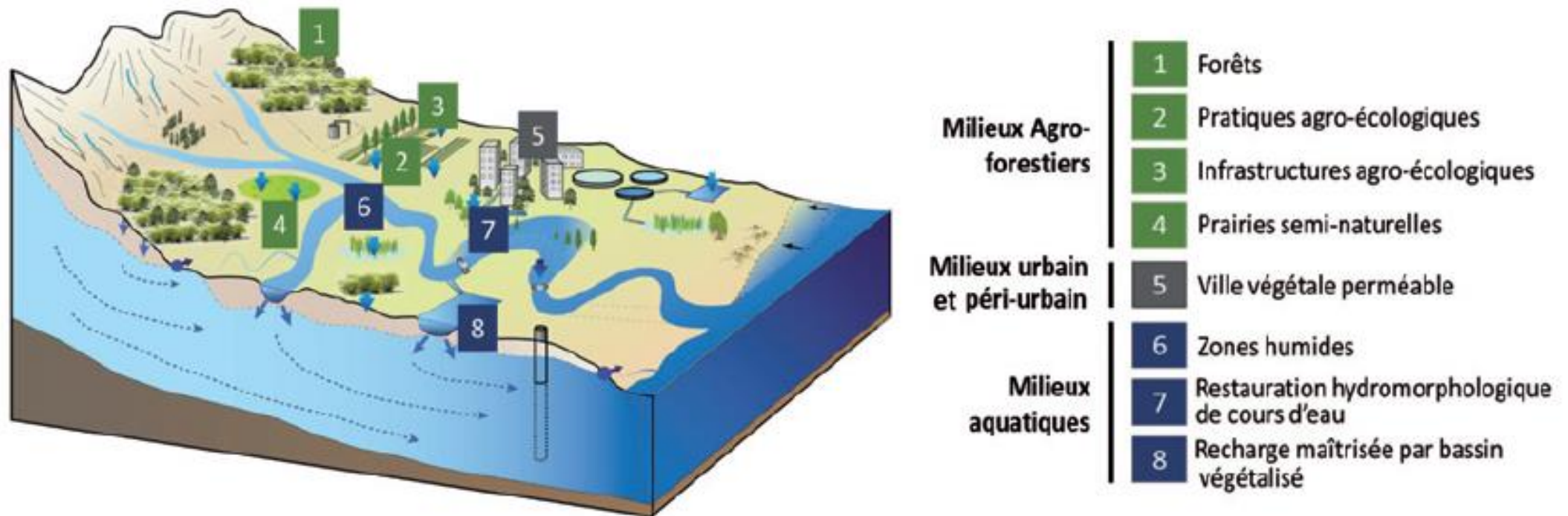
Coupe schématique d'une nappe aquifère libre avec mise en évidence des écoulements souterrains entre la zone de recharge et la zone exutoire (Hérivaux, 2023)

Les solutions fondées sur la nature - Eaux souterraines



Exemples de restauration / aménagements

● **8 solutions différentes étudiées, dans différents contextes** (urbain, forêt, culture/prairie)
(Selle *et al.*, 2023)

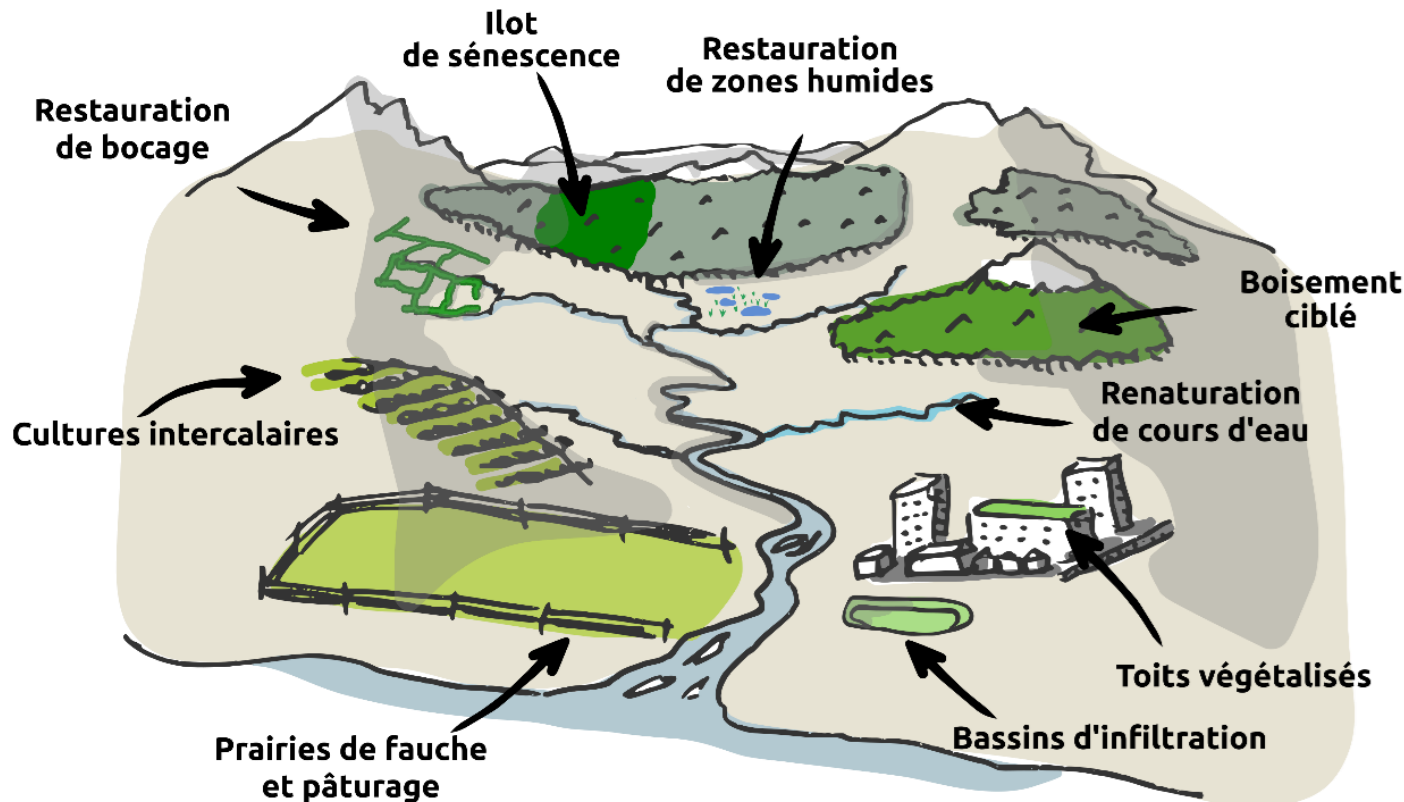


Les SFN - ESO n'influencent que les eaux d'aquifère libre (première nappe rencontrée depuis la surface), les nappes principalement influencées sont les nappes les moins profondes (Selle *et al.*, 2023).

● Facteurs influençant l'efficacité hydrogéologiques des SFN - ESO : climat, topographie, géologie, propriétés de l'aquifère, caractéristiques des milieux (Selle *et al.*, 2023).

Les Mesures Naturelles de Rétention des Eaux MNRE

● Mesures Naturelles de Rétention des Eaux : Natural Water Retention Measures (NWRM)



- ➔ Recharge des nappes
- ➔ Atténuation des crues

« Réduire les risques liés aux inondations tout en améliorant la qualité de l'eau ;

séquestrer le carbone tout en maintenant la biodiversité ;

réguler le stockage d'eau tout en améliorant la distribution d'eau ;

limiter la nécessité d'infrastructures onéreuses pour gérer les eaux pluviales tout en améliorant le paysage ;

et rendre les villes plus vertes tout en ayant un aménagement naturel du territoire pour sa population. »

Quelques remarques générales

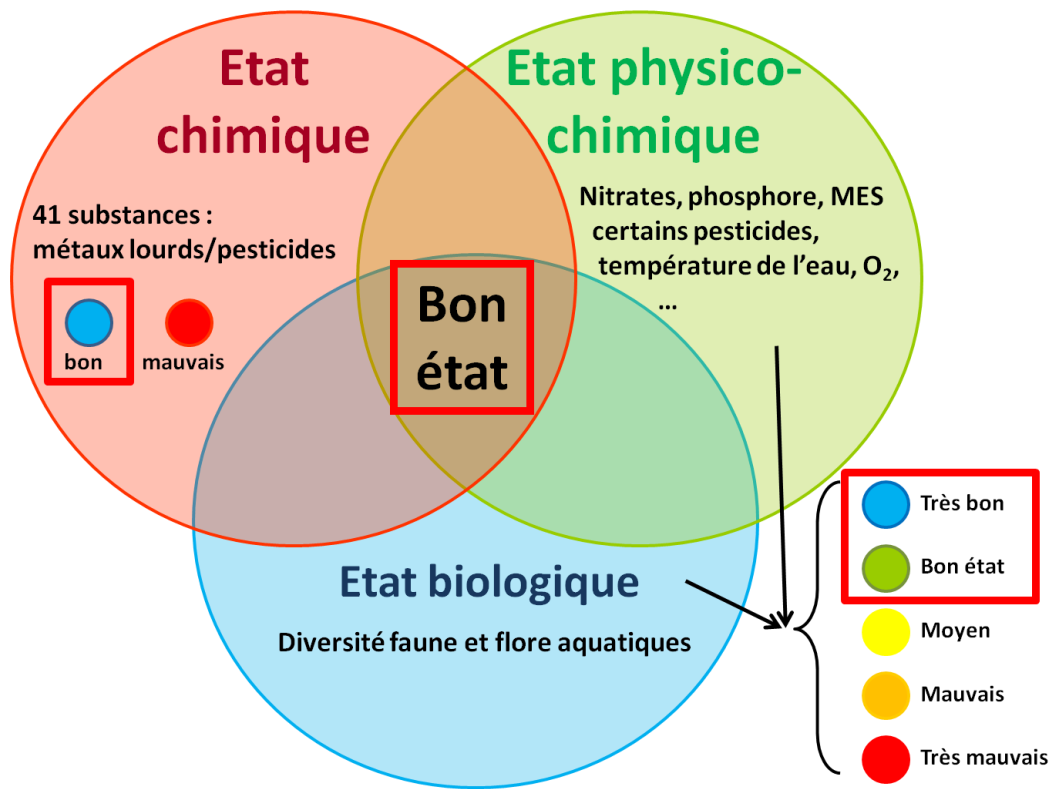


Nécessité de retenir des mesures répondant à de multiples objectifs

AUX ENJEUX DE LA DCE



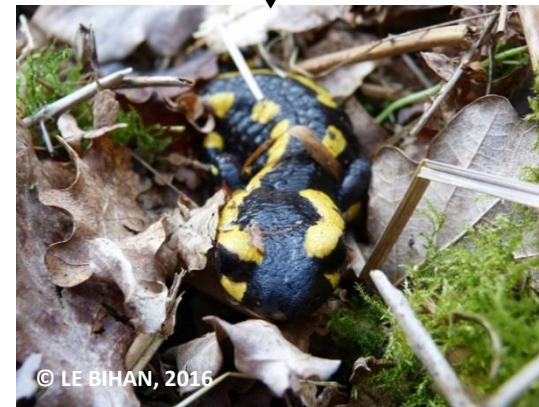
AUX ENJEUX DE LA BIODIVERSITE



habitats



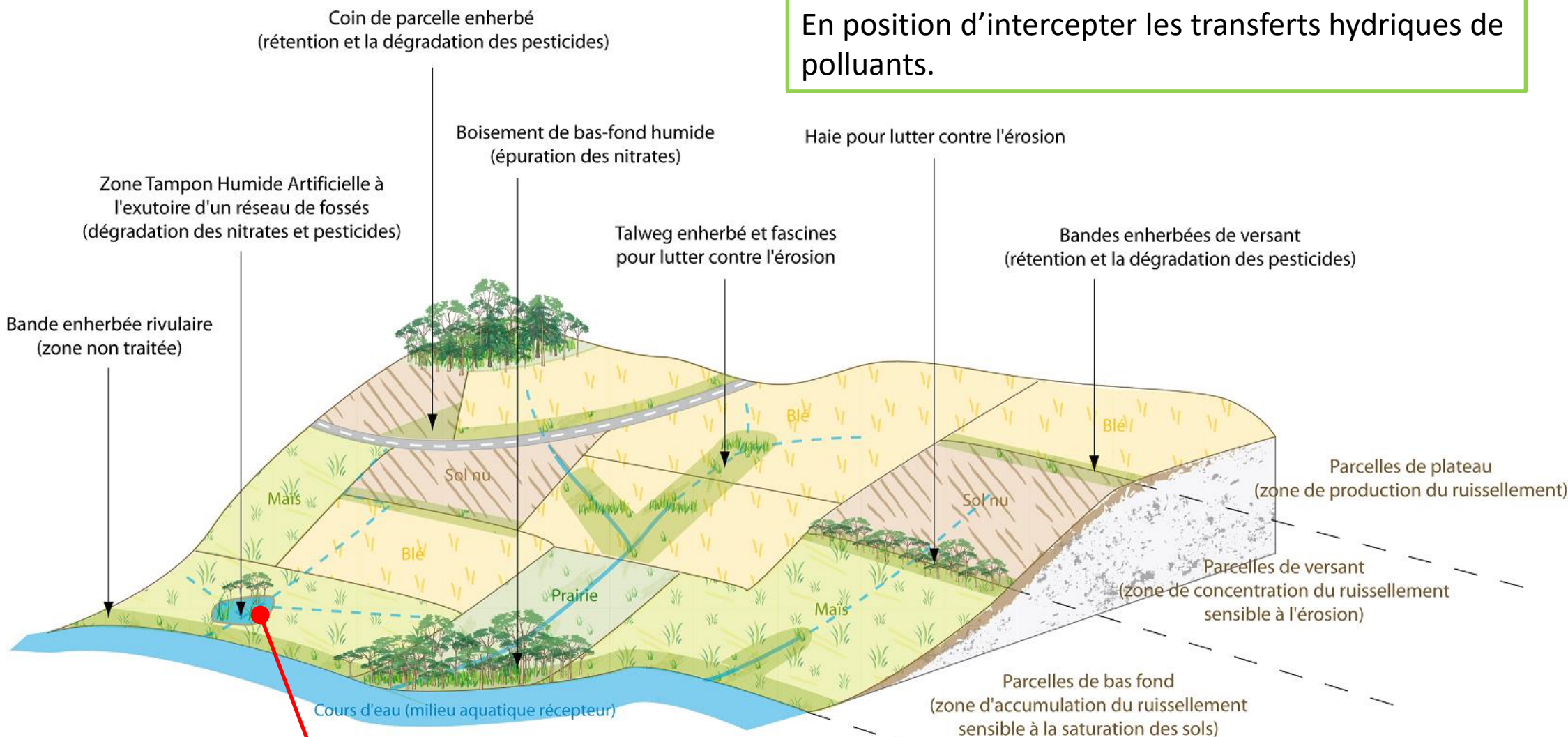
connectivité



espèces

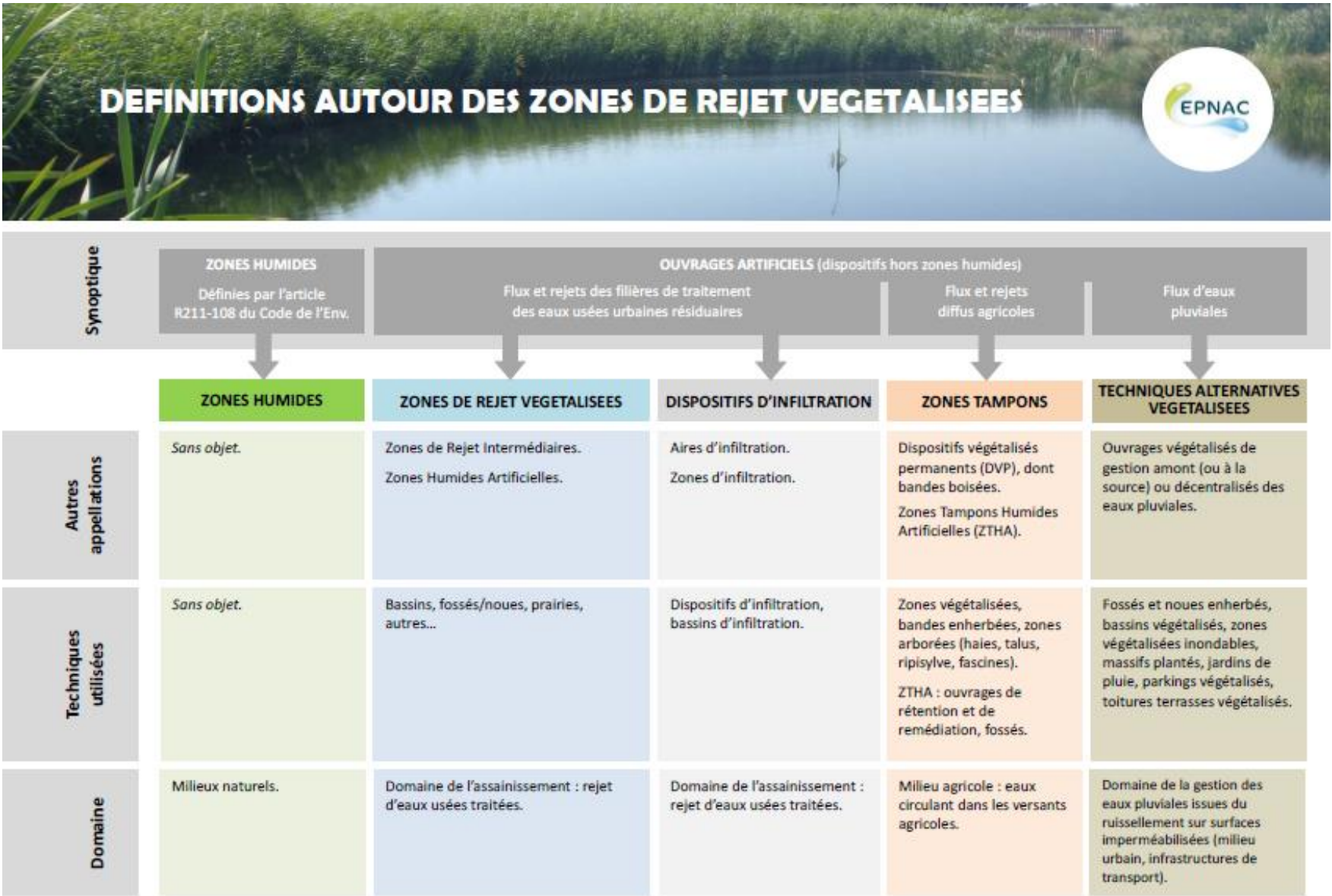
Des actions pour la quantité d'eau (et pour la quantité !)

En position d'intercepter les transferts hydriques de polluants.



Hors zones humides (EPNAC, 2018) et milieux sensibles.

Rappel : les ouvrages artificiels ne doivent pas être implantés en zones humides

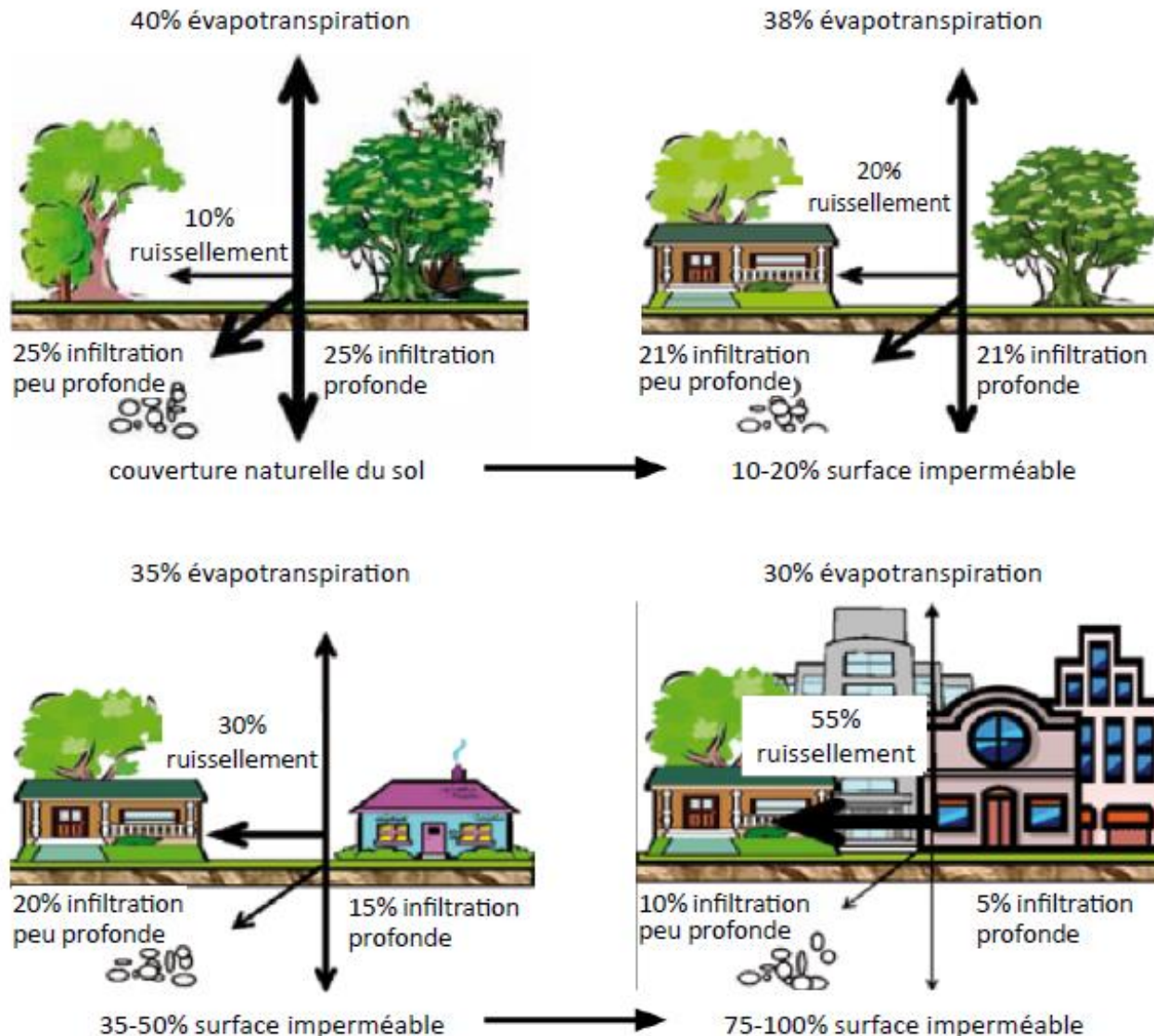


En contexte urbain



Difficulté d'infiltration en milieu urbain du fait de l'imperméabilisation des sols

● Influence de l'imperméabilisation des sols sur le cycle de l'eau

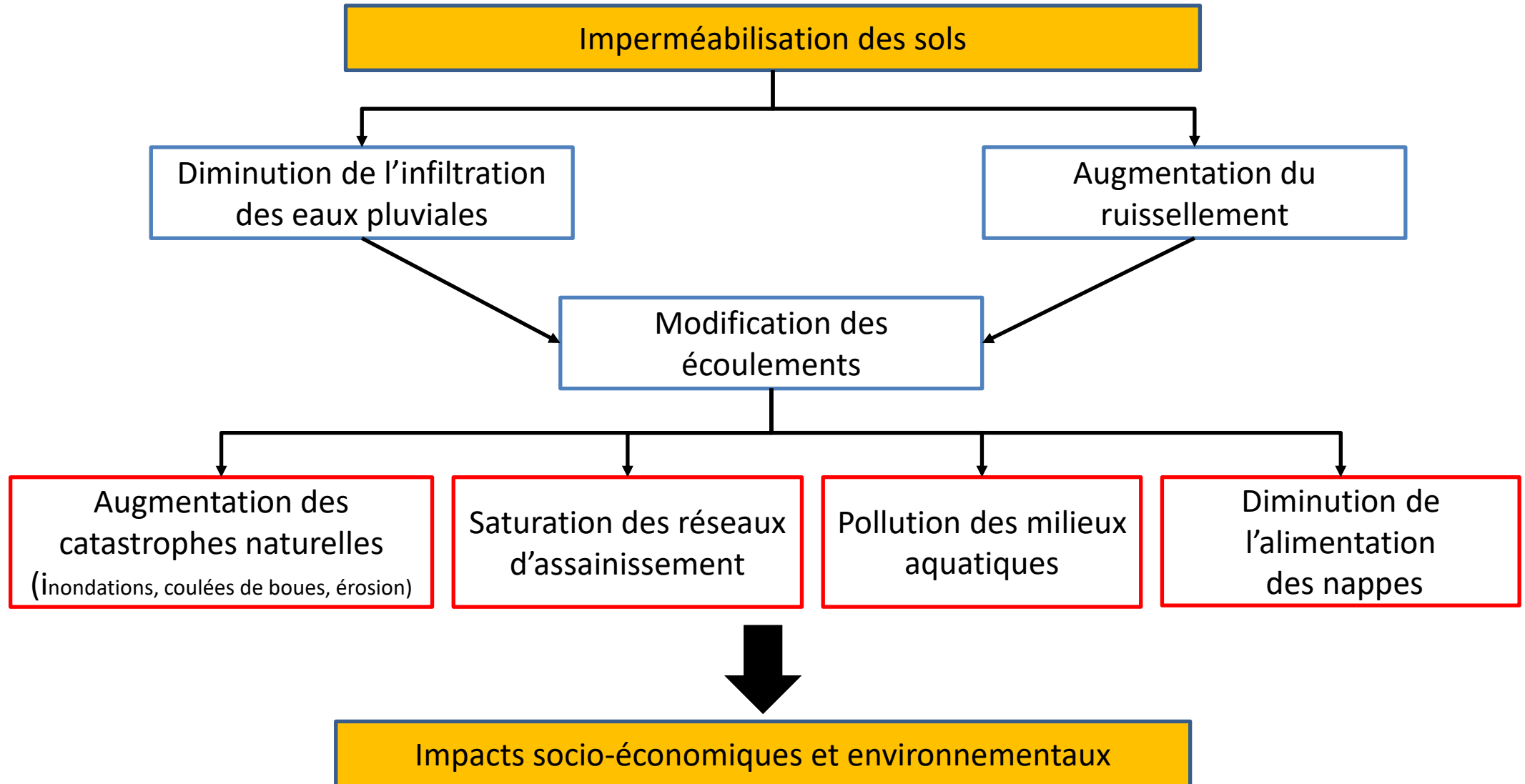


L'infiltration diminue fortement tandis que le ruissellement augmente

Entre un sol naturel et une ville, l'infiltration est réduite de 35 % alors que le ruissellement augmente de 45 %.

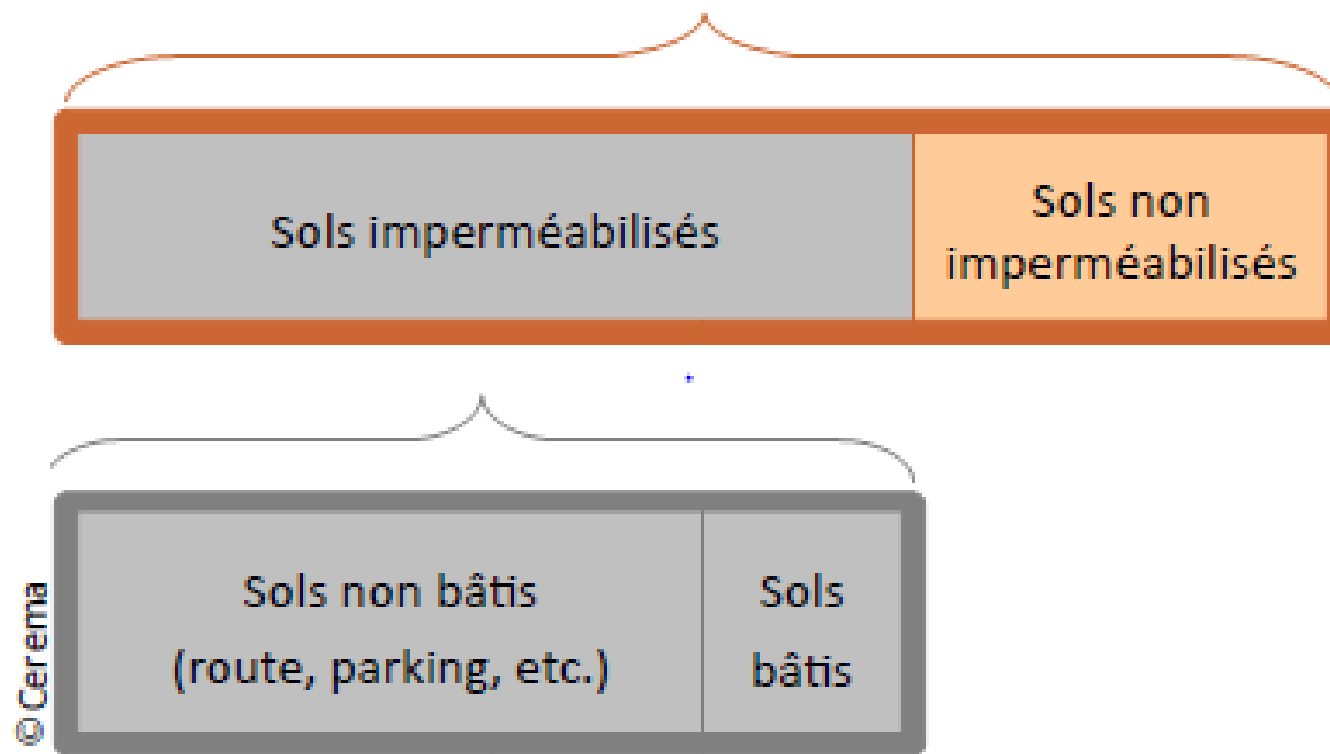
Infiltration essentielle pour la recharge des nappes souterraines et pour l'alimentation des écosystèmes aquatiques.

Synthèse de quelques effets de l'imperméabilisation



Impacts variés selon le type d'artificialisation et la perméabilité des sols

Surfaces artificialisées



© Cerema

Lien entre surfaces artificialisées et imperméabilisées

La nécessité d'utiliser des techniques alternatives au « tout tuyau »

● **Mesures de « gestion à la source » des eaux pluviales en favorisant l'infiltration et le stockage dans le but de fournir une hydrologie plus naturelle** (Chocat, Krebs, Marsalek, Rauch, & Schilling, 2001; Fletcher, Mitchell, Deletic, Ladson et Seven, 2007; Mikkelsen, Jacobsen et Fujita, 1996 ; in Vietz, 2016).

● **Les techniques de gestion des eaux « à la source »** consistent à intervenir au plus près du lieu où l'eau est tombée.

● **Combinaison de techniques :**

- De stockage temporaire (exemple : toitures végétalisées, etc.)
- D'infiltration (exemples : noues, jardin de pluie, etc.)

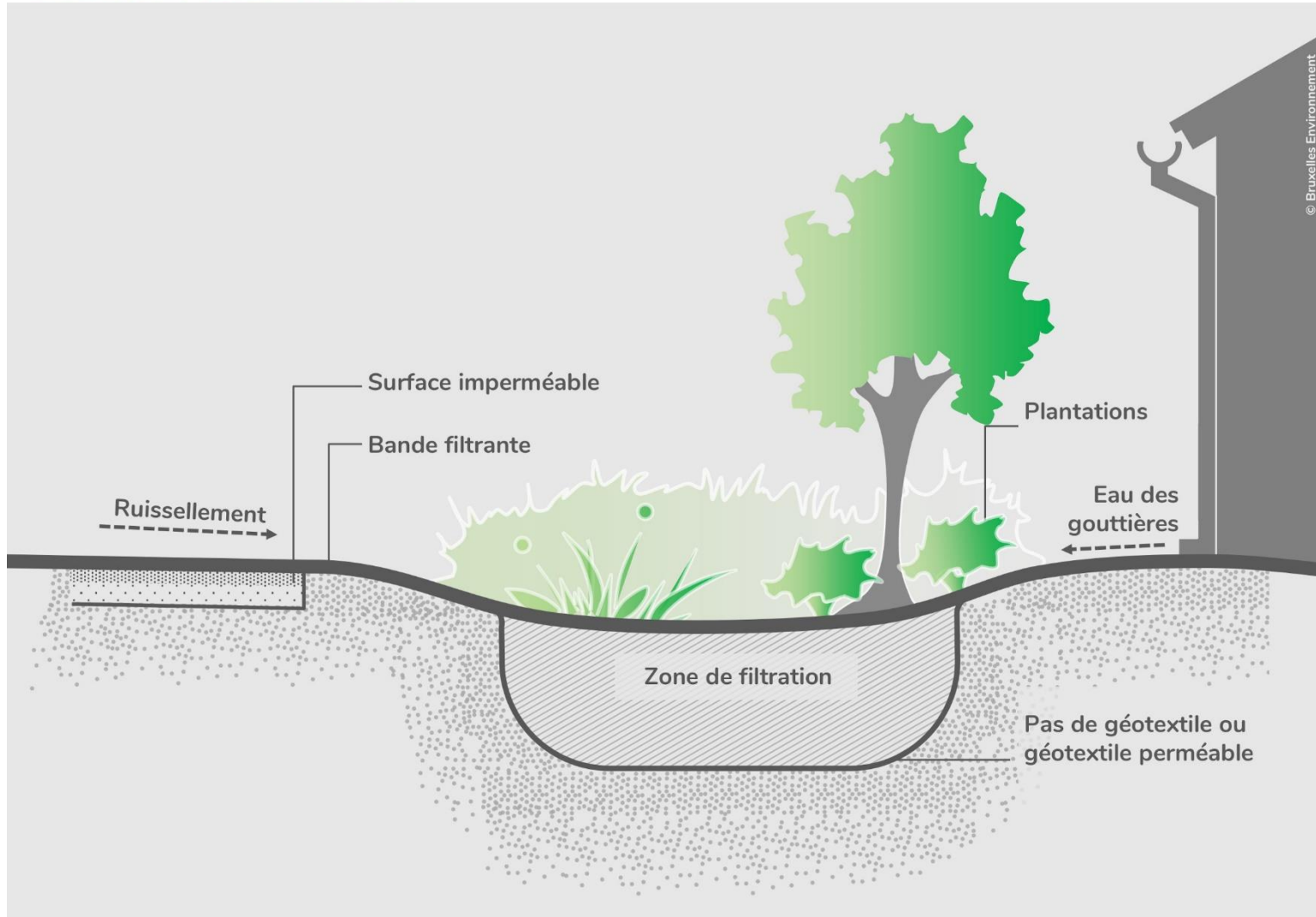
● **Objectifs :**

- Retenir plus ou moins temporairement les eaux pluviales sur le terrain considéré,
- Pour une restitution progressive dans les milieux naturels (rivière, zone humide, nappe, ...) **ou au réseau en dernier recours.**



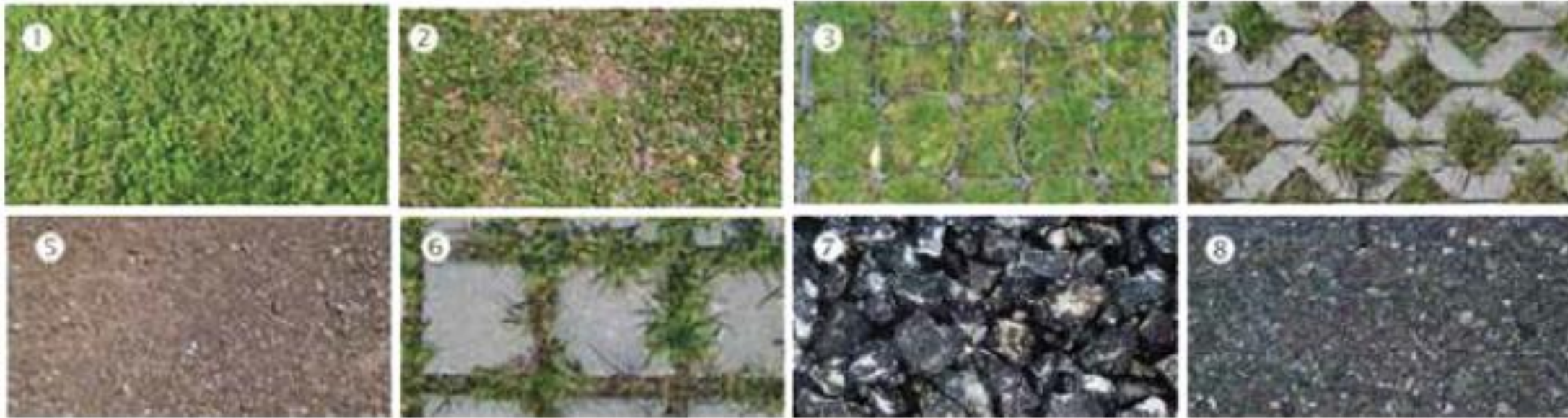
L'exemple des jardins de pluies

JARDIN DE PLUIE INFILTRANT



La nécessité d'utiliser des techniques alternatives au « tout tuyau »

- Privilégier le maintien d'espaces de pleine terre quand cela est possible
- Préférer les revêtements perméables aux revêtements imperméables

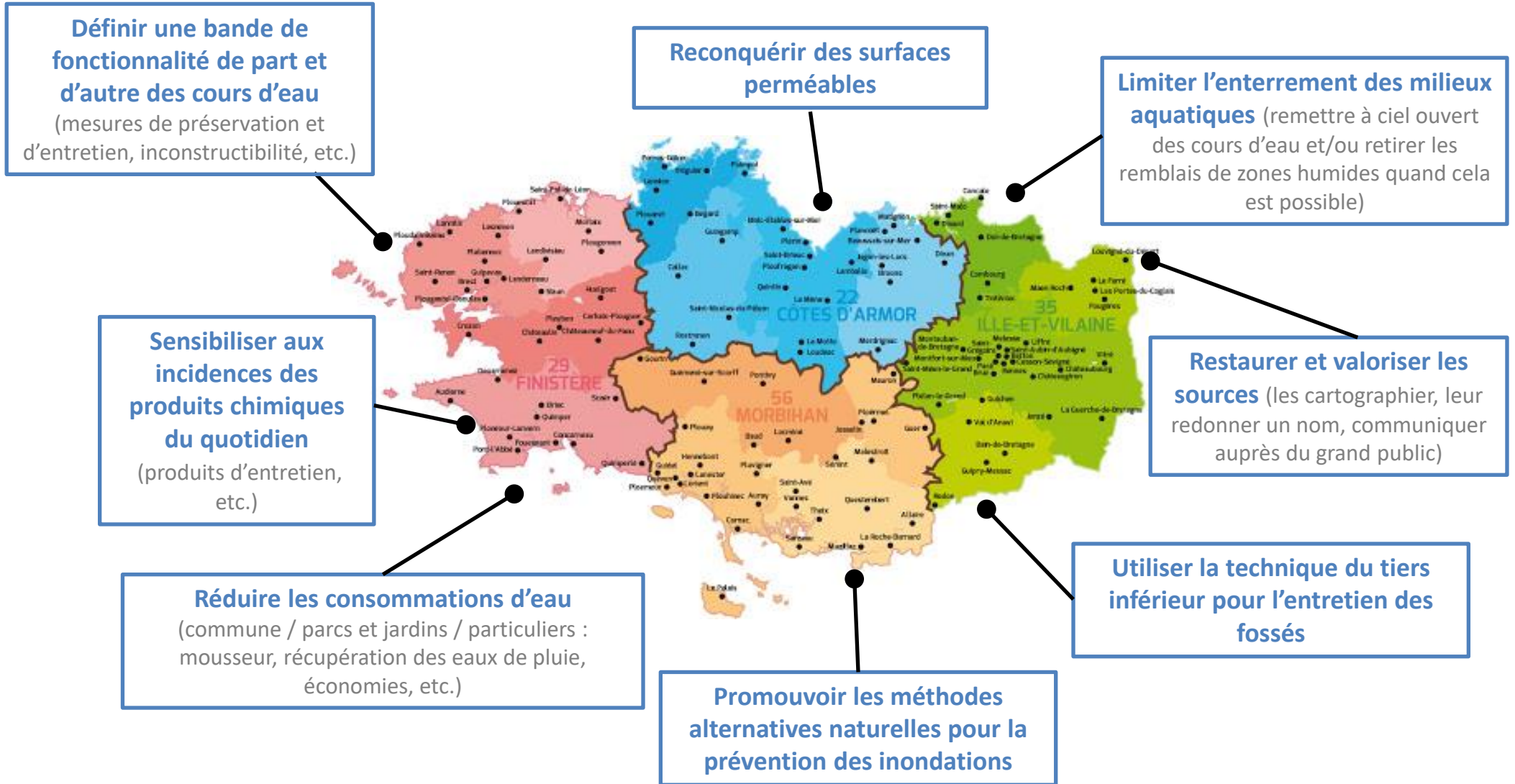


Exemples de matériaux perméables (hors n°8 : asphalté)

(1) gazon, (2) gravier-gazon, (3) dalles gazon en matière plastique ou (4) en béton, (5) revêtements en béton perméable, (6) surfaces empierrées, (7) asphalté poreux, (8) asphalté imperméable

- **La désimperméabilisation** consiste à remplacer des surfaces imperméables par des surfaces plus perméables, en permettant ainsi de rétablir au mieux les fonctions assurées par le sol avant aménagement (Poudevigne *et al.*, 2017).

Synthèse d'actions en contexte urbain sur la quantité et la qualité



En contexte forestier



Effets des plantations sur les nappes

● Rôle des espèces sur la recharge :

- Les conifères sont systématiquement identifiés comme les espèces qui réduisent le plus les taux de recharge (moins de 10 % des précipitations)
- leur couvert arboré tout au long de l'année étant un facteur limitant l'infiltration (Bellot *et al.*, 1999 ; Szilagyi *et al.*, 2011).

● Nisbet *et al.* (2011) ont recommandé d'éviter les forêts de conifères dans les zones à faible disponibilité en eau.

● Dean *et al.* (2015) ont montré qu'une augmentation de 10 % des plantations de conifères dans le bassin versant était associée à une diminution de 40 mm/an de l'infiltration (Selle *et al.*, 2023).

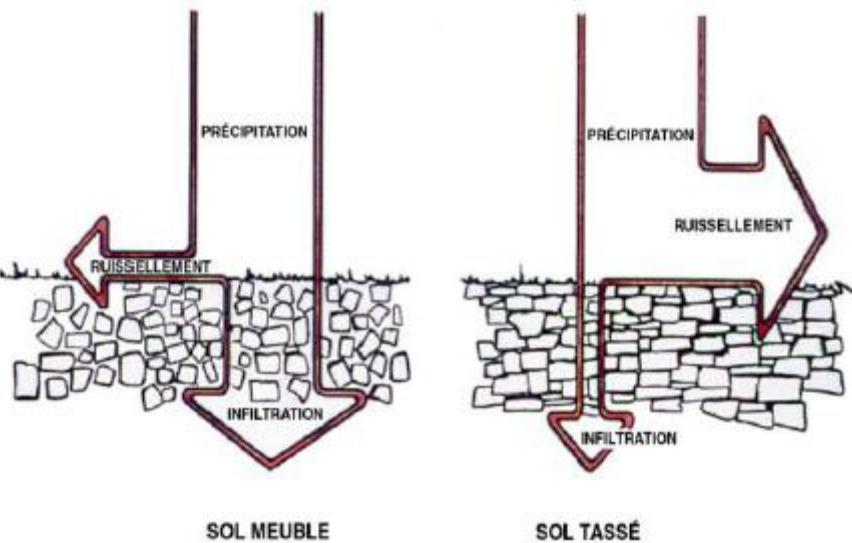


En contexte agricole



L'importance de la qualité des sols dans l'infiltration et la recharge des nappes

- Le sol conditionne le partage de la pluie entre ruissellement et infiltration.
- Le tassement augmente fortement le ruissellement.



Lemercier, 2023



La matière organique favorise l'absorption et la rétention de l'eau dans les sols, limite les risques d'inondation et permet la recharge des nappes (Mérot 2006).

L'importance de la couverture végétale

● Le couvert végétal, qui intercepte les gouttes de pluie, freine les écoulements superficiels et empêche la concentration de l'eau en un seul endroit. Il limite ainsi la formation des rigoles, augmente le taux d'infiltration et maintient la structure du sol en place grâce au système racinaire.

● La réduction de la vitesse des écoulements superficiels par la végétation dépend notamment de la rugosité du couvert végétal (Mac Donald *et al.*, 2018).

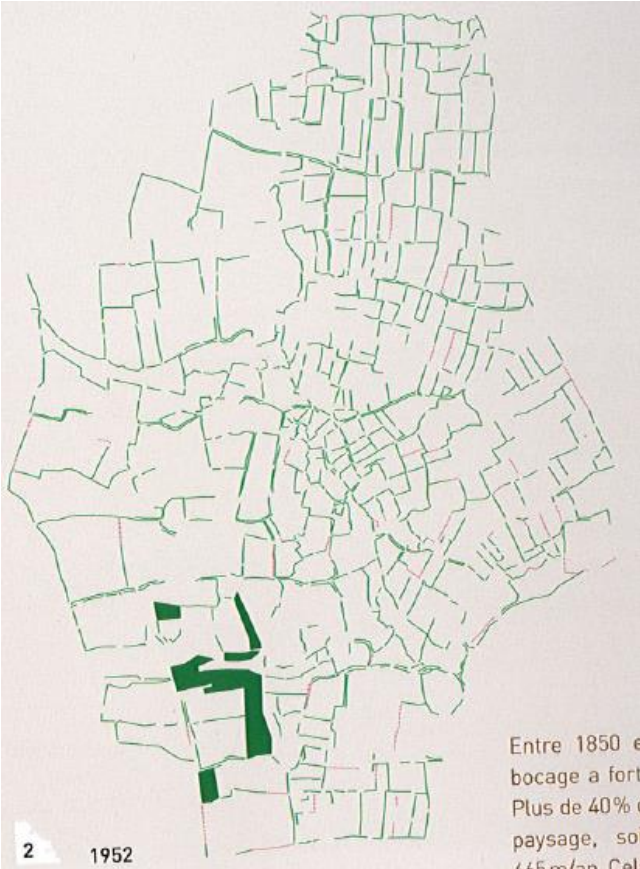
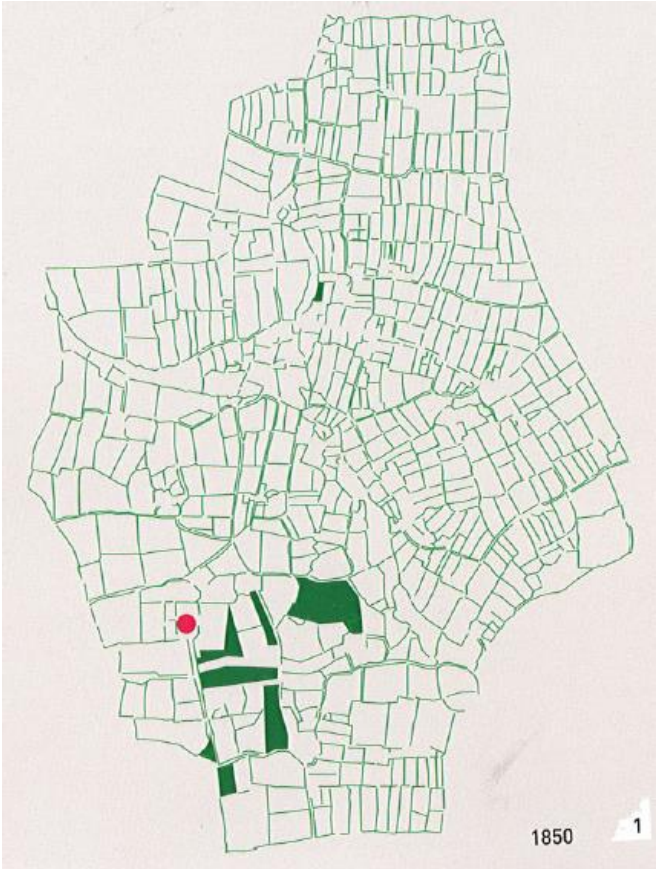


Le maintien des prairies

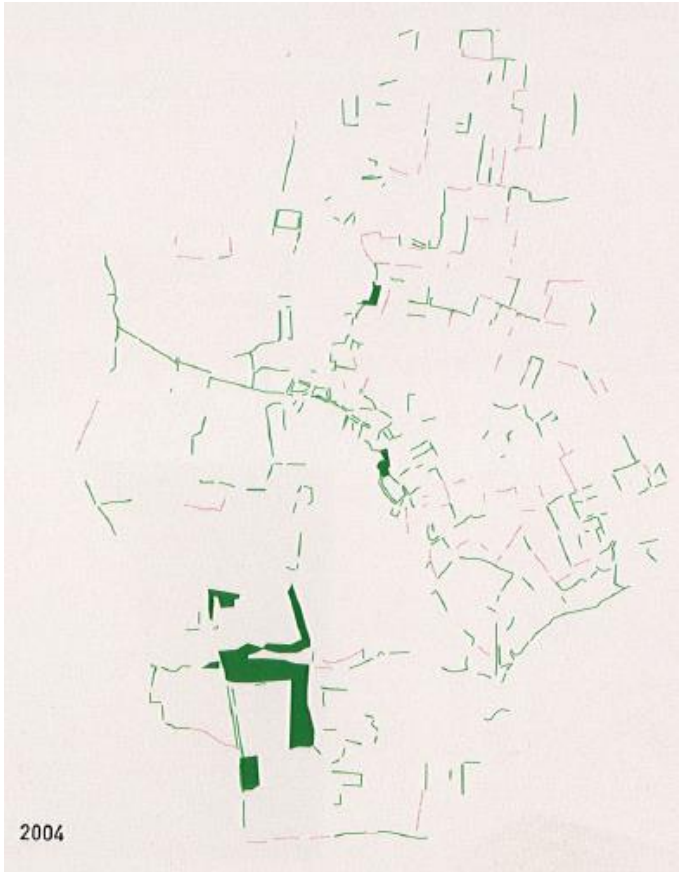
● La mise en place de prairie augmente la capacité de recharge par rapport aux terres cultivées ou à la forêt (Le Maitre *et al.*, 1999 ; Acharya *et al.*, 2017 ; in Selles *et al.*, 2023).



Le remembrement : exemple sur la commune de Parthenay de Bretagne (35)



Entre 1850 et 1952, le bocage a fort
Plus de 40% de
paysage, soit
465 m/an. Cel



Évolution et répartition spatiale des haies		1850	1952	2004
Haies continues	Inter-champs	70,3	60,0	61,7
	Chemins/routes	29,7	40,0	38,3
	Siège d'exploitation	8,8	14,6	39,9
	Champs	91,2	85,4	60,1
	En m	114594	62984	20786
Haies d'arbres épars	Inter-champs	n-c	74,0	84,9
	Chemins/routes	n-c	26,0	15,1
	Siège d'exploitation	n-c	13,9	10,9
	Champs	n-c	86,1	89,1
	En m	n-c	4087	6378
Total	En m	114594	67071	27164



Bardel *et al.*, 2008

La restauration du bocage

- La présence de haie induit une rugosité qui ralentit les écoulements à la surface du sol et peut favoriser l'infiltration de l'eau, d'autant plus que les sols sont souvent plus riches en matières organiques et plus poreux sous la haie (Carnet, 1978 ; in Viau & Thomas, 2019).
- L'efficacité des haies vis-à-vis de l'interception des écoulements de surface dépend de leur orientation par rapport aux chemins de l'eau et à la pente, de la continuité et de la rugosité de sa structure au sol (ex : présence d'un talus) et de l'intensité des précipitations qui génèrent le ruissellement de surface (Viau & Thomas, 2019).



La restauration du bocage

● Le cloisonnement total d'une parcelle par des haies permet la formation d'une zone de stockage pouvant constituer un point d'infiltration (Mérot, 1999).



- ✓ En l'absence de points d'infiltration, le ruissellement reprend une dynamique topographique et peut se connecter au cours d'eau.
- ✓ **Nécessité de limiter au maximum la fragmentation du bocage.**

Sur les cours d'eau et zones humides



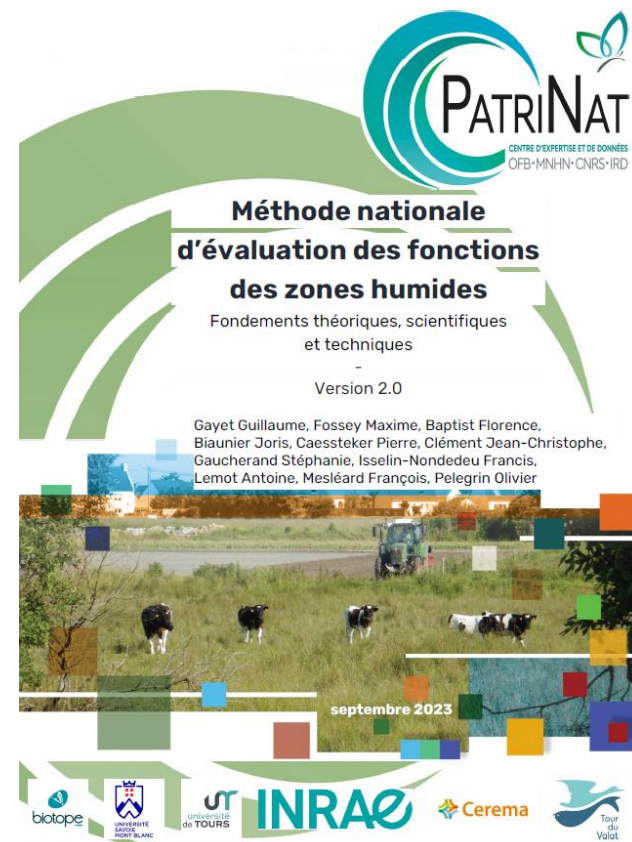
La restauration des zones humides

● Il a longtemps été considéré que les zones humides présentaient des capacités d'échanges quasi inexistantes avec les eaux souterraines (substratums peu perméables, colmatage en profondeur par des éléments fins ou de la matière organique peu perméable).

● Effectivement, beaucoup de zones humides sont sur un sol ou un substrat rocheux imperméable, ayant de fait peu d'interactions avec les eaux souterraines (Bullock et Acreman 2003) ; les sources principales d'eau sont [alors] les écoulements de surface et les précipitations, alors que les pertes se font majoritairement par évapotranspiration et par écoulement en surface.

● La recharge des eaux souterraines a lieu quand la zone humide est traversée par les écoulements de la surface vers les horizons plus profonds, en direction du substrat minéral. Une zone humide peut alors participer à la recharge des aquifères (Siegel 1987). Les flux souterrains peuvent être respectivement à l'origine d'entrées (par « décharge » des eaux souterraines) ou de sorties d'eau (on parle alors de « recharge » des eaux souterraines) dans les zones humides (Bullock et Acreman 2003).

● Néanmoins, des études ont montré que des infiltrations lentes existent et que les zones humides peuvent constituer des zones de recharges permanentes pour les nappes phréatiques (Barnaud et Fustec 2007) (in Gayet *et al.*, 2023).



La restauration d'une tête de bassin versant (56)



Restauration de la tête de bassin versant de la Noë Molic (56)

Réseau des sites locaux de la Direction Bretagne de l'OFB

Fiche mise à jour le 03 septembre 2024



Légende

- | | | | |
|--|--|----------------------|-------------------|
| Contour du site | travaux forestiers | travaux hydrauliques | Bouchons créés |
| Cours d'eau | coupe d'arbres et enlèvement des rémanents | fossé bouché | bouchon manuel |
| Fossés drainants | coupe d'arbres sans enlèvement des rémanents | lit mineur restauré | bouchon mécanique |
| Suppression d'un obstacle à la continuité écologique | | linéaire remésandré | |

Orthophotos 2019



Rédacteurs :

- Office Français de la Biodiversité (OFB) : Mikael LE BIHAN & Gérard JEANNEAU
- Syndicat Mixte Blavet Scorff Ellé-Isole-Laïta (SMBSEIL) : Ronan CAIGNEC

Contributeurs :

- Blavet terres & eaux : Yves MERLE
- Office National des Forêts (ONF) : Tristan LE BOURHIS, Mickael OUISSE
- OFB : Alexandra HUBERT

La restauration d'une tête de bassin versant (56)

● Les résultats mettent en évidence une hausse moyenne du niveau de la nappe et une augmentation de la durée d'engorgement des horizons superficiels à la suite de l'opération de restauration

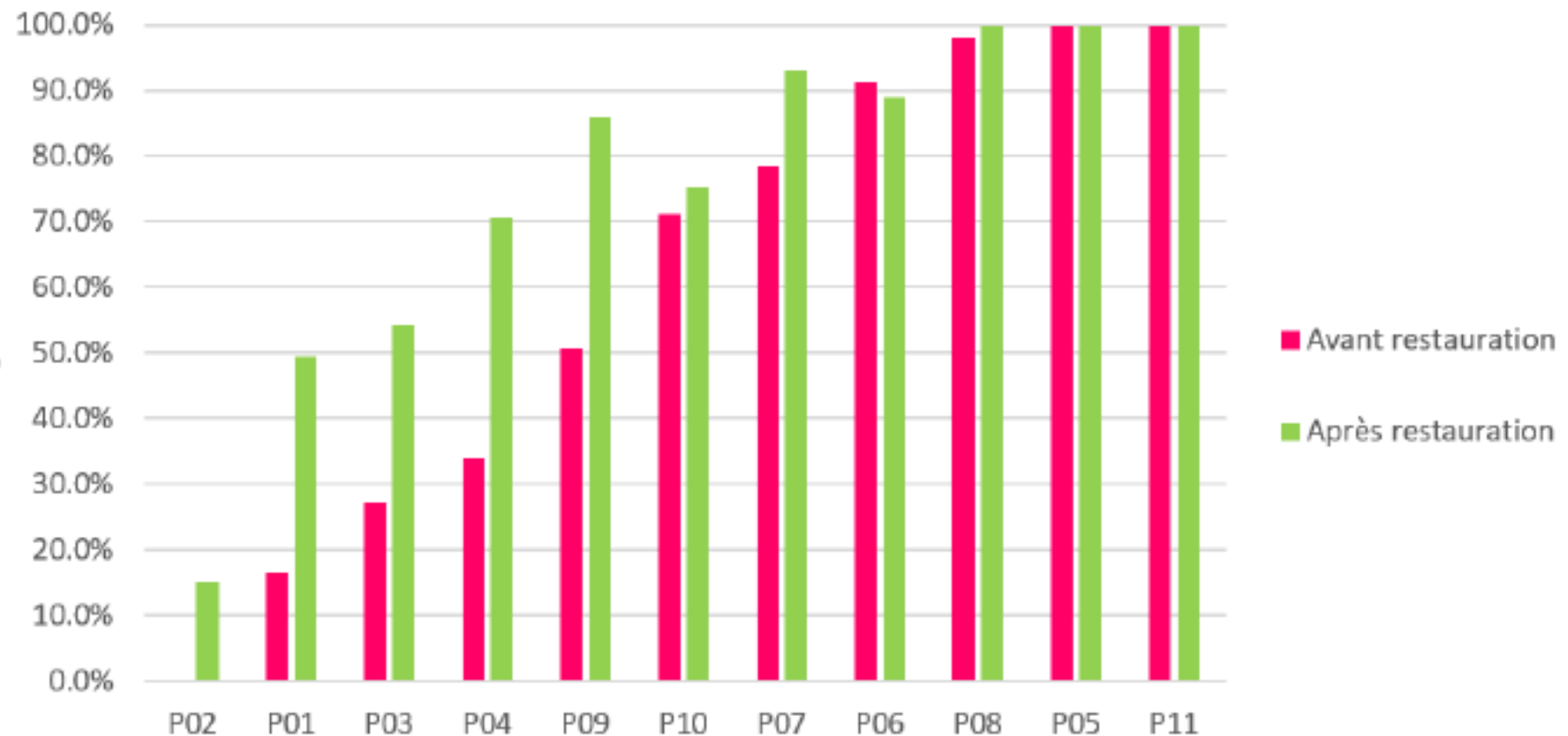


Figure 11 : Pourcentage du temps où la nappe est à moins de 50 cm du terrain naturel.

La restauration des zones humides

● Au sein d'une zone humide, une série de facteurs physiques peut influencer la recharge des nappes, notamment (Gayet *et al.*, 2023) :

- La granulométrie des particules et leur conductivité hydraulique ;
- La teneur en matière organique du sol des zones humides non « tourbeuses » ;
- **Les systèmes de drainage.** Par exemple, les aménagements comme des fossés ou des drains souterrains sont destinés à évacuer les eaux vers l'aval et à assécher le sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique (Skaggs *et al.*, 1994 ; Needelman *et al.*, 2007). Ils facilitent l'écoulement des eaux drainées vers l'aval et **limitent donc la recharge des nappes.**



Restaurer les cours d'eau dès les zones de sources (les « rangs 0 »)

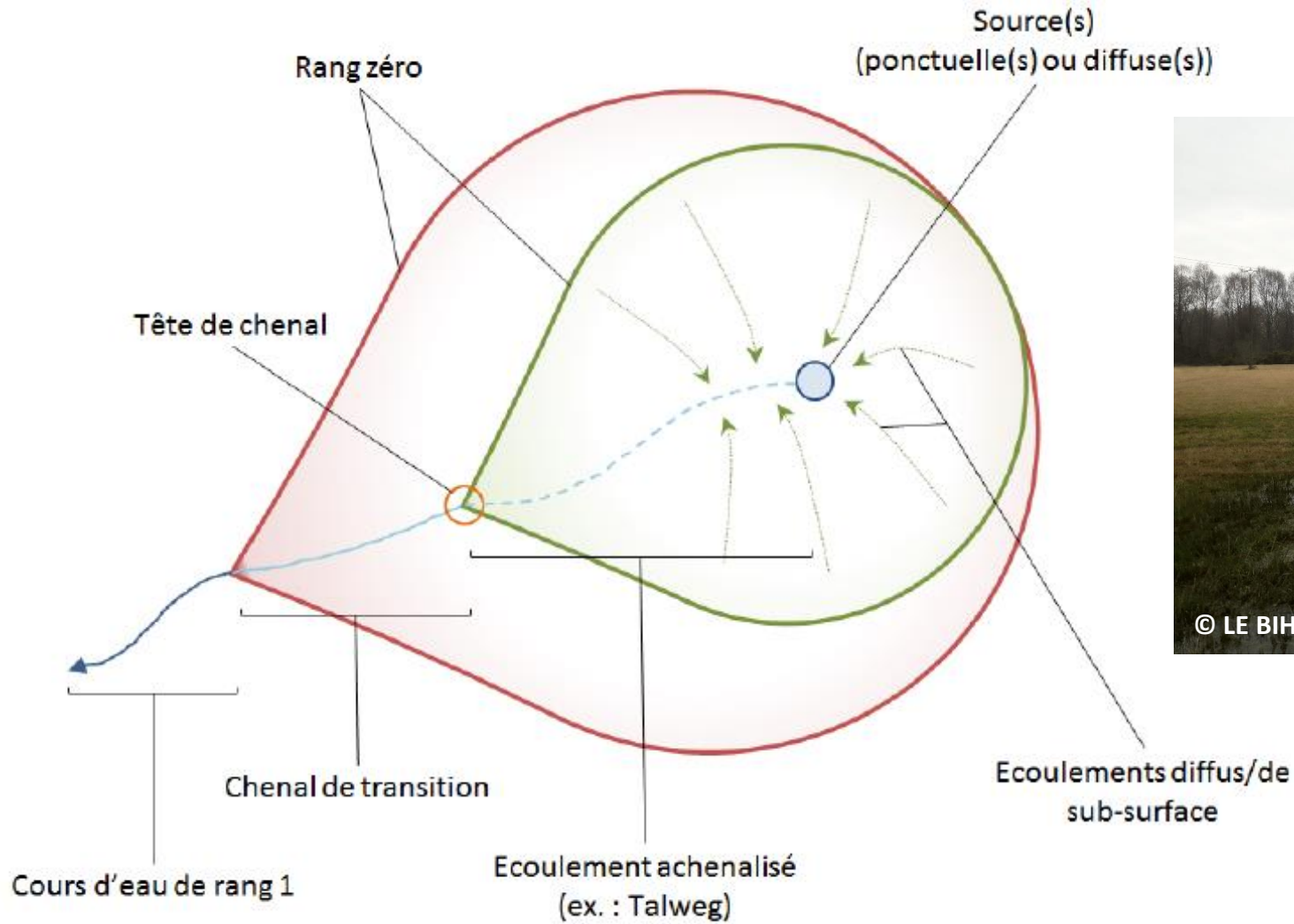


Schéma d'un rang zéro. En vert, la délimitation la plus courante des bassins de rang 0 / En rouge, la délimitation des rangs zéros selon Sheridan & Spies (2005) ou Storey *et al.* (2009) (Galineau, 2020)

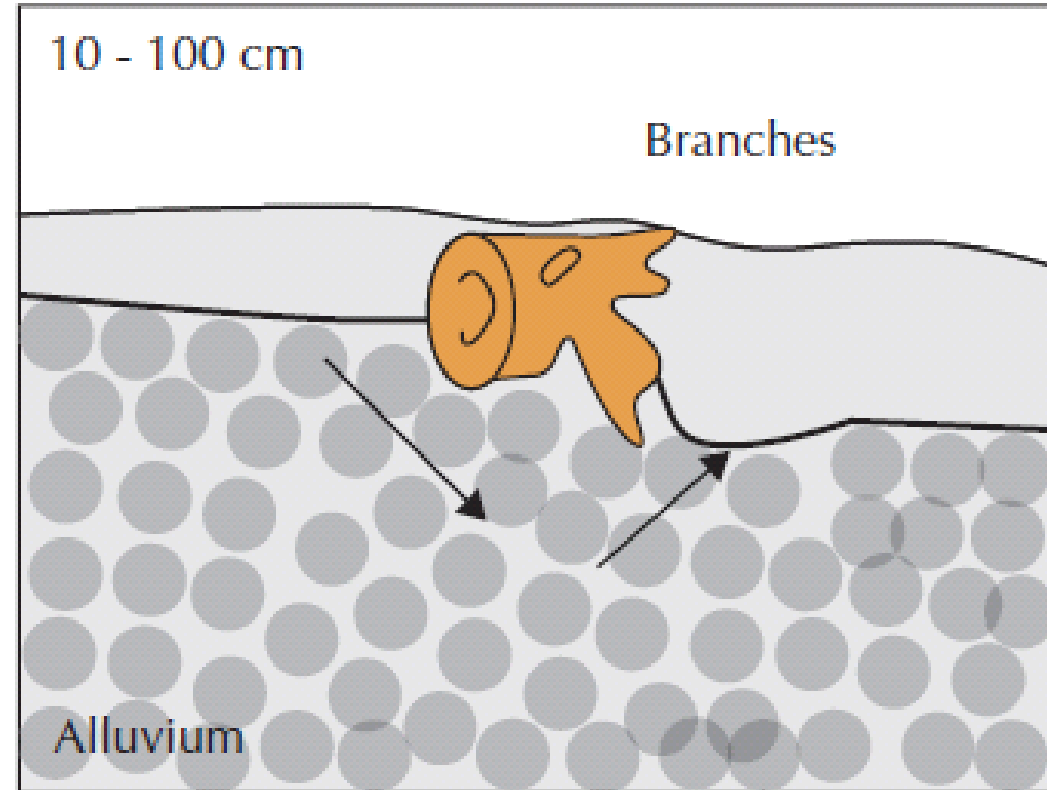
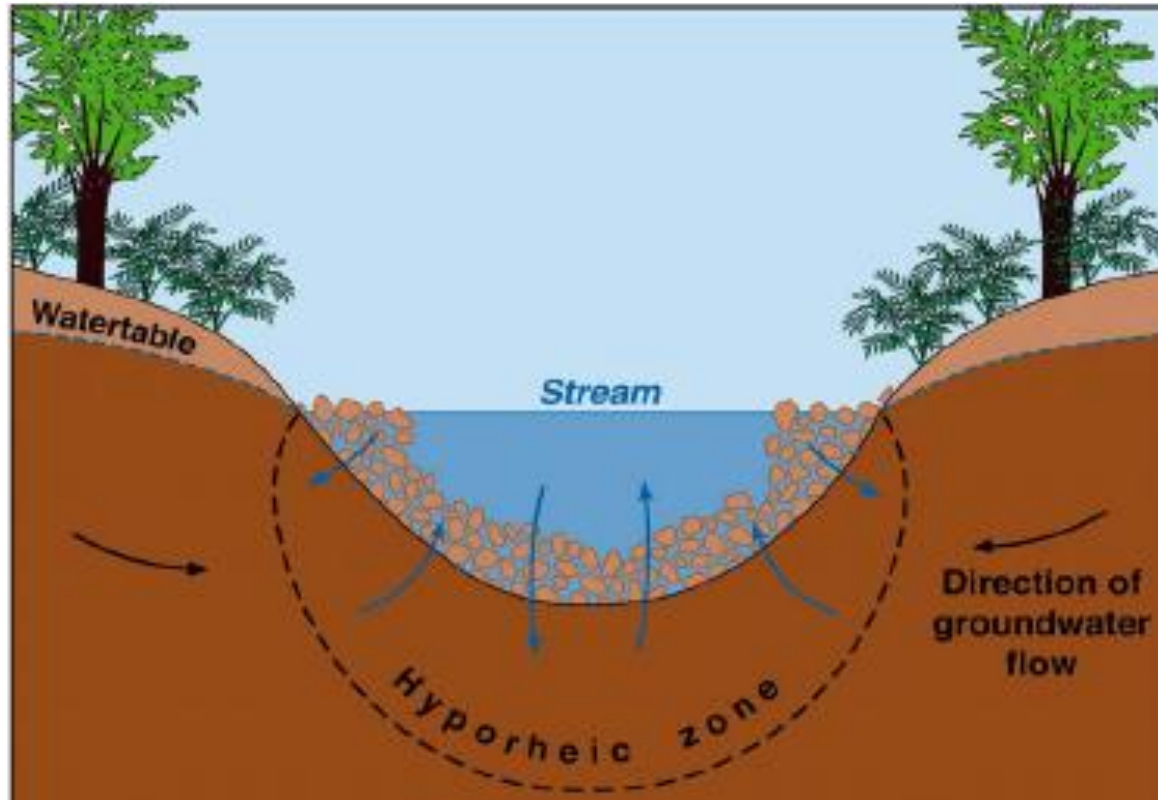
La restauration des cours d'eau : la reconstitution de lits peu profonds

● Une forte incision du lit de la rivière peut affecter la capacité de recharge de la nappe phréatique par cette zone humide (effet drainant de la rivière accru) (Fustec et Lefeuvre 2000 ; in Gayet *et al.*, 2023).



La restauration des cours d'eau : l'apport de bois en rivière

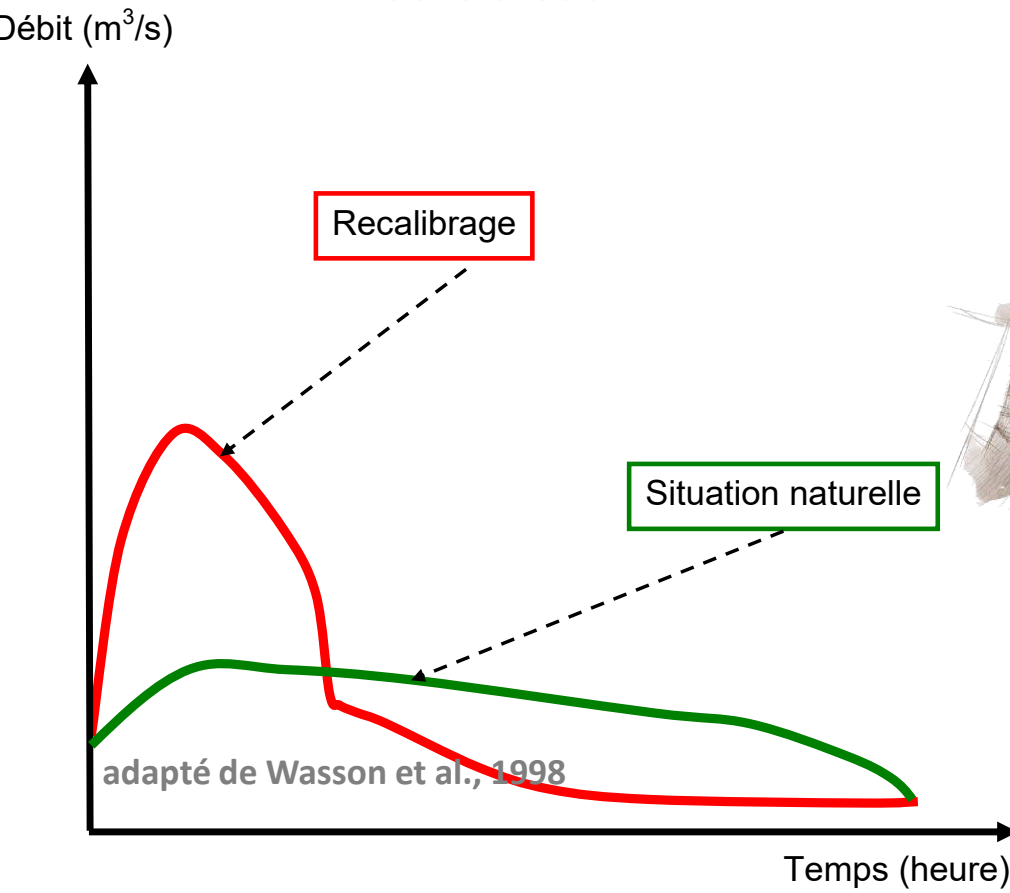
● Alors que plusieurs auteurs ont clairement démontré leur étonnante efficacité dans ce domaine, cela n'est toutefois jamais une mesure appliquée de manière intentionnelle (Kasahara & Hill, 2007*)



Datry *et al.*, 2008

En bon état, le partenariat cours d'eau - zone humide régule les débits (crue, étiage)

Cours d'eau



Zones humides

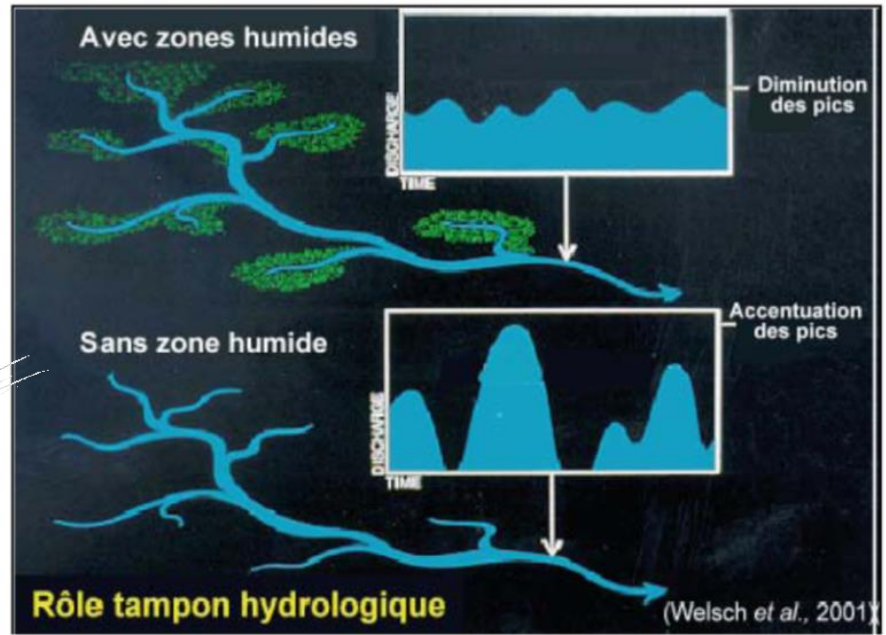


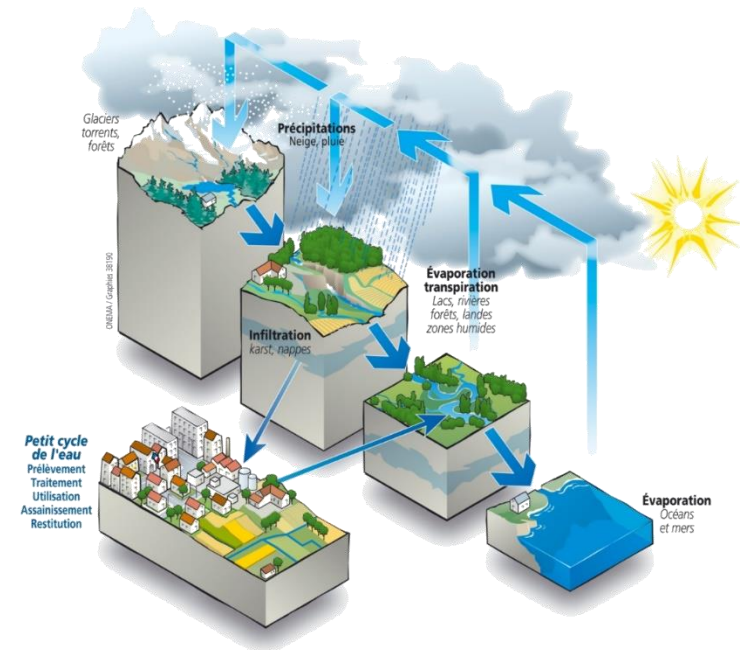
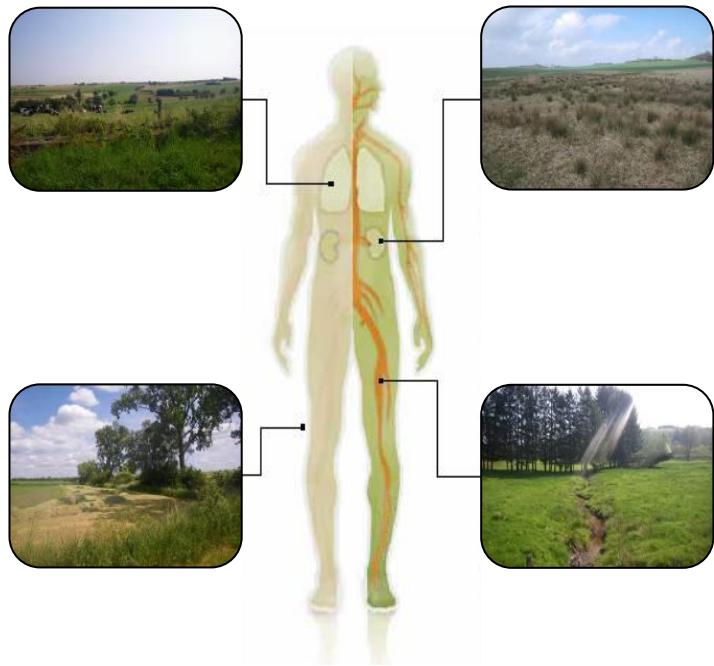
Fig. 2. Fonction hydrologiques des zones humides associées aux têtes de bassin versant. (Barnaud G., 2013)

Conclusion



Points clés à retenir

1. **Adopter des mesures répondant aux différents objectifs** (qualité d'eau, quantité d'eau, inondation, biodiversité, stockage du carbone, réduction du réchauffement des eaux, etc.) **et adaptées au territoire breton**
2. **Préserver et restaurer les milieux naturels dès les versants** (en limitant les ruissellement, en favorisant l'infiltration et la recharge des nappes)
3. **Considérer les restaurations des milieux comme des actions complémentaires** aux économies d'eau



An aerial photograph of a shallow stream with a rocky and sandy bed. The water is clear, reflecting the sky and the surrounding environment. In the lower half of the image, the dark, elongated reflections of four people standing on the opposite bank are visible in the water. The text 'MERCI DE VOTRE ATTENTION' is superimposed in white, bold, sans-serif capital letters across the center of the image.

MERCI DE VOTRE ATTENTION

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABHERVE R., 2022.** Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais. Thèse de doctorat de l'université de Rennes 1. 238 pages.
- ACHARYA B.S., HALIHAN T., ZOU C.B., WILL R.E. (2017).** « Vegetation controls on the spatio-temporal heterogeneity of deep moisture in the unsaturated zone: A hydrogeophysical evaluation ». *Scientific Reports* ; 7(1) : 1499.
- ALEXANDER R.B., BOYER E.W., SMITH R.A., SCHWARZ G.E., MOORE R.B. (2007).** « The role of headwater streams in downstream water quality », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 43, no 1, p. 41-59.
- ANQUETIL H., 2025.** Grand cycle de l'eau : contrainte ou allié ? GT technique Eau du projet Startijin Valait – 25 avril 2025 à Lesneven. Support de présentation. 89 diapos.
- BARDEL P., MAILLARD J.L., & PICHARD G., 2008.** L'arbre et la haie. Presse Universitaire de Rennes. 191 pages.
- BARNAUD G., 2013,** Spécificités des têtes de bassin, cours d'eau et zones humides associées, Rencontres Eau, Espaces, Espèces - Préservation des zones humides, de la continuité écologique et de la biodiversité - Atelier « Têtes de bassin », Tours.
- BELLOT J., SANCHEZ J.R., CHIRINO E., HERNANDEZ N., ABDELLI F., MARTINEZ J.M., 1999.** « Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid areas of South Eastern Spain ». *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* ; 24(4) : 353–7.
- BERCEAU, 2022.** Apports des techniques de suivi spécifiques de la piézométrie sur les échanges nappe-rivière. 113 pages.
- BARNAUD G. & FUSTEC E. 2007.** Conserver les milieux humides : pourquoi ? comment ? Educagri editions.
- Bullock, A. et Acreman, M. 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 7 : 358–389.
- BRONSTED A., CREUTZFELDT B., GRAEFF T., HAINSEK I., HEISTERMANN M., ITZEROTT S., JAGDHUBER T., KNEIS D., LUCK E., REUSSER D. & ZEHE E., 2012,** Potentials and constraints of different types of soil moisture observations for flood simulations in headwater catchments, *Natural Hazards*, 60, 879-914.
- CARNET C., 1978.** Etude des sols et de leur régime hydrique en région granitique de Bretagne : une approche du rôle du bocage. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, 235 pages.
- CATALOGNE C. & LE HENAFF G., 2016.** Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole. Collection Guide et protocole. Rapport IRSTEA/ONEMA élaboré dans le cadre du Groupe Technique Zones Tampons. 44 pages.
- CHOCAT B., KREBS P., MARSALEK J., RAUCH W., & SCHILLING W. (2001).** Urban drainageredefined: From stormwater removal to integrated management. *WaterScience and Technology*, 43(5), 61–68.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DATRY T., DOLE-OLIVIER M.J., MARMONIER P., CLARET C., PERRIN J.F., LAFONT M. & BREIL P., 2008**, La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau, *Ingénieries - E A T*, **54**, 16 pages.
- DEAN J.F., WEBB J.A., JACOBSEN G.E., CHISAR R., DRESEL P.E., 2015**. « A groundwater recharge perspective on locating tree plantations within low-rainfall catchments to limit water resource losses ». *Hydrology and Earth System Sciences* ; 19(2) : 1107–23.
- EAUFRANCE, 2015**. <https://www.eaufrance.fr/>
- EPNAC, 2018**. Définitions autour des ZRV. 4 pages.
- FLETCHER, T. D., MITCHELL, V. G., DELETIC, A., LADSON, T. R., & SEVEN, A. (2007)**. Is stormwater harvesting beneficial to urban waterway environmental flows? *Water Science & Technology*, 55(4), 265–272.
- FOSTER, S., KOUNDOURI, P., TUINHOF, A., KEMPER, K., NANNI, M., & GARDUÑO, H. (2006)**. Sustainable Groundwater Groundwater Management : Management Groundwater Dependent Ecosystems. Main, Figure 1, 1–4.
- Fustec, E. et Lefeuvre, J.-C. 2000. Les fonctions des zones humides : des acquis et des lacunes. In: Dunod (ed), *Fonctions et valeurs des zones humides*. pp. 17–38.
- GALINEAU M., 2020**. Etude exploratoire des rangs zéro sur le territoire Bretagne-Pays de la Loire. Rapport de Master 2. Direction Régionale Bretagne de l'Office Français de la Biodiversité / Université de Rennes 1. 44 pages. Disponible sur : https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/61540?fic=doc00085058.pdf
- GAYET, G., FOSSEY, M., BAPTIST, F., BIAUNIER, J., CAESSTEKER, P., CLEMENT, J.-C., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., LEMOT, A., MESLEARD, F., PELEGRIN, O. 2023**. Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Fondements théoriques, scientifiques et techniques. Version 2.0.
- HÉRIVAUX C., SELLES A., LE COËNT P., 2023**. SFN-ESO : Des solutions fondées sur la nature pour une gestion durable des eaux souterraines ? Note de cadrage. Rapport final. BRGM/ RP-72417-FR, 118 p.
- KASAHARA, T., HILL, A.-R., 2007**, Instream restoration: its effects on lateral stream–subsurface water exchange in urban and agricultural streams in southern ontario, *River research and applications*, **23**, 801-814.
- LE BIHAN M. & CAIGNEC R., 2024**. Restauration de la tête de bassin versant de la Noë Molic (56). Fiche mise à jour le 3 septembre 2024. Fiche du Réseau des sites locaux de la Direction Bretagne de l'OFB. 22 pages. Disponible sur : https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/61649?fic=doc00085206.pdf
- LE MAITRE D.C., SCOTT D.F., COLVIN C. (1999)**. « A review of information on interactions between vegetation and groundwater ». *Water SA* ; 25(2) : 137-52.
- LEMERCIER, 2023**. Formation sur la pédologie des sols.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MC DONALD D., DE BILLY V. & GEORGES N., 2018.** Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux. Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 pages. Disponible sur : <https://www.afbiodiversite.fr/actualites/guide-technique-protection-des-milieux-aquatiques-en-phase-chantier> .
- MEROT, P. 2006.** Qualité de l'eau en milieu rural : Savoirs et pratiques dans les bassins versants. INRA, 344 p.
- MÉROT P., 1999.** The influence of hedgerow systems on the hydrology of agricultural catchments in a temperate climate. *Agronomie*, **19**, 655-669.
- MIKKELSEN, P. S., JACOBSEN, P., & FUJITA, S. (1996).** Infiltration practice for control of urban stormwater. *Journal of Hydraulic Research*, 34(6), 827–840.
- MOUGIN, B., ALLIER, D., BLANCHIN, R., CARN, A., COURTOIS, N., GATEAU, C., & PUTOT, E. (2008).** SILURES Bretagne (Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines). <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-56457-FR.pdf>
- NEEDELMAN, B. A. ET AL. 2007.** Drainage Ditches Improved management of agricultural drainage ditches for water quality protection : An overview. *J. Soil Water Conserv.* 62 : 171–178.
- NISBET T., SILGRAM M., SHAH N., MORROW K., BROADMEADOW S., 2011.** « Woodland for water: woodland measures for meeting water framework directive objectives ». *Forest Research Monograph* ; 4 : 156 p.
- POUDEVIGNE M., BILLON V., CHARRIER G. & POJER K., 2017.** Vers la ville perméable, comment désimperméabiliser les sols ? Guide technique du bocage. Agence de l'Eau Rhone Méditerranée Corse. 51 pages. Disponible sur : <http://www.observatoire-eau-paca.org/environnement/les-outils-bocage/vers-la-ville-permeable-comment-desimpermeabiliser-les-sols-~1132.html> .
- SELLES A., HERIVAUX C., LE COENT P. & MARECHAL J.C., 2023.** Des solutions fondées sur la nature pour une gestion durable des eaux souterraines ? Une revue des effets hydrogéologiques. *Techniques Sciences Méthodes*, numéro 9, 71-89.
- SKAGGS, R. W. ET AL. 1994.** Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 24 : 1–32.
- STROSSER P., DELACÁMARA G., HANUS A., WILLIAMS H. & JARITT N. 2015.** Guide pratique pour la sélection, la conception et la mise en œuvre des NWRM en Europe - Identifier les multiples bénéfices des solutions basées sur les principes de la nature. Version finale, avril 2015.
- SZILAGYI J., ZLOTNIK V.A., GATES J.B., JÓZSA J., 2011.** « Mapping mean annual groundwater recharge in the Nebraska Sand Hills, USA ». *Hydrogeology Journal* ; 19(8) : 1503–13.
- TABACCHI E., CORRELL D.L., HAUER R., PINAY G., PLANTY-TABACCHI A.M., WISSMAR R.C. (1998).** « Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape », *Freshwater Biology*, vol. 40, no 3, p. 497-516.
- VIAUD V. & THOMAS Z., 2019.** Une réflexion sur l'état des connaissances des fonctions du bocage pour l'eau dans une perspective de mobilisation pour l'action. *Sciences, Eaux et Territoires*, **30**, 32-36.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- VIETZ G.F., RUTHERDURD I.D., FLETCHER T.D. & WALSCH C.J., 2016.** Thinking outside the channel: Challenges and opportunities for protection and restoration of stream morphology in urbanizing catchments. *Landscape and Urban Planning*. 145, 34-44.
- WINTER T.C., 1999.** Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeology Journal*, 7(1), 28–45.
<https://doi.org/10.1007/s100400050178>