

L'hydrologie et l'hydrogéologie, c'est quoi ?

L'hydrologie est la science qui étudie le cycle de l'eau, les caractéristiques de l'eau en surface et sous terre : la distribution spatiale de l'eau entre atmosphère, surface terrestre et sous-sol ; les différents processus de circulation de l'eau, dans l'espace et dans le temps ; les différentes propriétés et processus physiques et chimiques ; l'interaction avec le monde vivant...

L'hydrogéologie est l'hydrologie souterraine, l'étude de l'eau du sous-sol, à la croisée de l'hydrologie et de la géologie. Elle cherche à comprendre la distribution et la circulation des eaux souterraines.

Et ce chapitre « hydrologie et hydrogéologie » de l'étude HMUC, quels sont ses objectifs ?

La connaissance fine des ressources en eau du territoire est la clef de voute d'une gestion durable de la ressource en eau. Dans ce chapitre, l'objectif est de dresser la liste des **constats**. Les clefs de compréhension de ces constats seront apportées par les autres volets de l'étude : ils donneront les causes (volet U et C) et les conséquences (volets M et U).

Une connaissance fine implique l'étude de l'ensemble du système hydrologique et des interactions entre eaux de surface et eaux souterraines. Ainsi, seront étudiées dans ce volet :

- Les caractéristiques des bassins versants et des cours d'eau
- La répartition géographique de l'eau dans le sous-sol
- Les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines
- La répartition des débits et de la piézométrie (mesure de profondeur de la surface de la nappe d'eau souterraine) à différentes échelles de temps (année, mois, jour...)
- La stabilité ou l'évolution des débits et du niveau des nappes
- Les dates d'apparition et la durée de certains évènements
- La régularité et la prévisibilité de certains évènements
- La sévérité des évènements

Origine des données

Les données d'hydrologie et d'hydrogéologie sont issues :

- Des chroniques de débits acquises aux 3 stations hydrométriques présentes sur le territoire
- Des campagnes de jaugeage (détermination du volume écoulé par seconde dans un cours d'eau) portées par l'EPTB Rance Frémur en phase préliminaire à l'étude HMUC sur 6 bassins versants (le Frémur, la Rance, le Hac, le Guinefort, la Donac, le Sainte Suzanne)
- Des chroniques de piézométrie acquises aux piézomètres présents sur territoire
- Des différents rapports d'études hydrogéologiques réalisées sur le territoire

Ces différentes sources permettent de disposer d'une base d'analyse de la situation actuelle et passée de l'hydrologie et de l'hydrogéologie du territoire. Elles permettent également de mettre en évidence des manques d'informations sur beaucoup de bassins versants qui ont amené à recourir à des modélisations. Ceci met en évidence le besoin dans les années à venir d'améliorer la connaissance, les réseaux de mesure, afin de corriger ou consolider les modélisations.

Mise en garde pour l'interprétation des résultats

> **Echelle de l'étude :**

La forte variabilité des contextes géologiques, climatiques et d'usage par opposition à la faible densité du réseau de mesure des débits engendre une grande marge d'incertitude sur la mise en évidence de comportements hydrologiques locaux particuliers.

> **Données issues des stations hydrométriques et des piézomètres :**

Les débits mesurés par les stations hydrométriques ou les piézomètres ont une marge d'incertitude, notamment liée au calage de la station. Les stations hydrométriques et les piézomètres du territoire sont considérés comme globalement fiables.

> **Données issues des modélisations :**

Les résultats issus des modélisations sont à considérer avec précaution. Les modèles mobilisés ne permettent pas d'identifier un bassin versant qui aurait un comportement hydrologique singulier et différent des bassins versants voisins.

L'eau qui s'écoule dans le cours d'eau vient des pluies mais toute la pluie qui tombe n'arrive pas au cours d'eau. Une grande partie de la pluie va être évaporée ou évapotranspirée par les plantes, elle retourne dans l'atmosphère sans atteindre les milieux aquatiques. La pluie qui contribue réellement à alimenter les milieux aquatiques correspond à la somme de l'eau ruisselée et de l'eau infiltrée. Elle est appelée pluie efficace.

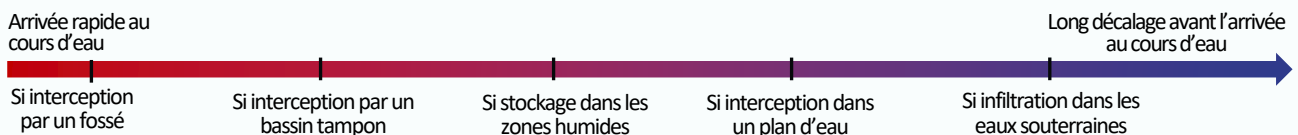
En Bretagne, on estime qu'en moyenne sur l'année seulement 39% de la pluie est efficace, c'est-à-dire participe à l'alimentation des milieux aquatiques de surface et souterrain.

La part de la pluie qui s'infiltré évolue de 10 à 40 % en fonction de la pente, de l'occupation du sol, de la nature des terrains...

La trajectoire suivie par l'eau avant qu'elle ne rejoigne le cours d'eau varie selon les conditions climatiques, géologiques, topographiques, pédologiques, de même que selon la végétation et l'utilisation du territoire. Elle varie également en fonction des saisons : maximale en hiver lorsque la végétation est absente ou dénuée de feuillage, elle est beaucoup plus faible en été par fortes chaleurs et avec une végétation développée.

Le temps que met la pluie efficace à arriver au cours d'eau varie également car la pluie passe par des milieux naturels (les zones humides, nappes d'eau souterraines...) ou est interceptée par des aménagements (fossés, plans d'eau, bassins tampons...).

Selon le type de milieu, l'interception décale plus ou moins longtemps l'arrivée de la pluie au cours d'eau et donc décale le rythme naturel du cours d'eau :

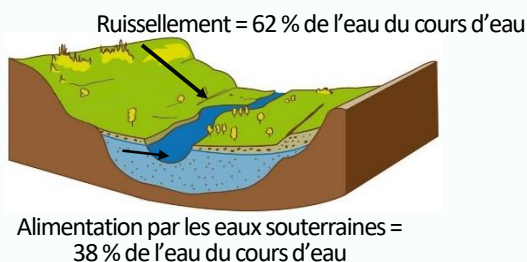


En Bretagne, les eaux souterraines contribuent entre 35 % à 85 % au débit annuel moyen des cours d'eau. Les paramètres qui influencent cette contribution sont la quantité annuelle de pluie, la pente et la géologie du bassin versant.

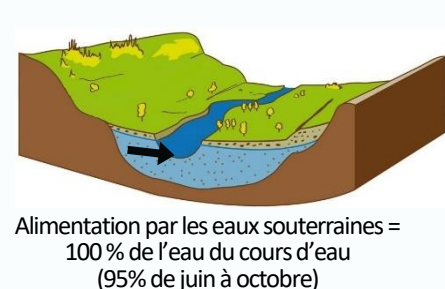
Sur le territoire, la contribution des eaux souterraines au débit des cours d'eau est faible par rapport à la moyenne régionale, notamment car la géologie du territoire est riche en schiste et en altérites.

Par exemple, à l'amont de la Rance (à Saint Jouan de l'Isle) :

En moyenne dans l'année :

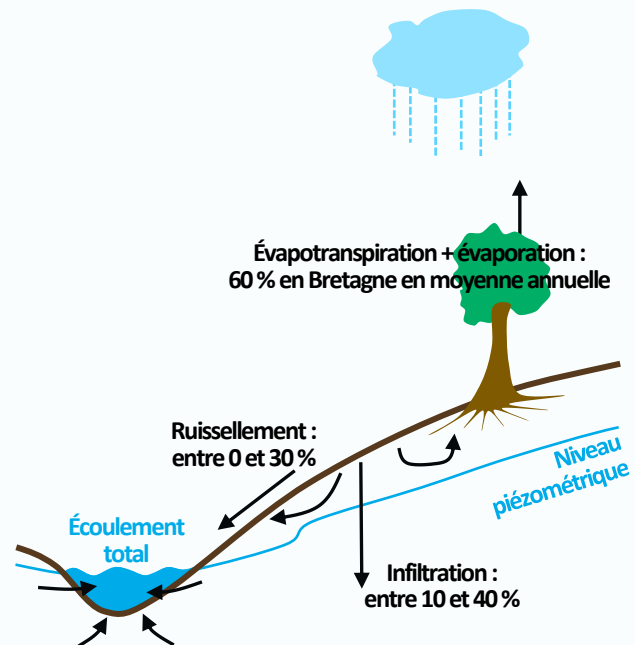


En juillet et août :



Bilan hydrologique moyen en Bretagne

<https://www.finistere.fr/content/download/52089/1113313/file/3-%20BRGM.pdf>



Les étiages et les crues sont des phénomènes exceptionnels, liés à des conditions particulières.

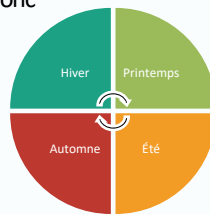
Les facteurs d'apparition et de sévérité des étiages sont difficiles à déterminer car les étiages ont des dynamiques lentes et sont le résultat de multiples phénomènes : l'augmentation des températures, la baisse des précipitations, la diminution des apports d'eau souterraine, les prélèvements... Les phénomènes d'étiages peuvent aussi être la conséquence des saisons antérieures.

Les crues sont aussi liées à une série d'évènements conjoints : un ou des épisodes pluvieux très intenses, des capacités d'infiltration dans le sol limitées (sols saturés en eau ou sols imperméables suite à sécheresse importante ou des sols imperméabilisés suite à un aménagement) et/ou, en hiver, une absorption par la végétation limitée par la faible activité photosynthétique.

Les étiages et les crues sont vitaux pour le bon déroulement des cycles de vie des animaux et végétaux aquatiques.

L'hiver est la période au plus haut débit de l'année. Le débordement lors des crues permet l'accès à des nouvelles zones de nourriture et de reproduction ainsi que la recharge en eau des nappes et des zones humides. Les obstacles dans le cours d'eau sont inondés donc franchissables. La durée des hautes eaux est importante car les poissons et autres espèces mobiles ont besoin de temps pour se déplacer à l'amont puis revenir à l'aval.

À l'automne, la combinaison des faibles débits, d'une baisse de température et d'une diminution du temps de jour est un signal qui entraîne des changements physiques et comportementaux qui permet aux poissons et autres espèces mobiles de se préparer à la migration. Le cours d'eau commence à déborder, ouvrant de nouvelles zones de nourriture et de reproduction.



Au printemps, le débit ralentit. Cela donne un signal aux poissons et autres espèces mobiles qui partent se réfugier vers l'aval.

En été, l'assèchement du cours d'eau isole et rend inaccessible l'amont des cours d'eau aux grands prédateurs permettant aux autres espèces de se reproduire en sécurité. Cet assèchement peut aussi entraîner la mort des animaux peu mobiles, par exemple certains jeunes poissons ou certains amphibiens, et de certains végétaux. Les espèces indigènes sont adaptées aux sécheresses temporaires (elles savent creuser ou se mettre en dormance) ce qui leur donne un avantage sur les espèces exotiques.

De plus, toute l'année, une modification de la température « normale » du cours d'eau entraîne un stress pour les animaux et les plantes, modifie l'équilibre entre les espèces (risque d'eutrophisation, de cyanobactéries...) et augmente la virulence de certains pathogènes or la température est liée au débit du cours d'eau.

Les étiages et les crues ne deviennent problématiques que lorsque s'y confrontent des enjeux socio-économiques. Alors, soit des usages sont vulnérables du fait des étiages ou des crues, soit les milieux aquatiques sont rendus vulnérables pour maintenir les usages, soit les deux. On parle alors de risque : la combinaison d'un aléa naturel et de la vulnérabilité des activités humaines face à cet aléa.

En France, les rivières constituent en effet la première source d'approvisionnement en eau pour les différents usages de l'eau (alimentation en eau potable, irrigation, énergie, industrie, etc.), mais sont également utilisées pour la navigation ou pour des activités récréatives.

En dehors de toute construction, la rivière peut déborder où bon lui semble dans ce qu'on appelle le lit majeur. Mais quand ces zones naturelles sont rendues imperméables par des routes, des villes, l'eau ne peut plus se répandre et pénétrer dans les sols, s'accumule en surface, prend de la vitesse et provoque des catastrophes sur son passage. Alors apparaît le risque d'inondation.

Ainsi, il faut différencier :

Les étiages et les crues :

Phénomènes exceptionnels vitaux pour le bon déroulement des cycles de vie des espèces aquatiques et sans risque pour les milieux aquatiques et les activités humaines

Les pénuries d'eau et les inondations :

Exposition des milieux aquatiques ou des activités humaines à un risque, une mise en péril des espèces ou des activités

Les plans d'eau ont 2 grands impacts sur l'hydrologie du bassin versant :

1 : ils **bouleversent le régime hydrologique** car ils modifient l'apport d'eau aux milieux aquatiques : ils interceptent les eaux de ruissellement, notamment les pluies estivales qui ne vont plus au cours d'eau et ils interceptent les sources. De plus, les vidanges et lâchers d'eau entraînent une hausse brutale du débit.

2 : lorsque les plans d'eau sont situés dans le lit du cours d'eau (= plans d'eau sur cours), ils diminuent le volume d'eau dans le cours d'eau car ils entraînent des **pertes d'eau par évaporation**. Ces volumes d'eau évaporés sont considérables : ils sont estimés en moyenne à 0,5L/s/ha de plan d'eau soit 1,5 m³/an/m² de plan d'eau. **Le territoire recense 14,55 km² de plan d'eau soit un volume total évaporé d'environ 23 millions de m³/an.**

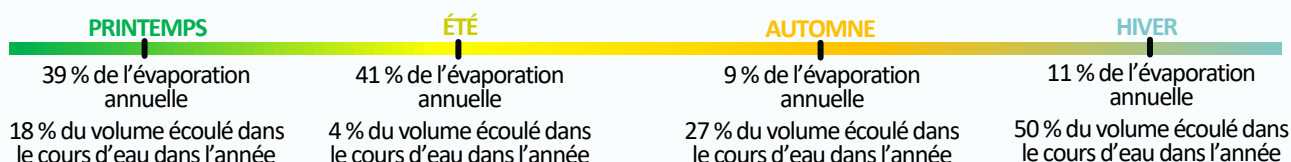


100 m² de plan d'eau
= 150 m³ d'eau évaporé par an



14,55 km² de plan d'eau sur le territoire
= 23 millions de m³ d'eau évaporés par an
Dont 40 % en été soit 9,2 millions de m³

Les volumes évaporés varient beaucoup en fonction des mois de l'année car l'évaporation est étroitement liée à la température de l'air, à la température de l'eau, au vent et à la végétation du plan d'eau et de ses rives. **L'évaporation est à son maximum annuel en été, donc lorsque le cours d'eau est au plus sec.**



L'impact cumulé de l'évaporation des plans d'eau sur cours sur le débit du cours d'eau est très important à prendre en compte. Cet impact a été estimé sur le bassin versant du Frémur en comparant le cumul du volume d'eau évaporé par les plans d'eau sur cours en amont de la station hydrométrique de Pleslin Trigavou au volume d'eau moyen mensuel mesuré à la station hydrométrique.

Les résultats montrent l'importance de la perte en eau par évaporation sur le débit du cours d'eau en été. Par exemple, **au mois d'août, l'évaporation des plans d'eau sur cours fait perdre 27 % de son eau au Frémur.**

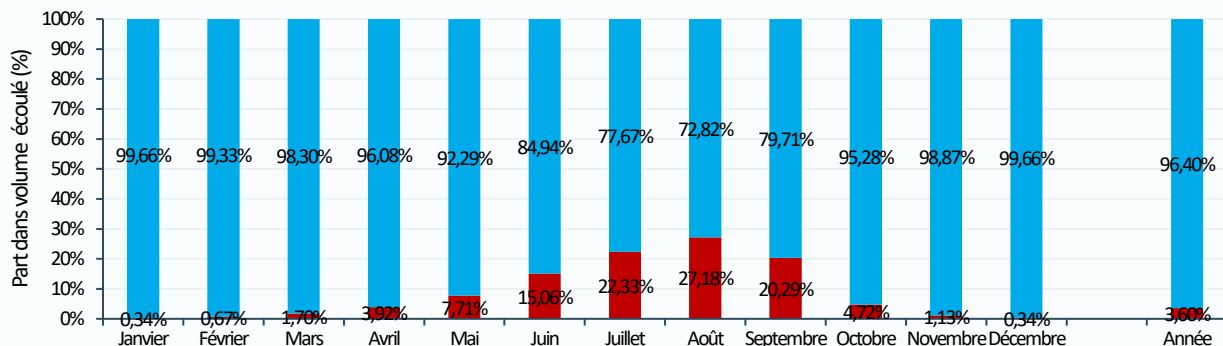


En août, 30 % de l'eau qui aurait dû arriver à la station hydrométrique du Frémur n'y arrive pas car elle s'évapore des plans d'eau sur cours en amont

Part du volume évaporé par les plans d'eau dans le volume moyen écoulé à la station hydrométrique sur le Frémur

■ Part du volume d'eau du cours d'eau qui s'est évaporé dans les plans d'eau sur cours

■ Part du volume d'eau du cours d'eau qui est arrivé à la station hydrométrique



La mesure du débit des cours d'eau peut se faire en continu en installant une station hydrométrique ou ponctuellement en réalisant des jaugeages

La science qui cherche à mesurer le débit des cours d'eau est l'**hydrométrie**. Il existe de nombreux outils pour mesurer le débit des cours d'eau ; ils peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Les outils qui mesurent le débit des cours d'eau en continu = **les stations hydrométriques**. Sauf cas très particulier, le débit n'y est pas mesuré directement. Ce sont la hauteur d'eau ou la vitesse de l'eau qui sont mesurées. La hauteur ou la vitesse d'eau sera ensuite traduite en débit à partir d'une courbe de tarage qui doit fréquemment être vérifiée et actualisée.
- Les outils pour mesurer ponctuellement le débit des cours d'eau = **les jaugeages**. Ces jaugeages sont basés sur deux types de méthodes : soit par exploration du champ de vitesse (moulinets hydrométriques, sonars acoustiques basés sur l'effet Doppler...), soit par injection d'un traceur dans le cours d'eau dont on suit la dilution (traceurs fluorescents ou au sel).

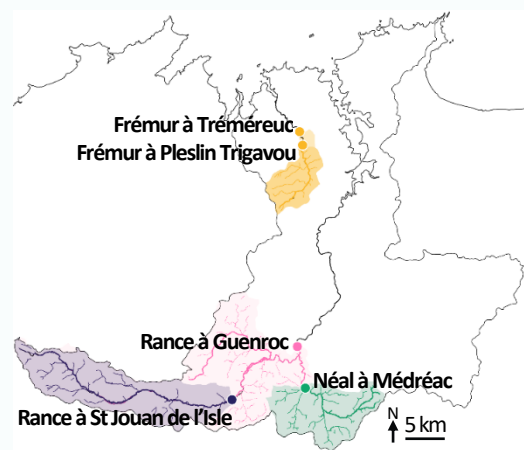
Les débits peuvent également être estimés en recourant à des modèles. La **modélisation des débits** repose sur l'utilisation d'une chronique de débits d'une station d'un autre bassin versant qui vont être ajustés pour le bassin versant où les débits sont inconnus.

3 cours d'eau du territoire sont aujourd'hui équipés d'une station hydrométrique : la Rance amont, le Néal et le Frémur

En France, environ 3000 stations hydrométriques constituent le réseau de mesure français et sont gérées par le Ministère de l'Environnement. Les informations sur ces stations et les mesures réalisées sont disponibles sur l'hydroportail : <https://hydro.eaufrance.fr/>.

123 stations hydrométriques du réseau de mesure français sont installées en Bretagne et sont gérées par la DREAL Bretagne. Parmi ces stations du réseau de mesure français, 5 sont dans le périmètre du SAGE (voir tableau ci-dessous). Le Routhouan est également équipé d'une station de mesure gérée par Saint Malo agglomération.

Stations hydrométriques du réseau national présentes sur le territoire (Source : SIE 2021)



	La Rance à Saint Jouan de l'Isle	La Rance à Guenroc	Le Néal à Médréac	Le Frémur à Trémereuc	Le Frémur à Pleslin Trigavou
Surface du bassin versant en amont	153 km ²	380 km ²	82 km ²	42 km ²	37 km ²
Mise en service	21 septembre 1984	1er janvier 1937	Décembre 1967	6 décembre 1971	Octobre 1991
Fin de service	Toujours en service	Janvier 2015	Toujours en service	6 décembre 1991	Toujours en service

La plupart des cours d'eau du territoire ne sont donc pas équipés d'une station hydrométrique. Pour connaître leurs débits, deux méthodes ont été mobilisées dans le cadre de cette étude : des campagnes de jaugeages volants et la modélisation des débits

Une préanalyse du bilan besoin-ressource a permis d'identifier 8 bassins versants où une tension quantitative est pressentie : la Donac, le Frémur, le Guinefort, le Hac, le Néal, la Rance de Rophémel à la confluence avec le Linon et le Saint Coulomb. Sur ces 8 bassins versants, seuls deux sont équipés d'une station hydrométrique gérée par la DREAL Bretagne : le Néal et le Frémur. Dans l'objectif d'affiner la connaissance de l'hydrologie sur les 6 autres, l'EPTB Rance Frémur a missionné un bureau d'étude pour réaliser 15 campagnes de jaugeages volants. Les campagnes de jaugeages ont été réalisées entre le 5 août 2020 et le 21 octobre 2022. Au cours de cette période, les 15 campagnes de jaugeages ont été réalisées : 7 campagnes entre les basses et les très basses eaux et les 8 autres entre les moyennes et les hautes eaux.

De plus, sur l'ensemble des cours d'eau du territoire, différents modèles ont été mis en œuvre pour approcher les débits. 2 types de modélisations ont été utilisées : les modélisations réalisées par l'IRSTEA et le modèle SIMFEN (Service Interopérable de Modélisation des Flux d'Eau Naturels) développé par l'Agrocampus Ouest, l'IRSTEA, Géobretagne et l'observatoire de l'eau en Bretagne.

Enfin, pour comparer simplement la situation hydrologique des cours d'eau sur plusieurs années et connaître les ruptures d'écoulement (= les assècs), **un suivi visuel des cours d'eau** est réalisé sur 5 cours d'eau du territoire via le réseau ONDE de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et sur 400 cours d'eau du territoire via **le réseau ASSECC du contrat territorial Rance**.

Chaque été, le niveau des petits cours d'eau baisse, parfois jusqu'à leur assèchement complet : l'assec. Les cours d'eau qui cessent de couler sur une partie ou sur une totalité de leur parcours pendant une partie de l'année sont appelés « **cours d'eau intermittents** ». Ils abritent une biodiversité unique composée de nombreuses espèces adaptées aux cycles de présence et d'absence d'eau.

Sur le territoire, deux réseaux permettent de suivre l'apparition des asssecs dans les cours d'eau : le réseau ONDE (Observatoire National Des Étiages) de l'Office Français de la Biodiversité et le réseau ASSECC du contrat territoire Rance

> Le réseau ONDE (Observatoire National Des Étiages)

Le réseau ONDE a été créé par l'ONEMA en 2012 pour disposer de connaissances stables sur les étiages estivaux et à aider à la gestion des sécheresses en observant visuellement le niveau d'écoulement de certains petits cours d'eau métropolitains. Le niveau d'écoulement des cours d'eau est apprécié visuellement selon trois critères d'écoulement : écoulement visible, écoulement non visible et assec.

5 cours d'eau du territoire sont suivis dans ce réseau : la Rance (1,94 km² en amont), le Frémur (7,09 km² en amont), la Vallée (23,90 km² en amont), le Linon (74,10 km² en amont) et le Frémur (11,66 km² en amont). Le mois de rupture des écoulements semble être le mois d'août pour la majorité des cours d'eau. La Vallée, malgré son bassin versant de 24 km² en amont du point, se distingue nettement avec des asssecs chaque année (sauf 2021) à partir du mois juillet, voire juin en 2015, et se prolongeant jusqu'en novembre.

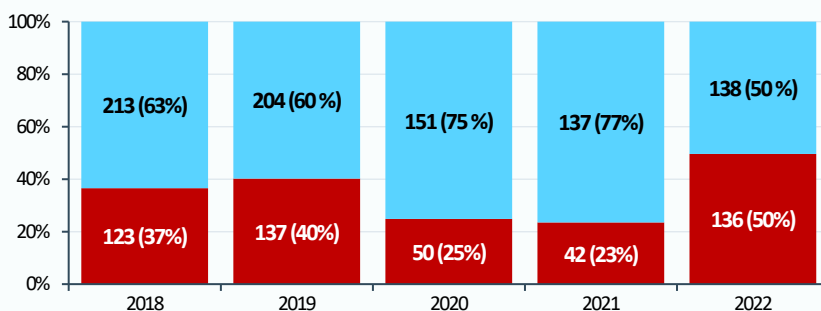
> Le réseau ASSECC du contrat territorial Rance

Un suivi des asssecs du territoire a été mis en place en 2018 dans le cadre du contrat territorial Rance. Une visite annuelle, la première ou la deuxième semaine d'octobre (mois le plus sec sur le territoire d'après la connaissance empirique), est effectuée sur environ 400 points du territoire. L'écoulement y est caractérisé selon l'observation visuelle du débit : écoulement, eau stagnante ou suintement / assec.

L'année 2022 ressort comme particulièrement marquée avec la moitié des points visités en assec. Certains affluents ont été exceptionnellement contrôlés en assec : 28 points ont présenté un assec pour la première fois en 2022 depuis 2018.

75 points ont toujours été contrôlés en assec dont 19 points ont été contrôlés les 5 années : 18 points sur la Rance amont et 1 point sur la Trinité (tous les points n'ont pas été visités les 5 années).

Part et nombre de stations en assec entre 2018 et 2022



En octobre 2022, 136 cours d'eau en assec soit la moitié des stations suivies sur le territoire

La gestion, la préservation et la restauration des cours d'eau intermittents doivent être adaptées à ce caractère particulier

Parmi ces cours d'eau intermittents, certains le sont naturellement et d'autres sont devenus intermittents au cours des 50 dernières années à cause du changement climatique, du changement d'utilisation des terres et de l'évolution du prélèvement d'eau pour de multiples usages. Évaluer de manière quantitative la part d'intermittence naturelle de celle liée aux pressions humaines reste un défi à relever.

De plus, les valeurs écologiques, socioculturelles et économiques associées aux cours d'eau intermittents sont généralement moins bien comprises en comparaison aux cours d'eau pérennes. Les effets des pressions exercées sur ces cours d'eau diffèrent également de ceux des cours d'eau pérennes.

Source :

https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/projets/SMIRES_handbook_conclusions_french.pdf

Est-ce que les débits varient beaucoup dans l'année et entre les années ?

Avant de parler d'évolution des débits, il faut avoir en tête que les débits varient beaucoup pendant l'année et selon les années car ils suivent les variations des pluies. Une année peut être divisée en deux grandes périodes : la période de hautes eaux et la période de basses eaux. **Les hautes eaux correspondent au moments où il y a de l'eau dans le cours d'eau, où le débit est fort par opposition relative à la période de basses eaux où il y a peu d'eau dans le cours d'eau, voire plus d'eau (l'assec).**

La réaction de chaque bassin versant à ces pluies est singulière du fait du contexte naturel du bassin versant (géologie, pentes...) et de l'aménagement du bassin versant. De ce fait, la répartition des débits dans l'année est singulière à chaque bassin versant.

La répartition entre les basses eaux et les hautes eaux est différente selon les cours d'eau du territoire :

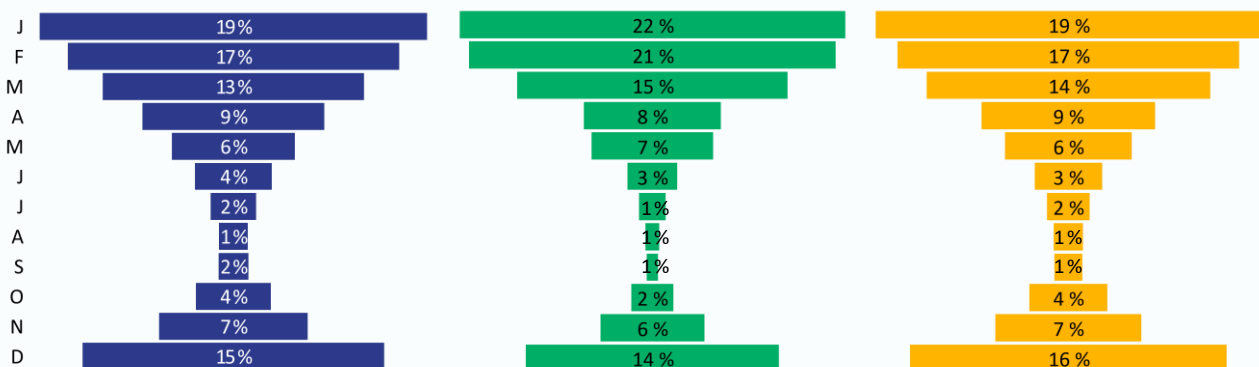
- La Rance et le Frémur sont en basses eaux de mai à novembre soit 7 mois de basses eaux
- Le Néal est en basses eaux d'avril à novembre, soit un mois de plus que la Rance et le Frémur.

Plus précisément, les débits sont faibles sur la Rance de mi-juillet à mi-octobre (3 mois, très court) et sur le Néal et le Frémur de mi-juin à début novembre (4 mois et demi). Pour les trois cours d'eau, le mois au plus faible débit de l'année le plus fréquent est septembre.

Le SDAGE Loire-Bretagne définit la période de basses eaux du 1er avril au 31 octobre. Cette période, prise en compte par le préfet pour délivrer les autorisations de prélèvement en période de basses eaux et pour mettre en place des mesures de gestion de crise, ne correspond donc pas vraiment au calendrier hydrologique de notre territoire.

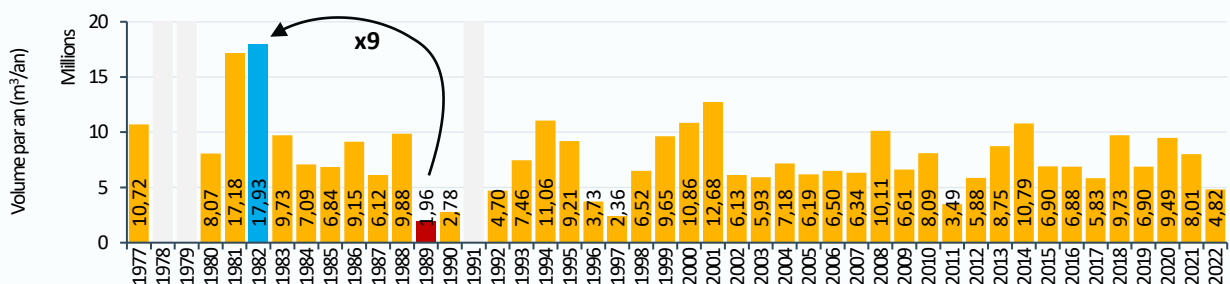
Environ 50 % du volume d'eau de l'année s'écoule sur seulement 3 mois (décembre, janvier et février). À l'inverse, le volume d'eau qui s'écoule pendant les mois de basses eaux (7 mois, de mai à novembre) ne représente qu'environ 25 % du volume annuel.

Répartition (en %) de la moyenne mensuelle des volumes écoulés (■ Rance, ■ Néal, ■ Frémur)



Les débits varient également beaucoup entre les années et cette variabilité ne montre pas forcément une évolution, elle reflète surtout le climat de l'année. Par exemple, sur le Frémur sur la chronique 1977-2022, le volume total qui coule chaque année est 9 fois plus important entre l'année au plus fort volume écoulé (1982 : 17 930 592 m³) et l'année au plus faible volume écoulé (1989 : 1 963 872 m³).

Volume total écoulé par année à la station du Frémur à Pleslin-Trigavou



L'alternance hautes eaux / basses eaux est donc observée tous les ans et est un phénomène saisonnier. L'étiage et la crue sont quant à eux des phénomènes exceptionnels qui n'arrivent pas tous les ans. L'étiage est l'exacerbation épisodique des basses eaux, la crue est celle des hautes eaux.

Attention !

- Les tendances sont observées sur des débits mesurés aux stations qui sont impactés par les divers prélèvements et rejets ayant lieu sur le bassin versant. L'évolution des prélèvements et rejets peut influencer les débits mesurés.
- De plus, les tendances sont calculées sur des chroniques plus ou moins longues selon l'historique disponible. Il est possible que certains bassins versants présenteraient une évolution significative si la chronique disponible était plus longue.
- Enfin, ce n'est pas parce que les débits d'une station ne présentent pas de tendance à la baisse que la situation hydrologique est bonne et permet le bon déroulement des cycles de vie des espèces aquatiques ainsi que l'atteinte du bon état des eaux.

Les basses eaux correspondent à l'écoulement ou au niveau d'eau le plus faible de l'année. Les basses eaux arrivent donc tous les ans et sont généralement saisonnières. De nombreuses variables peuvent être utilisées pour les caractériser.

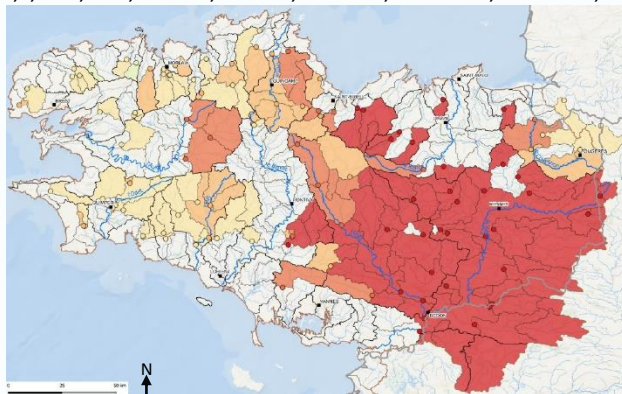
À l'échelle bretonne, la carte du débit moyen des 3 jours consécutifs au plus bas débit de l'année met en évidence une tendance Ouest / Est à la décroissance des débits de basses eaux : les basses eaux sont moins sévères à l'Ouest qu'à l'est.

Le Néal et le Frémur apparaissent dans la catégorie aux VCN 3 moyens spécifiques les plus faibles.

Cette carte montre également les secteurs où il existe un soutien plus ou moins important des eaux souterraines : les petits bassins au Nord de Fougères apparaissent avec des valeurs plus fortes que les autres bassins de la partie Est car bénéficient d'une alimentation par la nappe d'eau souterraine contrairement aux cours d'eau du territoire.

VCN 3 moyens spécifiques aux stations hydrométriques bretonnes (en L/s/km²)

● < 0,5, ● 0,5 à 1, ● 1 à 2, ● 2 à 5, ● 5 à 10, ● 10 à 15, ● 15 à 20, ● > 20

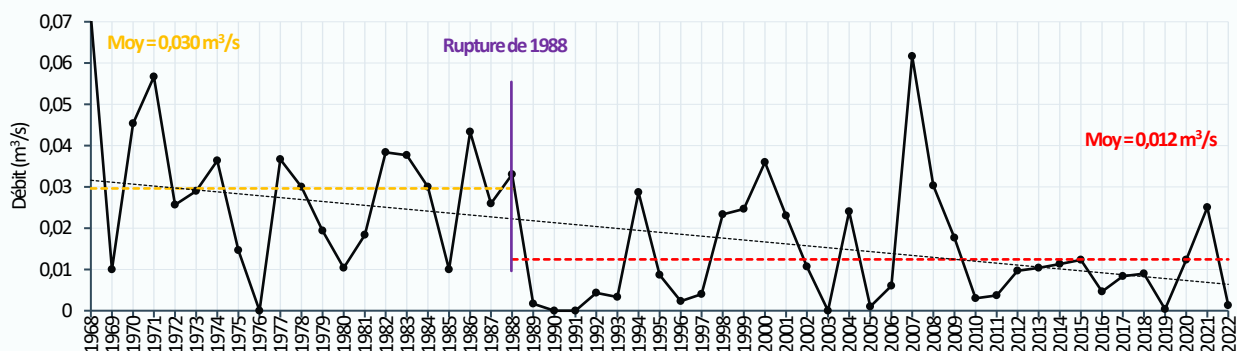


Des tests statistiques pour connaître l'évolution des débits de basses eaux ont été calculés pour les 3 cours d'eau du territoire équipés d'une station hydrométrique (la Rance à Saint Jouan de l'Isle, le Néal à Médréac et le Frémur à Pleslin Trigavou). Aucune évolution ou rupture significative n'est observée sur la Rance et sur le Frémur.

Par contre, toutes les variables indicatrices de basses eaux sur le Néal diminuent significativement et présentent une rupture significative en 1988. Les variables présentent des débits divisés par 2 entre les deux périodes. Par exemple, le volume total écoulé sur les 30 jours au plus bas débit de l'année a diminué d'environ 50 000 m³ entre les périodes 1968-1988 et 1988-2022. Ainsi, le Néal vit des basses eaux de plus en plus sévères et cette aggravation est très marquée (ses débits de basses eaux ont été divisés par 2 en 30 ans !) et cela est singulier en Bretagne.

À l'échelle bretonne, seulement 5 stations montrent une diminution des débits des basses eaux et le Néal présente la diminution la plus forte. Trois stations bretonnes montrent elles une augmentation du débit des basses eaux.

VCN 30 : débit moyen des 30 jours consécutifs au plus bas débit de l'année



Attention !

- Les tendances sont observées sur des débits mesurés aux stations qui sont impactés par les divers prélèvements et rejets ayant lieu sur le bassin versant. L'évolution des prélèvements et rejets peut influencer les débits mesurés.
- De plus, les tendances sont calculées sur des chroniques plus ou moins longues selon l'historique disponible. Il est possible que certains bassins versants présenteraient une évolution significative si la chronique disponible était plus longue.
- Enfin, ce n'est pas parce que les débits d'une station ne présentent pas de tendance à la baisse que la situation hydrologique est bonne et permet le bon déroulement des cycles de vie des espèces aquatiques ainsi que l'atteinte du bon état des eaux.

Le calendrier des basses eaux et des étiages a été analysé pour les 3 cours d'eau du territoire équipé d'une station hydrométrique (la Rance à Saint Jouan de l'Isle, le Néal à Médréac et le Frémur à Pleslin Trigavou).

> Les dates d'entrée et de sortie des basses eaux

Les éléments importants sur les dates des basses eaux sont :

- Le mois au plus bas débit moyen de l'année (QMNA) est septembre pour les 3 cours d'eau
- Les basses eaux et très basses eaux de la Rance sont les plus tardives et les plus courtes des 3 cours d'eau
- Les basses eaux et très basses eaux du Frémur sont les plus précoces et les plus longues des 3 cours d'eau
- Les dates d'entrée et de sortie des basses eaux sur le Néal et le Frémur ont une plus grande variabilité annuelle que celles de la Rance. Le Frémur présente un nombre d'années « hors normes » important.

Pour le calendrier des basses eaux, deux dates présentent une évolution significative :

- Sur le Néal, les 30 jours au plus bas débit de l'année se décalent d'1 jour tous les 2 ans depuis 1968 : ils commençaient en moyenne le 13 août entre 1970 et 1979 et le 30 août entre 2010 et 2019 soit un décalage de 15 jours en 30 ans.
- Sur le Frémur, la date de début des basses eaux n'évolue pas mais la date de fin des basses eaux est de plus en plus tardive : elle se décale d'1 jour tous les ans depuis 1977.

> Les dates d'entrée et de sortie des étiages

À la différence des basses eaux qui arrivent tous les ans, les étiages marquent des basses eaux exceptionnelles. La comparaison des dates d'entrée et de sortie des étiages permet les observations suivantes :

- Les étiage peu sévères (période de retour biennale) arrivent plus tôt sur le Frémur que sur la Rance et le Néal et finissent plus tard
- Le calendrier des étiages de la Rance est peu régulier ; les dates d'entrée et sortie des étiages varient beaucoup selon la variable considérée. Les étiages sévères apparaissent tout de même particulièrement tardifs avec un entrée en étiage très sévère (période de retour cinquantennale ou centennale) autour du 1er septembre
- Le calendrier des étiages du Néal est très régulier : les étiages fréquents arrivent autour du 26 ou 27 juillet alors que les étiages sévères arrivent autour du 8 ou 9 août
- Le calendrier d'entrée en étiage sévère du Néal et du Frémur est presque similaire mais la date de sortie d'étiage sévère diffère : les étiages sévères sont beaucoup plus longs (presqu'1 mois et demi de plus) sur le Néal que sur le Frémur.

> La durée des basses eaux

Les basses eaux du Frémur apparaissent plus longues que celles du Néal, elles-mêmes plus longues que celles de la Rance

La durée des basses eaux n'a pas évolué significativement sur la Rance et le Frémur.

La durée des basses eaux augmente significativement sur le Néal : le nombre de jours où le débit est inférieur aux seuils des basses eaux et des très basses eaux est de plus en plus élevé. En 30 ans, le temps en basses eaux a augmenté d'environ 25 jours et le temps en très basses eaux d'environ 10 jours. Seulement 2 stations en Bretagne montrent une augmentation de la durée des basses eaux et le Néal présente l'augmentation la plus forte.

> La durée des étiages

La durée des étiages du Néal montre de nombreuses évolutions significatives : le nombre de jours par an inférieurs au variables indicatrices d'étiage est en augmentation pour toutes les variables. Par exemple, le nombre de jours par an en assècs est en augmentation : + 0,075 jours par an soit une augmentation d'environ 1 jour tous les 13 ans.

> Qu'est-ce que le QMNA 5 ?

Le QMNA5 ou débit quinquennal sec est le débit mensuel minimal de fréquence quinquennale, c'est-à-dire le plus bas débit moyen mensuel de l'année qui a 1 chance sur 5 d'arriver tous les ans. C'est le seul débit à être officiellement défini dans la réglementation à l'échelle nationale. Il constitue notamment le débit d'étiage de référence pour l'application de la police de l'eau et vise en particulier à fixer les volumes des prélèvements et rejets en eaux superficielles.

> Les QMNA 5 des cours d'eau français et bretons

Pour comparer les débits de différents bassins versants, les débits sont rapportés à la surface du bassin versant, ce sont les débits spécifiques. Cela permet de comparer, quel est le débit pour 1 km² de chaque bassin versant.

Les QMNA 5 sont hétérogènes en France. Les plus forts QMNA5 spécifiques (les QMNA 5 rapportés à 1 km²) sont trouvés dans les bassins versants nivaux (principalement alimentés par la fonte des neiges) et dans les bassins versants du Nord de la France. À l'inverse, certains bassins versants ont des valeurs de QMNA5 spécifique extrêmement faibles voire nulles. Ce sont ceux où les cours d'eau sont intermittents, notamment en région méditerranéenne.

À l'échelle bretonne, les QMNA5 des cours d'eau varient de 0 L/s/km² (l'Aff à Paimpont) à 8,62 L/s/km² (l'Elorn à Sizun) avec une moyenne de 1,49 L/s/km² (sur 151 stations). Un gradient Ouest-Est est mis en évidence : les QMNA 5 spécifiques les plus faibles sont trouvés dans une zone Centre – Est avec des valeurs de QMNA5 spécifiques inférieures à 1L/s/km² alors que les valeurs les plus élevées sont trouvées dans une zone Nord-Ouest où les QMNA5 spécifiques sont supérieurs à 4 L/s/km².

> Les QMNA 5 des cours d'eau du territoire

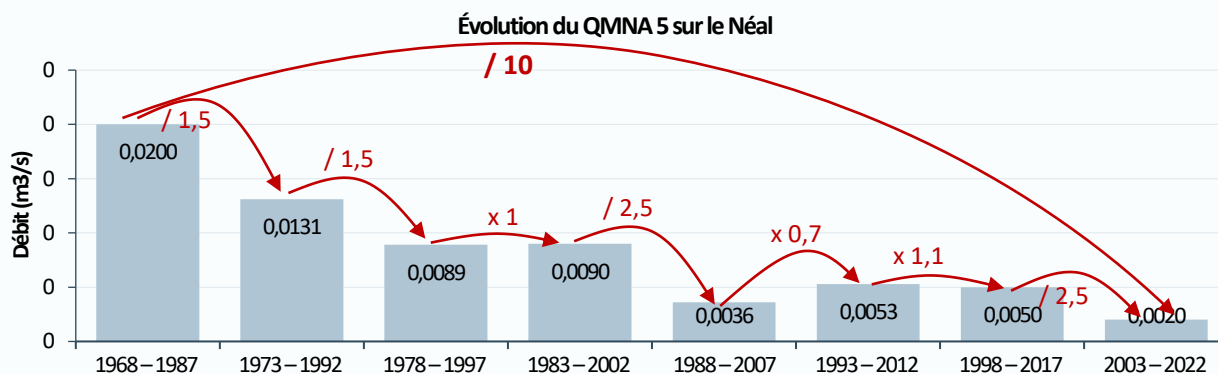
Les QMNA 5 de la Rance, du Néal et du Frémur sont faibles voire très faible sur le Néal :

	Rance à Saint Jouan de l'Isle (1985-2022)	Néal à Médréac (1968 – 2022)	Frémur à Pleslin Trigavou (1977-2022)
QMNA 5	95,7 L/s	8,1 L/s	18,5 L/s
QMNA 5 spécifique	0,6 L/s/km ²	0,1 L/s/km ²	0,5 L/s/km ²

> Est-ce que les QMNA 5 des cours d'eau du territoire évoluent ?

Les QMNA 5 du territoire ont été calculés sur des moyennes glissantes de 20 ans pour évaluer leur évolution. Les QMNA 5 glissants de la Rance et du Frémur ne montrent pas de tendance.

Le QMNA 5 du Néal montre une diminution très marquée, cohérente avec la diminution significative du QMNA : le QMNA5 de la période 2003-2022 est 10 fois inférieur au QMNA5 de la période 1968-1987.



> Est-ce que le nombre de jours où le débit est inférieur au QMNA 5 évolue ?

Le QMNA5 n'est pas franchi tous les ans. La Rance franchit plus régulièrement (5,2% du temps) le QMNA5 que le Néal (4,1% du temps) ou le Frémur (3,0% du temps). Non seulement la valeur du QMNA5 du Néal a tendance à diminuer dans le temps, mais le nombre moyen de jours par an où le Néal atteint ce débit exceptionnellement bas augmente significativement : + 0,26 jours par an soit 12,9 jours de plus par an passés sous ce débit en 50 ans.

Quelles sont les caractéristiques des hautes eaux ? Est-ce qu'elles évoluent dans le temps ?

Attention !

- Les tendances sont observées sur des débits mesurés aux stations qui sont impactés par les divers prélèvements et rejets ayant lieu sur le bassin versant. L'évolution des prélèvements et rejets peut influencer les débits mesurés.
- De plus, les tendances sont calculées sur des chroniques plus ou moins longues selon l'historique disponible. Il est possible que certains bassins versants présenteraient une évolution significative si la chronique disponible était plus longue.
- Enfin, ce n'est pas parce que les débits d'une station ne présentent pas de tendance à la baisse que la situation hydrologique est bonne et permet le bon déroulement des cycles de vie des espèces aquatiques ainsi que l'atteinte du bon état des eaux.

Le calendrier des hautes eaux est différent pour la Rance, le Néal et le Frémur

La période des hautes eaux, c'est-à-dire la période où les débits sont forts dans les cours d'eau, est différente sur les 3 cours d'eau équipés d'une station hydrométrique (la Rance à Saint Jouan de l'Isle, le Néal à Médréac et le Frémur à Pleslin Trigavou) :

- Les hautes eaux ont lieu de décembre à avril sur la Rance et le Frémur ; elles sont plus courtes sur le Néal où elles ont lieu de décembre à mars
- Les plus hautes eaux annuelles ont lieu autour 22 janvier au 15 février sur le Néal et le Frémur ; elles sont plus longues sur la Rance où elles ont lieu autour du 23 décembre au 15 février.

Les hautes eaux du Néal sont anormalement fortes par rapport à ses basses eaux. Alors qu'en basses eaux le Néal a un débit bien inférieur à celui du Frémur, les débits de hautes eaux du Néal sont plus forts que ceux du Frémur. Le régime hivernal, c'est-à-dire la force des hautes eaux par rapport aux moyennes eaux, est d'ailleurs très élevé sur le Néal.

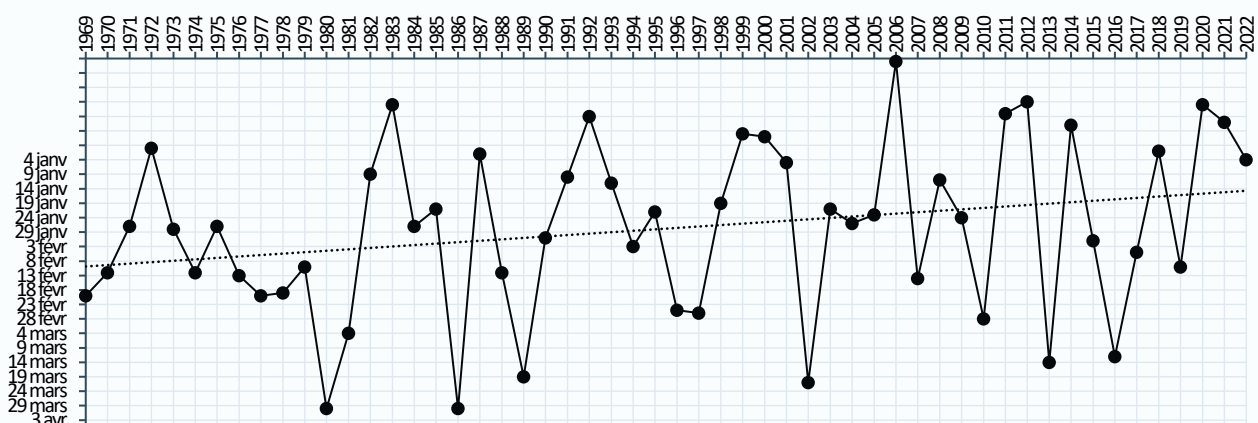
Les hautes eaux sont plus précoces sur le Néal que sur la Rance et le Frémur

Les dates moyennes de franchissement des différentes variables indicatrices des hautes eaux sont :

	Rance	Néal	Frémur
Date moyenne du 1 ^{er} jour des 30 jours consécutifs au plus haut débit de l'année	30 janvier	14 janvier	28 janvier
Date moyenne du 1 ^{er} jour des 5 jours consécutifs au plus haut débit de l'année	9 février	24 janvier	10 février
Date moyenne du jour au débit le plus fort de l'année	6 février	26 janvier	13 février

À l'échelle française, les dates d'apparition des hautes eaux ne montrent pas d'évolution significative sauf pour quelques cours d'eau bretons, dont le Néal. La station du Néal montre la plus forte évolution bretonne avec un décalage du jour des plus hautes eaux annuelles estimé plus précoce de 1 jour chaque année.

Évolution de la date du jour au plus fort débit de l'année sur le Néal (. . . courbe de tendance)



L'eau souterraine est partout dans le sous-sol. C'est l'eau qui circule et se stocke dans les vides à l'intérieur des roches.

Un **aquifère** est une formation géologique suffisamment poreuse ou fissurée pour contenir de l'eau et/ou suffisamment perméable pour la laisser circuler.

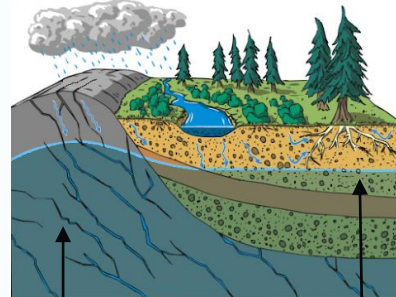
L'eau qui est contenue dans les fissures et les interstices d'un aquifère et qui est capable de circuler dans l'aquifère, est appelée **nappe d'eau souterraine**.

En résumé, on parle d'aquifère pour l'ensemble « roche + eau » et la nappe d'eau est l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère.

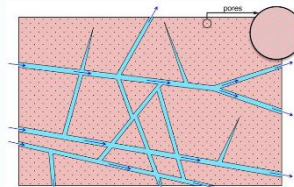
La quantité d'eau stockée par une roche dépend de l'importance de ses pores et de ses fissures. Il s'agit généralement de quelques pourcents du volume total de la roche. Cela conduit à différencier deux grands types d'aquifères :

- Les aquifères à porosité d'interstice, avec les aquifères sédimentaires et les aquifères alluviaux, où l'eau se trouve dans les pores de la roche, c'est-à-dire dans les vides de la roche
- Les aquifères fissurés, avec les aquifères de socle et les aquifères karstiques, où l'eau ne circule que dans des fissures et dans des failles, les espaces vides créés par l'altération des roches.

Les deux grands types d'aquifères du territoire : les aquifères fissurés et les aquifères poreux



Aquifère fissuré dans les schistes, les granites ou les grès

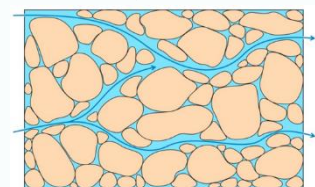


L'eau circule via les fissures et/ou les failles, le volume d'eau dépend de l'abondance de ces failles et fissures donc du niveau d'altération de la roche et est donc souvent assez faible.



1m³ de granite fissuré = 10 L d'eau

Aquifère poreux dans les faluns ou dans les formations altérées de granite ou de schistes (les altérites)



L'eau circule librement entre les pores. Le volume d'eau contenu peut être important.



1m³ de granite altéré = 50 L d'eau



1m³ de faluns = 200 L d'eau

Ce sont principalement les précipitations qui alimentent les nappes d'eau souterraines. Le pourcentage de l'eau de pluie qui s'infiltré est très variable d'un secteur à l'autre. En Bretagne, ce pourcentage a été évalué entre 10 à 40 % dans le cadre du programme SILURES.

L'eau de pluie qui s'infiltré dans le sol peut soit être emmagasinée temporairement sous forme d'humidité dans le sol, que les plantes pourront utiliser, soit percoler vers les zones plus profondes. C'est seulement cette eau qui contribuera au renouvellement de la réserve de la nappe souterraine. La quantité d'eau qui s'écoulera vers la nappe sera fonction de la perméabilité du sol et de la nature et de l'épaisseur de la zone non saturée.

C'est généralement durant la période hivernale, de décembre à février, que cette recharge survient car les précipitations sont plus importantes, l'évaporation est faible et la végétation est peu active et ne prélève pratiquement pas d'eau dans le sol. Dans les aquifères fissurés, les épisodes pluvieux des mois de printemps et d'été peuvent recharger momentanément les réservoirs aquifères.

Les niveaux de hautes eaux sont en général enregistrés après la recharge hivernale, entre mars et mai. Ainsi, le niveau des nappes s'élève rapidement en automne et en hiver, jusqu'au milieu du printemps.

À la fin de la période estivale, période pendant laquelle la nappe se vidange, la nappe atteint ainsi son niveau le plus bas de l'année. Ces niveaux sont généralement observés au cours des mois d'octobre et novembre.

Au terme de leur parcours souterrain, les eaux souterraines font résurgence en surface. Ces zones de résurgence sont en bonne partie diffuses (c.à.d. largement étendue) et se traduisent par la formation de milieux humides ou par l'exfiltration d'eau souterraine en bordure ou même au fond des cours d'eau.

Elles peuvent aussi parfois être ponctuelles (c.à.d. en un point précis) et ainsi former des sources ou des têtes de ruisseaux situés en pied de talus. Les zones de résurgence jouent un rôle vital dans le maintien des écosystèmes, notamment en fournissant un apport constant en nutriments et en eau pour la faune et la flore aquatiques.