



LE RESERVOIR DE LA CRAIE / AUBE

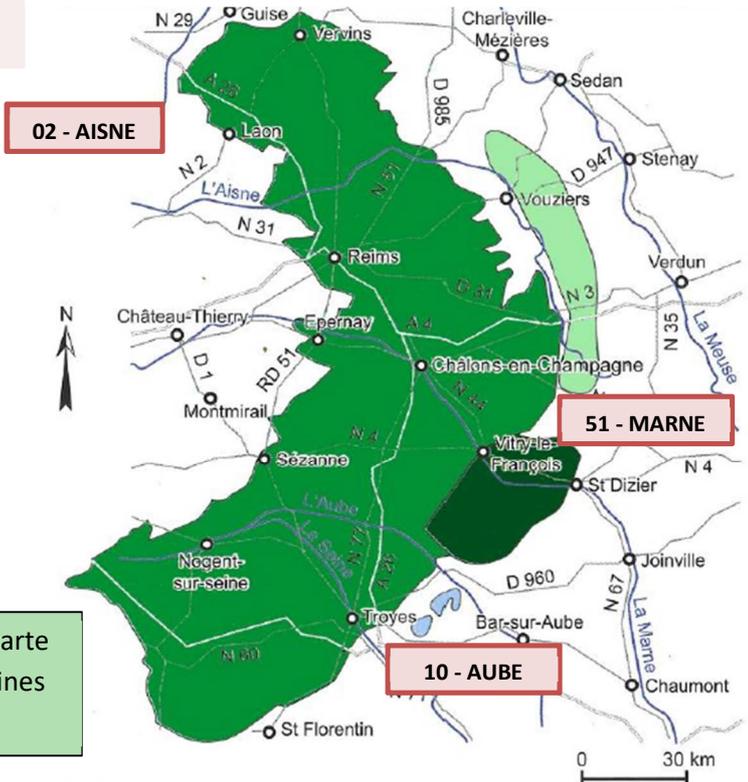
1 OU SE TROUVE LA NAPPE DE LA CRAIE ?

L'aquifère de la craie champenoise, appelé également Arc crayeux, s'étend sur plusieurs départements, de la vallée de l'Aisne au nord, à celle de l'Aube au sud.

Sa profondeur décroît en allant vers l'est où il se termine en biseau. À l'ouest, il plonge sous les formations tertiaires où il devient généralement très peu productif.

En France, c'est la plus grande nappe souterraine connectée avec la surface.

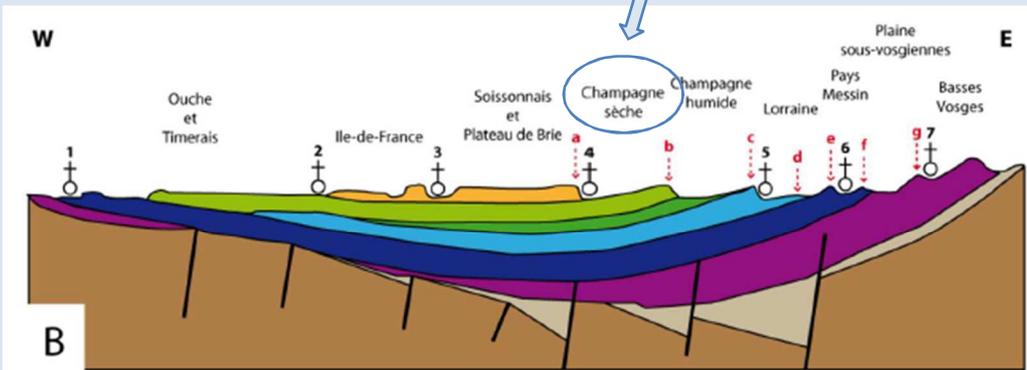
Aquifères crétacés en Champagne crayeuse : carte simplifiée (source : Aquifères et eaux souterraines en France, revu et corrigé)



- Nappe de la craie
- Nappe des sables cénonamiens et de la gaize d'Argonne
- Nappe des sables aptiens-albiens

Légende commune des âges géologiques :

- Tertiaire
- Crétacé sup.
- Jurassique sup. et moy.
- Trias
- Crétacé inf.
- Jurassique inf.



Carte et coupe simplifiée du bassin de Paris (source : thèse Linoir, 2014)

Légende de la coupe : Villes

- 1 – Alençon 4 – Reims
- 2 – Chartres 5 – Bar-le-Duc
- 3 – Paris 6 – Nancy
- 7 – Sarguemines

Principales cuestas :

- a – Côte de l'Île-de-France
- b – Côte de Champagne
- c – Côte des Bars
- d – Côte de Meuse
- e – Côte de Moselle
- f – Côte de l'Infralias
- g – Côte de Muschelkalk

La Champagne crayeuse = La Champagne « sèche »

La dénomination « Champagne » vient du latin *Campania*, utilisée pour désigner une plaine cultivée en champs ouverts [Ballif et al., 1995].

La Champagne est habituellement divisée en deux entités :

- **La Champagne humide** à l'est : avec des sols marno-argileux et parfois sablo-gréseux,
- **La Champagne sèche (ou crayeuse)** à l'ouest : composée de sols crayeux.



Contrairement à d'autres régions de craie du bassin parisien (Picardie, Haute-Normandie, Artois), la craie n'est que peu ou pas recouverte de limon ou d'argile.

La Champagne sèche doit cette désignation à la forte **perméabilité de la craie en surface** qui permet une **grande infiltration de l'eau en profondeur**. Ainsi, la **Champagne crayeuse est généralement sèche en surface mais contient d'importantes réserves en eau souterraine**.

Les conséquences sont :

- **Des sols très filtrants.** L'eau ruisselle peu en surface et s'infiltré très rapidement. C'est une caractéristique **très intéressante pour le remplissage de la nappe souterraine, mais défavorable à l'alimentation des cours d'eau.**
- **Une région avec un réseau hydrique peu développé et dépourvue de mares et de zones humides.**
- **Des cours d'eau souvent intermittents** et connaissant régulièrement des assèchs. Les petits cours d'eau ne sont visibles que les années à fortes précipitations, tout comme certaines sources qui disparaissent ensuite pendant plusieurs années. Ce sont des exutoires de la nappe dont l'existence est tributaire d'un excès d'eau dans la nappe.



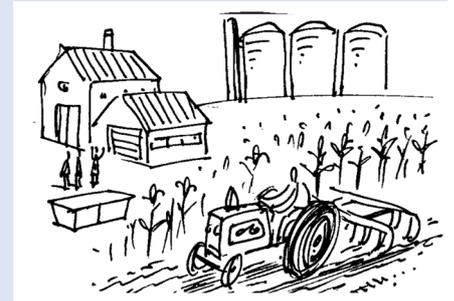
Un peu d'histoire :

La Champagne crayeuse était autrefois appelée **Champagne pouilleuse**. C'était une région agricole pauvre et peu peuplée. La sécheresse du sol en faisait une région peu favorable à l'agriculture et aux bovins. Le paysage était aride, composé de **savarts, pelouses calcaires et sèches**. L'économie reposait sur l'activité pastorale avec le **pâturage ovin, et une modeste production céréalière**.



Au XIXe siècle, la région est couverte d'une **forêt de pins noirs d'Autriche**, une essence adaptée aux sols calcaires squelettiques, dans le cadre des grandes campagnes de boisement sous Napoléon III. Cette forêt sur rendzine (sol calcaire peu profond) s'est avérée peu productive.

La forêt ne fut pas replantée après les récoltes dans le milieu du XXe siècle et la région fut convertie à l'agriculture grâce à la mécanisation et l'utilisation des engrais. A l'époque, on parlait d'**agriculture intensive**. Il y avait **très peu de contraintes sur l'utilisation des produits phytosanitaires et des engrais**. Les sols de craie étaient pauvres en éléments nutritifs et l'apport des engrais en a fait une région agricole riche. Le revenu de l'agriculteur ne dépendait que de la production agricole.



Depuis une trentaine d'années, en raison de la pression environnementale, il y a **réorientation de l'agriculture vers un développement de la nature (transition agro-écologique)** :

- Beaucoup de produits phytosanitaires, et notamment les plus dangereux, ont été retirés de la commercialisation. Des contraintes réglementaires sont instaurées sur l'utilisation des produits phytosanitaires (par rapport aux riverains, aux cours d'eau, à la biodiversité, aux salariés agricoles,...).
- La fertilisation azotée est restreinte, réglementée et contrôlée. Pour la réduire, il y a une incitation économique à la culture des légumineuses, plantes enrichissant le sol en azote.
- Les **aides** constituent une part conséquente du revenu agricole. Pour y avoir droit, l'agriculteur doit respecter des contraintes « conditionnalité » : couverture hivernale des sols, bandes non cultivées le long des cours d'eau, protection des habitats d'oiseaux sauvages, périodes d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés, maintien des prairies permanentes, obligation de rotation des cultures, pourcentage minimal de surface non productive (jachères, bordures de champ, arbres, haies, mares, etc.),...
- Les mesures dites « éco-régimes » permettent d'augmenter le montant des aides : exploitations en AB ou Certification Environnementale, une plus grande diversité des cultures ou un taux de surface non productive accru.

On a constaté le **développement des filières certifiées** (notamment l'Agriculture Biologique), et l'apparition d'exploitations sans production agricole, le revenu étant assuré par les aides liées à l'installation et au maintien d'espaces naturels (jachères, prairies non productives,...).

Les exigences environnementales françaises sont souvent supérieures aux exigences européennes. La tendance est au renforcement de la réglementation. Toutes ces contraintes permettent un accroissement de la nature, mais s'accompagnent d'une augmentation du coût de production (traçabilité, administratif, contrôles), d'une réduction et d'une plus grande variabilité interannuelle de la production agricole. Le changement climatique (gel, sécheresse, chaleur,...) contribue également à impacter les filières agricoles.



Il existe différents types de nappes souterraines, plus ou moins profondes, plus ou moins productives.

Certaines sont très sensibles car quasiment pas renouvelées (appelées nappes fossiles), tout prélèvement entraînant une baisse du niveau de nappe. Ce type de nappe est exploité dans différentes régions du monde, mais pas en France. D'autres nappes, au contraire, se remplissent pendant la période hivernale jusqu'à déborder, l'excès d'eau se déversant dans les rivières pour se diriger vers la mer.

Il y a les nappes réactives, assez superficielles et en communication avec les cours d'eau, et les nappes inertielles, plus profondes (masse d'eau importante, mettant du temps pour descendre comme pour remonter).

La nappe de la craie est une nappe libre inertielle, cyclique sur plusieurs années (alternance de phases de baisse de la nappe sur 4 à 7 ans et de phases de hausse sur la même période). Nous sommes actuellement sur une phase de baisse.

Les cours d'eau crayeux sont des débordements de nappe.

**Débit moyen à Pont s/S. :
6,5 millions de m³/jour
quittant le département
(direction : la mer)**



Les différents types de nappes (ou aquifères) :

Les nappes libres situées dans des roches poreuses (sable, craie, calcaire). Elles sont alimentées par les précipitations en hiver quand l'évaporation est moins forte. L'eau s'écoule par infiltration dans les couches perméables jusqu'à un niveau imperméable où elle s'accumule. Quand le réservoir est plein, l'eau de la nappe libre s'écoule vers les rivières.

Sous les climats arides, ces nappes sont alimentées par les « oueds » lors d'épisodes pluviaux souvent violents.

Les nappes captives : Comme les nappes libres, elles sont alimentées par les eaux de pluies et sont composées du même type de roches poreuses. Mais dans ce cas, ces roches sont recouvertes par une couche géologique imperméable qui confine l'eau. Elles sont souvent très profondes et très étendues. Leur remplissage et leur taux de renouvellement sont très lents (plusieurs années). L'eau issue de ces profondeurs est sous pression et peut jaillir naturellement (puits artésien). Une partie de la nappe de Beauce est captive sous une couche d'argile.

Quand ces réserves sont très profondes et quasiment pas renouvelées, on parle de **nappes fossiles**.

Les nappes alluviales : Ce sont des nappes libres qui bordent un fleuve, une rivière. L'eau est stockée dans les alluvions (souvent très perméables). Elles sont souvent alimentées par les pluies mais aussi par les rivières au moment des crues. Elles accompagnent le niveau de la rivière. Elles sont quasi permanentes quand elles bordent des grands fleuves. Exemples : nappe de la plaine d'Alsace, nappes alluviales de l'Aube et de la Seine dans notre département.

Les nappes dans les systèmes karstiques : L'eau de pluie qui s'infiltré dans les formations calcaires dissout la roche en créant des cavités dans lesquelles elle s'accumule. De nombreuses nappes se forment ainsi, souvent en surface, avec un renouvellement rapide comme dans les formations jurassiques du Poitou-Charentes.

Les aquifères « de socle » : L'eau est contenue dans les roches cristallines très anciennes (granite, schistes,...) grâce aux fractures et fissures. Le débit est souvent faible et les sources nombreuses. Ils sont fréquents en Afrique. En France, on les retrouve en périphérie des massifs anciens.

Le réservoir crayeux est composé de grains très fins issus de micro-organismes comme les coccolithes et se comporte comme une « **éponge rigide** » affectée de fissurations multiples où l'eau circule à des vitesses très différentes.



Une partie de l'eau reste dans l'éponge

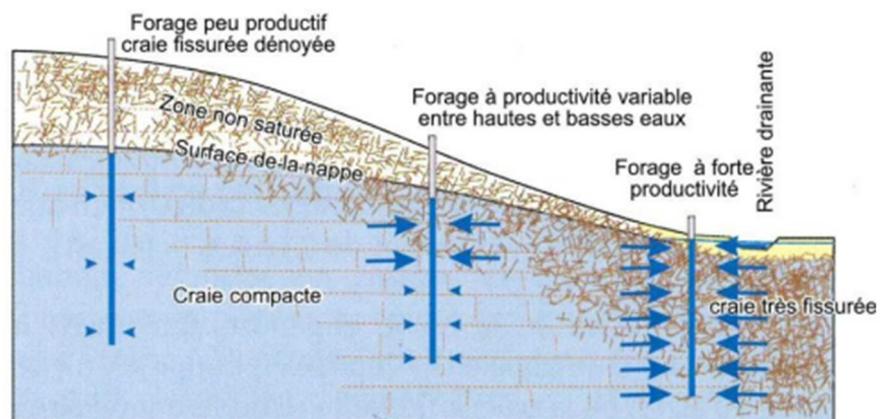
Une partie de l'eau s'écoule

L'eau circule très lentement dans la craie compacte, mais beaucoup plus rapidement dans la craie fissurée.

La hauteur de la nappe fluctue entre les hautes eaux (vers mars-avril) et les basses eaux (vers septembre-octobre).

En dehors des vallées, la productivité d'un ouvrage est liée à sa profondeur et varie en cours d'année entre les hautes eaux et les basses eaux. Il peut dénoyer en été.

Le **réservoir efficace** de la craie correspond à une épaisseur moyenne (sous le niveau du sol) de 30 m sous les plateaux et de 40 m sous les vallées d'eau pérennes. A partir de 40 m de profondeur, le réservoir crayeux sans fissure devient compact et est considéré comme improductif. Cette craie peu perméable devient le **mur** de la nappe.



L'étude réalisée par Sciences Environnement a permis d'estimer l'eau stockée dans la craie sur le bassin versant Herbissonne : entre 20 et 100 millions de m³.

Ce bassin versant s'étend sur 101 km². Si l'on extrapole aux 184.000 ha de Champagne crayeuse, ce serait un stockage entre 400 et 2.000 millions de m³ d'eau dans la craie de l'Aube.

On rencontre quatre types de perméabilité et donc de vitesses de déplacement de l'eau dans la craie :

- La **perméabilité de matrice** (zone compacte à l'intérieur de la roche) : l'eau y circule lentement entre 10 à 100 cm/jour.
- La **perméabilité de diaclases** (zone fissurée sous le niveau du sol) : la circulation de l'eau y est plus rapide entre 1 m/jour à 1 m/mn.
- La **perméabilité d'origine tectonique** qui cumule des failles et fracturations importantes de la roche où l'eau circule très rapidement à de perméabilité de diaclases (ci-dessus). La productivité de la roche y est importante au-delà de 20-30 m.
- La **perméabilité de strate** : avec présence d'horizons sédimentaires plus fracturés où l'eau circule plus rapidement.

5

LA CIRCULATION DE L'EAU



Les entrées d'eau sur le bassin versant :

- Précipitations
- Apports des bassins versants voisins (circulations d'eau souterraine)



Les déplacements d'eau :

- Ruissellement
- Cours d'eau
- Forages qui ramènent l'eau en surface
- Restitutions (qualifiées de pertes) : les pertes d'eau dans les canalisations retournent dans la nappe

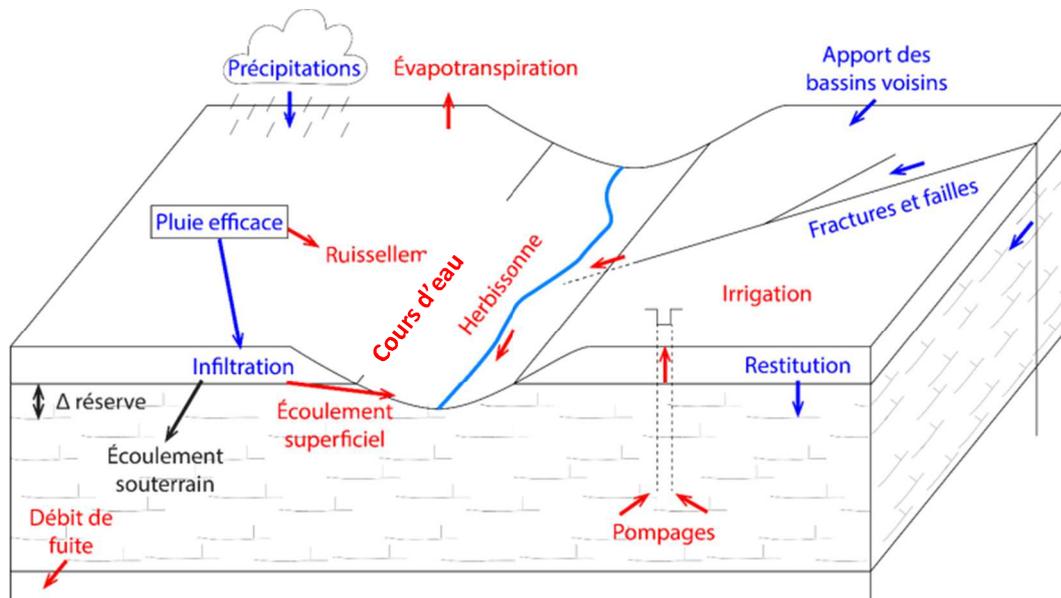


Les sorties d'eau :

- Fuite vers d'autres bassins versants ou dans la rivière (écoulement du cours d'eau et écoulement souterrain)
- Evaporation de la végétation (arbres, prairies, jardins, cultures irriguées et non irriguées) *
- Evaporation du sol, des cours d'eau et plans d'eau *
- Consommations anthropiques



* : L'évaporation fait partie du cycle naturel de l'eau et permet la recharge des nuages. 2/3 des pluies continentales proviennent de l'évapotranspiration (évaporation des végétaux et des masses d'eau continentales). Ce mécanisme a permis d'amener l'eau à l'intérieur des continents et ainsi la colonisation de la Terre par les êtres vivants.



Il n'y a pas de pertes d'eau : L'eau ne disparaît pas, elle change de forme ou de lieu. Même sous forme de vapeur, c'est encore de l'eau et elle redeviendra liquide.

Les sols de craie sont très filtrants. Très peu d'eau circule sur la surface même.

Les déplacements d'eau entre bassins versants peuvent être très importants, surtout en cas de fractures et de failles dans le sous-sol. Dans le cas du bassin versant Herbissonne, les apports des bassins versants voisins sont chiffrés à 7 millions de m³.

La nappe de la craie sert à la fois à stocker l'eau et à alimenter les rivières.

Comme nous avons vu précédemment, l'eau ne circule pas à la même vitesse dans la craie. Dans la craie compacte, elle circule très lentement. Dans la craie fracturée, elle circule très rapidement. Or, la craie fracturée se retrouve en surface et surtout autour des cours d'eau.

Pour schématiser, **la réserve de la craie** comprend :

- **Une réserve permanente, très importante, qui ne peut pas alimenter les cours d'eau.**
- **Une réserve régulatrice, bien plus faible, qui pourra partiellement alimenter les cours d'eau.**

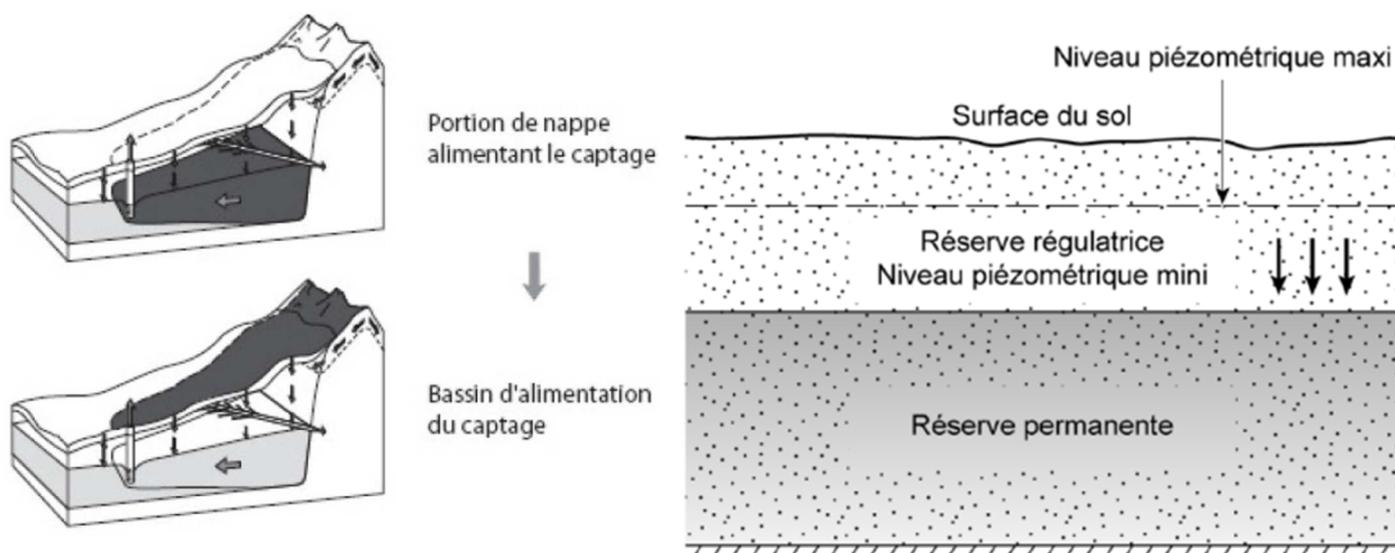
La réserve régulatrice se comporte comme un réservoir double :

- Une « chasse rapide » correspondant à **un écoulement rapide dans les rivières.**
- Et une réserve correspondant à **un écoulement plus lent** dans la rivière.

En cas d'épisode de sécheresse, le cours d'eau baisse en raison d'une forte évaporation et d'une absence de précipitations. Dans un premier temps, la nappe pourra soutenir le cours d'eau en déversant la « chasse rapide » de la réserve régulatrice. Celle-ci vidée, c'est le reste de la réserve régulatrice qui va alimenter le cours d'eau, mais moins rapidement. Ensuite, si la sécheresse se poursuit, c'est l'assec qui survient, sans lien avec le niveau de la nappe.

Seul le retour des pluies pourra permettre à la rivière de couler à nouveau.

Les éléments qui vont aider à maintenir les cours d'eau : les obstacles à l'écoulement de l'eau (retenues d'eau, stockage, barrage, moulins,...) et des pluies régulières en été.

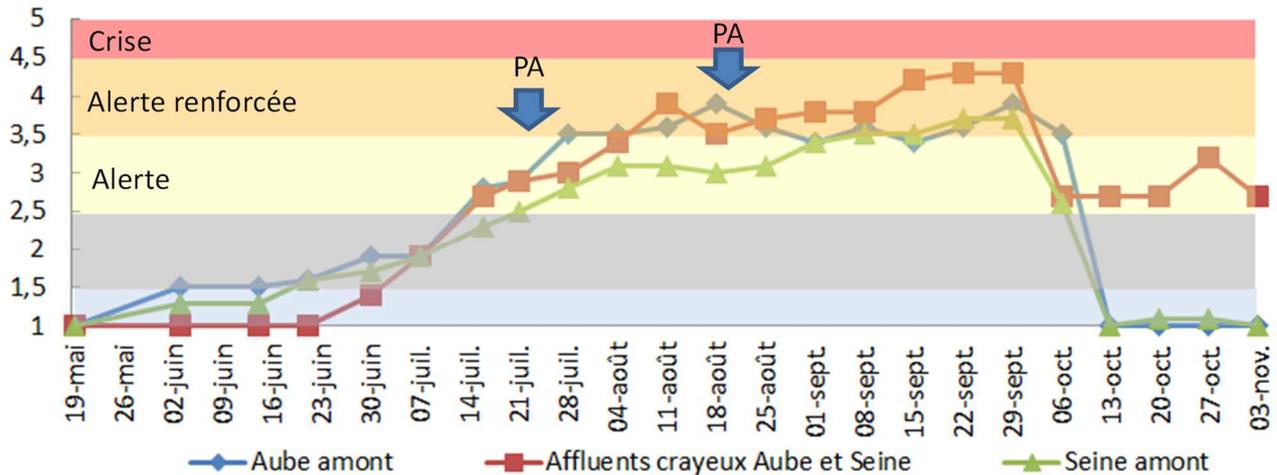


Définition des Bassins d'Alimentation de Captage
(Source : Bussard, 2005)

SUIVI DES MASSES D'EAU DANS L'AUBE EN 2020 (graphiques réalisés à partir des bulletins de suivi d'étiage de la DREAL Grand Est)

L'année 2020 a connu un épisode de sécheresse important : quasiment **3 mois d'absence de pluie**, du 26 juin au 26 septembre, à l'exception de quelques orages localement vers le 10 août.

Suivi des eaux de surface :



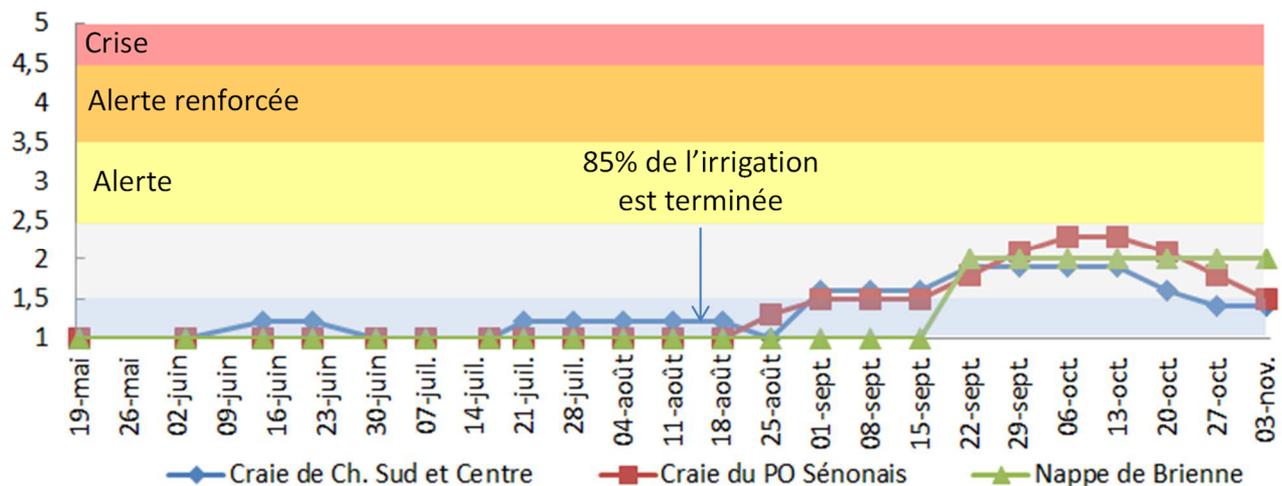
PA = prise d'arrêt de restriction sur les usages de l'eau.

Les 3 masses d'eau (Aube amont, Seine amont et les affluents crayeux) déclinent de la même manière.

Le seuil d'alerte est atteint le 14 juillet (3 semaines après le début de la sécheresse) et le seuil d'alerte renforcée le 11 août (1 mois après).

Avec le retour des pluies les cours d'eau crayeux peinent à couler de nouveau. En effet, ils ont des réserves à reconstituer tout en alimentant le cours d'eau.

Suivi des eaux souterraines :

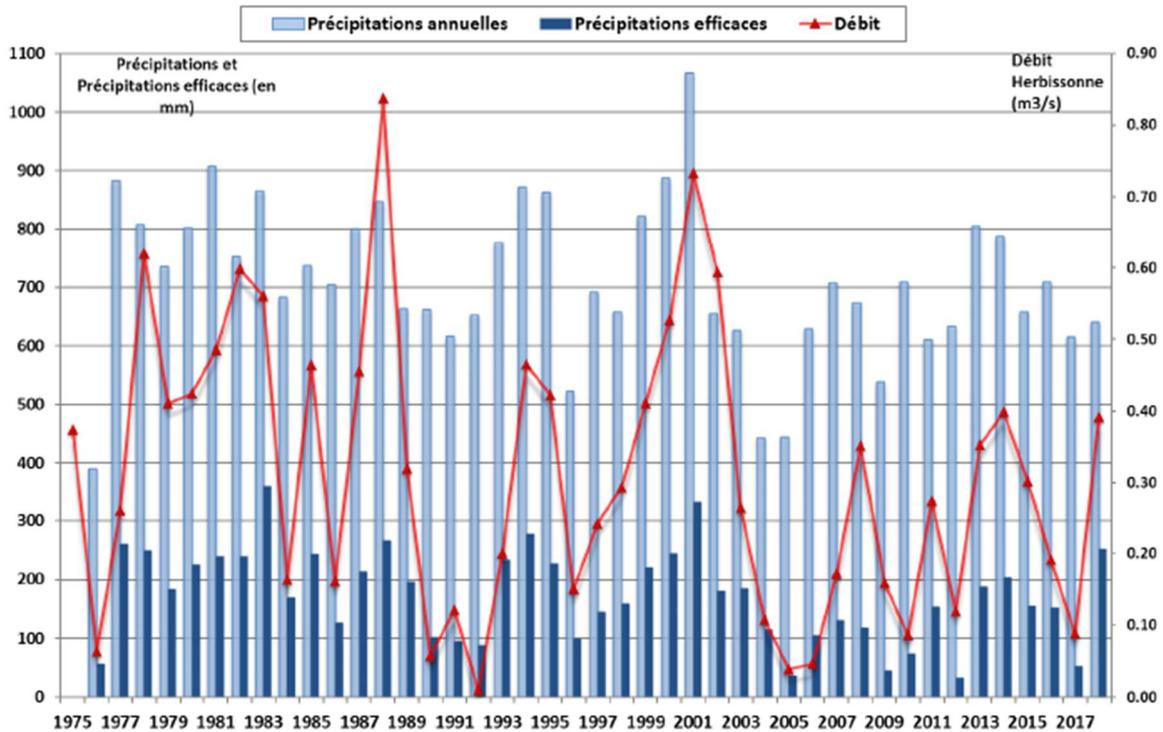


Courant 2020, les masses d'eau souterraines n'ont pas atteint le seuil d'alerte.

Mi-août, l'irrigation (prélèvement visible sur une faible surface) est presque terminée, mais le reste de la végétation (arbres, prairies, cultures non irriguées) continue ses prélèvements.

Fin septembre, la nappe commence à baisser. Mais les pluies reviennent et la nappe remonte.

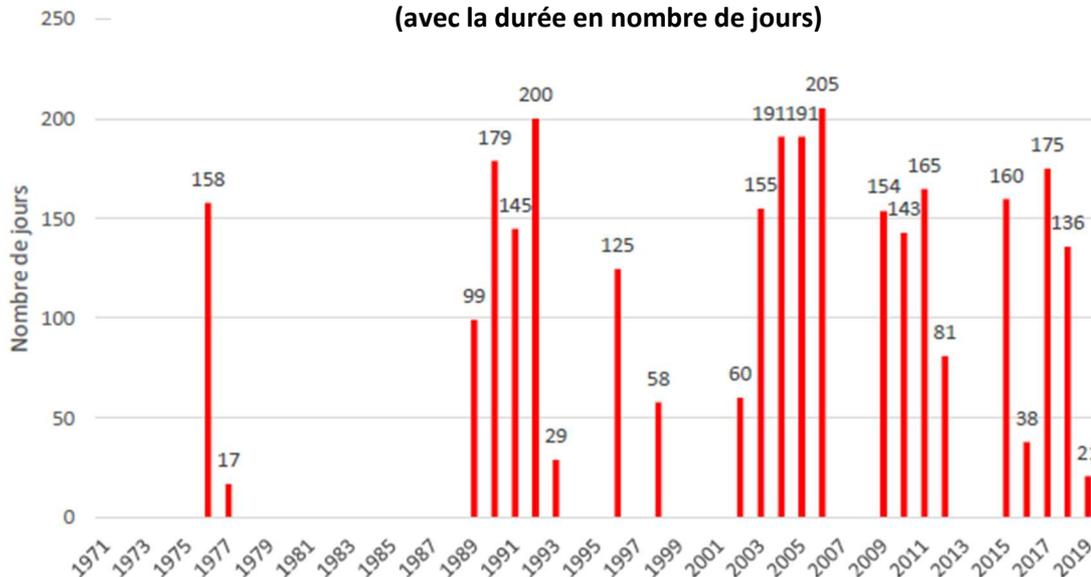
EXTRAIT DE L'ETUDE HERBISSONNE



Le débit de l'Herbissonne apparaît principalement conditionné par le régime de précipitations efficaces rechargeant la nappe de la craie drainée par le cours d'eau.

⇒ Le débit de l'Herbissonne dépend des précipitations

Variabilité temporelle des assecs de l'Herbissonne des 48 dernières années (avec la durée en nombre de jours)



Bien que le niveau des hautes eaux 2018 (mi-mars) soit le plus haut de toute la chronique pour les piézomètres de Vailly et de Mailly-le-camp, il s'en est suivi d'un assec important de 159 jours.

⇒ Même avec un niveau de nappe haut, on peut avoir un assec important

7 EVOLUTION DE LA FREQUENCE DES ASSECS

1^e graphique ci-dessous : évolution des assecs de l'Herbissonne depuis 1968

Les années avec assecs sont signalées par une bande verticale rose.

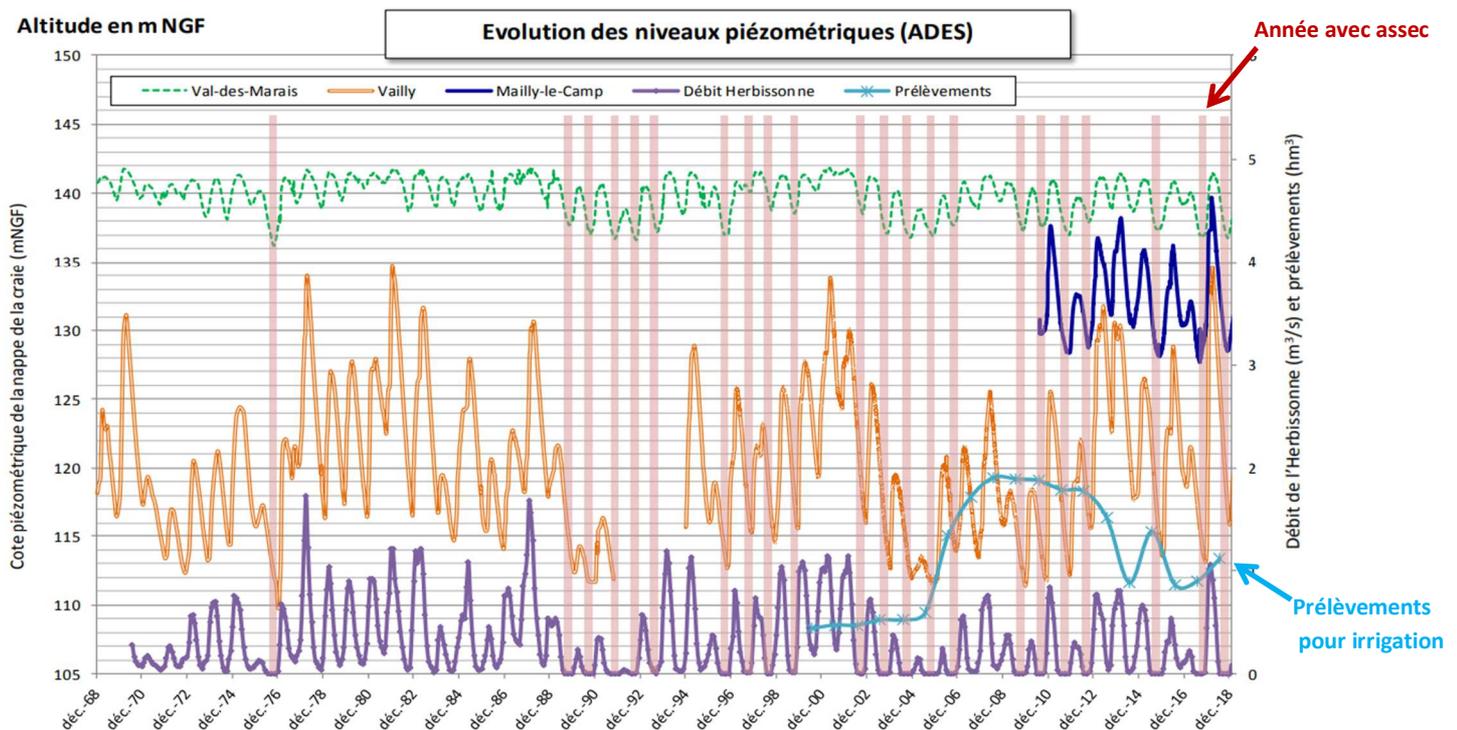
L'irrigation est indiquée par une ligne bleue claire : début vers 1993, avec des volumes annuels faibles jusqu'en 2005, puis développement entre 2006 et 2012, puis réduction des prélèvements.

La fréquence des assecs a augmenté depuis 1989 :

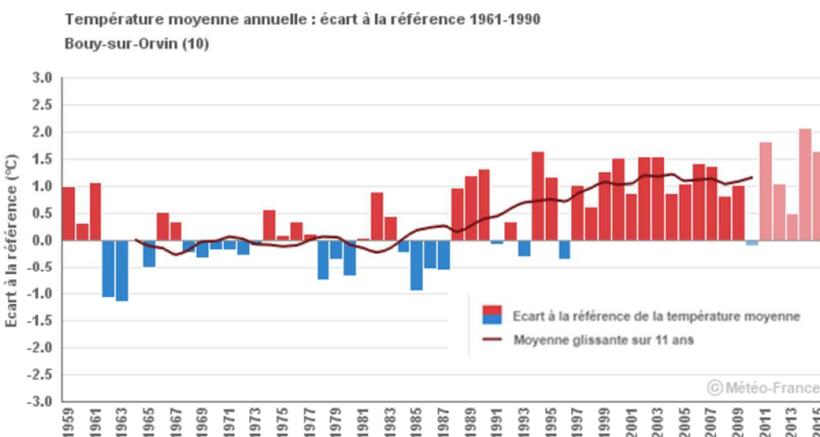
- De 1968 à 1988, on n'a observé qu'un assec sur 20 ans.
- De 1989 à 2018, on compte environ 2 épisodes d'assecs pour 3 ans.

Pas de lien entre la fréquence des assecs et les prélèvements pour irrigation.

Lien entre l'augmentation de la fréquence des assecs et l'augmentation de la température (2^e graphique).



Comparaison entre les fluctuations de niveaux piézométriques ADES et les débits moyens mensuels de l'Herbissonne

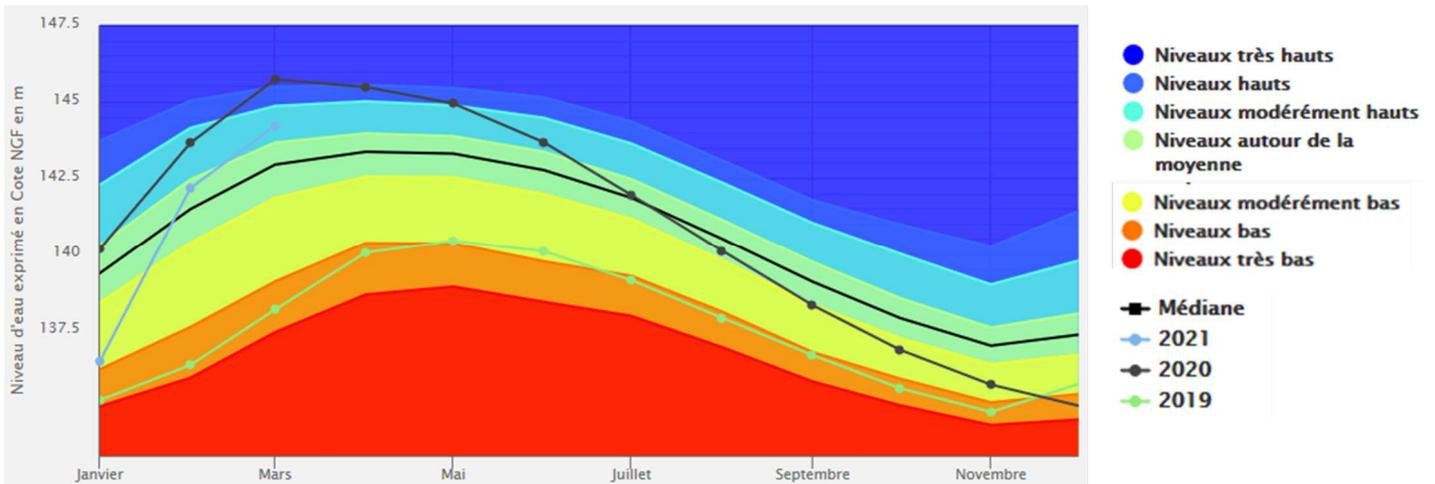


Ci-contre : Variation de la température moyenne à BOUY S/ORVIN (10)
Source : Observatoire ORACLE des Chambres d'agriculture du Grand Est.

L'augmentation de la température est significative à partir de 1988, entraînant une augmentation de l'évaporation (sol, masses d'eau et végétaux).

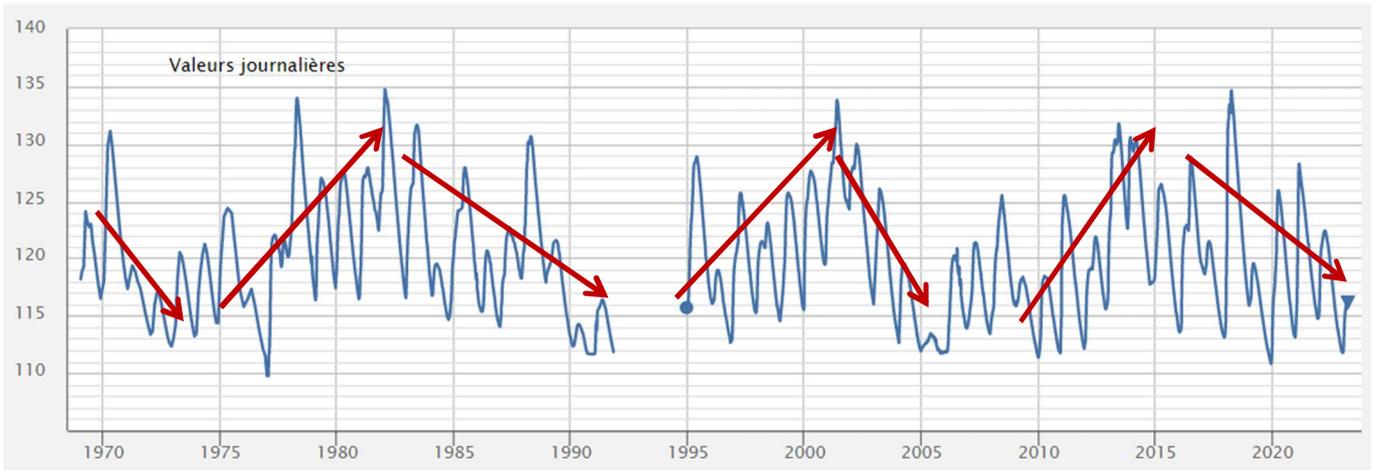
8 EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE LA NAPPE

EVOLUTION ANNUELLE : Exemple du piézomètre de SOMPUIS



Cycle annuel : Au cours de l'année, on observe des fluctuations avec une période de hautes eaux de mars à mai, et une période de basses eaux d'octobre à décembre. Chaque année, on retrouve cette fluctuation de la hauteur de la nappe avec plus ou moins d'amplitude.

EVOLUTION PLURIANNUELLE : Exemple du piézomètre de VAILLY de 1969 à 2023



On observe une superposition de **cycles annuels** et de **cycles pluriannuels** sur 4 à 7 ans. Actuellement, nous sommes sur une phase de baisse.

L'observation des niveaux piézométriques de la nappe de la craie sur 50 ans ne mettent pas en évidence de baisse structurelle.

Marie-Paule POILLION
Conseillère spécialisée - IRRIGATION

