

LES PLANS D'EAU : ENJEUX ET RÉPONSES

florence.habets@ens.fr



Colorado, Lac Powell Aout 2021
Photo: Justin Sullivan/Getty Images



LES PLANS D'EAU : ENJEUX ET RÉPONSES

1. Identification des plans d'eau

2. Impacts des plans d'eau

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

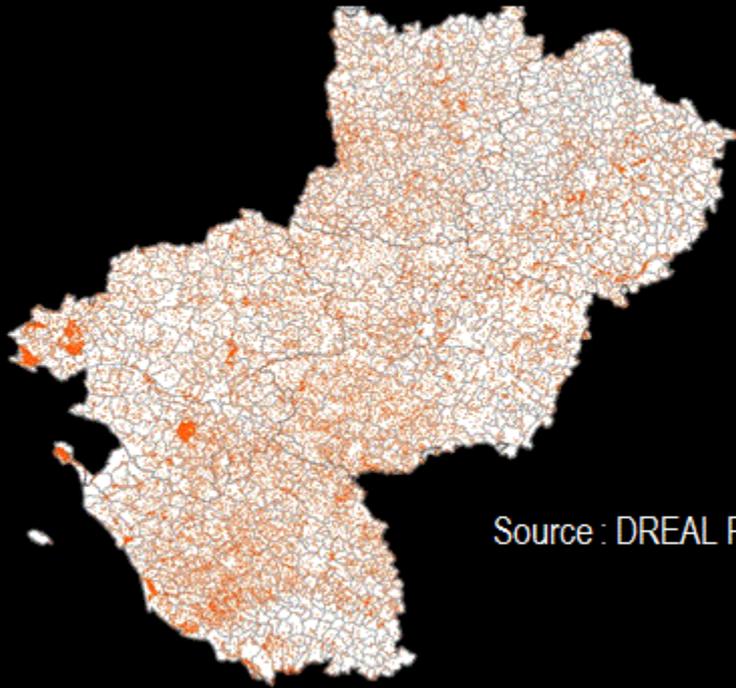
4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

florence.habets@ens.fr



1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

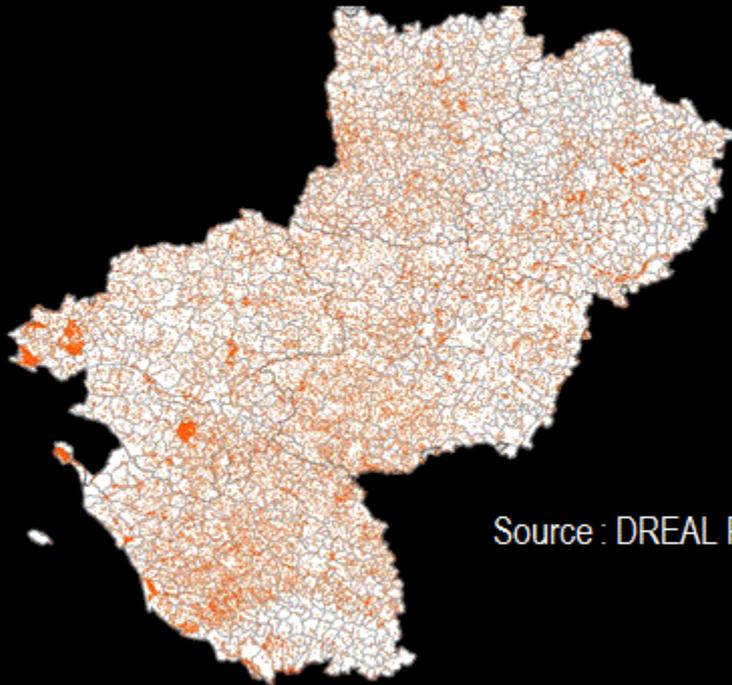


Source : DREAL PDL 2021

1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Combien en France ?



Source : DREAL PDL 20

Combien y a-t-il de plans d'eau en France?

1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0,1 ha en Pays de la Loire

Estimations

- Terasmaa et al., Heliyon, 2019

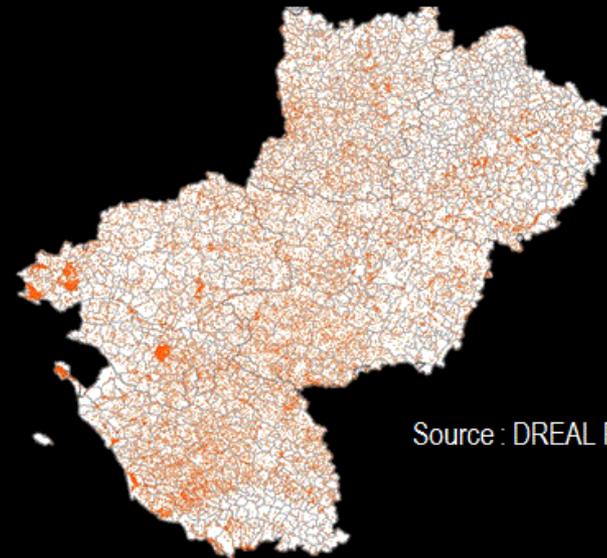
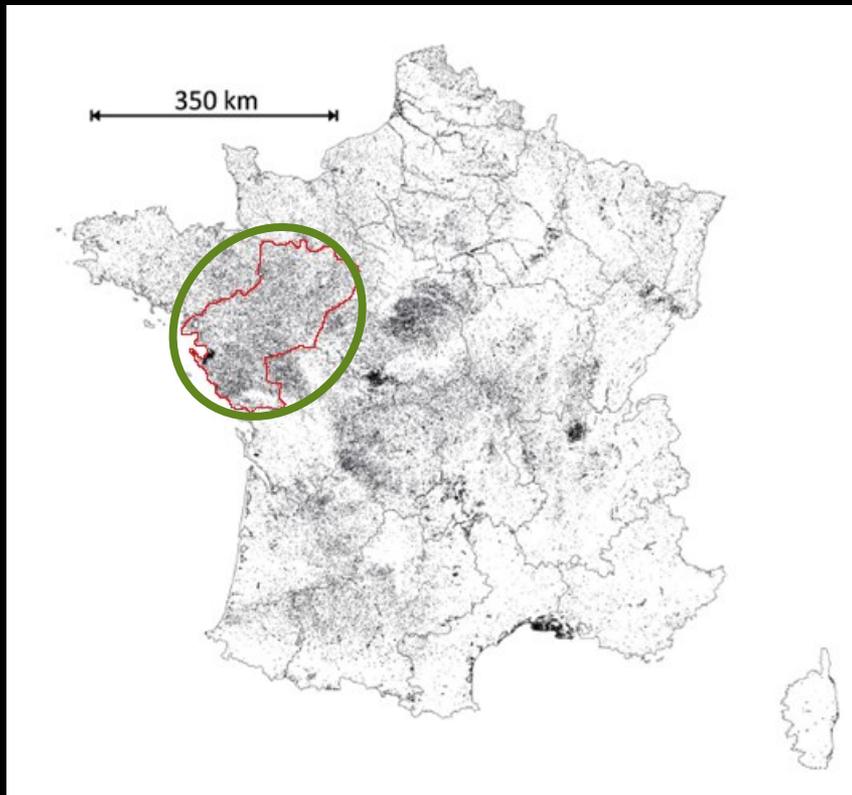
Focalisent sur les petits plans d'eau

~600000 plans d'eau

dont 98% d'origine humaine

Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France

Combien en France ?



Source : DREAL PDL 2021

1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Estimations

- Terasmaa et al., Heliyon, 2019

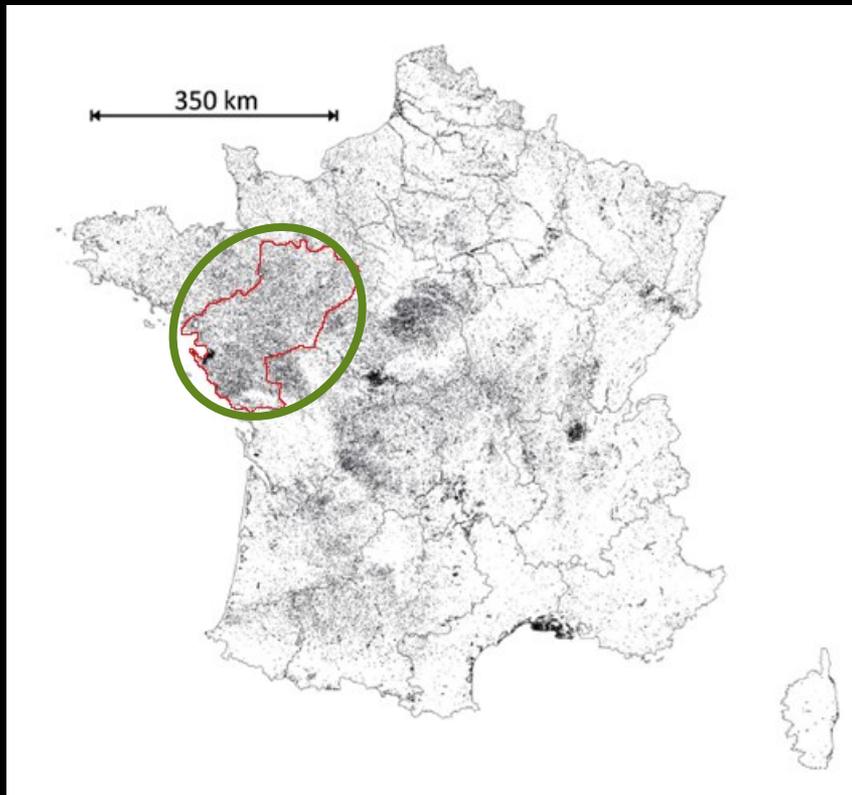
Focalisent sur les petits plans d'eau

~600000 plans d'eau

dont 98% d'origine humaine

Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France

Combien en France ?



Surface globale assez faible <1%
du territoire, mais, à peu près 1/3
des surfaces irriguées par
exemple

1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Estimations

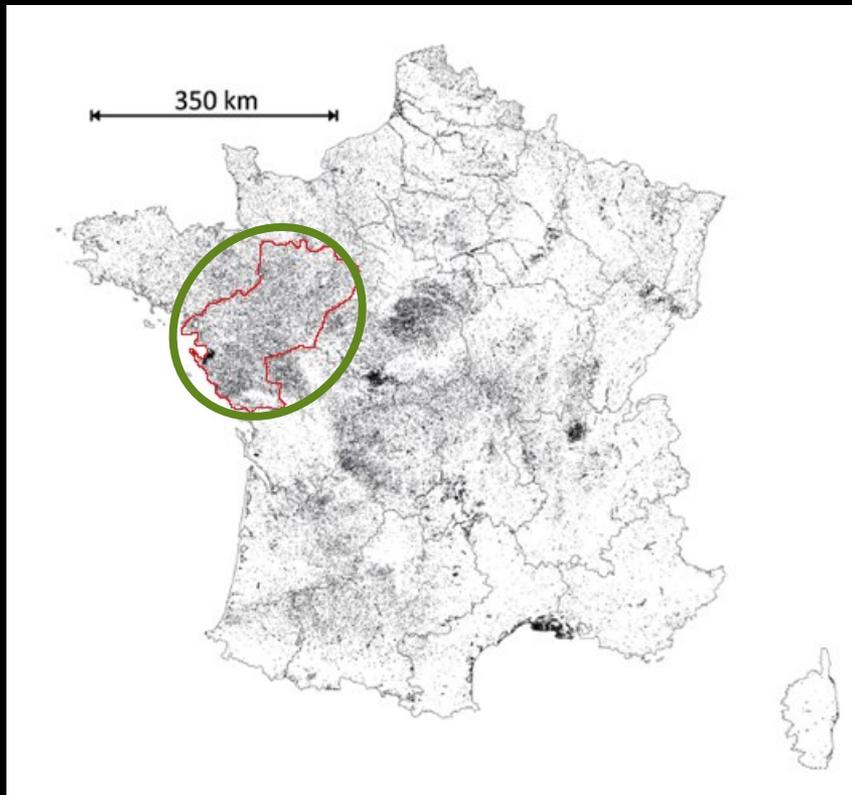
- Terasmaa et al., Heliyon, 2019

Focalisent sur les petits plans d'eau

~600000 plans d'eau

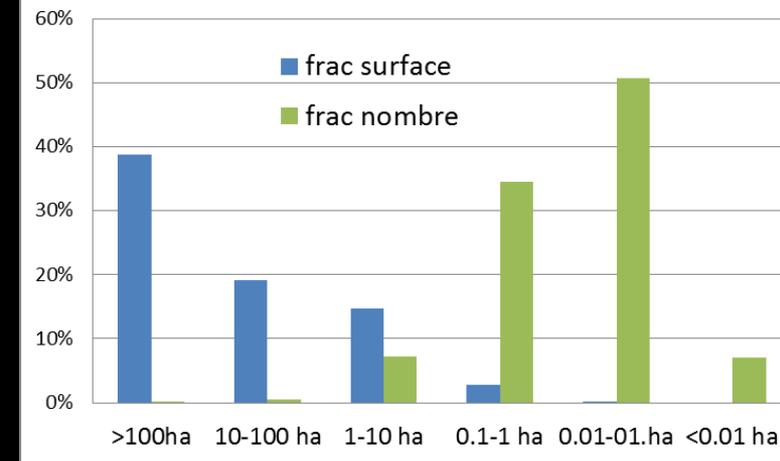
dont 98% d'origine humaine

Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France



Combien en France ?

Répartition des retenues



Surface globale assez faible <1% du territoire, mais, à peu près 1/3 des surfaces irriguées par exemple

1. Identification des plans d'eau

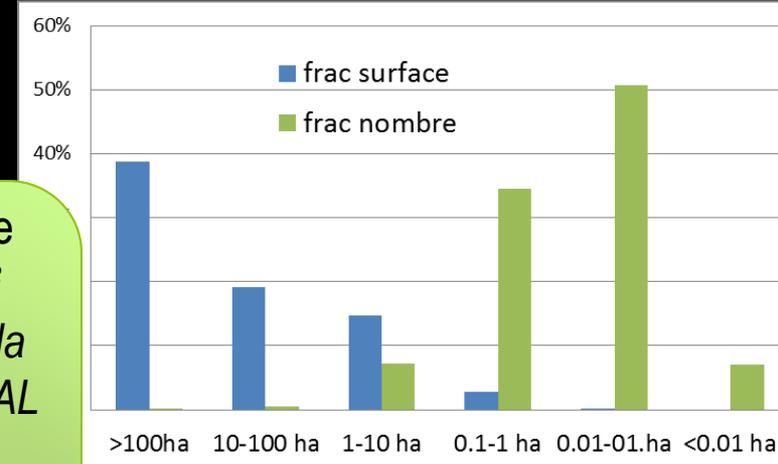
40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Estimations

- Terasmaa et al., Heliyon, 2019
Focalisent sur les petits plans d'eau
~600000 plans d'eau
dont 98% d'origine humaine
Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France

Combien en France ?

Répartition des retenues



Densité en nombre de plans d'eau par /km²

- ~ 1.2 en Pays de la Loire selon la DREAL
- ~1.1 en France selon Terasmaa et al., 2019

Surface globale assez faible <1% du territoire, mais, à peu près 1/3 des surfaces irriguées par exemple

1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Combien en France ?

Estimations

- Terasmaa et al., Heliyon, 2019

Focalisent sur les petits plans d'eau

~600000 plans d'eau

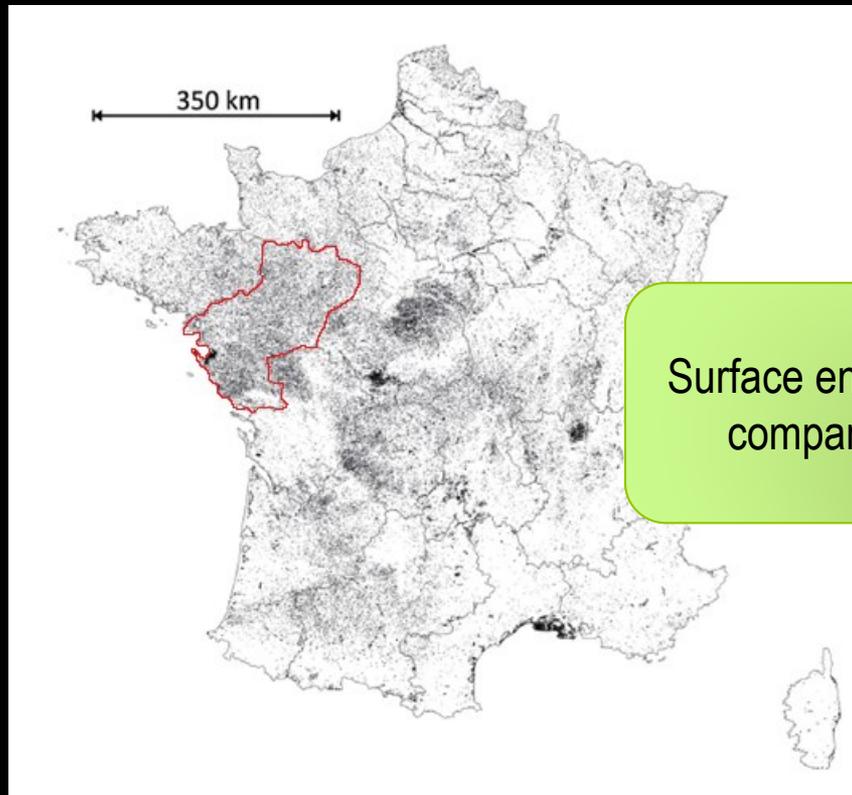
dont 98% d'origine humaine

Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France

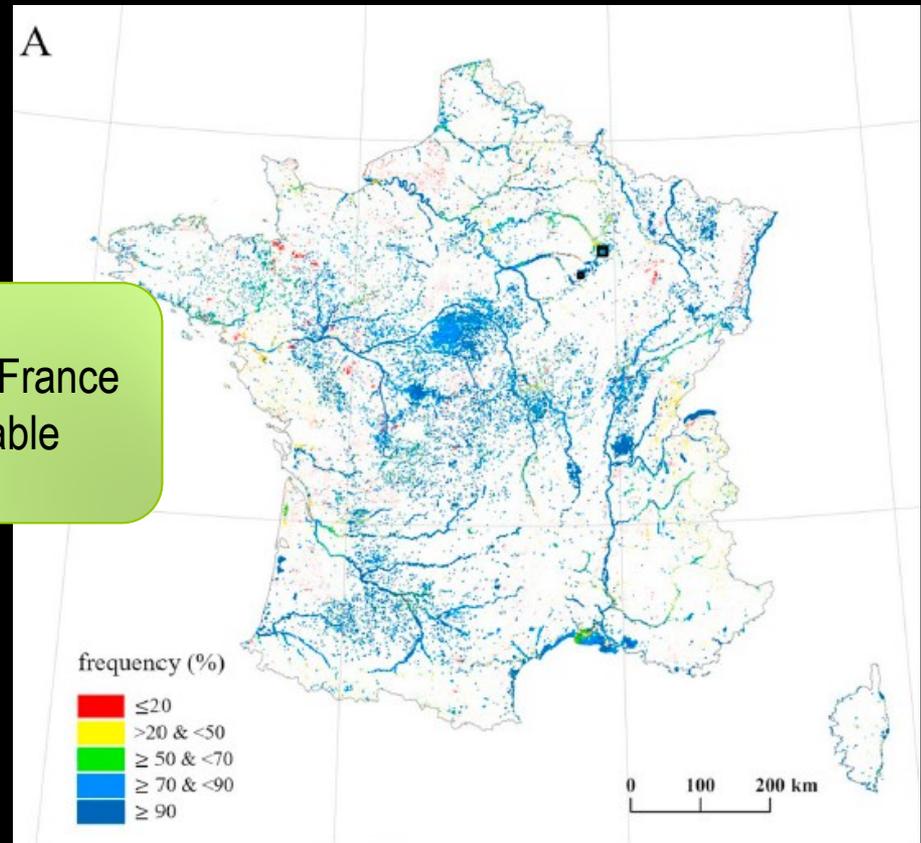
- Yang et al., RSE, 2020

Focalisent sur les surfaces en eau

Surface totale 4000km², soit 0.7% de la France



Surface en France comparable



1. Identification des plans d'eau

40 000 plans d'eau de plus de 0.1 ha en Pays de la Loire

Combien en France ?

Estimations

• Terasmaa et al., Heliyon, 2019

Focalisent sur les petits plans d'eau

~600000 plans d'eau

dont 98% d'origine humaine

Surface totale 4550km², soit 0.8% de la France

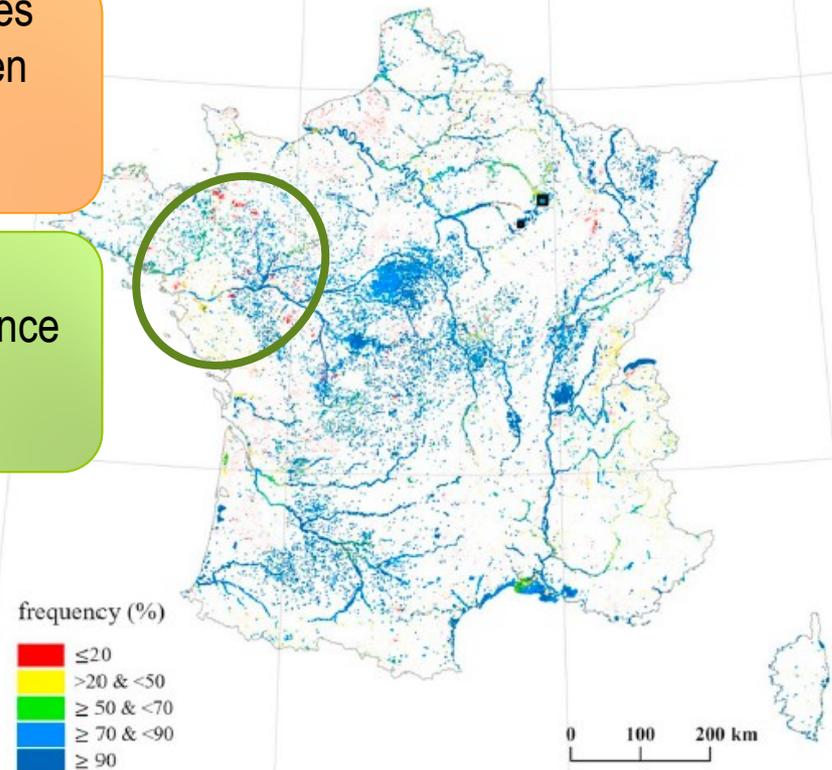
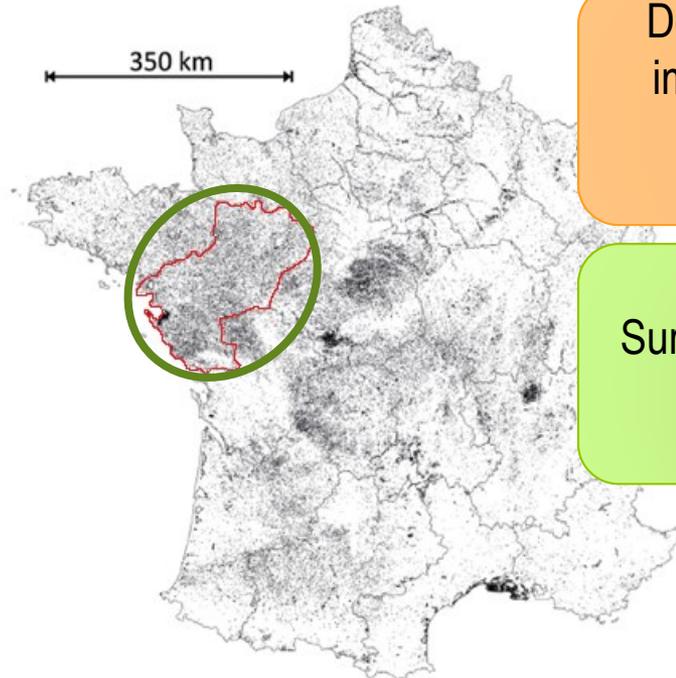
• Yang et al., RSE, 2020

Focalisent sur les surfaces en eau

Surface totale 4000km², soit 0.7% de la France

Des différences importantes en PDL sur les estimations

Surface en France comparable



1. Identification des plans d'eau

Quel volume en eau représentent les plans d'eau ?

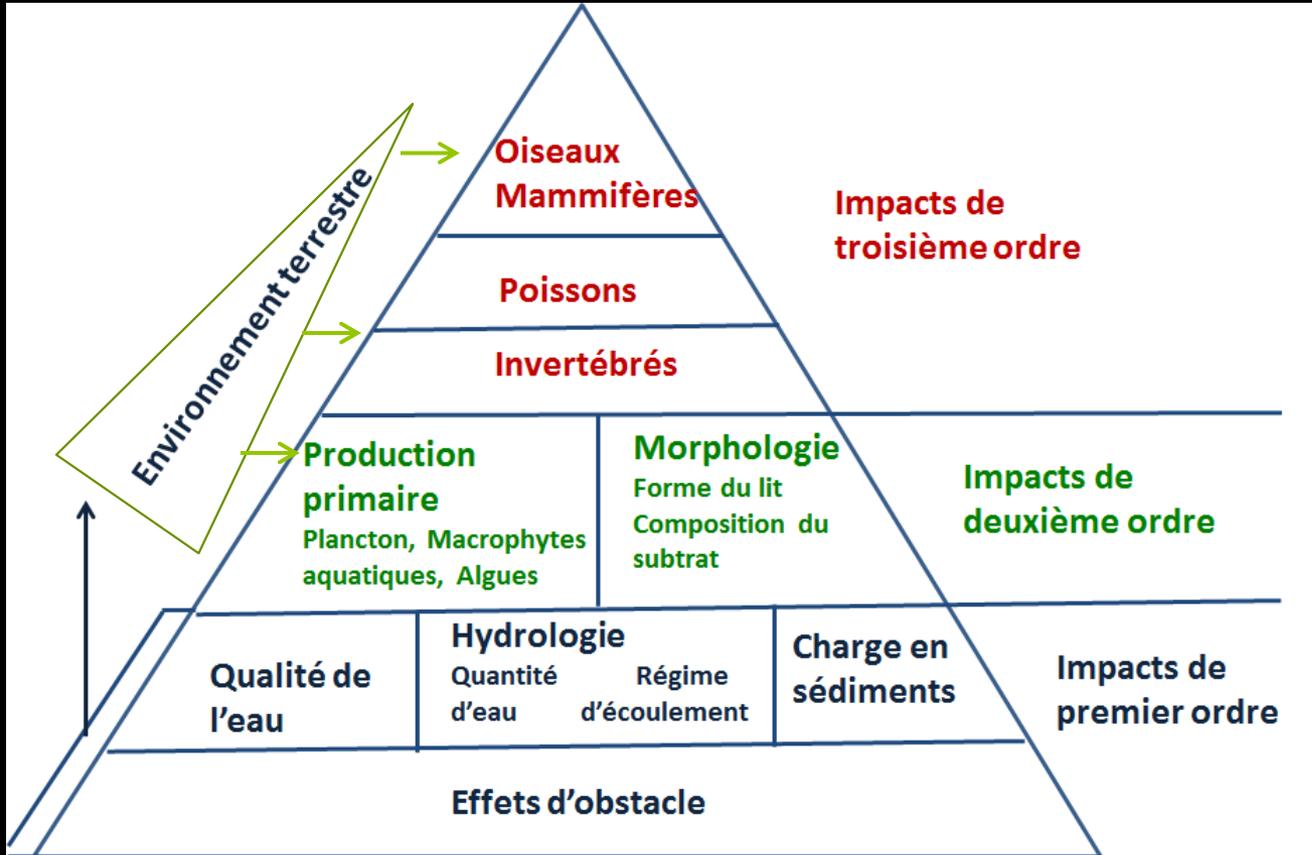
Des informations sur les gros barrages : en France
560 barrages représentent environ 10 milliards de m³
Très peu d'informations sur les petits plans d'eau (99%!)

Les plans d'eau sont importants, parcequ'ils

- Sont très nombreux
- Représentent une surface non négligeable (incertaine et variable)
- Stockent / interceptent un volume d'eau méconnu mais sans doute non négligeable
- Impactent la ressource en eau tant en quantité qu'en qualité
- Ont un impact qui va évoluer avec le dérèglement climatique
- Pourraient se développer notamment pour soutenir une irrigation (Voir par exemple le Varenne agricole)

2. Impacts des plans d'eau

Résumé des impact des plans d'eau



Source :Bergkamp et al, repris de Petts, 1984, cf ESCO Impact cumulé des retenues, Carluet et al., 2016

2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs



2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

Des plans d'eau artificiels pour différents usages:



2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

Des plans d'eau artificiels pour différents usages:

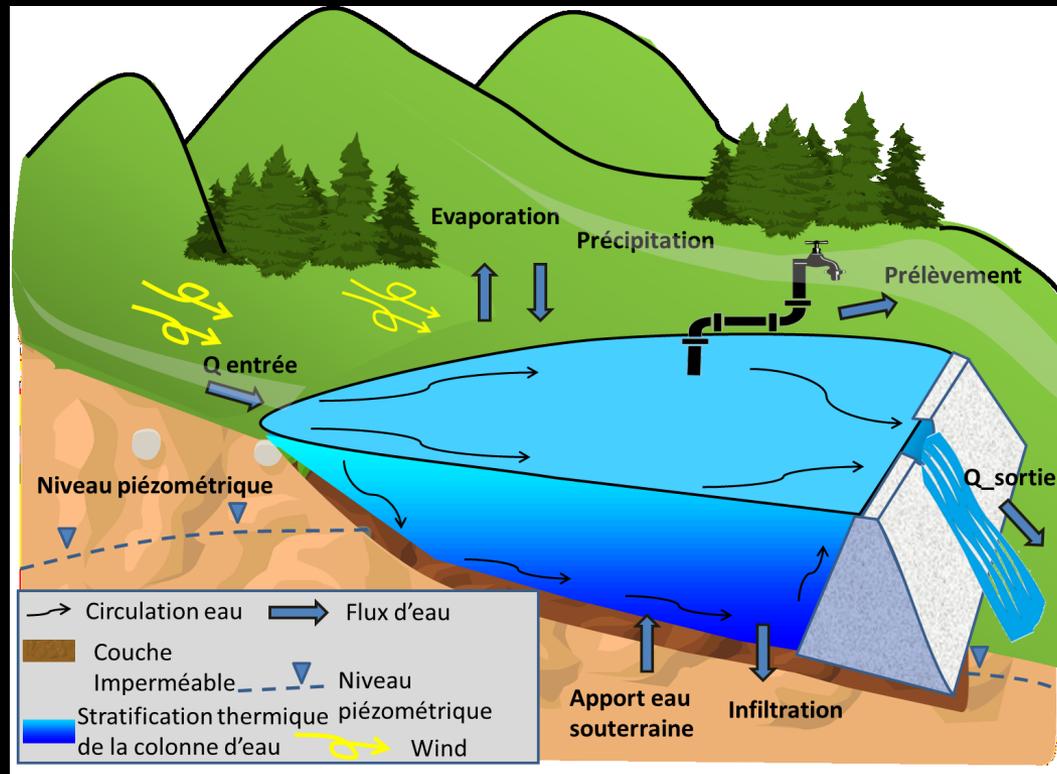


L'impact des plans d'eau dépend en partie de leurs usages

Fonctionnement d'un plan d'eau

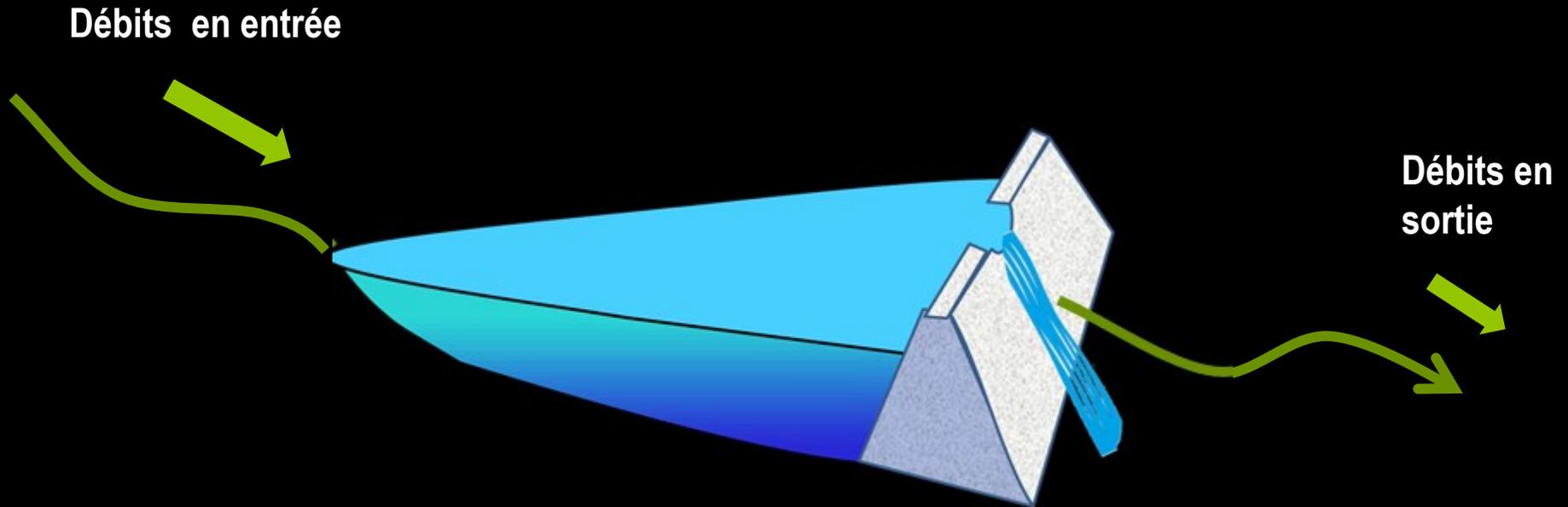
Le bilan hydrique d'une retenue peut s'écrire:

$$\Delta V = P_{\text{récapitation}} - E_{\text{vaporation}} + Q_{\text{entrée}} - Q_{\text{sortie}} - Q_{\text{infiltration}} - Q_{\text{prélèvement}}$$

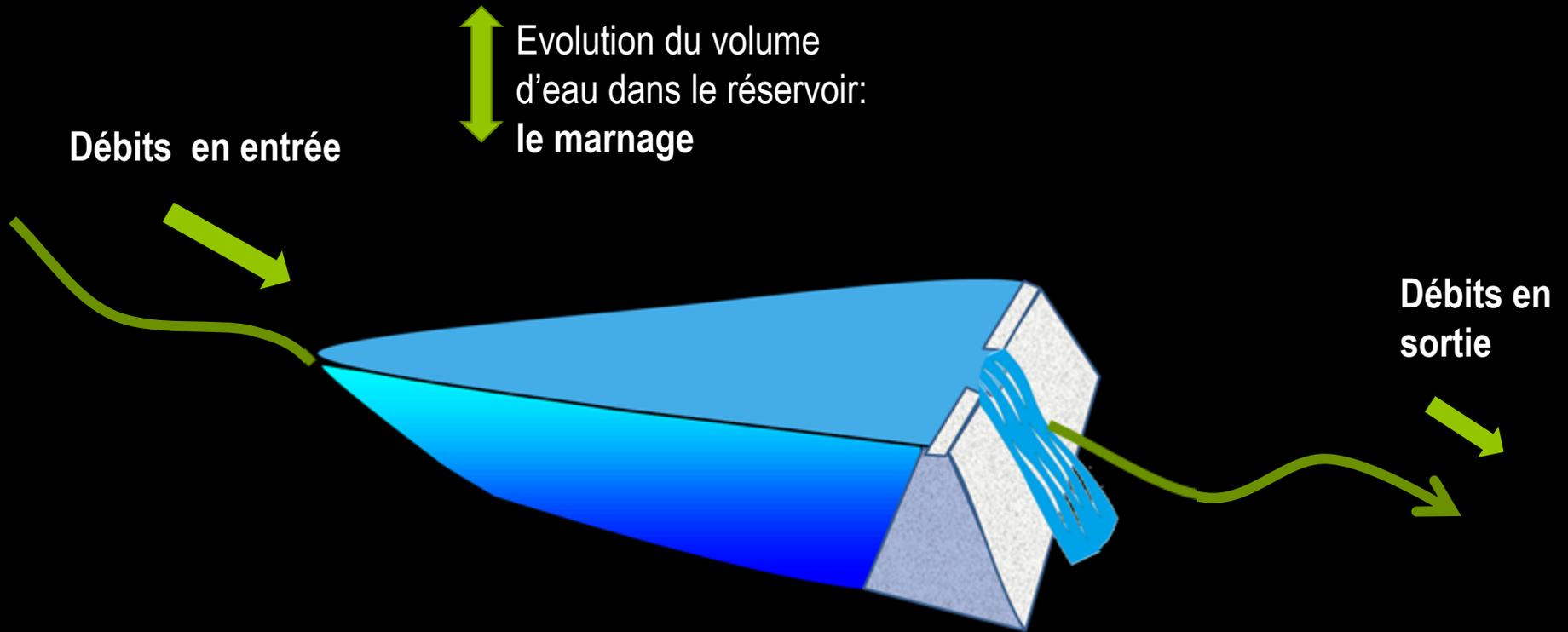


On considère ici des retenues avec prélèvements de type agricoles

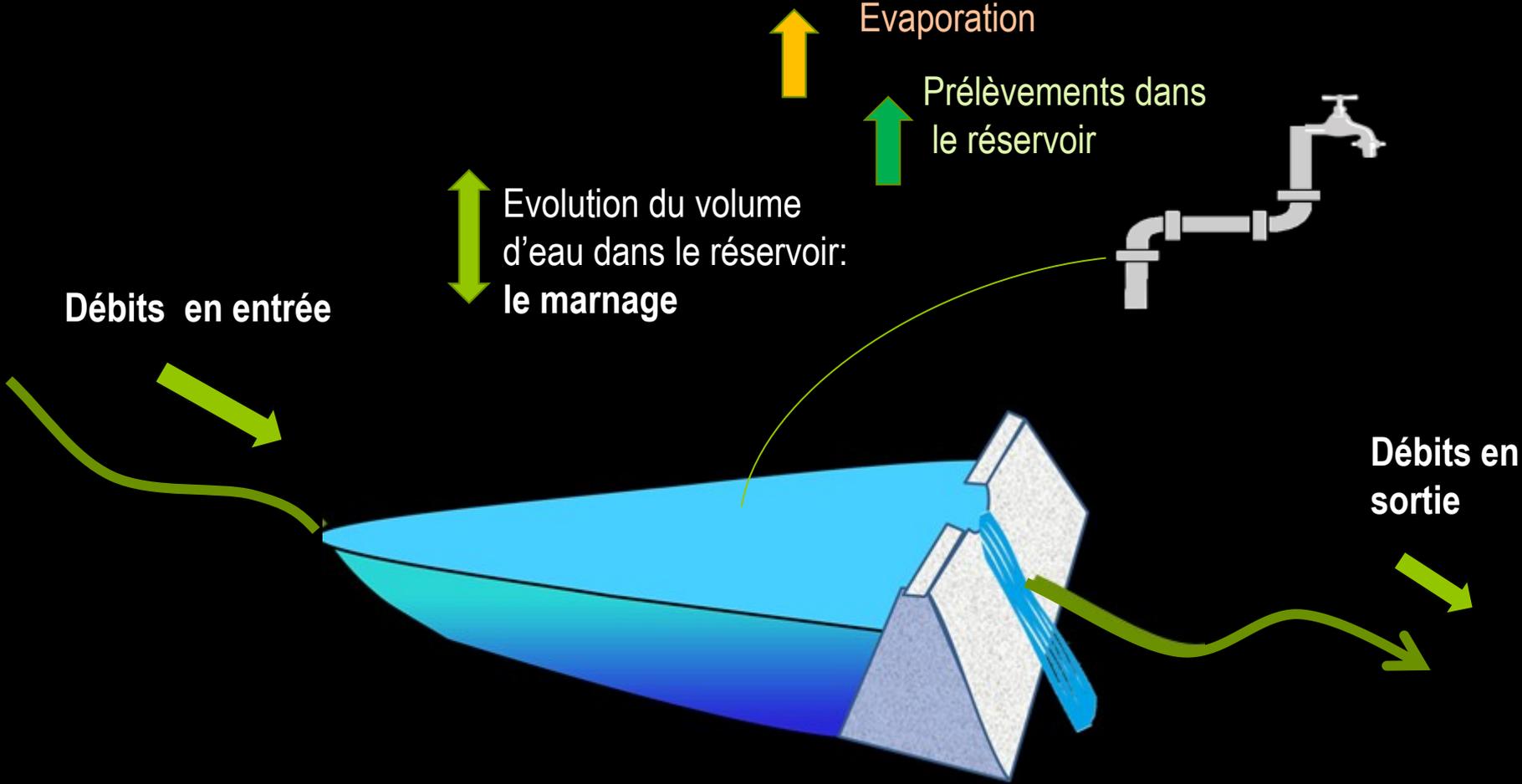
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



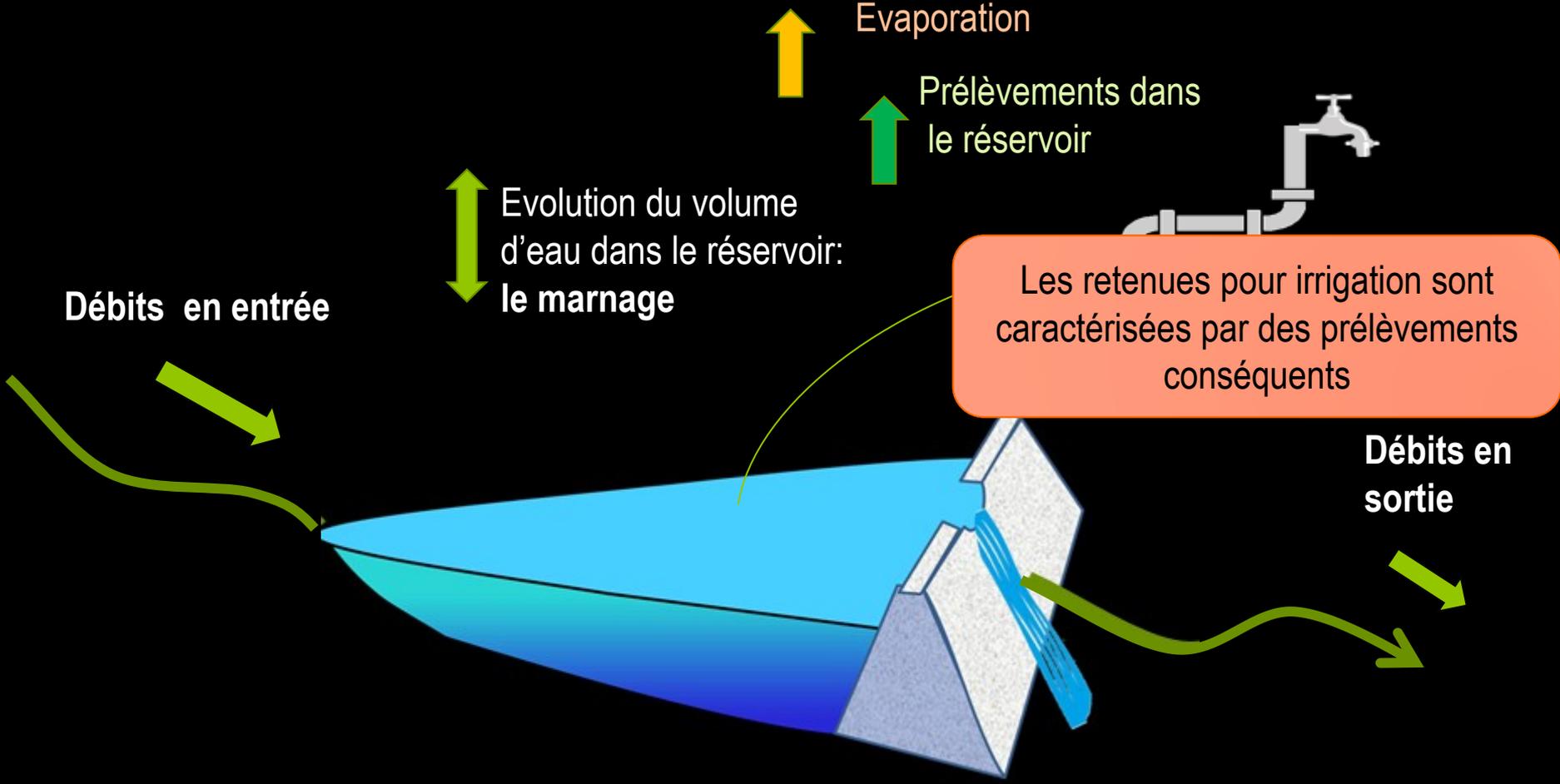
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



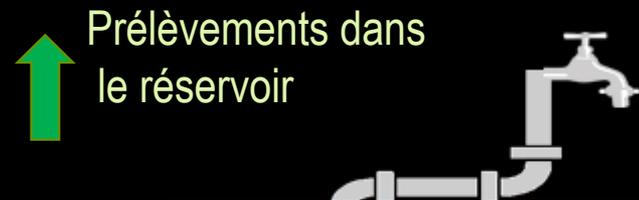
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



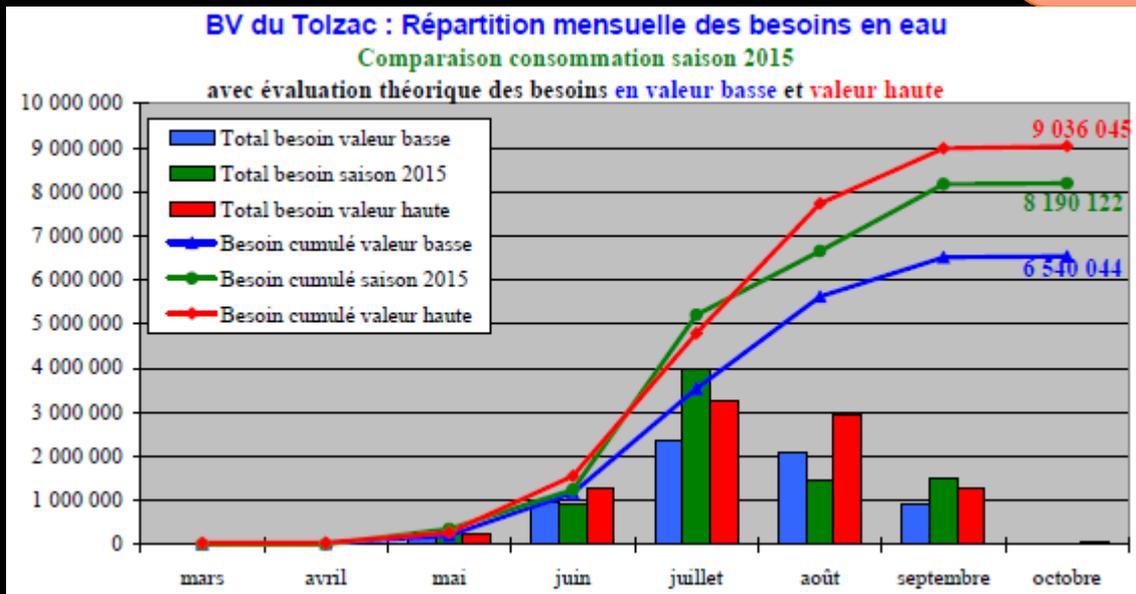
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



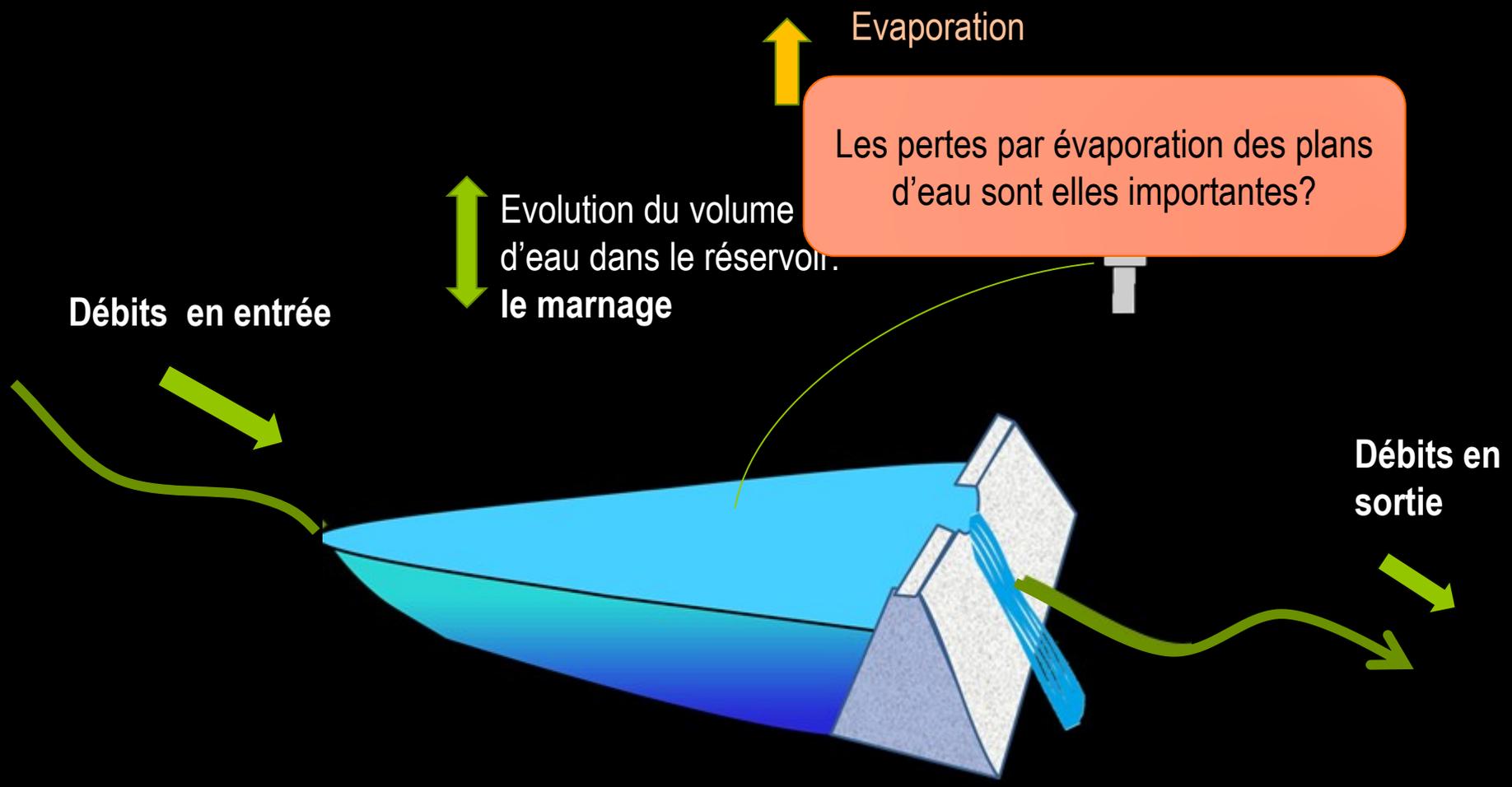
Les prélèvements dans les retenues sont mal connus. Certaines DDT arrivent à estimer les besoins et origines de l'eau (ici DDT47)

Les retenues pour irrigation sont caractérisées par des prélèvements conséquents

Débits en sortie



Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



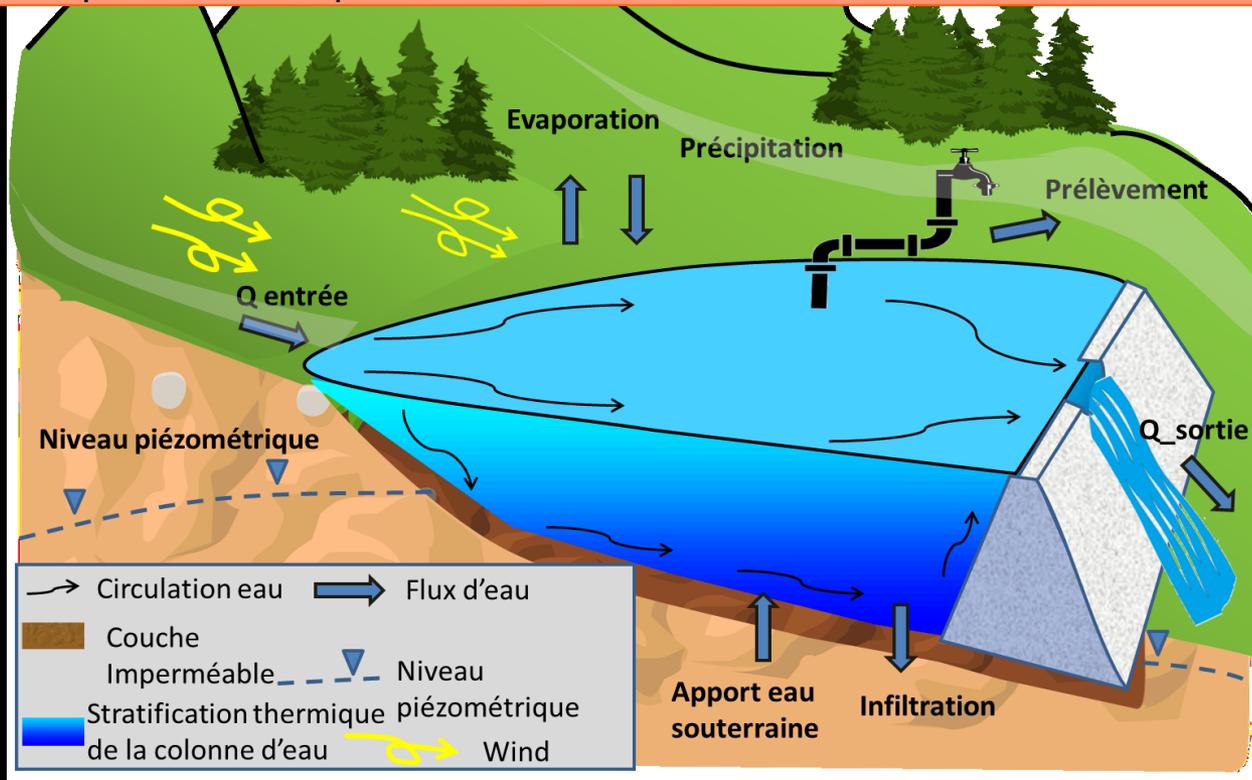
2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

L'évaporation est d'autant plus forte que la température du plan d'eau en surface est élevée

- Faible profondeur d'eau
- Pas d'obstacle au vent
- Pas d'ombre portée

Si la surface du lac est assez grande, une fine couche saturée en humidité peut se former en surface qui va limiter les pertes en évaporation



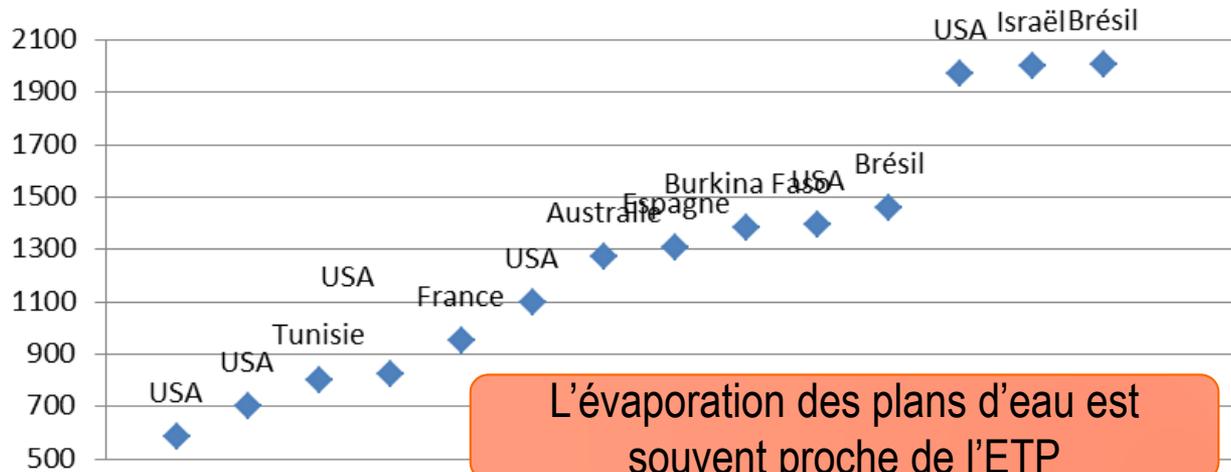
2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

L'évaporation des plans peut être estimée par:

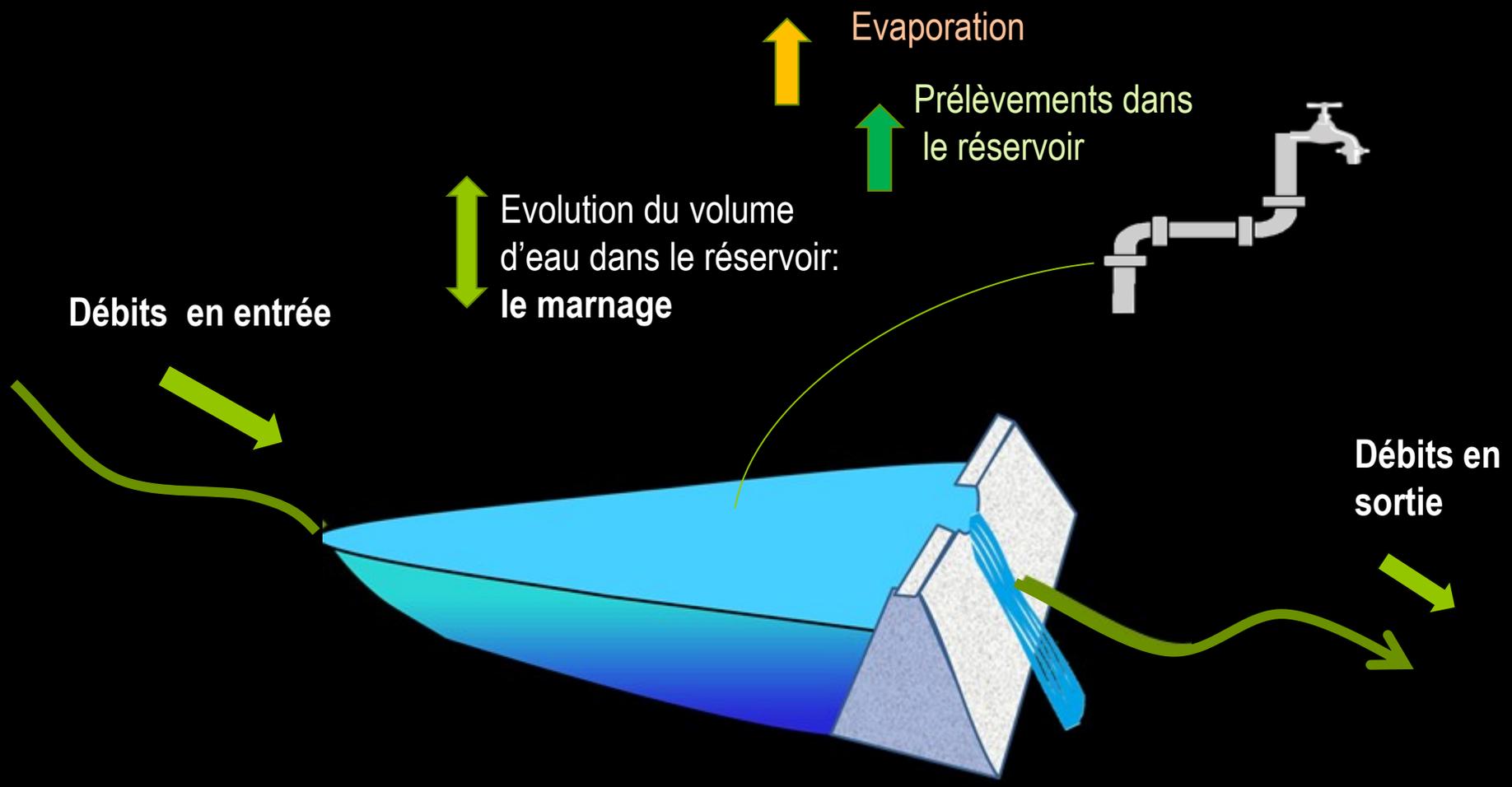
- Des bilans d'énergie
- Des bilans d'eau

Evaporation des plans d'eau en $\text{mm}/\text{m}^2/\text{an}$

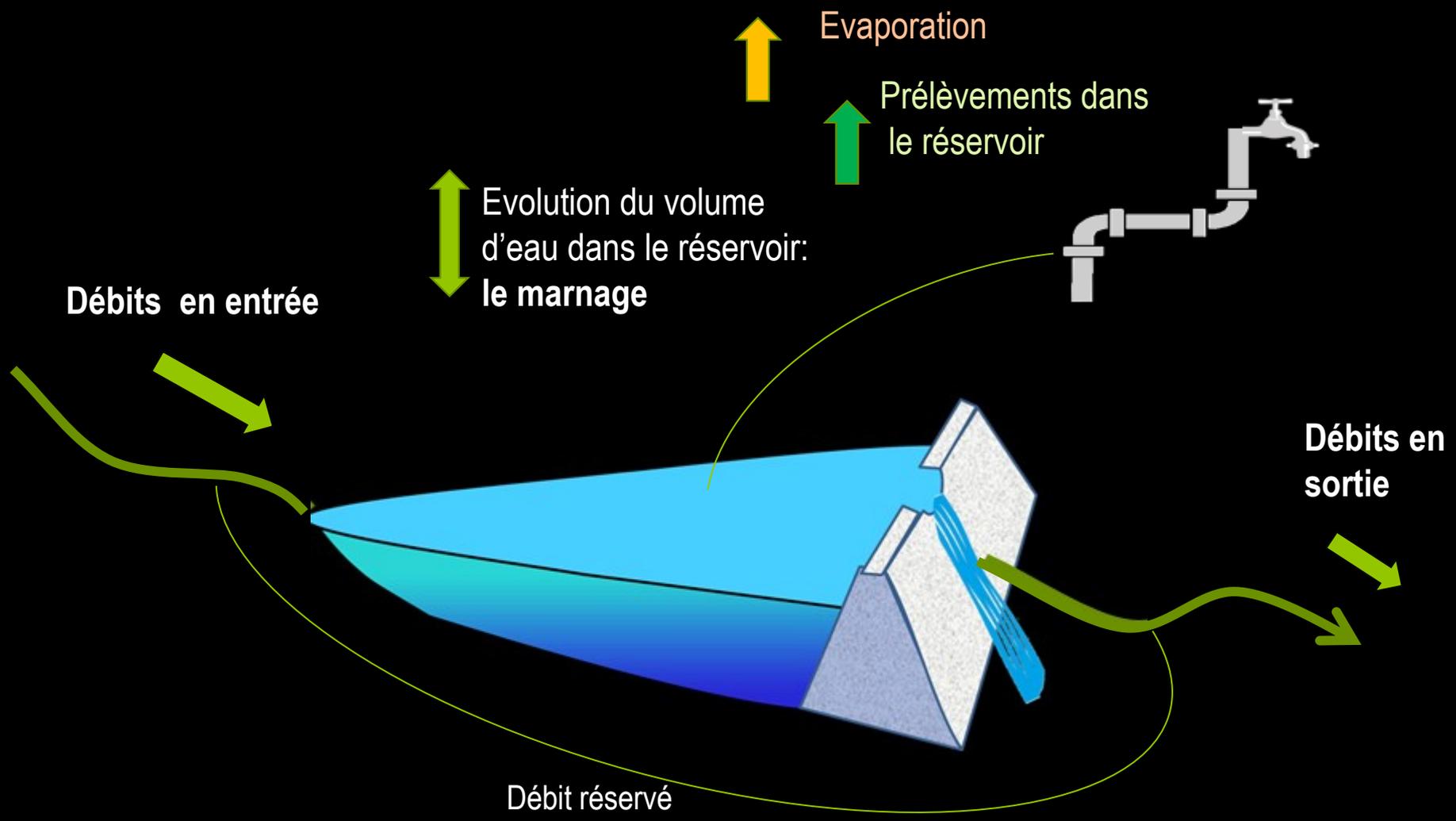


Tanny et al., (2011).

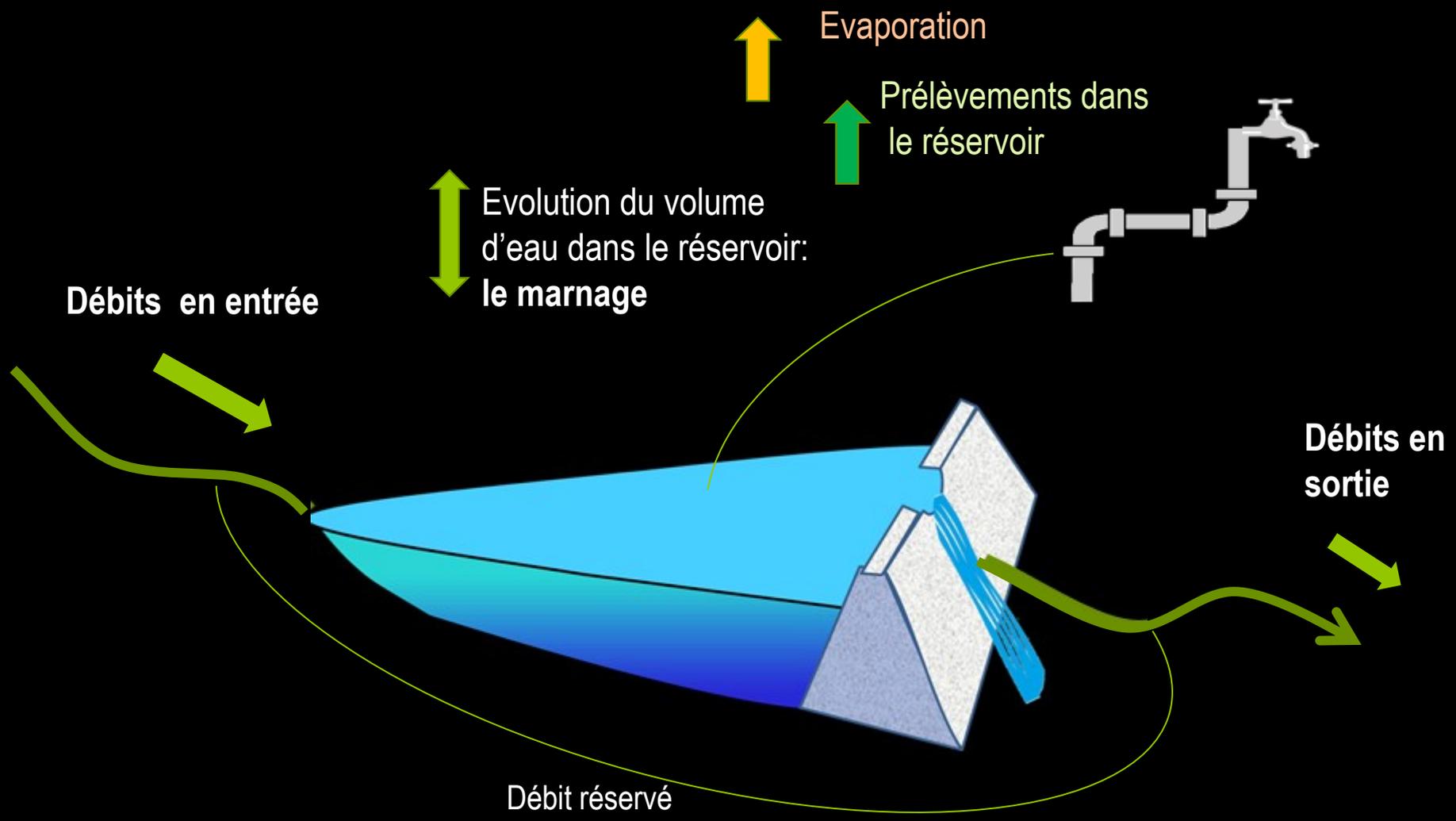
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



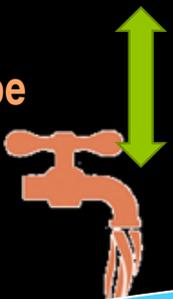
Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel



Fonctionnement d'un plan d'eau artificiel

Cas particulier des bassines de substitution

Alimentée par
prélèvement en nappe
et/ou rivière en hiver



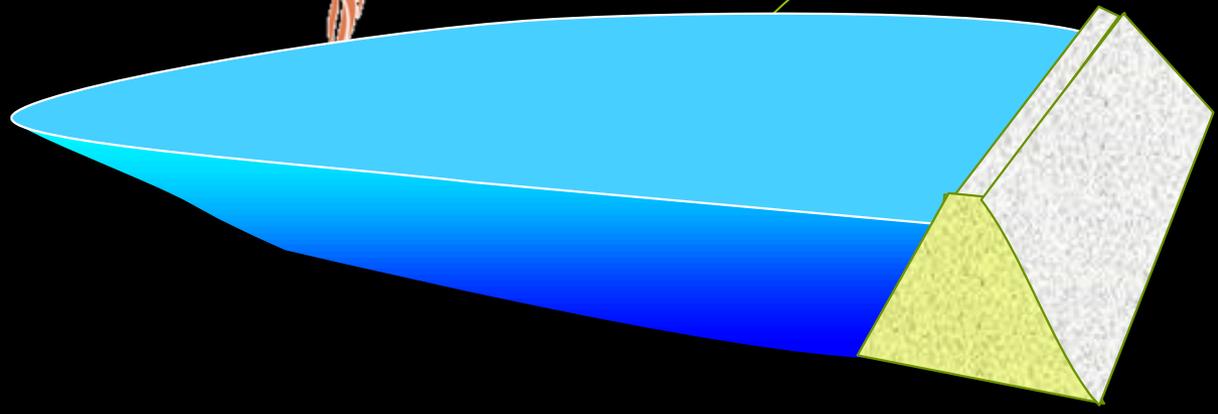
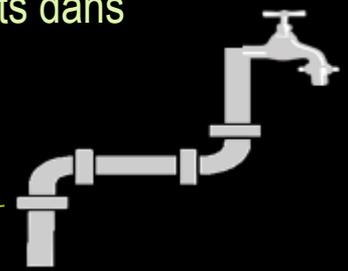
Evolution du volume
d'eau dans le réservoir



Evaporation



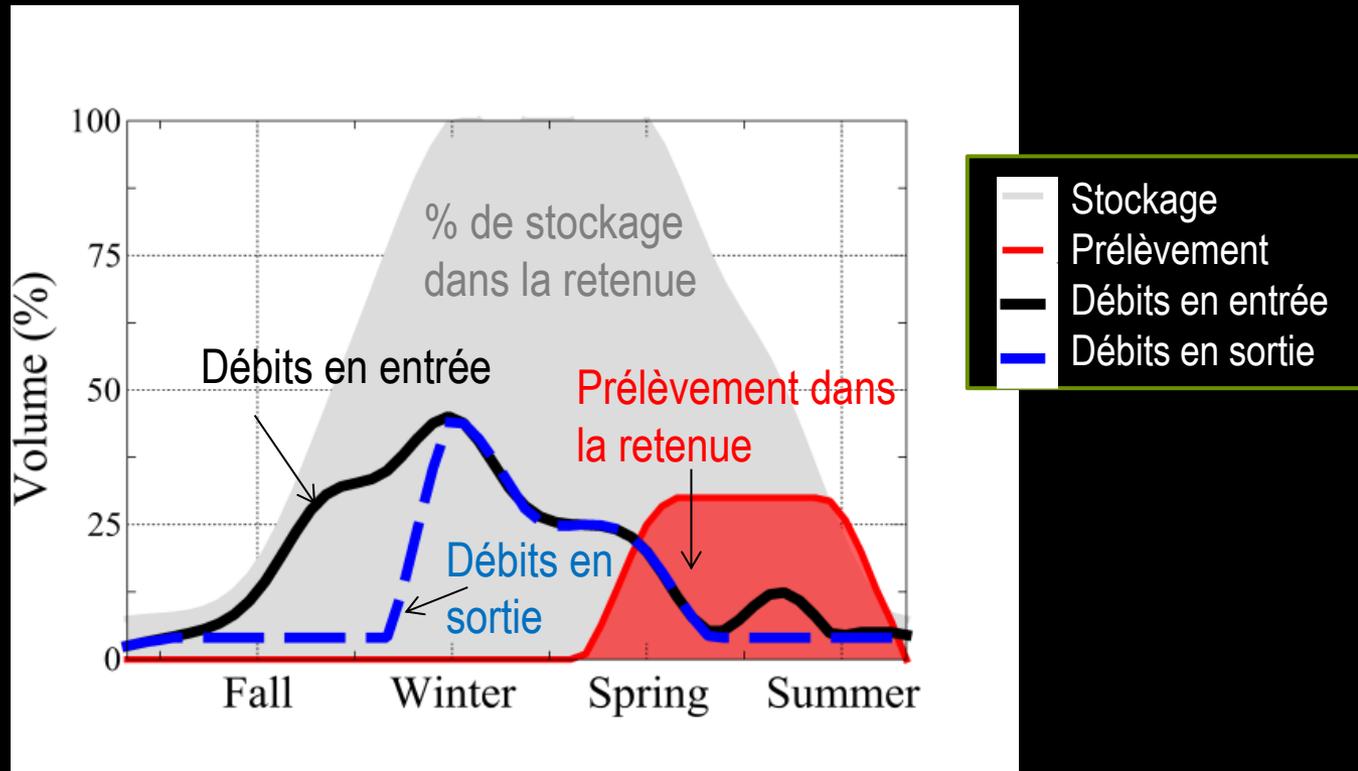
Prélèvements dans
le réservoir



Pas de débits en
sortie
vers le
milieu

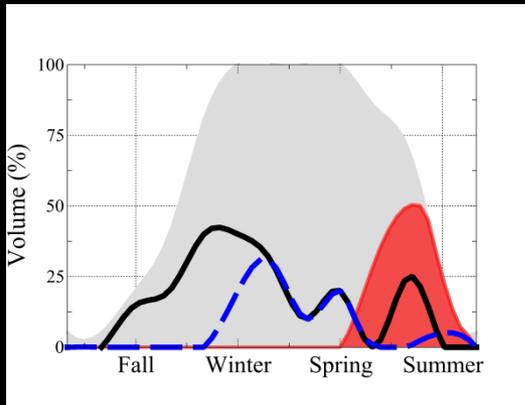
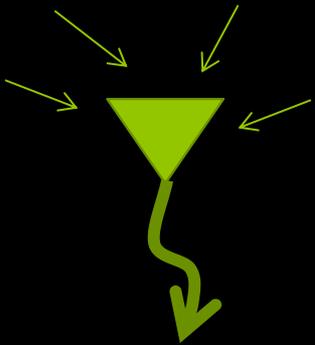
Fonctionnement d'un plan d'eau: impact sur les débits

Retenues avec débits réservés

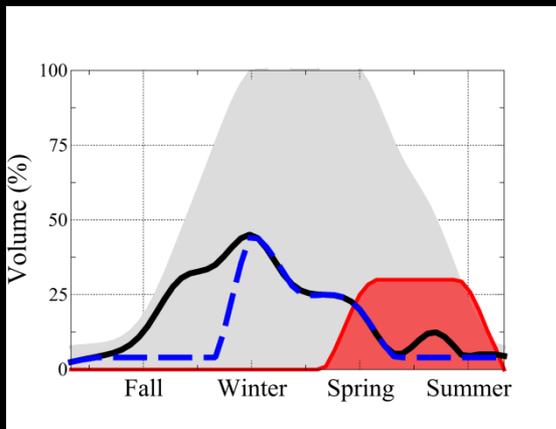


Fonctionnement d'un plan d'eau: impact sur les débits

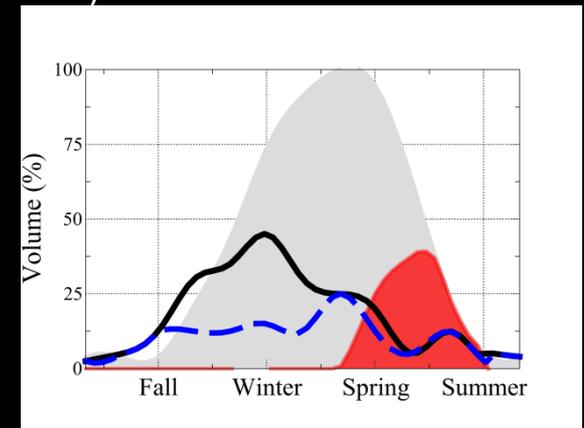
a) Retenues de type collinaire



b) Retenues avec débits réservés

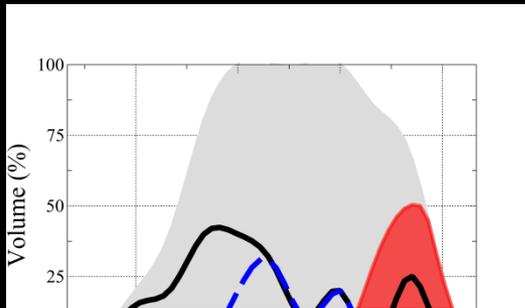


c) Retenue en dérivation



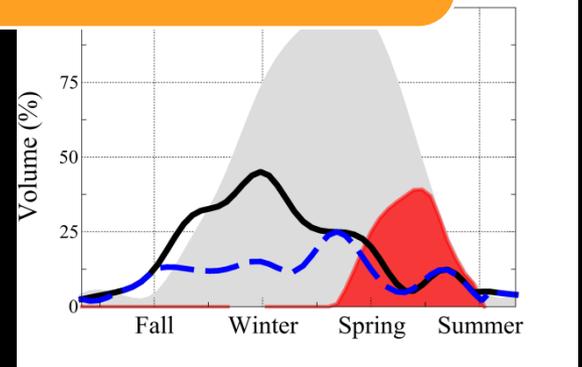
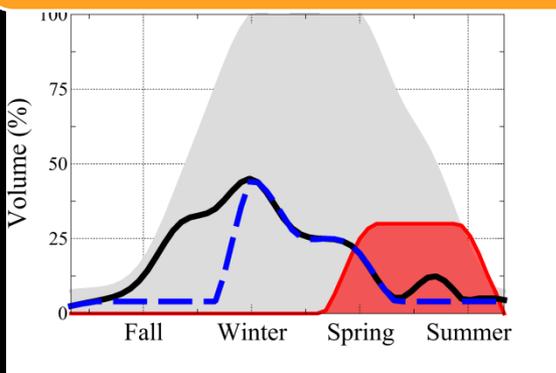
Fonctionnement d'un plan d'eau: impact sur les débits

a) Retenues de type collinaire



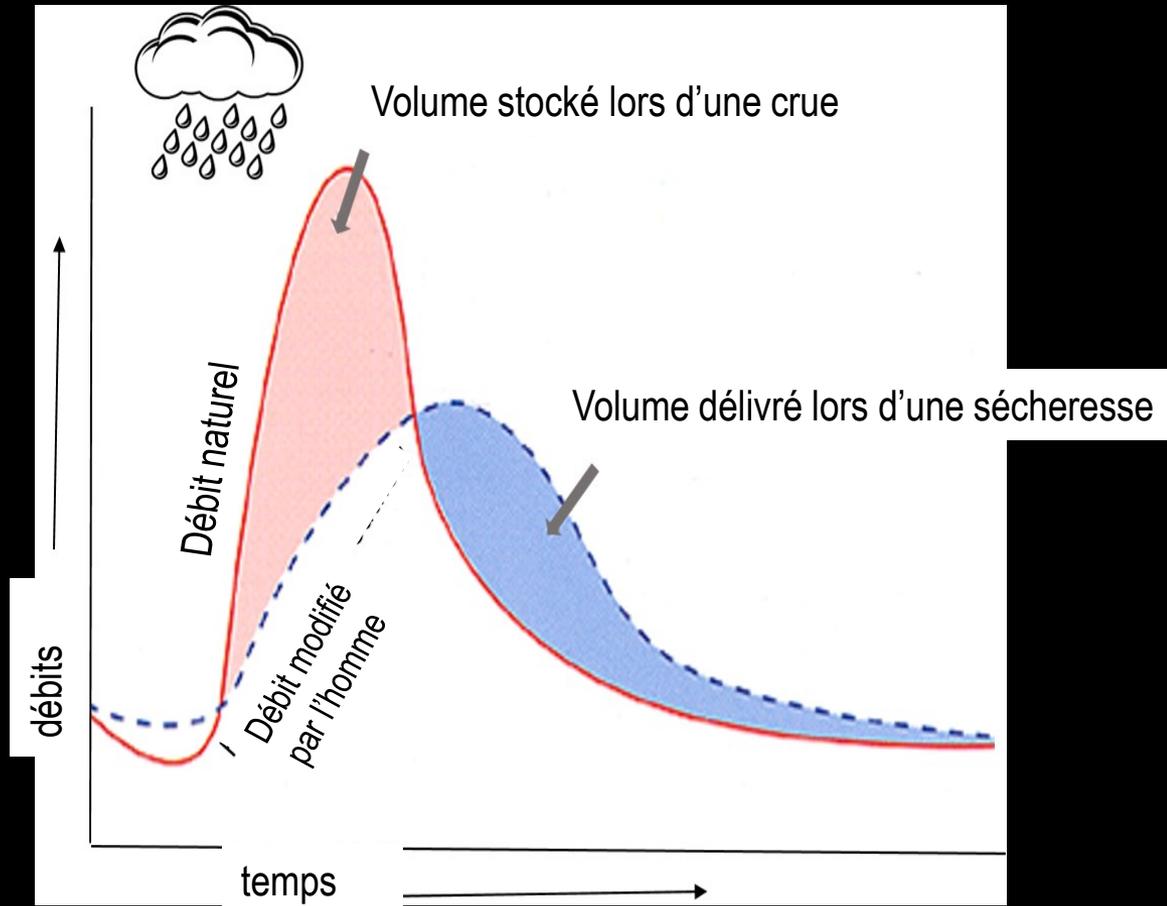
La dynamique de remplissage et la dynamique des prélèvements jouent fortement sur l'impact des réservoirs sur les débits

b) Re



Fonctionnement d'un plan d'eau: impact sur les débits

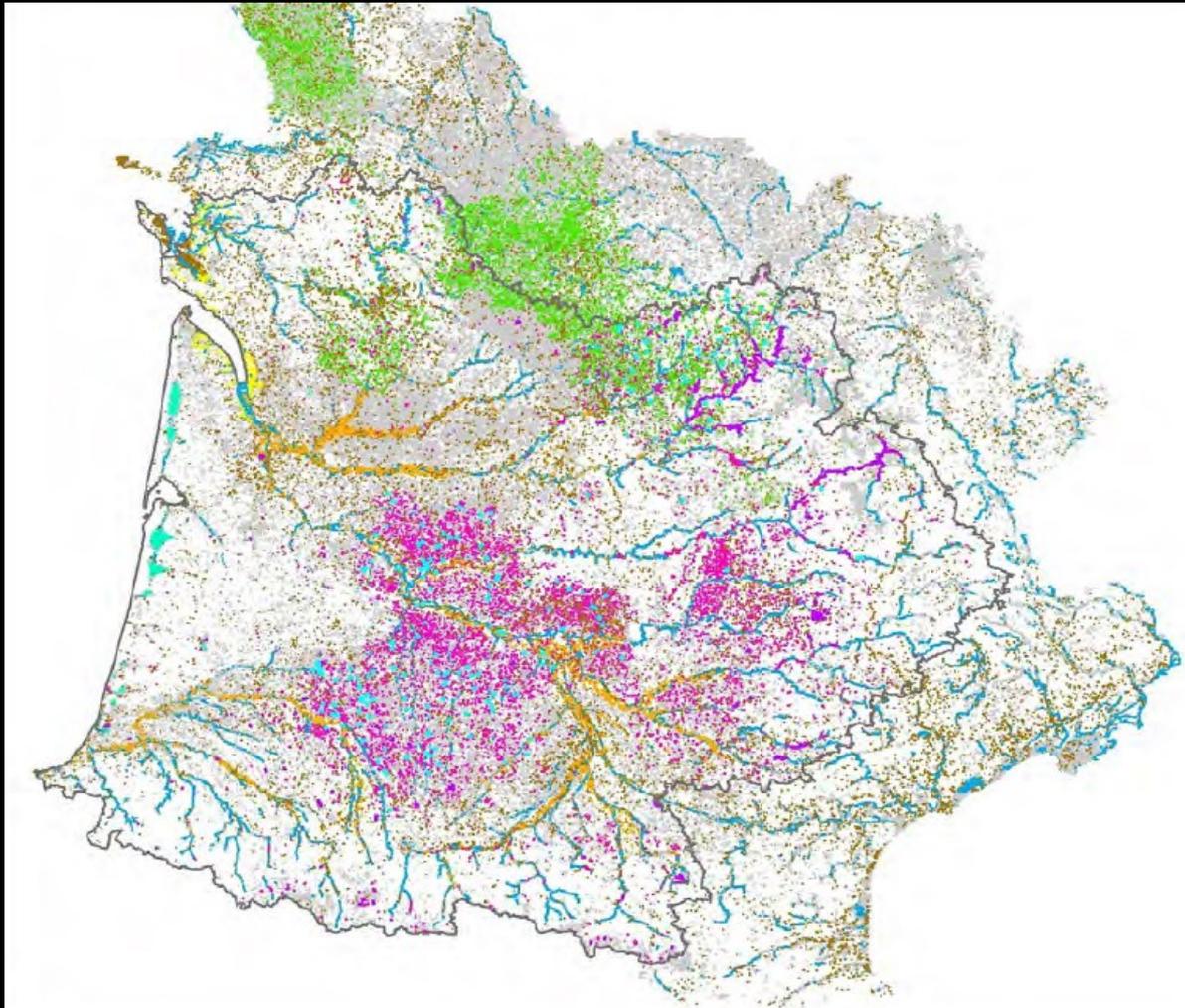
Les gros réservoirs peuvent servir à écrêter les crues et soutenir les étiages



Usage des plans d'eau:

mal connus...

Estimation partielle disponible, par exemple, en Adour Garonne



Typologie des surfaces en eau identifiées (mode de stockage)

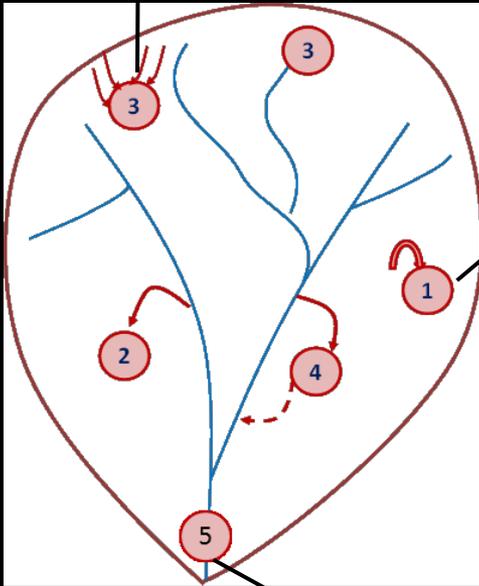
	efface (55)
	ce (15694)
	grande retenue (DCE) (90)
	graviere (7452)
	inconnu (118187)
	mare, etang (16059)
	milieu sale (3022)
	naturel (60)
	reservoir (38559)
	retenue de barrage (12091)
	substitution (39)

2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

Pour estimer les impacts cumulés, il faut connaître

- Les caractéristiques physiques des retenues (surface, volume)
- Leurs usages
- Le type de connexion au réseau



1 - Bassin d'irrigation Alimenté par pompage dans la **nappe**

2 - Bassin d'irrigation Alimenté par pompage dans la **rivière**

3 - Retenue collinaire, alimentée par ruissellement.

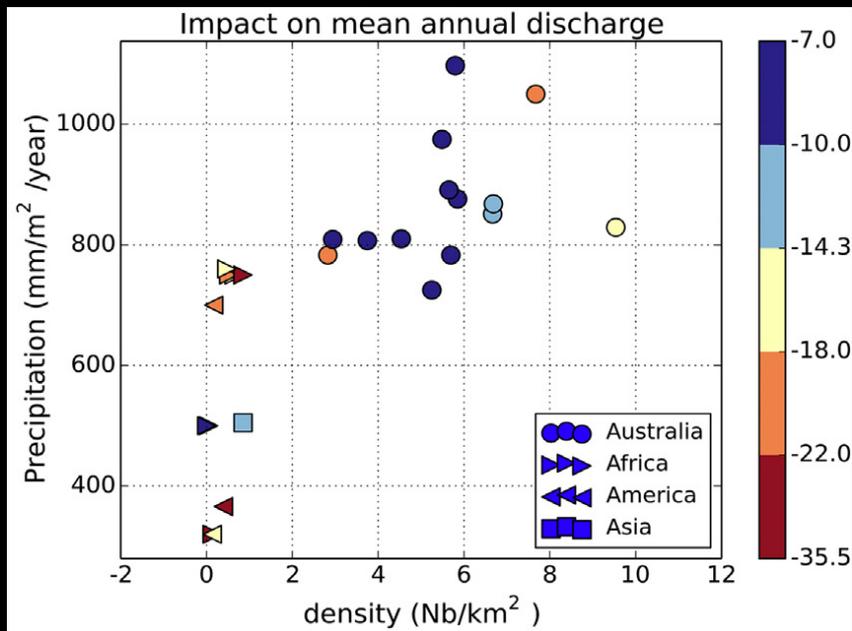
4 - Retenue en dérivation, alimentée par dérivation d'un cours d'eau.

5 - Retenue de barrage, située sur un cours d'eau.



Impact cumulé des retenues sur **les débits du bassin versant**

Impact sur les débits, fonction de la densité de retenue et des précipitations

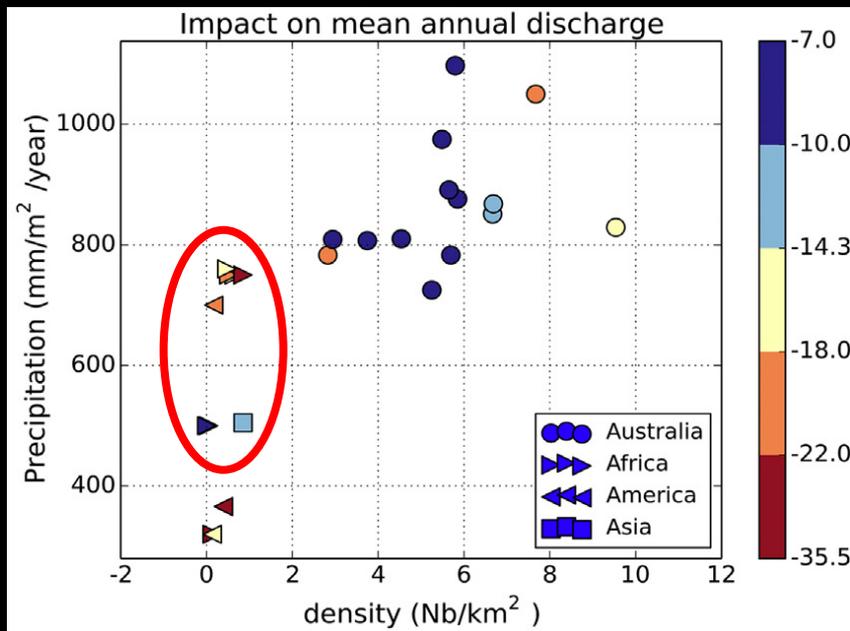


Type d'études:

- Observations sur un sous ensemble de retenues
- Comparaison entre 2 bassins contrastés
- Modélisation

Impact cumulé des retenues sur **les débits du bassin versant**

Impact sur les débits, fonction de la densité de retenue et des précipitations



Type d'études:

- Observations sur un sous ensemble de retenues
- Comparaison entre 2 bassins contrastés
- Modélisation

En moyenne, en France

densité: $\sim 1 / \text{km}^2$

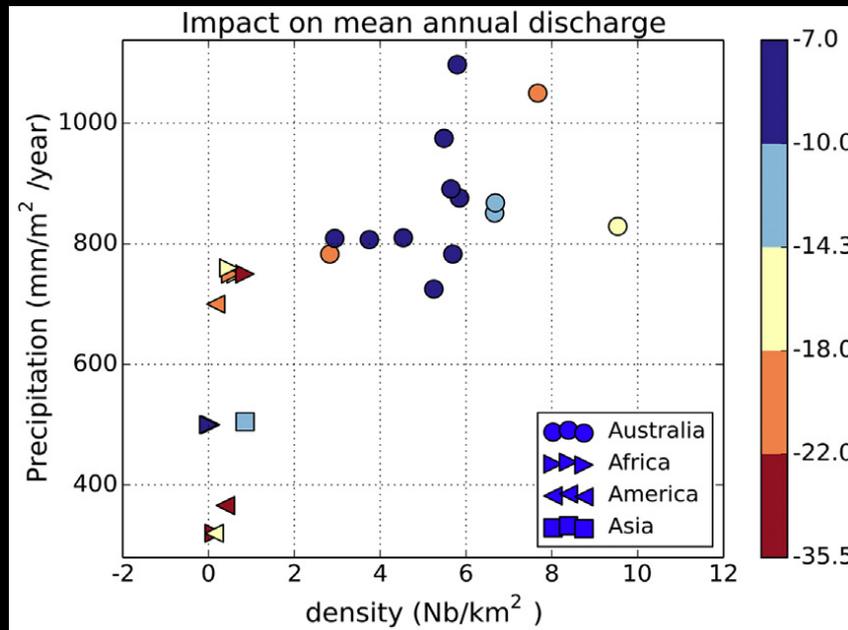
précipitations : ~ 600 à 800 mm/an

Impacts obtenus dans la littérature

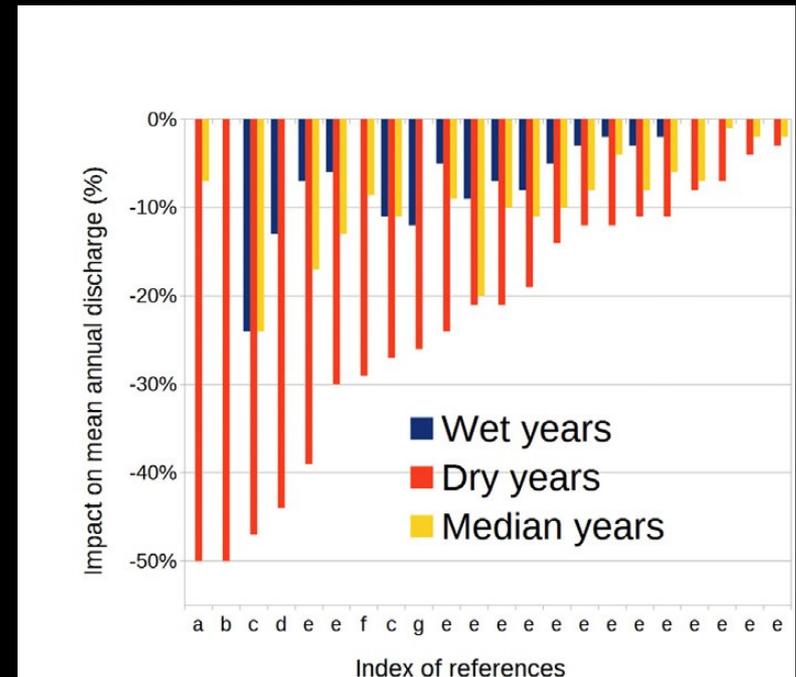
Réduction des débits entre 10 et 35%

Impact cumulé des retenues sur les débits du bassin versant

Impact sur les débits, fonction de la densité de retenue et des précipitations



Impact sur les débits en fonction des années sèches / normales / humides

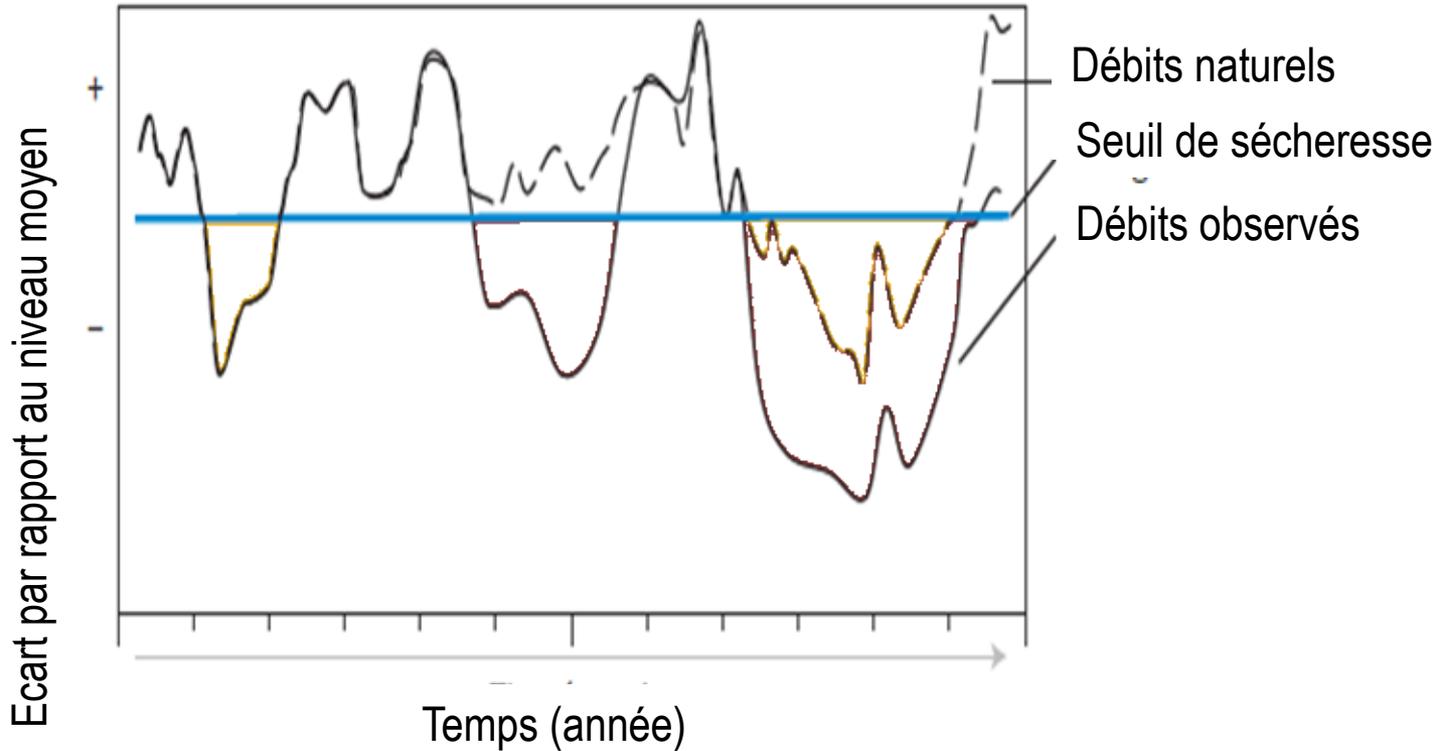


Les impacts sont beaucoup plus forts les années sèches

→ lié au fait que les prélèvements ou évaporation représentent une part importante des débits entrant

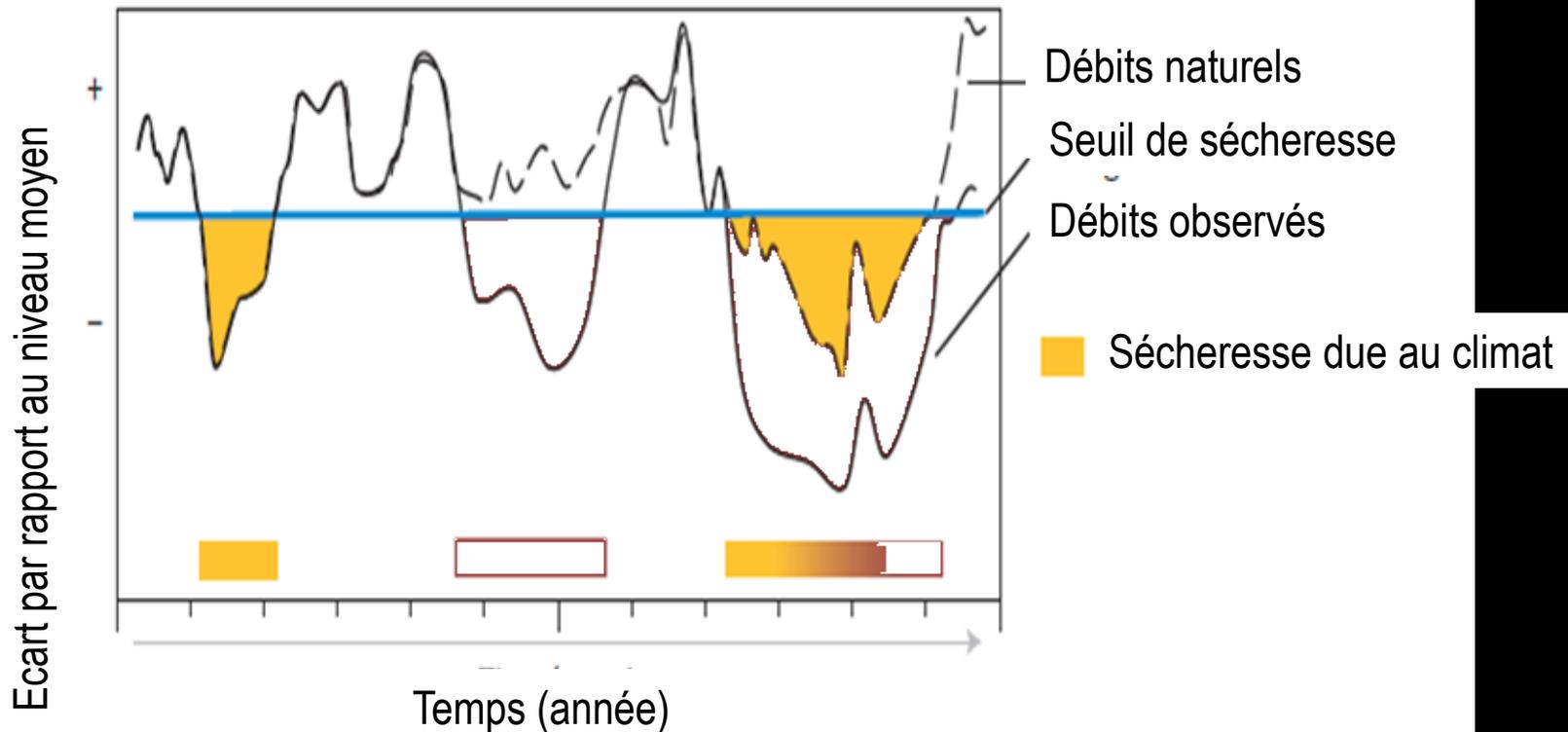
Notion de « **sécheresse anthropique** »

Courbe de débits observés et Naturels



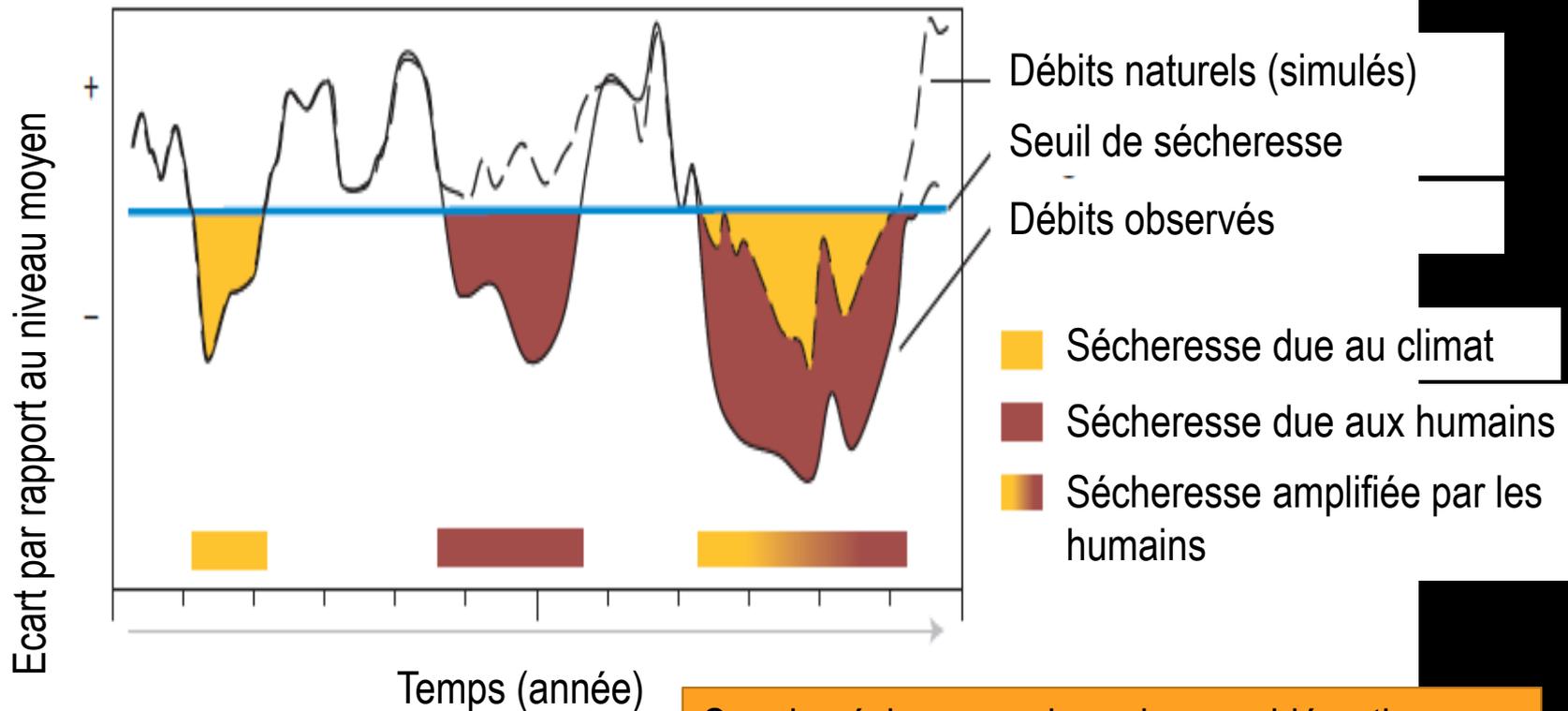
Notion de « **sécheresse anthropique** »

Courbe de débits observés et Naturels



Notion de « sécheresse anthropique »

Courbe de débits observés et Naturels



Cas de sécheresses humaines emblématiques:

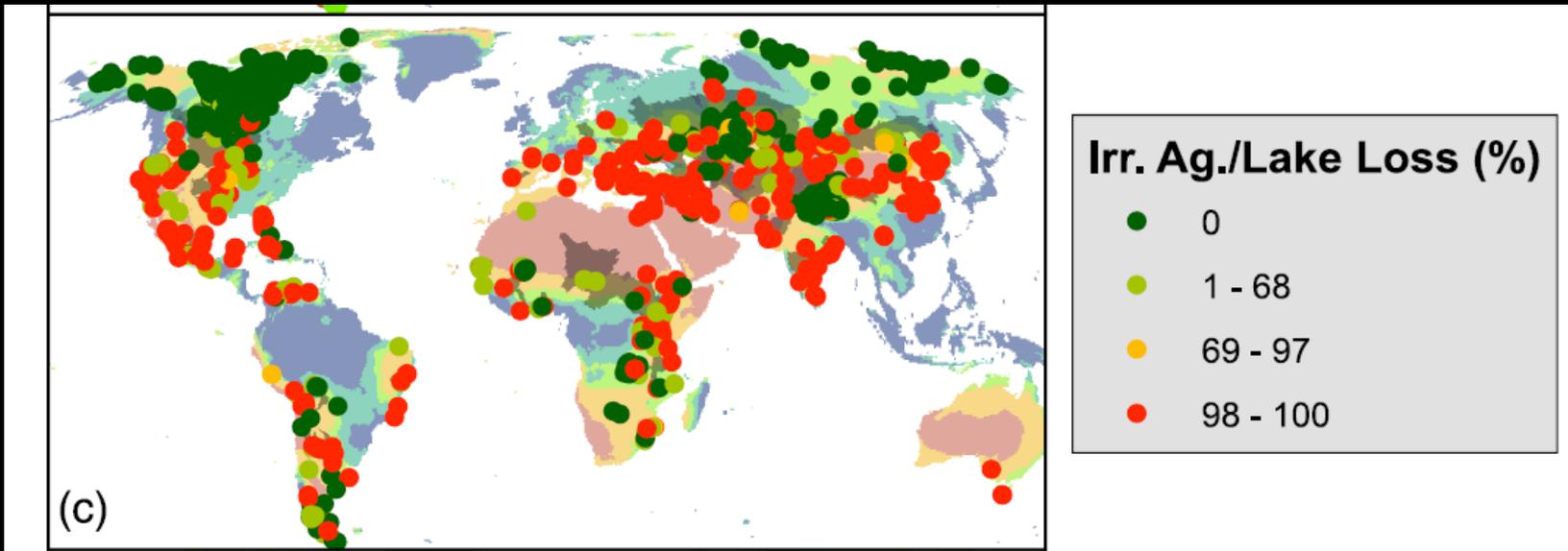
- Mer d'Aral (Micklin 1987)
- Lac Urmia (AghaKouchak et al. 2015)...

Cas de sécheresses amplifiées par les humains:

- Lac Tchad (Gao et al., 2011)

Notion de « **sécheresse anthropique** »

Implication des surfaces irriguées sur l'extension des principaux lacs naturels



Wine and Laronne, "In water-limited landscapes, an Anthropocene exchange: Trading lakes for irrigated agriculture," *Earth's Futur.* 2020

Impact des plans d'eau sur la ressource en eau
2. Impacts qualitatifs



2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

b. Impacts qualitatifs

Impact des plans d'eau sur **le transport sédimentaire**

On considère que 90% des sédiments sont piégés dans une retenue

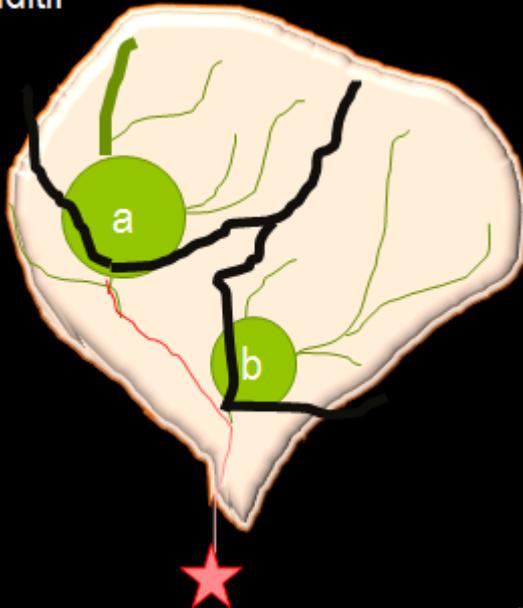
➔ Modification hydromorphologique à l'aval

Effets cumulés sur le piégeage des sédiments et la morphologie aval

Modification des flux sédimentaires :

Cumul des volumes piégés : processus additif ou infra-additif, selon la position relative des retenues

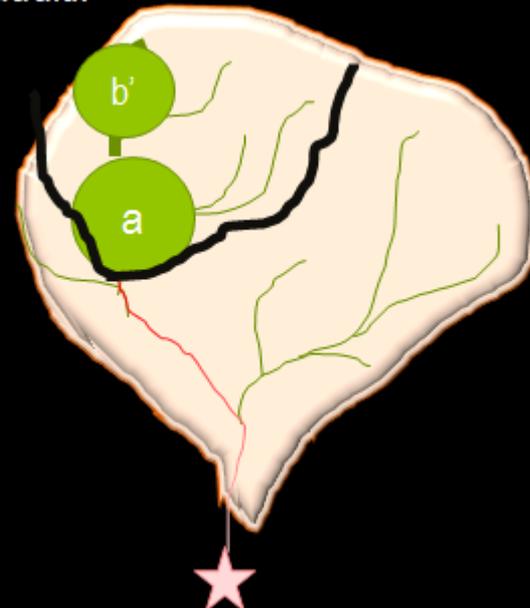
Additif



$$V_{cum} = V_{a\text{seul}} + V_{b\text{seul}}$$

>>

Infra-additif



$$V'_{cum} < V_{a\text{seul}} + V_{b'\text{seul}}$$

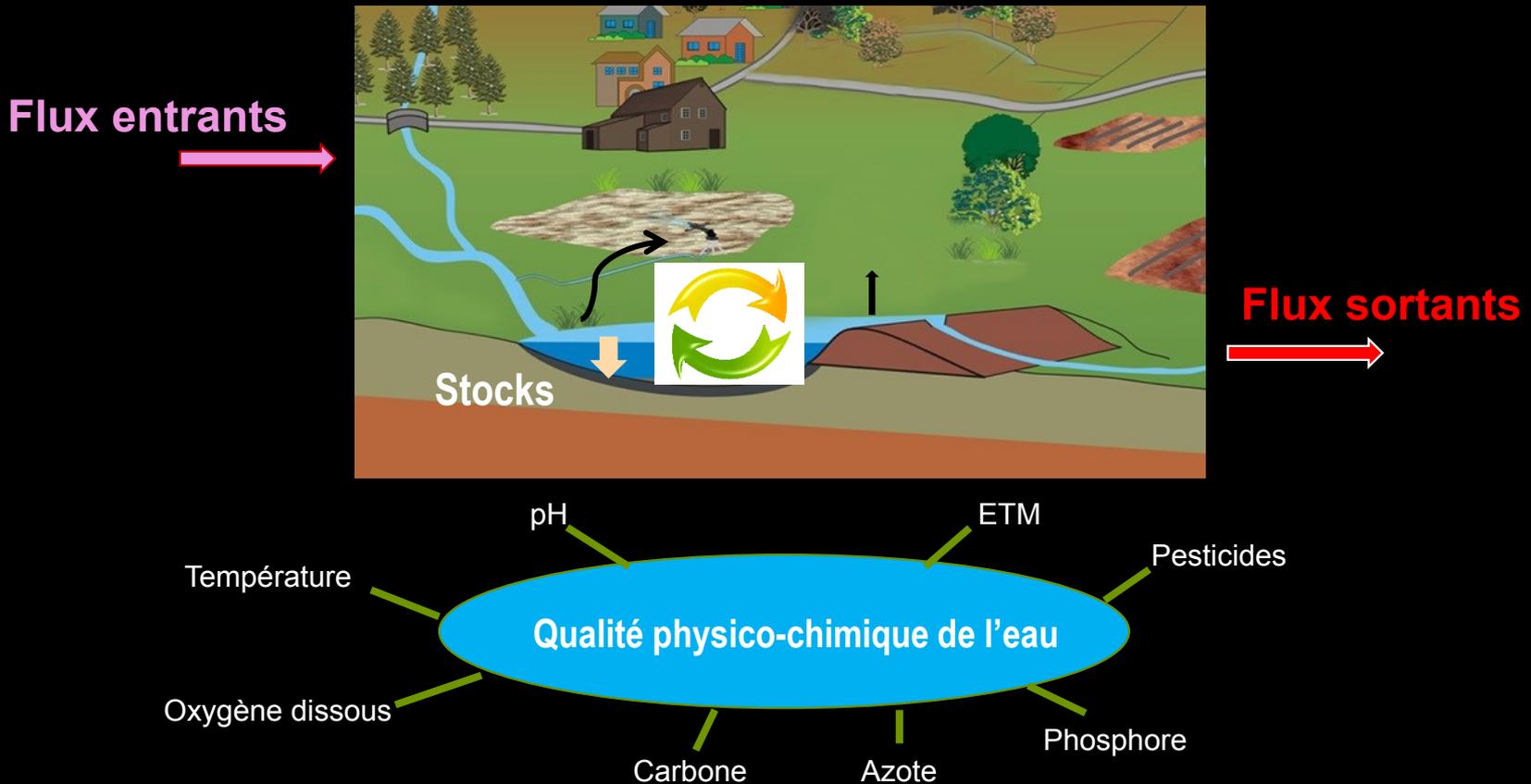
2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

b. Impacts qualitatifs

Effet d'une retenue sur la **qualité physico-chimique**

Une retenue c'est un **piège à particules** qui crée des **stocks** et un **réacteur biogéochimique** qui transforme des **flux entrants** en **flux sortants**

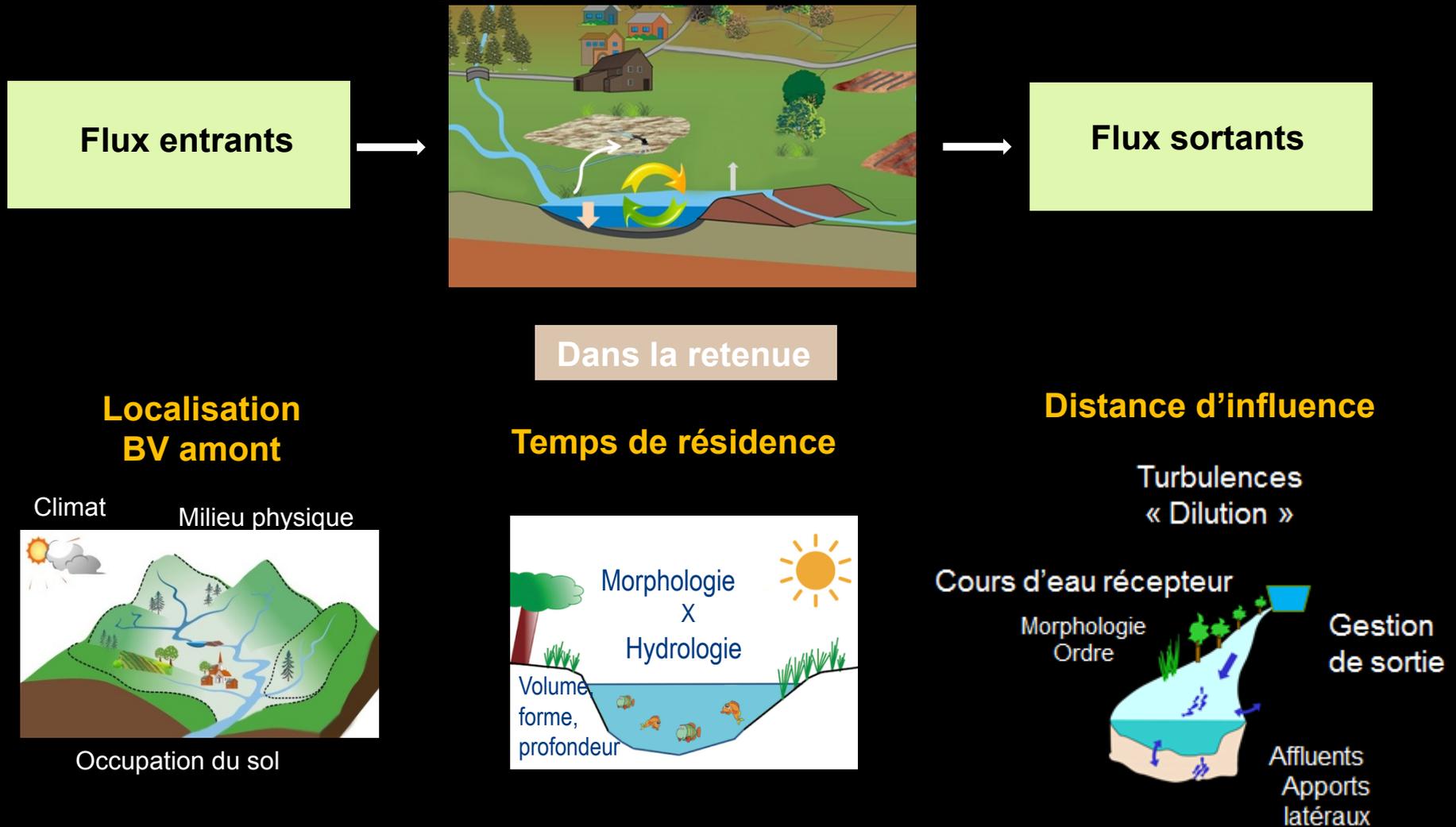


2. Impacts des plans d'eau

- a. Impacts quantitatifs
- b. Impacts qualitatifs

Effet d'une retenue sur la **qualité physico-chimique**

Facteurs de contrôle principaux



2. Impacts des plans d'eau

- a. Impacts quantitatifs
- b. Impacts qualitatifs

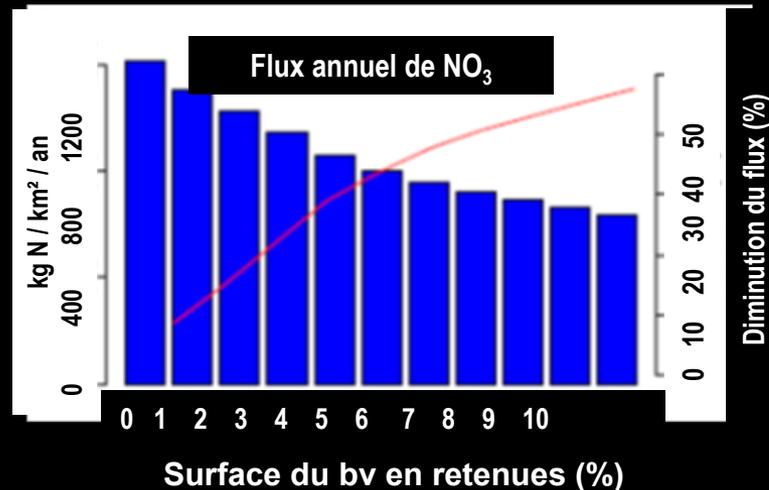
Effet d'une retenue sur **la qualité physico-chimique**

⇒ **Exutoire du bassin versant**

➤ **Flux de C, N, P** : variables additives mais effet cumulé potentiellement infra-additif

○ Nitrate

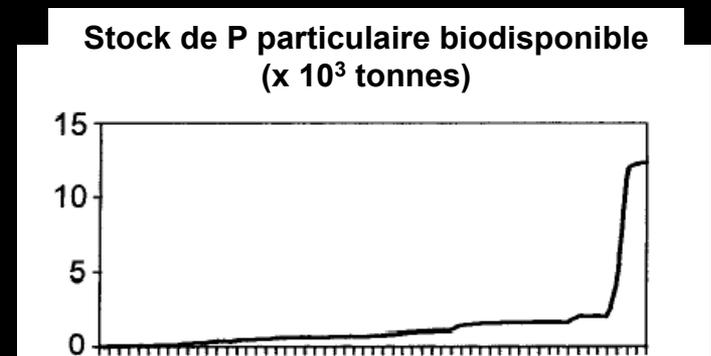
Efficacité
décroissante de la
dénitrification



*BV de l'Orgeval
Passy et al. 2012*

○ Phosphore

Stockage de flux particulaire
→ charge interne de P biodisponible



*BV du Lot
Dauta et al. 1999*

2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

b. Impacts qualitatifs

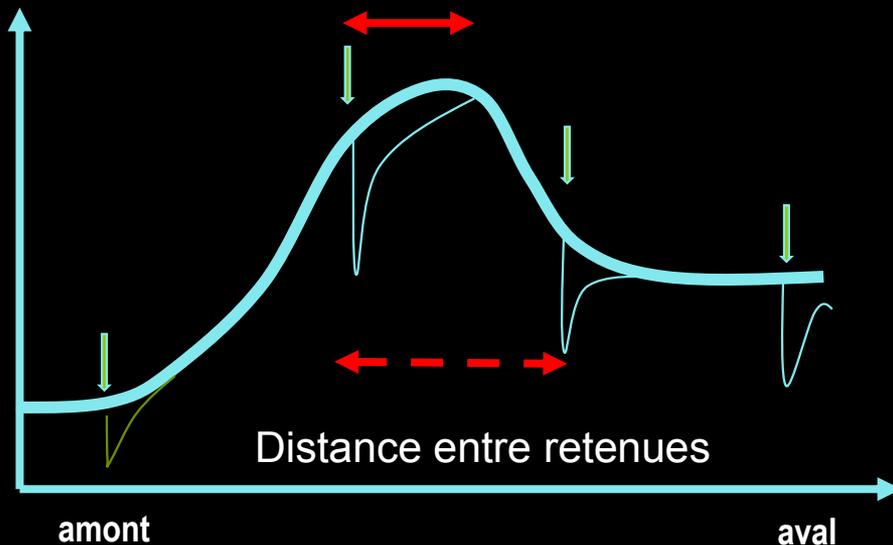
Effet d'une retenue sur la **qualité physico-chimique**

Importance de la connectivité hydrologique

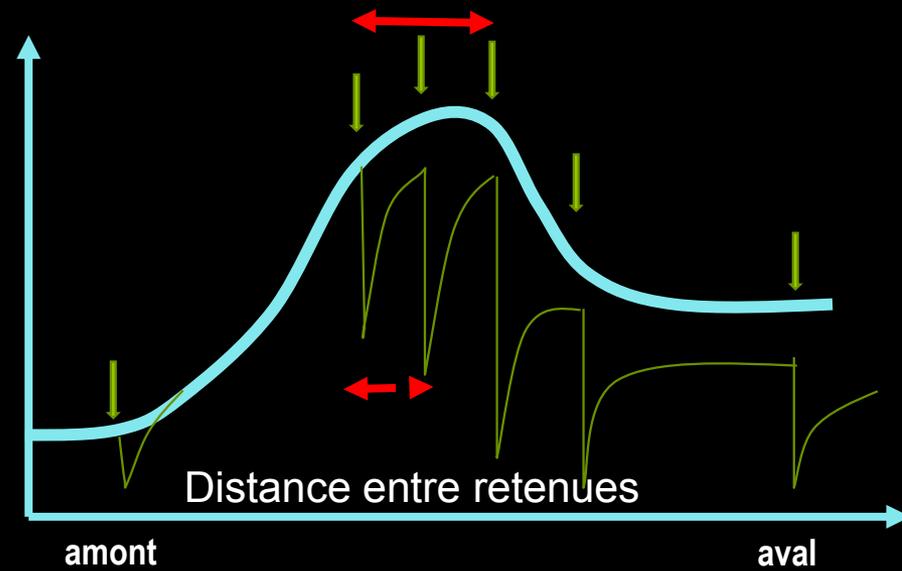
Effet distance

➤ **Température, O₂, concentrations** : variables non additives mais effet potentiellement cumulé

Distance d'influence



Distance d'influence



Retenues en série sur une même rivière

⇒ **Longueur de réseau hydrographique affecté**

2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

b. Impacts qualitatifs

Effets d'une retenue sur **la qualité physico-chimique: résumé**

Diversité de processus, interactifs ; **diversité de paramètres** physico-chimiques ; **diversité des facteurs de contrôle** ⇒ Grande variabilité d'effets

Diversité d'impacts potentiels

- Rétention de P, C, ETM, pesticides, mais possible remobilisation si conditions favorables
- Consommation de N par dénitrification
- Eutrophisation
- Réchauffement estival, hypoxie/anoxie



Variations saisonnières fortes, **évolutions à long terme** à ne pas négliger

ex: forte émission de C sur les zones asséchées

2. Impacts des plans d'eau

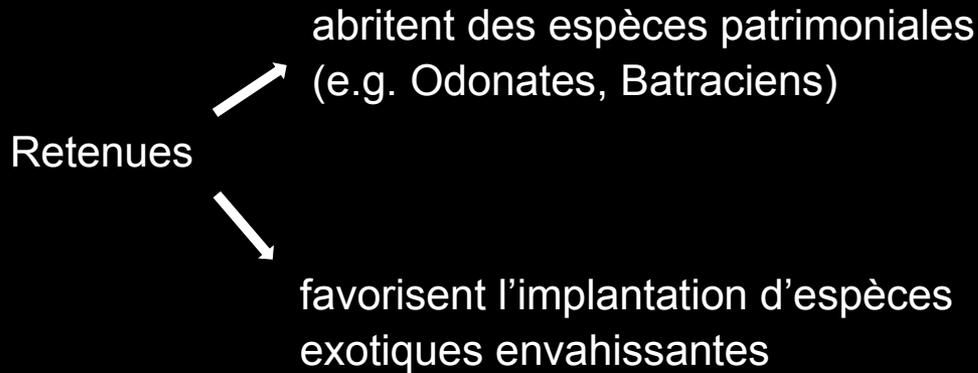
- a. Impacts quantitatifs
- b. Impacts qualitatifs

Effets d'une retenue sur les **compartiments biotiques**

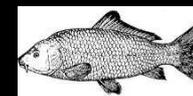
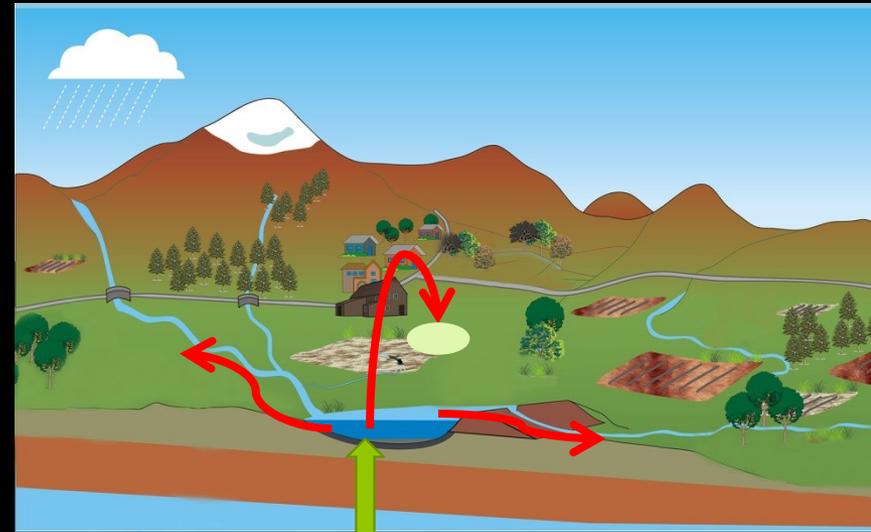
La retenue : un nouvel habitat support de biodiversité ?

- Destruction des milieux préexistants →
- Création d'un nouvel habitat → implantation d'espèces lenticques

Pas de substitution des retenues aux milieux aquatiques naturels préexistants



Colonisation des espèces de la retenue dans le cours d'eau et le BV (effet « stepping stone »)



Effets cumulés des retenues sur les compartiments biotiques

Changements des conditions abiotiques en aval de la retenue

- Modifications | Hydrologie
Flux sédimentaires
Qualité physico-chimique → Réponse des communautés biologiques

Exemples de modifications à l'aval d'une retenue

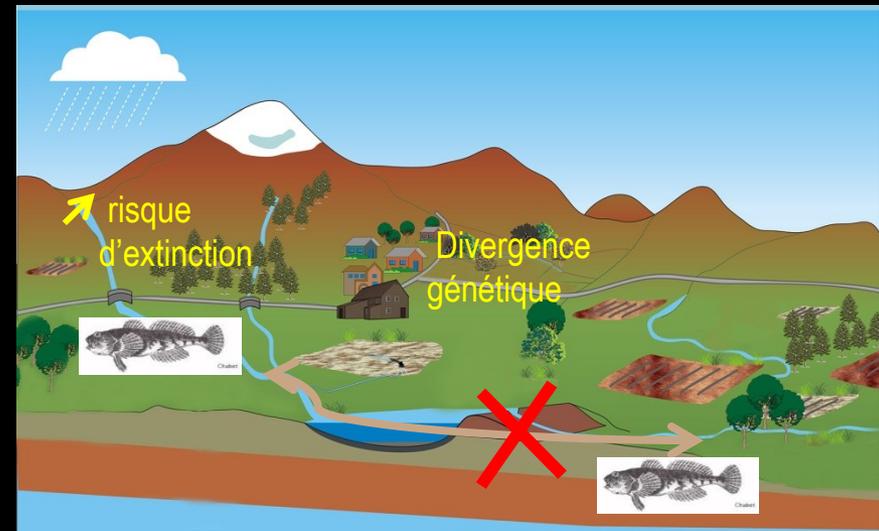
- **Modification du régime hydrologique** → - Perturbations de la reproduction + du développement des jeunes stades
- Développement espèces exotiques
- **Pavage sédimentaire** → Défavorable aux espèces liées aux substrats graveleux
- **Réchauffement des eaux** → Disparition d'espèces d'eau froide (fonction du mode de gestion)

Compartiments biologiques du cours d'eau et de son bassin-versant

La retenue : un obstacle à la dispersion des organismes

Conséquences potentielles importantes sur le **moyen et long terme** :

- **Impact rapide et direct** sur les organismes exploitant les habitats de part et d'autre de la retenue ⇒ déclin voire disparition à brève échéance des populations
- **Divergence génétique progressive** des populations séparées par la retenue.
- **Augmentation des risques d'extinction** sur le bassin amont de la retenue d'autant plus que le BV est de petite taille et anthropisé



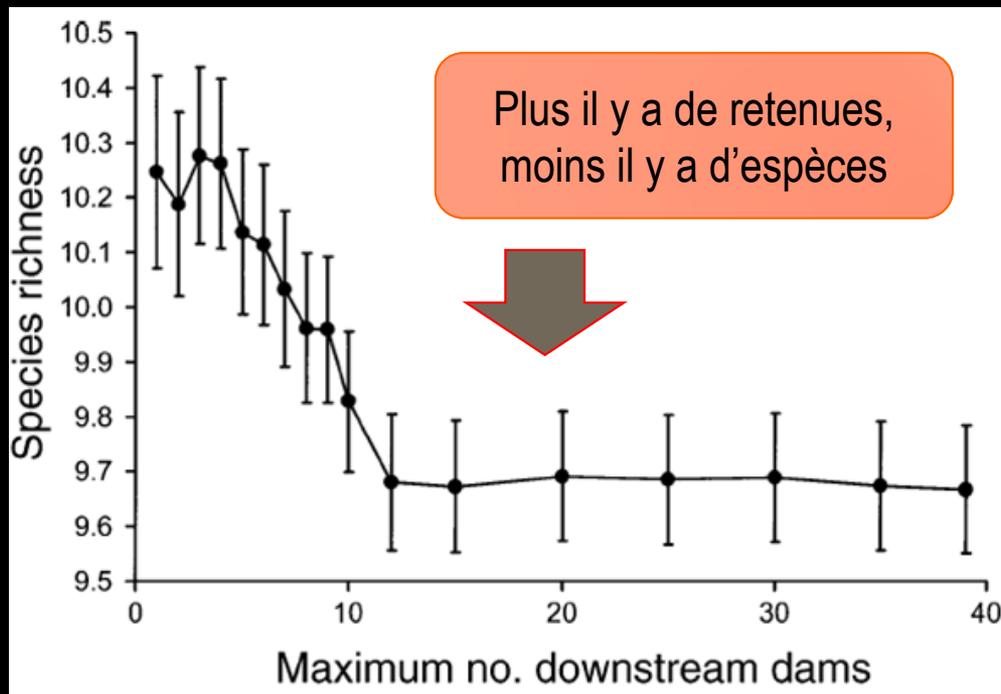
2. Impacts des plans d'eau

a. Impacts quantitatifs

b. Impacts qualitatifs

Effets d'une retenue sur les **compartiments biotiques**

Exemple de l'impact d'un cumul de retenue



*Variation du **nombre d'espèces de poissons** en fonction de l'abondance des retenues en aval, dans les cours d'eau de premier ordre du Wisconsin*

Source : Cumming Ecological Applications (2004)

Impact des retenues : résumé

Il y aurait près de 600 000 plans d'eau en métropole, à 98% construits par l'homme, couvrant 0.8% de la surface

Les plans d'eau modifient :

- Les débits tant en volume qu'en dynamique
- La qualité de l'eau: température de l'eau, oxygène, nitrate....
- La circulation des sédiments et donc la morphologie des rivières
- La faune et la flore, notamment avec un appauvrissement des espèces de poisson



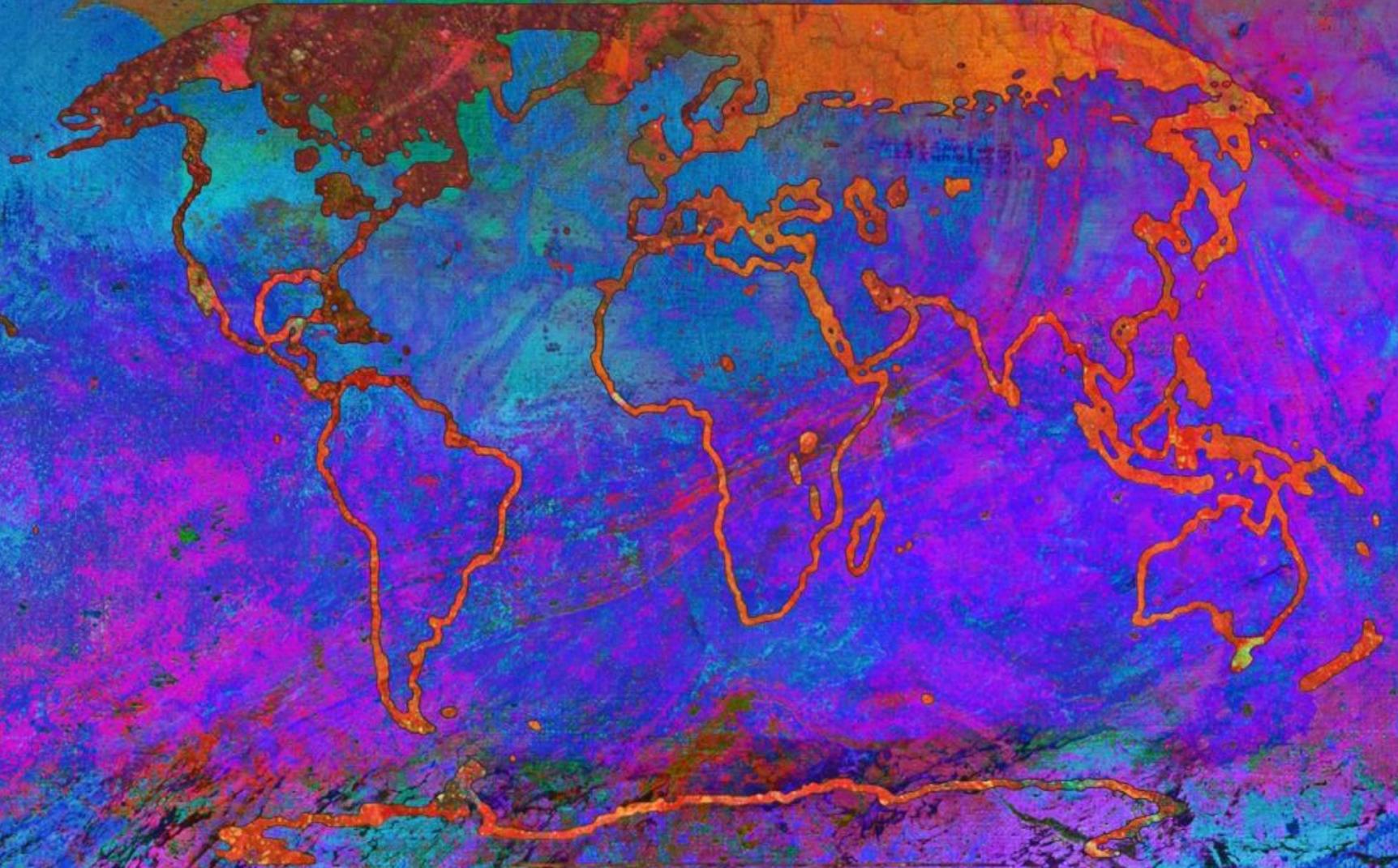
Impact des retenues : résumé

Cependant, il semble y avoir une volonté politique de construire de nouveaux plans d'eau pour l'irrigation

Dans l'idée que pour faire face à l'aggravation **des risques climatiques**
l'eau est « la première assurance récolte »
(Descrozaille 2021)



Comment le dérèglement climatique impacte la ressource en eau et l'agriculture?



Changement par Alisa Singer

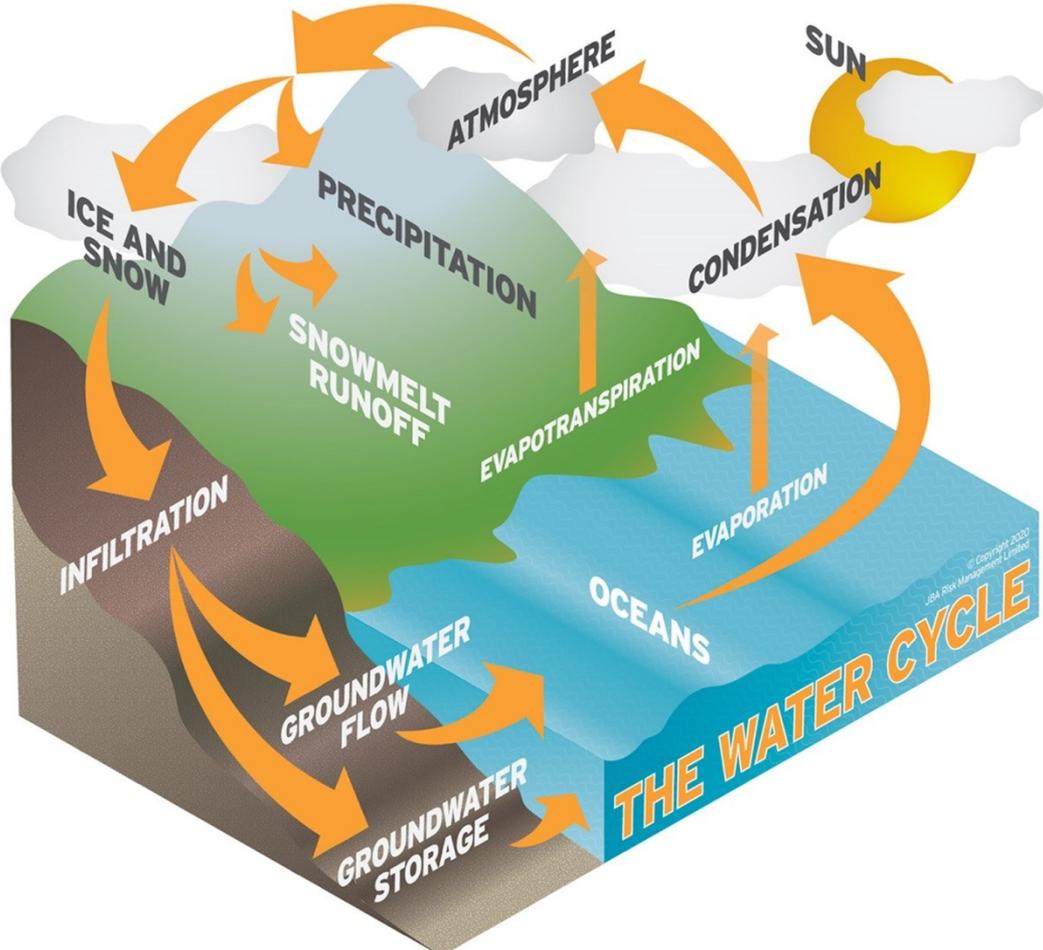
"Témoins de la transformation de notre planète autour de nous, nous observons, nous écoutons, nous mesurons... et nous réagissons."

Source IPCC

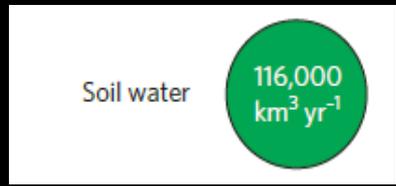
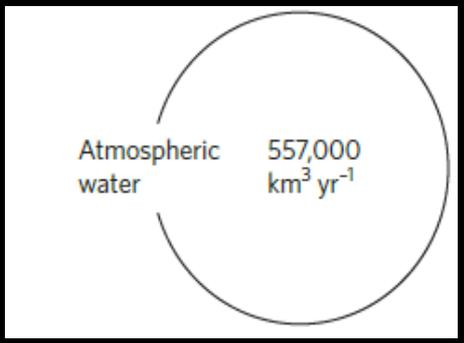
AR6 WG1

Valérie Masson Delmotte

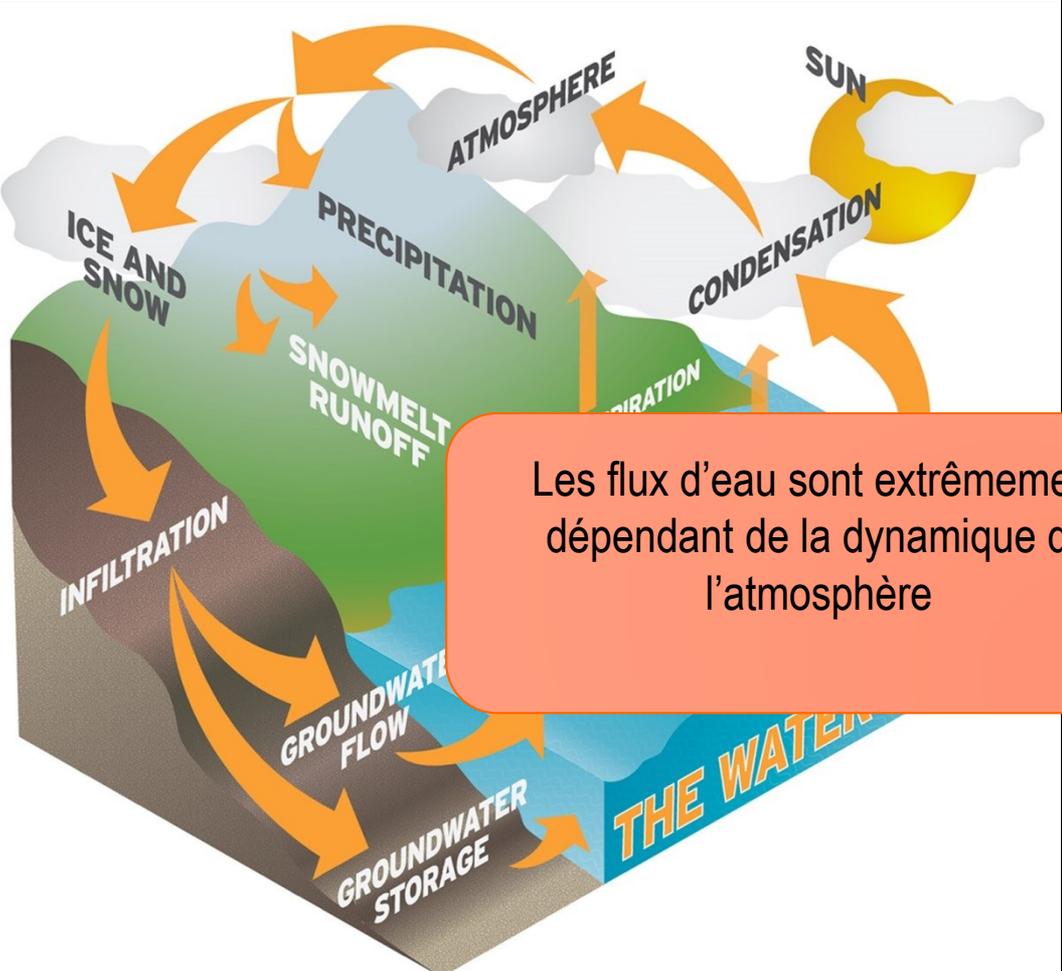
Cycle de l'eau



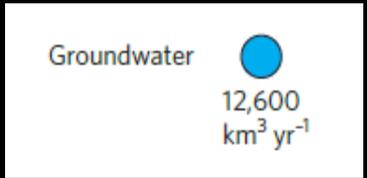
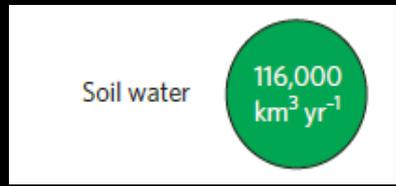
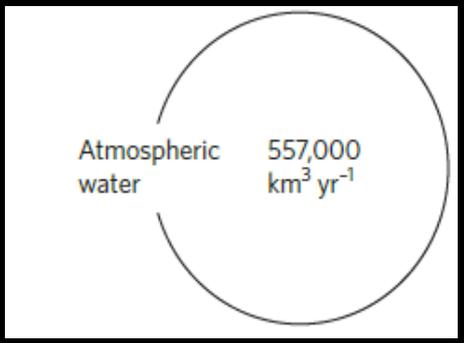
<https://www.jbarisk.com/news-blogs/the-physics-of-precipitation-in-a-warming-climate/>



Cycle de l'eau



Les flux d'eau sont extrêmement dépendant de la dynamique de l'atmosphère



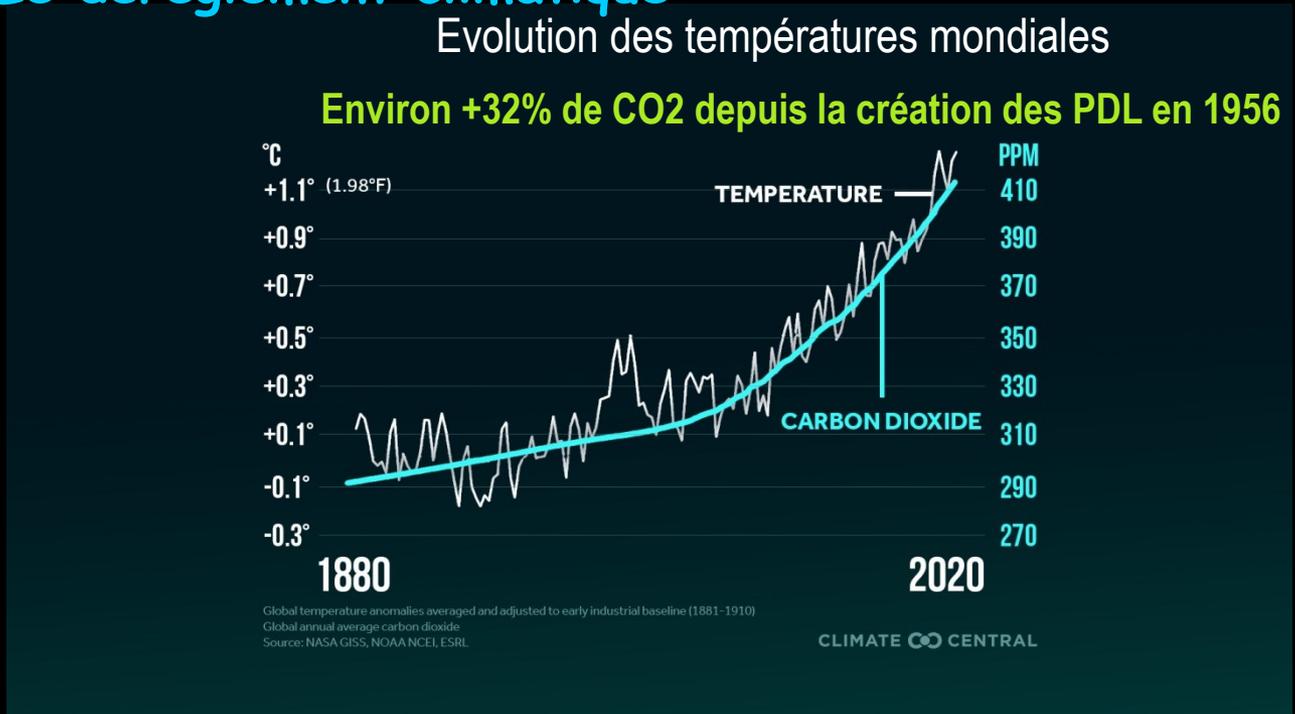
<https://www.jbarisk.com/news-blogs/the-physics-of-precipitation-in-a-warming-climate/>

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Le dérèglement climatique:

Evolution des températures mondiales

Environ +32% de CO2 depuis la création des PDL en 1956

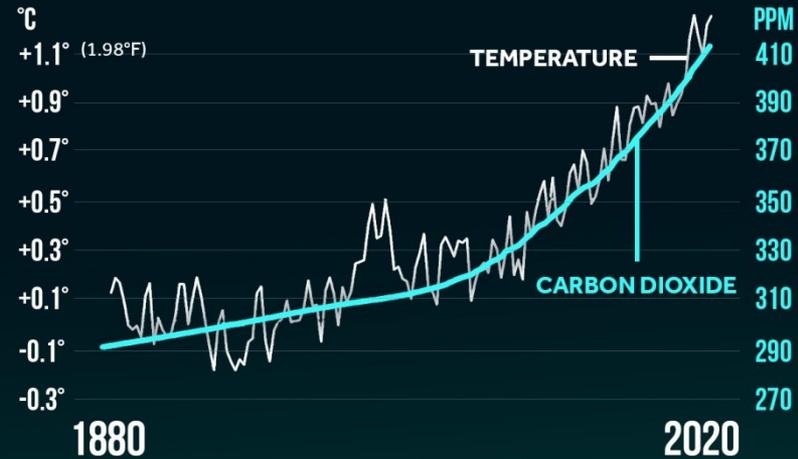


3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Le dérèglement climatique:

Evolution des températures mondiales

Environ +32% de CO2 depuis la création des PDL en 1956



Global temperature anomalies averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910)
Global annual average carbon dioxide
Source: NASA GISS, NOAA NCEP-ESPI

CLIMATE CENTRAL



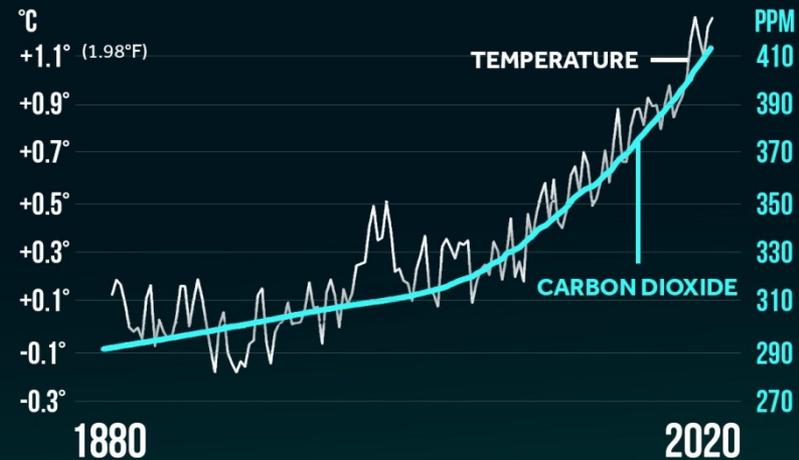
De combien la température normale (moyenne sur 30 ans) s'est élevée en France par rapport à la normale 1951-1980 ?

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Le dérèglement climatique:

Evolution des températures mondiales

Environ +32% de CO₂ depuis la création des PDL en 1956



Global temperature anomalies averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910)
Global annual average carbon dioxide
Source: NASA GISS, NOAA NCEI, ESRL

CLIMATE CENTRAL

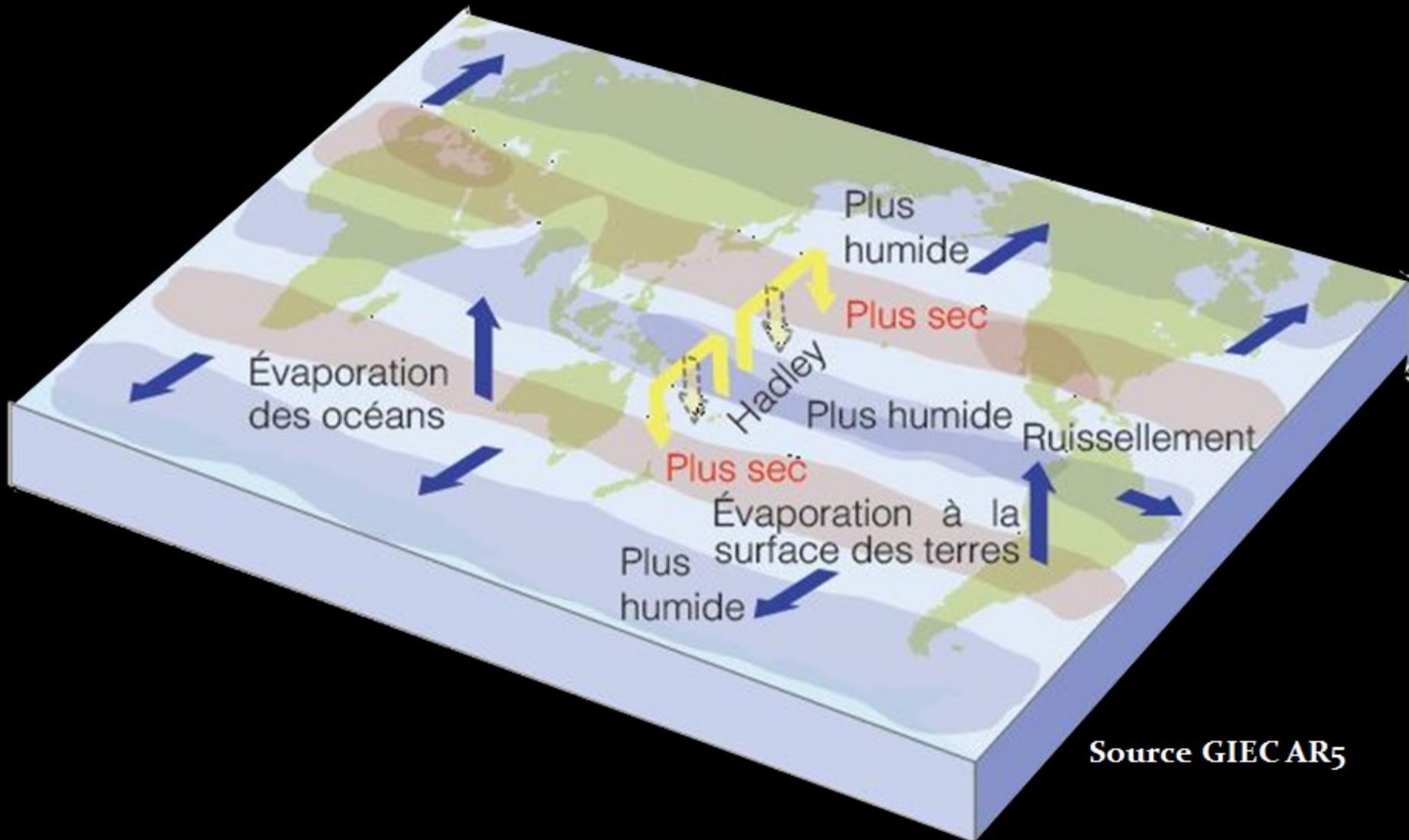
S'accompagne d'une modification de la circulation de l'eau

La modification de la température induit des modifications:

- de la **circulation dynamique de l'atmosphère** (pilotée en partie par des gradients de T°)
- de **l'équilibre thermodynamique de l'atmosphère** (notamment lien vapeur d'eau/ T°)

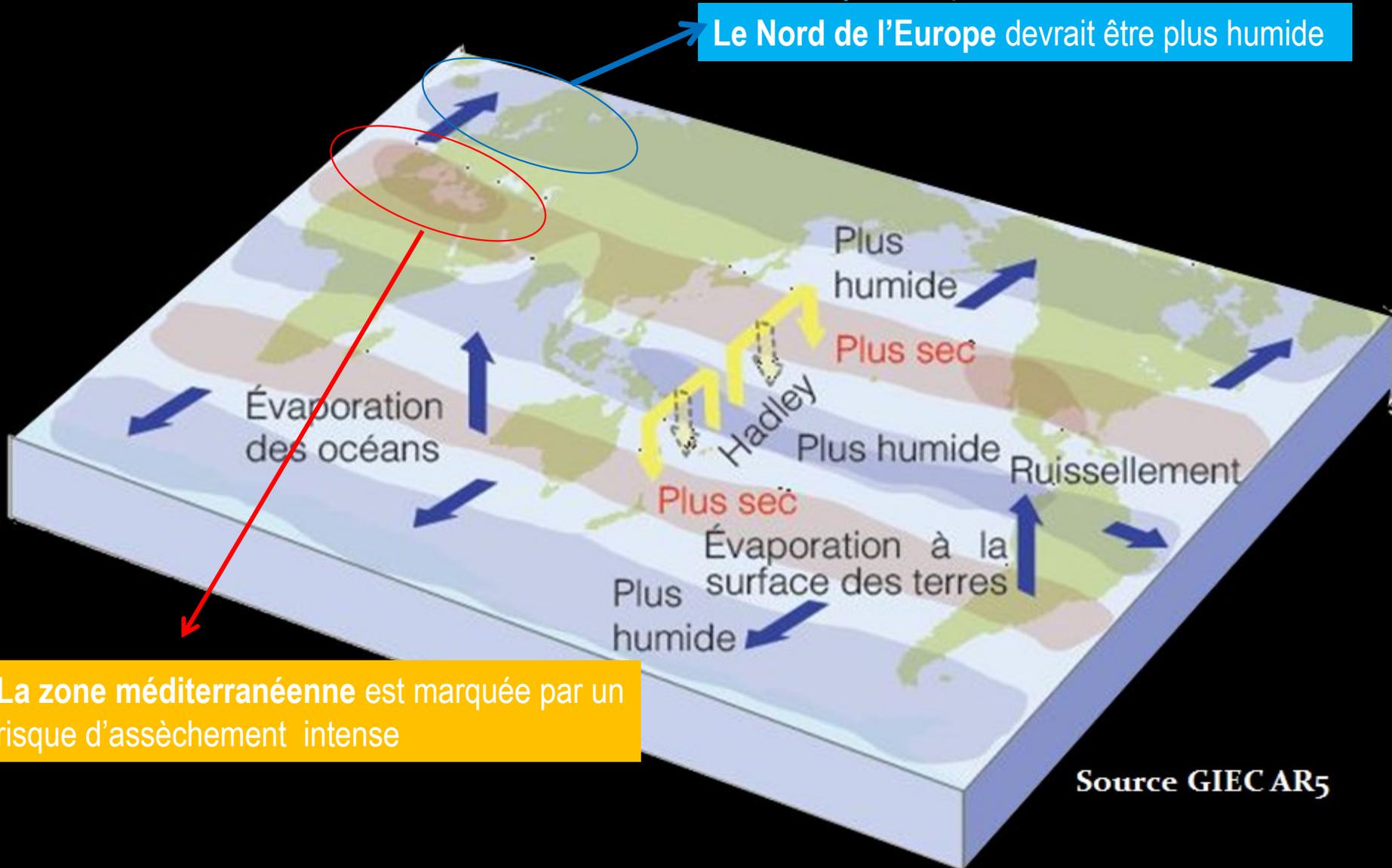
3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Comment le dérèglement climatique modifie la ressource en eau? 1. Modification de la circulation atmosphérique



3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Comment le dérèglement climatique modifie la ressource en eau? 1. Modification de la circulation atmosphérique



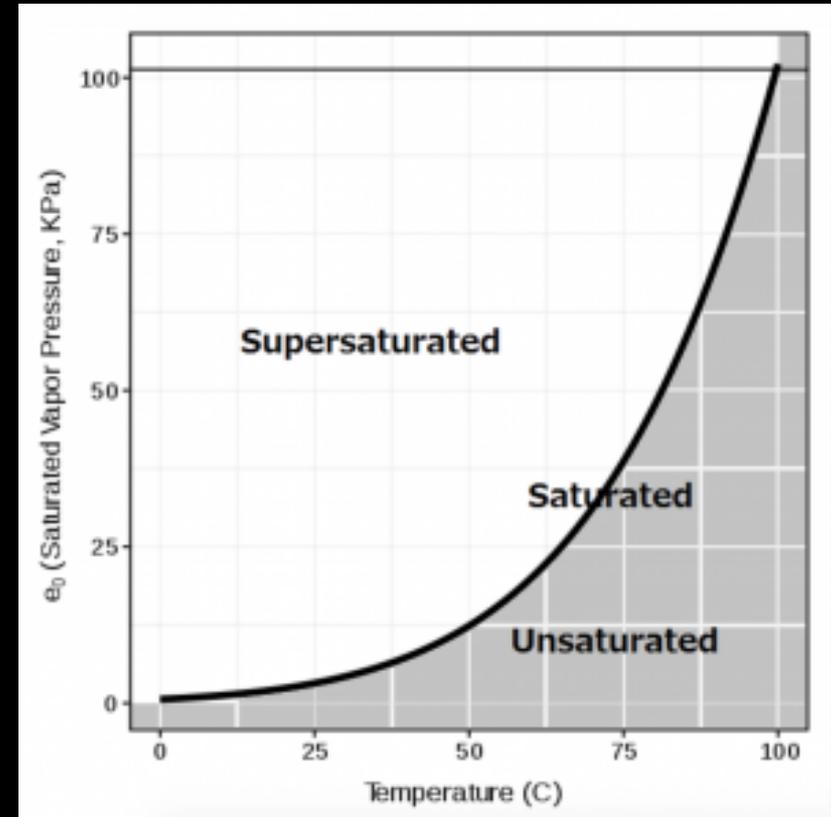
3. Dérèglement climatique et ressources en eau

2. Impact sur l'évaporation

Augmentation du déficit d'humidité de l'air

Equation de Clausius-Clapeyron:

Quand la T° s'élève, l'air peut porter plus d'eau



Un degré en plus \rightarrow \sim 7% d'humidité en plus dans l'air



3. Dérèglement climatique et ressources en eau

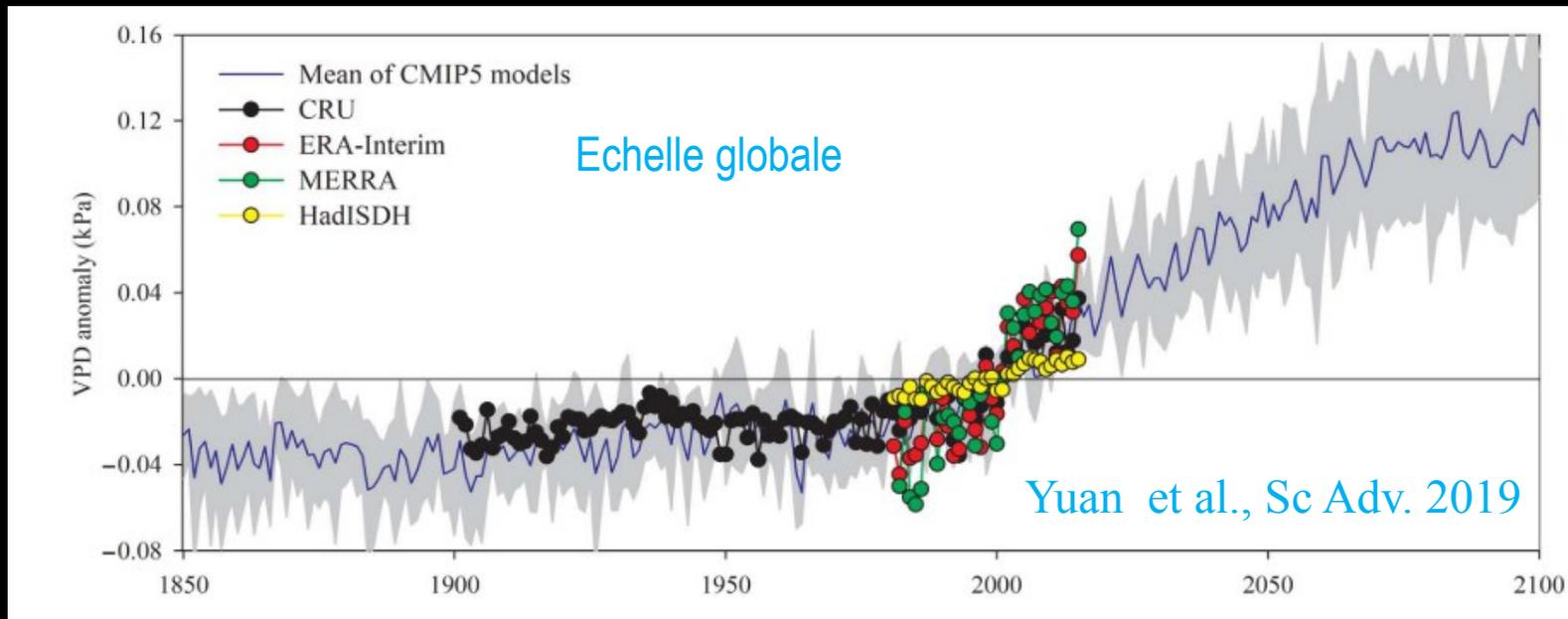
2. Impact sur l'évaporation

Augmentation du déficit d'humidité de l'air

→ augmentation de la demande évaporative

L'évaporation des océans ne suffit pas à pour maintenir l'équilibre sur les continents

→ Le déficit de vapeur d'eau dans l'air tend à augmenter



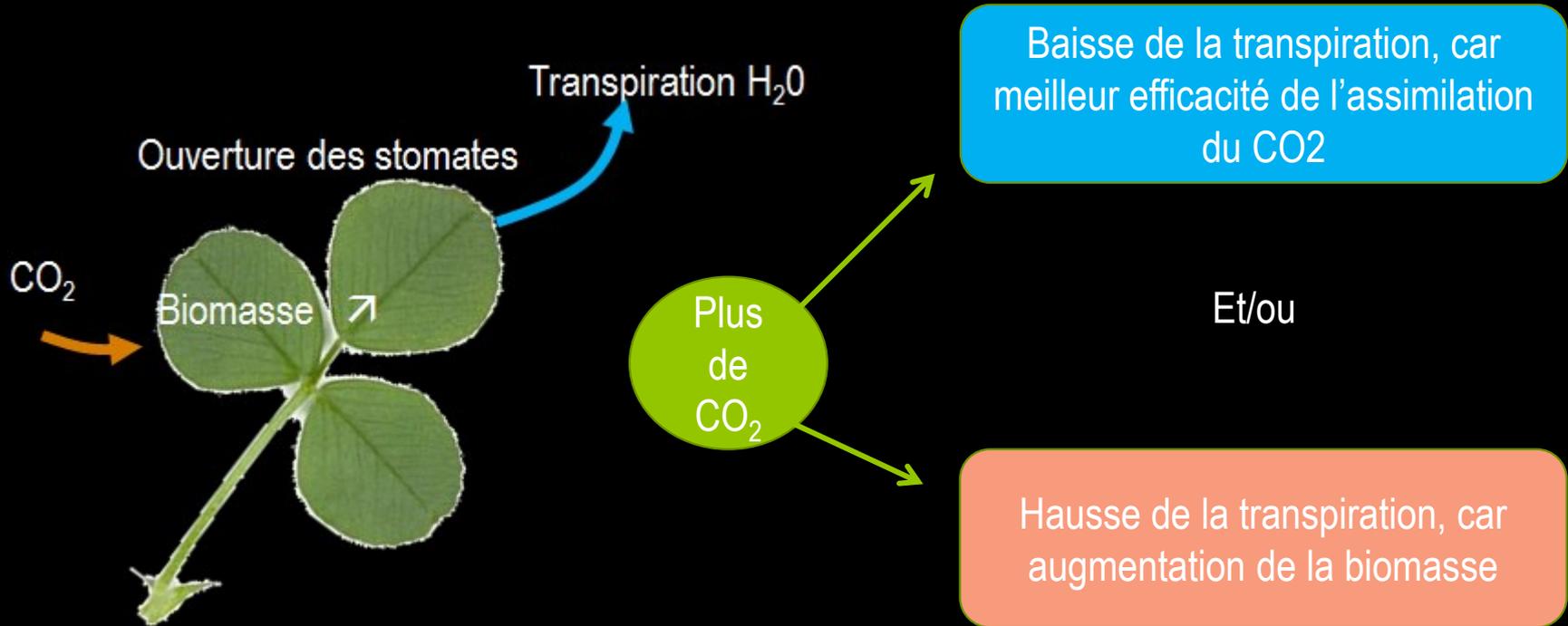
Vrai aussi en France : tendance significative à la baisse de l'humidité relative en IDF (Ringard et al., ACP, 2019)

L'évapotranspiration dépend du déficit de vapeur d'eau

→ elle tend à augmenter

2. Impact sur l'évaporation

Photosynthèse ⇔ rétroaction en assimilation du CO₂ et besoin en eau

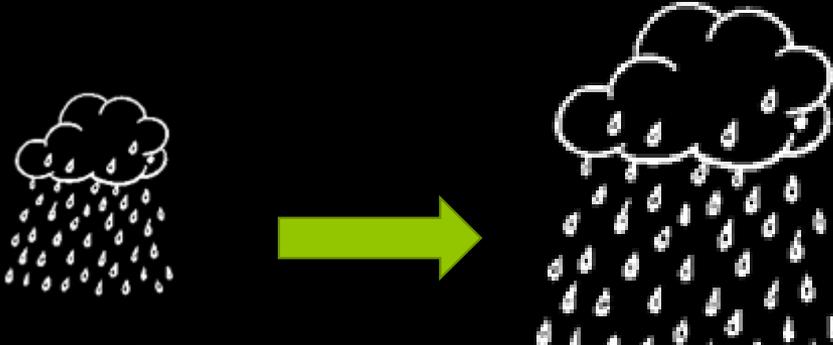


➔ Impact total difficile à quantifier: dépendra des espèces, voir des variétés

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

3. Impact sur les précipitations intenses

Un degré en plus → ~ 7% d'humidité en plus dans l'air



→ Dans les Cévennes: +22 % d'intensité moyenne des précipitations extrêmes en 50 ans (Ribes et al., 2017)

A Bruxelles 14% d'augmentation
des précips intenses par °C
Van Uytven et al., HESS 2019



23h à Beauvais : Les rues se transforment en torrents ...

oisehebdo.fr

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Les projections climatiques

Résultats du dernier rapport du GIEC

 **Nations Unies** | **ONU Info**
L'actualité mondiale Un regard humain

Recherche Recherche avancée

Accueil | Thèmes | Info Plus | Secrétaire général | Médias

AUDIOTHÈQUE  S'ABONNER 

Climat : le nouveau rapport du GIEC est une « alerte rouge pour l'humanité » (Guterres)

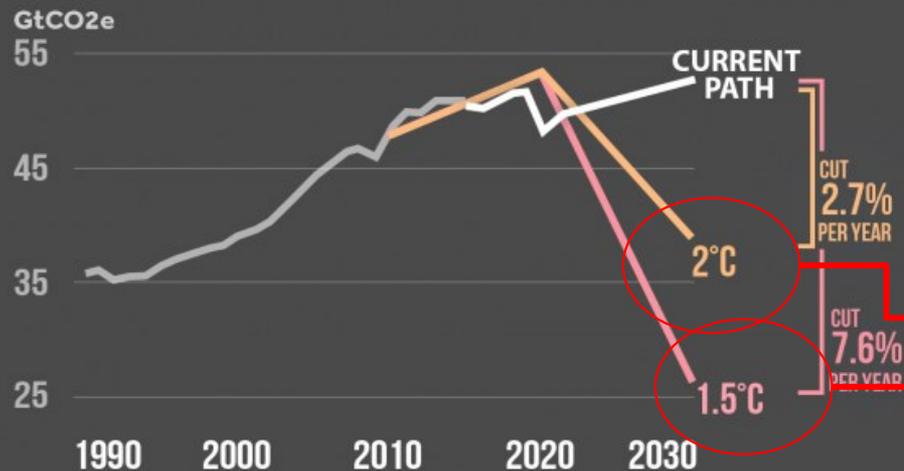


3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Les projections climatiques

Les scénarios d'abattement des émissions 2° C et 1.5° C

MEETING THE PARIS AGREEMENT RAPID, DRASTIC CUTS NEEDED TO LIMIT WARMING



Annual global gigatons of equivalent CO₂
Source: Climate Action Tracker, UN Environment Programme

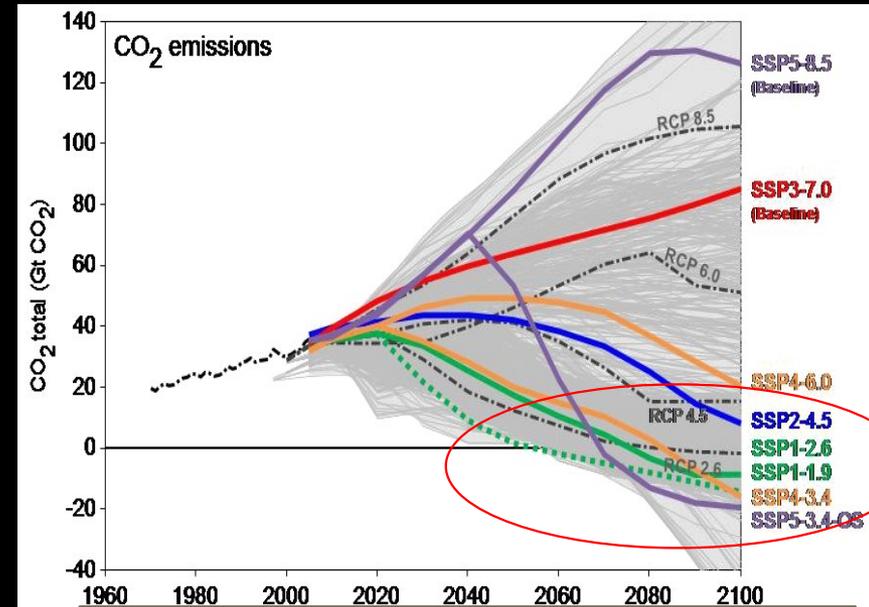
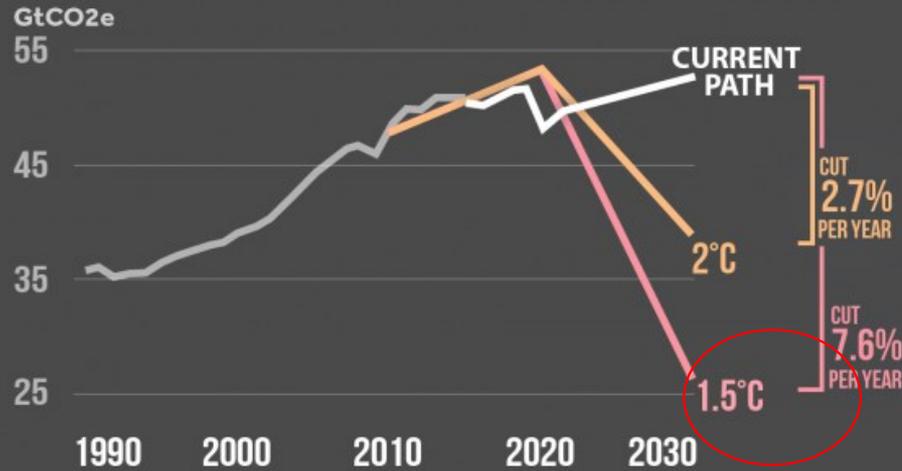
CLIMATE CENTRAL

Certaines études d'impact à l'échelle régionale ont utilisé le scénario 2°
Aucunes le 1.5°

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Les projections climatiques

MEETING THE PARIS AGREEMENT RAPID, DRASTIC CUTS NEEDED TO LIMIT WARMING



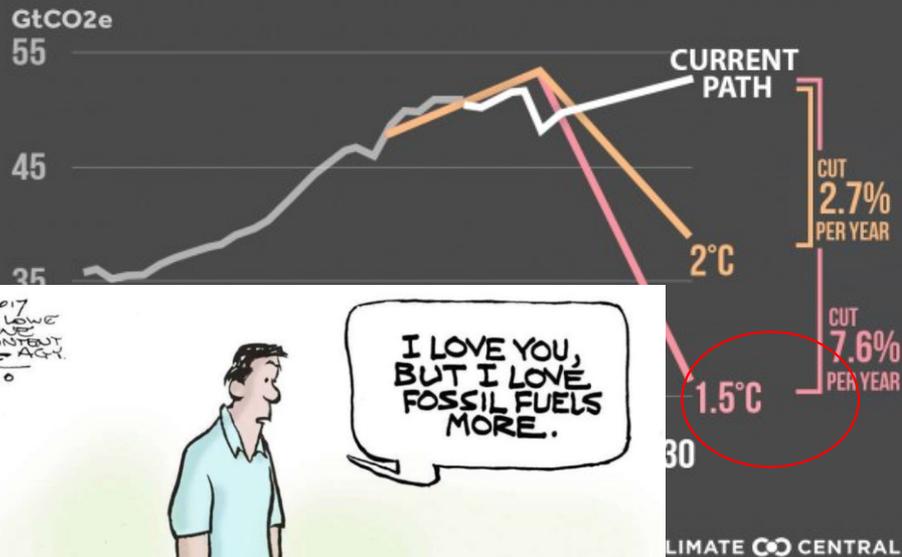
Les scénarios engagés dans CMIP6/AR6

O'Neil et al., GMD 2016

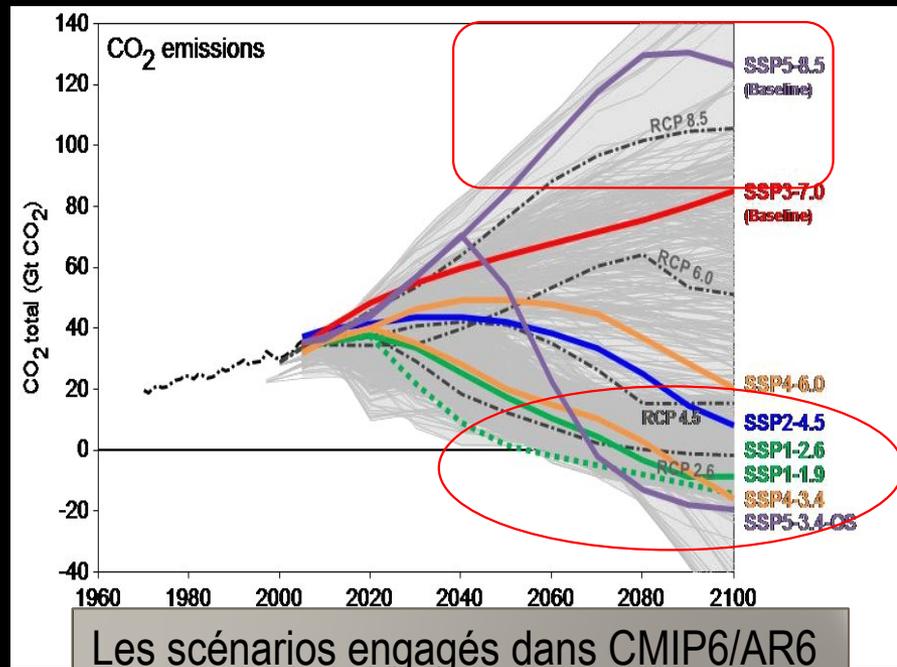
3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Les projections climatiques

MEETING THE PARIS AGREEMENT RAPID, DRASTIC CUTS NEEDED TO LIMIT WARMING



Le scénario tendanciel= scénario du pire



O'Neil et al., GMD 2016

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Résultats du dernier rapport du GIEC

La majorité des principaux impacts concernent le cycle de l'eau



Il est incontestable que les activités humaines sont à l'origine du changement climatique, qui rend les phénomènes climatiques extrêmes, notamment les vagues de chaleur, les fortes précipitations et les sécheresses, plus fréquents et plus graves.

[Credit: Yoda Adaman | Unsplash]

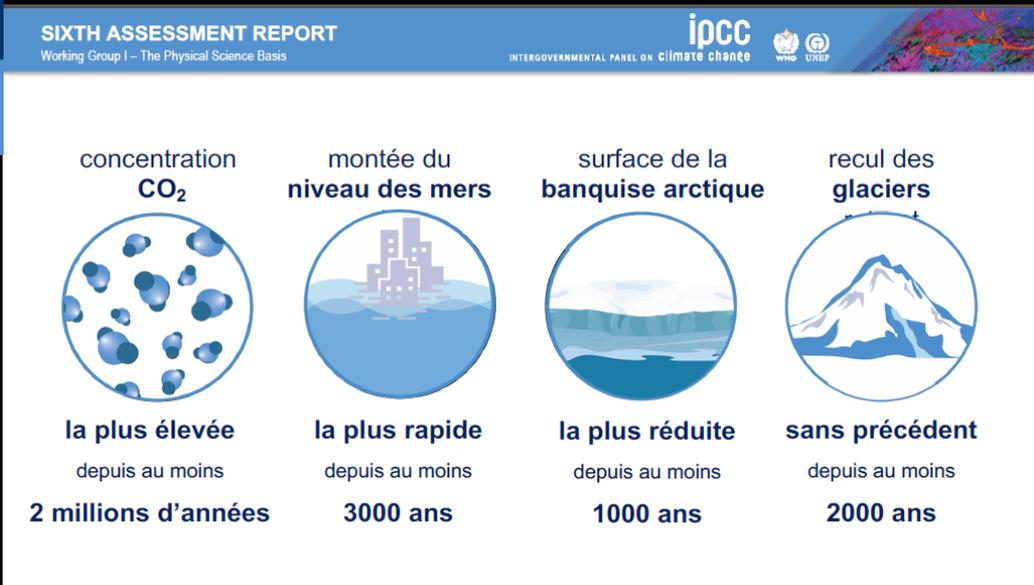
ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

WHO UNEP

Précipitations intenses, sécheresse

Montée des mers Fonte des glaciers

Source: Valérie Masson-Delmotte
vice-présidente du
groupe de travail du
GIEC sur les bases
physiques



3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Résultats du dernier rapport du GIEC

Les projections climatiques: impact sur la ressource en eau

SIXTH ASSESSMENT REPORT

Working Group I – The Physical Science Basis

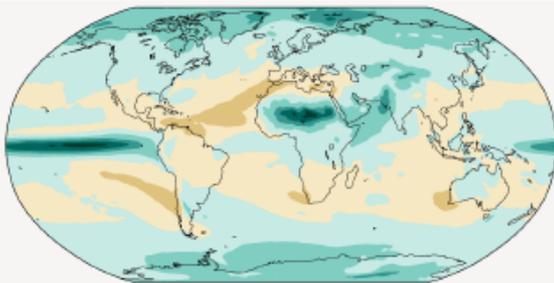
ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



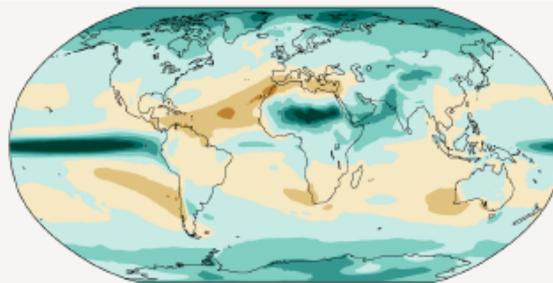
Pour chaque fraction de réchauffement planétaire supplémentaire, les changements sont amplifiés dans chaque région

Changements de précipitations ...

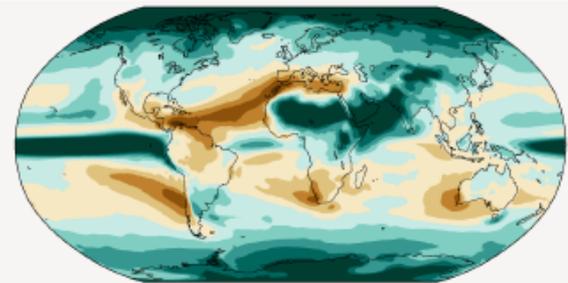
... pour 1,5°C



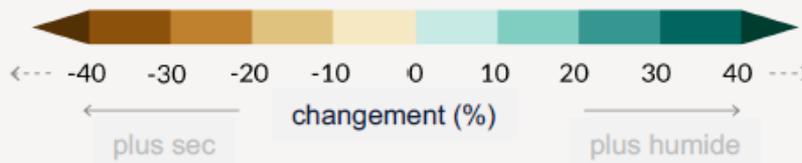
... pour 2°C



... pour 4°C



Certains changements sont faibles en valeur absolue mais apparaissent larges en % dans les régions sèches



Source: Valérie Masson-Delmotte vice-présidente du groupe de travail du GIEC sur les bases physiques

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

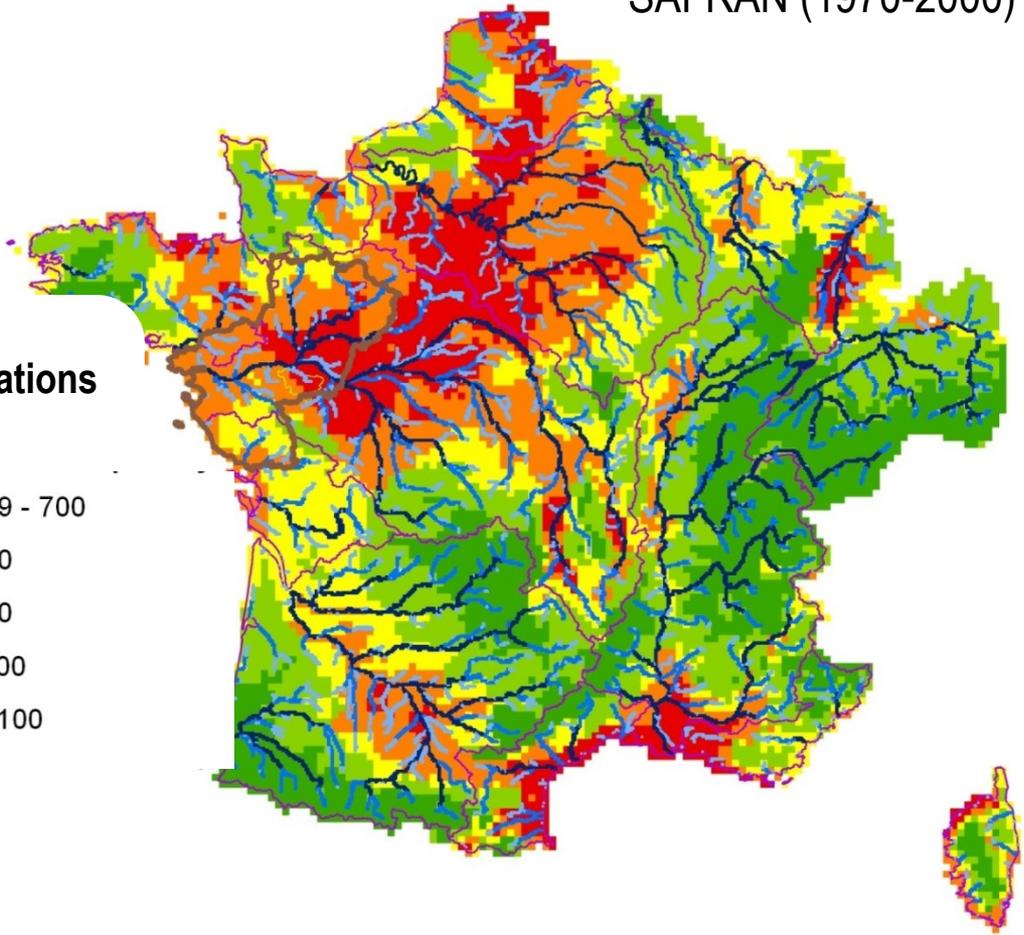
La ressource en eau actuellement en France Répartition spatiale des précipitations en France

Moyenne des précipitations en France
≈ 950 mm/an

SAFRAN (1970-2000)

Précipitations
mm/an

- 519 - 700
- 800
- 900
- 1100
- >1100



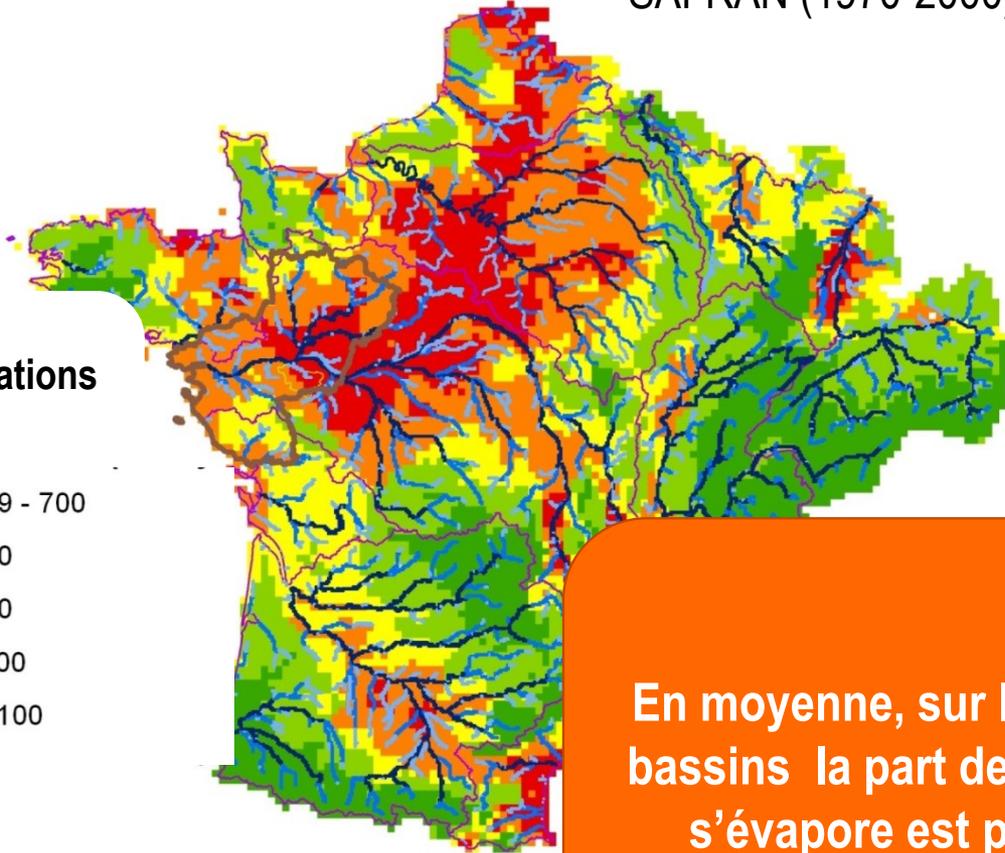
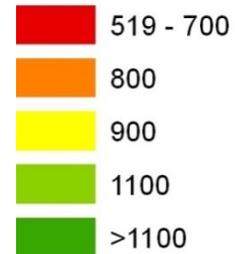
3. Dérèglement climatique et ressources en eau

La ressource en eau actuellement en France Répartition spatiale des précipitations en France

SAFRAN (1970-2000)

Moyenne des précipitations en France
≈ 950 mm/an

Précipitations
mm/an



En moyenne, sur lequel des 4 grands bassins la part des précipitations qui s'évapore est plus importante ?

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

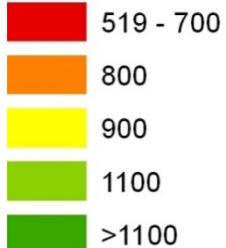
La ressource en eau actuellement en France Répartition spatiale des précipitations en France

SAFRAN (1970-2000)

Evap/Précip ~70%
sur la Seine et la
Loire

Moyenne des
précipitations en France
≈ 950 mm/an

Précipitations
mm/an



Evap/Précip ~57 % sur le
Rhône

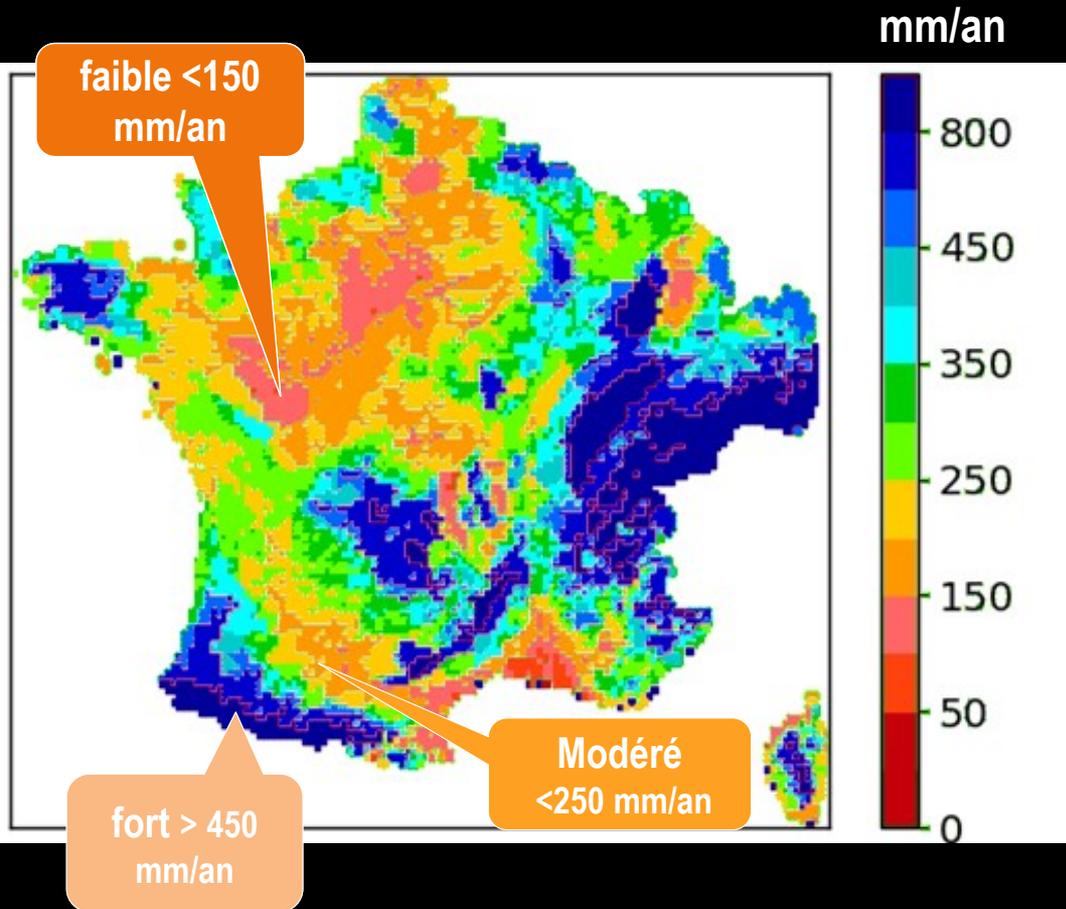
Evap/Précip ~63%
sur la Garonne

→ Aujourd'hui en France :
2/3 des précipitations
s'évaporent
1/3 des précipitations
contribuent aux débits
des rivières et à l'alimentation
des nappes

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

La ressource en eau actuellement en France

Répartition spatiale des écoulements en France



Moyenne des écoulements en France de 1958 à 2018 ~ 390mm/m²/an (LeMoigne et al., GMD, 2020)

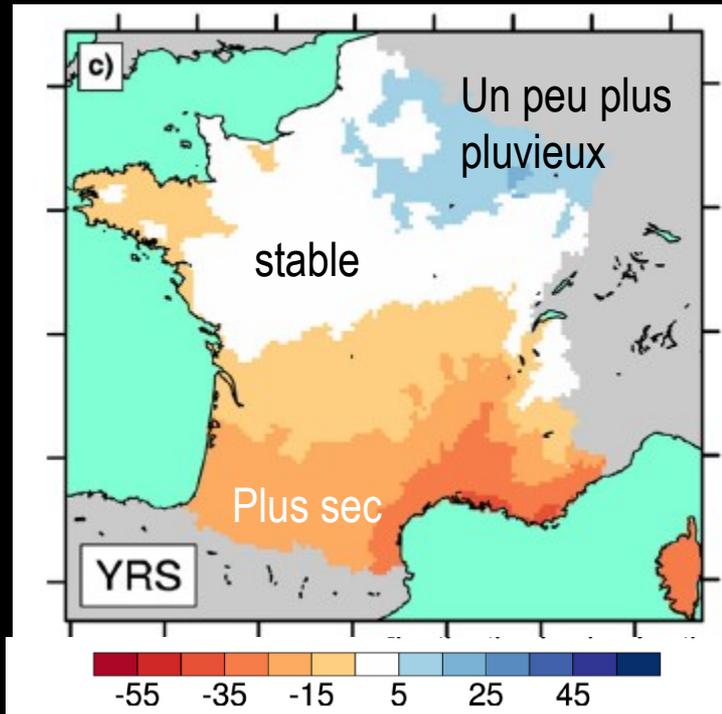
Pour comparer: la dose d'irrigation est estimée en moyenne de

- 195 mm/an en France métropolitaine
- 145 mm/an en Pays de la Loire

Pasquier 2017. Les Prélèvements d'eau Douce En France : Les Grands Usages En 2013 et Leur Évolution Depuis 20 Ans.

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Projections climatiques: impact sur les précipitations en France



Dayon et al. 2018 CRAS

Résultats obtenus avec CMIP5
Projections moyennes avec le scénario
tendancielle RCP8,5 pour la fin du siècle
Sur la France variations [+3 et -15%]

Beaucoup d'incertitudes sur les précipitations:
DRIAS CMIP5, est plus humide...

Beaucoup d'incertitudes sur les précipitations:
DRIAS CMIP5, est plus humide...

De plus, l'évapotranspiration est plus importante (tant qu'il y a de l'eau)

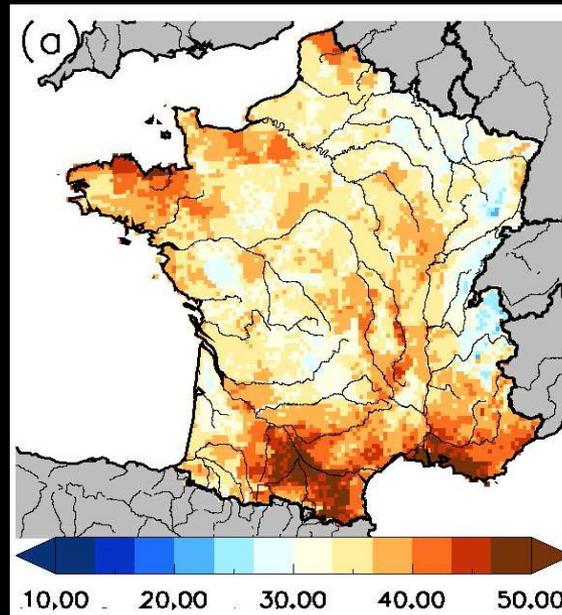
3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Evolution des sécheresses en France vers 2050

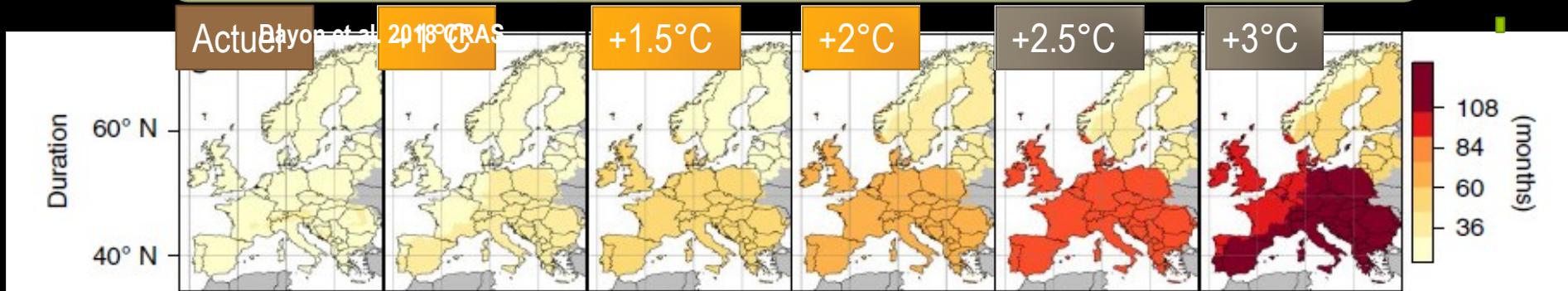
Augmentation de la durée des sécheresses agronomiques (%)

Scénario tendanciel

Boé et al., rapport sécheresse 2018



Toutes les études s'accordent sur une augmentation des sécheresses en Europe
→ Chaque ½ degré compte



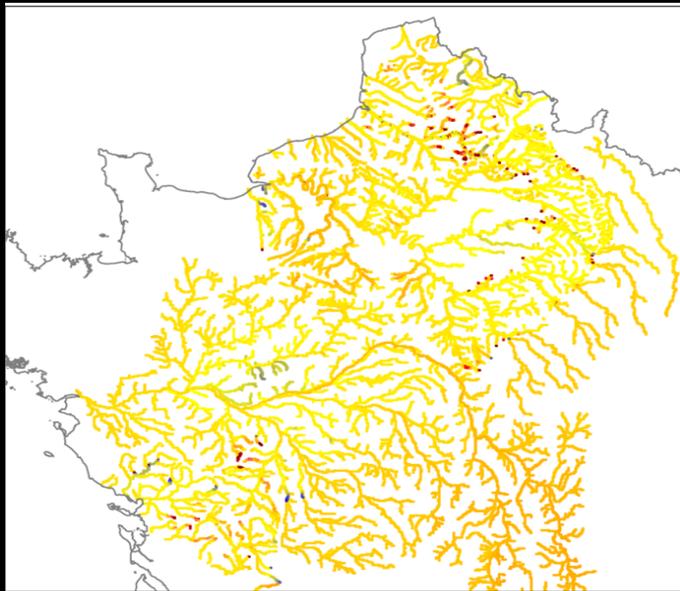
Samaniego et al., 2018

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

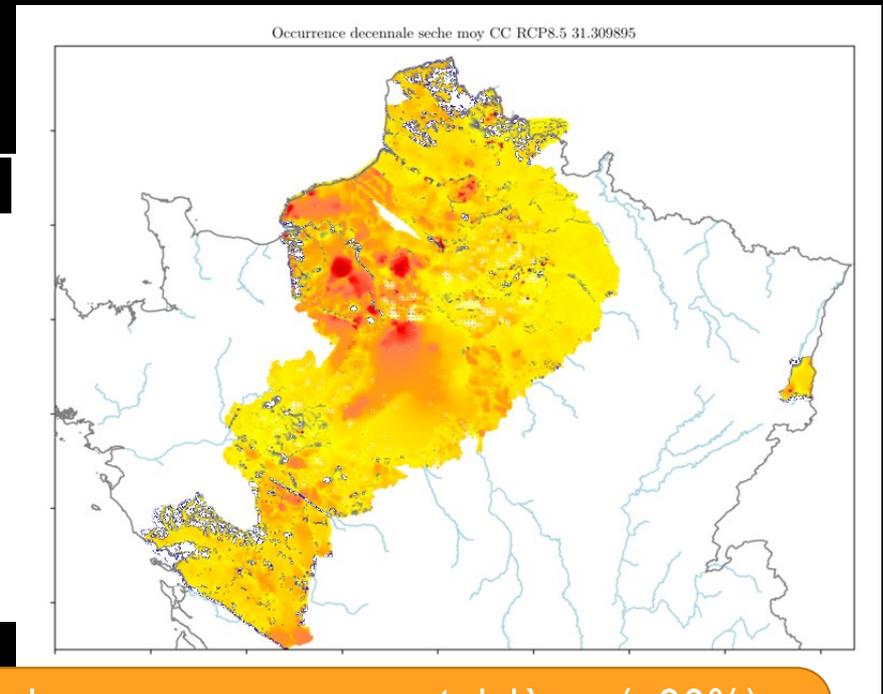
Evolution des sécheresses en France vers 2100

Scénario tendanciel

Augmentation de la durée des sécheresses en rivière (%)



Augmentation de la durée des sécheresses en nappe (%)



- Forte augmentation de la durée des sécheresses en nappe et rivières (+30%)
- Impact visible des zones à forts prélèvements
- Assèchement plus marqué des têtes de bassin (- soutenue par les nappes)

3. Dérèglement climatique et ressources en eau

Implication du dérèglement climatique sur les plans d'eau

- **Augmentation des impacts qualitatifs: T°, concentration**
- **Perte par évaporation plus importante**
- **Augmentation du risque de non remplissage (sécheresse longue)**
- **Risque de rupture accentué**
- **Augmentation des impacts sur les débits avals / apports à la mer**



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Les barrages, solution miracle ?

Stocke lors des inondations et restitue en période de sécheresse ?

4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Les barrages, solution miracle ?

Stocke lors des inondations et restitue en période de sécheresse ?

Outre les nombreux impacts des retenues sur le milieu

- Plus forcément si efficace **pour atténuer les crues**
 - ✓ Les précipitations les plus intenses sont locales: besoin d'être au bon endroit + risque de rupture
 - ✓ Alimentation par pompage rend difficile l'atténuation d'une crue: Une bonne pompe peut extraire $\sim 160\text{m}^3/\text{h}$ → Cela correspond à un débit de $0.04\text{m}^3/\text{s}$ rien par rapport à une crue (exemple $110\text{m}^3/\text{s}$ sur le Layon à St Lambert du Lattay)

4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Les barrages, solution miracle ?

Stocke lors des inondations et restitue en période de sécheresse ?

Outre les nombreux impacts des retenues sur le milieu

- Plus forcément si efficace **pour atténuer les crues**
 - ✓ Les précipitations les plus intenses sont locales: besoin d'être au bon endroit + risque de rupture
 - ✓ Alimentation par pompage rend difficile l'atténuation d'une crue: Une bonne pompe peut extraire $\sim 160\text{m}^3/\text{h}$ → Cela correspond à un débit de $0.04\text{m}^3/\text{s}$ rien par rapport à une crue (exemple $110\text{m}^3/\text{s}$ sur le Layon à St Lambert du Lattay)
- N'évitera pas les impacts sur les débits en été via la réduction des apports de la nappe aux rivières

4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Les barrages, solution miracle ?

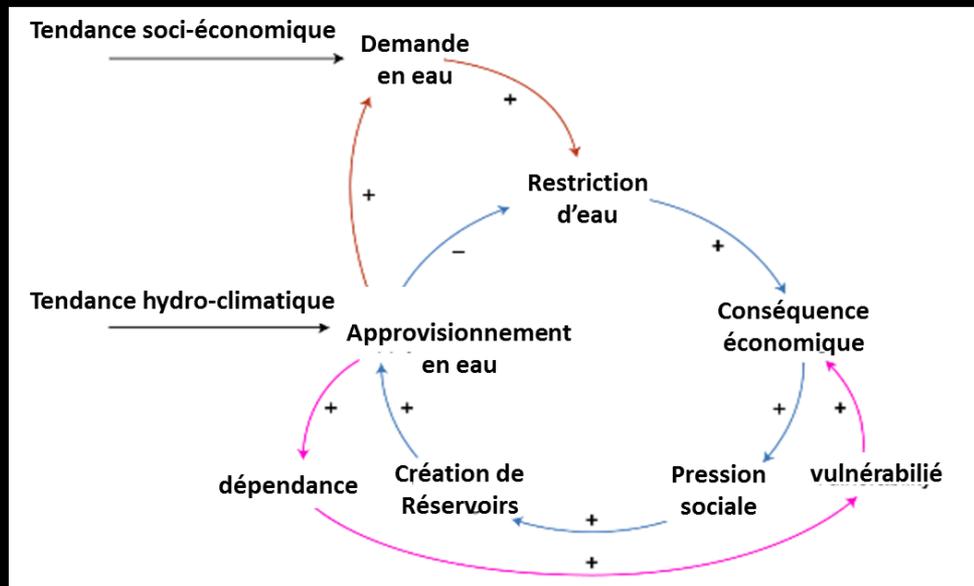
Stocke lors des inondations et restitue en période de sécheresse ?

Outre les nombreux impacts des retenues sur le milieu

- Plus forcément si efficace **pour atténuer les crues**
 - ✓ Les précipitations les plus intenses sont locales: besoin d'être au bon endroit + risque de rupture
 - ✓ Alimentation par pompage rend difficile l'atténuation d'une crue: Une bonne pompe peut extraire ~160m³/h → Cela correspond à un débit de 0.04m³/s rien par rapport à une crue (exemple 110m³/s sur le Layon à St Lambert du Lattay)
- N'évitera pas les impacts sur les débits en été via la réduction des apports de la nappe aux rivières

De plus Cercle vicieux / Verrouillage technique

→ l'augmentation de l'offre conduit à une hausse de la demande et à une vulnérabilité plus élevée



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Diminuer l'usage de l'eau



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Diminuer l'usage de l'eau

Eau potable: une tendance sensible à la hausse des consommations quand la T° augmente

→ Il faut pouvoir maintenir les lieux de vie au frais:

- Isolation
- Végétalisation
- Rendre possible les baignades dans les rivières?

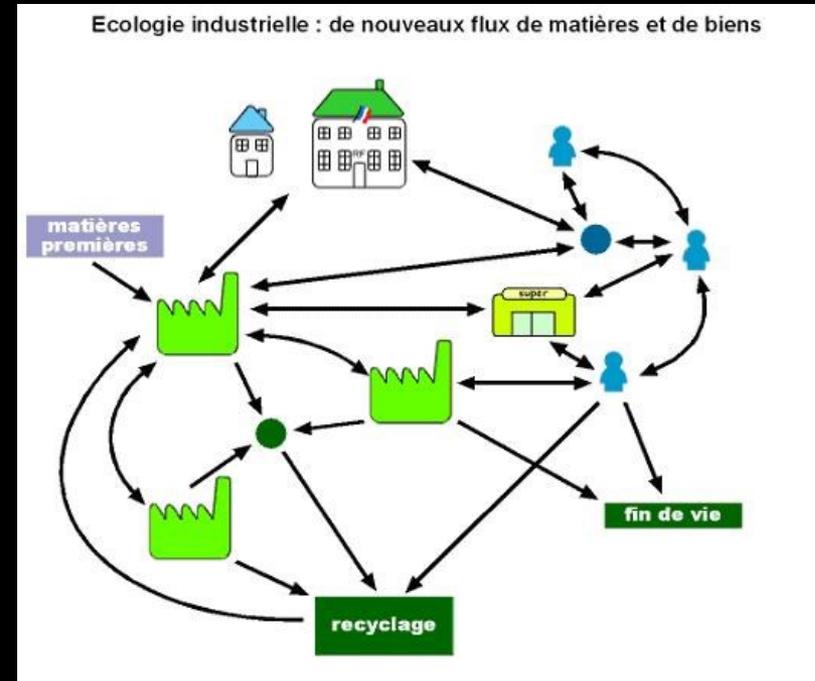


4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Diminuer l'usage de l'eau

Limitier les prélèvements dans l'industrie

- Amélioration des procédés
- Ecologie Industrielle



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Diminuer l'usage de l'eau



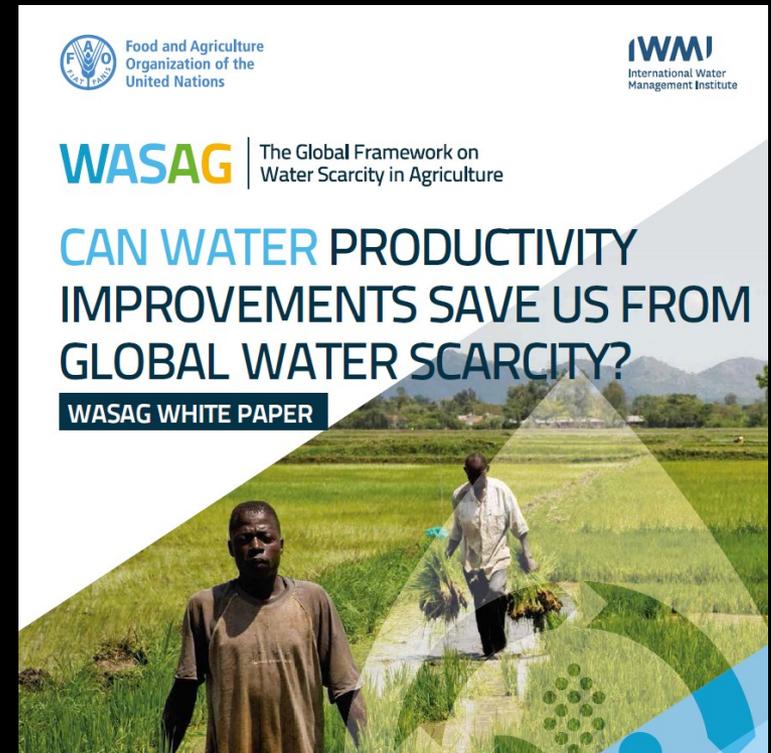
Diminuer les prélèvements pour irrigation?

Possible avec des solutions techniques telles que le goutte à goutte

Mais....

4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Diminuer l'usage de l'eau



Mais l'expérience montre que les économies d'eau réalisées par les solutions techniques ne profitent pas aux bassins versants car :

- Les surfaces irriguées augmentent
- La valeur ajoutée des cultures augmente

« Il est nécessaire de donner des limites de consommation soutenables à l'actuelle et dans le futur »

Yu et al, 2021, "CAN WATER PRODUCTIVITY IMPROVEMENTS SAVE US FROM GLOBAL WATER SCARCITY ?," *White Pap. 1* .FAO, 2021.

4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Réduire notre impact sur le cycle de l'eau

En ville: adaptation: la ville éponge

Moins de ruissellement → réduit les risque de crue
Plus d'évaporation → réduit l'intensité des canicules



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Réduire notre impact sur le cycle de l'eau

En campagne: éviter la compaction des sols pour favoriser l'infiltration vers les nappes



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Réduire notre impact sur le cycle de l'eau

Favoriser la présence de haies et de prairies/bandes enherbées, éviter les sols nus, agroforesterie

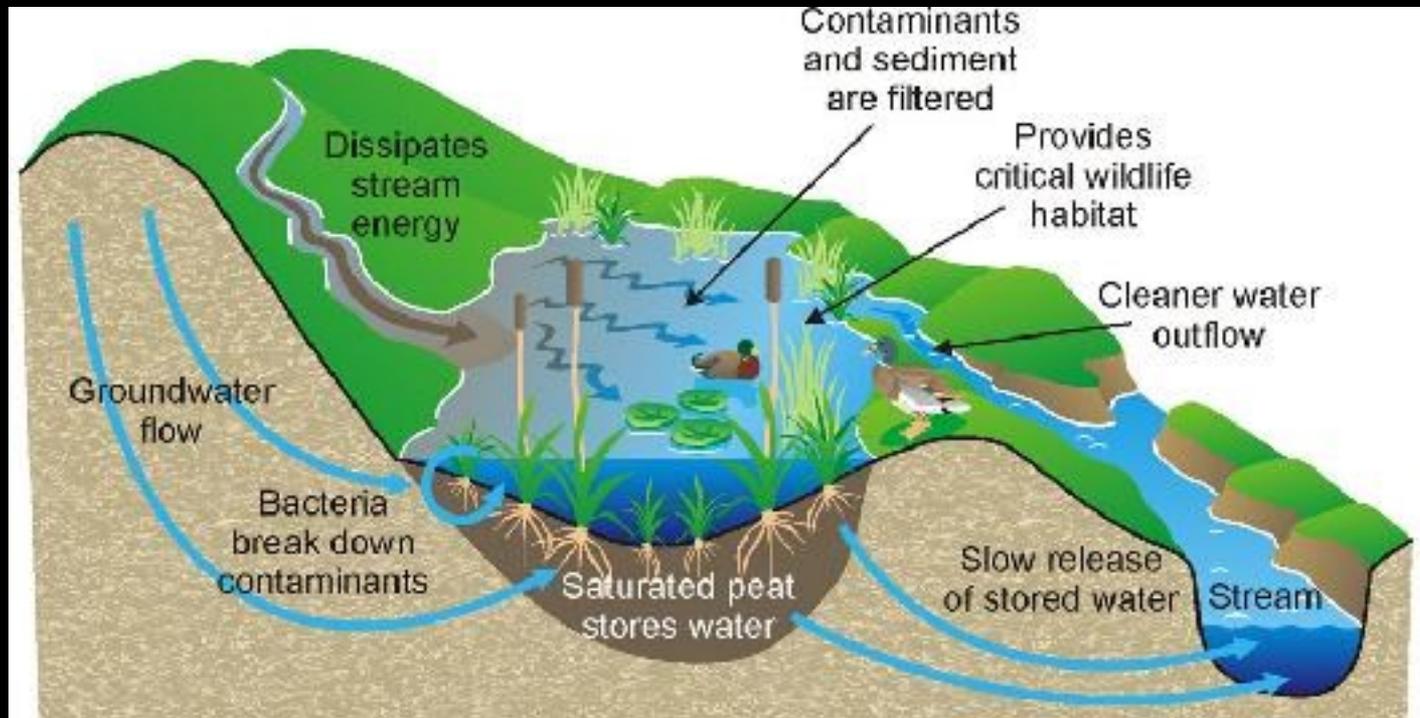
- Réduit les écoulements de surface, donc, l'érosion;
- Favorise la structure des sols, augmente le stockage de carbone dans les sols !



4. Quelles solutions pour réduire la tension sur l'eau ?

Réduire notre impact sur le cycle de l'eau

Favoriser / développer les zones humides

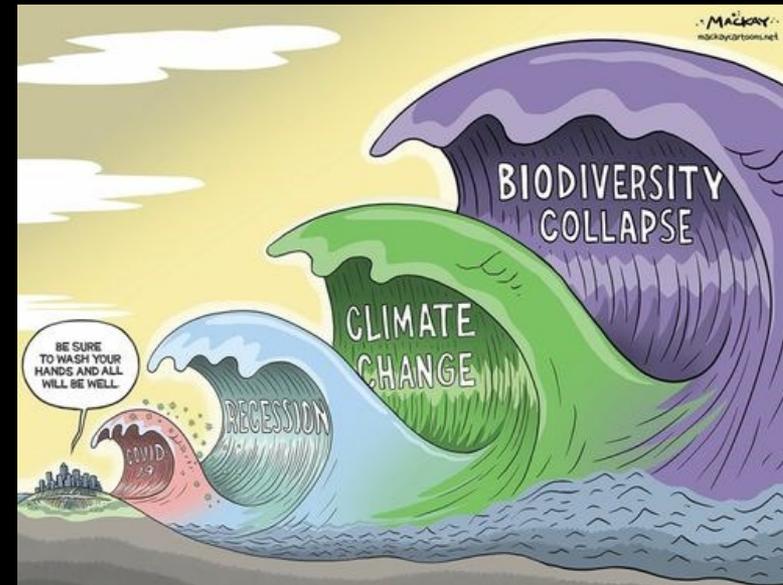


CONCLUSIONS

Il n'y a pas de solutions uniques aux problèmes posés par le dérèglement climatique

Les solutions doivent multiplier les co-bénéfices:

- Pour l'atténuation du changement climatique
- La préservation de la biodiversité
- La réduction des pollutions
- La préservation des sols

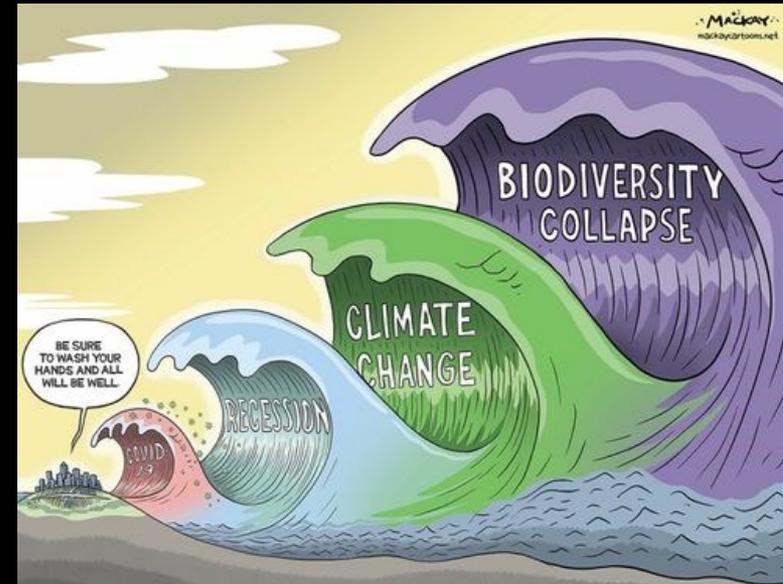


CONCLUSIONS

Il n'y a pas de solutions uniques aux problèmes posés par le dérèglement climatique

Les solutions doivent multiplier les co-bénéfices:

- Pour l'atténuation du changement climatique
- La préservation de la biodiversité
- La réduction des pollutions
- La préservation des sols



La construction de nouveaux plans d'eau ne devrait pas être utilisée comme 1^{ère} solution
A l'inverse, elle doit intervenir après une remise en question globale du fonctionnement local



Hoover, est à un niveau particulièrement bas, en raison de sécheresses exceptionnelles, ici le 19 juillet. (Patrick T. Fallon /AFP)