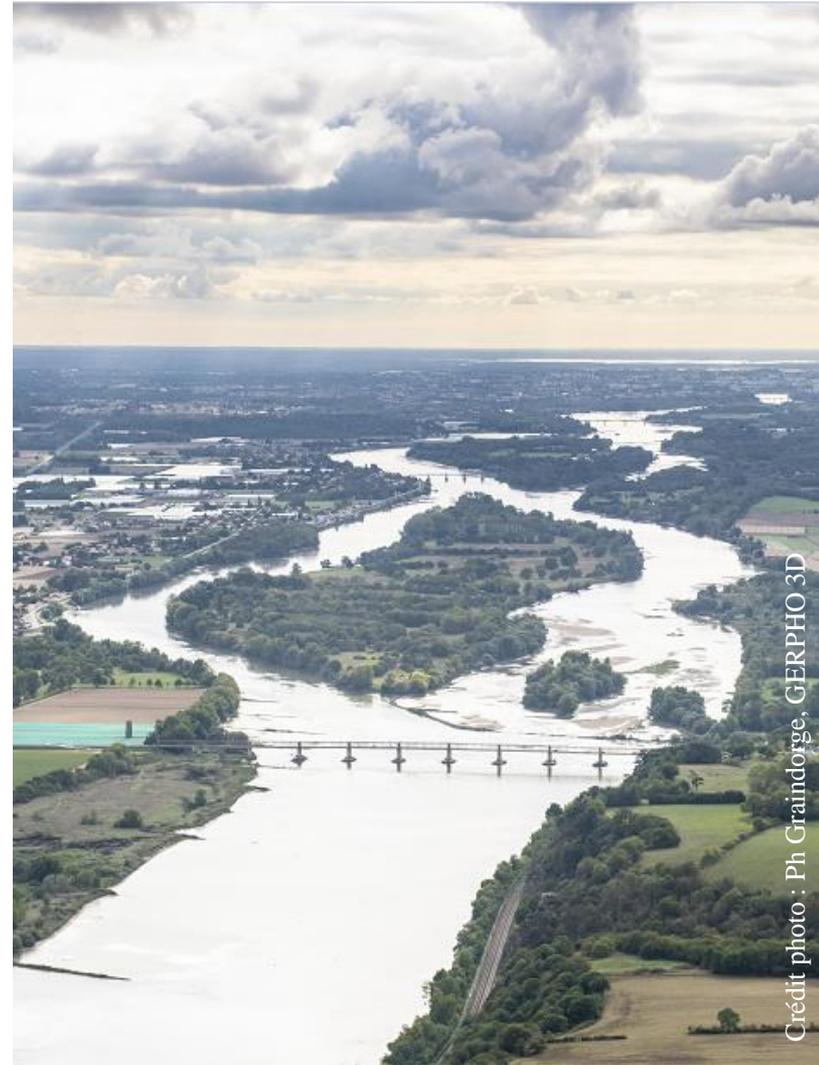


Enjeu des modèles comment passer de l'indécision à la décision ?

Simon LERY, directeur du GIP Loire Estuaire

Sommaire

- Modèles: de quoi s'agit-il
- Les modèles au centre du « jeu »
- Modélisation et observation
- Le choix des bons outils
- Les modèles du GiP LE
- De l'indécision à la décision



Crédit photo : Ph Graindorge, GERPHO 3D

Modèles: De quoi s'agit-il ?

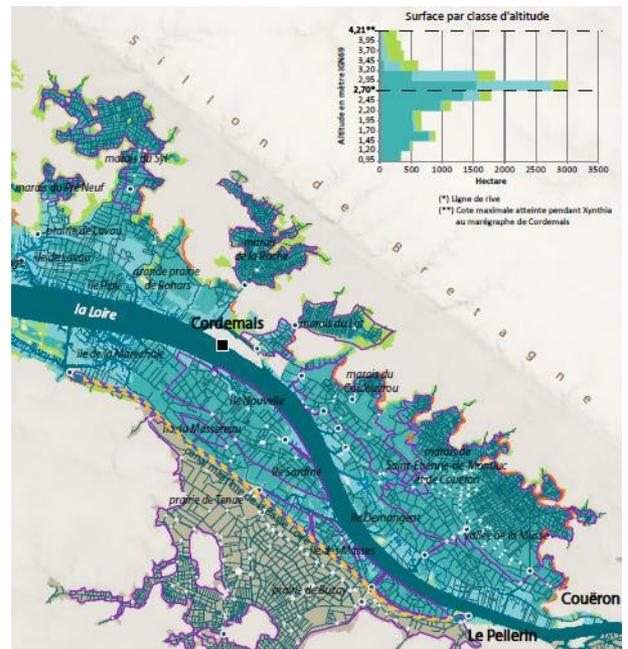
Il y a des modèles dans tous les domaines: économie, industrie, bâtiment, médecine, apprentissage...

Il y a des modèles de tous types

Un modèle n'est pas une simple représentation, une perception globale



Impression, soleil levant, C. Monet; 1872



Le modèle est un **système** défini :

- **Composantes, caractéristiques** des composantes,
 - **Relations** entre les composantes,
 - **Objectifs**
- => **entrées et sorties,**
- **Domaine de validité.**

Cartographie et graphique extraits du modèle de submersion de l'estuaire, GIP LE

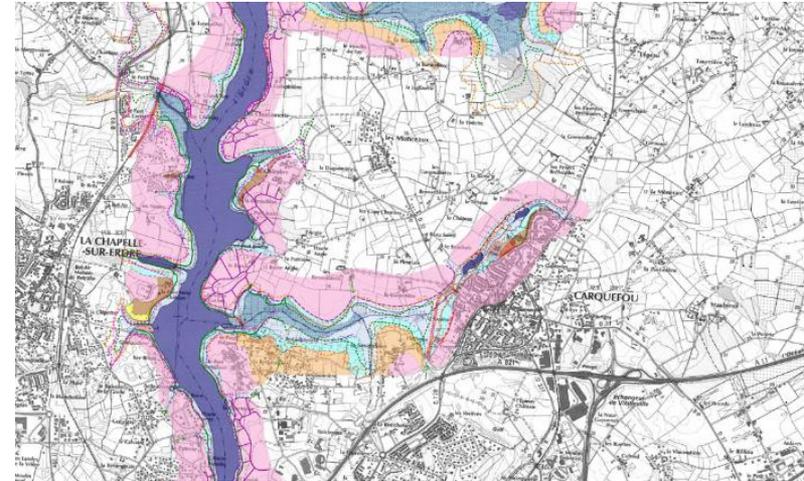
Modèles: De quoi s'agit-il ?

Les modèles peuvent être: **statiques** ou **dynamiques**

Modèle statique : n'intègre pas explicitement le temps, mais décrit les composantes, la structure à un instant ou intervalle de temps donné (NB: la comparaison diachronique est néanmoins possible)

Exemples:

Approche hydrogéomorphologique des zones inondables,
De nombreux systèmes d'informations géographique (SIG)...



Extrait de l'atlas des zones inondables de l'Erdre, DIREN Pays de la Loire 2005

Modèle dynamique : s'intéresse particulièrement à l'évolution de paramètres dans le temps, les sorties du modèle peuvent alors porter sur la dimension temporelle (vitesses, concomitances, écarts dans le temps, etc.)

Exemples:

Modèles hydrauliques, ...

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Modèles: De quoi s'agit-il ?

Les modèles peuvent être: **physiques**, **conceptuels** ou **numériques** (mathématiques)

Modèle physique: reproduction physique (maquette), souvent réduite, d'une portion d'espace ou d'un phénomène

Exemples: cf. bassin océanique de l'Ecole Centrale de Nantes,
Modèle Loire (travaux de rééquilibrage VNF)

Modèle conceptuel: Description de relations de causalité. Souvent préalable au développement d'autre modèle ou d'une composante, support de projet de recherche

Modèle numérique: Représentation de variables utilisant des relations mathématiques entre ces variables

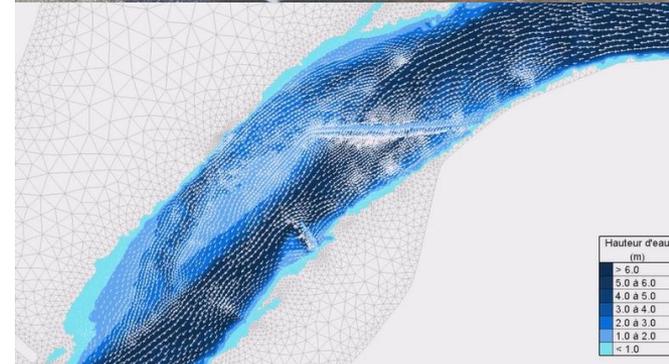
Exemples: (presque) tous les autres

NB: les m. physiques sont généralement associés à des m. numériques

Source: Ecole Centrale de Nantes



Source: VNF



Modèles: De quoi s'agit-il ?

Les modèles (numériques) peuvent être **empiriques (probabilistes)** ou **déterministes**

Modèle empirique: S'appuie généralement sur des observations (en « vrai » ou en laboratoire) et l'établissement de relations statistiques retranscrites en lois simples (ou en « abaques »)

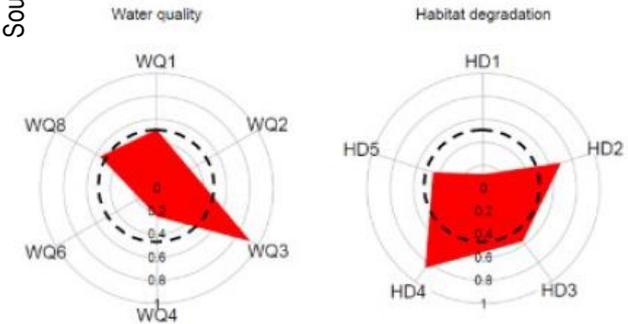
Exemples: fonction diagnostique pour établir un relation pression-état (mise en œuvre Directive Cadre sur l'Eau)

Modèle déterministe: S'appuie sur des lois physiques (ou chimiques,...) qui décrivent les processus. La résolution mathématique de ces équations est souvent impossible, et nécessitent le découpage de l'espace, de la matière (et du temps) en éléments finis

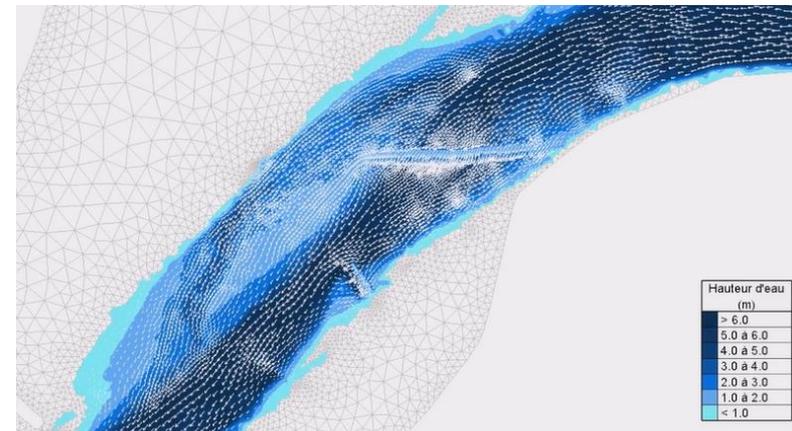
Exemple: modèles hydrauliques (cf. précédemment)

NB: les deux approches peuvent se combiner

Source: AELB



Graphique 1 - Exemple de cours d'eau impacté par les nitrates (WQ3) et par un risque de colmatage (HD4)



Les modèles au centre du jeu

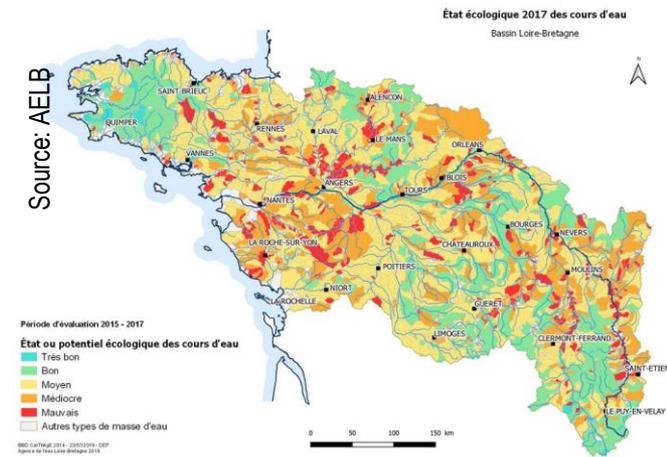
D'innombrables questions peuvent nécessiter le recours aux modèles:

Exemple de questions:

Quelle disponibilité de la ressource Loire pour la production d'eau potable en 2050 ?

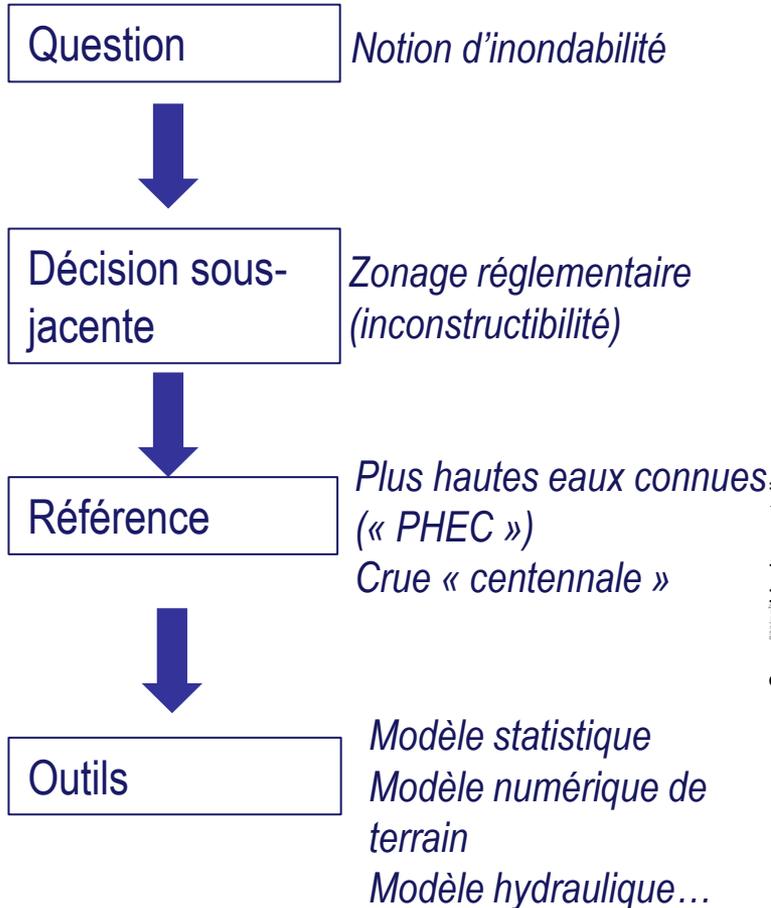
Comment atteindre le bon état des masses d'eau (en Loire-Bretagne) en 2027 ?

Autres: tel équipement est-il construit en zone inondable Quel effet du déversement massif d'un polluant dans une rivière? Quelles menaces et quelle évolution de tel habitat naturel?...

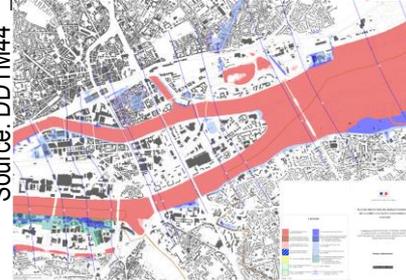


Les modèles au centre du jeu

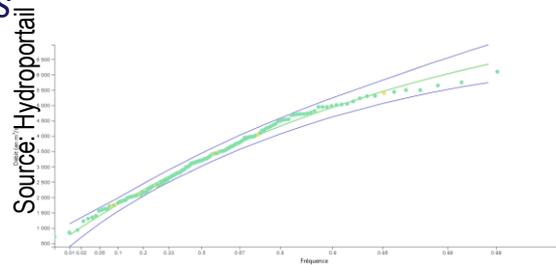
Exemple



Source: DDTM44



Source: Hydroportail



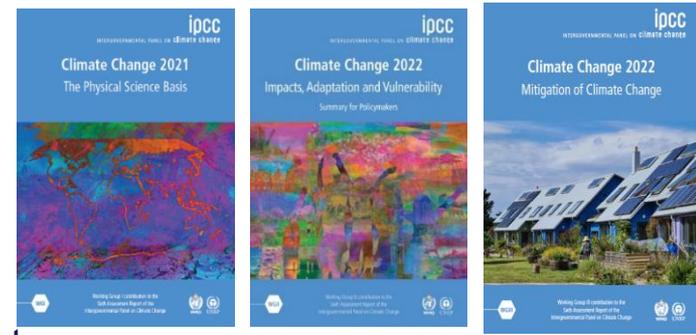
Attention :
Ce n'est pas le modèle qui doit déterminer la question.

Ne pas faire dire au modèle ce qu'il ne peut pas dire: les modèles sont faux, les modèles sont partiels, les modèles sont limités.

Attention à la superposition de modèles aux résolutions très différentes (ex: croisement de MNT au cm / modèle hydraulique à plusieurs dm)

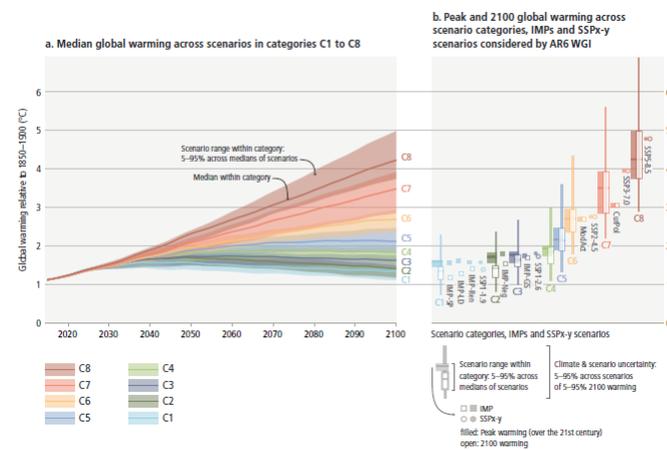
Les modèles au centre du jeu

Le **changement climatique** => rôle majeur des modèles:
modélisations prospectives multiples du système Terre, scénarios
d'évolution, effets des actions et politiques...



Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
(GIEC) 2021 - 2022 - 6ème rapport (AR6): trois volumes + trois
rapports spéciaux au cours du 6e cycle

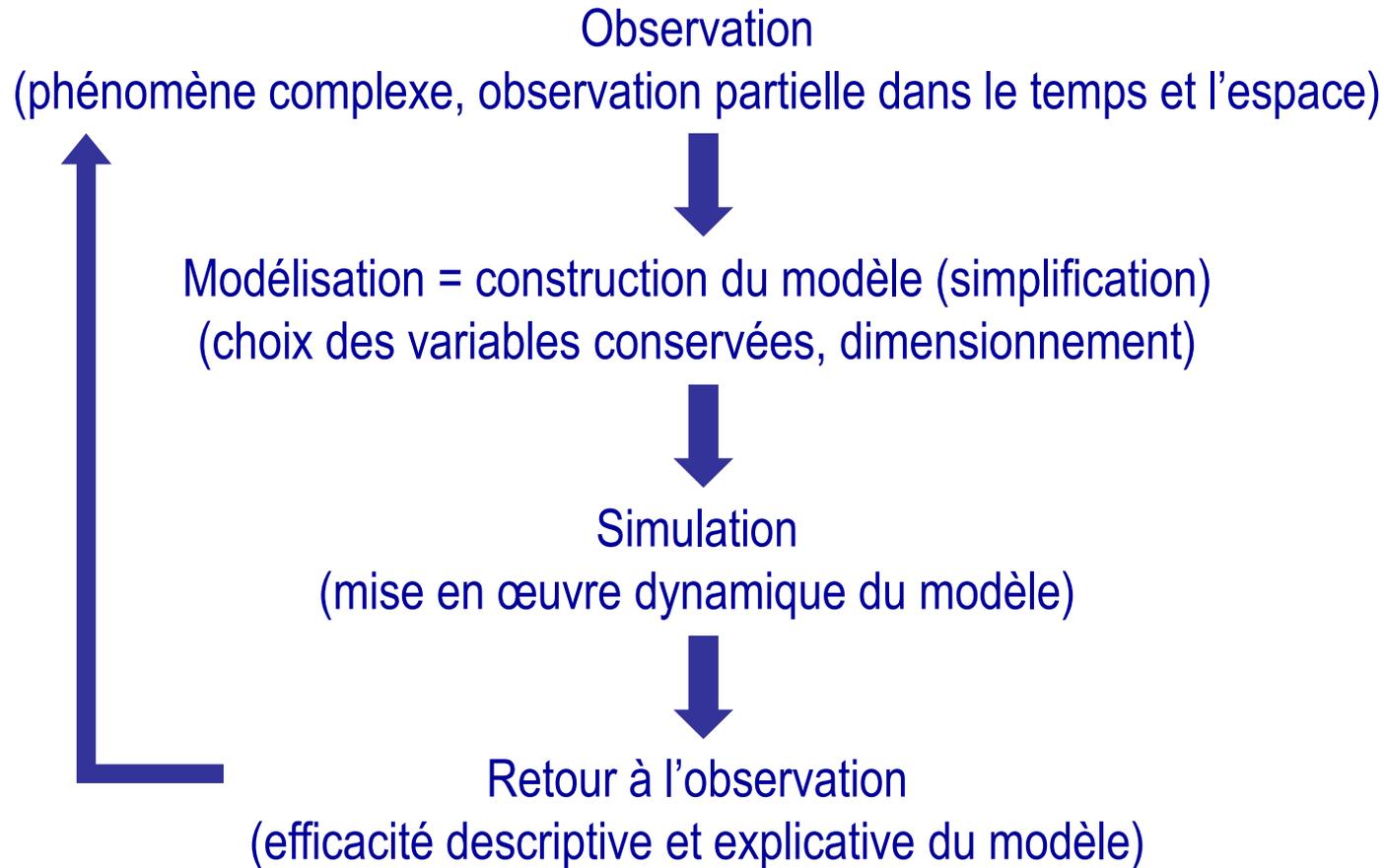
The range of assessed scenarios results in a range of 21st century projected global warming.



Groupe interdisciplinaire d'experts sur le changement climatique sur
l'évolution du climat (GIEC) régional des Pays de la Loire : deux
rapports, sur le diagnostic (2022) et sur les actions (2023)



Modélisation et observation



Modélisation et observation

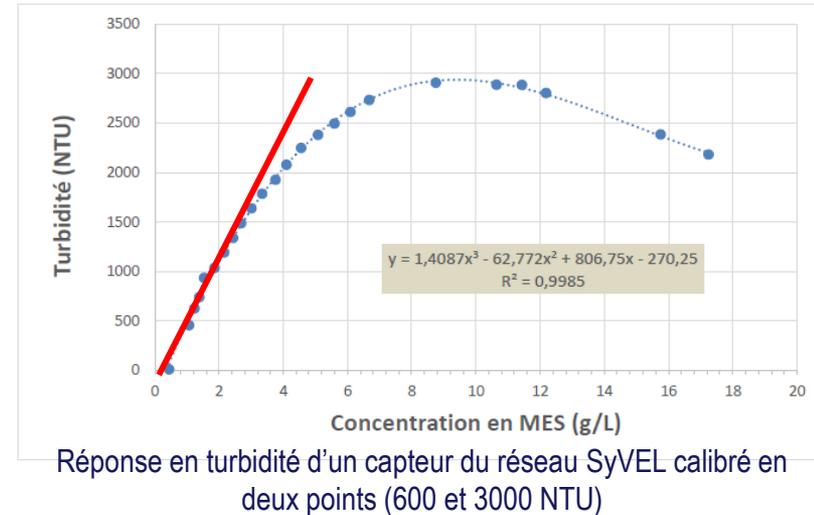
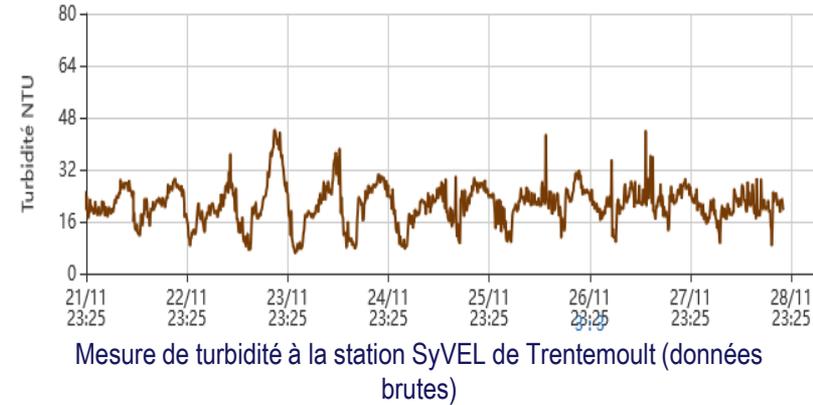
Peut-on modéliser sans observer?

Observations nécessaires pour les modèles à divers degrés:

- clarifier les questions
- construire les composantes du modèle
- permettre les changements d'échelle, changements de variables
- alimenter le modèle (données d'entrée et forçages)
- caler et valider le modèle
- fournir un cadre pour l'expression de résultats

=> nécessité de disposer de longues séries ou nombreux jeux de données d'observation

Attention: les données d'observation ont leur propre domaine de validité, et leur propres incertitudes



Modélisation et observation

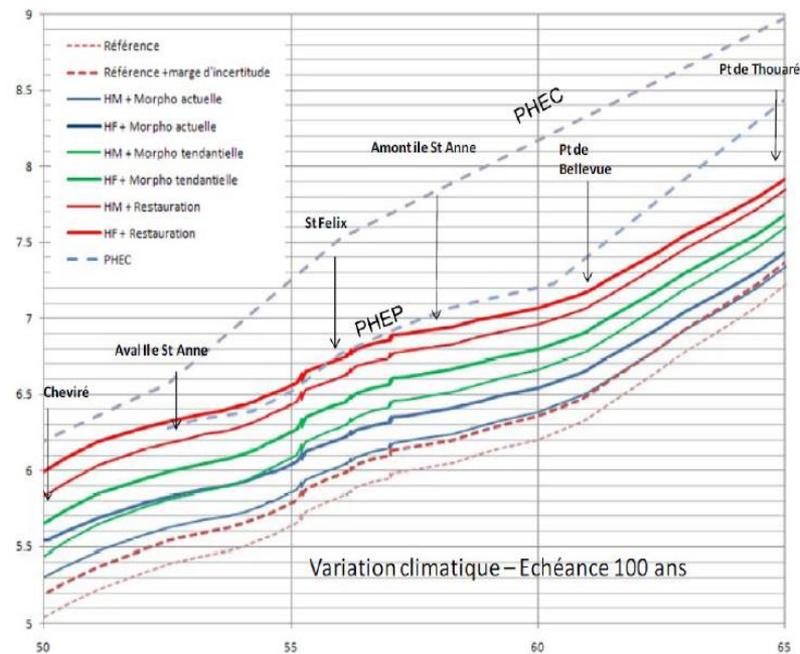
Peut-on observer sans modéliser ?

Si les modèles sont toujours faux, l'observation est toujours incomplète:

- qu'est-ce qui explique ce qu'on voit?
- comment cela va évoluer?
- qu'est-ce qu'on ne voit pas?

Exemple de la notion d'*inondabilité*:

- Principe de base basé sur l'**observation** des PHEC (plus hautes eaux connues)
- Cas de la Loire: notion de plus hautes eaux prévisibles (1958)
- plus forte crue connue (PPRi de 2014) => passage à la **modélisation**: modélisation des lignes d'eau du fleuve (GIP LE), puis projection sur modèle numérique de terrain



Lignes d'eau de crue de la Loire entre Nantes et Thouaré selon diverses hypothèses (GIP LE, 2010)

Un modèle aide à **comprendre, expliquer, évaluer, prédire**

Le choix des bons outils

Un modèle peut être un outil simple

Question complexe => nécessité d'un outil plus complexe ...
mais on peut parfois simplifier la question

Qu'attend-on d'un outil ?



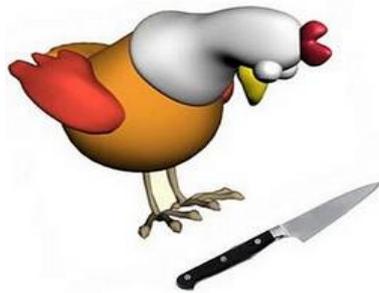
Notice

Utilisable
plusieurs fois

Utilisable par
plusieurs

Réparable

Multitâche



A minima, savoir comment l'outil fonctionne

Le choix des bons outils

Domaine de l'eau: très nombreux modèles

Exemples:

Hydrologie

Hydraulique: 1D, 2D, 3D

Modèles cadre DPSIR

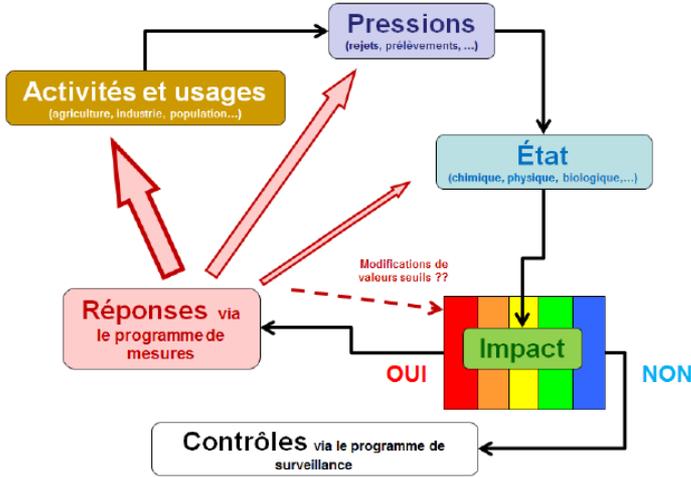


Figure 1 - Cadre conceptuel DPSIR adapté

Etc. (Modèles de sols, de transfert de polluants, hydro-sédimentaires...)

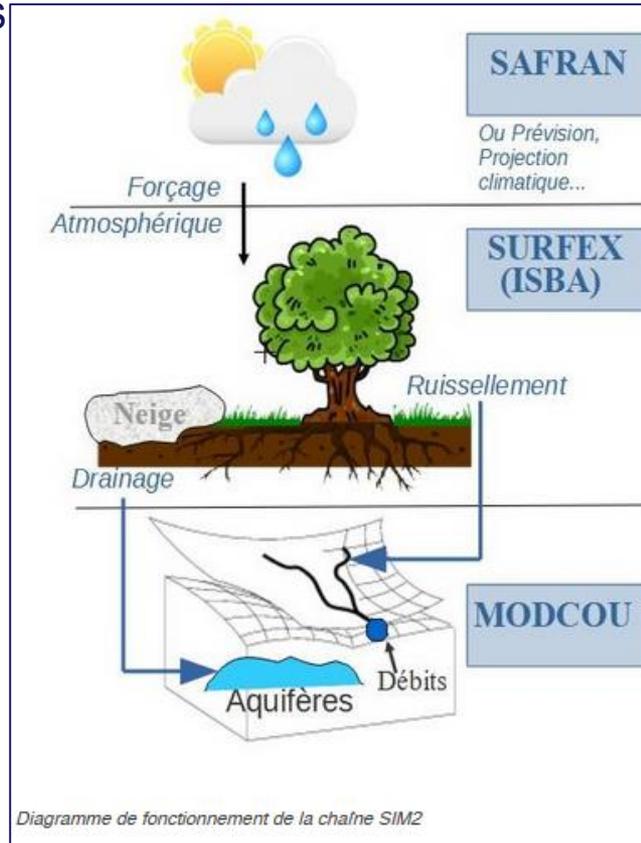
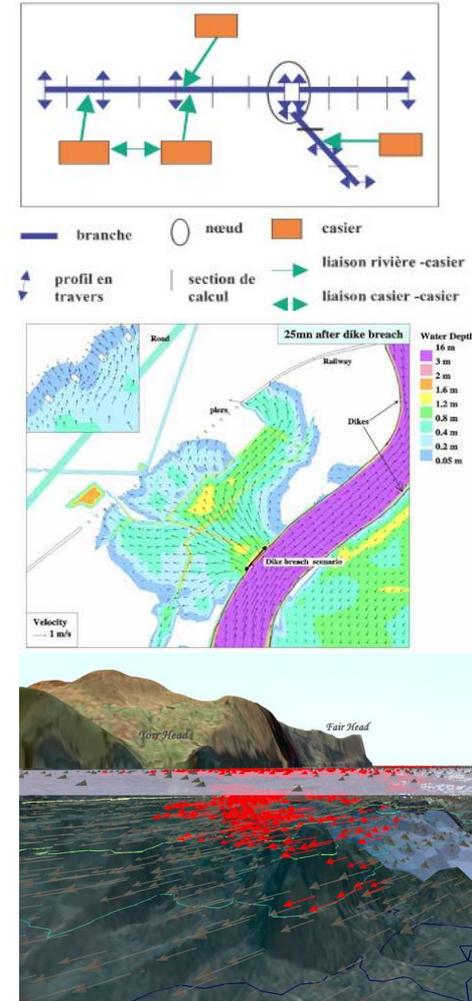


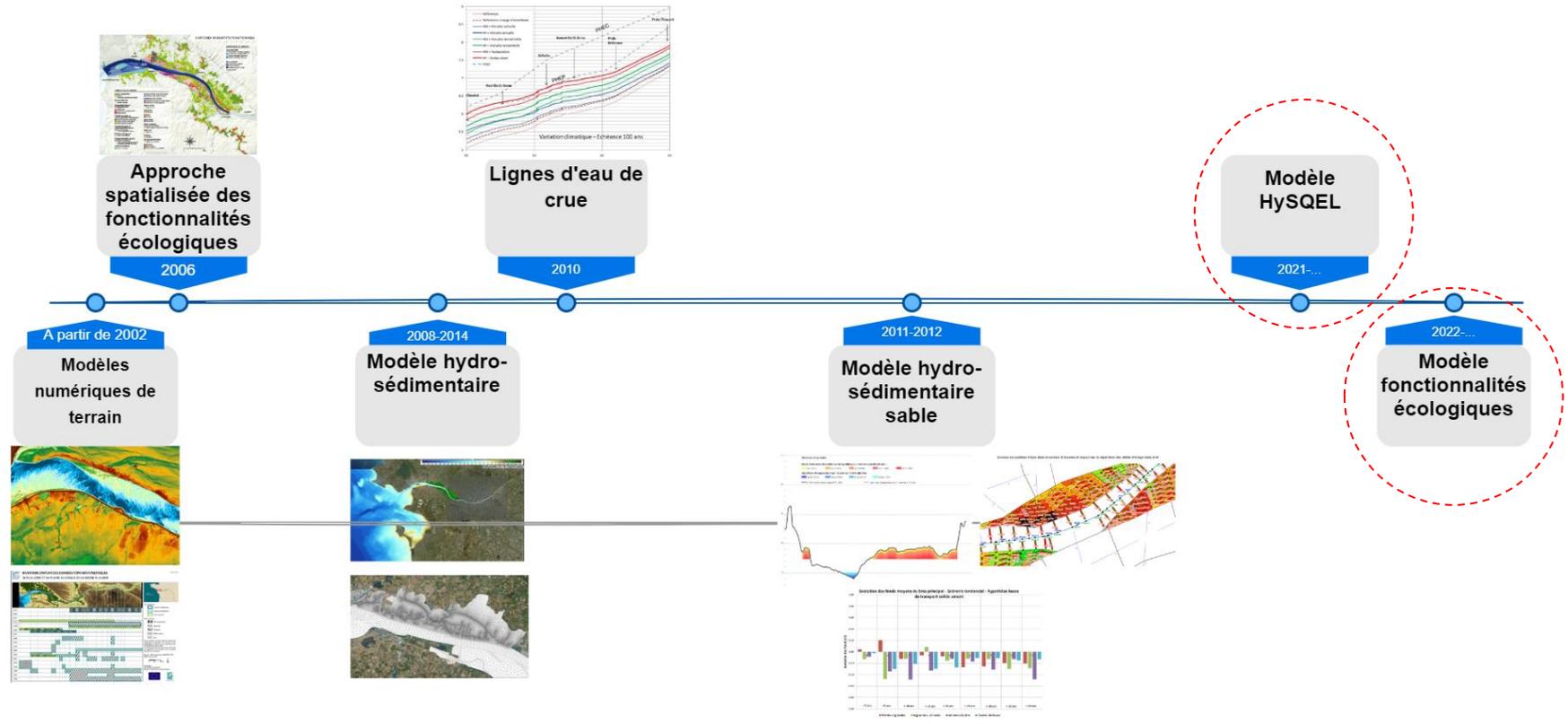
Schéma représentant la chaîne de modélisation SIM2 (Météo France, Mines ParisTech), DRIAS



Illustrations de modèles 1D, 2D et 3D de la suite Telemac-Mascaret

Le GIP LE et ses modèles

Liste non exhaustive:



De l'indécision à la décision

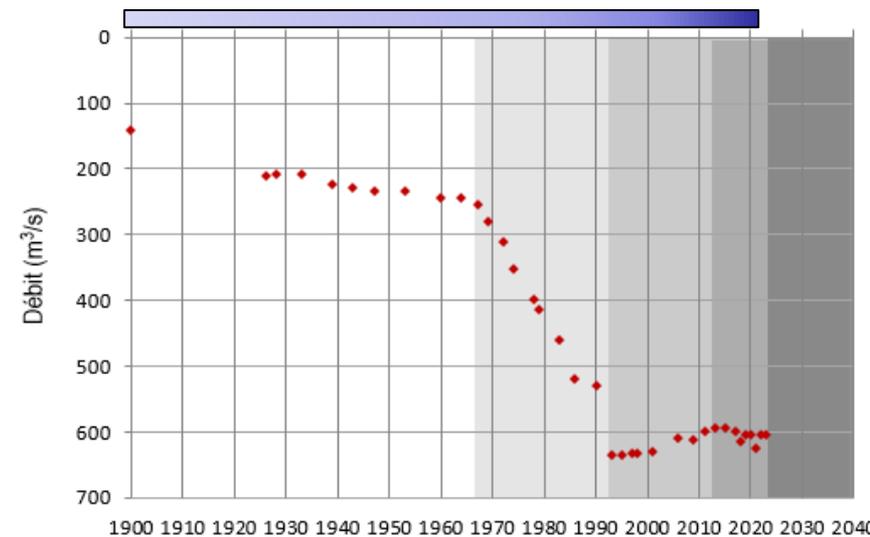
Indécis, ise (adj.): (choses) douteux, incertain, indéterminé... Qui n'est pas bien déterminé, qu'il est difficile de distinguer, d'apprécier, de reconnaître. (Personnes) Qui n'a pas encore pris une décision, qui a peine à se décider. (...)

Incertitude des effets => Difficulté à décider

=> Modèles (nombreux) -> mais quid des limites des modèles

=> La décision implique d'accepter l'idée même d'incertitudes

Modèle = moyen
de réduire les incertitudes (même si quantification difficile)
de bien comprendre le problème
de voir le coût de l'inaction



Evolution au cours du temps du débit de la Loire nécessaire pour atteindre le zéro de l'échelle à Montjean-sur-Loire (indicateur de morphologie); source DREAL Pays de la Loire, GIP LE

De l'indécision à la décision

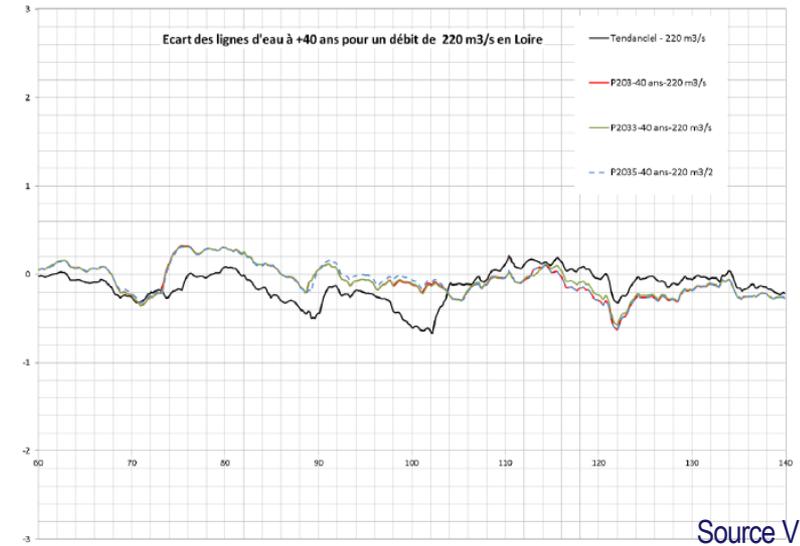
Le modèle peut éventuellement « mal » représenter ou prédire, mais bien **comparer**

Comparaison => choix d'action possible

Ex. travaux Loire: comparaison entre scénario tendanciel et avec travaux

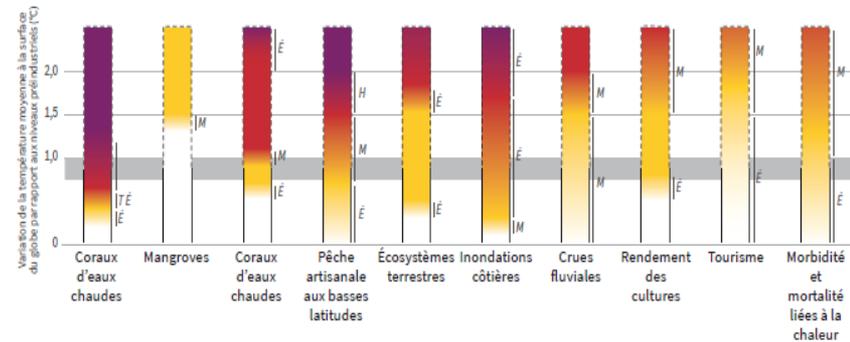
Ex. des rapport du GIEC:

- synthèses à l'intention des décideurs,
- identification des limites des connaissances et de sources d'incertitudes,
- approche par les solutions et les leviers d'atténuation (par secteurs),
- comparaison des incidences selon les scénarios d'atténuation



Source VNF

Incidences et risques pour un certain nombre de systèmes naturels, gérés et humains



Degré de confiance pour la transition : F = faible, M = moyen, É = élevé, TÉ = très élevé

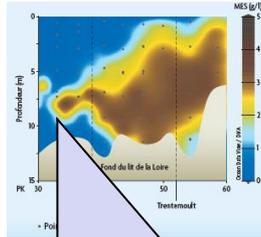
Source GIEC 2019

De l'indécision à la décision

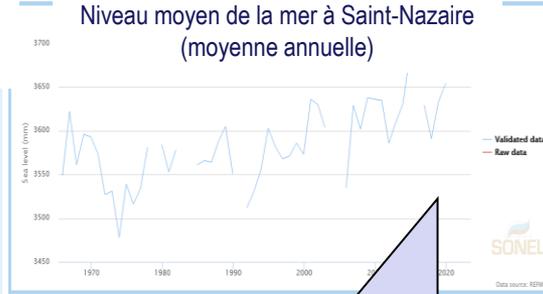
Inondations à Nantes en 1904



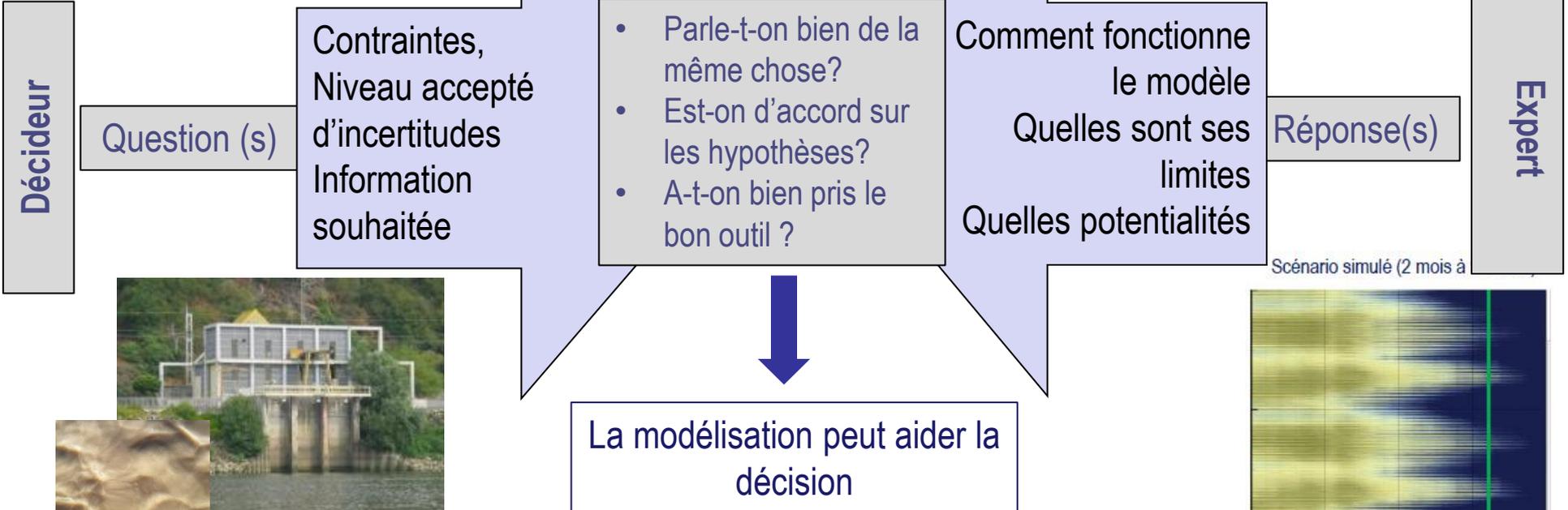
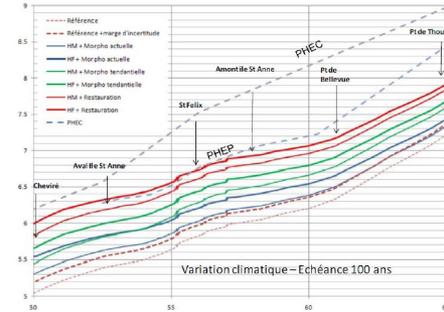
Représentation en coupe longitudinale du « bouchon vaseux »



Niveau moyen de la mer à Saint-Nazaire (moyenne annuelle)



Source SHOM



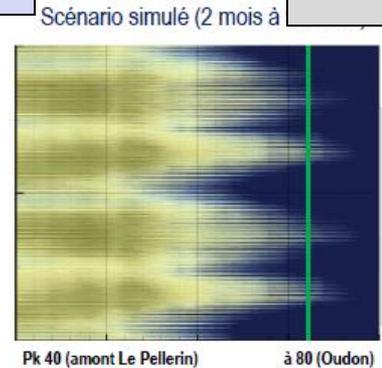
La modélisation peut aider la décision

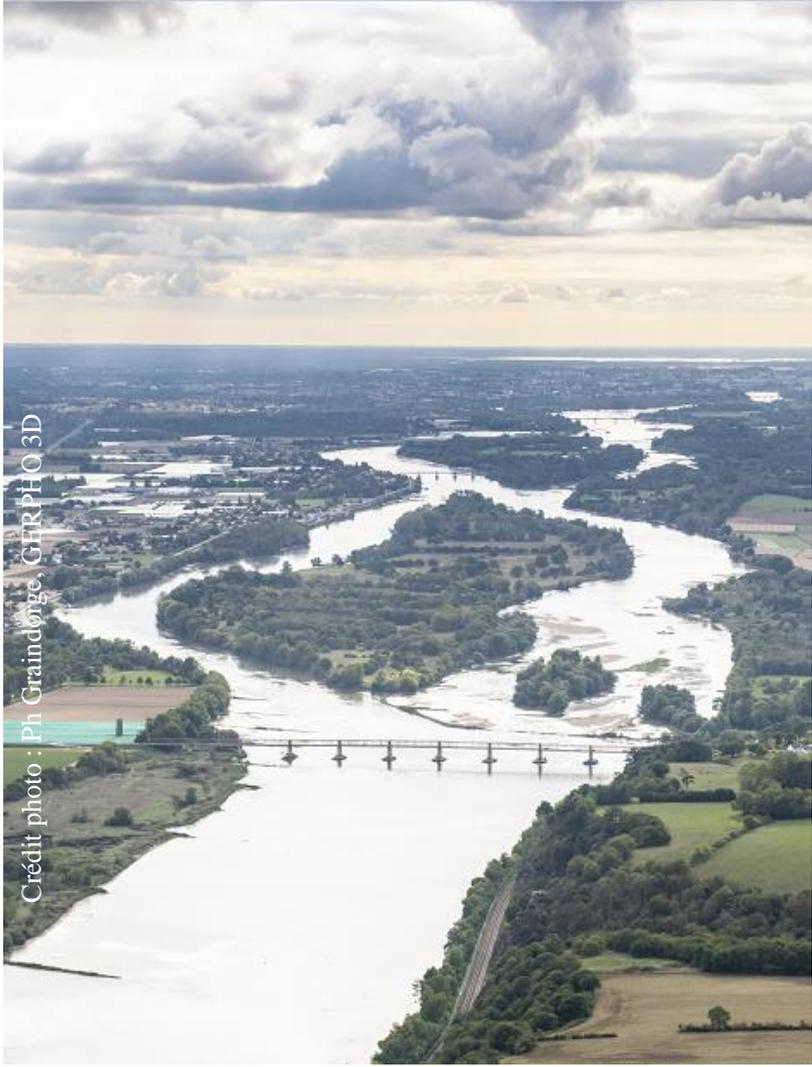


Prise d'eau de Nantes Métropole à Mauves-sur-Loire



Aspect du « bouchon vaseux »





Crédit photo : Ph Graindorge, GHR PLO 3D

Merci de votre attention