



HAL
open science

La modélisation en sciences de l'environnement: Principes et Méthodes de construction et d'utilisation

Patrick Durand

► **To cite this version:**

Patrick Durand. La modélisation en sciences de l'environnement: Principes et Méthodes de construction et d'utilisation. Carrefour des gestions locales de l'eau, Jan 2019, Rennes, France. hal-03340245

HAL Id: hal-03340245

<https://hal.inrae.fr/hal-03340245>

Submitted on 10 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

30 • 31
Janvier 2019

20
ans!

RENNES
Parc des expositions

CARREFOUR des GESTIONS LOCALES de l'eau

80
Conférences
470
Exposants
12 000
Participants

Vous souhaitez les supports de
présentation des deux journées ?
Rendez-vous sur le stand 5-174 et sur



Une manifestation



En partenariat avec



Établissement public du ministère
chargé du développement durable



Évènement labellisé



Réagissez sur
Twitter :

@CarrefourEau
#CGLE20

20
ans!

CARREFOUR
des GESTIONS
LOCALES de

l'eau

30 • 31
Janvier 2019

RENNES
Parc des expositions

www.carrefour-eau.com

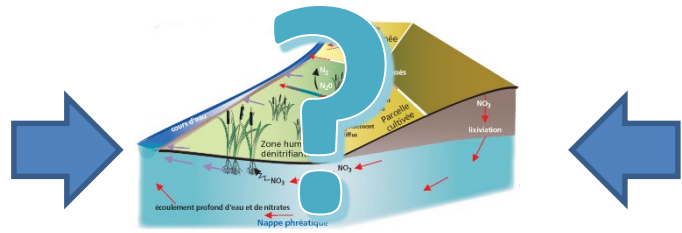


La modélisation en sciences de l'environnement

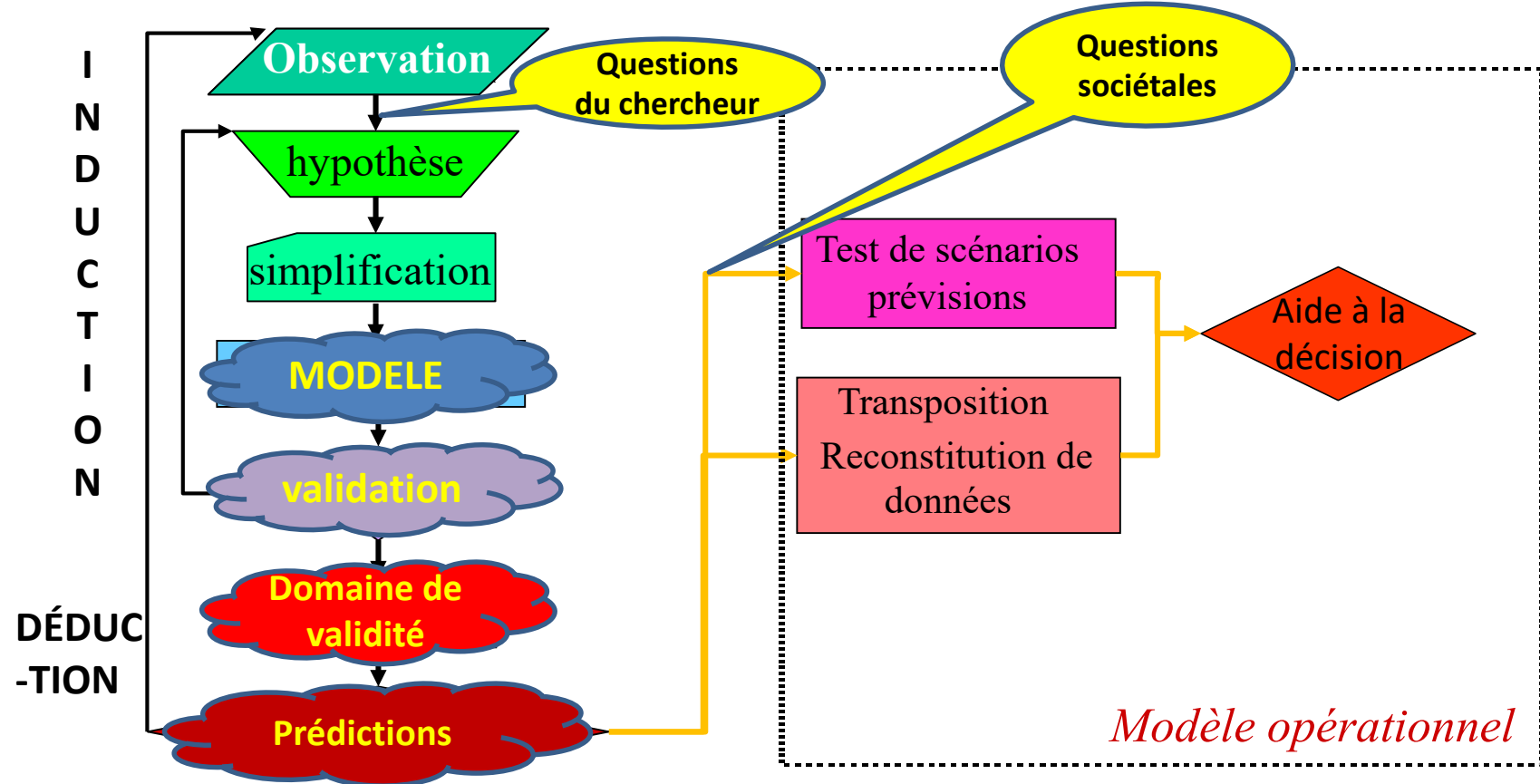
Principes et méthodes de
construction et d'utilisation

C'est quoi?

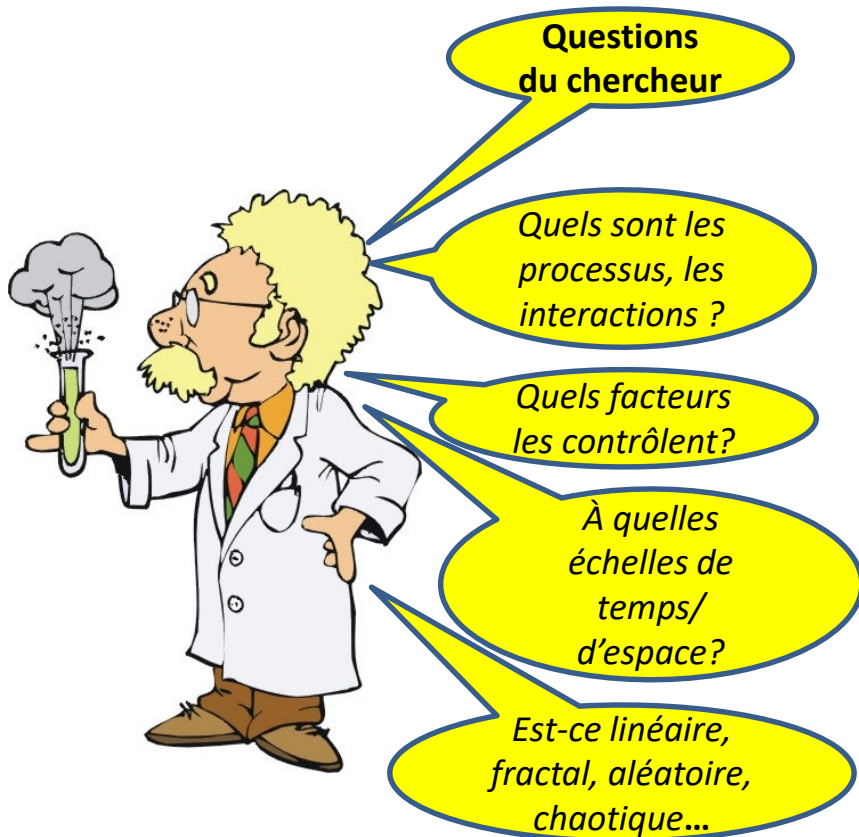
- Une **représentation mathématique simplifiée** de l'évolution d'un système complexe.
- Autrement dit, un objet hybride, entre théorie et réalité



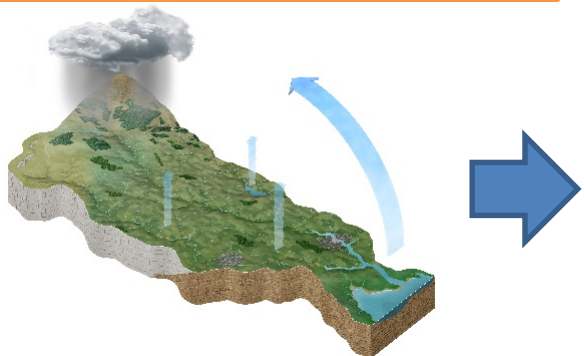
Pourquoi?



Pourquoi?

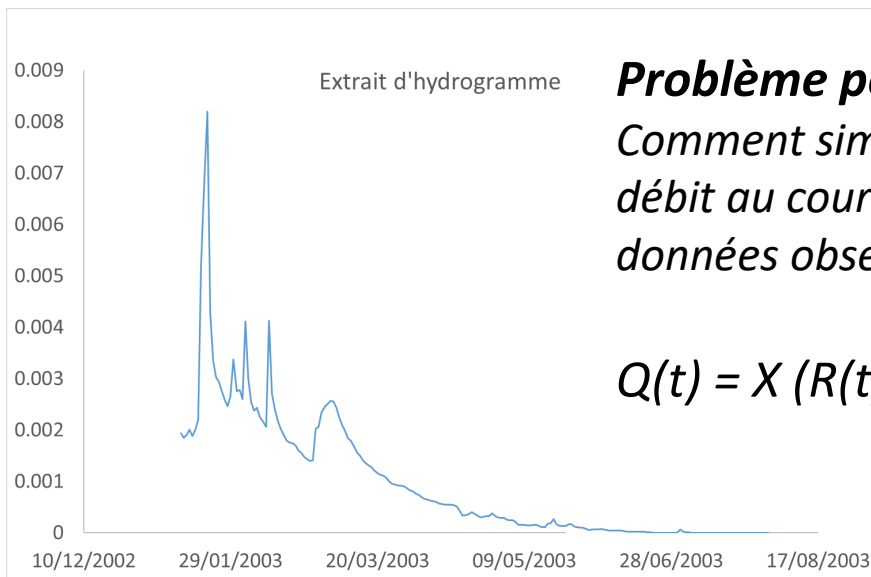


Comment c'est fait?



Series d'observations et de mesures :

Topographie, occupation du sol, météo, débits...

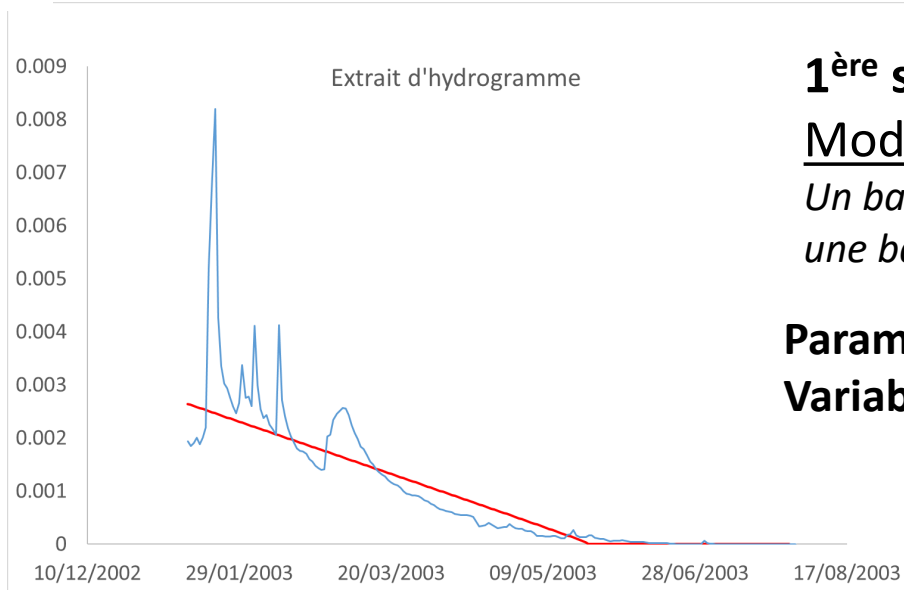
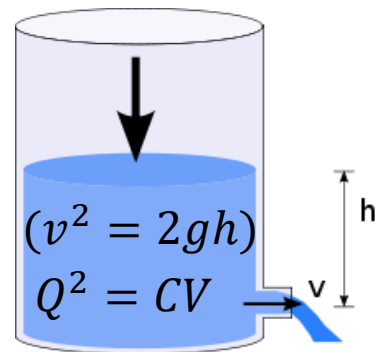
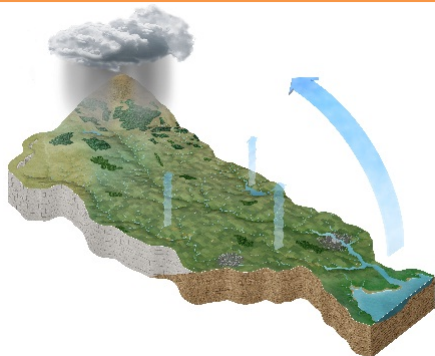


Problème posé:

Comment simuler les variations de débit au cours du temps à partir des données observées?

$$Q(t) = X (R(t), ET(t), Ks, z, A, \dots)$$

Comment c'est fait?



1^{ère} solution:

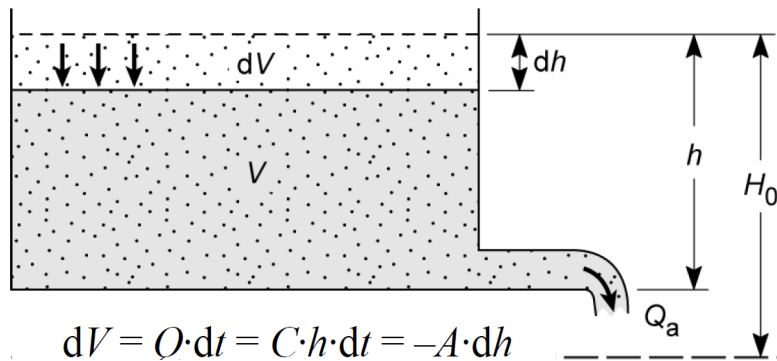
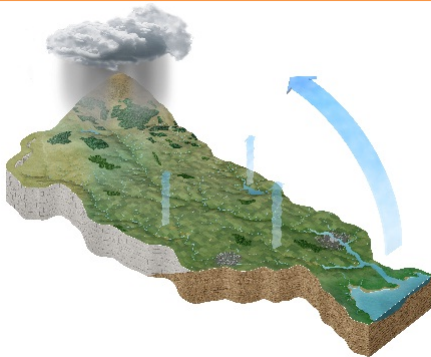
Modèle conceptuel:

Un bassin versant, c'est comme une baignoire qui se vide

Paramètre : C

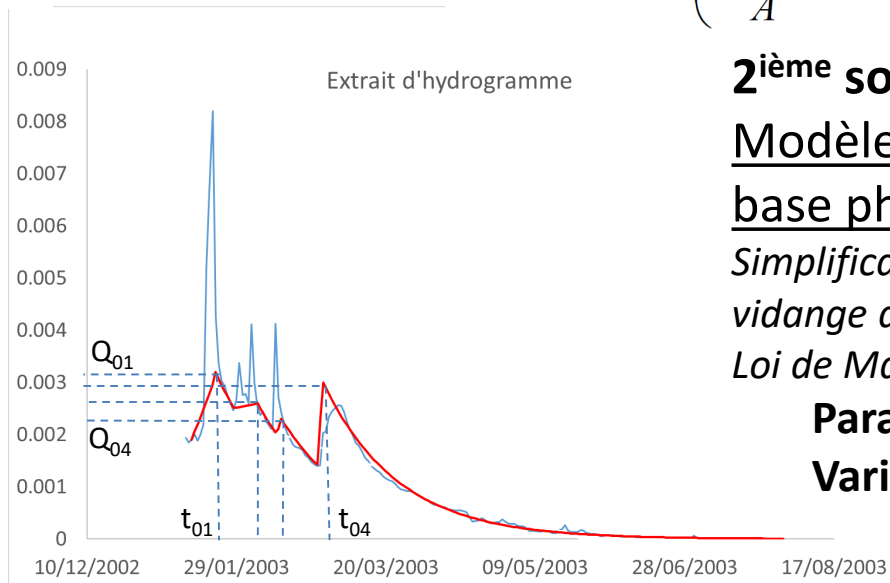
Variable de forçage : Q_0

Comment c'est fait?



$$dV = O \cdot dt = C \cdot h \cdot dt = -A \cdot dh$$

$$Q = Q_0 \cdot \exp\left(-\frac{C}{A} \cdot (t - t_0)\right)$$



2^{ème} solution:

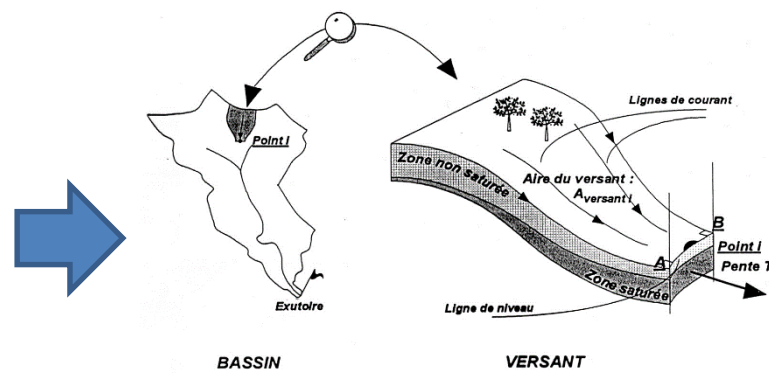
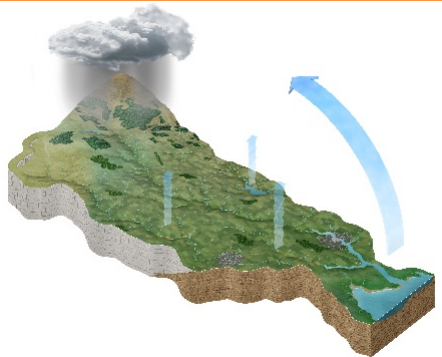
Modèle conceptuel global à base physique:

*Simplification des équations de vidange d'un réservoir poreux:
Loi de Maillet*

Paramètre : C

Variables de forçage : (Q_{0i}, t_{0i})

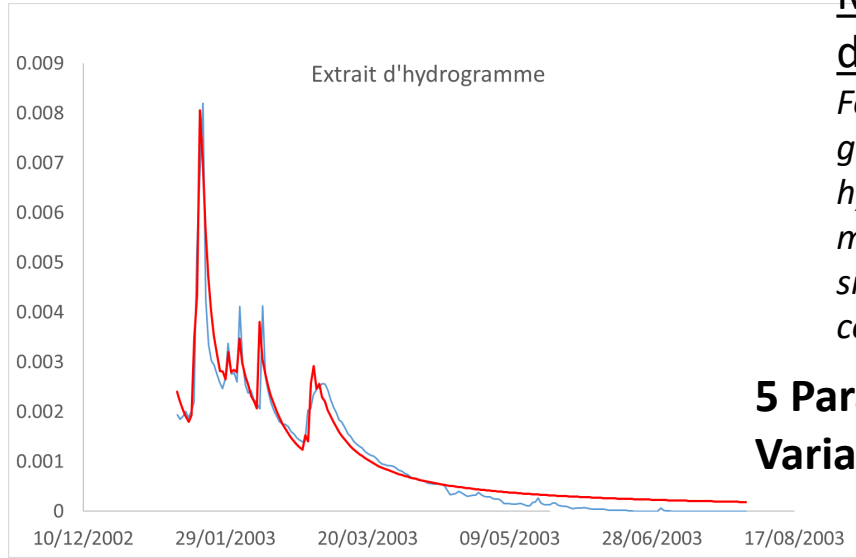
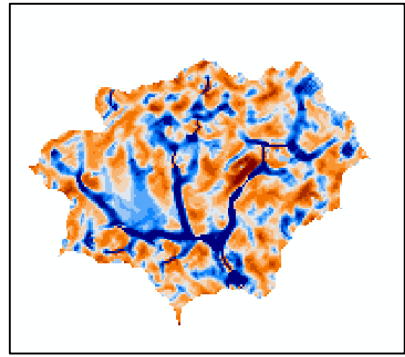
Comment c'est fait?



- ↗ évaporation (calculé sur le bv):
 - $E_{a,i} = E_{p,i} \cdot (1 - SRZ_i / SRMAX)$ (SRZ, SRMAX = déficits)
 - ensuite, si $P_i - E_{a,i} > SRZ_{v,i}$
- ↗ ruissellement (partout où $sd_{i,t} < 0$, c'est à dire $\text{Log}(a/ig\beta) > \lambda + SD/M$):
 - $q_{of,i,t} = suz_{i,t} + (P_i - E_{a,i} - SRZ_i)$
- ↗ écoulement gravitaire (de SUZ vers SD)
 - $q_{v,i,t} = suz_{i,t} / (sd_{i,t} \cdot TD)$ (TD = constante de temps)
 - ou bien:
 - $q_{v,i,t} = Ko \cdot \exp(-sd_{i,t}/M)$ (Ko = conductivité hydraulique à saturation) $\cong To/M$
- ↗ écoulement en saturé (calculé sur le bv):
 - $(qb_{i,t} = To \cdot \exp(-sd_{i,t}/M) \cdot tg\beta_i)$
 - $Qb_i = To \cdot \exp(-SD/M) \cdot \exp(-\lambda)$
 - $tq : 1/Qb_{i,t} - 1/Qb_0 = (1/M \cdot \lambda) \cdot (t - t_0)$ (récession hyperbolique)

TOPMODEL

Remplissage de nappe



3^{ème} solution:

Modèle conceptuel semi-distribué à base physique:

Formulation d'hypothèses génériques sur le fonctionnement hydrologique; développements mathématiques; formalismes simplifiés des processus annexes; codage informatique

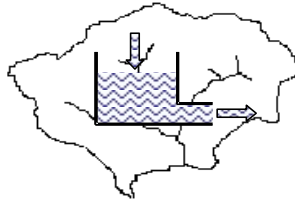
5 Paramètres + MNT

Variables de forçage : Q_0 , P, ETP

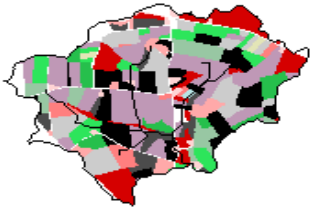
Comment c'est fait?



boîte noire / implicite / empirique
Statistique ou I.A.



Conceptuel global



Mécaniste / orienté processus...
distribué



Multiagent



Physique Distribué

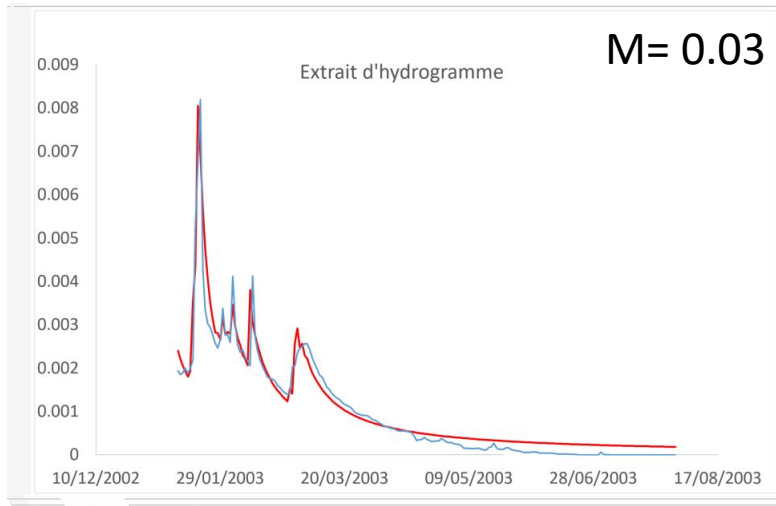
Comment on s'en sert?

1^{ière} étape : analyse du modèle : cohérence, sensibilité, propagation d'incertitude...

2^{ième} étape : application à un cas réel: spécification, **paramétrage**

calibration

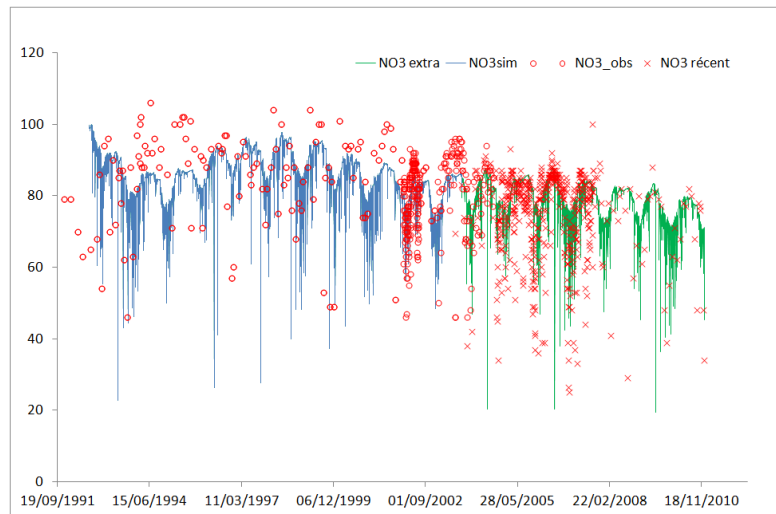
**à base de propriétés
mesurées**



*Pour des paramètres
ayant un sens
physique, chimique,
biologique...*

Comment on s'en sert?

3^{ème} étape : « validation »



Méthode classique : le test par transposition/ extrapolation

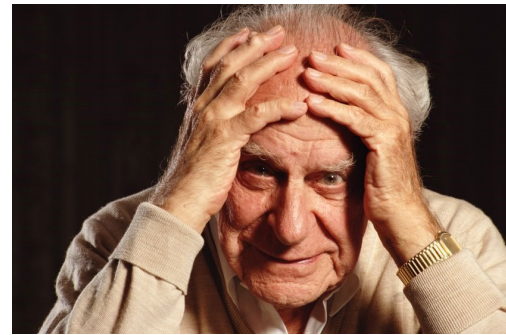
Comment on s'en sert?

3^{ème} étape : « validation »

En réalité, ça ne prouve ni que le modèle est basé sur une représentation correcte de la réalité, ni qu'il donnera de bon résultats, pour la bonne raison, dans toutes situations.

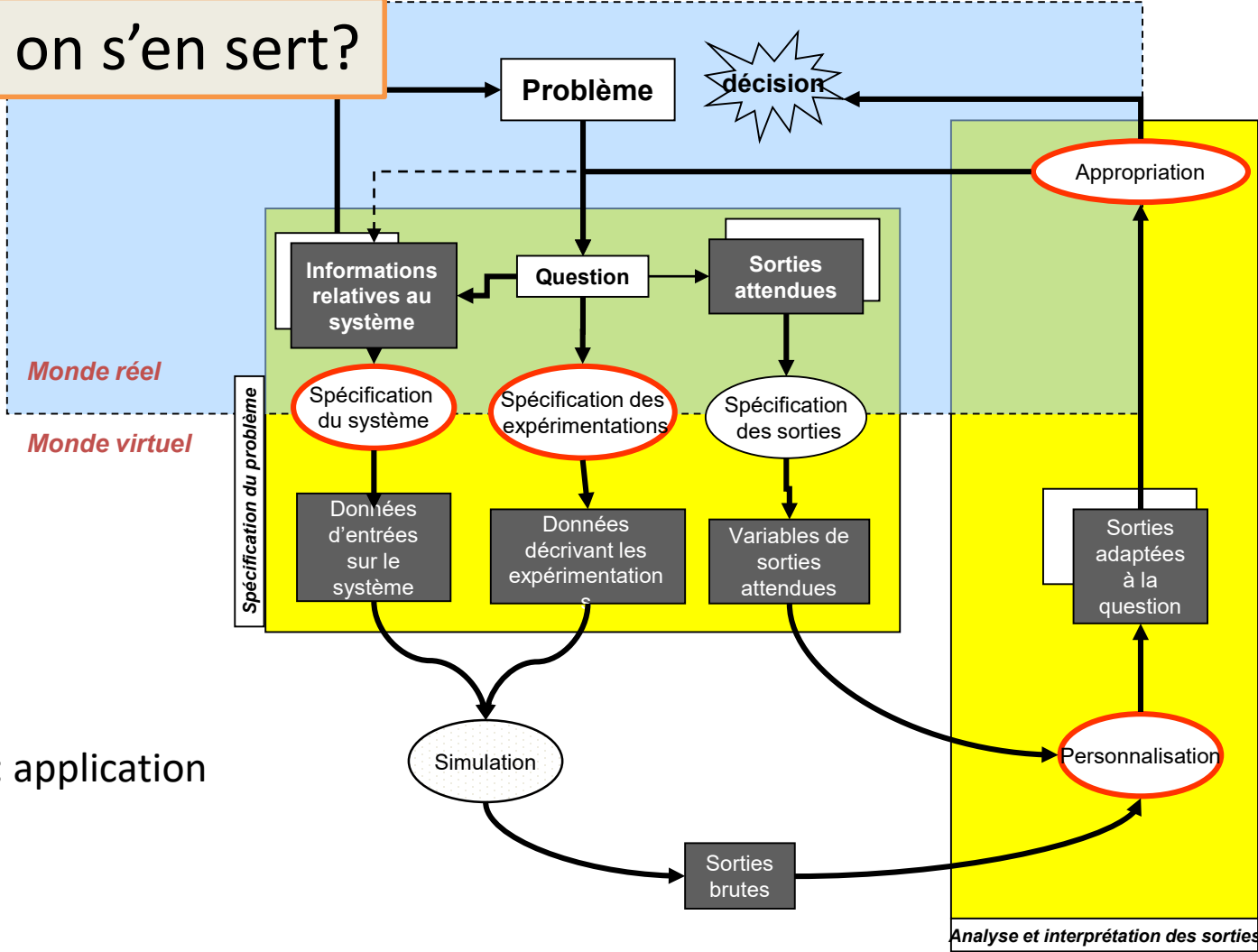
*Plus utile, et plus correct scientifiquement, est de chercher à définir **le domaine de validité** et les **incertitudes** de prédictions*

*En application opérationnelle, on peut aussi avoir une vision utilitariste de la validation : **est valide un modèle qui aide à prendre de bonnes décisions***



Sir Karl Popper

Comment on s'en sert?



5^{ème} étape : application

Analyse et interprétation des sorties

Conclusions

"Essentially, all models are wrong, but some are useful"
George Box

- ✓ **Quelques conditions à leur utilité :**
 - ✓ Transparence : quelles hypothèses, quels processus représentés, quels facteurs de contrôle?
 - ✓ Domaine de validité défini et incertitudes estimées
 - ✓ *Et, avant tout, une utilisation correcte et responsable!*