



L'incertitude : clef de voûte d'une éthique de la prédiction

## **IN-CERTITUDES** pour l'aide à la décision

Nicolas Bez (IRD, UMR Marbec)

Francis Laloë (IRD, UMR Gred)

Etienne Rivot (Agrocampus, UME ESE)

Stéphanie Mahévas (Ifremer, EMH)



... d'un choix de variables externes (usage, environnement...)

L'état que je définis **choix arbitraire**

Fonction **incertaine** d'arguments...

... variables d'état (ma définition, **mais pas que**)...

$$Y_1 = f(x_1, x_2 \dots x_n, y_1, y_2 \dots y_n) + \epsilon$$

Variabilité(s)

Qui conduit à une... décision  $D_1$  que je définis **selon** le « modèle » d'état  
Ou **selon** ce que je sais du système de gouvernance

$$D_1 = g(y_1^*, y_2 \dots y_n, s_1, s_2 \dots s_n) + \lambda$$

Variabilité(s)

(en) fonction **incertaine**  
**d'une liste incertaine**  
d'arguments...

... variables d'état (ma définition, **mais pas que**)...

... variables externes (**contexte** influant la  
décision, dont **l'objectif** recherché)

... Qui conduit à un état que je définis

(le même?)...

$$Y_1 = f'(x_1, x_2 \dots x_n, y_1, y_2 \dots y_n, d_1, d_2 \dots d_n) + \eta$$

Fonction de la décision définie **et peut-être d'autres...**



## Expression nécessaire du doute



La science n'a pas pour objectif d'énoncer des certitudes.  
Si on le lui demande, c'est par abus.

science = élaborer des énoncés/connaissances de façon **objective**

La force et l'éthique de la science résident dans **l'objectivité et la transparence (explicitation des hypothèses)**.

Echecs de gestion liés à l'absence de l'expression ou/et la non prise en compte de l'incertitude de l'avis scientifique

- un avis doit être encadré des incertitudes qui lui sont associées.
- l'expert scientifique doit contribuer à évaluer/anticiper des "conséquences possibles" de chaque action de gestion, de manière à ce que la décision puisse être prise de la façon la plus éclairée possible.

→ **approches stochastiques.**

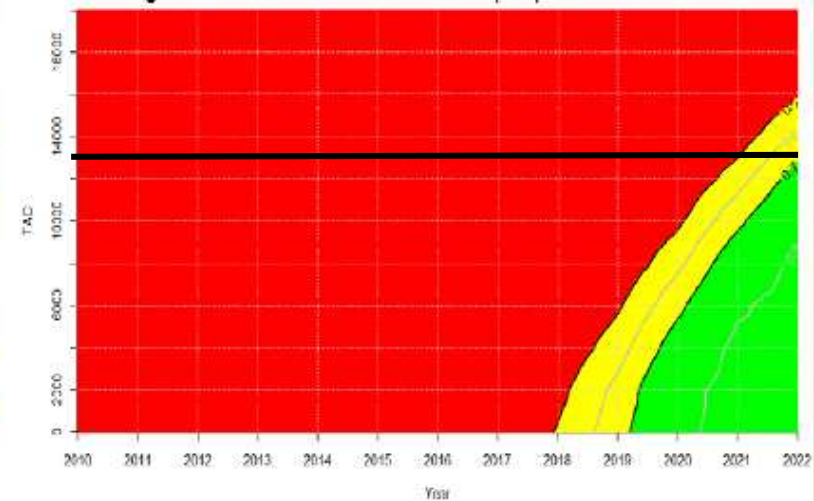


## Un exemple : le thon rouge

Faire état de l'incertitude au travers des probabilités

Les projections permettant d'évaluer le plan de reconstitution du thon rouge montrent que la mortalité par pêche de référence (Fmsy) et la biomasse de référence seraient atteintes **avec une probabilité d'au moins 60%** (niveau requis dans le plan) en 2022 (date butoir du plan) pour une capture constante de 13500 t / an sur les 12 prochaines années (figure ci-

Graphe représentant les niveaux de probabilité de reconstitution du thon rouge à la biomasse et à la mortalité par pêche de référence





## Expression nécessaire du doute



Démarcation science/expertise et militantisme passe en particulier par l'expression du doute.

**Agnatologie** (Latour) : la science de l'ignorance volontairement induite.  
L'agnatologie = plus que le mésusage du doute = dérive malsaine du vrai doute  
« tant que je ne suis pas sûr, je ne sais rien ».

Exemples : tabac, climato-sceptiques.

Doute/incertitude sont constitutifs de la démarche scientifique.  
Le nier affaiblit la science et l'expertise qui en découle.  
Pour répondre à l'efficacité populiste des agnatologues, **la science doit faire état de ses incertitudes.**



## Cas des modèles probabilistes

### modèles probabilistes

On ne peut pas tirer d'un même matériel expérimental, une estimation et une estimation de la précision de cette dernière (Matheron)

→ Approches « design-based » versus « model-based »

### modèles probabilistes

Quantifier une incertitude → augmenter le corpus d'hypothèses  
→ ajouter des fragilités

Exemple : la médiane

Incertitudes/robustesses :

#### internes

(e.g. analyse de sensibilité, MV, loi a posteriori, Intervalles de Confiance/Crédibilité)

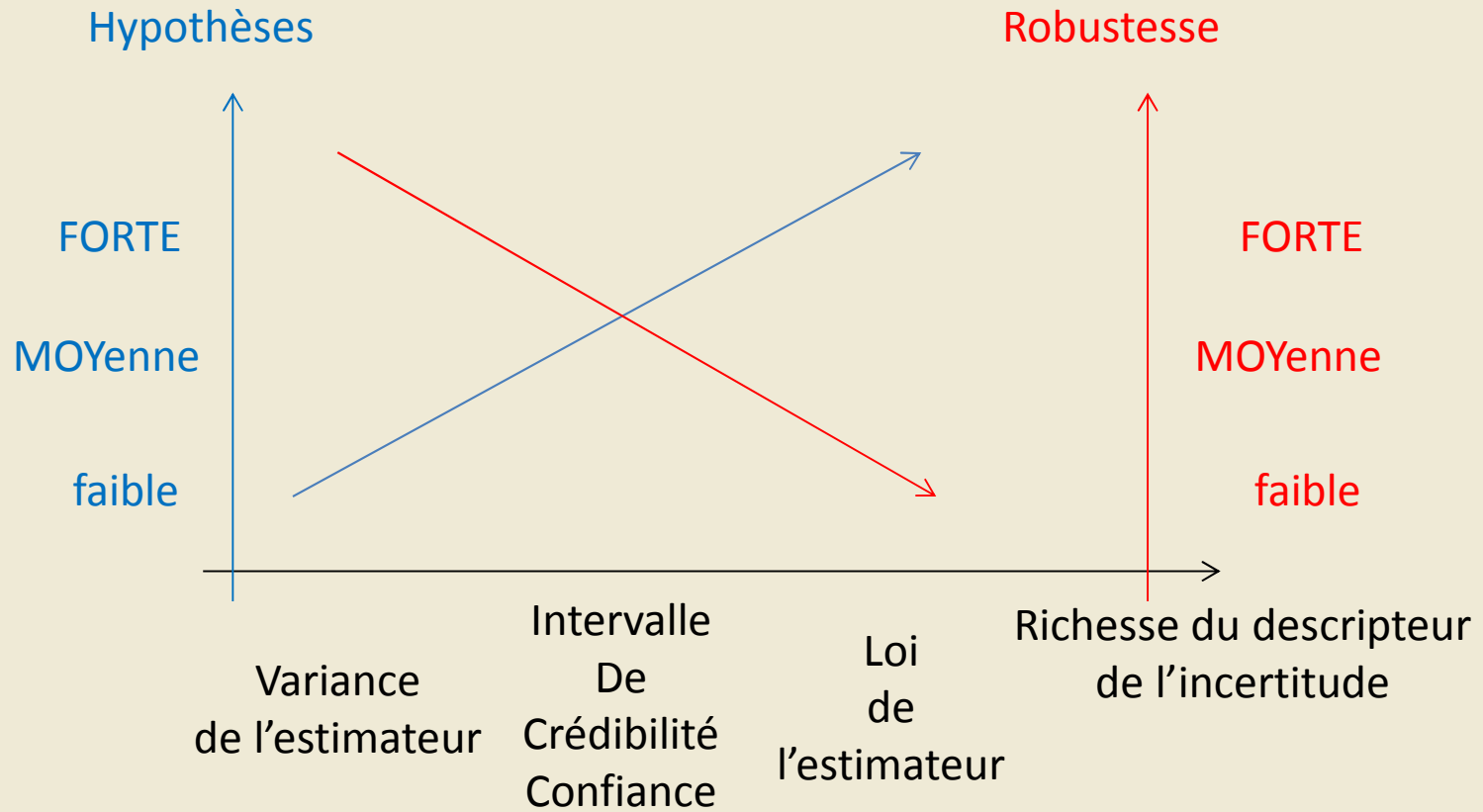
#### externe

(e.g. validation, concepts opératoires)





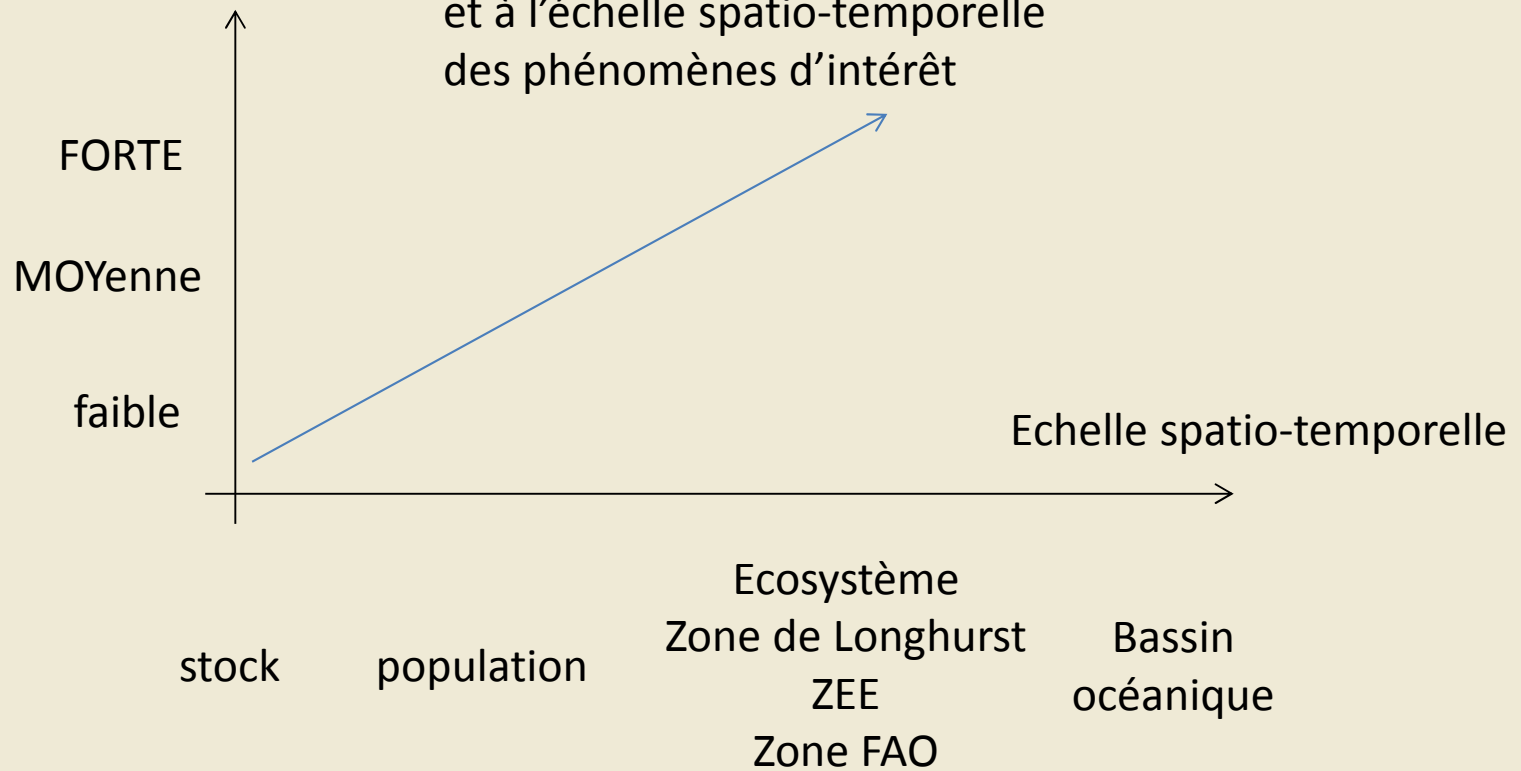
## Cas des modèles probabilistes





Le niveau d'incertitude **tolérable** ...

... est conditionnel à la question  
et à l'échelle spatio-temporelle  
des phénomènes d'intérêt



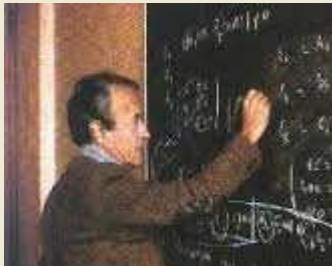




## Le cas fréquent des situations à évènement unique



Quel sens donner à des énoncés probabilistes qui concernent des évènements uniques ?  
Comment s'assurer de leur **contenu objectif (externe)** ?



*George Matheron, **Estimer et Choisir***

« Il n'y a pas de probabilité en soi,  
il n'y a que des modèles probabilistes »

→ Paramètres **objectifs** pour lesquels on peut proposer des **processus opératoires de reconstruction**

→ Paramètres **conventionnels** qui n'ont pas de traduction dans le monde réel.

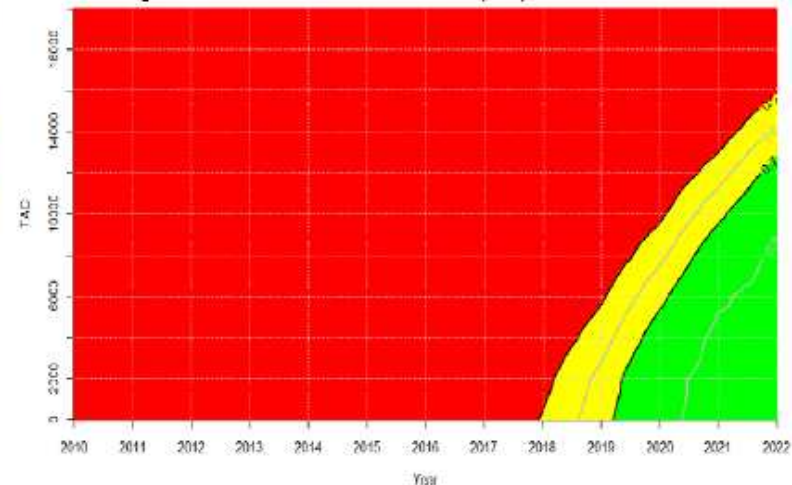


## Le cas fréquent des situations à évènement unique



la biomasse de référence seraient atteintes avec une probabilité d'au moins 60% (niveau requis dans le plan) en 2022 (date butoir du plan) pour une capture constante de 13500 t /

Graphe représentant les niveaux de probabilité de reconstitution du thon rouge à la biomasse et à la mortalité par pêche de référence



Cet énoncé est dépourvu de sens objectif (au sens décrit précédemment).

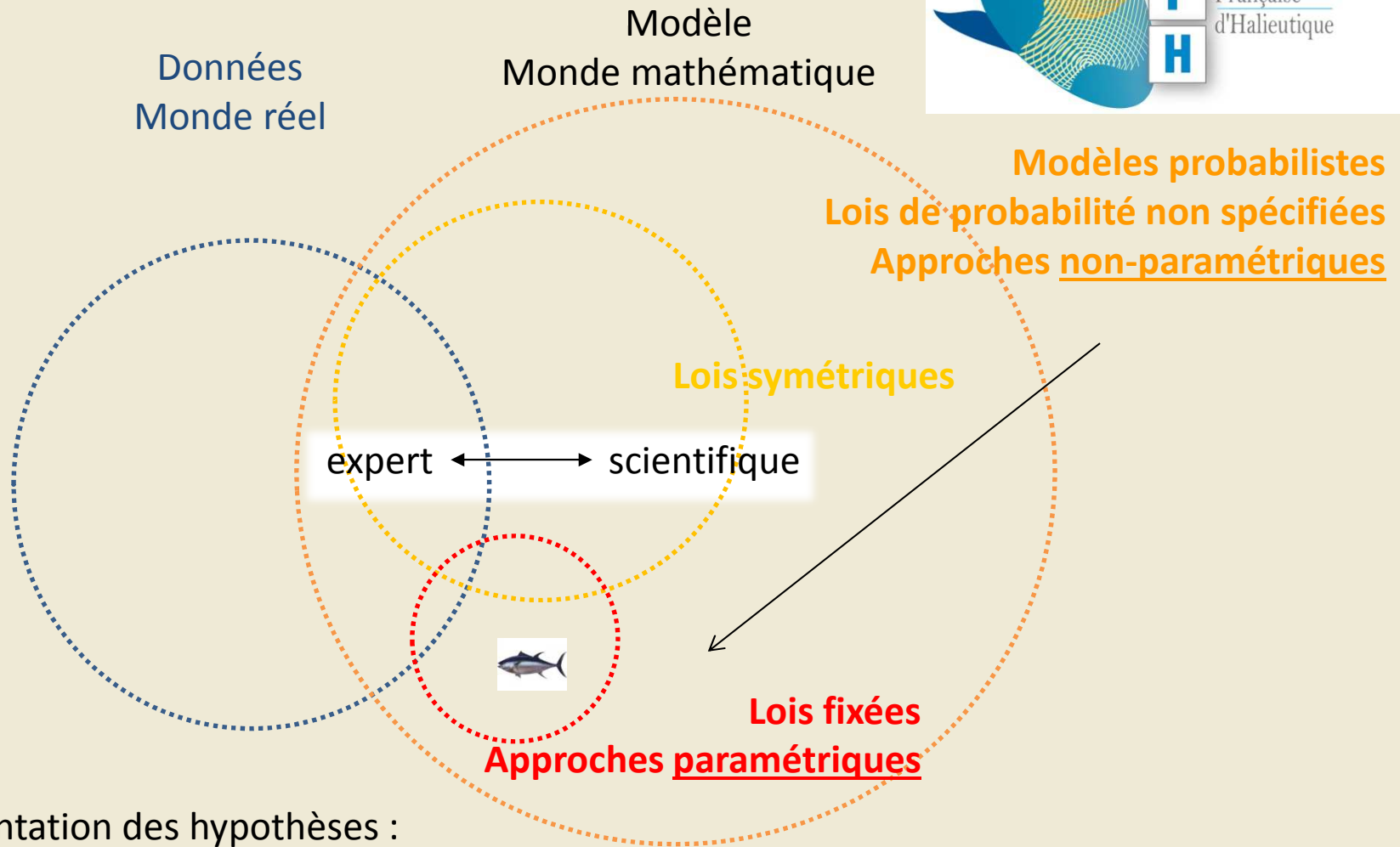
En 2022 la population sera ou ne sera pas au RMD. Il est intrinsèquement **impossible de falsifier l'énoncé**.

Il s'agit donc d'un **paramètre conventionnel du modèle et non d'une grandeur objective**.

Rq : la science a appris au décideur à lui poser la question à laquelle elle veut répondre (ici, intégration d'un niveau de probabilité dans un plan de gestion !)



## Objectivité et validation



Augmentation des hypothèses :

- ➔ Augmentation de la puissance des résultats
- ➔ le lien modèle-données se distant -> baisse de l'objectivité des résultats
- ➔ Rester dans la zone du modèle qui est connectable à des concepts physiques opératoires



## Validation (interne, externe)

### Validation interne

Analyse de sensibilité

Compréhension des propriétés

Compréhension du fonctionnement

Cohérence

### Validation externe des modèles par des observables

Problème exacerbé dans les sciences halieutique.

Systemes sont très difficilement observables (par exemple, inaccessibilité de la biomasse à l'observation directe).

Il est rare d'accéder à une vérité terrain

→ tendance à s'appuyer sur la robustesse interne





## Autres manières de se protéger des incertitudes intrinsèques à l'estimation ?

... tout en conservant une attitude scientifique !

Approche de précaution, viabilité,... (**limites**)

Enveloppe d'incertitude

Model averaging, approche d'ensemble

Approche multi-modèles (GIEC– e.g. « tendances certaines »)

Théorie du fossé de l'information (Info-Gap)

Ordres de grandeur, indicateurs, approches semi-quantitatives (**niveau**)

Model free forecasting

...

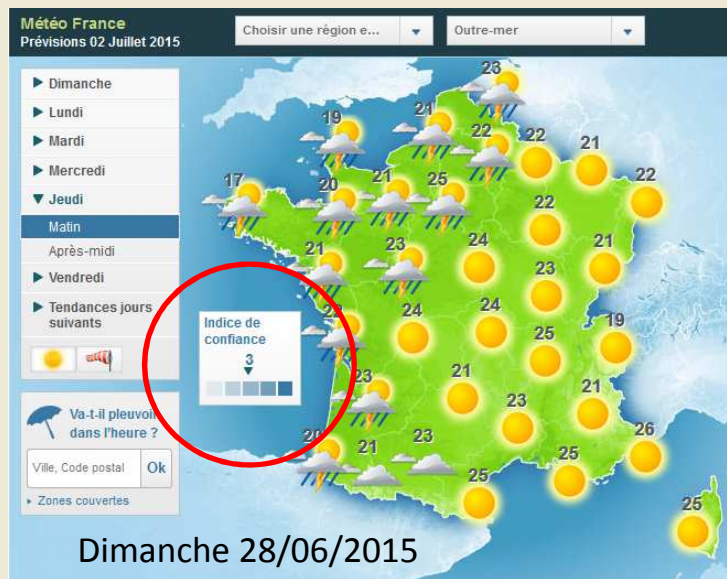


## L'expert s'engage



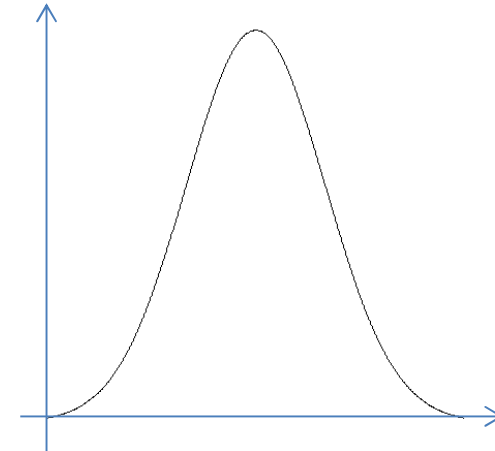
Il fournit une *estimation* (par essence incertaine) de l'état du système ;  
comme cela lui a été demandé.

Il indique son/le niveau de crédibilité de l'estimation (*intime conviction*)  
Son résultat est évaluable (par celui à qui il le transmet) ; falsifiabilité  
garante de son objectivité.



≠

(loi de) probabilité de pluie



**L'interprétation** des faits dépend du modèle  
e.g. accusation (charge) x avocat (décharge)  
**avec des objectifs étrangers à ce qui a fondé le modèle.**



## Pour la route ...



Le doute est fécond (Descartes) ; la certitude rend con (Francis Laloë, com.pers.).

*San Antonio, Fais moi des choses*

Le con et le bœuf ont en commun l'instinct de certitude. Etant sûrs de tout, ils le sont également d'eux-mêmes ce qui leur donne un énorme avantage sur les créatures encombrées d'intelligence.

*Umberto Eco, Le nom de la Rose*

- Mais alors, osais-je commenter, vous êtes encore très loin de la solution...
  - J'en suis très près, dit Guillaume, mais je ne sais pas encore de laquelle.
  - Donc, vous n'avez pas qu'une seule réponse à vos questions ?
  - Adso, si tel était le cas j'enseignerais la théologie à Paris.
  - A Paris, ils l'ont toujours, la vraie réponse ?
  - Jamais, dit Guillaume, mais ils sont très sûrs de leurs erreurs.
  - Et vous, dis-je avec une infantile impertinence, vous ne commettez jamais d'erreurs ?
- Souvent, répondit-il. Mais au lieu d'en concevoir une seule, j'en imagine beaucoup, ainsi je ne deviens l'esclave d'aucune. »





## Pour la route ...



*Daniel Pennac, La petite marchande de prose*  
Mais il y a pire que l'imprévu, ce sont les certitudes !"

*Marguerite Yourcenar, l'œuvre au noir*

L'avenir est gros de plus d'occurrences qu'il n'en peut mettre au monde. Et il n'est point impossible d'en entendre bouger quelques-unes au fond de la matrice du temps. Mais l'évènement seul décide laquelle de ces larves est viable et arrive à terme. Je n'ai jamais vendu au marché de catastrophes ou de bonheurs accouchés d'avance.

*Francis Laloë*

La statistique est une discipline supérieure à toutes les autres, car c'est la seule où c'est normal de se tromper.

*Stéphanie Mahévas*

Le problème en halieutique, c'est qu'on n'arrivera jamais à vider la baignoire.







Le goût du risque pour soi ...







## Discussion



Disposons-nous d'outils ou méthodes opérationnels pour maximiser la robustesse des sorties de modèles aux différentes sources d'incertitude?

- culture des approches paramétriques  
données, aléa, paramètres, incertitudes de modèles
- alternatives  
approches qualitatives ...

Doit-on toujours chercher à quantifier et à représenter l'incertitude autour des résultats d'expertise ?

Non : l'incertitude est nuisible à l'efficacité d'expertise. Il faut cacher l'incertitude pour éviter de mauvaise utilisation.

Oui : sous quelle forme la communiquer pour maximiser l'appropriation des résultats d'expertise?

à vous ...