

EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE DU PROJET D'AUGMENTATION DE LA PUISSANCE DE CALCUL DU SUPERCALCULATEUR DE METEO-FRANCE



La pratique de l'évaluation socio-économique des investissements publics
7^{ème} colloque CGI - France Stratégie – CGEDD

Julie de Brux & Olivier Rivière

Mercredi 20 septembre 2017

Sommaire



- METEO-FRANCE en bref
- Les questions soulevées par l'évaluation
- Présentation des résultats
- Impressions et retour d'expérience

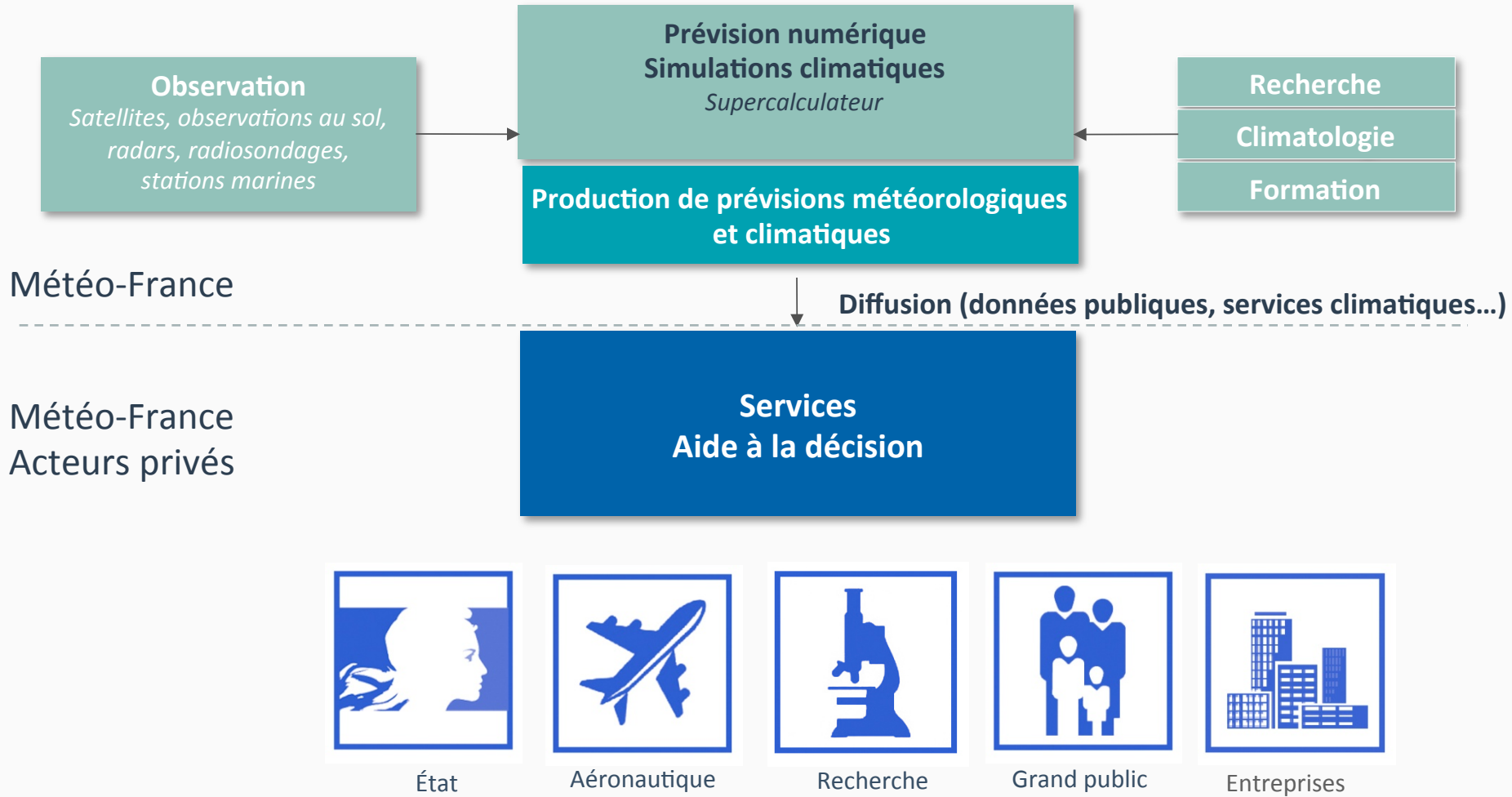
METEO-FRANCE
en bref

Le calcul intensif à Météo-France en 2017

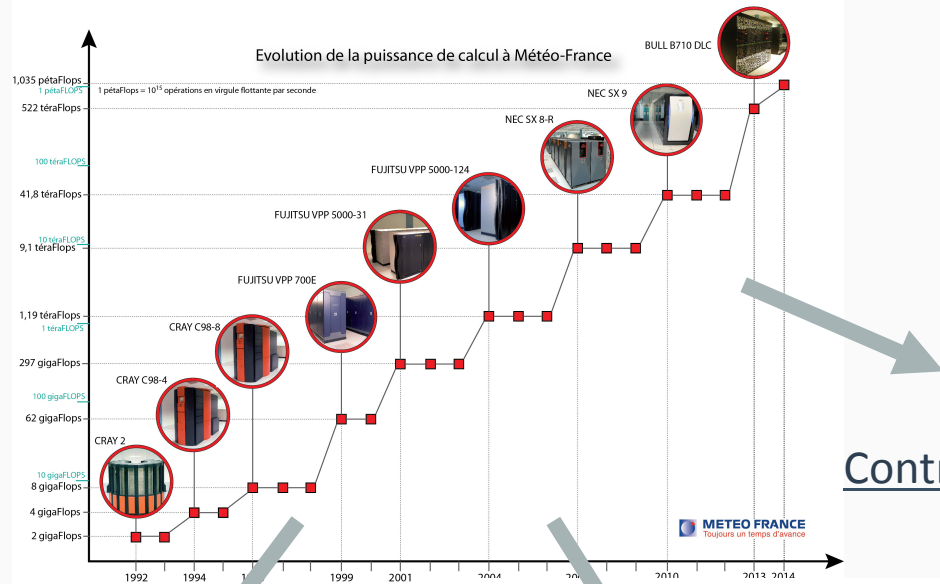
- Le système de calcul de Météo-France en 2016
 - Une puissance crête de 5 Petaflops, soit **l'équivalent de la puissance de 500 000 ordinateurs individuels** ;
 - **5ème rang mondial** parmi les services météorologiques nationaux.
- Une utilisation continue des moyens de calcul pour la prévision numérique du temps
 - **22 millions d'observations utilisées chaque jour** sur le monde ;
 - **7 systèmes de prévision numérique du temps** opérés plusieurs fois par jour pour prévoir le comportement de l'atmosphère **sur le globe, la métropole et l'outre-mer** ;
 - Le modèle le plus fin, Arome, a une **résolution horizontale de 1,3 km sur la métropole** ;
- Un outil indispensable pour mieux connaître les évolutions futures du climat sur le globe et la France
 - **15 millions d'heures de calcul consacrées en 2016** à la modélisation du climat futur ;
 - **Des simulations sur le globe avec une résolution de 50 km** pour décrire le climat du 21ème siècle et alimenter l'expertise scientifique du GIEC ;
 - **Des simulations climatiques régionalisées disponibles à 8km de résolution sur la métropole**, utilisées par le grand public et les acteurs de l'adaptation via le service climatique DRIAS (<http://www.drias-climat.fr>);
 - **150 millions d'heures de calcul** prévues pour alimenter le prochain rapport du GIEC (exercice CMIP6)



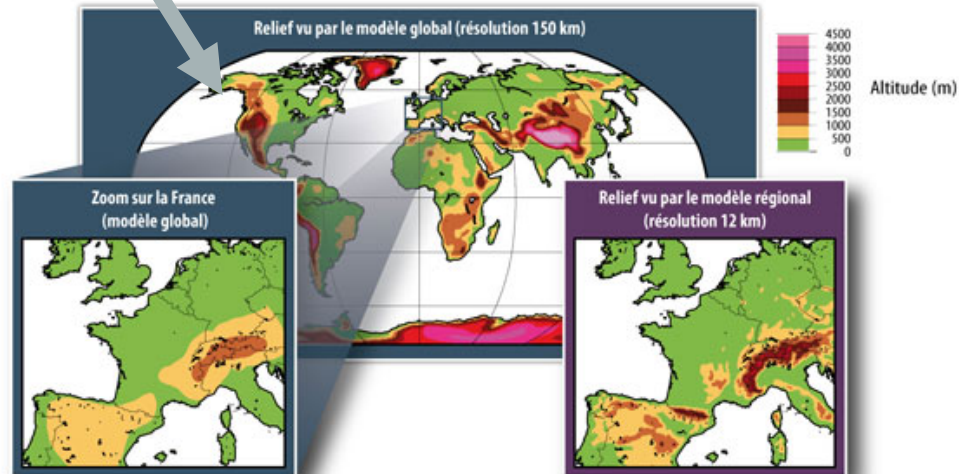
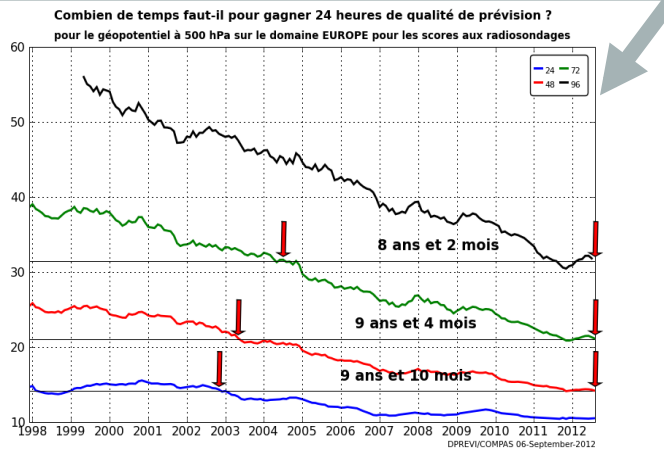
La place du calcul intensif dans la chaîne de valeur des services météorologiques



L'augmentation de la puissance de calcul a bénéficié à la qualité des prévisions météorologiques et des services climatiques



Contributions au GIEC



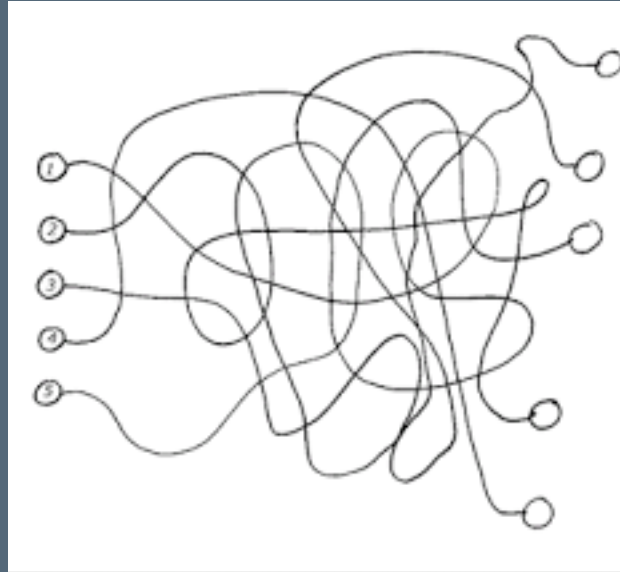
Qualité des prévisions: gain d'un jour de prévision tous les 10 ans

Des projections climatiques de référence régionalisées sur la France en appui aux politiques d'adaptation

Les questions
soulevées par
l'évaluation

1.

Comment définir
l'option de
référence ?



2.

Quelles options
de projet retenir ?
Ecarter ?

3.

Quelles améliorations
opérationnelles attendre
d'une augmentation de la
puissance de calcul ?

4.

Sur quelles bases
transformer les
améliorations
opérationnelles en bénéfices
socio-économiques ?

1. Définition de l'option de référence

Supercalculateur actuel en fin de vie : impossible de prolonger sa durée

Option de référence = nouveau supercalculateur, doté de la même puissance de calcul que l'actuel. Coût moindre en raison de la scalabilité des codes et des gains technologiques (52M€, y.c. COFP)

2. Options de projet retenues et écartées

Les options écartées

Mutualisation du supercalculateur avec :

- Les supercalculateurs du GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif)
- D'autres Services Météorologiques Nationaux
- des opérateurs commerciaux de météorologie

→ Pose des problèmes de sécurité de la production et du stockage, de débit disponible, de souveraineté nationale

Les options de projet retenues

- **Option basse** : même budget qu'actuellement // ressource de calcul : x 2,5
- **Option intermédiaire** : budget x 2 // puissance de calcul x 5
- **Option haute** : budget x 4 // puissance de calcul x 10

3. De l'augmentation de puissance à l'amélioration de la performance de la prévision numérique du temps

- **De quoi parle-t-on ?** De plus longues échéances ? De la diminution des fausses alertes ? D'une prévision plus localisée ? D'un meilleur taux de réussite ?
- Difficulté augmentée par la montée en puissance de la **prévision probabiliste** vs. prévision déterministe
- Organisation d'un **workshop** pour faire émerger des hypothèses crédibles et partagées entre les chercheurs, les techniciens, la direction générale et l'économiste

- Estimation qualitative des améliorations de la PNT
- Passage en quantitatif en extrapolant les progrès réalisés par le passé

Échéance et type de progrès	Option 1	Option 2	Option 3
Anticipation des phénomènes extrêmes (métropole) à 1h	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Anticipation des phénomènes extrêmes (métropole) à 3h	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Anticipation des phénomènes extrêmes (métropole) à 12h	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Anticipation des phénomènes extrêmes (métropole) à 24h	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision immédiate autres phénomènes	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision J - J+1 (information généraliste)	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision J - J+1 (prise en compte de l'incertitude, aide à la décision)	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision globale J+2 - J+4 (information généraliste)	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision globale J+2 - J+4 (prise en compte de l'incertitude, aide à la décision)	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision Outre-Mer	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Prévision saisonnière	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Services climatiques	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Climat Global, la France dans le GIEC	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Climat régionalisé (EuroMed - Outre-Mer)	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Climat urbain	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
R&D sur les modèles futurs	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue

4. De l'amélioration de la performance de la prévision à l'augmentation des bénéfices socio-économiques

- **Pas de cadre de référence**
- Une étude similaire au Royaume-Uni sous forme de boîte noire
- De nombreuses études sur la météo-sensibilité de l'économie
- Quelques études sur l'impact socio-économique de la présence d'un Service Météorologique National

- Heureusement :
 - Quelques **études sectorielles** permettant de lier amélioration de la prévision et bénéfices socio-économiques => **Extrapolation d'articles académiques**
 - Des acteurs disponibles, prêts à partager leur expérience => Travail d'archéologie pour comptabiliser les **impacts économiques directs** et les pertes de **vies humaines**, à croiser avec les **durées de retour probables des événements météorologiques extrêmes**

catégorie d'acteur	PI événements extrêmes	PI autres phénomènes	prévision J-J+1	prévision J+4 globale	prise en compte incertitude	prévision saisonnière	services climatiques
production d'électricité	X		X	X	X	X	X
agriculture	X	X	X	X	X	X	X
transport aérien	X	X	X	X	X	X	
transport routier	X	X	X			X	
Transport maritime	X	X	X	X	X		
transport ferroviaire	X	X	X	X			
grande distribution			X	X		X	
santé	X		X	X		X	
grand public vigilance métropole	X	X					
grand public vigilance Outre Mer	X	X	X	X	X		
assurances	X	X	X	X	X	X	X
Défense		X	X		X		X
Ajustement des villes, quartiers et bâtiments			X				X



Présentation des résultats

Impacts, méthode

Type d'impact	Méthode	Indicateur monétisable	Ordre de grandeur actuel de l'indicateur
Energie hydroélectrique	Extrapolation Hamlet <i>et al.</i> 2002	Gains de production liés à l'amélioration de la prévision saisonnière	Produit des ventes de l'énergie hydraulique > 1 Md€
Transport aérien	Bon sens	Diminution des coûts de retards imputables à la météo pour les compagnies (cost of air transport delay in Europe) et les voyageurs (valeur du temps)	482 000 minutes de retard imputables à la météo chaque année
Agriculture courte échéance	Bon sens	Diminution des traitements phytosanitaires ratés en raison de conditions météorologiques non anticipées	Traitements ratés = 57M€/an
Agriculture prévision saisonnière	Bon sens (articles existants = El Nino)	Diminution des pertes associées aux épisodes de sécheresse	Sécheresse de 2003 : pertes = 4 Mds€. Durée de retour estimée 100 ans
Sécurité des personnes et des biens (SPB), métropole	Courbe de Day	Diminution des dommages annuels moyens causés par tempêtes/ grêle /verglas (données assureurs) + dommages évités événements extrêmes, type Cannes octobre 2015 avec durée de retour	- 1,2 Mds de dommages moyens causés par tempête / neige / verglas - Cannes 2015 : 20 morts + 500M€ de dommages
SPB, Outre-Mer	Bon sens	Amélioration de la prévision de la trajectoire et de l'intensité => diminution des fausses alertes	3 fausses alertes par an => 50% de vie économique coupée = 70M€
Adaptation au changement climatique	Hope, modèle PAGE 2009	Valeur économique d'une réduction de l'incertitude sur la Transient Climate Response (hausse de température causée par la concentration de CO2 dans l'atmosphère)	Transient Climate Response actuellement comprise entre 1 et 2,8°C

Résultats

	Option 1	Option 2	Option 3
Coûts socio-économiques	-62 M€	-149 M€	-345 M€

Bénéfices socio-économiques

Bénéfices Sécurité des personnes et des biens	273 M€	524 M€	830 M€
Bénéfices Climat	273 M€	376 M€	602 M€
Bénéfices Energie	33 M€	101 M€	168 M€
Bénéfices Défense ⁶	60 M€	150 M€	250 M€
Bénéfices Aérien	2,5 M€	20 M€	25 M€
Bénéfices Agriculture	2 M€	74 M€	150 M€
Bénéfices socio-économiques totaux	643,5 M€	1 245 M€	2 025 M€

Calcul des indicateurs socio-économiques de référence⁷

Valeur Actualisée Nette socio-économique = Bilan (Coûts - Bénéfices socio-économiques)	581,5 M€	1 096 M€	1 680 M€
Taux de Rentabilité Interne socio-économique	144%	160%	119%
Valeur créée / € d'investissement public	12 €	13 €	11 €

Impressions et
retours
d'expérience

Une démarche stimulante



En interne chez Météo-France, un outil valorisant pour les collaborateurs



Dans la prise de décision d'investir, des ponts à établir entre démarche d'évaluation socio-économique et réflexions budgétaires



Un champ d'application de l'évaluation socio-économique quasiment vierge. Peu d'éléments scientifiques pour valoriser les bénéfices, des intuitions à affiner