



PREMIER MINISTRE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Secrétariat général
pour l'investissement**

Paris, le

Le Secrétaire général

Dossier suivi par Pascal GAUTIER
contre-expertise@pm.gouv.fr
Réf : ML/PG/n°144

Avis 2022-n°121

<u>Avis du SGPI</u> PROJET DE RENOUVELLEMENT DES SUPERCALCULATEURS DE METEOFRANCE	
Ministère concerné :	Ministère de la Transition écologique
Date de réception du dossier	25 janvier 2022
<u>SYNTHESE DE L'ÉVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE</u>	
Coût total du projet examiné (Financement État selon le décret 2013-1211)	Entre 167 et 648 M€
VAN socio-économique	Entre 0,7 et 1,3 Md€
Principaux bénéfices mesurés	<ul style="list-style-type: none">- Sécurité des biens et des personnes- Effet de santé- Optimisation du transport aérien- Optimisation de la production agricole- Optimisation de la production électrique
Principaux bénéfices non quantifiés	<ul style="list-style-type: none">- L'impact de l'amélioration des prévisions météorologiques sans le secteur de la défense
Dimensionnement	<ul style="list-style-type: none">- Trois scénarios de puissance sont étudiés en référence à la puissance actuelle : x 3, x 6 et x 12
Calendrier	<ul style="list-style-type: none">- Durée des travaux : 24 mois- Date de mise en service : 2025
Projet déclaré à l'inventaire	oui

1. Présentation du projet :

Météo France est un établissement public placé sous la tutelle du ministère de la Transition Écologique dont la principale mission est de fournir à la collectivité nationale des prévisions météorologiques et d'assurer ainsi la sécurité des biens et des personnes vis-à-vis des événements météorologiques. L'établissement fournit également des prévisions adaptées aux transports aériens sur le territoire français et contribue à la Défense nationale, à la sécurité en mer et à la défense de l'environnement en surveillant la qualité de l'air.

La prévision numérique du temps (PNT) fonctionne en résolvant numériquement un système d'équations aux dérivées partielles modélisant la dynamique des flux atmosphériques. Cette résolution s'effectue sur un maillage tridimensionnel de l'atmosphère terrestre et de son interaction avec les océans.

La France, avec Météo France, est l'un des 5 leaders mondiaux de la prévision numérique du temps. Les capacités de calcul, le réseau d'observation de l'état de l'atmosphère et les codes de simulations sont les trois éléments constitutifs principaux de la qualité de la prévision. Les codes utilisés par Météo France constituent une référence internationale en la matière et donc l'un de ses principaux actifs.

Actuellement, la PNT est effectuée sur les machines ATOS Sequana XH2000 de capacité de calcul cumulée théorique de 20 PetaFlops. Ces deux supercalculateurs ont été livrés à Météo France en 2020 à l'issue d'un renouvellement instruit en 2016 dans le cadre du plan « Calcul 2020 ». La capacité de calcul intensif de Météo-France est répartie en deux machines sur deux sites distincts pour assurer la continuité de ses services.

Les progrès de la prévision numérique du temps (degré de fiabilité accru, hausse des échéances de prévision, hausse de précision dans la localisation, amélioration de la capacité de détection des phénomènes extrêmes) et la qualité et la fiabilité de celle-ci sont directement liés aux capacités de calcul intensif. La contrainte opérationnelle d'exécution en moins de 1H30 établit par ailleurs un lien mécanique entre réduction du maillage, augmentation du nombre et besoin en capacité de calcul supérieur.

C'est sur ce postulat que repose principalement la stratégie de renouvellement des supercalculateurs de Météo-France.

Le projet de renouvellement soumis repose sur un cycle de renouvellement d'environ 5 ans, correspondant au cycle d'obsolescence des machines dans le temps. Il correspond à une mise en place des nouvelles machines en 2025.

Le projet est présenté sous la forme de trois options d'investissements, correspondantes à des niveaux de puissances croissantes des machines par rapport à la situation actuelle et ainsi à des niveaux d'amélioration de prévisions croissantes. Un premier niveau d'investissement propose d'augmenter la puissance de calcul par 3, pour un montant de 167 M€. Un second augmente la puissance de calcul par 6 pour un montant de 329 M€. Enfin, un troisième niveau d'investissement d'un montant de 648 M€ permet une augmentation de la puissance par un facteur 12.

A chacun de ces niveaux d'investissement correspondent des capacités accrues de calcul et ainsi des variations sensibles dans les progrès de la prévision numérique du temps.

L'importance de la PNT dans de nombreux secteurs n'est plus à démontrer. L'amélioration de qualité des prévisions procure en premier lieu à Météo France une meilleure réalisation de ses missions régaliennes, mais permet également à la fois des gains opérationnels dans la performance de nombreux processus et aussi des gains de gestion et de productivité dans de nombreux secteurs.

Le projet tend à décrire dans les secteurs les plus importants (Sécurité des personnes et des biens, Santé, Énergie, Agriculture, Aviation civile, Transport terrestre, distribution) l'impact des principaux différentiels de qualité de prévisions. Le projet s'attache tout particulièrement à mesurer les écarts de valeurs socio-économiques générées et à proposer un socle d'arbitrage sur ce dossier d'investissement.

2. Dossier d'évaluation socio-économique transmis :

La contre-expertise souligne la qualité du dossier décrivant et justifiant l'ensemble des opportunités d'investissement, même si le choix unique d'un critère de puissance peut sembler réducteur par rapport au choix industriel soumis dans ce dossier.

Options et variantes examinées

Météo France a réalisé l'évaluation socio-économique de trois scénarios de renouvellement de supercalculateur :

- Option 1 : cette option présente une multiplication par 3 de la puissance de calcul ;
- Option 2 : cette option présente une multiplication par 6 de la puissance de calcul ;
- Option 3 : cette option présente une multiplication par 12 de la puissance de calcul ;

Chaque option est évaluée à l'aune d'une situation de référence prolongeant globalement la puissance actuelle des supercalculateurs.

Dimensionnement proposé et calendrier

L'option de projet centrale propose une multiplication par 6 de la puissance de calcul installée pour une mise en service en 2025.

Indicateurs socio-économiques

Le dossier présente un calcul complet et exhaustif des VAN dans chacune des options projets retenues.

Cartographie des risques : non

Mode de réalisation : le système de location actuel est prolongé.

Guide méthodologique : le rapport Quinet et l'étude socio-économique de la génération précédente ont fourni un solide cadre méthodologique.

3. Contre-expertise réalisée

La procédure :

Le SGPI a nommé le 29 novembre 2021 pour mener cette contre-expertise deux contre-experts pour leurs compétences après avoir préalablement vérifié leurs déclarations d'intérêts.

Le SGPI a transmis le dossier initial aux contre-experts le 10 décembre 2021, complété tout au long de la contre-expertise d'éléments en réponse aux questions qu'ils ont posées au porteur de projet.

Plusieurs réunions se sont tenues entre contre-experts, ou pour auditionner le porteur de projet, ses directions compétentes ainsi que des entreprises particulièrement concernées par la prévision météorologique.

Les conclusions du rapport de contre-expertise ont été présentées par les experts au Secrétaire général pour l'investissement, Monsieur Bruno Bonnell, le 13 avril 2022. Le rapport de contre-expertise a été remis au SGPI dans sa version définitive le 14 avril 2022.

La synthèse du rapport telle que rédigée par les experts est la suivante :

« Le dossier d'évaluation socio-économique de renouvellement des supercalculateurs de Météo France pour 2025 met en œuvre les recommandations sur l'évaluation économique des investissements publics. Il développe des méthodes systématiques et fournit des estimations des gains économiques induits par l'augmentation de la capacité de calcul de l'établissement dans une dizaine de secteurs de l'économie. À ce titre, il répond au cadre réglementaire portant sur l'évaluation des investissements publics en mettant en place une démarche exemplaire.

Par ailleurs, les arguments d'obsolescence ne laissent pas de doute sur le besoin de renouvellement des supercalculateurs de Météo France.

De plus, en dépit des incertitudes dans les quantifications économiques, les estimations opérées reposent sur des hypothèses explicitées et justifiées qui donnent un faisceau convergent d'arguments montrant l'existence d'un bénéfice socio-économique à l'opération et ceci, quel que soit le scénario proposé. Le tableau ci-dessous résume les coûts estimés des différentes options ainsi que les gains par secteur et les différents totaux :

<i>En Million d'euros</i>	x3	x6	x12
Coût d'investissement	115	298	657
Gains socio-économiques	788	1 417	1 935
VAN	673	1 120	1 277

Pour chaque secteur, les hypothèses font preuve d'une prudence qui permet de penser que les estimations minorent les gains potentiels réels. Les estimations obtenues pour le secteur de l'énergie sont à ce titre emblématiques. D'une part, l'approche utilisée pour valoriser la prévision météorologique ne nous paraît pas la plus adaptée. En effet, la prévision saisonnière nous semble moins porteuse de valeur que l'amélioration de la prévision à court terme. D'autre part, le secteur de l'énergie représente entre 2 et 5% de la valeur totale créée par la prévision numérique du temps alors qu'elle représente 11% du chiffre

d'affaires de l'activité commerciale de l'établissement. A l'inverse les estimations concernant les projections climatiques nous semblent plus fragiles.

En ce qui concerne les différentes options, leur différenciation nous paraît plus difficile à évaluer. En effet, la méthodologie employée repose sur une hypothèse de progression continue des gains en fonction de la capacité de calcul. Cependant, les entretiens avec l'établissement nous ont montré qu'une augmentation de la puissance de calcul ne conduit pas nécessairement à une amélioration significative des prévisions. Il est nécessaire de franchir un certain seuil de résolution, et donc de puissance de calcul, pour obtenir l'effet recherché. Comme l'amélioration de la prévision est une condition nécessaire de la matérialisation des gains socio-économiques, l'hypothèse de gains proportionnels aux puissances nous paraît discutable.

Ainsi, au vu des caractéristiques techniques des modèles et des améliorations espérées dans les prévisions, l'option x3 nous paraît peu susceptible de permettre le franchissement de seuil espéré dans les scores de prévision.

En revanche, l'option x6 paraît déjà offrir un niveau de garantie suffisant et constituerait un scénario préféré. Toutefois, il nous semble utile que le décideur public dispose des résultats du dernier renouvellement des supercalculateurs survenus mi-2021 pour apprécier l'effet d'une multiplication par 5 de la capacité de calcul de Météo France. Enfin, des compléments d'information sont requis pour justifier le choix de l'option x12, en particulier sur ses chances relatives de produire l'effet recherché par rapport à l'option x6.

Par ailleurs, dans une perspective à plus long terme d'évaluation des gains socio-économiques des renouvellements de leurs supercalculateurs, nous formulons les recommandations suivantes :

1. Actuellement, les options d'investissement sont établies sur le seul facteur de la puissance de calcul. Nous recommandons que l'établissement étudie la possibilité de construire ses scénarios sur des facteurs qui séparent clairement ce qui ressort de la machine et ce qui ressort de l'amélioration des codes ou de l'infrastructure d'acquisition et de traitement des données. Par ailleurs, il devrait étudier les critères fondés sur la consommation énergétique et l'impact environnemental.
2. Le lien entre les performances de calcul et les améliorations des scores de prévision étant une composante fondamentale de la chaîne de création de valeur des prévisions, nous recommandons que les dossiers fassent état d'études *ex post* permettant de quantifier cette relation. Les incertitudes constituent également un élément essentiel de la décision.
3. La mise en œuvre de la stratégie scientifique de Météo France portant sur la valorisation des prévisions météorologiques doit conduire l'établissement à développer et internaliser une connaissance détaillée des valeurs des différentes prévisions pour les entreprises et les institutions. La construction des scénarios de renouvellement devrait bénéficier de ces évaluations en amont du dimensionnement des solutions de supercalculateurs. En particulier, les secteurs de l'énergie, du transport terrestre et de l'agriculture devraient bénéficier d'analyses plus détaillées des effets de la prévision numérique du temps.
4. L'activité commerciale de l'établissement a un double rôle à jouer dans les projets de renouvellement des supercalculateurs. D'une part, elle constitue un vecteur privilégié d'informations sur la valeur de la prévision numérique du temps pour les grands clients de l'établissement. A ce titre, elle contribue au point précédent sur l'identification de la valeur de la prévision dans les différents secteurs de l'économie. D'autre part, le secteur des prévisions

météorologiques présente une croissance potentielle au-delà des hypothèses actuelles de l'établissement. Dans ce contexte, l'activité commerciale peut contribuer de façon plus significative qu'à l'heure actuelle au coût de financement des nouvelles machines de calcul. Nous recommandons donc que l'établissement analyse les coûts et les bénéfices attendus à une adaptation de sa stratégie de développement commercial au secteur des services à la prévision météorologique.

5. Les gains induits par le renouvellement des supercalculateurs de Météo France sont issus d'une part de l'amélioration de la prévision numérique du temps et d'autre part des projections climatiques. Ces deux champs de création de valeur nous semblent ressortir de méthodes d'analyse économique différentes. A ce titre, il semblerait pertinent que l'établissement sépare les deux champs dans ses futures évaluations socio-économiques et qu'il consacre une étude spécifique à la place des projections climatiques dans l'économie française. »

4. Avis du SGPI

Le dossier d'évaluation socio-économique transmis par Météo France correspond à une réelle ambition du porteur de projet d'estimer la valeur économique de la prévision numérique du temps. Bien au-delà du simple respect des directives et des guides méthodologiques en matière d'analyse socio-économique, le travail réalisé se positionne à mi-chemin entre un exercice de recherche et un souhait affirmé de guider la décision publique.

Ainsi, les experts considèrent avoir rendu un avis éclairé et impartial sur la base des informations qui leur ont été fournies par Météo France. Pour sa part, le SGPI considère, au vu des compétences des experts, que le rapport remis constitue une base valable pour éclairer la décision.

Au vu de l'étendue des secteurs concernés par la prévision météorologique, le porteur de projet a souhaité analyser l'impact d'amélioration des prévisions dans la plupart d'entre eux. Le SGPI salue cette initiative, rendu également complexe par l'absence dans de nombreux cas de référence historique ou économique, en particulier sur le marché national. Le SGPI regrette néanmoins le manque de justification, relatif au cycle de renouvellement des machines dans le contexte technologique concerné.

Aussi, les experts ont pu valider :

- La création de valeur dans la plupart des secteurs étudiés associée à l'amélioration de la PNT. Quel que soit le scénario retenu, la VAN socio-économique est largement positive, s'échelonnant entre 673 M€ et 1277 M€ ;
- Le cycle de renouvellement des machines, son mode de financement correspondant au standard du secteur et à la volonté de Météo France de maintenir son leadership ;
- L'engagement des équipes de Météo France et son projet concomitant de portabilité et d'amélioration logicielle, éléments indispensables à l'utilisation et à l'optimisation du nouvel investissement.

Néanmoins, les contre-experts ont relevé :

- La fragilité de certaines estimations, fondées certes sur des travaux académiques, mais déconnectées dans certains cas des réalités industrielles. Les impacts concernant le secteur de l'énergie en particulier semblent sous-estimés ;
- Le lien entre les performances de calcul et les améliorations de score de prévision pourrait être mieux justifié. L'utilisation d'études *ex post* sur le renouvellement précédent n'est pas systématique et rend ainsi difficile l'analyse de la progressivité du gain en fonction de la seule puissance de calcul ;
- La présentation du dossier sur le seul critère de puissance semble réducteur. L'absence d'analyse industrielle sur l'évolution du marché des supercalculateurs rend difficile une analyse des coûts des différents scénarios. L'impact environnemental est peu abordé ;
- Le calendrier de portabilité logicielle n'est pas détaillé et l'analyse de risque correspondante n'est pas intégrée dans l'analyse socio-économique.

Au global, en ligne avec les recommandations du rapport des experts, l'avis du SGPI est favorable au scénario 2 avec les recommandations importantes suivantes :

- Fournir une analyse de l'évolution technologique (matériels, ressources logiciels...) autorisant un regard sur les coûts proposés ainsi qu'une analyse de risque ;
- Proposer un complément d'analyse si Météo France souhaite défendre la proposition du scénario 3. Si l'intérêt du scénario 1 semble limité compte-tenu de son faible apport sur le processus de

prévision, la justification du scénario 3 semble trop fragile dans l'état pour justifier l'écart d'investissement (+319 M€) ;

- Fournir lors du prochain renouvellement des analyses *ex post* détaillées sur les impacts du présent renouvellement (score) ainsi que des retours d'expérience des principaux utilisateurs de la PNT ;
- Proposer un calendrier détaillé des opérations de portabilité ainsi qu'une brève présentation des risques associés ;
- Enfin, mettre en place une stratégie de valorisation des progrès de prévision vers les clients privés de Météo France.



Bruno Bonnell