



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COMMISSARIAT GENERAL A L'INVESTISSEMENT

DOSSIER INSTRUIT PAR LA CHARGÉE DE MISSION

EVALUATION DES INVESTISSEMENTS PUBLICS, GÉRALDINE DUCOS

Paris, le 15 décembre 2016

Avis 2016-n°47

<b>AVIS DU CGI</b>	
<b>Projet d'augmentation de puissance du supercalculateur de Météo-France</b>	
Etablissement public demandeur	Météo France
Ministères concernés	Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (Ministères chargés de la Défense, de l'Agriculture, des Finances et Comptes publics, de l'Education nationale et de l'Intérieur)
Date de réception du dossier	7 novembre 2016
Date du rapport de contre-expertise	15 décembre 2016
<b>PROCÉDURE : CONTRE-EXPERTISE DU DOSSIER D'ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE</b>	
<b>SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE SELON MÉTÉO FRANCE</b>	
<b>Coût des investissements</b> <i>dont financement de l'Etat au sens du décret 2013-1211</i> auxquels s'ajoutent :	<b>96 M€<sub>2016</sub> HT</b> <i>96 M€<sub>2016</sub></i>
coûts de fonctionnement <sup>1</sup>	51 M€ <sub>2016</sub> HT
coûts ingénierie et formation	2 M€ <sub>2016</sub> HT
<b>VAN (valeur actualisée nette)<sup>2</sup></b>	<b>956 M€<sub>2016</sub></b>
<b>Principaux gagnants</b>	
VAN Sécurité et Vigilance métropole <sup>3</sup>	408 M€ <sub>2016</sub>
VAN Climat <sup>5</sup>	376 M€ <sub>2016</sub>
VAN Sécurité outre-mer <sup>7</sup>	116 M€ <sub>2016</sub>
VAN secteur Energie <sup>4</sup>	101 M€ <sub>2016</sub>
VAN secteur Agricole <sup>6</sup>	74 M€ <sub>2016</sub>
VAN secteur Aérien <sup>8</sup>	20 M€ <sub>2016</sub>
<b>Principaux perdants</b>	
VAN Finances publiques <sup>9</sup>	- 149 M€ <sub>2016</sub>
<b>Effets significatifs non pris en compte dans la VAN</b> Défense (opérations de Défense, sécurité des Hommes), Transports routiers, ferroviaires et maritimes, BTP Tourisme, Santé humaine, Prolongation des effets au-delà de 2024	
<b>Dimensionnement</b>	Multiplication par 5 de la puissance du supercalculateur actuel
<b>Calendrier</b>	Augmentation de la puissance du supercalculateur en 2 phases : 2019 et 2022
<b>Financement envisagé</b>	Notamment PIA
<b>Projet déclaré à l'inventaire</b>	Oui

P.J. : rapport de contre-expertise du 15 décembre 2016

<sup>1</sup> Ce chiffrage porte sur une durée de 6 ans, durée d'exploitation du supercalculateur prévue par Météo France

<sup>2</sup> Taux d'actualisation avec prime de risque : 4,5 % ; Durée du bilan : 6 ans ; COFP + PFRFP : 27 %.

<sup>3</sup> Gains relatifs à une meilleure anticipation des événements météorologiques intenses (diminution des dommages) + gains relatifs à une meilleure localisation et prévision d'intensité des phénomènes extrêmes (diminution des dégâts humains et matériels)

<sup>4</sup> Gains relatifs à une meilleure optimisation de la production hydroélectrique

<sup>5</sup> Gains liés à l'optimisation des stratégies d'adaptation

<sup>6</sup> Gains relatifs à une meilleure fiabilité de la prévision à courte échéance (diminution des traitements phytosanitaires ratés) + gains relatifs à une meilleure fiabilité de la prévision saisonnière (diminution des coûts liés à la sécheresse)

<sup>7</sup> Gains relatifs à une amélioration de la fiabilité de prévision des événements météorologiques dangereux (baisse des coûts liés aux fausses alertes (dispositif ORSEC))

<sup>8</sup> Gains relatifs à une diminution des heures de retard imputables à la météo (pour les compagnies aériennes et pour les passagers)

<sup>9</sup> Comprend : CAPEX, OPEX et coûts d'ingénierie et formation

## **1. Présentation du projet**

### **Contexte et historique :**

Le système de calcul intensif de Météo France est constitué de deux supercalculateurs : l'un au Météopole de Toulouse, l'autre dans la salle de calcul mutualisée de l'université de Toulouse à Montaudran. Cette double localisation permet d'en sécuriser le fonctionnement en cas de panne de l'un des deux supercalculateurs ou d'incident touchant l'infrastructure hébergeant l'une des deux machines.

La ressource de calcul de Météo France est utilisée aujourd'hui comme suit :

- 60 % pour la prévision numérique du temps
- 16 % pour les études climatiques
- 14 % pour les études des processus fondamentaux
- 10 % pour des usages en partenariat avec Mercator, le SHOM, le CERFACS et l'INERIS pour les prévisions opérationnelles océanographiques, des recherches sur les méthodes algorithmiques et la prévision de la qualité de l'air.

### **Le projet objet de la contre-expertise :**

Le projet de supercalculateur, objet de la présente contre-expertise, vise à :

- Augmenter la résolution spatio-temporelle de Météo France
- Préciser les incertitudes grâce à la prévision probabiliste
- Améliorer les assimilations de données
- Augmenter la fréquence des simulations

L'option de projet (option 2) privilégiée correspond à ce que Météo France devrait mettre en œuvre pour répondre aux besoins de ses usagers et clients et rester au niveau d'excellence scientifique international. Cela nécessite une multiplication par 5 de la puissance de calcul, équivalente à un doublement de budget du supercalculateur actuel.

Cette option centrale permettrait de mettre l'accent sur les objectifs d'assimilation de données, de résolution spatiale et de prévision probabiliste. Plus concrètement, en matière de prévision du temps, cette augmentation de puissance permettrait de :

- Mettre fin à la différence de résolution spatiale entre prévision déterministe et prévision probabiliste
- Anticiper de 6h à 12h plus tôt l'éventualité d'épisodes intenses
- Améliorer la résolution spatiale dans un esprit déterministe en outre-mer et pour les utilisateurs de la Défense.

Dans le domaine des activités Climat, cette augmentation de puissance permettrait une véritable exploitation scientifique des simulations climatiques globales à haute résolution et de se placer dans une position de leader européen dans le domaine de la régionalisation sur un grand domaine Euro-Méditerranée plutôt qu'uniquement sur la France.

## **Dossier d'évaluation socio-économique transmis**

**Options et variantes examinées :** Météo France a réalisé l'évaluation socio-économique de 3 options de projet de supercalculateur :

- Option 1 : montant global à peu près similaire au montant du supercalculateur actuel de Météo France pour un gain de puissance de calcul d'un facteur 2,5
- Option 2 (option centrale) : multiplication par 5 de la puissance de calcul
- Option 3 : multiplication par 10 de la puissance de calcul

Par ailleurs, trois autres options ont été écartées et n'ont pas fait l'objet d'une évaluation complète :

- la mutualisation avec l'Institut Pierre Simon Laplace et plus généralement avec les supercalculateurs du GENCI
- la mutualisation avec d'autres Services Météorologiques Nationaux d'autres pays européens
- la mutualisation avec des opérateurs commerciaux de météorologie français

**Dimensionnement proposé et calendrier :** L'option de projet centrale propose une multiplication par 5 de la puissance de calcul actuelle).

Le calendrier prévoit une montée en puissance en deux phases : 2019 puis 2022.

**Indicateurs socio-économiques :** La VAN, le Tri et la VAN par euro investi ont été calculés pour les trois options de projet.

**Indicateurs de performance :** Oui, le projet permet de répondre aux principaux objectifs du Contrat d'Objectifs et de Performance entre l'Etat et Météo France pour la période 2017-2021.

**Cartographie des risques :** Oui

**Mode de réalisation :** A déterminer entre l'achat ou la location

**Rappel des guides méthodologiques de référence :** absence de guides méthodologiques de référence en dehors du rapport Quinet.

### 3. Contre-expertise réalisée

#### Procédure

Le CGI a préalablement vérifié les *curriculum vitae* et déclarations d'intérêt des 2 experts sollicités en accord avec Météo France. L'équipe d'experts, validée par le CGI, était constituée de M. Emile QUINET (économiste) et de M. Michel JARRAUD (experts dans le domaine de la météorologie).

Le CGI a transmis aux experts le 9 novembre 2016 le dossier constitué par Météo France. Une réunion de lancement (9 novembre) a permis de préciser la nature et les objectifs du travail attendu, la forme du rapport et le calendrier. Les experts ont ensuite procédé à plusieurs auditions : M. Olivier RIVIERE les 9, 18, 24 novembre 2016 et le 6 décembre 2016, Mme DEBAR les 18 et 24 novembre 2016, Mme Julie DE BRUX les 18, 24 novembre 2016 et le 6 décembre 2016, M. Jean-Marc LACAVE le 18 novembre 2016, Messieurs Alain JOLY et Philippe DANDIN le 24 novembre 2016 et M. Serge BOSSINI le 6 décembre 2016. 3 réunions entre experts ont eu lieu les 18, 24 novembre 2016 et le 6 décembre 2016. Des documents complémentaires sont parvenus au CGI les 17, 18, 21, 24, 29 novembre 2016 et le 2 décembre 2016 et ont été immédiatement mis à disposition des experts. Une réunion entre les experts (15 décembre) a permis la finalisation du rapport. Enfin, le rapport de contre-expertise a été remis au CGI dans sa version définitive le 15 décembre 2016.

#### Synthèse du rapport

*« Les services météorologiques et climatiques fournis par Météo-France prennent, en France comme dans tous les autres pays, une place croissante et de plus en plus reconnue dans le bon fonctionnement de notre économie. La qualité de ces services en constante amélioration, à la fois en termes de précision et aussi d'échéances, se trouve, malgré une augmentation considérable depuis plus de 25 ans, toujours contrainte par la puissance de calcul du supercalculateur à la disposition de Météo-France, comme dans les pays comparables. C'est dire combien le choix de ce supercalculateur est important et doit être étudié avec soin.*

*Météo-France l'a bien compris. L'établissement public a analysé depuis deux ans les caractéristiques techniques de l'équipement qui devra remplacer le supercalculateur actuel, en place depuis 4 ans, et qui atteindra bientôt son niveau d'obsolescence technologique. Par rapport à un scénario de base conduisant au maintien de la puissance actuelle, 3 variantes ont été étudiées, définies par le facteur multiplicateur de la puissance actuelle qu'elles permettront d'atteindre : respectivement 2,5 pour la variante 1 ; 5 pour la variante 2 ; et 10 pour la variante 3. La durée de vie a été prise égale à 6 ans, comme c'est habituel pour les équipements de ce type, car il s'agit d'un domaine où l'obsolescence technique est très rapide<sup>10</sup>. Dans chaque variante, le supplément de puissance est installé en deux étapes de 3 ans chacune et le facteur multiplicateur qui vient d'être cité correspond à la puissance moyenne disponible sur la période 2019-2024, par rapport à la puissance actuelle (2016).*

*Pour éclairer le choix entre ces trois options, Météo-France a procédé à une étude économique de qualité dans laquelle ont été analysés les coûts et les bénéfices de chacune des variantes.*

*La mission a vérifié que les dépenses prises en compte<sup>11</sup> représentaient bien, non seulement les coûts d'acquisition mais aussi toutes les dépenses de fonctionnement et d'exploitation diverses entraînées par l'équipement. Elle s'est assurée que les options de mutualisation de l'équipement avec d'autres pays ou d'autres organismes français n'étaient pas viables, sauf de manière*

<sup>10</sup> Selon la loi de Moore, la puissance disponible, à coût constant, des calculateurs a doublé tous les 18 mois environ lors des 25 à 30 dernières années. Cependant, en raison de limites liées à la taille physique des atomes, cette croissance a tendance à ralentir.

<sup>11</sup> Plus précisément, ce qui est à compter pour chaque variante, c'est la différence entre le coût de cette variante et le coût de la solution de référence, le statu quo. Il en ira de même plus bas pour les bénéfices.

*marginale. Elle a vérifié, par comparaison avec les renouvellements passés, qu'il n'y avait pas de biais d'optimisme dans les coûts et la qualité des prestations et que Météo-France avait bien analysé les risques et pris les mesures pour les minimiser, notamment par retour d'expérience de l'achat du supercalculateur précédent. Les coûts ont été évalués dans les deux options d'achat ou d'infogérance ; la différence entre les deux est minime. La mission n'a pas pris parti sur le type de contrat, car le choix dépend surtout des clauses précises des contrats, dont l'analyse serait sortie du cadre de son expertise.*

*La partie la plus délicate de l'étude concerne l'évaluation des bénéfices attendus. Plusieurs d'entre eux ont été estimés quantitativement et exprimés donc en valeurs monétaires ; les autres ont été évalués de façon qualitative, sur une échelle exprimée en trois catégories.*

*La mission a vérifié les estimations quantifiées et a trouvé plusieurs causes de sous-estimations, qu'elle n'a pas pu corriger de façon fiable. Elle a jugé plus raisonnable de compter pour zéro les bénéfices attribués aux acteurs de la météo et au constructeur, ce qui correspond à la situation de concurrence que connaissent les marchés en question. Elle a également remplacé une des évaluations qualitatives (impacts pour la Défense) par une estimation quantitative, basée sur les résultats d'un pays semblable. Elle a par ailleurs considéré que le choix d'une variante basse aurait un effet de cliquet en ce sens qu'il serait d'autant plus difficile de retrouver une trajectoire de haute performance qu'on serait parti de bas. L'étude ne quantifie pas plusieurs postes pour lesquels, dans l'état des connaissances et des données disponibles, on ne peut procéder qu'à des évaluations qualitatives, mais dont, par comparaison notamment avec des études étrangères, on doit penser qu'ils pèsent un poids important. Les indicateurs (VAN et TRI) présentés sont donc certainement sous-estimés<sup>12</sup> ; leur ordre de grandeur les fait apparaître très élevées si on les compare aux rentabilités obtenues dans d'autres secteurs tels que les transports ou l'énergie, où les taux de rentabilité interne dépassent rarement 15 %. Mais la comparaison avec les autres études faites à l'étranger dans le domaine de la météorologie montre que ces rentabilités sont courantes dans ce secteur, voire même plus élevées<sup>13</sup>.*

*Il en résulte que le remplacement du supercalculateur actuel est une opération très rentable, bien sûr pour la collectivité dans son ensemble. Elle l'est aussi pour l'Etat en termes de coûts évités. Reste à choisir la variante. D'un point de vue strictement économique, le critère à retenir pour le choix entre variantes est celui de la VAN<sup>14</sup> et de ce point de vue la variante 3 apparaît la meilleure.*

*Mais au-delà du simple calcul économique, et compte tenu des incertitudes frappant la détermination des avantages, des considérations plus qualitatives doivent être prises en considération. Elles concernent en particulier la position de la France dans le concert international. La météorologie est un domaine international très ouvert, où règne à la fois une excellente coopération mais aussi une compétition scientifique très forte. La France y tient actuellement une place éminente ; on considère qu'elle est au coude à coude avec le Met Office du Royaume Uni, le leader actuel au niveau de l'Union Européenne et juste devant l'Allemagne : en choisissant l'option 2, alors que les britanniques ont déjà commencé la mise en place d'un superordinateur correspondant plutôt à une option 2,5, notre retard vis-à-vis du Royaume Uni deviendrait significatif, et la France risquerait même d'être dépassés par l'Allemagne. Ceci conforte l'idée qu'il convient d'explorer la possibilité d'aller au-delà de l'option 2. Nous pensons important de noter que, en cas de choix de l'option 1, le décrochement international ne serait plus un risque, mais une certitude.*

*On peut s'interroger sur le bienfondé de l'option 3. On pourrait d'abord objecter que cette option introduit une rupture dans le niveau des crédits et du personnel de l'établissement public et se heurte aux contraintes des ressources publiques, alors que pour l'option 2, il n'est guère besoin de personnel supplémentaire et l'augmentation des crédits nécessaires est sensiblement plus faible. Il*

---

<sup>12</sup> La mission a jugé, à dire d'expert, que l'ajout des postes qualitatifs aurait pour effet de multiplier les indicateurs économiques, et notamment les VAN, par un facteur de l'ordre de 1,25 à 1,5, sans changer l'ordre des variantes.

<sup>13</sup> Par exemple, parmi de nombreuses études, notons que la rentabilité du nouveau supercalculateur anglais dont la phase 1 vient d'être installée est de 22 :1. Le service météorologique britannique est le plus comparable à M-F en Europe.

<sup>14</sup> Il est bien connu que les critères du type taux de rentabilité interne ou bénéfice/coût conduisent à des solutions sous-dimensionnées.

*faut aussi prendre en compte les difficultés que pourrait avoir l'établissement public à gérer, en termes organisationnels, l'augmentation éventuelle des effectifs qu'entraînerait l'option 3, par exemple en termes de compétences à créer et d'équipes à constituer. Notons néanmoins qu'à l'étranger les cas sont non isolés où, en présence de telles rentabilités, les Etats ont consenti des efforts budgétaires sensibles pour des investissements météo<sup>15</sup>. Il faut en outre noter que parmi les bénéfices procurés par l'investissement, une part non négligeable reviendra à la puissance publique, soit sous forme d'amélioration des services de certains départements ministériels (comme la Défense, qui au Royaume Uni et dans un certain nombre d'autres pays contribue directement au budget du Service Météorologique National) soit sous forme d'économies significatives de dépenses (comme ce sera le cas pour les postes de vigilance en métropole et encore plus Outre-mer, ou pour la santé); des évaluations simples montrent que le retour pour les budgets publics seront sensiblement supérieurs aux dépenses d'investissement et de fonctionnement du supercalculateur. On pourrait d'ailleurs se demander si Météo-France, qui remplit une mission de service public dont beaucoup d'agents tirent des bénéfices importants en valeur monétaire ne devrait pas être attributaire d'une redevance analogue aux redevances de service universel qui existent dans d'autres secteurs et visent à rétribuer des services fournis soit gratuitement soit à un prix inférieur à leur coût.*

*Enfin la mission encourage Météo-France à poursuivre et développer ses efforts de diffusion et d'appropriation des résultats par les acteurs économiques afin de bien mettre à profit les avantages procurés par le nouvel équipement ainsi que les études socio-économiques. L'expérience et le savoir rassemblé au cours de la présente étude constituent une base solide; il serait dommage de ne pas profiter de cet élan. Le développement de telles études permettrait de mieux justifier les choix de développement de l'établissement; conduisant à mieux apprécier les bénéfices apportés par les services météorologiques et climatiques, il fournirait des bases rationnelles pour les développer et les optimiser. Le développement des études économiques passe par des réflexions théoriques qui seront facilitées en puisant au savoir accumulé sur le sujet au niveau international; il passe aussi par des études concrètes permettant de mettre des chiffres correspondant aux cas français, et une occasion de rassembler les informations nécessaires à cela serait de mettre en place un observatoire destiné à mesurer de manière quantitative et qualitative les services qui seront rendus à l'économie nationale par le supercalculateur et au-delà à évaluer la contribution, sans doute importante de Météo-France et de la France, à l'Agenda international du développement durable et à la mise en œuvre des engagements pris lors de l'Accord de Paris (décembre 2015) sur la lutte contre le changement climatique. »*

---

<sup>15</sup> C'est notamment le cas au Royaume Uni, où une subvention à caractère exceptionnel compte tenu des règles budgétaires du pays a été attribuée au supercalculateur en cours de mise en place

#### 4. Avis du CGI

Le dossier d'évaluation socio-économique soumis à la contre-expertise décrit le projet d'augmentation de puissance du supercalculateur de Météo France. Le dossier transmis initialement par Météo France en novembre 2016, déjà de très bonne qualité, a été complété avec réactivité et pertinence au fur et à mesure des interrogations des contre-experts. Le CGI considère ainsi que les pièces fournies répondent pleinement au cahier des charges d'un dossier d'évaluation socio-économique. En particulier, il félicite la qualité de l'évaluation socio-économique réalisée, le secteur de la météorologie ne bénéficiant pourtant pas de méthodologie préétablie.

Les experts ont rendu leurs conclusions en moins de 6 semaines, ce qui est très court. Ils considèrent avoir rendu un avis éclairé et impartial sur la base de l'information qui leur a été fournie. Pour sa part, la Directrice de l'Evaluation des investissements publics considère qu'au vu de la qualité des experts et de leur implication dans la contre-expertise du dossier, le rapport remis constitue une base valable pour éclairer les futures décisions.

Sur la base de ce rapport de contre-expertise, il ressort que les principales forces de l'**évaluation** socio-économique du projet de supercalculateur de Météo France sont les suivantes :

- Une évaluation socio-économique de qualité répondant pleinement aux référentiels internationaux et français.
- Une évaluation pionnière en France.

Les principales faiblesses de l'évaluation sont les suivantes :

- Certains bénéfices significatifs du projet n'ont pas été pris en compte dans le calcul de la VAN (en particulier Défense, santé et transports routier, ferroviaire et maritime). Une interrogation demeure, par ailleurs, quant à son impact sur les métiers de l'assurance.

Le **projet** en tant que tel présente une rentabilité socio-économique fortement positive et confortée par des évaluations équivalentes à l'étranger.

Toute option plus modeste que l'option 2 (multiplication par 5 de la puissance de calcul) entraînerait un décrochage de la position de la France au niveau international.

**Au total, en ligne avec les recommandations du rapport de contre-expertise, l'avis du CGI est favorable au projet d'augmentation de la puissance du supercalculateur de Météo France, avec la recommandation suivante :**

- Envisager une option « 2,5 », à savoir une puissance de calcul entre 5 et 10 fois supérieure à la situation actuelle si la France souhaite rester parmi les leaders européens.

Le CGI souhaite par ailleurs attirer l'attention de l'État sur d'autres possibilités de financer ce type de projet -très rentable pour la collectivité-, par exemple par un système de redevance auprès des utilisateurs.



Sylviane GASTALDO