

INNOVATION & TECHNOLOGIE

Figure 3 : vue d'une tranche du nouveau super calculateur Bull – Atos Sequana en cours d'installation - © Météo-France

UN NOUVEAU SUPER-CALCULATEUR À MÉTÉO-FRANCE : POUR QUELS PROGRÈS ?

Serge TABOULOT, chef du Centre météorologique des Alpes du Nord avec le concours d'**Alain BEURAUD**, chef du projet Calcul intensif 2020 à la Direction des systèmes d'information de Météo-France.

La vigilance météo date des tempêtes de Noël 1999. Le changement climatique et son adaptation sont au centre de tous les débats. Dans le quart sud-est de la France, le bilan 2019 est hors normes : double canicule, sécheresse inédite, inondations dramatiques. Météo-France se dote en 2020 d'un nouveau supercalculateur : quels progrès attendre de cet investissement pour ces préoccupations de sécurité civile ?

EN MÉTÉOROLOGIE, LA COURSE À LA PUISSANCE DE CALCUL EST PERMANENTE

Dans le domaine particulier des supercalculateurs, on ne parle que de FLOPS... c'est l'unité de performance de calcul des processeurs informatiques, équivalente à un nombre d'opérations réalisables en une seconde. Dans les années 1990, la référence était le gigaFLOPS (109 soit des milliers de millions) ; en 2020, il faut compter en petaFLOPS (10¹⁵), donc au moins un million de fois plus qu'il y a trente ans.

Le domaine de la météorologie

dépend fortement de la capacité de calcul. En effet, les modèles météorologiques, simulations numériques de l'atmosphère, sont basés sur des équations complexes d'évolution des paramètres d'état : pression, température, humidité, vent, ... La performance des modèles est essentiellement liée à la finesse de leur résolution, autrement dit la taille du « pixel atmosphérique », appelé aussi la « maille » du modèle. Actuellement, dans le modèle AROME, le plus fin opéré par Météo-France en métropole, la taille de cette maille est d'environ 1,3 km, une distance bien plus importante que le fond d'une vallée alpine... La gourmandise des modèles atmosphériques en calcul ne se limite pas à la finesse de cette maille. Il faut en effet simuler l'atmosphère terrestre en trois dimensions et multiplier les calculs pour allonger l'échéance et améliorer la fiabilité des prévisions. Les techniques actuelles, qualifiées de prévisions d'ensemble, consistent à multiplier les simulations : en bref, faire de multiples prévisions au lieu d'une seule ! Les météorologistes ont aussi besoin d'intégrer dans leurs modèles

les interactions de l'atmosphère avec les océans et les sols, sans oublier la banquise et le manteau neigeux (la cryosphère). Enfin, grâce à ce savoir-faire en modèles météo, la France est un contributeur majeur dans les domaines scientifiques des projections climatiques et de la recherche en physique atmosphérique ; ces activités sont encore plus consommatrices de puissance de calcul que la météo opérationnelle.

L'évolution de la puissance de calcul disponible au niveau de Météo-France (figure 1) illustre bien cette course perpétuelle à la puissance informatique.

UN SUPER CALCULATEUR DISPONIBLE À L'AUTOMNE 2020

Météo-France n'est pas isolée dans cette course à la puissance informatique. La figure 2, benchmark¹ international qui date de 2018, démontrait une forme de décrochage des moyens informatiques en France par rapport aux services météo étrangers, en particuliers américains, anglais et japonais. La nécessité d'un nouvel investissement a par

¹ Test de performance

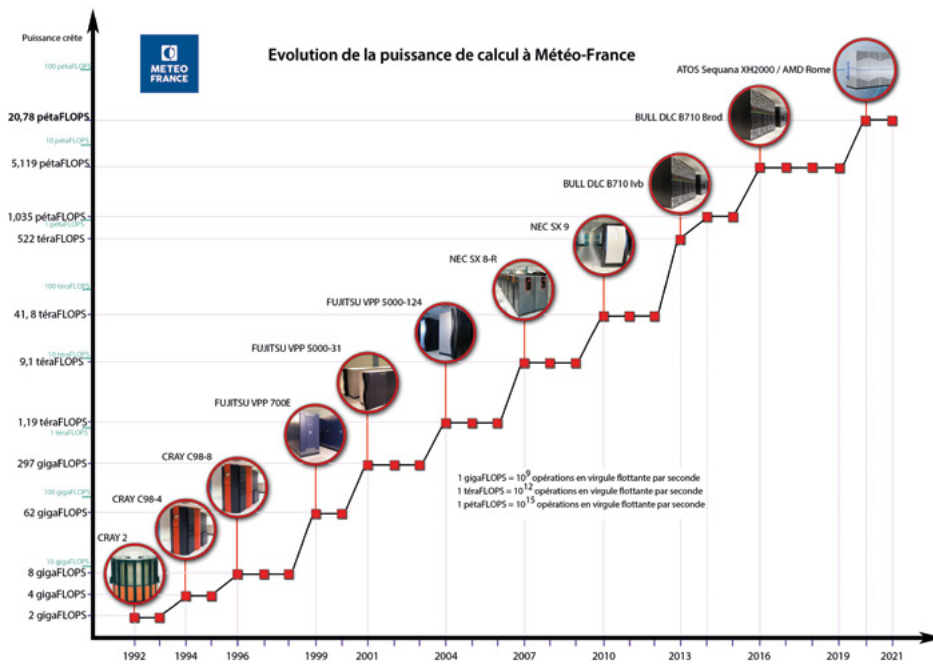


Figure 1 : évolution de la puissance de calcul à Météo-France depuis 1990, incluant la future étape de 2020 avec les machines Bull Sequana ATOS - © Météo France

ailleurs été portée par une étude socio-économique indépendante du cabinet d'études économiques Citizen, lorsque l'État envisageait de porter ce projet dans le cadre des investissements d'avenir pour la recherche. Cette étude, aux conclusions confirmées par l'organisme public France Stratégie, a démontré une rentabilité incontestable de l'investissement : de l'ordre de 12 euros rapportés à la société pour 1 euro investi par l'État.

Les sociétés qui proposent de tels équipements, comme ATOS, finalement retenue par Météo-France, commercialisent en fait un service qui garantit la disponibilité d'une puissance de calcul et son évolutivité. Au coût de ce service, il faut rajouter les investissements dans les locaux qui accueillent deux machines (à la Météopole de Toulouse ainsi qu'à l'Espace Clément Ader, cogéré avec l'Université de Toulouse). Deux implantations sont en effet indispensables, l'une servant de secours à l'autre vu le côté opérationnel des services météo (l'explosion de l'usine AZF en 2001 n'est pas étrangère à cette prise de conscience !). L'estimation du coût d'exploitation de ces nouveaux super calculateurs est de l'ordre de 15 millions d'euros par an à partir de 2021. À titre de comparaison, par rapport aux sommes dépensées en 2018, cela représente un surcoût d'environ 6 à 7 millions d'euros par an.

Question calendrier, les travaux d'infrastructure sont presque terminés début 2020 ; au-delà de l'installation progressive des machines (voir figure 3), les étapes suivantes sont très techniques avec les opérations de « portage », qui consistent à faire fonctionner sur les nouveaux systèmes tout ce qui était opérationnel sur les anciens. La bascule en opérationnelle est programmée pour septembre 2020.

QUELS PROGRES ATTENDRE DE CES NOUVEAUX MOYENS DE CALCUL ?

Commençons par la recherche et la modélisation du climat (Météo-France est un des principaux contributeurs français au Groupe international d'experts sur le climat - GIEC) : ces domaines seront les premiers bénéficiaires d'une puissance multipliée par cinq. Il est bien délicat de prévoir ce que les chercheurs en feront. Mais dans ce domaine on peut raisonnablement espérer que ces moyens permettront d'affiner les projections climatiques: l'idée est de réduire les incertitudes sur le climat du futur, avec des pronostics géographiquement plus fins. Ces changements climatiques étant inévitables, il est désormais urgent d'agir pour que des domaines très variés s'adaptent (urbanisme, architecture, agriculture, hydrologie, industrie, transports ...) ; avec un fort besoin de données d'entrées fiables du climat local projeté, affinant par exemple ce qui existe déjà dans

le portail DRIAS – Les futurs du climat : <http://www.drias-climat.fr/>

Poursuivons par ce qui touche directement aux risques naturels liés aux épisodes météorologiques extrêmes.

La réponse actuelle du service public français passe essentiellement par la vigilance météorologique. Ces avertissements ont été conçus par Météo-France depuis 2001, en réponse au retour d'expérience des tempêtes de Noël 1999 : en France métropolitaine, notre culture du risque météorologique était encore embryonnaire. La figure 4 présente les grandes étapes de l'évolution des systèmes français d'alerte et de vigilance. La vigilance française a d'ailleurs fait école, en donnant naissance à une vigilance météo européenne intégrant désormais trente pays, à retrouver via <http://www.meteoalarm.eu>

Cette vigilance météo va encore faire des progrès, en bonne partie grâce à l'augmentation des capacités de calcul disponibles. Par exemple, les départements de montagne peuvent vraiment espérer une amélioration sensible de la qualité des prévisions grâce à la mise en œuvre d'une production ensembliste : plusieurs dizaines de simulation seront faites pour le lendemain, afin de couvrir l'ensemble des incertitudes (données d'entrées imprécises, simplification des équations, ...). Cette évolution va permettre de mieux localiser les zones à fort risque météorologique. Ponctuellement (risque d'évènement météo sévère sur la région concernée), la résolution du modèle pourra être amenée à 500 mètres environ : l'enjeu est une météo plus fiable et réaliste de phénomènes accentués par les reliefs : effet et vents de foehn, persistance d'air froid en vallées encaissées, abaissement des limites pluie-neige par isothermies, évolution des phénomènes orageux, etc.

Avant la fin 2021, la vigilance météo va s'enrichir :

- en s'affranchissant des limites départementales qui n'ont guère de sens pour certains phénomènes (exemple en Isère, une vigilance peut être orange pour de fortes neiges uniquement sur les Terres froides, ou pour un risque d'avalanches très fort uniquement en Oisans) ;
- avec un allongement de l'échéance couverte par la vigilance, qui ne porte actuellement que sur les prochaines 24 heures, et qui va rapidement inclure aussi le lendemain via une double carte de vigilance ;
- et la diffusion complémentaire de

cartes de risques de phénomène dangereux au-delà du surlendemain.

Il faut aussi souligner que la vigilance est soumise à une évaluation permanente : les cas mal prévus sont classés soit en fausse alarme, soit en non-détection. Ce sont des indicateurs de performance du dispositif. Pour 2018, le taux de fausses alarmes était de 10 %, celui de non-détection de 2 %. Un nouveau saut qualitatif de ces taux de réussite est espéré.

CONCLUSION

Météo-France multiplie par cinq ses capacités de calcul informatique en 2020, pour rester dans la cour des grands services météorologiques. En matière de sécurité des personnes et des biens, l'effet de ces nouveaux moyens se fera sentir dès 2021 via une version améliorée dans l'espace et le temps de la vigilance météorologique, une invention française du début des années 2000 qui a fait école dans nombre de pays étrangers.

Ce nouveau super ordinateur va contribuer à la poursuite de l'incroyable amélioration des prévisions météorologiques depuis les années 1970. Mais il faudra

Météo/Climat : l'état des « forces » en présence (juin 2018)

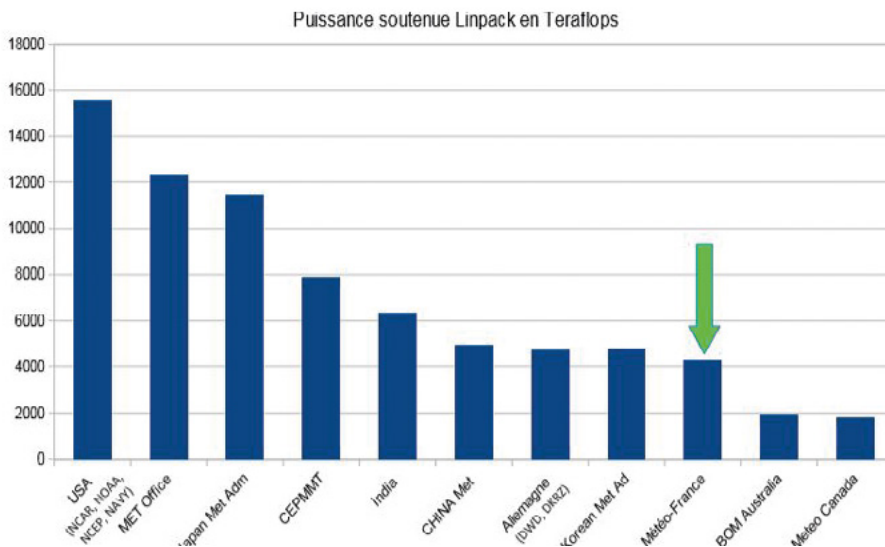


figure 2 : comparaison internationale des puissances de calcul des services météorologiques - © Météo France

par contre rester très vigilant sur les moyens humains associés à l'expertise de ces modèles numériques plus fins et plus fiables. En matière de protection civile, une prévision météo n'est excellente que si elle est bien traduite en termes de risques et de dangers. Le nombre de collaborateurs du service public

météorologique français a baissé de 30 % ces dix dernières années, réduisant drastiquement la présence de Météo-France sur les territoires. Cette évolution nous semble assez inquiétante : quand on achète une Ferrari, il faut aussi améliorer les qualités du pilote et de l'équipe technique en charge de son réglage !

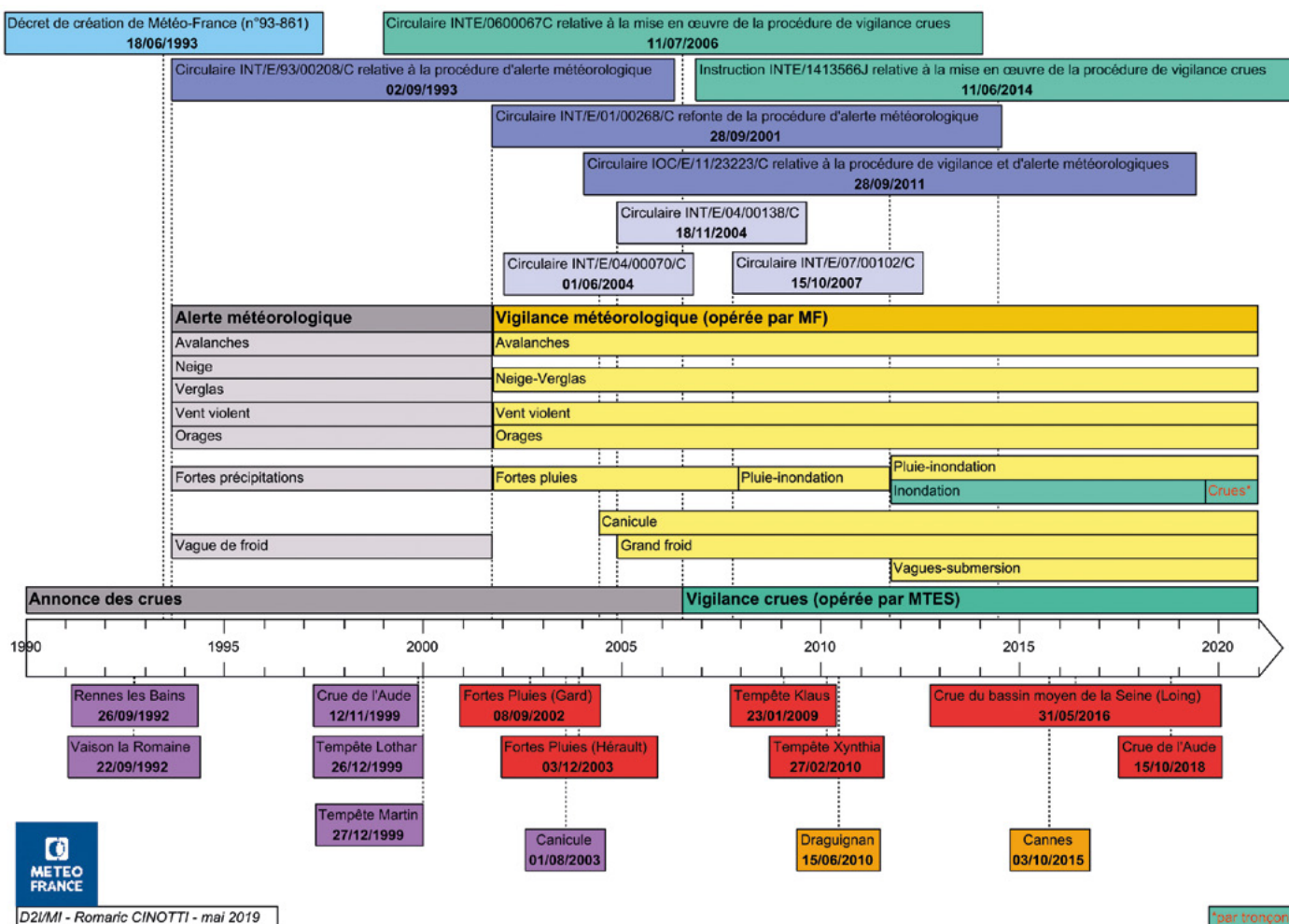


Figure 4 : évolution des alertes et vigilances météorologiques et crues en France depuis la création de l'établissement public Météo-France en 1993 - © Météo France