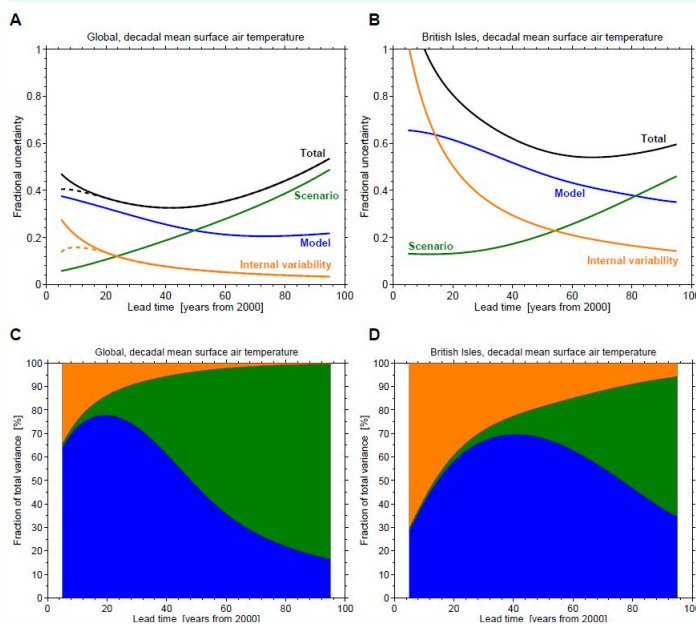


Prévoir le climat à 5 ans, à 30 ans

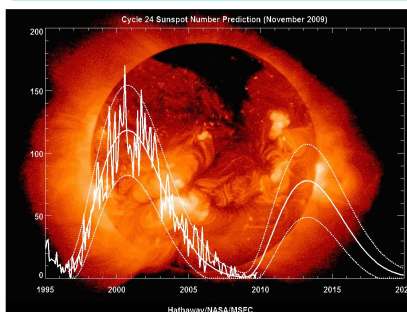
Les fluctuations annuelles (saisons) du climat sont dues à l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre par rapport au plan de son orbite autour du soleil. Etymologiquement, le terme climat en tire son origine. La variabilité climatique aux échelles plurimillénaires (typiquement alternance de périodes glaciaires) s'explique aussi par des facteurs essentiellement astronomiques. En revanche, le forçage principal sur le climat du XXIème siècle sera très certainement la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre dont l'évolution est principalement conditionnée par les activités humaines. Sur les prochaines années voire deux ou trois décennies, ce forçage est cependant modulé par la variabilité dite interne au système climatique qui s'explique par la présence d'oscillations ou fluctuations océaniques interagissant avec l'atmosphère, et de période interannuelle à pluri-décennale. Les phénomènes à cycle court (typiquement El Niño) sont pris en compte dans les prévisions saisonnières opérationnelles. Pour la prévision décennale, encore à ses balbutiements, des oscillations de plus longue période comme l'AMO(3) ou la PDO(4) doivent être considérées car il est probable qu'elles moduleront le forçage direct par les gaz à effet de serre sur les prochaines décennies. Egalement, bien que d'un ordre de grandeur plus faible par rapport au forçage anthropique, le forçage externe par l'activité solaire (2) doit être aussi introduit. Tout ceci s'inscrit dans une démarche de diminution des incertitudes (1) pour les prochaines décennies et pour des territoires à l'échelle de la planification nationale et régionale, faisant des prévisions décennales un élément de connaissance stratégique majeur. Les éléments qui suivent s'inspirent de l'exposé de Christophe Cassou (CNRS-CERFACS) au colloque du Conseil Supérieur de la Météorologie, le 6 mai. [ftp://ftp.cerfacs.fr/pub/](http://ftp.cerfacs.fr/pub/)

1- L'importance relative des sources d'incertitude



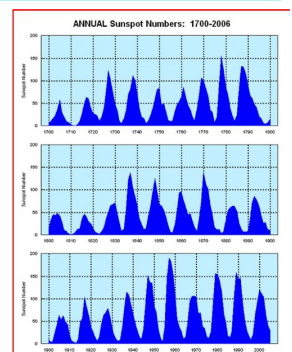
L'importance relative de chaque source d'incertitude dans les prévisions climatiques est mise en évidence par la fraction d'incertitude, notion définie par Hawkins et Sutton dans l'article publié du bulletin de l'American Meteorological Society : [hawkins_sutton_2009_BAMS.pdf](http://www.ametsoc.org/pubs/bulletin/hawkins_sutton_2009_BAMS.pdf). Ci-contre, l'écart à la normale 1971-2000 de la température moyenne de surface prévue entre 2000 et 2100. En A : fraction d'incertitude pour la température moyenne sur l'ensemble de la planète, en B sur les Iles Britanniques uniquement. La partie pointillée en A indique la réduction d'incertitude qui peut être obtenue en assimilant les observations océaniques et en prenant ainsi compte des oscillations décennales (3, 4). C et D, pour le même paramètre indiquent l'évolution sur le siècle de la contribution à la variance totale de chaque source: en vert les scénarios d'émission de gaz à effet de serre, en bleu les modèles de climat, en orangé la variabilité interne du climat. On remarque que cette dernière source est d'autant plus marquée que l'échelle territoriale est réduite et d'autant plus forte que l'échéance est courte.

2- Le cycle de l'activité solaire

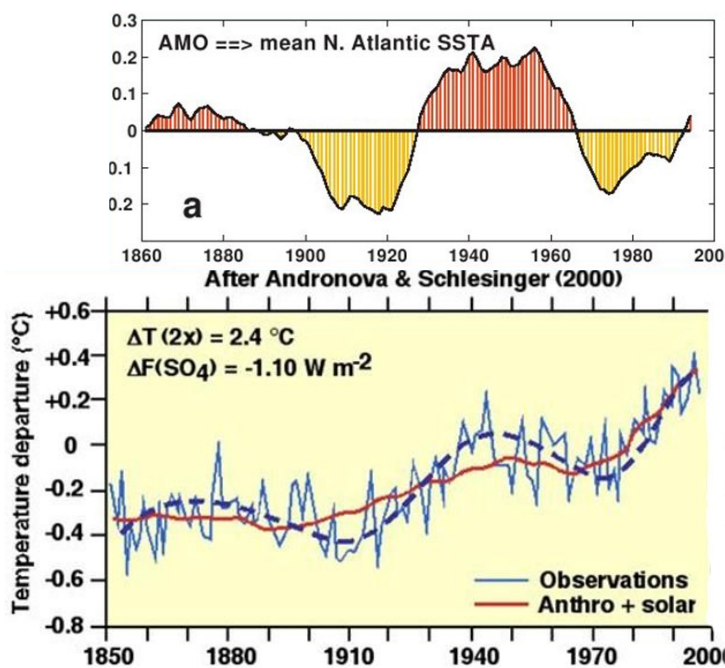


<http://solarscience.msfc.nasa.gov/>

Le forçage par le rayonnement solaire est bien entendu essentiel dans les modèles de climat. Le cycle court de l'activité solaire, d'environ 11 ans, est caractérisé par l'évolution du nombre de taches à sa surface. Il est connu depuis Galilée. A droite, les cycles observés sur un peu plus de trois siècles (source NOAA). Nous sommes en route vers un maximum solaire qui devrait se produire autour de 2013 (site de la NASA à gauche) après une pause solaire exceptionnellement longue et marquée comparable à celle de 1913. La prise en compte de ce cycle semble importante pour la prévision décennale, bien qu'il n'explique que peu de variance sur les paramètres climatiques.



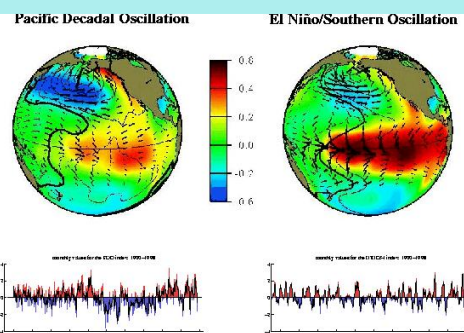
3- L'Oscillation Atlantique Multi décennale (AMO)



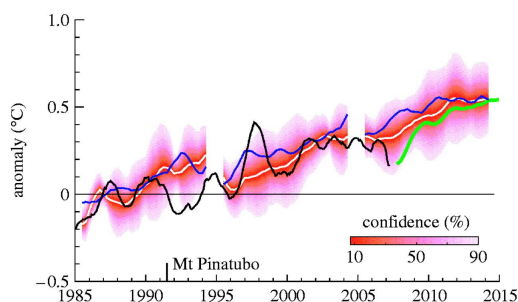
L'AMO est une oscillation océanique qui se traduit par des anomalies de température de surface de l'Atlantique Nord principalement. La période privilégiée de l'AMO est d'environ 70 ans, valeur établie à partir de mesures ou de reconstruction indirecte depuis le milieu du 19ème siècle (graphique a). Le lien AMO-changement dans la circulation thermohaline est soupçonné. Depuis 1995 nous sommes entrés dans une phase chaude du cycle pour l'Atlantique Nord. Cette phase devrait donc perdurer encore une vingtaine d'années en faisant l'hypothèse que le forçage anthropique n'interagisse pas trop avec elle. L'AMO impacte le régime des précipitations estivales en Europe et en Amérique du Nord, et est associée à des saisons cycloniques plus actives dans l'Atlantique en phase chaude et à une probabilité moindre de grande sécheresse sahélienne. L'AMO a aussi été invoquée pour expliquer les écarts entre la température moyenne observée de l'hémisphère nord (en bleu sur le graphique du bas) et les estimations des modèles de climat qui ne prennent en compte que les forçages anthropiques et solaires. Sources NOAA et AOML

4- L'Oscillation Pacifique Décennale (PDO)

La PDO est une oscillation océanique qui se traduit par des anomalies de température de l'océan Pacifique de structure comparable à El Niño-La Niña (ou ENSO) mais, contrairement à ce phénomène relativement fréquent, la PDO a une période privilégiée de 60 ans environ. Ses signatures climatiques à basse fréquence sont nombreuses. Outre les effets sur la biosphère (e.g. cycle abondance/pénurie du saumon de l'Alaska), un impact significatif sur la répartition des précipitations et le débit de fleuves nord américains a pu être montré. Depuis le début du siècle, nous sommes entrés dans une période de faible anomalie négative de la PDO associée à une plus forte fréquence de sécheresses sur le sud et le centre des USA contrastant ainsi avec les décennies précédentes.



Quelles perspectives ? A quelles échéances ?



Pour des prévisions démarrant en 1985, 1995 et 2005, du modèle du Hadley center britannique, le graphique compare la prévision décennale de l'écart à la normale 1971-2000 de la température globale obtenue (courbe en blanc, intervalle de confiance en rouge) avec la prévision sans assimilation de données océaniques (bleu) et les observations (noir). La courbe verte est la prévision décennale actualisée en septembre 2007, nettement en dessous de la courbe bleu et de la courbe blanche jusque vers 2012. Source Royal Society <http://rsta.royalsocietypublishing.org>

La prise en compte des phénomènes multi décennaux océaniques commence à peine ; leurs causes multiples, leurs évolutions restent pour une large part à élucider mais leur étude est maintenant rendue possible grâce à un réseau d'observations qu'il convient de pérenniser. Les programmes satellitaires AQUARIUS (NASA, lancement prévu en 2010) et SMOS (ESA lancé le 2 novembre dernier) en permettant la mesure de la salinité des océans et de l'humidité du sol, les avancées récentes dans les techniques d'observation des océans en 3D ainsi que dans l'assimilation des observations dans les modèles devraient permettre de rapides progrès. (encart ci-contre). Les modèles du 4ème rapport du GIEC (2007) sont capables de reproduire les tendances du climat sur le siècle passé mais les oscillations multi décennales n'étaient pas initialisées ; en revanche elles le seront dans ceux du 5ème rapport (2013) ainsi que dans ceux du projet européen COMBINE. L'incertitude sur la variabilité interne du climat, prédominante aux échéances courtes et à l'échelle locale, sera ainsi sensiblement réduite. Parallèlement, des modèles plus complets et à maille plus fine réduiront la part d'incertitude qui leur revient et qui prédomine pour des prévisions à échéance 2040-2050. Nous pourrons ainsi en dire beaucoup plus dans 2 ou 3 ans lorsque les simulations seront disponibles.

L'ensemble de ce numéro a été revu par Christophe Cassou.