

Actions récentes contribuant aux services climatiques en France

Recent progress towards climate services in France

Céline DÉANDREIS^{(1),(2)} Julien LÉMOND⁽³⁾, Philippe DANDIN⁽³⁾, Pascale BRACONNOT⁽⁴⁾

Résumé

Les efforts réalisés ces dernières années pour développer des services climatiques en France sont importants. Un grand nombre d'initiatives a vu le jour afin de construire un système d'information adapté. Ce développement s'est inscrit en cohérence avec des obligations d'ordre législatif et réglementaire, avec un souci d'anticipation économique, ou bien encore un questionnement citoyen lié au changement global.

Le portail *Drias, les futurs du climat*⁽⁵⁾ offre ainsi un accès aisé aux scénarios climatiques pour la France, ouvert à tout public impliqué dans les problématiques d'impact et d'adaptation au changement climatique. Son aboutissement est le fruit d'une collaboration étroite entre les laboratoires de recherche climatique et les services opérationnels de Météo-France, soutenue par le ministère en charge du Développement durable au travers de son programme GICC. Sa logique d'évolution sera dictée tant par la recherche de cohérence avec les travaux de synthèse de la communauté scientifique que par les attentes des utilisateurs. En cela, il constitue un service.

Suivant une approche différente, davantage ciblée sur les besoins spécifiques et avancés de certains utilisateurs, les projets INVULNERABLE et SECIF ont cherché à créer une information pertinente et sur mesure pour le secteur industriel. Ce type de produits nécessite également un accompagnement, requérant d'abord de sensibiliser les utilisateurs opérationnels à la problématique du changement climatique, puis de renforcer l'interface entre climatologues et utilisateurs avertis au sein des entreprises concernées.

Ces deux approches sont représentatives des efforts de la communauté scientifique nationale pour délivrer une partie de la connaissance élaborée dans les laboratoires et à Météo-France en matière de climat. Les différentes initiatives sont menées dans une optique de partage et de cohérence. Elles s'enrichissent mutuellement et, avec l'ensemble des acteurs et des travaux menés en France sur le thème du climat, ébauchent progressivement un véritable service climatique français.

Mots-clés

Changement climatique, adaptation, services climatiques, scénarios, impacts.

Abstract

Important efforts have been made in recent years to develop climate services in France. Many initiatives have emerged to build an adapted system of information. This development is consistent with legislative and regulatory obligations, with a concern for economic advance, or a citizen questioning related to global change.

The web portal *DRIAS, les futurs du climat* provides an easy access to climate scenarios for France, opened to everyone concerned by impact and adaptation to climate change. This achievement results of a close co-operation between the major French climate modelling groups and the operational services of Météo-France. It has been benefiting from the support of the Ministry in charge of Sustainable Development namely through its GICC program. The next steps with DRIAS will be defined both by a strong consistency with the scientific community work and by the requirements and expectations of users. In this, it is a real service.

Following a different approach more focused on the specific and advanced needs of particular users, the French projects INVULNERABLE and SECIF sought to create a relevant and tailored to the industrial sector. This kind of products requires a support to educate operational users to climate change issue, and then to enhance the interface between climatologists and skilled users within the concerned companies.

Both approaches are representative of current efforts of the French national scientific community to provide a useful part of the knowledge developed by the Academia and Météo-France. The various initiatives are carried out with the wish to share and be consistent with research community work. They are mutually enriching, and with all stakeholders involved, they gradually build a real climate service in France.

Keywords

Climate change, adaptation, climate services.

(1) IPSL Institut Pierre-Simon Laplace : www.ipsl.fr

(2) CNRS-Météo-France/GAME – Centre National de Recherches Météorologiques – Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique : www.cnrm.meteo.fr

(3) Météo-France, Direction de la Climatologie : www.meteo.fr

(4) LSCE/CEA-CNRS-UVSQ/LSCE Institut Pierre-Simon Laplace : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement : www.lsce.ipsl.fr

(5) *Les futurs du climat, pour nous souvenir qu'un seul climat résultera de nos choix actuels, lesquels sont encore ouverts* (www.drias-climat.fr).

L'adaptation et le besoin de service

L'adaptation en marche

Le dernier rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts du Changement Climatique montre que le climat change sous l'influence des activités humaines et de la variabilité naturelle [Salomon, 2007]. Les scientifiques annoncent en effet des évolutions profondes dans les prochaines années : hausse des températures, périodes de canicule plus fréquentes, sécheresses sévères, etc.

Les différentes implications pour la société concernent autant les mesures à prendre pour réduire les émissions de gaz à effet de serre que l'anticipation des impacts du changement climatique. Sur ce deuxième point, la prise de conscience s'est accélérée même si des courants et contre-courants tentent de brouiller le message. Depuis le rapport Stern (2006) plusieurs rapports nationaux et internationaux ont montré qu'il était indispensable d'anticiper l'adaptation pour en limiter les coûts [Parry *et al.*, 2009].

Ainsi la France, par le biais du ministère en charge du Développement durable (MEDDE), s'est dotée d'une stratégie pour l'adaptation⁽⁶⁾, et plus récemment d'un Plan national d'adaptation au Changement Climatique (PNACC⁽⁷⁾). Le concept d'adaptation a été inscrit dans la loi, à l'issue des travaux du Grenelle⁽⁸⁾, avec une obligation de traduction locale dès 2011 pour les collectivités de plus de 50 000 habitants... Les Plans Climat Énergie Territoriaux (PCET⁽⁹⁾) ou les Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) traduisent ces démarches, qui associent tous les acteurs des territoires, dans le cadre d'une « gouvernance à cinq »⁽¹⁰⁾. Au-delà de cette réglementation, de nombreux secteurs sont concernés et tous, progressivement, en prennent conscience et s'investissent sur la question climatique. Leur sensibilisation et des mécanismes d'incitation innovants sont d'autres moteurs pour favoriser la prise en compte du changement climatique dans des stratégies de développement (voir par ex. au niveau mondial le *Global Compact project*⁽¹¹⁾ pour le secteur industriel).

Cette prise de conscience a entraîné une augmentation de la demande en informations climatiques, et donc une sollicitation toujours plus importante des scientifiques pour communiquer leurs résultats. Or ces services, chronophages et au cas par cas, les ont éloignés de leurs activités principales d'étude et de compréhension du système climatique et de son évolution. En simplifier certains aspects et libérer ainsi les

scientifiques d'une charge opérationnelle de moins en moins compatible avec l'exigence de leur travail de recherche s'est peu à peu imposé comme une nécessité. Il est ainsi apparu nécessaire de structurer et organiser les services rendus mais aussi de trouver des relais pour seconder les scientifiques.

Les utilisateurs d'informations climatiques et leurs besoins

Les services fournis doivent s'adapter à la grande diversité des utilisateurs qui s'étend du simple citoyen curieux de connaître les évolutions climatiques disponibles aujourd'hui dans les laboratoires, aux experts avertis impliqués dans une prospective à enjeux, et couvre un champ très vaste de préoccupations, allant des impacts sur les écosystèmes à des questions très pointues où les aspects économiques pèsent de façon déterminante.

Les besoins sont donc très diversifiés mais reposent principalement sur deux catégories de données :

1°) Des projections climatiques futures d'échelles locales produites par les laboratoires de recherche sur le climat, permettant par exemple de planifier des investissements ou dimensionner des projets sur le long terme.

2°) Des données sur le climat actuel et passé sont également indispensables afin de mener à bien des études d'impact. Ces données vont permettre d'étudier et comprendre les aléas à l'origine de vulnérabilités en climat présent, d'analyser l'évolution de la vulnérabilité dans le futur en comparaison à une période de référence historique, ou encore de recalibrer les données simulées sur la réalité observée et ainsi corriger les biais des modèles de climat.

Afin de s'adapter aux besoins, ces données peuvent être traitées pour calculer des indices climatiques, des cartes ou d'autres produits graphiques. De plus, certaines demandes spécifiques nécessitent la mise en place d'études au cas par cas. Enfin quel que soit l'utilisateur, un besoin de communication et de formation sur les problématiques liées au changement climatique ainsi que sur l'utilisation et l'interprétation des données est nécessaire.

Il est courant de distinguer trois catégories d'utilisateurs, en fonction de leurs réseaux, de leurs besoins, et de leurs capacités à traiter l'information :

- Les utilisateurs « initiés », qui ont acquis des compétences au contact des climatologues et sont capables d'utiliser et d'interpréter l'information climatique brute, ou de créer leur propre information (i.e. indices

(6) Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique :

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Strategie_Nationale_2-17_Mo-2-2.pdf

(7) Plan National d'Adaptation au Changement Climatique :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC-PNACC-complet.pdf>

(8) Grenelle : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-adaptation-au-changement-.html>

(9) PCET : www.pcet-ademe.fr

(10) Gouvernance à cinq : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Gouvernance-a-cinq.html>

(11) Voir : <http://www.unglobalcompact.org/Languages/french/index.html> : le Global Compact des Nations unies.

climatologiques spécifiques à leurs besoins) à partir des données mises à disposition au format numérique. On peut citer dans cette catégorie les chercheurs du domaine des impacts ou les bureaux de conseil qui entretiennent des liens forts avec les laboratoires scientifiques.

- Les utilisateurs « intermédiaire » ont une capacité à manipuler les données climatiques brutes réduite. Leurs demandes portent sur une information prétraitée, intégrée, prête à l'analyse comme par exemple des graphiques ou des cartes, et sur un service d'accompagnement pour les aider et les guider dans l'utilisation et l'interprétation des résultats. On peut, par exemple, citer les chargés de mission de collectivités territoriales, responsables de l'établissement d'un Plan Climat Énergie Territoire, ou les industriels pour lesquels l'adaptation au changement climatique représente un enjeu essentiel.
- Enfin les utilisateurs « débutants » n'ont aucune compétence ou connaissance relative au climat : mécanismes, processus, variabilités, impact et adaptation au changement climatique... Leur besoin se limite donc à une sensibilisation à ces problématiques. Ils veulent pouvoir se concentrer vers l'essentiel. Il peut s'agir de curieux, de particuliers, d'étudiants ou bien d'industriels souhaitant s'investir vers de nouveaux marchés.

Services liés au climat

Compte tenu de la diversité des besoins à couvrir, il n'existe pas d'organisme unique auquel la tâche de service climatique pourrait être attribuée. Toutefois, l'idée d'un service climatique plus intégré a émergé récemment au niveau international, à travers la mise en place d'un Cadre Mondial pour les Services Climatiques⁽¹²⁾ (CMSC) promu par les Nations unies (conférence sur le climat, Genève, 2009 et 2012). Ce dernier invite à mieux prendre en compte les connaissances scientifiques et les résultats des projections climatiques dans les processus de planification ou de décision. Il insiste sur la nécessité d'une action étroitement coordonnée entre acteurs, et souligne logiquement la nécessité d'un échange avec les utilisateurs. Il est du devoir du prestataire de satisfaire ces derniers, que leurs besoins soient exprimés ou implicites d'ailleurs.

En France, de nombreux acteurs majeurs apportent une contribution, chacun dans son domaine d'autorité. Au niveau institutionnel, le ministère en charge du Développement durable (MEDDE), notamment par le biais de l'ONERC, impulse une coordination nationale faisant écho au CMSC. Ce dernier met,

par exemple, à disposition sur son site Internet les rapports de synthèse sur l'évolution du climat de la France au XXI^e siècle [Peings *et al.*, 2011 ; Peings *et al.*, 2012, Planton *et al.*, 2012] ou une base de données des projets de recherche relatifs aux impacts du changement climatique et à l'adaptation.

De leur côté, les laboratoires pilotent de nombreuses actions de recherche, de communication et d'accompagnement afin de répondre aux différents niveaux de services (figure 1). Ainsi, les climatologues français sont très actifs dans les projets internationaux de production et diffusion des données issues des modèles globaux [projet CMIP⁽¹³⁾, Meehl *et al.*, 2000 ; Taylor *et al.*, 2011] et celles des modèles régionaux [i.e. projet CORDEX – Jones *et al.*, 2011 ; projet ENSEMBLES⁽¹⁴⁾]. La communauté française est également très impliquée dans des projets en charge du développement d'architectures techniques permettant de distribuer ces données (réalisation d'un prototype de service web adapté à la distribution des données du modèle de l'IPSL⁽¹⁵⁾, participation au développement de la plate-forme européenne de modélisation du climat⁽¹⁶⁾ et à la base de données climatiques distribuée « Earth System Grid⁽¹⁷⁾ » au niveau international) – sans compter sur l'expérience acquise en météorologie et climatologie par Météo-France dans la diffusion des informations. Ces productions sont importantes car elles servent de socle à l'ensemble des études menées sur le changement climatique. Enfin, les chercheurs français s'investissent également dans de nombreuses actions d'information et d'accompagnement. On peut citer le portail d'information grand public ClimObs⁽¹⁸⁾, les fiches de synthèses rédigées pour les industriels de la FONDDRI (Fondation pour le Développement Durable et les Relations Internationales) dans le cadre du projet INVULNERABLE⁽¹⁹⁾, ou les formations données par le service météorologique et l'INPT-ENM (École Nationale de la Météorologie).

Faciliter la distribution et l'utilisation des données climatiques, sous différentes formes, pour l'ensemble des acteurs socio-économiques est un élément essentiel des services climatiques. Le portail *Drias, les futurs du climat* [Lémond *et al.*, 2011 ; Dandin *et al.*, 2012] y répond en permettant l'accès pour le plus grand nombre, aux résultats scientifiques programmés et coordonnés de la recherche française sur le climat. Il est le fruit d'une collaboration étroite entre les services opérationnels de Météo-France et les laboratoires français du climat. La communauté scientifique fournit la matière disponible pour le service *Drias*. Le service *Drias*, en tenant compte des besoins des utilisateurs, transfère les éléments les

(12) <http://www.wmo.int/pages/gfcs>

(13) <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/>

(14) <http://ensembles-eu.metoffice.com/>

(15) <http://forge.ipsl.jussieu.fr/prodiguer/wiki/docs>

(16) <https://is.enes.org/>

(17) <http://esgf-node.ipsl.fr/esgf-web-fe/>

(18) Lien ClimObs : <http://www.universcience.fr/climobs/>

(19) Lien du projet INVULNERABLE : <http://www.iddri.org/iddri/Fondation/INVULNERABLE-Project>

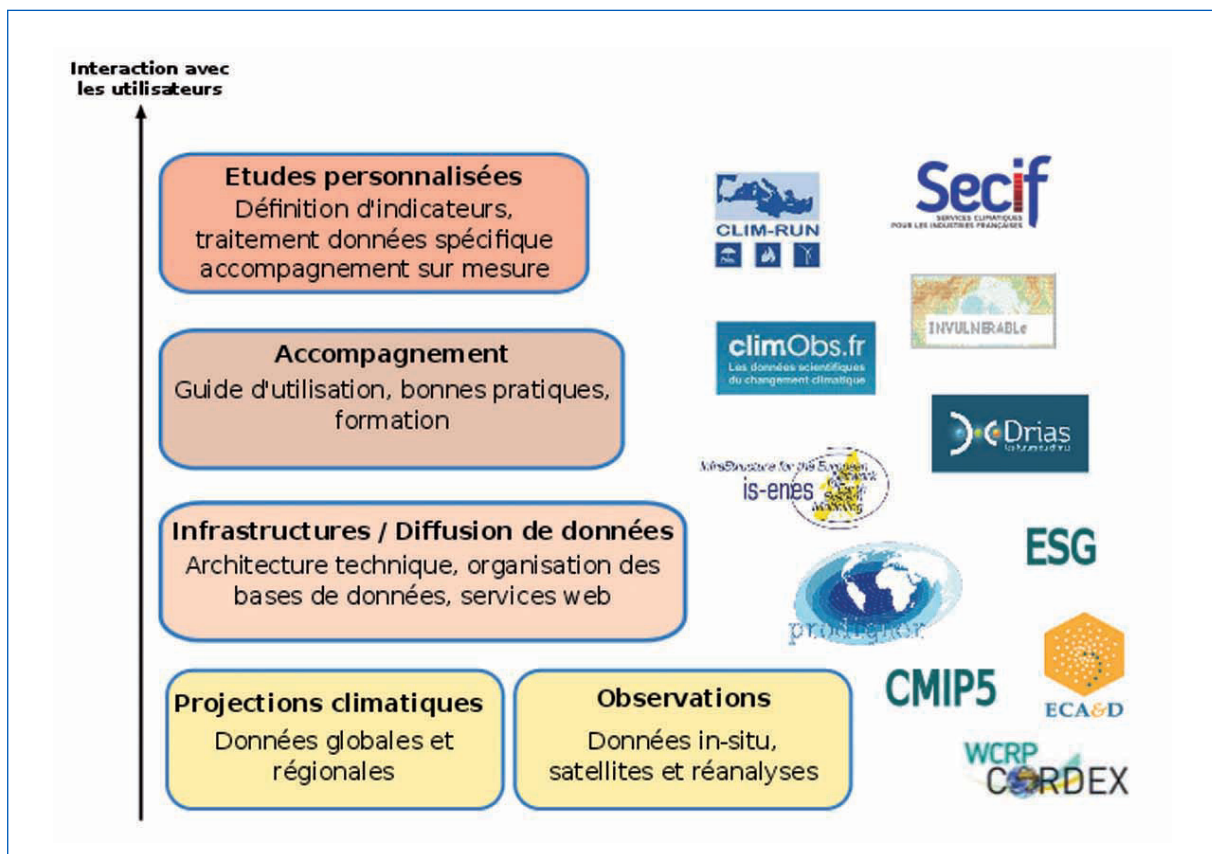


Figure 1.

Plusieurs niveaux de services.

The different levels of services. Example of map freely available on the "Drias, les futurs du climat" portal presenting results from regional climate projections.

plus pertinents au-delà du cercle de la science climatique. Ces informations sont accessibles *via* un portail web, [www.drias.meteo.fr]. Ces données sont accompagnées de documents permettant une aide à l'utilisation (*cf.* section 2).

L'ensemble de ces projets fait intervenir un très grand nombre d'acteurs et d'organismes. La recherche et les grands acteurs institutionnels œuvrent selon différentes modalités et en contact plus ou moins étroit avec les utilisateurs. N'oublions pas non plus les acteurs qui relaient l'ensemble de ces progrès et informations sur le terrain, et qui sont appelés à jouer un rôle clé en matière d'adaptation. Cet ensemble qui constitue aujourd'hui le « service climatique » français nécessite coordination et structuration. Le projet SECIF a vu le jour dans ce paysage en mutation. Il offre un cadre de réflexion pour s'attaquer à ces questions en se focalisant sur les besoins du secteur industriel et plus particulièrement les entreprises des secteurs de l'eau et de l'énergie dont la sensibilité au changement climatique est déjà avancée.

Une description plus détaillée de deux des principales réponses aux besoins des utilisateurs – le portail institutionnel *Drias, les futurs du climat*, et les exemples de services personnalisés SECIF et INVULNERABLE – est présentée dans la suite de l'article.

Drias, les futurs du climat. Un service pour l'adaptation

Genèse

Le portail web *DRIAS, les futurs du climat* [www.drias.meteo.fr] est l'aboutissement visible et concret, du projet DRIAS (Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement), financé entre 2010 et 2012 par le programme Gestion et Impact du Changement Climatique (GICC) du ministère en charge du Développement durable (MEDDE). Développé par Météo-France, en collaboration avec les laboratoires français de modélisation climatique (CERFACS, CNRM-GAME, IPSL) et en étroite association avec un large panel d'utilisateurs potentiels (institution, recherche, collectivités territoriales, bureau d'étude, industrie...), son ouverture constitue une réalisation transversale majeure du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC).

Plus qu'un portail, *Drias, les futurs du climat* ambitionne d'être un service, à la croisée des laboratoires et de la société, apte à accompagner, expliquer et faciliter l'accès à l'information climatique pour toutes

les composantes de la nation, qu'ils soient utilisateurs finaux ou intermédiaires.

Organisation

Le portail est organisé autour de trois « espaces » : Découverte, Accompagnement, et Données et produits :

1. L'espace Découverte propose des cartes interactives représentant différents indices climatiques basés sur les paramètres de température et de précipitation. Cet espace permet à un large public de visualiser l'ampleur des changements projetés au cours du ^{xxi}^e siècle, mais également une analyse immédiate, et l'appréhension des jeux de données et produits accessibles et téléchargeables sur le portail.

2. Dans l'espace Accompagnement, l'utilisateur trouve une importante documentation l'aidant à la bonne compréhension de ce que sont les scénarios, et spécifiquement comment les utiliser, en mettant en relief les bonnes pratiques d'emploi. Un glossaire, une FAQ, des descriptions des méthodes utilisées pour aboutir aux données et produits disponibles, sont à la disposition du lecteur. Des liens sont faits vers des sites qui complètent utilement les informations fournies. Une *hotline*, accessible par un simple formulaire de contact, peut également être jointe pour répondre aux questions les plus spécifiques.

3. À partir de l'espace « Données et produits », l'utilisateur peut accéder au format numérique des simulations et aux produits qui en sont dérivés, qui, pour la plupart, sont visualisables dans la partie Découverte. L'accès est permis sur une grille de 8 km. Cet espace est principalement destiné aux utilisateurs avertis ayant la capacité de traiter et d'analyser des données numériques.

Contenus

Afin de prendre en compte l'incertitude inhérente aux projections climatiques, une large gamme de futurs possibles pour le climat de la France métropolitaine au ^{xxi}^e siècle est accessible à l'échelle régionale. Ainsi, la robustesse d'une analyse peut être évaluée à la concordance des résultats produits par ces différentes projections.

Différents scénarios

Les projections climatiques sont en partie incertaines car elles reposent sur différents scénarios d'évolution socio-économique et de concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Pour cette raison, les données correspondant à trois scénarios utilisés par le GIEC⁽²⁰⁾ sont proposées : les scénarios A1B (intermédiaire), A2 (pessimiste), et B1 (optimiste).

Différents modèles numériques de climat et méthodes de régionalisation

Afin d'obtenir une information climatique à échelle fine sur la France métropolitaine, il est nécessaire d'appliquer des méthodes de régionalisation pour affiner les projections climatiques. Les deux principales techniques utilisées pour produire les informations climatiques mises à disposition sur le portail sont la descente d'échelle dynamique⁽²¹⁾ (expériences nommées SCAMPEI et IPSL2102 sur le portail) et la descente d'échelle statistique⁽²²⁾ (expériences nommées SCRATCH08 sur le portail).

Ces méthodes permettent de disposer sur la France métropolitaine, après une adaptation statistique des analyses fines de Météo-France (analyses SAFRAN), de projections climatiques à une résolution de 8 km.

Différents paramètres

24 paramètres et indices climatiques standards sont accessibles sur la base des projections de températures et des précipitations : température minimale, température maximale, température moyenne, nombre de jours de température élevée, nombre de jours de gel, nombre de jours de fortes précipitations, cumul de précipitations, précipitations quotidiennes, etc. Leurs valeurs sont présentées par mois, saison et année.

Différents horizons temporels

Malgré le travail d'homogénéisation réalisé, les simulations climatiques du portail ne sont pas toutes disponibles sur des périodes identiques. En fonction des jeux de données considérés, la période de référence peut être 1950-2000, 1961-1990 ou 1961-2000. En ce qui concerne les projections mises à disposition pour le ^{xxi}^e siècle, trois périodes futures sont disponibles : horizon proche (2035), horizon moyen (2055) et horizon lointain (2085). Ces périodes futures correspondent à des moyennes temporelles de 30 ans autour des horizons considérés. De plus, pour certaines simulations, des périodes continues sur la période 2000-2100 sont téléchargeables dans l'espace Données et produits.

Quel futur pour le service DRIAS ?

À l'issue du projet, le portail et le service ont été ouverts au public en juillet 2012. Avant ce lancement, Météo-France s'était engagé auprès de sa tutelle et avec ses partenaires à porter le système et à le faire évoluer. Plusieurs actions sont engagées.

Premières évolutions programmées en 2013

Afin d'enrichir l'offre de services climatiques, des évolutions majeures sont programmées en 2013.

(20) http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml#_URPXGlvzLlc

(21) Explication de la descente d'échelle dynamique sur le portail DRIAS, les futurs du climat : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/section/61>

(22) Explication de la descente d'échelle statistique sur le portail DRIAS, les futurs du climat : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/section/62>

Drias, les futurs du climat ne couvre pour le moment que la métropole. Ainsi, il est prévu de mettre à disposition, selon le même mode que pour la métropole, des données et produits pour les Antilles-Guyane et la Réunion. De même, les résultats du projet Climsec⁽²³⁾, étude d'impact portant sur la ressource en eau, seront mis à disposition *via* le portail. Ces ajouts majeurs seront complétés par des évolutions de fonctionnalités et de maintenance évolutive qui contribueront à faciliter l'accès aux informations et l'emploi des ressources offertes : la découverte sera davantage guidée qu'aujourd'hui, d'autres indicateurs pourront renforcer le jeu existant, les menus deviendront progressivement bilingues, etc.

Évaluer les attentes et enrichir le service

Drias, les futurs du climat est un pari : celui de délivrer avec une grande facilité des matériaux dont l'emploi est complexe. Les utilisateurs doivent être conscients des difficultés d'emploi, recevoir et partager des exemples de bonnes pratiques : ils doivent être moteurs dans le système, comme ils l'ont été dans la phase de construction. La partie difficile de l'exercice a ainsi commencé à l'ouverture du portail. Les sollicitations des utilisateurs vont permettre de préciser les besoins, définir les évolutions du portail, adapter les messages et l'accompagnement. Il faudra donc travailler avec eux, vers l'aval, et ajuster le service.

D'autre part, il faudra également travailler en amont avec les équipes de recherche qui élaborent des scénarios climatiques régionalisés : quels jeux de scénarios supplémentaires inclure dans le portail ? Comment réguler le flot livrable alors que la production scientifique est prolifique ? Sous quelles formes plus adaptées aux besoins qui émergeront des expressions des usagers ? Quelques questions sont d'ores et déjà notées, et alimentent un retour d'expérience utile pour définir les évolutions à venir.

Préciser le soutien aux usagers

Dès l'ouverture, une *hotline* disponible pour assister les usagers a été mise en place. Un mécanisme de réponse à étages, allant de la simple utilisation de l'outil, des explications de base sur les modèles et le climat, à des questions plus pointues sur le choix de telle ou telle solution (*i.e.* modèle, scénario, paramètres...) qui font appel à une connaissance large du paysage technico-scientifique, et à d'autres encore qui sont de véritables interrogations scientifiques et requièrent le transfert vers tel ou tel chercheur. Des actions à destination des utilisateurs seront entreprises. Dans les collectivités territoriales, dans les chambres de commerce ou d'agriculture, en de nombreux lieux du territoire, le service *Drias* n'est pas connu. Il faudra donc présenter ce portail afin de faire remonter des expressions de besoin coordonnées.

(23) Rapport final Climsec : <http://www.cnrm-game.fr/projet/climsec>

Des réponses et un accompagnement personnalisés

Si un service se doit de fournir des informations exploitables par un grand nombre d'interlocuteurs, les utilisateurs finaux de ces services ont aussi besoin de résultats et d'études climatiques répondant à leurs besoins spécifiques. En effet, de nombreuses enquêtes [*i.e.* Tribia et Moser, 2008] montrent que le transfert de connaissance entre fournisseurs et demandeurs d'information climatique est inefficace : l'information issue des laboratoires de recherche n'est pas orientée vers le besoin des utilisateurs ; les utilisateurs potentiels n'ont pas conscience de l'utilité de cette information pour leur prise de décision. Faciliter l'adaptation au changement climatique demande de mieux comprendre le cadre de travail et culturel dans lequel les utilisateurs évoluent ; d'identifier leurs besoins en termes d'information sur le changement climatique ; de comprendre les opportunités et contraintes auxquelles ils font face pour prendre en compte le risque climatique à long terme et enfin de considérer leur capacité et leur volonté d'aborder ces questions [Moser et Luers, 2008].

Un travail de réflexion sur ces questions a été entrepris au travers des projets INVULNERABLE, INVULNERABLE-2 et SECIF en se focalisant depuis 2006 sur les besoins de la communauté des industriels. En effet le milieu industriel, de par la diversité de ses métiers et de ses acteurs, de son appréhension des questions climatiques et de son modèle économique, représente un terrain idéal pour tester la pertinence d'une offre de services climatiques. Il s'agit en priorité de comprendre leurs besoins réels, analyser la qualité de l'information pouvant leur être fournie, définir les modes adéquats de traitement et de diffusion de l'information et enfin identifier le rôle respectif des acteurs impliqués. Ce travail d'analyse a été réalisé en travaillant sur des cas concrets de vulnérabilité industrielle en partenariat avec des entreprises issues des secteurs de l'eau et de l'énergie.

On peut distinguer trois types de services personnalisés : l'élaboration et l'analyse d'indicateurs spécifiques ; le traitement de questions complexes ; l'information et la formation. L'ensemble de ces services repose sur la mise en place d'une interface utilisateurs/chercheurs efficace afin de co-produire de l'information utile.

Mise en place d'un espace de dialogue

Le défi est de rassembler utilisateurs et climatologues et de catalyser une compréhension mutuelle des problèmes pour que puisse ressortir de cette discussion une demande à la fois pertinente pour l'activité concernée et sur laquelle les climatologues puissent travailler. L'objectif est de créer de l'information utile afin qu'elle puisse être influente sur la prise

de décision. Pour cela, l'information fournie doit répondre à trois critères [Mitchell *et al.*, 2006] : pertinence, crédibilité et légitimité. Seul un processus de coproduction de l'information peut mener à ce résultat. Il nécessite le soutien d'acteurs intermédiaires qui vont renforcer la crédibilité et la légitimité des informations issues de la science. Un modèle de coproduction d'information a été proposé par Cash *et al.* [2006] dans lequel des intermédiaires assurent les fonctions d'intégration, de traduction, de collaboration et de médiation.

Afin de répondre aux exigences de confidentialités de la communauté des industriels, ce modèle a été adapté. Deux types de rencontres ont été menés en parallèle. Des réunions multipartenaires traitant de sujets d'intérêts communs ont bénéficié de l'expérience complémentaire des partenaires impliqués. Des sessions dédiées à chacun des partenaires afin qu'ils puissent pleinement s'exprimer et obtenir une écoute et un traitement personnalisés.

Des indicateurs spécifiques

Pour avoir un intérêt réel, les indicateurs ne doivent pas être imposés par les scientifiques sans concertation avec les utilisateurs finaux. Au contraire, ils doivent être définis par les utilisateurs eux-mêmes afin de garantir une adéquation maximale à leurs besoins. Il est donc nécessaire de développer des indicateurs spécifiques en fonction de l'aléa climatique ciblé, du système étudié et du commanditaire de l'étude.

L'élaboration d'un indicateur « sur mesure » nécessite d'une part de caractériser le phénomène climatique en jeu et d'autre part de définir les critères et les seuils de vulnérabilité qui lui sont associés. C'est en confrontant le savoir-faire opérationnel et la compréhension de l'aléa climatique que ces paramètres peuvent être déterminés. Le choix des critères de vulnérabilité est crucial dans l'analyse de vulnérabilité qui suit. Cette étape ne doit pas être négligée. Son importance a été montrée lors d'un travail de définition multi-indicateurs. L'objectif était d'analyser la vulnérabilité de divers acteurs du secteur de l'énergie aux vagues de froid. Il a clairement été montré que les indicateurs appropriés pour les métiers du gaz sont très différents de ceux des métiers de l'électricité. Il est également ressorti de cette étude que le choix de ces critères a un impact sur la classification des événements historiques les plus vulnérables et sur la fréquence de ces événements dans le futur [Déandrei *et al.*, 2012].

Traitement des questions complexes

La démarche à suivre pour répondre aux demandes des utilisateurs n'est pas toujours évidente. Il est parfois nécessaire de mettre en œuvre des méthodologies originales pour s'adapter aux besoins exprimés. De nombreuses demandes font appel à des processus peu étudiés jusque-là ou pas sous l'angle souhaité. Il faut alors vérifier la capacité des modèles à les représenter et définir les biais qui leur sont asso-

ciés, sélectionner des méthodes d'analyse spécifiques, les adapter et les implémenter dans des chaînes de traitement [Sané *et al.*, 2012]. Une analyse poussée des incertitudes est alors nécessaire avant de se prononcer sur la possibilité d'utiliser de telles données.

Sur de nombreux sujets, les modèles divergent, et l'analyse de leurs réponses ne permet pas de répondre à la demande initiale. Afin de faire face à cette situation, les experts doivent clairement énoncer les sujets sur lesquels ils ne peuvent rien conclure et ceux sur lesquels ils peuvent apporter de l'information fiable. Les utilisateurs attendent de leur part des messages clairs du type : « au vu des connaissances actuelles, il n'est pas possible de fournir de réponse à cette question » ou « voici ce qu'il est possible de dire »... Ces messages aideraient les utilisateurs à s'approprier la question du changement climatique.

Formation et information

La complexité de l'information et la diversité des sources d'information ne permettent pas aux non-experts d'avoir une vision claire des projets en cours, des résultats disponibles, des jeux de données fiables, des interlocuteurs à contacter. D'autre part, les sciences du climat étant en rapide évolution, de nouveaux jeux de données, de nouvelles méthodes et de nouveaux résultats sont mis à disposition continuellement. À ce jour, rester bien informé sur les produits disponibles et leur mode d'utilisation nécessite un travail de veille scientifique efficace. Améliorer la communication sur ces sujets est devenu indispensable. Cela passe par la mise en place d'un système d'information centralisé et efficace. Des actions de formation ciblées doivent aussi être mises en place. Pour certains, le besoin touche une meilleure compréhension du système climatique, de ses impacts, des produits standards disponibles, des possibilités de créer des produits spécifiques et des questions relatives à la gestion des incertitudes pour leur prise de décision. D'autres demandes portent sur l'évolution des connaissances, l'arrivée de nouveaux jeux de données et leur fiabilité, les bonnes pratiques ou le traitement des incertitudes.

Conclusion

Dans cet article, deux approches complémentaires de services climatiques ont été décrites, qui poursuivent des objectifs identiques et ont vocation à se nourrir mutuellement.

Le projet DRIAS, soutenu par le ministère en charge du Développement durable, a abouti à l'ouverture du portail *Drias, les futurs du climat*. Ce dernier permet un accès facilité aux résultats récents sur l'évolution climatique de la France métropolitaine au XXI^e siècle.

Les projets INVULNERABLE et SECIF se sont concentrés sur un aspect complémentaire des servi-

ces climatiques : les services personnalisés. Au cours de ces projets, un effort a été réalisé pour tenter de mieux comprendre les défis liés à l'émergence de la demande, aux modes de traitement de la donnée climatique, en particulier pour la production de produits spécifiques, le traitement des incertitudes dans ces processus, la qualité de l'information et la communication des résultats (incertitudes incluses). L'expérience acquise au cours de ces projets montre l'importance de mieux impliquer les utilisateurs à tous les niveaux du processus (de la définition du besoin à la diffusion des résultats). Cela nécessite de mettre en place des interfaces utilisateurs/chercheurs efficaces s'appuyant sur des acteurs intermédiaires tels que les bureaux d'études et consultants spécialisés sur les impacts du changement climatique.

Comme le montrent les exemples de services présentés dans cet article, les efforts réalisés ces dernières années pour doter la France de services climatiques performants sont importants. De nombreuses questions demeurent posées. Sans doute une gouvernance renforcée, associant les grandes structures de recherche françaises, peut-elle contribuer à consolider toujours davantage les initiatives nombreuses menées dans tous les domaines – dont

la qualité de l'air et de nos environnements. Sans doute également, la création d'un Cadre Mondial des Services Climatiques doit-elle inviter à construire en France le Cadre National correspondant : le MEDDE y invitera sans nul doute les différents acteurs. Les principes du CMSC fonctionnent déjà en France, qui sont d'associer étroitement les acteurs académiques, opérationnels, utilisateurs, et de focaliser l'action sur les domaines à enjeu pour le pays. Quel champ doit recouvrir le concept de services climatiques en France ? Que faut-il mettre en place pour faciliter le transfert de connaissances et de méthodes ? Comment améliorer la gestion des incertitudes et présenter avec force les éléments robustes ? Quels acteurs seront amenés à assurer une partie du service ? Comment assurer la qualité des services climatiques ? Comment porter durablement les initiatives vertueuses ? Quels seront les financements pour l'action ?

La communauté française est prête à l'action. *Drias, les futurs du climat*, INVULNERABLE, SECIF, et tant d'autres actions montrent que les services climatiques existent et que les fondations sont solides pour avancer et servir nos concitoyens dans l'action face au changement climatique.

Acronymes

- CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
- CNRM : Centre National de la Recherche Météorologique
- DRIAS : Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement
- GES : Gaz à Effet de Serre
- GICC : Gestion et Impact du Changement Climatique
- GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
- IPSL : Institut Pierre Simon Laplace
- MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie
- ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
- PCET : Plan Climat Énergie Territorial
- SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie

Références

- Cash DW. Countering the Loading-Dock Approach to Linking Science and Decision Making: Comparative Analysis of El Nino/Southern Oscillation (ENSO) Forecasting Systems. *Science Technology & Human Values* 2006 ; 31 : 465-94.
- Dandin P, Franchistéguy L, Kerdoncuff M *et al.* J. Drias, the futures of climate: a service for the benefit of adaptation. *Climate ExChange* 2012: 272-5.
- Déandreis C, Braconnot P, Planton S. 2012 : lot de travail n° 1 : étude de l'impact des vagues de froid sur la France – Rapport Final du projet INVULNERABLE Phase 2, 2012.
- Jones C, Giorgi F, Asrar G. The Coordinated Regional Downscaling Experiment: CORDEX An international downscaling link to CMIP5. *CLIVAR Exchanges* 2011 ; 56 (16): 34-40.
- Lémond J, Dandin Ph, Planton S *et al.* DRIAS: a step toward Climate Services in France. *Adv. Sci. Res.*, 2011; 6 : 179-86.

- Meehl GA, Boer GJ, Covey C *et al.* The Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2000; 81: 313-8.
- Mitchell RB, Clark WC, Cash DW. “Evaluating the influence of global environmental assessments” – In Ronald B. Mitchell, William C. Clark, David W. Cash, Nancy M. Dickson (eds). *Global Environmental Assessments: Information and Influence*. MIT Press 2006: 1-28.
- Moser SC, Luers AL. Managing climate risks in California: The need to engage resource managers for successful adaptation to change. *Climatic Change* 2008; 87: 309-22.
- Parry M, Arnell N, Berry P *et al.* Assessing the cost of adaptation to climate Change: A review of UNFCCC and other recent estimates. Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change, Imperial College London, UK, 2009.
- Peings Y, Jamous M, Planton S. *et al.* Le climat de la France au XXI^e siècle : scénarios régionalisés. ONERC, 1, 2011.
- Peings Y, Jamous M, Planton S *et al.* Le climat de la France au XXI^e siècle : scénarios régionalisés. Indices de référence pour la métropole. ONERC, 2, 2012.
- Planton S, Cazenave A, Delecluse P *et al.* Le climat de la France au XXI^e siècle : évolution du niveau de la mer. ONERC, 3, 2012.
- Taylor KE, Stouffer RJ, Meehl GA. An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2012; 93: 485-98.
- Tribbia J, Moser SC. More than information: What coastal managers need to prepare for climate change. *Environmental Science & Policy* 2008; 11: 315-28.

