



EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN FRANCE  
Rapport de la deuxième phase

Partie IV - Annexes du rapport de synthèse

## Table des matières

<b>Annexe A</b>	<b>Composition du Groupe interministériel .....</b>	<b>3</b>
<b>Annexe B</b>	<b>Sources bibliographiques .....</b>	<b>6</b>
B.1	Bibliographie du rapport général.....	6
B.2	Bibliographies thématiques.....	8
<b>Annexe C</b>	<b>Annexes transversales .....</b>	<b>35</b>
C.1	Glossaire .....	35
C.2	Liste des acronymes .....	44
C.3	Aléas climatiques (contribution du groupe Biodiversité) .....	50
C.4	Outil méthodologique développé par le CIRED .....	51
C.5	Dénombrement simplifié des épisodes de canicule .....	86

## Annexe A Composition du Groupe interministériel

Le Groupe plénier est présidé par la **Direction Générale de l'Energie et du Climat** (département Lutte contre l'effet de serre - DLCES et Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique - ONERC), du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM). Au sein de la DGEC, le travail a été animé par Daniel DELALANDE, Bertrand REYSSET, Elvyne FEVRIER et Michel GALLIOT.

Le **Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement** (Stéphane HALLEGATTE, Patrice DUMAS, Vincent VIGUIE), a apporté une expertise méthodologique aux travaux du groupe.

La société **SOGREAH**<sup>1</sup> (Lisa RUSSO, Ghislaine GUIRAN, Eliska BYSTRICKY) était en charge d'assister la DGEC dans la coordination des groupes thématiques et de la rédaction du rapport de synthèse.

Ci-dessous, la liste complète des membres du Groupe Plénier :

<b>ADEME</b>	Thomas BLAIS Aude BODIGUEL Agnès BRETENSTEIN Jean-Pierre TABET
<b>AFPCN</b>	Paul-Henri BOURRELIER
<b>CIRED</b>	Patrice DUMAS Stéphane HALLEGATTE Vincent VIGUIE
<b>CSTB</b>	Jean-Luc SALAGNAC
<b>EDF</b>	Marta NOGAJ
<b>IRD Montpellier / HCSP</b>	Jean-François GUEGAN
<b>Météo-France / CNRM</b>	Pascale DELECLUSE
<b>MEEDDM</b>	Daniel BERTHAULT Olivier BOMMELAER Daniel DELALANDE Sylvie DE-SMEDT Elvyne FEVRIER Cachia FRANCK Michel GALLIOT Thierry HUBERT Jean-Bernard KOVARIK Christine LAGARENNE Richard LAVERGNE Michel LE QUENTREC André LEUXE Daniel MARTIN Frédérique MARTINI Valéry MORARD Lionel MOULIN Vanessa NUZZO Cédric PEINTURIER

---

<sup>1</sup> L'unité SOGREAH – Climat Energie est issue de la reprise des activités de la société Ecofys France par SOGREAH en juillet 2009.

	Véronique PERRIER Thierry QUINTRIE LAMOTHE Bertrand REYSSET Marie-Christine SALMONA Frédéric SCHAFFERER
<b>Ministère de la Santé / DGS</b>	Monique DELAVIERE
<b>Ministère de l'Espace Rural et de l'Aménagement du Territoire / DIACT</b>	Pierre-François CLERC Hélène JACQUET-MONSARRAT
<b>Ministère des Finances</b>	Jean-François CROLA Noël LE-SCOUARNEC
<b>Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP)</b>	Olivier BOUYER Jean-François LERAT Maryline LOQUET Jean-Luc REDAUD

Le **Groupe méthodologie** était composé des personnes suivantes :

<b>ADEME/SOeE</b>	Aude BODIGUEL
<b>BRGM</b>	Emmanuelle PLAT
<b>CIREN</b>	Patrice DUMAS
<b>CIREN/Météo-France</b>	Stéphane HALLEGATTE
<b>ECOFYS</b>	Eliska BYSTRICKY
<b>EDT R&amp;D</b>	Marta NOGAJ
<b>FCBA/EconomiX</b>	Andia PUKA
<b>MEEDDM</b>	Daniel DELALANDE Elvyne FEVRIER Michel GALLIOT Frédérique MARTINI Cédric PEINTURIER Bertrand REYSSET

Les **Groupes thématiques** étaient pilotés par les personnes suivantes :

- **Groupe Santé** – Monique DELAVIERE (MSJS / DGS)
- **Groupe Agriculture** – Maryline LOQUET (MAAP / DGPAAT)
- **Groupe Forêt** – Pierre BOUILLON (MAAP / DGFAR)
- **Groupe Eau** – présidé par Jean-Luc REDAUD (MAAP) et Michel LE QUENTREC (MEEDDM), piloté par Daniel BERTHAULT (MEEDDM / DEB)
- **Groupe Infrastructures de transports et cadre bâti** – Lionel MOULIN (MEEDDM / DRI) et Jean-Luc SALAGNAC (CSTB)
- **Groupe Energie** – Daniel DELALANDE (MEEDDM / DGEC)
- **Groupe Tourisme** – Jean-François CROLA, Noël LE SCOUARNEC, Jackie BENESSE (MEIE / DGCIS)

- **Groupe Risques naturels et assurance** – Thierry HUBERT, Sylvie DE SMEDT (MEEDDM / DGPR)
- **Groupe Territoires** – Hélène JACQUET-MONSARRAT (Ministère de l'Intérieur / DIACT)
- **Groupe Biodiversité** – Jean-François LERAT (CGAAER), Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS (INRA), Vanessa NUZZO (MEEDDM / DEB)

## Annexe B Sources bibliographiques

### B.1 Bibliographie du rapport général

AGRAWALA S. et FRANKHAUSER, 2008, « *Economic aspects of adaptation to climate change* », Paris, OECD.

BOE J., Changement global et cycle hydrologique : Une étude de régionalisation sur la France, thèse de l'université Toulouse 3, soutenue le 23 novembre 2007, 278 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 2009, Livre Blanc « Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen », COM(2009) 147 Final, Bruxelles, avril 2009.

COMMISSION EUROPEENNE, 2007, Livre Vert « Adaptation au changement climatique en Europe : les possibilités d'action de l'Union Européenne », COM(2007) 354 Final, Bruxelles, juin 2007.

DANDIN P., 2006, Evolution du climat et sécheresses, Congrès de la FNCCR, Météo-France, Direction de la Climatologie, septembre 2006

DEQUE P., 2008, Scénarios climatiques Arpège : indices sur la France métropolitaine, 14 mai 2008.

DOWNING T.E., ANTHOFF D., BUTTERFIELD B., CERONSKY M., GRUBB M., GUO J., HEPBURN C., HOPE C., HUNT A., LI A., MARKANDYA A., MOSS S., NYONG A., TOL R.S.J. AND WATKISS P., 2005, Scoping uncertainty in the social cost of carbon, Defra, London.

DUMAS P., 2006, L'évaluation des dommages du changement climatique en situation d'incertitude : l'apport de la modélisation des coûts de l'adaptation. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Thèse présentée par Patrice Dumas en vue d'obtenir le grade de Docteur de l'EHESS. Spécialité : Economie de l'Environnement. Thèse soutenue publiquement le 5 janvier 2006.

DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE (D4E) / ONERC, 2008, « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France – Document d'étape », rapport du Groupe de travail Interministériel, Paris, juin 2008.

DROUET A., 2009, Financer l'adaptation aux changements climatiques – ce que prévoit la Convention Cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques, Note 17 de la Mission Climat de la Caisse des Dépôts, avril 2009.

GIEC / CLIMATE CHANGE 2007, Bilan 2007 des changements climatiques : Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, GIEC, Genève.

GIEC / CLIMATE CHANGE 2001, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC/GIEC), B. Metz, O. Davidson, R. Swart and J. Pan, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 167-299.

GIEC, 2000, Résumé à l'attention des décideurs sur les scénarios d'émissions, du rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC (2000)

HOPE C. *in* PARRY M. *et al*, 2009, « Assessing the cost of adaptation to climate change : a review of the UNFCCC and other recent estimates », IIED et Grantham Institute for Climate Change, London, pp 100-111.

IARU, 2009, The IARU International Scientific Congress on Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions, 10-12 mars, Copenhague, Danemark

KAHRL F. ET ROLAND-HOLST D., 2008, California Climate Risk and Reponse, Research paper n°08102801, University of California, Berkeley, 127 pp.

KLEIN R., SCHIPPER E.L., DESSAI S., 2005, Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, *Environmental Science & Policy* 8 (2005) 579-588

LAUKKONEN J., BLANCO P.K., LENHAER J., KEINER M., CAVRIC B., KINUTHIA-NJENGA C., 2009, Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level, *Habitat International* 33 (2009) 287-292

LETARD V., FLANDRE H., LEPELTIER S., 2004, La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise, Rapport d'information du Sénat n° 195 (2003-2004) fait au nom de la mission commune d'information, déposé le 3 février 2004.

METROECONIMICA LTD., 2006, Quantify the Cost of Impacts and Adaptation. Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-Regional Research Programme, UK DEFRA

METROECONOMICA LTD., 2004, Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-Regional Research Programme, Project E – Quantify the cost of impacts and adaptation, UK DEFRA

MIES, 2006, Plan Climat 2004 – actualisation 2006

OBSERVATOIRE NATIONAL DES EFFETS DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE (ONERC), 2007, Stratégie Nationale d'adaptation au changement climatique, La Documentation Française.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ECONOMIQUE (OCDE), 2008, Expert Workshop on Economic Aspects of Adaptation to Climate Change, 7-8 avril 2008

PARRY M. *et al.*, 2009, Assessing the cost of adaptation to climate change : a review of the UNFCCC and other recent estimates, IIED et Grantham Institute for Climate Change, London

REYSSET B., 2009, Définition d'une méthode générale de dénombrement des canicules pour le Groupe Interministériel « Impacts du Changement Climatique et Coûts Associés », MEEDDM/DGEC/LCES, avril 2009.

STERN N., 2007, The Economics of Climate Change, The Stern Review, Cambridge UNIVERSITY

SWART R. *ET AL.*, 2009, Europe adapts to Climate Change : comparing national adaptation strategies, PEER report n°1, Helsinki, 280 pp.

## B.2 Bibliographies thématiques

### B.2.1 Bibliographie du rapport Eau

BOE J., 2007, Changement global et cycle hydrologique : Une étude de régionalisation sur la France, thèse de l'université Toulouse 3, soutenue le 23 novembre 2007, 278 p.

BRISSEON N., CAUBEL J., 2008, Quelle adaptation de notre agriculture au changement climatique ? Oléagineux Corps gras Lipides, 15(5) :324-326.

CASSOU, 2009, Présentation des prévisions décennales au colloque du CS, mai 2009.

COMMISSION EUROPÉENNE / DG ENVIRONNEMENT, 2008, Assessment of the risks and impacts of four alternative water supply options, [http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/scarcity\\_en.htm#studies](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/scarcity_en.htm#studies)

DAUFRESNE M., ROGER M.C., CAPRA H., LAMOUREUX N., 2004. Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. *Global Change Biology*, 10 (1): 124-140. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.00720.x>

DUBUISSON B. et MOISSELIN J.M., 2006, Evolution des extrêmes climatiques en France à partir des séries observées, *La Houille Blanche*, N°6, 42-47.

DUCHARNE A. et 23 co-auteurs, 2004 : Influence du changement climatique sur le fonctionnement hydrologique et biogéochimique du bassin de la Seine, tech. rep., Projet GICC-Seine.

ESCo Sécheresse : AMIGUES J.P., DEBAEKE P., ITIER B., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU, F., THOMAS A. INRA, Institut National de la Recherche Agronomique (FRA). MAP, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (FRA), 2006, Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport INRA, Paris (FRA) 72 p.

ETCHEVERS P., GOLAZ C., HABETS F. ET NOILHAN J., 2002, Impact of a climate change on the Rhone river catchment hydrology, *J. Geophys. Res.*, 107(0), 4293

GERDEAUX D., 2007, Impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques continentaux européens. *RDV Techniques*, (hors série n°3): 21-26.

HEDUIT A., PUJOL R., TISSERAND B., DELEBARRE X., PICHARD T., 2007, Conséquences des changements climatiques sur les systèmes d'assainissement, *TSM 12-2007*, p85 à 91

INRA, 2009, Communication sur résultats provisoires du projet Climator sur le comportement hydrique du blé et du maïs en monoculture à horizon 2035 (juin 2009)

LASSALE G., 2008, Impacts des changements globaux sur la distribution des poissons migrateurs amphihalins : une approche par modélisation à l'échelle continentale, Thèse de l'université de Bordeaux I, soutenue le 13 novembre 2008, 247 p.

LEVY J.-D., BERTIN M., MAZODIER J., COMBES B., ROUX A., 2005, Irrigation durable, rapport du CGGREF, 117 p.

MOISSELIN J.-M., CANELAS M., SCHNEIDER M., DUBUISSON B., 2003, Les longues séries de référence pour l'étude des changements climatiques, Actes des journées AMA édités par MÉTÉO-FRANCE, Toulouse, 95-98

RENARD B., 2006, Détection et prise en compte d'éventuels impacts du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques en France. Thèse de l'INP Grenoble, soutenue le 20 septembre 2006, 361 p.

ROCHARD E., 2007, Changements climatiques, poissons migrateurs et milieux estuariens, Séminaire sur les Changements globaux : les enjeux pour l'eau. Toulouse, Agence de l'eau Adour-Garonne, 7/11/2007.

TARDIEU H., 2008, rareté de l'eau, nouveaux défis pour la gestion opérationnelle des aménagements hydrologiquement et politiquement acceptables, la Houille Blanche, n° 6-2008, p 85 à 91.

TERRAY L. et MARTIN E., 2007, Evolutions du climat en France au 21e siècle et impacts sur l'hydrologie du bassin Adour-Garonne, séminaire du 9 novembre 2007 (<http://www.eau-adour-garonne.fr/page.asp?page=2528>).

ULBRICH U., PINTO J.G., KUPFER H., LECKEBUSH G.C., SPANGHEHL T. ET REYERS M. | 2008, « Changing Northern Hemisphere Storm Tracks in an Ensemble of IPCC Climate Change Simulations », Journal of Climate 2008 (21:8).

VICAUD A., 2008, les besoins en eau de refroidissement des centrales nucléaires de production d'électricité, la Houille Blanche, n° 6-2008, p 34 à 40.

## **B.2.2 Bibliographie du rapport Risques Naturels**

### Les rapports des sous-groupes

#### **Retrait-gonflement des argiles**

PLAT E., VINCENT M. et LENOTRE N. (BRGM), PEINTURIER C., POUPAT B. et DORELON P. (MEEDDM/CGDD), CHASSAGNEUX P. (METEO-FRANCE), KAZMIERCZAK J.B. (INERIS), SALAGNAC J.L. (CSTB), GERIN S., NUSSBAUM R. et CHEMITTE J. (MRN), 2008, Estimation des coûts du changement climatique liés à l'aléa retrait-gonflement – Contribution au rapport final du Groupe de Travail Risques Naturels, Assurances et Changement Climatique. BRGM/RP-56771-FR, 62 p., 28 ill.

#### **Risques côtiers**

LE COZANNET G., LENOTRE N., NACASS P., COLAS S., PERHERIN C., VANROYE C., PEINTURIER C., HAJJI C., POUPAT B., AZZAM C., CHEMITTE J., PONS F., 2009, Impacts du Changement Climatique, Adaptation et coûts associés en France pour les Risques Côtiers ; contribution au rapport du Groupe de Travail « Risques Naturels, Assurances et Adaptation au Changement Climatique », BRGM RP 57141, Avril 2009.

#### **Inondations**

TORTEROTOT J.P., SAUQUET E., CAMPHUIS N.G., BAUDUCEAU N., BOURNOT A., CHASSE P., LAPORTE V., POUPAT B., PEINTURIER C., CHASSAGNEUX P., MARTIN E., CHEMITTE J., HAJJI C., WITTEW C., DE SMEDT S., 2009, Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France pour le risque d'inondation ; contribution au rapport du groupe de Travail « Risques Naturels, Assurances et Adaptation au Changement Climatique », Juin 2009

#### **Aléas gravitaires**

BERNARD J.M., CLOSSET L., FRANCK C., GALLIOT M., HEDOU F., MARCO O., NAAIM M., RICHARD D., POTHERAT P., 2009, Groupe de travail Risque Naturel, Assurances et Changement Climatique - Volet relatif aux aléas gravitaires - RAPPORT D'ÉTUDE INERIS - 15/04/2009

### Autres textes cités

Association Française pour la prévention des catastrophes naturelles (AFPCN) : Adaptation au changement climatique – les risques naturels. Journée du 6 février 2008, sous la direction de PH Bourrelier.

BOE J., 2007, Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France. Thèse soutenue le 27 novembre 2007.

CEPRI, 2008, Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes

CLIMATE CHANGE 2007, the Physical Science Basis. Contribution of the WG I to the IPCC Fourth Assessment Report of the IPCC.

CLIMATE CHANGE 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of the WG II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

CGDD, 2009, « Le point sur : Croissance du nombre de logements en zone inondable », n°6, février 2009

DORELON P. ET POUPAT B., 2008, Méthodologie d'estimation des enjeux exposés aux inondations. Document technique de l'IFEN. Pp.11.

FEDERATION FRANÇAISE DES SOCIÉTÉS D'ASSURANCES (FFSA), 2009, Synthèse de l'étude relative à l'impact du changement climatique et de l'aménagement du territoire sur la survenance d'événements naturels en France (téléchargeable sur le site de la FFSA), avril 2009.

KAREN O'BRIEN, LINDA SYGNA, ROBIN LEICHENKO, W. NEIL ADGER, JON BARNETT, TOM MITCHELL, LISA SCHIPPER, THOMAS TANNER, COLEEN VOGEL AND COLETTE MORTREUX, 2008, Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security - A Commissioned Report for the Norwegian Ministry of Foreign Affairs - Global environmental change and human security (GECHS) Report 2008:3 - ISSN: 1504-5749 ([http://www.gechs.org/downloads/GECHS\\_Report\\_3-08.pdf](http://www.gechs.org/downloads/GECHS_Report_3-08.pdf))

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE (OCDE), 2009, Prendre en compte l'adaptation au changement climatique dans la coopération pour le développement : document d'orientation (téléchargeable sur : [www.oecd.org/env/cc/adaptation/orientation](http://www.oecd.org/env/cc/adaptation/orientation) ), version préliminaire avant publication avril 2009

QUINTANA-SEGUI P., 2008, Simulation hydrologique en région méditerranéenne avec Safran-ISBA-MODCOU. Amélioration de la physique et évaluation des risques dans le cadre du changement climatique. Thèse soutenue le 10 décembre 2008.

### B.2.3 Bibliographie du rapport Biodiversité

ADGER W.N., AGRAWALA S., MIRZA M.M.Q., CONDE C., O'BRIEN K., PULHIN J., PULWARTY R., SMIT B., TAKAHASHI K., 2007, "Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity", in M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743.

ALONGI D.M., 2008, "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 1-13.

ATEN Atelier technique des espaces naturels, 2006, « Changement climatique et biodiversité », *Espaces Naturels*, 15, 43 p.

BADEAU V., DUPOUEY J. L., CLUZEAU C., DRAPIER J., LE BAS C., 2009, « Climate change and French tree species biogeography », in Loustaud D. (coord.), *Carbon sequestration in major French ecosystems*, Edition QUAE.

BAUMGARTNER T. R., Soutar A., Ferreira-Bartrina V., 1992, "Reconstruction of the history of Pacific sardine and Northern Pacific anchovy populations over the past two millenia from sediments of the Santa Barbara basin, California", *CalCOFI Report*, 33, 24-40.

BEAUGRAND G., REID P.C., IBAÑEZ F., LINDLEY J.A. & EDWARDS M., 2002, "Reorganization of North Atlantic marine Copepods biodiversity and climate", *Science*, 296, 1692-1694.

BEAUGRAND G., 2004, "The North Sea regime shift: evidence, causes, mechanisms and consequences", *Progress in Oceanography*, 60, 245-262.

BEAUGRAND G., EDWARDS M., BRANDER K., LUCZAK C., IBAÑEZ F., 2008, "Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic", *Ecology Letters*, 11, 1157-1168.

BEAUGRAND G., BRANDER K.M., LINDLEY J.A., SOUISSI S., REID P.C., 2003, "Plankton effect on cod recruitment in the North Sea", *Nature*, 426, 661-664.

BLANDIN P., 2009, *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*, Quae, 124 p.

BOUGET C., GOSSELIN M., GOSSELIN F., BERGES L., 2009, « Chapitre 7 : Conséquences de l'augmentation des prélèvements de biomasse ligneuse pour la biodiversité forestière », in G. Landmann, F. Gosselin, I. Bonhême, *Etude Biomasse et Biodiversité forestières*, MEEDDM-Ecofor.

BOURGAU J.-M., LERAT J.-F., 2007, *La forêt face au changement climatique*, Rapport du CGAAER.

BRANCH, 2007, *Biodiversité et aménagement du territoire dans un climat en mutation*, rapport final du projet BRANCH, version française, Angleterre, 27 p.

BUISSON L., THUILLER W., LEK S., LIM P., Grenouillet G., 2008, "Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages", *Global Change Biology*, 14, 2232-2248.

CAS, 2008. *La valeur tutélaire du carbone*, Rapport de la commission présidée par Alain Quinet, Centre d'Analyse Stratégique, 110 p.

CAS, 2009, *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique*, Rapport de la commission présidée par Bernard Chevassus-au-Louis, Centre d'Analyse Stratégique, 376 p.

CESAR H.S.J., 2000, *Coral reefs: their functions, threats and economic value*, Collected CLUS-AUBY C., PASKOFF R., VERGER F., essays on the economic value of coral reefs, CORDIO, Sweden, 14-40.

CHARLES M., 2006, *Functions and socio-economic importance of coral reefs and lagoons and implication for sustainable management*, Case study of Moorea, French Polynesia, Rapport CRIOBE-EPHE Moorea, 147 p.

CHEUNG W.W.L., LAM V.W.Y., SARMIENTO J.I., KEARNEY K., WATSON R., PAULY D., 2009, "Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios", *Fish and Fisheries*.

CHIVIAN E., BERNSTEIN A., 2008, *Sustaining life: how human health depends on biodiversity*, Oxford University Press, Oxford, USA.

COMITE FRANÇAIS DE L'UICN, DANONE, 2008, *Etude sur le rôle des zones humides dans la lutte contre le changement climatique et la perte de biodiversité*, Paris, 104 p.

CONSERVATOIRE DU LITTORAL, 2004, *Impact du changement climatique sur le patrimoine du conservatoire du littoral, Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100*, « Synthèse », Conservatoire du littoral, Fondation d'entreprises Procter & Gamble pour la protection du littoral, 43 p.

COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R. V., PARUELO J., RASKIN R., SUTTON P., VAN DER BELT M., 1997, "The value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital", *Nature*, 387, 253-260.

CRICK H.Q.P., SPARKS T.H., 1999, "Climate change related to egg-laying trends", *Nature*, 399, 423-424.

DAMIENS F., SALVAT B., 2008, « Résumé de l'état des récifs coralliens mondiaux : 2008 », in C. Wilkinson (ed.), *Status of Coral Reefs of the World : 2008*, Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and rainforest Research Center, Townsville, Australia.

DAUFRESNE M., BOËT P., 2007, "Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers", *Global Change Biology*, 13, 2467-2478.

DAUFRESNE M., ROGER M.C., CAPRA H., LAMOUROUX N., 2004, "Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: Effects of climatic factors", *Global Change Biology*, 10, 124-140.

DESCHAMPS-COTTIN M., ROUX M., DESCIMON H., 1997, "Larval foodplant efficiency and laying preferences in *Parnassius apollo* L. (*Lepidoptera, Papilionidae*)", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série III, Sciences de la Vie*, 320, 399-406.

DRINKWATER K.F., 2006, "The regime shift of the 1920s and 1930s in the North Atlantic", *Progress in Oceanography*, 68, 134-151.

DUBOIS P.J., 2009, *L'avifaune française et le changement climatique : Espèces indicatrices*, Ligue pour la protection des oiseaux LPO, MEEDDAT, 17 p.

DULVY N. K., ROGERS S. I., JENNINGS S., STELZENMÜLLER V., DYE S. R., SKJOLDAL H. R., 2008, "Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas", *Journal of Applied Ecology*, 45, 1029-1039.

EEA, 2009, *Progress towards the European 2010 biodiversity target*, European

Environment Agency Report, 4, 52 p.

EDWARDS A. et RICHARDSON A. J., 2004, "Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch", *Nature*, 430, 881-884.

ELIASCH J., 2008, *Climate Change: Financing Global Forests*, The Eliasch Review, The Stationery Office Limited.

EUROPEAN COMMISSION, 2009, White Paper "Adapting to climate change: Towards a European Framework for action", COM(2009), 147 p.

FINNEY B.P., GREGORY-EAVES I., DOUGLAS M.S.V., SMOL J.P., 2002, "Fisheries productivity in the northeastern Pacific Ocean over the past 2,200 years", *Nature*, 416, 729-733.

GARDES L. et SALVAT B., 2008, « Récifs coralliens de l'Outre-mer français : suivi et état des lieux », *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 62, 1-198.

GERDEAUX D., 2007, « Stocks et flux de phosphore dans les écosystèmes terrestres et aquatiques, et impacts environnementaux », Institut océanographique, Paris, 33 (1-2), 75-86.

GOSSSELIN M., 2009, « Chapitre 9 : Impact de la production intensive de biomasse sur la biodiversité dans les taillis à très courte rotation », in G. Landmann, F. Gosselin, I. Bonhême, *Etude Biomasse et Biodiversité forestières*, MEEDDM-Ecofor.

GREGORY R. D., WILLIS S. G., JIGUET F., VOŘÍŠEK P., KLVAŇOVÁ A., VAN STRIEN A., HUNTLEY B., COLLINGHAM Y. C., COUVET D., GREEN R. E., 2009, "An Indicator of the Impact of Climate Change on European Bird Populations", *PloS ONE*, 4 (3).

GIEC, 2002, *Les changements climatiques et la biodiversité*, Document technique V, 72 p.

GIEC, 2007, *Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse*, 103 p.

GRIMM N.B., FAETH S.H., GOLUBIEWSKI N.E., REDMAN C.L., WU J.G., BAI X.M., BRIGGS J.M., 2008, "Global change and the ecology of cities", *Science*, 319, 756-760.

HELLER N.E., ZAVALETA E.S., 2009, « Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations », *Biological Conservation*, 142, 14-32.

HILL J. K., THOMAS C.D., BLAKELEY D.S., 1999, "Evolution of flight morphology that has recently expanded its geographic range", *Oecologia*, 121, 165-170.

HOEGH GULBERG H. AND AL., 2009, *Le triangle de corail face au changement climatique*, WWF and University of Queensland, 40 p.

IFN, 2007, *La forêt française, Les résultats issus des campagnes d'inventaire 2005 et 2006*, IFN, 142 p.

JIGUET F., JULLIARD R., THOMAS C. D., DEHORTER O., NEWSON S. E., COUVET D., 2006, "Thermal range predicts bird population resilience to extreme high temperatures", *Ecology Letter*, 9, 1321-1330.

JIGUET F., GADOT A.-S., JULLIARD R., NEWSON S. E., COUVET D., 2007, "Climate envelope, life story traits and the resilience of birds facing global change", *Global Change Biology*, 13, 1672-1684.

KJELLSTROM T., WEAVER H.J., 2009, "Climate change and health: impacts, vulnerability, adaptation and mitigation", *N S W Public Health Bulletin*, 20, 5-9.

KLEYPAS J., HOEGH GULDBERG O., 2008, "Coral reefs and climate change :susceptibility and consequences", in *Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005*, 19-29.

LASSALLE G., BÉGUER M., BEAULATON L., ROCHARD E., 2008, "Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: An approach using biogeographical models", *Biological Conservation*, 141 (4), 1105-1118.

LE HIR P., 2008, « La neige de culture pèse sur l'eau et la biodiversité », *Le Monde*, 28 décembre 2008, p.4.

LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL F., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU J.-P., TROMMETTER M. (éds.), 2008, *Agriculture et biodiversité, Valoriser les synergies*, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA, France.

MACIS, 2008, *Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity*, octobre.

MARAGE D., RENAUX B., GEGOUT J.-C., 2008, *Réponses des habitats naturels forestiers et de leurs espèces typiques au changement climatique, Application à six hêtraies d'intérêt communautaire*, MEEDDM, UMR 1092 INRA-AgroParisTech-ENGREF LERFoB, Nancy, 126 p.

MEDD, 2004, *Stratégie Nationale pour la biodiversité : enjeux, finalités, orientations*, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris, 49 p.

MEDD, IFEN, 2004, Données générales sur la biodiversité, [www.gis-ifb.fr](http://www.gis-ifb.fr)

MEEDDM, 2009 (à paraître), *Le Millenium ecosystem assessment appliqué à la France - Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France*, Biotope-Credoc-Asconit Consultants Pareto, MEEDDM.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005a, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, World Resources Institute, Washington D. C., 137 p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE, 2005, *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises*, Paris, 148 p.

MOUTHON J., DAUFRESNE M., 2006, "Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône: a large lowland river and of its two main tributaries (France)", *Global Change Biology*, 12, 441-449.

PERRY A. L., LOW P. J., ELLIS J. R., REYNOLDS J. D., 2005, "Climate change and distribution shifts in marine fishes", *Science*, 308, 1912-1915.

PETIT J., 2008, *Les sentinelles de l'Europe, Impacts du changement climatique sur la biodiversité dans les collectivités d'outre-mer de l'Union Européenne*, Rapport IUCN et ONERC, 188 p.

PÖRTNER H.O., 2008, "Ecosystem effects of ocean acidification in times of ocean warming: a physiologist's view", *Marine Ecology Progress Series*, 373, 203-217.

PÖRTNER H.O., FARRELL A.P., 2008, "Physiology and climate change", *Science*, 322, 690-692.

PRUSS-USTUN, CORVALAN, 2006, *Preventing Disease Through Healthy Environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease*, Executive summary, World Health Organisation.

QUERO J.C., DU BUIT M.H., VAYNE J.J., 1998, « Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen », *Oceanologica Acta*, 21, 345-351.

RAVIER C., FROMENTIN J. M., 2001, "Long-term fluctuations in the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna population", *ICES Journal of Marine Science*, 58, 1299-1317.

RAVIER C., FROMENTIN J. M., 2004, "Are the long-term fluctuations in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) population related to environmental changes?", *Fishery Oceanography*, 13(3), 145-160.

REID C., 2005, Integrated analyses of circumpolar Climate interactions and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean (ICED) Science Planning Workshop, GLOBEC, International Newsletter.

ROMAN-AMAT B., 2007, *Préparer les forêts françaises au changement climatique*, Rapport à MM. les Ministres de l'Agriculture et de la Pêche et de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, Décembre, 124 p.

ROSENZWEIG C., KAROLY D., VICARELLI M., NEOFOTIS P., WU Q., CASASSA G., MENZEL A., ROOT T.L., ESTRELLA N., SEGUIN B., TRYJANOWSKI P., LIU C., RAWLINS S., IMESON A., 2008, "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate", *Nature*, 453, 353-357.

SALVAT B., 2004, « État des récifs dans le monde en 2004 », in C. Wilkinson (ed.), *Status of Coral Reefs of the World : 2008*, Global Coral Reef Monitoring Network, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Vol. 1, 51-66.

SEGUIN B., ARROUAYS D. ET AL., 2007, "Moderating the impact of agriculture on climate", *Agricultural and Forest Meteorology*, 142, 278-287.

SETTELE J., KUDRNA O., HARPKE A., KUEHN I., VAN SWAAY C., VEROVNIK R., WARREN M., WIEMERS M., HANSPACH J., HICKLER T., KUEHN E., VAN HALDER I., VELING K., Vliegenthart A., WYNHOFF I., SCHWEIGER O., 2008, "Climatic Risk Atlas of European Butterflies", *Biorisk*, 1 (Special Issue), 710 p.

SOUSSANA J.F., ALLARD V., PILEGAARD K., AMBUS P., AMMANN C., CAMPBELL C., CESCHIA E., CLIFTON-BROWN J., CZOBEL S., DOMINGUES R., FLECHARD C., FUHRER J., HENSEN A., HORVATH L., JONES M., KASPER G., MARTIN C., NAGY Z., NEFTEL A., RASCHI A., BARONTI S., REES R. M., SKIBA U., STEFANI P., MANCA G., SUTTON M., TUBA Z., VALENTINI R., 2007, "Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121 (1-2).

SOUSSANA J.F., LOISEAU P. ET AL., 2004, "Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands", *Soil Use and Management*, 20, 219-230.

SOUTAR A., ISAACS J. D., 1974, "Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediments of the Californias", *Fishery Bulletin*, 72, 257-273.

TASKER M.L. (ED.), 2008, "The effect of climate change on the distribution and abundance of marine species in the OSPAR Maritime Area", *ICES Cooperative Research Report*, 293, special issue, 45.

THOMAS D.W., BLONDEL J., PERRET P., LAMBRECHTS M.M., SPEAKMAN J.R., 2001, "Energetic and Fitness Costs of Mismatching Resource Supply and Demand in Seasonally Breeding Birds", *Science*, 291, 2598-2560.

THUILLER W., 2007, "Biodiversity - Climate Change and the Ecologist", *Nature*, 448, 550-552.

THUILLER W. ET AL., 2008, MACIS Deliverable 3.5, *Report on the results of the run of improved modelling to Europe*.

THUILLER W., LAVOREL S., ARAÚJO M. B., SYKES M. T., PRENTICE I. C., 2005, "Climate change threats to plant diversity in Europe", *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102, 8245-8250.

UNEP-WCMC, 2009, *The linkages between biodiversity and climate change adaptation, Summary of Available Scientific Information*, The United Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre.

WALTHER G.R. *et al.*, 2005, "Trends in the upward shift oh alpine plants", *Journal of Vegetation Science*, 16, 541-548.

YOUNG B., BARANGE M., BEAUGRAND G., HARRIS R., PERRY R. I., SCHEFFER M., WERNER F., 2008, "Regime shifts in marine ecosystems: detection, prediction and management", *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 402-409.

WHO, 2008, *Protecting Health from Climate Change: Report for the World Health Day 2008*, World Health Organisation, Switzerland.

Projet COCONUT : <http://www.coconut-project.net/>

## B.2.4 Bibliographie du rapport Territoires

BLAIS T., 2009, Cahier des charges « Impacts du changement climatique et capacité d'adaptation en zone urbaine », ADEME

BOVAR O., 2009, Les flux migratoires et leurs conséquences sur la localisation et la structure des populations, Observatoire des territoires (DIACT)

CHOMINENNE J.P., 2008, Rapport final : Changement climatique dans le massif alpin français : état des lieux et propositions - Commissariat Massif des Alpes

CREPEAUX P., SAULNIER D., SEGUR F., (non daté), L'adaptation au changement climatique au Grand Lyon : Légitimation croisée de politiques sectorielles et de stratégies globales au service d'une vision du futur de l'agglomération

DEBIZET G., 2009, Intervention introductive de l'atelier « Comment mobiliser les communes dans un PCET ? »

DIAMOND J., 2000, De l'inégalité parmi les sociétés, Gallimard, 2000.

ECOFYS-SOGREAH, 2008, Présentation proposition technique étude IFEN « *Caractérisation de la sensibilité des territoires au changement climatique* »

FONDATERRA, 2009, Du diagnostic territorial intégré à l'ingénierie pédagogique d'un pôle de formation, contribution écrite au groupe Territoires

PREFECTURE DE REGION LANGUEDOC ROUSSILLON, 2008, Etude sur le changement climatique en région Languedoc-Roussillon. Quelles conséquences économiques et sociales – Rapport final, Tome 1, 10-2008. EDATER, PLANETE PUBLIQUE.

RADANNE P., 2007, La perception des enjeux et l'évolution des comportements face au changement climatique, Juin 2007

SFEZ L., 2009, Monographies (Champagne, Communes de montagne, Camargue), présentation « accompagner ou refuser l'adaptation au changement climatique » - Jean-Pierre TABET (2009)

SYNDEX, (non daté), Etude européenne « impacts sur l'emploi du changement climatique et des mesures de lutte contre le changement climatique dans l'UE à 25 à l'horizon 2030 », Avec le soutien financier de la Commission européenne, DG Environnement, du département du Royaume-Uni pour l'Environnement, l'alimentation et les affaires rurales (DEFRA), du ministère de l'Environnement d'Espagne, du ministère de l'Environnement d'Italie, du SPF belge Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement, du ministère de l'Environnement de Finlande, de l'Ademe (France) et de la DIACT (France)

WATZLAWICK ET AL., 1979, Une logique de la communication, Le Seuil, 1979, p.213.

## B.2.5 Bibliographie du rapport Agriculture

### Transversale

AMIGUES J.-P., DEBAEKE P., ITIER B., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU F., THOMAS A., 2006, Sécheresse et agriculture. Adapter l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. *Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France)*, 72 pp.

ANTLE J.M., CAPALBO S.M., ELLIOTT E.T. et PAUSTIAN K.H., 2004, Adaptation, spatial heterogeneity, and the vulnerability of agricultural systems to climate change and CO<sub>2</sub> fertilization: an integrated assessment approach. *Climate Change*, 64, 289-315.

BOSELLO F. et ZHANG J., 2005, Assessing climate change impacts: Agriculture. Document de travail Fondation ENI Enrico Mattei N° 94.

CHEN C.C., B.A. MCCARL, AND D. SCHIMMELPFENNIG, 2000, Yield Variability as Influenced by Climate: A Statistical Investigation, report under USGCRP Assessment <http://ageco.tamu.edu/faculty/mccarl/climchg.html>

CIREAD, 2009, Outil méthodologique pour l'évaluation des impacts du changement climatique – secteur Agriculture

COMMISSION EUROPEENNE, 2009, Livre Blanc sur l'Adaptation au Changement climatique

DUCHARNE A., BAUBION C., BEAUDOIN N., BENOIT M., BILLEN G., BRISSON N., GARNIER J., KIEKEN H., LEBONVALLET S., LEDOUX E., MARY B., MIGNOLET C., POUX X., SAUBOUA E., SCHOTT C., THÉRY S., VIENNOT P., 2007, Long term prospective of the Seine River system: Confronting climatic and direct anthropogenic changes

DESCHENES O. et GREENSTONE M., 2006, The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural profits and random fluctuations in weather. Document de travail FEEM 6.2006.

FISCHER G., MAHENDRA S. et VAN VELTHUIZEN H., 2002, Climate Change and Agricultural Vulnerability, IIASA, [www.iiasa.ac.at/Research/LUC/JB-Report.pdf](http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/JB-Report.pdf)

FLEISCHER A., LICHTMAN I., MENDELSON R., 2008, Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?, *Ecological Economics*, Volume 65, Issue 3, 15 April 2008, Pages 508-515, ISSN 0921-8009, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.014

GALKO E., 2007, Modélisation de l'offre agricole européenne face à de nouveaux enjeux : réformes politiques, effet de serre et changement climatique, Chapitres 7-9. [http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/publi/these\\_galko.pdf](http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/publi/these_galko.pdf)

GIEC, 2007, Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment; Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)). GIEC, Genève, Suisse, 104 pp.

GIEC / Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. EASTERLING W.E., AGGARWAL P.K., BATIMA P., BRANDER K.M., ERDA L., HOWDEN S.M., KIRILENKO A., MORTON J., SOUSSANA J.-F., SCHMIDHUBER J. ET TUBIELLO F.N., 2007, Food, fibre and forest products. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273-313.

HULME M., BARROW E., ARNELL N., HARRISON P., JOHNS T. ET DOWNING T., 1999, Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. *Nature*, 397, 688-691.

INRA, 2009, Lettre d'information d'Agroclim N°7, Avril 2009, Lien URL : [www.avignon.inra.fr/content/download/67110/104039/file/Tam\\_Tam\\_n7.pdf](http://www.avignon.inra.fr/content/download/67110/104039/file/Tam_Tam_n7.pdf) -

INRA, 2006, Sécheresse et Agriculture : Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau, Expertise Scientifique Collective, Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

JRC/IES, 2007, Programme PESETA - Interim results : <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/index.html>

KURUKULASURIYA P. et MENDELSON R., 2007, A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland, Policy Research Working Paper 4305, The World Bank.

KURUKULASURIYA P. et MENDELSON R., 2008, How Will Climate Change Shift Agro-Ecological Zones and Impact African Agriculture? Policy Research Working Paper 4717, The World Bank.

LOBELL D., BURKE M.-B., TEBALDI C., MASTRANDREA M., FALCON W., NAYLOR R., 2008, Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*, Vol 319.

MENDELSON R, NORDHAUS W et SHAW D, 1994, The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis. *American Economic Review* 84: 753771.

MENDELSON R, W. MORRISON, M.E. SCHLESINGER, N.G. ANDRONOVA, 2000, Country-Specific Market Impacts of Climate Change, *Climatic Change* 45(3), 553-569

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE, Direction générale des politiques agricoles, agroalimentaire et des territoires, Bureau de la stratégie environnementale et du changement climatique, 2008, Comptes-rendus des réunions des groupes thématiques adaptation de l'agriculture au changement climatique :

« productions animales » (PA), janvier 2008, Rédactrice : Guesdon N.

« productions végétales » (PV), janvier 2008, Rédactrice : Guesdon N.

« thématiques transversales », décembre 2008, Rédactrice : Lebonvallet S.

PARRY M., ROSENZWEIG C. et LIVERMORE M., 2005, Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philos. T. Roy. Soc. B*, 360, 2125-2138.

PIRSOUL L., 2008, Agriculture et ressources naturelles : Caractérisation de la vulnérabilité des territoires alpins au changement climatique, Mémoire de fin d'études Ingénieur de l'Enesad dans le cadre du projet ClimAdapt Changement climatique dans les Alpes : stratégies d'adaptation durables pour l'agriculture de montagne en partenariat avec le Groupement d'Intérêt Scientifique Alpes-Jura, sous la direction de Nicole Chevignard, Thierry Castel et Claire Sérès.

PORTER J.-R. et SEMENOV M.A., 2005, Crop responses to climatic variation. *Philos. T. Royal Soc. B*, 360, 2021-2035.

REILLY J., TUBIELLO F.-N., MCCARL B., ABLER D., DARWIN R., FUGLIE K., HOLLINGER S., IZAURRALDE C. et CO-AUTEURS, 2003, U.S. agriculture and climate change: new results. *Climatic Change*, 57, 43-69.

RICHTER G.M., A. QI, M.A. SEMENOV et K.W. JAGGARD, 2006, Modelling the variability of UK sugar beet yields under climate change and husbandry adaptations. *Soil Use Manage.*, 22, 39-47.

RUGET F., BETHENOD O., COMBE L., 1996, Repercussions of increased atmospheric CO<sub>2</sub> on maize morphogenesis and growth for various temperature and radiation levels. *Maydica* 41 (1996), 181-191.

ROSENZWEIG C. et IGLESIAS, Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply, données disponibles en ligne : [http://sedac.ciesin.columbia.edu/giss\\_crop\\_study/index.html](http://sedac.ciesin.columbia.edu/giss_crop_study/index.html)

ROSENZWEIG C. et M.L. PARRY, 1994, Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367, 133-138.

Saddier M., 2008, Pour une filière agricole durable – Les abeilles et les pollinisateurs sauvages, Rapport au Premier Ministre François Fillon, octobre 2008.

SEGUIN B., 2003, Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique, *Geoscience* 335:569-575

TAN G. et R. SHIBASAKI, 2003, Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. *Ecol. Model.*, 168,357-370.

TERPEND N., 1997, Guide Pratique de l'Approche Filière - Le Cas de l'Approvisionnement et de la Distribution des Produits Alimentaires dans les Villes, Collection « Aliments dans les villes », DT/18-97F

### Grandes cultures

L'irrigation du maïs mise à mal par les sécheresses, *Agreste primeur*, Numéro 194 - mars 2007. URL : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur194.pdf>

Grandes cultures et fourrages, *Agreste Infos Rapides*, mai 2008. URL : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/prairie0806note.pdf>

AMIGUES J.P., DEBAEKE P., ITIER B., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU F., THOMAS A., 2006, Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective. *Synthèse du rapport INRA*, Paris, 72 pp.

BRISSEON N., CAUBEL J., 2008, Quelle adaptation de notre agriculture au changement climatique ? *OCL Vol 15 n° 5 septembre-octobre 2008*

COPA-COGECA, 2004, Assessment of the impact of the heat wave and drought of the summer 2003 on agriculture and forestry

DESBOIS D., LEGRIS B., 2007, Grandes cultures, Prix et coûts de production de six grandes cultures : blé, maïs, colza, tournesol, betterave et pomme de terre, *Agreste Cahiers N° 2 - Juillet 2007*

SEGUIN B., 2007, Le changement climatique, impact sur les agricultures européennes, *Revue Ciência & Ambiente no. 34, mai 2007*, 6pp.

SEGUIN B., (non daté), Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture, 6 pp. URL : <http://www.association4d.org/IMG/pdf/ChangementClimatique.pdf>

SEGUIN B., 2002, La recherche agronomique face aux gaz à effet de serre, *Le Courrier de l'environnement de l'INRA n°46, juin 2002*

### Viticulture

AGENIS-NEVERS M., 2006, Impacts du changement climatique sur les activités vitivinicoles, *ONERC, Note technique n°3, Janvier 2006*. URL : [http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/note\\_technique\\_no3\\_version\\_Internet.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/note_technique_no3_version_Internet.pdf)

CHUINE I., YIOU P., VIOUVY N., SEGUIN B., DAUX V., LE ROY LADURIE E., 2004, Grape harvest dates and temperatures variations in eastern France since 1370. *Nature*. 432:289-290.

GARCIA DE CORTAZAR-ATAURI I. 2006, Adaptation du modèle STICS à la vigne (*Vitis vinifera* L.): Utilisation dans le cadre d'une étude du changement climatique à l'échelle de la France, *Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure agronomique de Montpellier*, 347pp.

GAUDILLERE J.-P., 2007, Les réponses de la vigne face aux changements climatiques à Bordeaux. Acte de la 8ème Journée Technique du CIVB, 13 Mars 2007, Bordeaux-Lac, 81-89 GIEC 2007

HUDELOT, B., Petit CH. et al, 2007, Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? *Actes du Colloque de Climatologie de l'université de Bourgogne, Dijon mars 2007*.

INRA, 2004. Impacts de la canicule 2003 sur la vigne et le vin. Fiche presse info Janvier-Février.  
([http://www.inra.fr/presse/impacts\\_de\\_la\\_canicule\\_2003\\_sur\\_la\\_vigne\\_et\\_le\\_vin](http://www.inra.fr/presse/impacts_de_la_canicule_2003_sur_la_vigne_et_le_vin))

LEBON E., 2004, Changements climatiques : Quelles conséquences pour la viticulture ? URL : <http://www.cnpv.embrapa.br/tecnologias/ccm/lebon2004.pdf>

PICHERY M.-C., BOURDON F., 2007, Éléments de réflexion sur quelques impacts économiques du réchauffement climatique sur la filière vitivinicole en Bourgogne. *Actes du colloque international et pluridisciplinaire sous l'égide de la Chaire Unesco Vin et Culture, le Centre de Recherches de Climatologie (CRC) UMR CNRS 5210 de l'Université de Bourgogne, Réchauffement climatique : quels impacts probables sur les vignobles ? 28-30 mars 2007, Dijon, Beaune, 18pp.*

SCHULTZ H.R., 2000. "Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects", *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6, pp. 1-12.

SEGUIN B., Gaudillère J.P., 2007, Changement climatique et viticulture, 7pp.

SEGUIN B., 2007. Le réchauffement climatique et ses conséquences pour la viticulture, Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? 28-30 mars 2007

WEBB L.B, WHETTON P.H. ET BARLOW E.W.R., 2008, Modelling the relationship between climate, winegrape price and winegrape quality in Australia, *Climate Research* 36, 89-98.

### Prairies

Bien gérer l'herbe avec des bovins, Référentiel Fourrager des réseaux d'élevage de l'Auvergne et de Lozère, *Chambres d'Agriculture - E.D.E. – ENITAC - Institut de l'Élevage Avec les financements ANDA - ONILAIT – OFIVAL*, Septembre 2001, URL : [http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf\\_CR\\_070854008.pdf](http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf_CR_070854008.pdf)

CHENAIS F., LE GALL A., LEGARTO J., KEROUANTON J., 1997, Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. I- l'ensilage du maïs dans le système d'alimentation. *Fourrages*, 150 : 123-136.

DURU M., MAGDA D., CRUZ P., JOUANY C., THEAU P., 2000, Relation entre la composition botanique et la valeur d'usage d'une prairie. Application pour la définition d'itinéraires

techniques adaptés à différents objectifs. Exemple des prairies permanentes fauchées et pâturées dans les Pyrénées centrales. *18<sup>e</sup> Symposium du Groupe Fourrages Cone Sud, Guarapuava, Brésil, 12-14 septembre, URL : <http://www.inta.gov.ar/mercedes/grupocampos/XVIII/DuruMagda.pdf>*

EMILE J.-C., 1996, Demain, quelles prairies et avec quel matériel végétal, pour les systèmes de production de ruminant ?, *Fourrages*, 147 : 223-236

HUYGHE C., 2005, Importance économique de la filière fourrage *In Huyghe C. Prairie et cultures fourragères en France. INRA, Paris, pp. 7-9.*

LANNUZEL F., 2008, Impacts du changement climatique sur la production des cultures fourragères en France, *Mémoire de Master 2 sous la direction de Moreau J.-C., Lacroix B.*

LEGARTO J., 2000, L'utilisation en ensilage plante entière des sorghos grains et sucriers : intérêts et limites pour les régions sèches. *Fourrages*, 163 : 323-338.

LELIEVRE F., FINOT J.-B., SATGER S., 2008, Le changement climatique récent et futur sur l'arc péri-méditerranéen. Etude 62 p., sur [www.climfourel.fr](http://www.climfourel.fr)

LELIÈVRE F., VOLAIRE F., 2009, The current and potential development of perennial grasses in rainfed Mediterranean farming systems, Plenary conference. First International Workshop on summer dormancy in grasses : « Coping with increasing aridity and heat under climate change ». Noble Foundation, Ardmore, Okl, USA, 6-8 April 2009 ([www.noble.org](http://www.noble.org)).

LEMAIRE ET. AL, 2006, Systèmes fourragers et élevage, *Expertise scientifique collective, Rapport d'expertise réalisé par l'INRA, à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Octobre 2006, pp. 312-323*

MOREAU J.-C., LEVET T., LORGEOU J., DA SILVEIRA N., PERIES P., 2007, Premiers éléments de prospective sur les conséquences des changements climatiques au niveau des prairies et du maïs, *Institut de l'élevage Toulouse, Arvalis, Institut du Végétal, Afpf, Paris [http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf\\_Fiches.pdf](http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf_Fiches.pdf)*

MOREAU J.-C., RUGET F., FERRAND M., SOUVERAIN S., POISSON S., LANNUZEL F., LACROIX B., 2008 (avec la contribution des équipes Réseaux d'Élevage d'Aquitaine et Lorraine et du pôle herbivore des CA de Bretagne), 2008, Prospective autour du changement climatique: adaptation de systèmes fourragers, 15èmes 3R rencontres recherche ruminants, 3 et 4 décembre 2008

MOREAU J.-C., RUGET F., FERRAND M., SOUVERAIN S., POISSON S., LANNUZEL F., LACROIX B., 2009, Prospective autour du changement climatique : adaptation de systèmes fourragers, *Projet ACTA Étude de la sensibilité des systèmes de grandes cultures et d'élevages herbivores aux changements climatiques*

SATGER S., VOLAIRE F., RUGET F., FOREL E., LELIEVRE F., 2008, CLIMFOUREL : l'élevage du sud de la France face au changement climatique. *Journée AFFF, Valence 06/05/2008. Communication sur [www.climfourel.fr](http://www.climfourel.fr).*

SEGUIN B., 2002, « Vision européenne sur les changements climatiques et sur la production et la réduction de gaz à effet de serre en regard de l'agriculture, à partir de l'exemple de la recherche agronomique en France », Communication orale au LXV<sup>e</sup> Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec, Québec (Canada), 7 juin 2002, Dossier de l'environnement de l'INRA n°27.

SOUSSANA J.-F., 2001, Changement climatique. Impacts possibles sur l'agriculture et adaptations possibles. *Demeter, Armand Colin, Paris, pp. 195-222.*

SOUSSANA, J.-F., Luescher A., 2007, Temperate Grasslands and global atmospheric change. *Grass and Forage Science*.

SOUSSANA J.-F., TEYSSONNEYRE F., PICON-COCHARD C., CASELLA E., BESLE J.-M., LHERM M., LOISEAU P., 2002, Impacts des changements climatiques et atmosphériques sur la prairie et sa production, *Fourrages*, 169 : 3-24. (2002)

Adaptation à la sécheresse - Pâture en hiver, préparer des stocks pour l'été, Publié le 06/04/2007 à : 13H 25 min) Source : Web-agri Auteur : Nathalie Petit

## B.2.6 Bibliographie du rapport Forêt

AMIGUES J.P., DESAIGUES B., 1999, « L'évaluation d'une politique de protection de la biodiversité des forêts riveraines de la Garonne », in *La valeur économique des hydrosystèmes : Méthodes et modèles d'évaluation des services délivrés*, Point, P. (éd), Paris : Economica 37-62

AMBROSI P., COURTOIS P., 2004, « Impacts du changement climatique et modélisation intégrée, la part de l'arbitraire », *Natures Sciences Sociétés*, 12(4), 375-386.

AULISI A., SAUER A., WELLINGTON F., 2008, *Trees in the Greenhouse : Why climate change is transforming the forest products business*, World Resources Institute, 74p.

AUSSENAC G., GUEHL M., 2007, Impacts sur la forêt et la sylviculture. [http://www.museum.agropolis.fr/pages/savoirs/ecosysteme\\_mediterraneen/aussenac\\_guehl1999.pdf](http://www.museum.agropolis.fr/pages/savoirs/ecosysteme_mediterraneen/aussenac_guehl1999.pdf), 7p.

BADEAU V., DUPOUEY J.L., 2007, Cartes de répartition des groupes chorologiques selon différents scénarios de changement climatique en 2100, in ROMAN-AMAT (2007).

BERGER A., PEYRON J.L., 2005, « Les multiples valeurs de la forêt française ». *Les données de l'environnement*, 105, août.

BIROT Y., PEYRON J.L., (non daté), « Les écosystèmes forestiers européens face aux événements climatiques extrêmes », note, 6p.

BLOMFIELD J., HAMBURG S., 1997, *Global Warming and New England's White Mountains*. Environmental Defense Fund, Washington, 33p.

BUISSON G., 2007, « Evaluation des coûts des sécheresses au niveau national », Lettre d'évaluation n°8, février, MEEDDAT, <http://www.ecologie.gouv.fr/Evaluation-des-couts-des.html>.

CEMAGREF, 2007, Disponibilités en biomasse forestière pour des usages énergétiques et industriels en France, Rapport pour le Ministère de l'Agriculture.

CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, 2008, L'approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Rapport 'Biodiversité', 378p.

CGAAER, 2007, « Pour mobiliser la ressource de la forêt française », rapport pour le Ministère de l'Agriculture de la pêche, 30p.

CGAAER, 2008, « La forêt française en 2050-2100, essai de prospective », rapport pour le Ministère de l'Agriculture de la pêche.

COUR DES COMPTES, 2008, L'Etat face à la gestion des risques naturels, <http://www.ccomptes.fr/fr/CC/documents/RPA/25-gestion-risques-naturels-feux-inondations.pdf>, 40p.

DIRECTION DES IMPACTS ET DE L'ADAPTATION LIES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, 2004, *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*, Rapport, Canada.

EASTERLING, W., APPS, M., (2005) "Assessing the consequence of climate change for food and forest resources: a view from the IPCC", *Climatic Change*, 70, 165-189.

EFI, BOKU, INRA, IAFS, 2008, *Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation*, Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 223p.

- FAO, 1994, Evaluation économique des impacts des projets forestiers, Etude FAO Forest 106.
- FAO, UNECE, 2005, Etude des perspectives du secteur forestier en Europe 1960-2000-2020. Rapport principal.
- FORET-ENTREPRISE, 2008, Dossier spécial : « Changement climatique : préparer l'avenir », n°182.
- FPF, Forêt Privée Française, 2008, *Les chiffres clés de la forêt privée*. Edition 2008-2009 Ed FPF, Paris 24p.
- FUENTES ESPINOZA A., 2007, Analyse économique des impacts des changements climatiques sur la forêt, Mémoire.
- GAUCHEREL, C., GUIOT, J., MISSON, L., 2008, Evolution of the potential distribution area of French Mediterranean forests under global warming, *Biogeosciences Discussions*, 5, 573-603.
- GREGERSEN H.M., ARNOLD J.E.M., LUNGREN A.L., CONTRERAS-HERMOSILLA A., 1997, *Détermination de la valeur des forêts : Contexte, problèmes et orientations*, Etudes FAO Forêts 127.
- HALLEGATTE S., 2006, « L'évaluation économique des dommages du changement climatique », *La Météorologie*, 52, 38-47.
- HALLEY DES FONTAINES S., 2008, « Grenelle de l'environnement et Assises de la forêt. Plan d'actions pour la forêt », *Revue Forestière Française*, vol.60, n°1, pp.7-13.
- IFN, 2006, Les indicateurs de gestion durable 2005, 148p.
- IRLAND L.C., ADAMS D. ET AL., 2001, "Assessing Socioeconomic Impacts of Climate Change on US Forest, Wood-Product Markets, and Forest Recreation, *BioScience*, 51(9), 753-764.
- LECOQ F., 2008, Evaluation économique des impacts du changement climatique pour la forêt et le secteur bois en France, Revue de littérature. Laboratoire Economie Forestière.
- LEGAY M., 2007, « La forêt face au changement climatique : impacts attendus et premières orientations d'adaptation », communication pour l'Association Française de prévention des catastrophes Naturelles, 29 novembre 2007.
- LEGAY M., MORTIER F., MENGIN-LECREULX P., CORDONNIER T., 2007, « La gestion forestière face aux changements climatiques : tirons les premiers enseignements », RDV techniques, Hors-Série 3, ONF, 95-102
- LINDNER M., LASCH P., ERHARD M., 2000, "Alternative forest management strategies under climatic change – Prospects for gap model applications in risk analyses", *Silva Fennica*, 34 (2), 101-111.
- LOUSTAU D., BOSCH A., COLIN A., DAVI H., FRANÇOIS C., DUFRÊNE E., DÉQUÉ M., CLOPPET E., ARROUAYS D., LE BAS C., SABY N., PIGNARD G., HAMZA N., GRANIER A., BRÉDA N., CIAIS P., VIOVY P., OGÉE J., DELAGE F., 2005, Modeling climate change effects on the potential production of French plains forests at the subregional level. *Tree Physiology*, 25, 813-823.
- MAP, 2005, La processionnaire du pin. Information Santé des Forêts. Département de la santé des forêts, 4p.
- MAP/IFN, 2006, Les indicateurs de gestion durables des forêts françaises. Edition 2005, 148p.

- MARESCA B., DUJIN A., POQUET G., MORDRET X., PICARD R., FOURNEL E., 2008, *Les retombées économiques et les aménités des espaces naturels protégés*, CREDOC. Etude réalisée pour les Parcs Nationaux de France.
- MAROSCHEK M. SEIDL R., NETHERER S., LEXER M.J., 2009, Impacts des changements climatiques sur les biens et services des forêts de montagne européennes, *Unasylva*, 231/232, 60, 76-80.
- MAZAS C., 2007, « Changement climatique et usage des terres. Vers le modèle Nexus Land Use. Collection » *Etudes et synthèses de la D4E*, Avril.
- MONTAGNE C., NIEDWIEDZ A., 2007, « Evaluation économique des bénéfices marchands et non marchands de la forêt française », *Forêt-Entreprise*, 176, 31-34.
- NORMANDIN D., 1998, « Une évaluation de la demande sociale de services environnementaux de la forêt », *Recherches en économie et sociologies rurales*
- OCDE, 2008, Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique, Paris, 157p.
- PEYRON J.L., IBANEZ L., COUTURE S., 2004, *Conséquences forestières et économiques de la sécheresse et de la canicule*. Laboratoire Economie Forestière, Nancy.
- PEYRON J.L., 2005, « Conséquences économiques des sécheresses et recommandations de gestion », présentation lors de la Journée d'information et de débats « sécheresse et canicule 2003 : premier bilan », 15 décembre 2005.
- RENDEZ-VOUS TECHNIQUES, 2006, Dossier spécial « Expertise sécheresse et canicule 2003 », pp 13-54, ONF.
- RENDEZ-VOUS TECHNIQUES, 2007, « Forêts et milieux face aux changements climatiques » hors-série n°3, ONF.
- RIOU-NIVERT, P., 2006, « La forêt face aux changements climatiques », communication au séminaire forêt de la Fédération des PNR, Saint-Brison, 24 octobre.
- RIOU-NIVERT, P., 2008, « La gestion des risques », *Forêt-Entreprise*, 182, pp. 19-24.
- RIOU-NIVERT, P., 2008, « La production et la récolte », *Forêt-Entreprise*, 182, pp. 19-24.
- ROMAN-AMAT, B., 2007, *Préparer les forêts françaises au changement climatique*, Rapport à MM. les Ministres de l'Agriculture et de la Pêche et de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, Décembre.
- ROUSSELET J., ROBINET C., SAINTONGE F.X., 2005, « La chenille processionnaire du pin progresse avec le climat », *Forêt-Entreprise*, 162, 38-41.
- TABOUREL S., NIEDZWIEDZ A., 2005, « Les comptes de la forêt : enjeux et méthodes », *Les Dossiers, IFEN*, n°NM16, août.
- THILLAYE DU BOULLAY S., 2008, « Cogénération biomasse – Les 22 projets de centrales passés au crible », Agravalor, Juillet-Août, n°164.
- VENNETIER M., VILA B., LIANG E-Y., GUIBAL F., RIPERT C., CHANDIOUX O., 2005, « Impacts du changement climatique sur la productivité forestière et le déplacement d'une limite bioclimatique en région méditerranéenne française », *Ingénieries*, N°44, p. 49-61.

## B.2.7 Bibliographie du rapport Santé

ANAES, 2002, Prise en charge d'un épisode dépressif isolé de l'adulte en ambulatoire. Recommandations pour la pratique clinique, mai 2002

AMALRIC, F. *et al.*, 2007, Analyse économique des coûts du cancer en France - Impact sur la qualité de vie, prévention, dépistage, soins, recherche. Institut national du cancer – Études et expertises. 141p.

Accessible sur [https://www.e-cancer.fr/v1/fichiers/public/etude\\_economieducancer.pdf](https://www.e-cancer.fr/v1/fichiers/public/etude_economieducancer.pdf)

BOITEUX M., 2001, Transports, choix des investissements et coûts des nuisances. Paris, Commissariat Général du Plan.

DEPARTMENT OF HEALTH AND AGEING AND ENHEALTH COUNCIL, 2003, Guidelines for Economic Evaluation of Environmental Health Planning and Assessment. Commonwealth of Australia. [http://enhealth.nphp.gov.au/council/pubs/pdf/eee\\_guides1.pdf](http://enhealth.nphp.gov.au/council/pubs/pdf/eee_guides1.pdf)

Enquête santé chez les inondés de la Somme au printemps 2001 : <http://www.or2s.fr/Actualite/Archives/Rapports/tabid/144/Default.aspx>

Etat de santé psychologique et physique des sinistrés des inondations de juillet 1996 : étude comparative entre sinistrés et non sinistrés de Maltais et AL (2001), équipe québécoise

Etudes et résultats n°382- mars 2005

Etudes et Résultats n°524. L'activité des services d'urgences en 2004 : Une stabilisation du nombre de passages.

HIRTH R.A., CHERNEW M.E., MILLER E., FENDRICK M. ET WEISSERT W.G., 2000, Willingness to Pay for a Quality-adjusted Life Year : in Search of a Standard. *Med Decis Making* 2000; **20**: 332-342

HM TREASURY, 2003, The Green Book - Appraisal and Evaluation in Central Government. <http://greenbook.treasury.gov.uk/>

HUTTON G., 2000, Considerations in evaluating the cost-effectiveness of environmental health interventions. OMS, Genève

INSERM, 2003, Surmortalité liée à la canicule d'août 2003, 25 septembre 2003.

INVS, 2004, Surveillance épidémiologique suite aux inondations survenues à Arles, décembre 2003-janvier 2004.

PEARCE D., ATKINSON G. ET MOURATO S., 2006, Analyse coûts-bénéfices et environnement - Développements récents. OCDE.

Point de conjoncture n°21 – Janvier 2004

Point de conjoncture n°23 –mars 2004

Point d'information mensuelle. CNAMS. Jeudi 5 Juillet 2007.

Pratiques et Organisation des Soins volume 37 n° 3 / juillet-septembre 2006. Fréquence des trente affections de longue durée pour les bénéficiaires du Régime général de l'Assurance maladie en 2004

Pratiques et organisation des soins, volume 37, n°4 / octobre-décembre 2006

SASSI F, 2000, Calculating QALYs, comparing QALY and DALY calculations. Health Policy Plan.

Situation sanitaire dans l'Aude à la suite des inondations, bilan épidémiologique, rapport préliminaire, décembre 1999.

TAYLOR H.R., PEZZULLO M.L. ET KEEFE J.E., 2006, The economic impact and cost of visual impairment in Australia. Br J Ophthalmol. 2006; **90**: 272-275.

TOWSE, 2009, Should NICE's threshold range for cost per QALY be raised? *BMJ* 2009;338:b344

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000, Guidelines for Preparing Economic Analyses. US EPA

U.S. EPA, 2006, Cost of Illness Handbook. Dernière mise à jour 31 mars 2006: <http://www.epa.gov/oppt/coi/index.html>. Voir en particulier l'introduction pour la présentation des définitions et des méthodes principales : [http://www.epa.gov/oppt/coi/pubs/I\\_1.pdf](http://www.epa.gov/oppt/coi/pubs/I_1.pdf)

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003, Making Choices In Health: WHO Guide To Cost-Effectiveness Analysis (T. Tan-Torres Edejer T, R Baltussen, T Adam, R. Hutubessy, A Acharya, DB Evans et CJL Murray, édés). OMS, Genève

## B.2.8 Bibliographie du rapport Energie

ADEME, 2006, « Canicule – Comment rester au frais, tout en économisant de l'énergie ? », 4pp., juillet 2006

ADEME et CLIMPACT [en cours de publication], « Impact du changement climatique au cours du 21<sup>ème</sup> siècle en France sur la production électrique à partir des énergies renouvelables », Rapport d'étape, Convention ADEME n°07 05 C 0105, 45 pp.

AUSTROADS, 2004, "Impact of climate change on road infrastructure", dir. NORWELL G., Austroad publication N°AP-R243/04, ISBN 0 85588 692 7, 146 pp.

BARBUSSE S. et Gagnepain L., 2003, « La climatisation automobile – impact énergétique et environnemental », Données et Références, ADEME/Département Technologie des Transports, mai 2003, 8 pp.

BOE J., 2007, "Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France", Thèse de Doctorat en Physique du climat, s/d L. TERRAY, Université Toulouse III / CERFACS, Toulouse, France, 278

CABALLERO Y. *ET AL.*, 2004, « Le changement climatique : impact sur les ressources en eau du bassin Adour-Garonne », in dossier Sécheresse 2003, Revue de l'Agence de l'Eau n°88, hiver 2004, pages 5-11.

CARTALIS C. *ET AL.*, 2001, « Modification in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region", Energy Conversion and Management (2001) 42, p.167-1659

COLOMBERT M., 2008, « Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville », Thèse de Doctorat en Génie urbain, s/d Y. DIAB, Université Paris-Est, Paris, France, 537 p.

DEPARTMENT OF ENERGY/USA, 2006, "Impact of the 2005 hurricanes on the natural gas industry in the Gulf of Mexico Region", Final Report, July 2006, 24 pp.

DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE (D4E) / ONERC, 2008, « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France – Document d'étape », rapport du Groupe de travail Interministériel, Paris, juin 2008. p 145-168.

DIRECTION GENERALE DE L'ENERGIE ET DES MATIERES PREMIERE/MEDAD, 2007, « Consommation des voitures particulières en France 1988-2006 », série Energie et matières premières, Observatoire de l'Energie, Décembre 2007, 9pp.

DUCHARNE A. *ET AL.*, 2006, « Long term prospective of the Seine River system: Confronting climatic and direct anthropogenic changes », Science of the Total Environment n°375 (2007), p. 292-311

GUIDO F. & SANSTAD A.H., 2006, Climate Change and Electricity Demand in California. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program. CEC-500-2005-201-SF. 10 pp.

HALLEGATTE S., HOURCADE J.C. ET AMBROSI Ph., 2007, « Using climate analogues for assessing climate change economics impacts in urban areas », Climatic Change 2007 (82 : 1-2), pp. 47-60.

- HANSEN J.E., 2007, « Scientific reticence and sea level rise », Environmental research letter 2, mai 2007
- LAFRANCE G. ET DESJARLAIS C., 2006, « Impact socio-économique du changement climatique – La demande d'énergie » Rapport de Recherche, Institut Ouranos , 79 pp.
- LETARD V. *ET AL.*, 2004, « La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise », Mission commune d'information, Rapport n°195, Sénat, session ordinaire 2003-2004, février 2004, 391 pp.
- MAKHINJANI A., 2008, « Assessing nuclear plant capital cost for the two proposed NRG reactors at the South Texas project site », Institute for Energy and Environmental Research, 14 pp.
- MANOHA B. *ET AL.*, 2007, « Impact des évolutions climatiques sur les activités d'EDF (Projet IMPEC) », Communication au Congrès SHF – 29<sup>ème</sup> journées de l'hydraulique, EDF R&D, 8pp.
- MANSANET-BATALER M. *et al.*, 2008, « Energy infrastructures in France : climate change vulnerabilities and adaptation possibilities », Mission Climat working paper n°2008-1, Caisse des Dépôts et Consignation, september 2008, 20 p.
- MINISTERE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES, 2006, « Rapport sur les perspectives de développement de la production hydroélectrique en France », mars 2006, 56 pp.
- NAJAC J., 2008, "Impacts du changement climatique sur le potentiel éolien en France : une étude de régionalisation", Thèse de Doctorat en Physique du climat, s/d L. TERRAY, Université Toulouse III / CERFACS, Toulouse, France, 270 p.
- RAHMSTORF S., 2006, « A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise », Science (2007) 315.
- RTE, 2007, « Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France – Edition 2007 », p.98
- SAILOR, D.J., SMITH M. & HART M., 2008, « Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States », Climatic Change, 33(11), pp. 2393-2406
- ULBRICH U., PINTO J.G., KUPFER H., LECKEBUSH G.C., SPANGHEHL T. ET REYERS M., 2008, « Changing Northern Hemisphere Storm Tracks in an Ensemble of IPCC Climate Change Simulations », Journal of Climate 2008 (21:8), pp. 1669-1679.
- UMWELTBUNDESAMT/UBA, 2008, « Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel », vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen, 78 pp.
- VALOR E. *ET AL.*, 2001, "Daily air temperature and electricity load in Spain", American Meteorology Society August 2001, pp. 1413-1421
- VINCHON C. *ET AL.*, 2009, « Anticipate response of climate change on coastal risks at regional scale in Aquitaine and Languedoc Roussillon (France) », Ocean & Coastal Management (2009) 52, p. 47-56.

### **B.2.9 Bibliographie du rapport Tourisme**

AMELUNG S.B., 2005, Global (Environmental) Change and Tourism : Issues of Scale and Distribution, Thèse présentée à l'Université de Maastricht

AMELUNG S.B., Nicholls S., Viner D., 2007, Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality; *Journal of Travel Research* 2007; 45; 285

CREDOC-TEC, à paraître, « Météorologie, climat et déplacements touristiques », Etude co-financée par la DGCIS-MEIE, la DIACT et le MEEDDM-CGDD

DIRECTION DU TOURISME, 2008, Les comptes du tourisme 2007, Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi, septembre 2008

DIRECTION DU TOURISME / TEC, 2006, Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme

DIRECTION DU TOURISME, 2005, Population présente et mobilité touristique, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi

JRC – PESETA, 2007, Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis: analyse multi-sectorielle des impacts du changement climatique en Europe pour les périodes 2011-2040 et 2071-2100.

MIECKOWSKI Z., 1985, « The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism » - *The Canadian Geographer*,

OCDE, sous la direction de Shardul Agrawala, « Changements climatiques dans les Alpes européennes, adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels », 2007

ODIT France « Les domaines skiables face aux aléas d'enneigement et le développement de la neige de culture », 2008

## B.2.10 Bibliographie du rapport Infrastructures de transport et cadre bâti

AUSTROADS, 2004, "*Impact of climate change on road infrastructure*", dir. NORWELL G., Austroad publication N°AP-R243/04, ISBN 0 85588 692 7, 146 pp.

BOE J., 2007, « *Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France* », Thèse de Doctorat en Physique du climat, s/d L. TERRAY, Université Toulouse III / CERFACS, Toulouse, France, 278 p.

CAZALA A. ET AL., 2006, « Comparaison au niveau européen des coûts de construction, d'entretien et d'exploitation des routes », Rapport de mission d'audit de modernisation, Contrôle général économique et financier et Conseil général des ponts et chaussées, Paris, décembre 2006, 49 pp.

CECHET B., 2004, "*Climate change impact on the pavement maintenance and rehabilitation costs associated with the Australian national highway network*", Risk Research Group, Geospatial and Earth Monitoring Division, Geoscience Australia, 8pp.

DEFRA, 2006a, "*Quantify the cost of future impacts*", in Climate change impacts and adaptation : cross-regional research programme /project E. dir. Metroeconomica Ltd.

DEFRA, 2006b, "*Quantify the costs of the hot summer of 2003*", in Climate change impacts and adaptation : cross-regional research programme /project E., dir. Metroeconomica Ltd., 95 pp.

GRENZEBACK L.R. ET LUKMANN A.T., 2008, "*Case study of the transportation sector's response to and recovery from the hurricanes Katrina & Rita*", Cambridge Systematics, 44 pp.

HUDSON L., 2006, "*Highway asset management case study*", UK Climate Impact Programme method case study, 14 pp.

KOETSE M.J. ET RIETVELD P., 2009, "*The impact of climate change and weather on transport: an overview of empirical findings*", Transportation Research Part D 14 (2009), p. 205–221

KINSELLA Y. ET MCGUIRE F., 2005, "*Climate Change uncertainty and the state highway network : a moving target*". Transit New Zealand, 20 pp.

LARSEN P. ET AL., 2007, "*Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change*", Institute of Social and Economic Research, University of Alaska Anchorage, Anchorage, june 2007, 108 pp.

MAUDUIT C. ET AL., (non daté), "*Impact of climate change on frost design and winter maintenance activities in France*", Laboratoire régional des ponts et chaussées de Nancy, 11 pp.

OFCM, 2002, "*Weather information for surface transportation. National needs assessment report*", coord. HARRISON J.B., U.S. Department of Commerce/National and Atmospheric Administration, FCM-R18-2002, Washinton DC, December 2002, 302 pp.

SAVONIS M.J. ET AL., 2008, "*Impacts of climate change and variability on transportation systems and infrastructure : Gulf Coast study, phase I*", U.S. Climate Change Science Program, Synthesis a assessment product 4.7, 439 pp.

LETARD *ET AL.*, 2004, « *La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise* », Rapport d'information au Sénat n°195, Session ordinaire 2003-2004, annexe au procès verbal de la séance du 3 février 2004, 391pp.

SETRA-LCPC, 2003, « *Canicule 2003 : quelles conséquences sur les chaussées ?* », document technique interne, 3 pp.

ACADEMIE SUISSE DES SCIENCES NATURELLES, « *Les changements climatiques et la Suisse en 2050* », revue Constructions et infrastructures LCPC, rédaction Proclim, article en collaboration avec 15 auteurs.

CETMEF, CETE MEDITERRANEE, CETE DE L'OUEST, 2009, Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux.

SHOM & CETMEF, 2008, Statistiques de niveaux marins extrêmes Manche et Atlantique.

CCTN, 2008, Rapport des comptes de transport de la nation sur l'année 2007.

## Annexe C Annexes transversales

### C.1 Glossaire

Accore : Rupture de pente qui sépare la plate-forme continentale, de l'escarpement continental (Groupe Biodiversité).

Adaptation : L'adaptation au changement climatique indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée. (Source : Glossaire du GIEC)

Adaptation (biodiversité) : l'adaptation d'une espèce est l'ensemble de ses modifications héréditaires résultant d'une situation nouvelle (apparition d'un prédateur, modification du climat...) (Groupe Biodiversité).

Adaptation planifiée : adaptation anticipée et organisée en lien avec la décision publique (Groupe Biodiversité).

Adaptation spontanée : en l'absence de politiques publiques d'adaptation. Correspond à une adaptation réalisée par les acteurs socio-économiques (sans intervention publique en référence au changement climatique) de manière indépendante sans que cela entraîne un changement radical d'activités.

Aléa climatique : ensemble des catastrophes dites « naturelles » liées au temps et au climat telles que : les cyclones, les tornades, les sécheresses, etc. (Groupe Biodiversité).

Arrêté de biotope : arrêté préfectoral, généralement à la demande d'associations de protection de l'environnement, visant à protéger un biotope ou un milieu naturel, par une réglementation adaptée (Groupe Biodiversité).

Asynchronie : présente une situation non synchrone.

Atténuation : Les mesures d'atténuation cherchent à limiter l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, responsables du changement climatique (Groupe Biodiversité).

Benthos : ensemble des organismes aquatiques (marins ou dulcicoles) vivant à proximité du fond des mers et océans (Groupe Biodiversité).

Biocénose : ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini (le biotope) (Groupe Biodiversité).

Biodiversité remarquable : éléments de biodiversité distingués par un texte réglementaire. Ce peut être une espèce protégée, un habitat ou une espèce inscrite sur l'une des listes annexées aux directives européennes « oiseaux » ou « habitats » (Groupe Biodiversité).

Biodiversité générale : biodiversité d'un territoire (Groupe Biodiversité).

Biome : ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées (Groupe Biodiversité).

Bio-érosion : action des organismes attaquant les substrats calcaires. Elle constitue donc

une dégradation induite par l'activité d'organismes végétaux et animaux qui perforent le substrat ou en érodent la surface (Groupe Biodiversité).

Blanchissement : Phénomène dont sont atteints les coraux lors d'un stress, surtout une élévation anormale de la température estivale de l'eau. La perte des algues symbiotiques (zooxanthelles) due à ce stress, laisse apparaître le squelette calcaire sous les tissus translucides de l'animal. Selon l'importance du stress, le blanchissement peut être passager ou suivi de mortalité des coraux (Groupe Biodiversité).

Capacité d'adaptation : Capacité d'ajustement d'un système face aux changements climatiques (y compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences (Glossaire du GIEC).

Changement climatique : Variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à la persistance de variations anthropiques de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des sols. On notera que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme « des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». La CCNUCC fait donc une distinction entre « les changements climatiques » attribuables à l'activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et la « variabilité du climat » imputable à des causes naturelles (Glossaire du GIEC).

Changements globaux : incluent le changement climatique, l'élévation du niveau de la mer et les pressions anthropiques directes (Groupe Biodiversité).

Circulation thermohaline : circulation permanente à grande échelle de l'eau des océans, engendrée par des écarts de température et de salinité des masses d'eau. La salinité et la température ont en effet un impact sur la densité de l'eau de mer. Les eaux refroidies et salées plongent au niveau des hautes latitudes (Norvège, Groenland, etc.) et descendent vers le sud, à des profondeurs comprises entre 1 et 3 km. Elles sont alors réchauffées sous les Tropiques, et remontent à la surface, où elles se refroidissent à nouveau, et ainsi de suite au travers de courants à forte composante latitudinale transverse. On estime qu'une molécule d'eau fait le circuit entier en environ 1 000 ans. La circulation thermohaline a un impact encore mal estimé aujourd'hui sur le climat (Groupe Biodiversité).

Climat : ensemble des caractéristiques météorologiques (températures, pressions, pluviométrie, nébulosité, vents...). L'évolution du climat relève de tendances lourdes sur la durée et ne peut être détectée que via l'analyse de longues séries de données ou des modélisations lourdes et complexes (Groupe Biodiversité).

Concentration en CO<sub>2</sub> : Quantité de dioxyde de carbone présente dans l'atmosphère. On mesure la concentration d'un constituant par son « titre molaire », soit le rapport, dans un volume donné, du nombre de moles du constituant au nombre total de moles de tous les constituants présents dans le volume. S'agissant du CO<sub>2</sub>, on parle de « parties par million » (ppm) (d'après le Glossaire du GIEC).

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) : Convention adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée par plus de 150 pays et par la Communauté européenne lors du Sommet Planète Terre, qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992. Son objectif ultime est de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse

du système climatique ». Elle contient des engagements pour toutes les Parties. Aux termes de la Convention, les Parties figurant à l'annexe I doivent s'employer à ramener en 2000 les émissions de gaz à effet de serre non réglementées par le Protocole de Montréal à leurs niveaux de 1990. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994 (Glossaire du GIEC).

Coraux sclératiniaires : Ordre comprenant : 1; des coraux hermatypiques caractérisés par les algues symbiotiques (zooxanthelles) qu'ils hébergent dans leurs cellules, environ 800 espèces qui construisent les récifs coralliens dans la zone littorale intertropicale 2. des coraux ahermatypiques sans algues symbiotiques encore appelés coraux froids ou coraux profonds et qui constituent des « récifs » profonds (Groupe Biodiversité).

Cryosphère : terme désignant collectivement les portions de la surface de la Terre où l'eau est présente à l'état solide. Elle inclut les banquises, les lacs et rivières gelés, les régions couvertes de neige, les glaciers, les inlandsis et les sols gelés, de façon temporaire ou permanente (pergélisol) (Groupe Biodiversité).

Cycle du carbone : Expression employée pour désigner l'échange de carbone (sous diverses formes, par ex. sous forme de dioxyde de carbone) entre l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et les dépôts géologiques (Glossaire du GIEC).

Débourrement : moment de l'année où les bourgeons des arbres se développent pour laisser apparaître leur bourre (terme désignant le duvet et les jeunes feuilles et fleurs enfouies dans les bourgeons de nombreux arbres) puis ses feuilles et fleurs (Groupe Biodiversité).

Désagrégation dynamique : Méthode de descente d'échelle qui consiste à utiliser des modèles physico-dynamiques pour résoudre explicitement la physique et la dynamique du système climatique à échelle fine. Les modèles Arpège-Climat (Météo-France/CNRM) et LMDZ (IPSL/LMD) s'appuient sur cette méthode pour produire des simulations à échelle locale.

Désagrégation statique : Méthode de descente d'échelle qui consiste à un modèle statistique pour établir une relation entre les variables d'échelle fine (prédicandes) et les variables de grande échelle (prédicteurs).

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : Gaz qui se produit naturellement, et qui est également le produit dérivé de la combustion des combustibles fossiles et de la biomasse, ainsi que des changements d'affectation des terres et autres processus industriels. C'est le principal gaz à effet de serre anthropique qui influe sur le bilan radiatif de la terre. Gaz servant de référence pour la mesure d'autres gaz à effet de serre, il a un pouvoir de réchauffement global de 1 (Glossaire du GIEC)

Directive-cadre sur l'eau (DCE) : directive du 23 octobre 2000 adoptée par le Conseil et le Parlement européen, qui définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Cette directive est appelée à jouer un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau : elle fixe des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines.

Diversité biologique : Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font parties ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que des écosystèmes (Article 2 de la Convention sur la diversité biologique de 1992) (Groupe Biodiversité).

Ecosystème : Ensemble fonctionnel doté d'une certaine stabilité et constitué par un ensemble d'organismes vivants (biocénose) exploitant un milieu déterminé (biotope) (Groupe Biodiversité).

Ecophysiologie : Discipline qui cherche à comprendre, en intégrant des réponses comportementales et physiologiques dans un contexte environnemental, comment les populations humaines, animales et végétales font face aux contraintes de leur milieu (par exemple : température, altitude, oxygène, disponibilité en nourriture, etc.) (Groupe Biodiversité).

Ecotone (effet de lisière) : espace linéaire entre deux écosystèmes et ayant un fonctionnement autonome (Groupe Biodiversité).

Erosion (ou perte) de la biodiversité : La perte de diversité, en tant que processus, est complexe à définir. Considérant un type d'habitat représenté en un seul lieu, le processus « élémentaire » consiste en une réduction de la superficie occupée par cet habitat. En tant que résultat, la perte consiste en la disparition définitive de ce dernier. Si celui-ci est représenté par plusieurs unités situées en divers endroits de l'espace de référence, le processus de perte consiste en la réduction de superficie d'une ou de plusieurs de ces unités, voire de la disparition de certaines d'entre elles. En tant que résultat, de façon analogue au cas d'une espèce, et à condition d'avoir préalablement défini un « seuil de précaution », on pourra parler d'une situation d'« érosion grave » lorsque ce seuil est dépassé, le terme de « perte » devant être réservé au cas de disparition totale de l'habitat dans l'espace de référence (Groupe Biodiversité).

Espèce :

- Unité de base de la classification des êtres vivants ;
- Un lignage simple qui possède ses propres tendances évolutives et son propre destin historique ;
- Communauté reproductive de populations, reproductivement isolée d'autres communautés et qui occupe une niche particulière dans la nature (Groupe Biodiversité).

Espèce amphihaline : espèce pouvant vivre dans des eaux douces ou salées (Groupe Biodiversité).

Espèce pyrophyte : qui supporte le feu (Groupe Biodiversité).

Espèce envahissante : espèce qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi naturels parmi lesquels elle s'est établie. Les phénomènes d'invasion biologique sont aujourd'hui considérés par l'ONU comme une des grandes causes de régression de la biodiversité, avec la pollution, la fragmentation écologique des écosystèmes et l'ensemble constitué par la chasse, la pêche et la surexploitation de certaines espèces (Groupe Biodiversité).

Espèce sempervirente : végétal qui reste toujours vert ou toujours fleuri. Ce terme correspond à l'adjectif « persistant » en langage commun. En botanique, il désigne une plante qui garde ses feuilles tout au long de l'année, par opposition aux arbres à feuillage caduc (Groupe Biodiversité).

Espèce orophile : qui vit dans les hautes montagnes (Groupe Biodiversité).

Etiage : niveau annuel le plus bas atteint par un cours d'eau, en un point donné.

Evapotranspiration potentielle (ETP) : pouvoir évaporant de l'atmosphère sur un sol avec couvert végétal disposant d'eau en abondance.

Exhaure : épuisement des eaux d'infiltration, principalement dans les mines et milieux souterrains.

Externalité : (ou effet externe) désigne une situation économique dans laquelle l'acte de consommation ou de production d'un agent influe positivement ou négativement sur la situation d'un autre agent non-impliqué dans l'action, sans que ce dernier ne soit totalement compensé/ait à payer pour les dommages/bénéfices engendrés (Groupe Biodiversité).

- Les externalités positives (ou économies externes) désignent les situations où un acteur est favorisé par l'action de tiers sans qu'il ait à payer.
- Les externalités négatives (ou déséconomies externes) désignent les situations où un acteur est défavorisé par l'action de tiers sans qu'il en soit compensé.

Fonction écologique : processus biologique de fonctionnement et de maintien des écosystèmes (Groupe Biodiversité).

Fixation du carbone : processus rencontré chez les organismes autotrophes, généralement photosynthétique, par lequel le dioxyde de carbone est incorporé dans des molécules organiques (Groupe Biodiversité).

Flux advectif : contenu en chaleur de la masse transportée par le matériel advecté par unité de temps, c'est-à-dire le produit de la vitesse d'advection par le contenu en chaleur de l'élément de volume (Groupe Biodiversité).

Gaz à effet de serre : On entend par gaz à effet de serre les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et réémettent le rayonnement infrarouge. Ils contribuent à maintenir la chaleur dans l'atmosphère terrestre. Ces gaz sont produits à la fois par des processus naturels et anthropiques (d'origine humaine). Les principaux gaz sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub>, l'oxyde nitreux N<sub>2</sub>O et les chlorofluorocarbones : les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC) et l'hexafluorure de soufre SF<sub>6</sub>. Les six derniers gaz font l'objet de restrictions dans le cadre du Protocole de Kyoto (Glossaire du GIEC).

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : Mis en place en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, son rôle est d'évaluer toute information scientifique technique et socio-économique intéressante pour la compréhension du risque des changements climatiques induits par les activités humaines. Il a mené, avec rigueur, l'étude de la littérature scientifique et technique disponible dans le monde, et a publié des rapports d'évaluation reconnus mondialement comme la source d'information la plus crédible sur les changements climatiques. Les travaux du GIEC répondent également à des questions de méthodologie et aux demandes spécifiques qui lui sont adressées par les organes subsidiaires de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (Glossaire du climat, Breuil, Brodhag, Hussein, 2003)

Gulfstream : Grand courant qui entraîne les eaux chaudes de surface depuis le golfe du Mexique jusqu'en Atlantique nord. C'est l'une des voies de la circulation thermohaline\* mondiale. Son nom est abusivement utilisé pour désigner la dérive nord atlantique, voire l'ensemble de la circulation de surface de l'océan Atlantique Nord (Groupe Biodiversité).

Ilot de chaleur : Zone en milieu urbain caractérisée par des températures ambiantes supérieures à celles de la zone environnante en raison de l'absorption d'énergie solaire par des matériaux tels que l'asphalte (Glossaire du GIEC)

Impact : Un impact du changement climatique est une conséquence, directe ou indirecte, des effets primaires du changement climatique (température, précipitation, nébulosité, vents, ...) sur l'environnement de l'homme (physique, végétal, animal) et sur ce qui constitue sa vie sociale au sens large : santé, alimentation, activités économiques, sociale et politique (groupe Territoires).

Incertitude : Expression du degré avec lequel une valeur (l'état futur du système climatique, par exemple) est inconnue. L'incertitude peut être due à un manque d'informations ou à un désaccord sur ce qui est connu, voire sur ce qui peut être connu. Elle peut avoir des origines diverses, depuis des erreurs quantifiables au niveau des données jusqu'à des concepts ou une terminologie aux définitions ambiguës, ou des prévisions/projections du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (une fourchette de valeurs calculées par divers modèles, par exemple) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant l'opinion d'un groupe d'experts) (Glossaire du GIEC).

Indice foliaire : La mesure de l'indice foliaire ( $m^2$  feuille par  $m^2$  sol) est essentielle puisque la surface foliaire influence les cycles biogéochimiques à plusieurs niveaux (transpiration, évaporation du sol, assimilation, micro-météorologie,...) (Groupe Biodiversité).

La mesure d'indice foliaire est réalisée toutes les deux semaines à l'aide d'un appareil LAI-200 (Licor). Cette mesure est effectuée en 20 points répartis systématiquement dans le peuplement et concordant avec les pluviomètres à lecture directe (1.5 m de hauteur). De plus l'indice foliaire est également mesuré en chaque point de sondages de la biomasse herbacée.

Méroplancton : (par opposition à l'holoplancton) rassemble les stades précoces du développement des organismes qui n'appartiennent pas au plancton à l'âge adulte (i.e. la majorité des Mollusques, Crustacés et Poissons) (Groupe Biodiversité).

Mer épicontinentale : partie de l'océan couvrant une partie d'une plate-forme continentale. À la différence des mers méditerranéennes, les mers épicontinentales sont mieux connectées aux océans. Dans le contexte de la géologie les mers épicontinentales sont les mers créées par des transgressions marines. Ce sont des mers peu profondes où l'action du vent crée des courants (Groupe Biodiversité).

Mesures d'adaptation « sans regret » : Mesures bénéfiques même hors du contexte du changement climatique, et donc in fine positives même si sans efficacité finalement avérée dans ce contexte (Groupe Biodiversité).

Météorologie : variations quotidiennes à annuelles des paramètres du climat liées à des phénomènes aléatoires à l'échelle du climat, mais partiellement prévisibles sur une échelle de temps limitée (Groupe Biodiversité).

Milieu : Un milieu qualifie un cadre géographique, aux caractéristiques physiques relativement homogènes. Par exemple, la forêt, la montagne ou la ville. En fonction des besoins, on est amené à distinguer les milieux de façon plus ou moins précise : par exemple, les villes côtières méditerranéennes, les forêts continentales de résineux (Groupe Territoires).

Niche écologique d'une espèce : un des concepts théoriques de l'écologie, traduit à la fois :

- la « position » occupée par un organisme, une population ou plus généralement une espèce dans un écosystème,
- la somme des conditions nécessaires à une population viable de cet organisme (Groupe Biodiversité).

Nivicole : se dit d'un animal ou d'une plante qui vit dans les zones enneigées (Groupe Biodiversité).

Phénologie : étude de la répartition dans le temps d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat (Groupe Biodiversité).

Phytophage : organisme qui se nourrit à partir de végétaux (Groupe Biodiversité).

Plancton : désigne l'ensemble des organismes aquatiques végétaux (phytoplancton) et animaux (zooplancton) passivement transportés dans la masse d'eau, et dont les mouvements sont entièrement tributaires de l'hydrodynamisme (certains organismes peuvent cependant se déplacer verticalement). La taille des organismes planctoniques s'étend sur ca. 6 ordres de grandeur, du micron (bactéries, virus) jusqu'au mètre (certaines méduses). Dans les réseaux trophiques marins, le microzooplancton (20–200 µm) et le mésozooplancton (0,2–20 mm) sont deux relais-clés entre la production primaire phytoplanctonique et les poissons (Groupe Biodiversité).

Poissons démersaux : poissons vivants près du fond sans pour autant y vivre de façon permanente (Groupe Biodiversité).

Population : ensemble des individus d'une espèce occupant un territoire donné (Groupe Biodiversité).

Prédiction : La grande méthode de prédiction est simplement l'usage ordinaire de la raison. Si on connaît des lois prédictives on peut faire des déductions qui conduisent à des prédictions (Groupe Biodiversité).

Principe de précaution : règle de décision politique en l'absence de certitudes scientifiquement établies sur les phénomènes sous-tendant un risque et ses conséquences. Selon ce principe, des actions de prévention sont légitimes lorsqu'il paraît justifié de limiter, encadrer ou empêcher certaines actions potentiellement dangereuses, sans attendre que leur danger éventuel soit scientifiquement établi de façon certaine. D'après l'article 5 de la Charte de l'environnement : « Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées, afin de parer à la réalisation du dommage » (Groupe Biodiversité).

Prospective : démarche de prévision et analyse des avenir possibles. Le terme s'emploie souvent lorsqu'il s'appuie sur des recherches scientifiques variées et des données statistiques traduites en scénarii destinés à éclairer la réflexion politique (au sens premier) pour des choix et prises de décisions stratégiques (Groupe Biodiversité).

Régime hydrologique : l'ensemble des variations de l'état et des caractéristiques d'une formation aquatique, qui se répètent régulièrement dans le temps et dans l'espace et passent par des variations cycliques, par exemple, saisonnières.

Résilience écologique : capacité à faire face à une perturbation et à se réorganiser en gardant la même structure et les mêmes fonctions (Groupe Biodiversité).

Résilience fonctionnelle : capacité d'un écosystème soumis à des évolutions de son environnement à conserver ses propriétés fonctionnelles et assurer les services qui en dépendent (Groupe Biodiversité).

Ripisylve : (ou forêt riveraine, rivulaire) ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, la notion de rive désignant l'étendue du lit majeur du cours d'eau non submergée à l'étiage (Groupe Biodiversité).

Risque : Un risque est une présomption d'aggravation d'un impact, dans son amplitude. Par exemple un risque de désertification au centre de l'Espagne, ou d'une disparition des villes de la plaine de Camargue (Groupe Territoires).

Scénario : Description vraisemblable de ce que nous réserve l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu (rythme des progrès techniques, par exemple). Remarque : des scénarios ne sont ni des prédictions, ni des prévisions (Glossaire du GIEC).

Schémas Directeurs d'Aménagement des Eaux (SDAGE) : orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau à l'échelle des territoires hydrogéographiques cohérents que sont les 6 grands bassins versants de la métropole, et les 4 bassins des DOM : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse, et Seine-Normandie ; Martinique, Réunion, Guyane et Guadeloupe (définis dans le cadre de la loi sur l'eau de 1992).

Sélection darwinienne (ou sélection naturelle) : un des mécanismes qui guident l'évolution des espèces. Ce mécanisme est particulièrement important du fait qu'il explique l'adaptation des espèces aux milieux. La théorie de la sélection naturelle permet d'expliquer et de comprendre comment l'environnement influe sur l'évolution des espèces et des populations en sélectionnant les individus les plus adaptés et constitue donc un aspect fondamental de la théorie de l'évolution (Groupe Biodiversité).

Sensibilité : Degré d'affectation positive ou négative d'un système par des stimuli liés au climat. L'effet peut être direct (modification d'un rendement agricole en réponse à une variation de la moyenne, de la fourchette, ou de la variabilité de température, par exemple) ou indirect (dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières en raison de l'élévation du niveau de la mer, par exemple) (Glossaire du GIEC)

Service écologique / écosystémique : processus dont l'homme peut tirer profit, favorable au maintien des activités humaines (Groupe Biodiversité).

Smoltification : processus métabolique qui permet à un poisson d'eau douce de s'adapter à l'eau de mer (Groupe Biodiversité).

Spéciation : processus par lequel de nouvelles espèces vivantes apparaissent (Groupe Biodiversité).

Stockage du carbone : Le stockage géologique (ou confinement) du dioxyde de carbone est envisagé comme une des formes possibles de séquestration du carbone (ou du dioxyde de carbone) pour limiter sa contribution à l'acidification des milieux et aux modifications climatiques alors que les forêts, tourbières et puits océaniques de carbone ne suffisent plus à absorber les émissions humaines de CO<sub>2</sub>, et que le protocole de Kyōto n'a pas permis de diminuer le total des émissions de gaz à effet de serre (Groupe Biodiversité).

Succession écologique : décrit le processus naturel d'évolution et développement de l'écosystème d'un stade initial à un stade théorique dit climacique. Suivant le type de perturbation écologique ayant entraîné la formation d'un néosol, on peut distinguer la succession primaire de la succession secondaire. La succession écologique est donc l'ensemble théorique des étapes décrivant - dans les trois dimensions et dans le temps - un cycle évolutif théorique et complet pour un lieu donné (Groupe Biodiversité).

Sylviculture : a pour rôle de faire évoluer les forêts, en mettant à profit les facteurs écologiques et les potentialités naturelles, afin d'optimiser durablement les produits et les services que l'homme peut en attendre (Groupe Biodiversité).

Territoire : Un territoire est le croisement d'un milieu et de la structure démographique, sociale, économique et politique de l'activité humaine spécifique qui y est présente. Par exemple, une zone d'élevage de moyenne montagne, une ville portuaire de plus de 100 000 h. Un territoire est homogène d'un point de vue physique et social, en fonction évidemment des typologies physiques et sociales que l'on s'est données. Un territoire n'est pas, sauf exceptionnelle particularité, localisé géographiquement (Groupe Territoires).

Variabilité du climat : L'ensemble des distributions des anomalies climatiques en un lieu permet de représenter la variabilité du climat, ou variabilité climatique, en ce lieu. (N.B. : cette expression peut prendre elle aussi un autre sens, celui de l'évaluation du changement climatique survenu en un même lieu entre deux époques de durée identique et longue — par exemple 30 ans, ou encore 10 années successives, qui font une décennie ; pareille évaluation s'appuie sur les différences obtenues entre les relevés correspondants des deux époques pour tel ou tel élément climatique.) (Glossaire Météo-France).

Vicariance : On dit d'un taxon qu'il est vicariant d'un autre lorsqu'on le trouve dans un habitat naturel similaire mais séparé géographiquement, et qu'il occupe un rôle écologique similaire (Groupe Biodiversité).

Vulnérabilité : Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation (Glossaire du GIEC)

Zone : Une zone est un territoire précisément localisé géographiquement. Par exemple la plaine littorale de Camargue, la forêt côtière landaise, la conurbation Montpellier-Sète-Béziers (Groupe Territoires).

Zones de répartition des eaux (ZRE) : zone caractérisée par une insuffisance chronique des ressources en eau par rapport aux besoins. L'inscription d'une ressource (bassin hydrographique ou système aquifère) en ZRE constitue le moyen pour l'Etat d'assurer une gestion plus fine des demandes de prélèvements dans cette ressource, grâce à un abaissement des seuils de déclaration et d'autorisation de prélèvements.

Zoophage : qualifie les organismes dont le régime alimentaire est constitué d'animaux (Groupe Biodiversité).

## C.2 Liste des acronymes

A-AMP	Agence des aires marines protégées
ACTA	Association de Coordination des Techniques Agricoles
ADAGE	ADaptation au changement climatique de l'AGriculture et des Ecosystèmes anthropisés
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEZ	AgroEcological Zone
AMICA	Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach
ANR	Agence Nationale de Recherche
AOC	Appellation d'Origine Contrôlée
APD	Aide Publique au Développement
ARP	Atelier de Réflexion Prospective
ATEN	Atelier Technique des Espaces Naturels
BB	Bois bûche
BE	Bois énergie
BI	Bois d'industrie
BIVB	Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne
BLS	Basic Linked System
BO	Bois d'œuvre
BRANCH	Biodiversity Requires Adaptation in North West Europe under a CHanging climate
CAP	Consentement à Payer
CARBOFOR	Projet de recherche « Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles »
CAS	Centre d'Analyse Stratégique
CASDAR	Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural
CBGP	Centre de Biologie et de Gestion des Populations
CC	Changement Climatique
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CCTN	Commission des comptes de transport de la nation
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CELRL	Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres
CEMAGREF	Centre d'Étude du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts
CEP	Centre Européen de Prévision

CEREN	Centre d'Etudes et de Recherches économiques sur l'Energie
CERFACS	Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CETMEF	Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales
CGAAER	Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et de l'Espace Rural
CGEDD	Conseil Général de l'Ecologie et du Développement Durable
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
CIFRE	Convention Industrielle de Formation par la REcherche
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CIRAME	Centre d'Information Régional Agro-Météorologique et Economique
CIRED	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement
CNPN	Centre National pour la Protection de la Nature
CNPPF	Centre National Professionnel de la Propriété Forestière
CNRM	Centre National de Recherches Météorologiques
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
COGECA	Confédération générale de la coopération agricole
COM	Collectivité d'Outre Mer
COPA	Comité des Organisations Professionnelles Agricoles
CPR	Continuous plankton recorder
CRBPO	Centre de recherche sur la biologie des populations d'oiseaux
CRE	Commission de Régulation de l'énergie (CRE1, CRE2 et CRE3 correspondent aux appels d'offres sur des installations de production d'électricité à partir de biomasse)
CREDOC	Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie
CRPF	Centre Régional de la Propriété Forestière
CSPNB	Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité
CSRPN	Conseil Supérieur Régional de Protection de la Nature
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTIFL	Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes
CVI	Casier Viticole Informatisé
D4E	Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale
DC SMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DCE	Directive cadre sur l'Eau
DEB	Direction de l'Eau et de la Biodiversité

DGALN	Direction général de l'aménagement, du logement et de al nature
DGCIS	Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services
DGDDI	Direction Générale des Douanes et des Droits Indirects
DGEC	Direction des Générale de l'Energie et du Climat
DGFAR	Direction Générale de la Forêt et des Affaires Rurales
DGI	Direction Générale des Impôts
DGITM	Direction Générale des Infrastructures, des transports et de la Mer
DGPAAT	Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DGS	Direction Générale de la Santé
DIACC	Direction des Impacts et de l'Adaptation lies aux Changements Climatiques (Canada)
DIACT	Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité des Territoires
DIREN	Direction régionale de l'environnement
DOM	Département d'Outre Mer
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DSF	Département de la Santé des Forêts
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
DTA	Directives territoriales d'aménagement
EAB	Enquête Annuelle de Branche
EIE	Directive d'Evaluation des Incidences sur l'Environnement
ENGREF	Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
EnR	Energies Renouvelables
EPA	Environmental Protection Agency (Etats-Unis)
EPIC	Erosion Productivity Impact Calculator
EsCO	Expertise Scientifique Collective
ESIE	Directive sur l'Evaluation Stratégique des Incidences sur l'Environnement
ETP	Evapotranspiration Potentielle
FACE	Free-Air CO2 Enrichment
FAO	Food and agriculture organization
FATI	Free Air Temperature Increase
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FNB	Fédération Nationale du Bois

FRB	Fondation scientifique de Recherche en Biodiversité
GES	Gaz à Effet de Serre
GFDL	Geophysical Fluids Dynamics Laboratory
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat
GIP ECOFOR	Groupement d'Intérêt Public Ecosystèmes forestiers
GISS	Goddard Institute for Space Studies
GREF	Génie Rural Des Eaux Et Forêts
IARU	International Alliance of Research Universities
IBSNAT	International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer
ICRI	Initiative internationale pour les récifs coralliens
IDE	Investissement Direct Etranger
IFB	Institut Français de la Biodiversité
IFEN	Institut Français de l'Environnement
IFN	Inventaire Forestier National
IFRECOR	Initiative Française pour les Récifs Coralliens
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IFV	Institut Français de la Vigne
IID	Investissement Intérieur Brut (IID).
IMFREX	Projet « Impact des changements anthropiques sur la FRéquence des phénomènes EXtrêmes de vent, de température et de précipitations »
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ISAM	Integrated Science Assessment Model
ISOP	Information et Suivi Objectif Prairies
LERFOB	Laboratoire d'Etudes des Ressources Forêt-Bois
LMD	Laboratoire de Météorologie Dynamique ( <i>voir IPSL</i> )
LPO	Ligue pour la Protection des Oiseaux
M€	Million d'euros
Md€	Milliard d'euros
MAAP	Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche
MACIS	Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity

MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MEDCIE	Mission d'Etudes et de Développement des Coopérations Interrégionales et Européennes
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MEEDDAT	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat
MEIE	Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle
MS	Matière Sèche
MSJSVA	Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative
NAO	North Atlantic Oscillation
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development ( <i>voir OCDE</i> )
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONERC	Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique
ONF	Office National des Forêts
ONG	Organisation non gouvernementale
OPA	Organisme Professionnel Agricole
OPIE	Office Pour les Insectes et leur Environnement
ORE	Observatoire de Recherche en Environnement
PAC	Politique Agricole Commune
PCP	Politique Commune de la Pêche
PED	Pays En Développement
PESETA	Programme « Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis »
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNUE	Programme de Nations Unies pour l'Environnement
RGA	Retrait – Gonflement des Argiles
RMT	Réseau Mixte Technologique
RTE-E	Réseau TransEuropéen de l'Energie
RTE-T	Réseau TransEuropéen de Transport
RTM	Restauration des Terrains en Montagne

SAP	Stratégie de création des aires protégées
SCEES	Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques
SCEQE	Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission
SCOT	Schéma de cohérence territoriale
SDAGE	Schéma Directeur pour l'Aménagement et la Gestion des Eaux
SF CDC	Société Forestière de la Caisse des Dépôts
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
SIG	Système d'Information Géographique
SINP	Système d'Information sur la Nature et les Paysages
SNB	Stratégie Nationale pour la Biodiversité
SOeS	Service de l'Observation et des Statistiques
SOQ	Signe Officiel de Qualité
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
STARDEX	Projet « Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European regions »
STICS	Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standard
STOC	Suivi temporel des oiseaux communs
SVQV	Santé de la Vigne et Qualité du Vin
TFP	Type Fonctionnel de Plantes
TVB	Trame Verte et Bleue
UE	Union Européenne
UF	Unité Fourragère
UGB	Unité Gros Bétail
UICN	Union Internationale de la Conservation de la Nature
UKMO	United Kingdom Met Office
UMR	Unité Mixte de Recherche
UNEP-WCMC	The United Environment Programme World Conservation Monitoring Centre
USD	Dollars US
UTCF	Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt
VET	Valeur économique totale
ZEE	Zone Economique Exclusive
ZH	Zone humide

## C.3 Aléas climatiques (contribution du groupe Biodiversité)

Aléa direct : l'aléa qui cause directement cette atteinte ; un aléa direct résulte souvent d'autres aléas indirects, situés en amont, ou d'une conjonction d'autres aléas indirects.

Degré de certitude sur l'évolution climatique : Élevé (E), Moyen (M), Faible (F)

Aléas climatiques directs	Degré de certitude
Acidification des mers	E ou M
Aléas glaciaires (Vidanges de lacs glaciaires, Ruptures de poches, Chutes de séracs)	F
Aléas torrentiels (laves torrentielles, coulées de boue et charriage)	F
Assèchement de mares, lacs ou de cours d'eau, évolutions des débits	M ou F
Augmentation de la température de la surface de la mer	E ou M
Augmentation de la température de l'air → moyennes et extrêmes	E
Augmentation de la température des cours d'eau et des lacs, évolutions des débits	E
Augmentation de la température du sol	
Augmentation de la teneur en CO <sub>2</sub>	
Augmentation de l'ensoleillement estival	F
Augmentation de l'intensité des cyclones	
Augmentation des crues éclair / progressives	F
Avalanche, éboulis	F
Coulée de boue, glissement de terrain	
Crue de réseau d'assainissement urbain	
Crue de surcote (submersion marine)	E
Crue éclair / progressive	
Débordements des réseaux d'assainissement	
Développement d'activités microbiennes	
Déversement de lac glaciaire	
Diminution de la qualité de l'air	F
Diminution du niveau des nappes phréatiques	M
Feux de forêt	M
Gelée : Date des gelées, diminution du nombre de jours de gelée	E
Hiver plus humide	M
Maladie liée à l'alimentation	
Maladie vectorielle	
Modification de la distribution géographique des pollens	M

Modification de l'aire de répartition des vecteurs d'activités microbiennes	M
Modification des vents sur de longues périodes (sens indéterminé)	F
Mouvements du sol (argiles gonflantes) : Glissements de terrain superficiels, profonds, éboulements et chutes de blocs	F
Pullulation de ravageurs	
Réduction de la durée d'enneigement	E
Salinisation de nappes phréatiques	M
Sécheresse estivale	E
Transports de pollens	
Vagues de chaleur	E
Vagues de froid : diminution du nombre de vagues de froid	E
Vents faibles sur de longues périodes	
Vents très violents, tempêtes répétées	F

## C.4 Outil méthodologique développé par le CIRED

Le CIRED a été missionné par le MEEDDM pour fournir un appui méthodologique au Groupe interministériel lors de la seconde phase des travaux.

A cette fin, un outil méthodologique a été développé : il visait à identifier les sources de coût (ou bénéfiques) des impacts du changement climatique et de l'adaptation et à identifier, pour chaque secteur, des méthodologies pour évaluer ces coûts et bénéfiques, à partir de la littérature scientifique. Des outils spécifiques ont été créés pour les secteurs Agriculture, Eau, Tourisme, Energie, Infrastructures de transport, tels que présentés ci-après.

Concrètement, l'outil prenait la forme d'une série de feuilles Excel sectorielles, pré-identifiant pour chacun des impacts potentiels - identifiés par les groupes en phase 1 - et des scénarios retenus, les méthodes de quantification exploitables, relevées à partir d'une analyse détaillée de la littérature.

Pour chacun des secteurs concernés, deux feuilles composaient l'outil :

- Feuille 1 : tableau mettant en relation impacts, mesures d'adaptation et références bibliographiques
- Feuille 2 : Résumé succinct de chaque référence présentée

Différents niveaux de simplicité ont volontairement été présentés : certaines publications faisaient référence à des méthodologies relativement simples et exploitables dans le temps imparti ; d'autres, à des méthodes plus lourdes faisant appel à des modèles détaillés, mais avec parfois possibilité de reprendre et d'extrapoler les résultats obtenus.

## SECTEUR DE L'AGRICULTURE

Scénario d'adaptation	Type et coût d'adaptation *		Impacts agricoles résiduels présents ou futurs (2030, 2050 ou 2100)					Impacts résiduels dans le secteur forestier présents ou futurs (2030, 2050 ou 2100)		
	Mesures	Prise en compte	Pertes de production liées aux changements du climat moyen (lien avec la fiche eau)	Pertes de production liées aux changements des extrêmes climatiques (lien avec la fiche eau)	Pertes de production liées aux changements des parasites et maladies	Erosion/épauement des sols (lien avec groupes eau et risques)	Perte financière en tenant compte des évolutions du prix mondial	Pertes annuelles de rendement liées au climat moyen	Pertes annuelles de rendement liées aux événements extrêmes et aux feux de forêt	Pertes de production liées aux changements des parasites et maladies
Aucune			[1],[2],[3],[4],[5],[6],[8],[9],[10]	[2],[4],[6]			[3]	[10]		[11]
Parfaite	Modification des zones de cultures et des pratiques	[AEZ], [AEZ2], [Ricardo]	[AEZ], [AEZ2], [Ricardo]				[AEZ2]			
Spontanée	Changement des dates de plantation	[2],[3],[5]	[3],[5],[9],[10]				[3]			
	Changement de variété	[3],[5]	[3],[5],[9]				[3]	[10]		
	Changement des niveaux d'intrant	[5]	[5],[9],[10]							
	Changement de culture	[3],[5]	[2],[3],[5],[9]	[2]			[3]	[10]		
	Modifications des prix sur les marchés	[3]	[3],[9]				[3]	[10]		
	Mise en irrigation des cultures (lien avec fiche eau)	[3],[5]	[3],[5],[9]				[3]			
Planifiée	Amélioration des prévisions météorologiques et saisonnières	[7]								
	Production de nouvelles variétés	[3],[4],[5]	[3],[5]	[4]			[3]			

\* Aucune étude n'évalue le coût des stratégies d'adaptation séparément

## Bibliographie Secteur Agricole

[0] Galko E., 2007, « Modélisation de l'offre agricole européenne face à de nouveaux enjeux : réformes politiques, effet de serre et changement climatique », Chapitres 7-9. [http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/publi/these\\_galko.pdf](http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/publi/these_galko.pdf)

*Sujet et résultats* : Modélisation sur l'Europe des impacts du changement climatique, avec variations de rendements et de marges brutes.

Différentes hypothèses de politique agricole sont représentées (agenda 2000, 2 types de découplages). La fertilisation par le CO<sub>2</sub> a un effet important. Le climat sec est plutôt défavorable. Le changement climatique a des effets importants sur les rendements, tandis que les changements de politiques modifient l'allocation des terres de façon plus prononcée.

*Climat* : B2 ARPEGE, 2 années (une moyenne et une sèche) utilisées.

*Modèle d'impact* : modèles STICS détaillé, pas de temps journalier, prend en compte sol, climat et itinéraire technique. Croissance et développement, bilan hydrique et azoté. Couplé au modèle AROPAj d'optimisation linéaire représentant des fermes types issues d'informations européennes. La réponse à l'azote est non-linéaire. Différentes hypothèses sont testées sur les itinéraires techniques, et la courbe la plus proche des observations est utilisée. La date de semis est déterminée à partir des températures.

Le type de rotation choisi et la quantité d'intrant sont optimisés.

L'irrigation est maintenue au niveau actuel.

[1] Hulme M., Barrow E., Arnell N., Harrison P., Johns T. and Downing T., 1999, **Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. Nature, 397, 688-691**

*Sujet et Résultats* : Estimation de l'impact du changement climatique et de la variabilité naturelle sur la culture du blé en Europe, en tenant compte de la température et des contraintes en eau. L'impact du changement climatique est peu significatif par rapport à celui de la variabilité naturelle. Par contre l'effet du CO<sub>2</sub> est significatif, et l'étude prédit donc une augmentation des rendements d'environ 2t/ha en France.

*Climat* : Deux scénarios pour les concentrations de GES (1% et 0,5% de croissance par an des concentrations), et un modèle climatique global à basse résolution (HadCM2). Une simulation à très long terme (plusieurs siècles) est utilisée pour étudier la variabilité naturelle sur des échelles multi-décennales. Cette étude utilise un ensemble de 4 simulations pour chaque scénario, pour évaluer le rôle de la variabilité naturelle. Les débits de rivière et l'eau disponible sont évalués avec un modèle simple.

*Modèle d'impact* : Le modèle de plante est un modèle de blé de complexité intermédiaire (EuroWheat).

[2] Richter G.M., Qi A., Semenov M.A. and Jaggard K.W., 2006, **Modelling the variability of UK sugar beet yields under climate change and husbandry adaptations. Soil Use Manage., 22, 39-47.**

*Sujet et Résultats* : Analyse de l'impact du changement climatique sur la culture de betterave à sucre au Royaume Uni. Les résultats sont une augmentation du rendement et de la variabilité du rendement, dépendant avant tout du type de sol. Les effets négatifs de la sécheresse sont plus que compensés par les autres effets (température, CO<sub>2</sub>).

*Climat* : Modèles climatiques régional de grille 50km interpolés sur 5km (UKCIP), 2

simulations de concentration de GES. Utilisation d'un simulateur stochastique de climat pour simuler la variabilité naturelle de court terme.

*Modèle d'impact* : Modèle très précis de betterave à sucre au Royaume uni, utilisant 6 types de sol, plusieurs compartiments dans le sol, prend en compte le rayonnement utile direct et diffus différemment, avec effet du CO<sub>2</sub>, modèle de croissance des racines dépendant de l'eau dans le sol, modèle de développement de la canopée prenant en compte le stress hydrique. Le modèle simule une adaptation par changement des dates de plantation.

**[3] Parry M., Rosenzweig C. and Livermore M., 2005, Climate change, global food supply and risk of hunger. Philos. T. Roy. Soc. B, 360, 2125-2138.**

*Sujet et résultats* : Analyse de la production agricole mondiale et des effets du changement climatique sur la production et les prix mondiaux des biens agricoles. Globalement, l'impact du scénario socio-économique est plus important que l'effet du changement climatique.

*Résultats* : Les résultats sont : (i) pas de déséquilibre mondial offre/demande, mais une perte de l'ordre de 50 millions de tonnes par an de production globale de céréales en raison du changement climatique ; (ii) des pertes dans les pays déjà chauds et des gains dans les pays tempérés ; (iii) une diminution de la population mondiale en risque de malnutrition, en raison de l'augmentation du niveau de vie dans les pays en développement, mais ce nombre est augmenté par le changement climatique ; (iv) une augmentation d'entre 20 et 200% des prix mondiaux des céréales (dont de 3 à 20% dus au changement climatique). L'effet du CO<sub>2</sub> est important. Ce travail fournit, pour certains scénarios, des évolutions du prix mondiaux des céréales qui peuvent être utiles pour une évaluation sur la France.

*Climat* : Multiples scénarios et modèles. Une première partie de l'article utilise des scénarios de doublement des concentrations de CO<sub>2</sub>, et trois modèles climatiques (GISS, GFDL et UKMO). Une seconde partie, utilise les scénarios SRES de l'IPCC et des scénarios de stabilisation à 550 et 750ppm et un unique modèle, le modèle HadCM3 (UKMO).

*Modèle d'impact* : Modèle agronomique ISBNAT (blé, riz, maïs, soja), basé sur des fonctions simplifiées reliant le rendement au climat (radiation journalière, température min et max, précipitations), sol, variété et pratique agricole. Le modèle simule les rendements dans 18 pays et 112 localisations, et ces résultats sont interpolés au reste du monde. L'effet du CO<sub>2</sub> est pris en compte. L'adaptation est prise en compte par le choix de variété, certaines non encore commercialisées, par le niveau d'intrant, par l'irrigation, et par les dates de plantation.

*Conséquences économiques* : un modèle d'équilibre général (BLS) permet de boucler les échanges mondiaux et de calculer le prix des biens agricoles, avec un scénario de libéralisation progressive des échanges. Utilisation de plusieurs scénarios (IS92a, stabilisation à 550 et 750ppm, et scénarios SRES de l'IPCC).

**[4] Porter J.R. and Semenov M.A., 2005, Crop responses to climatic variation. Philos. T. Royal Soc. B, 360, 2021-2035**

*Sujet et résultats* : Cette étude analyse d'impact du changement climatique sur la production agricole (à la fois en termes de quantité et de qualité), en tenant compte de l'effet des seuils et des non-linéarités. Les conclusions sont : (i) que la prise en compte de la variabilité de court terme est indispensable : un changement de variabilité du climat a des impacts du même ordre de grandeur qu'un changement des moyennes

climatiques ; (ii) que l'impact sur la qualité de la production agricole pourrait être aussi important que l'impact sur la quantité.

*Climat* : Multiple scénarios et modèles climatiques.

*Modèles d'impact* : (1) Usage de modèles détaillés de plante, avec des pas de temps au moins infra-journaliers ; (2) Le modèle Sirius de croissance du blé et un simulateur stochastique de climat pour prédire la teneur en protéine du blé, qui peut être réduite alors même que le rendement total augmente. En termes d'adaptation, des modifications génétiques précises sont considérées, (profondeur racinaire, taille des feuilles, vitesse d'apparition des feuilles, vitesse de croissance des feuilles, baisse de l'assimilation de CO<sub>2</sub>, fermeture des stomates plus rapide, augmentation de la vitesse de croissance du grain).

**[5] Antle J.M., Capalbo S.M., Elliott E.T. and Paustian K.H., 2004, Adaptation, spatial heterogeneity, and the vulnerability of agricultural systems to climate change and CO<sub>2</sub> fertilization: an integrated assessment approach. *Climate Change*, 64, 289-315.**

*Sujet et Résultats* : Analyse de l'impact du changement climatique sur la production agricole aux Etats-Unis dans les grandes plaines. Les résultats sont (1) que le revenu agricole dans la région change en réponse au changement climatique avec des évolutions entre -20 et +20% selon les lieux et les sols ; (2) que l'adaptation et la fertilisation par le CO<sub>2</sub> sont importantes pour les résultats ; et (3) que ce sont les producteurs les moins dotés qui sont plus durement touchés, d'où le besoin de considérer la diversité des producteurs (petits vs. grands producteurs).

*Climat* : Le climat global est tiré du modèle canadien CCC, pour un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub>. L'étude est au niveau régional avec un découpage en éco-régions homogènes. Les moyennes sans changement climatique sont évaluées par interpolation entre stations météo prenant en compte l'élévation. Les scénarios avec changement climatique sont construits en modifiant les moyennes de température et précipitation, donc en supposant que la variabilité est inchangée.

*Modèle d'impact et conséquences économiques* : Le modèle Century est utilisé pour l'évaluation des rendements. Ce modèle a un pas de temps mensuel, utilise les températures et les précipitations, les types de sol, les pratiques agricoles, et prend en compte l'azote. Le modèle de rendement est couplé à un modèle économétrique pour déterminer les choix des agriculteurs, en utilisant une distribution de fermes, et non pas une ferme représentative. Le rendement est ainsi relié à l'utilisation de machinerie et d'intrant pour les différentes céréales. Le modèle suppose que deux décisions sont faites dans une année, en fonction des rendements espérés (en automne et au printemps) pour le choix des cultures ce qui donne 6 systèmes de culture possible.

**[6] Frank K.L., Mader T.L., Harrington J.A. Jr., and Hahn G.L.: Potential Climate Change Effects on Warm-Season Livestock Production in the Great Plains, [http://www.udel.edu/SynClim/FrankEtal\\_IJBSubmitted.pdf](http://www.udel.edu/SynClim/FrankEtal_IJBSubmitted.pdf)**

*Sujet et résultat* : Analyse de l'impact du changement climatique sur la production animale (porc, bœuf et lait) dans les Grandes Plaines des USA.

*Résultats* : Les conclusions sont qu'il faut s'attendre à un allongement de la période avant mise sur le marché en raison de la hausse des températures. Par exemple, pour un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub>, le temps avant mise sur le marché des porcs augmente d'entre 0 et 25% (pertes moins importantes pour le modèle anglais, et plus important pour un triplement de la concentration). Pour le bœuf, le temps avant mise sur le marché augmente d'entre 1 et 8% selon les régions et les modèles, pour un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub>. La production de lait diminue d'environ 2%, toujours pour un doublement de la concentration de CO<sub>2</sub>.

*Climat et modèle d'impact* : Utilisation directe des sorties des GCM (modèle canadien CCC et modèle anglais HadCM3 à basse résolution, scénario d'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> de 1% par an) dans un modèle détaillé de production de porcs et de bœufs. Dans le cas du modèle CCC, les variables quotidiennes ont été directement utilisées (température, humidité, pression, et vent). Dans le cas du modèle HadCM3, les évolutions mensuelles par rapport à la *baseline* ont été utilisées pour modifier des observations au pas de temps quotidien. Dans ce dernier cas, les changements de variabilité aux échelles inférieures au mois sont donc négligés.

**[7] Solow A.R., Adams R.F., Bryant K.J., Legler D.M., O'Brien J.J., McCarl B.A., Nayda W. and Weiher R., 1998, The Value of Improved ENSO Prediction to U.S. Agriculture, Climatic Change, 39(1), 47-60**

*Sujet et résultat* : Ce papier estime les bénéfices potentiels d'une prévision d'El Nino pour l'agriculture Américaine. Ils estiment qu'une prévision parfaite rapportera 330 millions de \$.

*Climat* : Climat actuel uniquement.

*Méthode* : Les auteurs estiment les rendements de plusieurs cultures (blé, maïs, etc.) dans plusieurs conditions (El Nino, La Nina, Neutre) et comparent les bénéfices dans une situation où on connaît à l'avance la situation et une situation où on ne connaît pas en avance la situation.

**[8] David B. Lobell, Marshall B. Burke, Claudia Tebaldi, Michael D. Mastrandrea, Walter P. Falcon, Rosamond L. Naylor 2008: Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science, Vol 319.**

*Sujet et Résultats* : Etudie les conséquences du changement climatique sur un grand nombre de productions agricoles importantes pour la nutrition (dans les régions soumises au risque de malnutrition, donc sauf France). Le papier détermine simplement les productions les plus importantes pour la nutrition et effectue un classement des plus critiques dans un contexte de changement climatique, en utilisant les distributions de changement de production (ou de rendement) sous changement climatique.

*Climat* : 20 GCM, 3 scénarios d'émission.

*Méthode* : Régression statistique liant la production ou le rendement d'une année à la température et la précipitation moyenne sur la saison de croissance des plantes, par pays, en enlevant une tendance linéaire de progrès technique. Il n'y a pas de corrélation significative pour toutes les productions. Agrégation, ensuite, par grande région (12 régions). Pas d'adaptation ni d'effet du CO<sub>2</sub>.

*Limites* : Ce papier utilise la dépendance de la production à des variations climatiques de court terme pour estimer les réponses à des changements de long terme, ce qui peut poser problème dans certaines situations. Aussi, les données utilisées ne sont pas de bonne qualité.

### **[9] Méthode simple pour évaluation d'ordre de grandeur**

A partir de meta-analyses sur l'impact du changement climatique sur la productivité agricole (obtenu par différentes méthodologies), on peut estimer la perte de production totale sur la France simplement en supposant que la production totale d'une production (e.g., le blé) varie comme la productivité de cette production.

En pratique, on fait une liste des productions principales française, et pour chaque production, on tire de la littérature une estimation de la gamme possible de variation de la productivité. On suggère de travailler avec une gamme (optimiste/pessimiste) plutôt qu'avec une valeur médiane, afin de maîtriser l'incertitude. On peut ensuite passer aux

impacts économiques en multipliant les pertes de production par les prix actuels (ou plutôt une moyenne sur 5 ou 10 ans des prix) de cette production.

Certaines analyses proposent des variations de production avec et sans adaptation (mais les détails des stratégies d'adaptation ne sont souvent pas disponibles).

Cette méthode néglige les éventuelles variations de surface cultivée.

Les sources utilisables sur les variations de productivité sont par exemple :

- la Figure 5.2 du WGII du Quatrième Rapport du GIEC) (avec et sans adaptation) ;
- le tableau 3.1 de la référence [AEZ2] (avec adaptation parfaite) ;
- la Figure 2 de la référence [1] (avec adaptation).

**[10] Sohngen B., Mendelsohn E., and Sedjo R., 2001, "A Global Model of Climate Change Impacts on Timber Markets", Journal of Agricultural and Resource Economics.**

*Sujet et résultats* : impacts du changement climatique sur le marché du bois. Augmentation des plantations d'espèces non indigènes dans la *baseline*. Augmentation de la forêt et de la productivité avec le changement climatique. Baisse des prix du bois.

Deux possibilités pour le changement de forêt : (1) les arbres meurent comme prédit par le modèle de biomes naturels, et de 0% à 75% du bois est vendu ; ou (2) les arbres ne croissent plus mais peuvent être remplacés par des nouvelles espèces. Avec l'hypothèse de mort des arbres le prix est plus élevé au début du siècle quand les arbres meurent en Europe.

L'augmentation de rendement dû au réchauffement et le changement d'espèces jouent tous les deux un rôle. En Europe dans le sud, la forêt devient moins productive, tandis que dans les sub-tropiques, la productivité augmente rapidement avec des rotations courtes. Restreindre l'expansion de la forêt a peu d'effet car le bénéfice le plus important est dans les sub-tropiques.

*Climat* : 2 modèles d'équilibre (Hamburg TIO<sub>2</sub>, UIUC), 2xCO<sub>2</sub>. Réponse transitoire linéaire.

*Forêt* : modèle BIOME3, avec changement de productivité et des espèces, sur les biomes naturels, effet du CO<sub>2</sub>.

*Economie* : le changement de productivité pour la forêt exploitée est le même que pour les systèmes naturels. Les frontières des forêts actuelles sont conservées, avec expansion possible dans la toundra et les prairies. 46 types de production, maximisation du surplus net, avec coût de plantation ou changement de forêt indigène en plantation et prise en compte de l'accessibilité. Progrès technique endogène correspondant au changement d'espèce. Un inventaire est utilisé pour le stock initial. La demande croît de façon exogène, moins vite que la croissance.

**[11] Bergot M., Cloppet E., Pérarnaud V., Déqué M., Marçais B., Desprez-Loustau M.L., 2004, Simulation of potential range expansion of oak disease caused by *Phytophthora cinnamomi* under climate change, Global Change Biology, Volume 10, Issue 9, Date: September 2004, Pages: 1539-1552**

*Sujet et résultat* : Cet article évalue la variation de la zone sur laquelle le chêne est vulnérable à au parasite « *Phytophthora cinnamomi* », en raison du changement climatique. Il ne permet pas de dire quelles zones seront effectivement touchées, et ne donne donc qu'une borne maximale à cette étendue. Pas d'analyse économique.

**[AEZ] Kurukulasuriya P. and Mendelsohn R., 2008, How Will Climate Change Shift Agro-Ecological Zones and Impact African Agriculture? Policy Research Working Paper 4717, The World Bank.**

*Sujet et résultats* : Analyse de l'impact du changement climatique sur la production agricole africaine. Ce modèle prévoit une baisse des rendements de 15 à 30% en Afrique selon le scénario climatique.

*Climat* : deux scénarios de changement climatique (« mild », « harsh »)

*Modèle d'impact* : Méthode des « AEZ » : Zones Agro-Environnementales. Cette méthode utilise la caractérisation des zones agro environnementales (AEZ) établies par la FAO. Une régression permet de déterminer le lien entre élévation, climat, et production potentielle agricole dans chaque AEZ. Ensuite le changement climatique modifie la distribution des AEZ, et le rendement associé.

Les limites de cette méthodes sont : (i) pas de prise en compte du CO<sub>2</sub> ; (ii) il a été montré que cette méthode est faussé si les cultures sont irriguées et que les contraintes sur les ressources en eau ne sont pas explicitement prises en compte (cf. Fleischer *et al.*) ; (iii) cette méthode suppose une adaptation optimale immédiate. Ce papier détaille la méthodologie pour déterminer les AEZ.

**[AEZ2] Fischer G., Mahendra S. van Velthuizen and H., 2002, Climate Change and Agricultural Vulnerability, IIASA, [www.iiasa.ac.at/Research/LUC/Job-Report.pdf](http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/Job-Report.pdf).**

*Sujet et résultats* : Analyse de l'impact du changement climatique sur la production agricole mondiale, en tenant compte des marchés mondiaux et des effets économiques. Ce modèle prévoit une augmentation des rendements en Europe du Nord (16% par rapport à un scénario sans changement climatique) et dans toutes les autres régions de hautes latitudes, et une baisse des rendements dans les zones tropicales ou équatoriales (par exemple -15 à -45% pour le blé dans les pays en développement). Pour l'Europe de l'Ouest, le modèle prévoit une baisse d'entre 0 et 6% de la productivité agricole céréalière. Plus globalement, le modèle prévoit une baisse de 6 à 18% du PIB agricole en Europe de l'Ouest.

*Economie* : quatre scénarios SRES (A1, B1, A2, B2)

*Climat* : quatre modèles climatiques globaux à basse résolution (HadCM3, CSIRO, CCCma, NCAR). Les moyennes mensuelles ont été utilisées, donc les changements de variabilité à courtes échelles de temps et les événements extrêmes n'ont pas été pris en compte.

*Modèle d'impact* : Méthode des « AEZ » : Zones Agro-Environnementale (cf. ci-dessus, la méthode n'est pas décrite en détail dans ce papier).

*Conséquences économiques* : un modèle d'équilibre général (BLS) prend en entrée les rendements locaux et permet de simuler les échanges mondiaux et de calculer le prix des biens agricoles.

**[Ricardo]**

**Mendelsohn R, Nordhaus W and Shaw D, 1994, The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis. American Economic Review 84: 753-771.**  
**Mendelsohn R., Morrison W., Schlesinger M.E., Andronova N.G., 2000, Country-Specific Market Impacts of Climate Change, Climatic Change 45(3), 553-569**  
**Kurukulasuriya P. and Mendelsohn R., 2007: A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland, Policy Research Working Paper 4305, The World Bank.**

**Fleischer A., Lichtman I., Mendelsohn R., 2008, Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?, Ecological Economics, Volume 65, Issue 3, 15 April 2008, Pages 508-515, ISSN 0921-8009, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.014**

*Sujet et résultats* : Analyse de l'impact du changement climatique sur le revenu agricole dans différents pays/régions. Le papier Mendelsohn *et al.* (1994) explique la méthode. Pour l'Europe de l'Ouest, des résultats sont présentés par Mendelsohn *et al.* (2000), avec un gain annuel de \$17 milliards pour l'agriculture, et \$1 milliard pour la sylviculture. Attention aux problèmes méthodologiques décrit plus bas.

*Climat* : Cette méthode utilise le plus souvent la température et les précipitations moyennes annuelles. La variabilité à toutes les échelles de temps et les événements extrêmes ne sont donc pas pris en compte.

*Modèle d'impact et conséquences économiques* : Cette étude utilise la méthode ricardienne : La productivité nette (en valeur monétaire) est assimilée au revenu net de l'agriculteur. Une régression statistique est faite entre les variables climatiques et la productivité nette pour différents districts dans une région relativement homogène en termes de développement économique. Cette régression donne donc le revenu net en fonction des variables climatiques. Cette régression est ensuite utilisée pour lier climat futur et productivité. Les limites de cette méthodes sont : (i) pas de prise en compte du CO<sub>2</sub> ; (ii) il a été montré que cette méthode est faussé si les cultures sont irriguées et que les contraintes sur les ressources en eau ne sont pas explicitement prises en compte (cf. Fleischer *et al.*) ; (iii) cette méthode suppose une adaptation optimale immédiate.

## SECTEUR DE L'EAU

Scénario d'adaptation	Type et coût d'adaptation			Impacts résiduels présents ou futurs (2030, 2050 ou 2100)					
	Mesures	Coût	Risques et incertitudes (sans regret?)	Pertes moyennes <b>annuelles</b> de production liées aux extrêmes de sécheresse	Pertes <b>ponctuelles</b> de capital installé (réorganisation de la production)	Pertes <b>annuelles</b> de production (réorganisation de la production, surcoûts opérationnels)	Baisse de qualité de l'eau	Impacts biodiversité	Epuisement et salinisation des nappes profondes, érosion ( <b>long terme</b> )
Aucune									
Spontanée	Offre non-conventionnelle (désalement & pompage profond)	[1],[8]	x						
	Changement des règles opérationnelles	[1],[3],[7],[8],[9],[11]	SR	[1],[3],[8],[9]		[1],[9]			
Planifiée	Nouvelles infrastructures (réservoirs) (lien avec fiche infrastructure)	[2],[3],[11]	x	[1],[3 sans valorisation], [4 sans valorisation], [7 sans valorisation],[8],[11]	[2],[3 sans valorisation]	[1],[2],[8], [10 sans valorisation],[11]	[4 sans valorisation]	[2]	[2]
	Nouvelles infrastructures (transport interrégional) (lien avec fiche infrastructure)		x						
	Contrôle de la demande (pricing de l'eau, priorité d'utilisation) (lien avec agriculture, cadre bâti, tourisme, énergie)	[1],[6],[11]	SR						
	Contrôle de la demande (technique & norme) (lien avec agriculture, cadre bâti, tourisme, énergie)	[4],[6],[8]	SR						
	Contrôle de la demande (changement d'activités régionales) (lien avec agriculture, cadre bâti, tourisme, énergie)	[1],[7],[8],[11]	SR						

	Offre non-conventionnelle (recyclage & désalement & pompage profond)	[1],[8]	SR						
	Autres (?)		x						

## Bibliographie Secteur de l'Eau

**[1] Adaptability and adaptations of California's water supply system to dry climate warming" by Josué Medellín-Azuara & Julien J. Harou & Marcelo A. Olivares & Kaveh Madani & Jay R. Lund & Richard E. Howitt & Stacy K. Tanaka & Marion W. Jenkins & Tingju Zhu, Climatic Change (2008) 87 (Suppl 1):S75-S90, DOI 10.1007/s10584-007-9355-z**

*Sujet et résultats* : en Californie, utilisation d'un modèle offre demande (CALVIN) pour évaluer les tensions sous climat sec, et les changements de règles opérationnelles. Les coûts opérationnels sous changement climatique (désalinisation, traitement, pompage) augmentent. La rareté augmente pour les agriculteurs mais pas pour la consommation urbaine. Les objectifs de débits environnementaux deviennent plus coûteux (et moins bien respectés). Diminution de 20% de la production d'hydroélectricité.

Les restrictions sur les allocations ont un coût double sous changement climatique. Les règles d'allocations changent avec des volumes maximaux plus tôt, et l'allocation entre les réservoirs de surface qui est modifiée.

L'utilisation de cette méthodologie est assez lourde.

*Climat* : GCM GFDL, SRES A2, scénario sec centré en 2085.

Méthode de descente d'échelle (non décrite) donne des ratios utilisés pour modifier les débits à partir des changements de précipitations.

*Domestique et industrie* : demande projetée en 2050 avec un scénario de population et de demande d'eau.

*Agriculture* : modèle de maximisation du revenu avec eau, terre, prix et un modèle de demande. Régression des rendements sur les conditions climatiques actuelles.

*Hydrologie* : représentation en arbre avec 28 aquifères, 54 zones de demande et transports (naturel et artificiel). 70 ans de données historiques. Le modèle d'utilisation de l'eau CALVIN minimise la rareté de l'eau en utilisant un consentement à payer pour les demandes.

**[2] Venkatesh B.N., Hobbs B.F., 1999, Analyzing investments for managing Lake Erie levels under for climate change uncertainty" by, Water Resources Research, Vol. 35 (5), 1671-1683, mai 1999**

*Sujet et résultat* : Cet article étudie la mise en place d'une infrastructure permettant une meilleure régulation du niveau du lac Érié, dans un cadre de changement climatique. Compte tenu des différences avec la France, un transfert de valeur est impossible, mais l'article propose une méthodologie intéressante.

*Climat* : Sans changement climatique, la variabilité des précipitations est modélisée en utilisant des distributions statistiques calibrées sur les observations de précipitations. Avec changement climatique la série observée est perturbée en utilisant les moyennes annuelles données par les modèles, avec une modification linéaire (pas de changement de variabilité). Trois modèles climatiques différents sont utilisés pour tenir compte de l'incertitude.

*Modèles d'impact* : Cette étude utilise un modèle qui transforme les pluies en débits des rivières, et un modèle spécifique pour les lacs. Les règles opérationnelles de gestion du barrage sont très simples mais proviennent de communications personnelles non accessibles. Les coûts et divers bénéfices sont pris en compte en utilisant des modèles d'impact (dont la description est donnée dans des références mais pas dans ce papier) prenant en compte l'érosion des berges, la production hydro-électrique, les inondations,

le transport fluvial et la modification de certains paramètres importants pour les écosystèmes.

*Divers* : Une approche statistique complexe (dite bayésienne) permet d'évaluer le gain lié à l'attente d'une meilleure information sur le changement climatique en modélisant l'acquisition progressive d'information dans le temps, ce qui donne des informations sur le timing de la mise en place de l'adaptation.

**[3] Mimikou M.A. and Baltas E.A. ,1997, Climate change impacts on the reliability of hydroelectric energy production, 1997, Hydrological Sciences**

*Sujet et résultat* : dans un bassin versant grec, production hydroélectrique sous changement climatique avec calcul des changements de risque de non approvisionnement et de taille de réservoirs. Le risque de non satisfaction augmente fortement dans certains scénarios, les plus secs, mais le volume du réservoir peut être augmenté pour maintenir le niveau de risque actuel.

*Climat* : CRU pour actuel, 2 GCM avec équilibre UKHI, CCC, un avec transitoire UKTR. Scénario transitoire pour les GCM en équilibre utilise la sensibilité climatique, pour UKTR, utilisation du modèle simplifié MAGICC pour déterminer à quelle date les phases transitoires ont lieu. Descente d'échelle par perturbations.

*Hydrologie* : 30 ans d'historique avec données météo et débit donné par l'opérateur du barrage. Evapotranspiration par Blaney-Criddle. Modèle de bilan hydrologique à pas de temps mensuel avec neige, eau dans le sol et dans les nappes. 50 séries synthétiques en utilisant un processus aléatoire autorégressif AR(1) ou AR(2), modifié par le changement climatique.

*Gestion* : modèle de réservoir simple avec volume maximal et débit maximal. Tout le débit passe par les turbines. Les répartitions mensuelles des débits et de la valeur minimale produite historiques sont utilisées. La relation débit énergie est linéaire calibrée sur l'historique. Pour tous les niveaux annuels de production garantie, le risque de non production (pourcentage annuel de non production) est calculé, ainsi que pour différentes tailles de barrages pour les 50 séries.

**[4] Ducharne A., Baubion C., Benoit N., Billen G., Brisson N., Garnier J., Kieken H., Lebonvallet S., Ledoux E., Mary B., Mignolet C., Poux X., Sauboua E., Schott C., Théry S. et Viennot P., 2007, Long term prospective of the Seine River system: Confronting climatic and direct anthropogenic changes, , Science of the Total Environment, Vol. 375, 292-311.**

*Sujet et résultat* : Comparaison entre bonnes pratiques agricoles et changement climatique sur la qualité de l'eau dans le bassin de la Seine. Augmentation des débits en hiver, baisse en été. Avec MODCOU plus d'eau, avec CLSM moins, car les nappes participent à l'évapotranspiration. Saison de pousse plus courte, mais rendements augmentés grâce à l'effet du CO<sub>2</sub>. Augmentation de la minéralisation de N. Meilleures pratiques agricoles baissent N. Effet du climat et des meilleures pratiques indépendants. L'évolution de la pollution est dominée par les scénarios sur la technologie.

Dans le cadre du contrat GICC, également sur le Rhône. Continuation avec RExHySS en cours, avec plus de méthodes de descente d'échelle, plus de GCM et de modèles hydrologiques.

*Climat* : ARPEGE, centré sur la Méditerranée (grille de 50 km), SRES A2. Descente d'échelle par la méthode des perturbations mensuelles par le modèle climatique des données SAFRAN.

*Agriculture* : Evapotranspiration par l'équation de Penman (en fonction de quelques paramètres climatiques). Changement de la conductance stomatique en raison des

concentrations de CO<sub>2</sub> modélisé par un changement de coefficient dans le modèle agronomique STICS. Données sous-départementales sur rotations, itinéraires techniques. Bilan d'eau, C, N par jour, avec une représentation de la biomasse aérienne, de l'indice foliaire, du profil racinaire et des organes prélevés. Croissance déterminée par radiations et indice foliaire, avec limitation possible par eau ou N. Sol en couches avec transport des éléments et représentation de l'humification sur le premier niveau. Scénario de bonnes pratiques avec baisse de la fertilisation N et utilisation de plantes récupérant l'azote.

*Qualité* : modèle RIVERSTRAHLER, détaillé avec concentrations de nutriments, phytoplancton, zooplancton et invasions. Pollution calculée avec un facteur démographique, économique et technologique (dires d'experts).

*Hydrologie* : MODCOU pour le bilan hydrologique, en point de grille avec aquifère explicite, transport de N. STICS est recalibré pour avoir un flux à Poses cohérent avec les données et MODCOU. Les règles opérationnelles actuelles des réservoirs sont utilisées. Transport de surface par CLSM, 27 unités sur le bassin, utilise les cartes de sol, prend en compte les réservoirs et une calibration sur 2 paramètres, pas d'effet du CO<sub>2</sub>. CLSM et MODCOU sont utilisés conjointement, mais peuvent également être utilisé l'un ou l'autre (pour le transport de l'eau et l'évapotranspiration).

**[5] Alcamo J., Döll P., Henrichs T., Kaspar F., Lehner B., Rösch T. et Siebert S., Development and testing of the WaterGap 2 global model of water use and availability, Hydrological Sciences, Vol. 48(3), 317-337, 2003**

*Sujet et résultat* : Modèle global 0,5 x 0,5 d'utilisation de l'eau et d'hydrologie présenté et testé. Il n'y a pas de changement climatique, le modèle est appliqué au changement climatique dans une référence, mais cet article présente bien des méthodologies simplifiées.

*Domestique et industrie* : modélisés avec un facteur de changement structurel (utilisation de l'eau en fonction de la richesse), et un facteur de changement technique. Les pays développés sont au niveau du plateau de demande, les pays en voie de développement en 2025.

*Agriculture* : bétail modélisé avec une intensité par type de bétail. Autres productions divisées en riz et autre. Des règles simples déterminent s'il y a irrigation ou non, et le mois de plantation pour la saison de 150 jours. L'évapotranspiration dépend de la phase de croissance, et l'irrigation permet d'atteindre l'évaporation potentielle, l'eau utilisable étant calculé par une table de l'USDA Soil Conservation Method, avec une désagrégation infra mensuelle à partir des données mensuelles. L'efficacité de l'irrigation varie localement.

*Hydrologie* : Pas de temps journalier. Interception par la canopée en fonction de l'indice foliaire, lui même fonction du climat et de la végétation. Evapotranspiration dépend de l'eau dans le sol et de l'évapotranspiration potentielle. Précipitation partitionnée entre ruissellement de surface et de sub-surface en fonction du type de sol, pente, et présence de glace, et se retrouvent dans différents réservoirs sur la cellule avant d'être routé à travers les cellules. L'évaporation sur les lacs est prise en compte. Le coefficient de ruissellement est calibré sur certains bassins et extrapolé.

**[6] Droogers P., Adaptation to climate change to enhance food security and preserve environmental quality: example for southern Sri Lanka, Agricultural Water Management, Vol. 66, 15-33, 2004**

*Sujet et résultats* : Dans un bassin du Sri Lanka, la production de riz (céréale alimentaire principale) est étudiée en prenant en compte les possibilités d'adaptation de l'irrigation et les conséquences sur les débits. Sous changement climatique et sans adaptation, le rendement augmente, ainsi que la variabilité. Pour garder la même variabilité que sans

changement climatique, il faut augmenter l'irrigation et diminuer la surface. La méthodologie peut être utilisée pour étudier les changements d'irrigation.

*Climat* : modèle du Hadley, SRES A2. Descente d'échelle par perturbation.

*Agriculture* : modèle sol plante SWAP. Modèle 1D avec mouvements explicite de l'eau. Rendement proportionnel à la transpiration, le rendement potentiel augmentant également avec le CO<sub>2</sub>. Surface mise en culture et quantité d'irrigation variables.

*Hydrologie* : WSBM représentation par un arbre avec extraction et retour aux nœuds dépendant de l'agriculture.

**[7] Islam M.S., Aramaki T. et Hanaki K., 2005, Development and application of an integrated water balance model to study the sensitivity of the Tokyo metropolitan area water availability scenario to climatic changes, Agricultural Water Management, Vol. 19, 423-445**

*Sujet et résultats* : dans le bassin amenant l'eau à Tokyo, avec 8 barrages, étude du risque de non satisfaction de la demande. Différents indices (fiabilité, résilience...) sont calculés, seule le scénario le pire (+3 degrés, -10% de précipitations) est problématique.

*Climat* : analyse de sensibilité avec des modifications de température et de précipitations, méthode des perturbations pour la descente d'échelle.

*Agriculture* : modèle CROPWAT, avec forêt, riz et autres productions permettant de déterminer l'irrigation. Equation de Hamon utilisé pour l'évapotranspiration.

*Hydrologie* : Utilisation des Curve Numbers pour le ruissellement. Modèle de bilan hydrologique GWLF, semi-distribué sur 15 bassins. Précipitations données par des stations. Calibration faite sur le coefficient d'évaporation et le temps de passage vers les nappes profondes. Les règles pour les 8 barrages sont les « Standard Operations » avec une cible de demande, même si ce n'est pas ce qui se passe dans la réalité.

**[8] Purkey D.R., Joyce B., Vicuna S., Hanemann M.W., Dale L.L., Yates D. et Dracup J.A., 2008, Robust analysis of future climate change impacts on water for agriculture and other sectors: a case study in the Sacramento Valley, Climatic Change, Vol. 87 (Suppl 1), S109-S122**

*Sujet et résultats* : vallée de Sacramento, étude des changements de règles opérationnelles et des tensions sur l'eau. Pour certains scénarios des sécheresses importantes en fin de siècle, pour d'autres plus d'eau est disponible. Avec adaptation de l'agriculture (efficacité de l'irrigation et changement de productions) diminutions des tensions, l'eau économisée étant utilisée par d'autres usages. L'utilisation de cette méthodologie est assez lourde.

*Hydrologie* : modèle de bilan d'eau quasi-physique avec végétation prise en compte, 54 sous unité et 2 réservoirs par unité.

*Gestion* : modèle de programmation linéaire pour la description des règles opérationnelles et des usages, en utilisant les droits existants comme contraintes. Des priorités peuvent être prises en compte.

*Climat* : 2 GCM, PCM et GFDL, SRES A2 et B1. Modèle statistique de descente d'échelle permettant de modifier moyenne et variance en gardant la densité historique.

*Agriculture* : possibilité d'adaptation par augmentation de l'efficacité de l'irrigation. Egalement changement de production en utilisant une régression sur les données existantes d'adaptation aux sécheresses.

**[9] Wood A.W., Lettenmaier D.P. et Palmer R.N., 1997, Assessing climatic change implications for water resources planning, Climatic Change, Vol. 37, 203-228**

*Sujet et résultats* : étude des changements de règles opérationnelles pour le réservoir de la ville de Tacoma, et des regrets associés avec une erreur. Historiquement, une fiabilité de 98% pour la ville, et un flux sortant minimum pour l'environnement. Un changement des règles opérationnelles optimal sous changement climatique est obtenu en valorisant la demande et les risques d'inondation. Peu de changement sous changement climatique, et peu de regrets en cas d'erreur (changement de règles sans changement climatique ou changement climatique sans changement de règles).

*Climat* : 3 GCM, descente d'échelle par la méthode des perturbations.

*Hydrologie* : modèle local. Données météo resamplées (1 mois est tiré au hasard). Sous changement climatique, une perturbation tirée d'un GCM au hasard est également appliquée.

*Domestique et industrie* : dépend des conditions météo à partir de données historiques. Valorisée en utilisant le revenu de l'agence de l'eau.

*Inondations* : évaluées sur une localité avec une fonction de dommage dépendant du débit, extrapolée.

*Gestion* : règles opérationnelles courbes annuelles avec objectif de remplissage, service de la demande et volume d'inondation.

**[10] Kleinen T. et Petschel-Held G., 2007, Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change, Climatic Change, Vol. 81, 283-312**

*Sujet et résultats* : étude mondiale 0,5 x 0,5 des changements dans les inondations de plaines dans les grands bassins, excepté ceux comprenant un grand réservoir (Nile). Calculent la population affectée par un passage du temps de retour de 25 à 10 ans. Les fonctions de dommages sont également utilisées dans le cadre d'une approche type « tolerable window approach », en cherchant à respecter une limite de 20% de la population du monde ayant une diminution du temps de retour de la crue de 50 ans.

*Climat* : 3 GCM, HadCM2, ECHAM3, ECHAM4. Corrèlent les changements climatiques (précipitations,...) au changement de température, puis perturbent la climatologie à partir des données CRU, en faisant un *resampling* de la variabilité, par année.

*Hydrologie* : Sol considéré saturé. Neige prise en compte simplement. Evapotranspiration calculée par Hamon. Pas d'effet du CO<sub>2</sub>, ni de la végétation. Routage des rivières suit la grille de Fekete Vorosmarty. Une *gamma* est calibrée sur les précipitations pour déterminer les changements dans les extrêmes. Validation des moyennes et des variations.

**[11] Callaway J.M., Louw D.B., Nkomo J.C., Hellmuth M.E. et Sparks D.A., 2007, The Berg River Dynamic Spatial Equilibrium Model: A New Tool for Assessing the Benefits and Costs of Alternatives for Coping With Water Demand Growth, Climate Variability, and Climate Change in the Western Cape, , AIACC Working Paper, No. 31, disponible sur [www.aiaccproject.org](http://www.aiaccproject.org)**

*Sujet et résultats* : étude sur le bassin de Berg (Le Cap). Modèle d'optimisation avec choix de volume d'un barrage, calcul des besoins de l'agriculture et de la ville, dans un système avec 4 réservoirs. Hypothèse sur demande croissante ou non, avec les régulations actuelles ou non.

Effet non linéaire du climat sur la taille optimale du barrage, car au-delà d'une certaine réduction le débit n'est plus suffisant. Enlever les régulations baisse l'intérêt du barrage.

Un bon exemple d'étude intégrée qui reste assez lourde.

*Climat* : CSIRO B2. Changement climatique de long terme utilisé à moyen terme pour comparer des changements climatiques différents.

*Hydrologie* : bassin représenté par un arbre. Modèle hydrologique WATBAL pour le calcul du ruissellement. Les fermes peuvent stocker de l'eau.

*Domestique et industrie* : consentement à payer avec une demande linéaire, scénario avec demande croissante ou stable.

*Agriculture* : fermes représentatives avec 9 production irriguées, 7 non irriguées ; y compris pérennes. Production fonction du coût, des prix, nécessite irrigation spécifique. Modifications de l'évapotranspiration sous le changement climatique par l'addition d'un facteur mensuel.

Pas de changement dans la surface des terres irriguées. Maximisation du revenu. Scénario avec contraintes sur les débits existantes, et sans.

## SECTEUR ENERGIE

Scénario d'adaptation	Type et coût d'adaptation			Impacts résiduels (2070-2100)																	
	Mesures	Coût	Sans regret?	Coûts annuels associés aux variations de demande en énergie (chauffage/climatisation)	Besoin d'investissement supplémentaire lié à la demande	Electricité - Fossile/Nucléaire (lien avec fiche eau pour refroidissement)			Electricité - Hydraulique (lien avec fiche eau)			Electricité - Solaire/Eolien			Gaz & Fioul (lien avec la fiche eau pour refroidissement)			Biomasse (voir fiche agriculture)	Propagation vers les secteurs utilisateurs d'énergie	Impact sur les ménages vulnérables	Risque pour l'indépendance énergétique
						Pertes annuelles de ressource et de prod.	Pertes ponctuelles de capital installé (prod., transport, utilisation) liées à la disponibilité de source froide ou à la montée du niveau de la mer*	Pertes annuelles moyennes de prod. liées aux situations extrêmes	Pertes annuelles de ressource et de prod.	Pertes ponctuelles de capital installé (production, transport, utilisation) liées à la disponibilité de source froide ou à la montée du niveau de la mer*	Pertes annuelles moyennes de prod. liées aux extrêmes	Pertes annuelles de ressource et de prod.	Pertes ponctuelles de capital installé (prod., transport, utilisation) liées à la disponibilité de source froide ou à la montée du niveau de la mer*	Pertes annuelles moyennes de prod. liées aux extrêmes	Pertes annuelles de ressource et de prod.	Pertes ponctuelles de capital installé (prod., transport, utilisation) liées à la disponibilité de source froide ou à la montée du niveau de la mer*	Pertes annuelles moyennes de prod. liées aux extrêmes				
Aucune				1,2, 10	1,2, 10	4, 10	3,4, 10		5, 10	3,4, 10		6, 10	3, 10		10	3, 10		7			
Spontanée	Amélioration de la gestion des infrastructures de production et de transport d'énergie (e.g., planning de maintenance des centrales, gestion de la ressource en eau et en gaz)	lien avec groupe risque	SR			4	4		5	5		6						7			
	Amélioration de la gestion des crises pour la production & la demande (e.g., délestages)		SR																		
Planifiée	Modification des normes de construction et des équipements de chauffage et de climatisation	2, 8	partiellement SR	2	2, 8													7			

	Protection physique ou modification de l'implantation des infrastructures (production, stockage & transport)	voir fiche infrastructure	x		4	3,4		5	3,4		6	3	x	3				
	Mise en place de nouvelles infrastructures de production et d'utilisation d'énergie	8, et fiche infrastructure	x	2	2,8	4	4		8		6	8	x	8				
	Utilisation de production décentralisée		x								6							

## Bibliographie Secteur Energie

### [1] California Climate Change Center, CLIMATE CHANGE AND ELECTRICITY DEMAND IN CALIFORNIA, 2006

*Sujet et Résultat* : Dans ce rapport très simple, le California Climate Change center estime comment la demande en électricité pourrait répondre au changement climatique. Il estime que la demande d'électricité augmenterait nettement (notamment en pointe), en réponse à la demande de climatisation.

*Méthode* : Calcul des corrélations entre la température journalière mesurée en Californie et la demande totale et de pointe en électricité. Ces corrélations sont ensuite utilisées pour évaluer l'évolution des demandes en fonction de l'augmentation de température. Attention, cette méthode ne tient aucun compte de l'évolution possible des équipements, des comportements, des bâtiments (isolation, etc.) ou de l'urbanisme (parc, largeur des rues, etc.) en réponse à un changement des conditions climatiques. De plus, les autres facteurs climatiques (ensoleillement, vent, etc.) sont négligés.

### [2] Lafrance et Desjarlais, 2006, Impact socio-économique du changement climatique - La demande d'énergie, Rapport de Recherche, OURANOS

*Sujet et résultat* : Idem que [1], mais sur le Québec. Les conclusions sont une baisse attendue de la demande d'électricité, car la baisse de demande de chauffage l'emporte sur l'augmentation de demande de climatisation.

*Méthode* : idem que [1], mais ce rapport propose en plus des corrélations entre les degrés-jours et l'équipement en climatisation, tient compte de l'amélioration possible de l'efficacité énergétique, et traite de manière différenciée les secteurs résidentiel, industriel, et tertiaire, répondant ainsi à plusieurs limitations de l'étude précédente. Rapport très complet et détaillé.

### [3] Méthode proposée

Méthode générale pour évaluer les pertes d'infrastructure (énergie et autre, voir feuille « infrastructure ») dues à des atteintes directes (e.g., submersion par la montée du niveau de la mer).

De manière générale, l'évaluation du capital perdu (transport et cadre bâti) peut se faire par un mapping des zones potentiellement mises en danger par la montée du niveau de la mer ou par un autre risque (zones inondables) et des infrastructures installées.

Une fois les infrastructures menacées identifiées, il est possible de chiffrer leur valeur pour calculer un « scénario du pire », c'est-à-dire un scénario de « délocalisation » des infrastructures (c'est-à-dire de reconstruction totale).

Pour affiner l'estimation, on peut :

- Si les infrastructures menacées sont peu nombreuses, on peut développer des scénarios individuels de protection ou de déplacement qui peuvent être chiffrés ;
- Si elles sont trop nombreuses, on peut calculer un coût de protection sur quelques cas, et généraliser en supposant ces quelques cas significatifs.

Une illustration de cette méthodologie est proposée sur le patrimoine bâti de la ville de Copenhague dans la référence :

Hallegatte S., N. Patmore, O. Mestre, P. Dumas, J. Corfee Morlot, C. Herweijer, R. Muir Wood, 2008, Assessing Climate Change Impacts, Sea Level Rise and Storm Surge Risk in Port Cities: A Case Study on Copenhagen, OECD Environment Working Paper No. 3 ENV/WKP(2008)2

### [4] Méthode proposée

Méthode générale pour évaluer les pertes d'infrastructure (énergie et autre, voir feuille « infrastructure ») dues à des atteintes indirectes (e.g., ressources en eau insuffisantes).

Ici, on cherche à évaluer la valeur des infrastructures énergétiques dont l'usage est mis en danger par manque de ressource en eau, soit pour la source froide d'une centrale thermique, soit en tant que ressource primaire pour la production hydroélectrique.

Cette évaluation demande une évaluation de la ressource en eau annuelle totale moyenne et des niveaux d'étiage. Ces informations sont disponibles sur de nombreux bassins français dans le cadre de projets de recherche tels que GICC-Seine.

Il s'agit ensuite de savoir si le changement rend l'infrastructure inutilisable, cas évidemment extrême, ou il ne se traduit que par une productivité réduite. Ceci nécessite une modélisation de l'infrastructure elle-même, telle qu'en disposent les industriels qui opèrent ces infrastructures.

**[5] Markoff M.S., Cullen A.C., 2008, Impact of climate change on Pacific Northwest hydropower, Climatic Change, 87: 451-469**

*Sujet et résultat* : Evaluation de la perte de production hydroélectrique causée par la modification du climat. Le papier prédit une baisse de revenu du barrage d'entre 0 et 15% en 2020 et entre 0 et 30% en 2050.

*Climat* : quatre simulations sont utilisées, avec trois modèles et quatre scénarios d'émission : (1) modèle CSIRO-Mk2, Sc. B1 ; (2) modèle ECHAM4, Sc. B2 ; (3) modèle ECHAM4, Sc. A2 ; (4) modèle CCSR/NIES, Sc. A1FI.

*Méthode et modèles d'impact* : L'évaluation des pertes de production hydroélectrique (ou des pertes de production thermique liées à la manque de source froide) demande une évaluation de l'évolution de la ressource en eau. Cette information est disponible sur de nombreux bassins français dans le cadre de projets de recherche tels que GICC-Seine (dans la référence citée, ce calcul est fait à l'aide du modèle VIC et de scénarios climatiques). Ces variations de l'eau disponible peuvent ensuite être transformées en pertes de production en modélisant les réservoirs et leur gestion (e.g., avec les modèles opérationnels Genesys ou ColSim).

*Adaptation* : Des ajustements de la gestion de l'eau peuvent compenser ou annuler ces pertes et doivent donc être considérées, mais il faut prendre en compte les autres contraintes sur l'usage de l'eau (contrôle des inondations, irrigation, industrie, usage domestique). Des modifications des infrastructures peuvent être introduites, mais ce n'est pas le cas dans cette référence.

*Valorisation économique* : La valorisation de ces pertes de production est ensuite faite en utilisant le coût de remplacement de cette électricité (c'est-à-dire d'une électricité procurant des contraintes comparables).

**[6] Sailor D.J., Smith M., Hart M., 2008, Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States, Climatic Change, 33(11), 2393-2406**

*Sujet et résultat* : Ce papier estime l'impact du changement climatique sur la production éolienne dans le Nord-Ouest des USA. Il conclut que la production de printemps et d'été pourrait décroître de 40%, alors que la production d'hiver serait inchangée.

*Climat* : Ce papier utilise deux scénarios d'émission (SRES A1B et A2) et quatre modèles climatiques (ECHAM5/MPI-OM, GFDL-CM2.1, GISS-ER, and MRI-CGCM2.3.2).

*Méthode et modèles* : Cette étude nécessite :

(1) Une descente d'échelle et correction de biais des modèles, en raison des faibles performances des modèles pour reproduire les vents à petite échelle. Dans cette étude, ceci est fait par une méthode sophistiquée de « régime de temps » (dite CART).

Cette méthode permet d'avoir des projections concernant les vents locaux : ceci devrait se maintenir en hiver et diminuer de 4 à 6% en été.

(2) Une seconde descente d'échelle permet ensuite de passer du vent moyen sur une journée (fourni par le modèle) à un pas de temps horaire, nécessaire pour estimer les conséquences sur la production éolienne. Ceci est fait simplement par un facteur multiplicatif appliqué aux données horaires historiques.

(3) Une fonction simple permet ensuite de relier le vent horaire à la production électrique.

**[7] Rose A., Oladosu G., and Liao S., 2007, Business Interruption Impacts of a Terrorist Attack on the Electric Power System of Los Angeles: Customer Resilience to a Total Blackout, Risk Analysis 27(3), 513-531.**

*Sujet et résultat* : Ce travail analyse les conséquences secondaires d'une interruption de production électrique sur les autres secteurs économiques, dans le cas d'une attaque terroriste mais la méthode peut s'appliquer à d'autres types d'événement. Ce papier conclut que les effets secondaires de perturbations de la distribution d'électricité sont importants, mais peuvent être largement réduits par des actions décentralisées des utilisateurs d'électricité. Une coupure de deux semaines de l'approvisionnement électrique sur Los Angeles provoque ainsi une perte de \$20 milliards en l'absence d'ajustement et de \$3 milliards avec ajustement.

*Climat* : pas d'application à des événements météo ou climatique, mais la méthode serait identique.

*Modèle et méthode* : Ce travail utilise un modèle d'équilibre général calculable régional (sur la région de Los Angeles) pour évaluer les impacts secondaires.

**[8] Hallegatte S., Hourcade J.C., Ambrosi P., 2007, Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas, Climatic Change 82 (1-2), 47-60**

*Sujet et résultat* : Ce papier établit des scénarios de changement climatique pour Paris, en fonction du modèle climatique retenu et des stratégies d'adaptation mises en place (optimiste/pessimiste). Il conclut que le coût du changement climatique sur Paris dépend non seulement du changement de climat mais aussi des politiques d'adaptation mises en place de manière anticipée. Il propose des estimations simples et partielles des coûts d'adaptation (rénovation bâtiment et investissement dans le secteur électrique) et des impacts résiduels. Il met en évidence le risque de blocage dans des stratégies d'adaptation sous-optimales (climatisation) en l'absence d'anticipation.

*Climat* : Scénario d'émission A2 et deux modèles climatiques (Météo-France et Hadley Center).

*Méthode* : L'approche consiste à développer des scénarios d'adaptation (adaptation anticipée vs. Réactive ; basée sur des hypothèses pessimistes vs. optimistes) et à estimer les coûts d'adaptation et les impacts résiduels dans chacun des scénarios. Les coûts énergétiques sont évalués à partir de données sur les USA (en supposant que le taux d'équipement en climatisation en France s'approche de la valeur américaine).

**[9] Cartalis C., Synodinou A., Proedrou M., Tsangrassoulis A. and Santamouris M., 2001, Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region. Energ. Convers.Manage., 42, 1647-1656.**

*Sujet et résultat* : ce papier estime le changement de consommation énergétique dans le secteur résidentiel en Grèce en raison du changement climatique. Il trouve une diminution de 5 à 10% de la consommation pour le chauffage et une augmentation de 15 à 30% pour la climatisation. Le résultat est une stabilité de la consommation.

*Climat* : modèle climatique simplifié ESCAPE (développé par Université d'East Anglia) avec 5 scénarios d'émissions (BAU et stabilisation).

*Méthode et modèle* : ce papier utilise les CDD et HDD et quelques règles simples pour évaluer l'évolution de la demande de chauffage et climatisation.

### **[10] Méthode simple proposée**

On peut chercher à estimer deux des coûts principaux du changement climatique sur le secteur énergétique :

1/ les coûts d'infrastructure ;

2/ les surcoûts en termes d'augmentation du prix et de la consommation d'énergie (notamment surcoût opérationnel de production et variation de la demande) quand les infrastructures sont mises à niveau.

Pour ce faire :

1/ On évalue l'ensemble du capital installé dans le secteur énergétique (production, transport, etc.), et on se donne (dires d'experts) des hypothèses sur la fraction de ce capital à reconstruire ou à modifier. Le produit donne un coût en termes d'infrastructure (qui est un coût ponctuel). Ce type d'approche est présenté en plus de détail dans la fiche infrastructure.

2/ On évalue les variations possible de consommation énergétique (par exemple à l'aide de la méthode de CDD et HDD, cf. réf [9], ou par direx d'experts), et les surcoûts opérationnels possible (dires d'experts). Au premier ordre, le surcoût est alors le produit de la consommation actuelle par la variation de prix, plus le produit de la surconsommation par le prix actuel. Si la surconsommation est importante, elle induit des besoins d'investissement qu'il faut prendre en compte dans le 1.

## SECTEUR TOURISME

Scénario d'adaptation	Type et coût d'adaptation		Impacts résiduels présents ou futurs (2030, 2050 ou 2100)														
			Changements de destinations des touristes											Limites sur l'offre dues aux ressources en eau (lien avec la fiche eau)		Surcoûts opérationnels & pertes de capital	
			des modifications des conditions climatiques (y compris les extrêmes) (lien avec groupe risque)		des pertes de neige		des pertes de biodiversité, d'aménités naturelles (e.g., paysage) ou d'héritage culturel		des instabilités politiques		des prix plus élevés du transport						
			Mesures	Coûts	Sans regret ?	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé	Perte en flux financier	Perte ponctuelle de capital installé
Aucune				1, 3	1, 3	2	2	5	5								voir fiche
Spontanée	Neige artificielle	2	x			2	2										voir fiche infra
	Changement d'activité - Décalage de la saison		x	1	1	2	2	5	5								
	Diversification des activités		x			2	2	5	5								
	Gestion de crise - gestion des risques	lien avec groupe risque	SR			2	2	5	5								
	Développement de nouvelles régions touristiques -		x	3	3			5	5								
Planifiée	Communication & Education des acteurs		x			2	2										voir fiche infra
	Gestion de l'eau	voir fiche eau												voir fiche eau			
	Climate-proofing des infrastructures touristiques	voir fiche infrastructure	x														
	Modification des normes et règles d'investissement	voir fiche infrastructure	x	3	3	2	2	5	5								

## Bibliographie Secteur Tourisme

**[1] Amelung B. et al., 2007, 'Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality', *Journal of Travel Research*, 45 (3), pp. 285–296**

Calcul par région du nombre de mois où le climat est « bon » pour le tourisme, évaluation du changement de saisonnalité du tourisme.

*Climat* : Scénario SRES A1F et B1A, modèle climatique du Hadley Center (HadCM3) à basse résolution.

*Méthode* : Utilise un indice (simple) de « confort touristique », le *Tourism Climatic Index* (TCI) :

$$TCI = 4CID + CIA + 2R + 2S + W$$

CID = 'daytime comfort index', CIA = 'daily comfort index', R = precipitation, S = sunshine, and W = wind speed. La valeur maximale de l'indice est 100.

**[2] Abegg B. et al., 2007, 'Climate Change Impacts and Adaptation in Winter Tourism', in S. Agrawala (Ed.), *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris*, pp. 25–60.**

*Sujet et résultats* : Evaluation des conséquences du changement climatique sur les Alpes.

Ce rapport utilise la « règle de 100 jours » : une station de ski peut fonctionner si elle dispose d'une couverture neigeuse satisfaisante 100 jours par an. Ceci correspond à une altitude de 1200m en Isère, Savoie et Haute Savoie et de 1500m dans la Drôme, les Hautes Alpes, les Alpes de Haute Provence, et les Alpes Maritime. Ces niveaux vont passer, respectivement, à 1 350m et 1650m pour un réchauffement de 1°C et à 1800 et 2100m pour un réchauffement de 4°C. Le nombre de zones skiables passerait donc de 148 en France aujourd'hui à 123 pour un réchauffement de 1°C et à 55 pour un réchauffement de 4°C.

Au premier ordre, on peut supposer que les revenus évoluent de la même façon.

Le rapport propose également des stratégies d'adaptation, ainsi que des coûts d'investissement et de fonctionnement de production de neige artificielle, et de consommation d'eau.

**[3] Hamilton J. M. et al., 2005a, 'Effects of Climate Change on International Tourism', *Climate Research*, 29, pp.245–254.**

Modèle statistique liant le nombre de touristes aux conditions locales (présence d'une côte, richesse, etc.) et conditions climatiques (température et précipitation). On utilise ensuite cette relation pour estimer les impacts du changement climatique.

Cette méthode donne un résultat en termes de perte en nombre de touriste.

Ce résultat peut être transformé en perte annuelle monétaire par trois méthodes :

- (i) en estimant le revenu tiré d'un touriste. Cette information existe souvent car elle est utilisée dans des études économiques sur les investissements en infrastructure touristique ;
- (ii) en utilisant un modèle économique national ou régional (modèle d'entrée-sortie ou modèle d'équilibre général) pour estimer comment les effets se propagent (voir référence [4]) ;
- (iii) en l'absence d'une estimation du revenu touristique, on peut utiliser la valeur ajoutée du secteur touristique dans une région/pays et la diminuer (respectivement l'augmenter) de la proportion de touriste en moins

(resp. en plus). Cette méthode « oublie » les effets indirects sur l'économie, il faut donc préférer la première.

Ce résultat peut également être transformé en perte de capital installé en réalisant un inventaire des infrastructures touristiques (au sens large, comprend les infrastructures classiques de transport, d'eau, d'énergie, le bâtiment, et le capital spécifiquement lié au tourisme comme les remontées mécaniques) liées à une activité (e.g., le ski), en calculant sa valeur totale, et en la faisant diminuer (ou augmenter) en fonction de proportion de touristes en moins (ou en plus). [lien avec la fiche infrastructure].

Problème : ces études sont faites à l'échelle d'un pays, malgré les différences climatiques dans les pays (+2°C n'a pas les mêmes conséquences sur PACA et la Bretagne).

Méthode relativement simple et d'application rapide si les données sont disponibles (c'est-à-dire les flux de touriste entrant par région sur un domaine suffisamment varié de climat (probablement au moins sur l'Europe)).

**[4] Berrittella M. *et al.*, 2006, 'A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism', *Tourism Management*, 27, pp. 913–924. disponible sur <http://www.feem.it/NR/rdonlyres/4D2E2D7C-A833-49FE-97D9-699653D85A1F/1315/12706.pdf>**

Utilisation d'un modèle économique (ici un modèle d'équilibre général mondial) pour estimer comment les effets du changement climatique sur le tourisme se propagent dans l'ensemble de l'économie. Il existe aussi des modèles d'entrée-sortie régionaux pour faire ce travail.

#### **[5] Méthode proposée**

Dans une région, il est possible d'estimer - par dire d'experts - la proportion de touristes venant pour un motif particulier qui est menacé (e.g., écosystème particulier comme en Camargue), estimer le risque de disparition ou de dommage à ce motif pour estimer les pertes potentielles en nombre de touristes. Ensuite, on se ramène à aux références [3,4] pour estimer la perte financière.

**[6] Organisation Mondiale du Tourisme, *Climate Change and Tourism: Responding to the Global*, disponible sur <http://pub.unwto.org:81/epages/Store.sf/?ObjectPath=/Shops/Infoshop/Products/1455/SubProducts/1455-1>**

**Dubois G. et Ceron J.-P., 2006, ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DEVELOPPEMENT DURABLE DU TOURISME, disponible sur <http://www.tec-conseil.com/spip.php?rubrique5>**

Revue de littérature utile pour les stratégies d'adaptation, mais pas de méthodologie particulière ou de chiffrage économique.

## SECTEUR INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET CADRE BATI

Scénario d'adaptation	Type et coût d'adaptation			Impacts résiduels à différentes échéances (2030, 2050, 2100)																Impacts secondaires sur l'économie	Modification de la demande en transport
	Mesures	Coût (y compris aménités, attractivité & biodiversité)	Sans regret ?	Transport routier			Transport ferroviaire			Transport maritime et fluvial			Transport aérien			Cadre bâti *					
				Pertes annuelles d'exploitation (y compris surcoûts opérationnels et maintenance)	Pertes ponctuelles de capital installé (ex: infrastructure submergée par montée du niveau moyen de la mer)	Pertes annuelles moyennes d'exploitation liées aux situations extrêmes (canicule, tempêtes, inondations, vague de froid, glissements de terrain...)	Pertes annuelles d'exploitation (y compris surcoûts opérationnels et maintenance)	Pertes ponctuelles de capital installé (ex: infrastructure submergée par montée du niveau moyen de la mer)	Pertes annuelles moyennes d'exploitation liées aux situations extrêmes (canicule, tempêtes, inondations, vague de froid, glissements de terrain...)	Pertes annuelles d'exploitation (y compris surcoûts opérationnels et maintenance)	Pertes ponctuelles de capital installé (ex: infrastructure submergée par montée du niveau moyen de la mer)	Pertes annuelles moyennes de production liées aux situations extrêmes (ex: tempêtes)	Pertes annuelles d'exploitation (y compris surcoûts opérationnels et maintenance)	Pertes ponctuelles de capital installé (ex: infrastructure submergée par montée du niveau moyen de la mer)	Pertes annuelles moyennes de production liées aux situations extrêmes (ex: tempêtes)	Pertes annuelles d'exploitation (y compris surcoûts opérationnels et maintenance, mais hors énergie)	Pertes ponctuelles de capital installé (ex: bâtiments submergés par montée du niveau moyen de la mer)	Pertes annuelles moyennes de production liées aux situations extrêmes (ex: tempêtes)			
Aucune				2, 4	1, 5, 17	1, 3, 6, 17	4	1, 5, 17	1, 3, 6, 13, 17	8	17	13, 17		6, 17	17		15, 16, 17	7, 9, 10, 12, 15, 16, 17	14, 15, 16	2, 8	
Spontanée	Modification de la maintenance et de l'exploitation des infrastructures (de transport)	2	x	2, 4		4	4		4			4							14, 15, 16		
	Amélioration de la prévision et de la gestion des crises	19, et lien avec groupe risque	SR										19						19		
Planifiée	Modification des normes et des techniques de construction	1, 5	x		1, 5	1		1, 5	1, 3												
	Construction et renforcement d'infrastructures de protection	15, 16, 18	x		17	3, 6, 17		17	3, 6, 17	8	17	17		17	17		15	9, 10, 15, 16			
	Construction de nouvelles infrastructures de transport (ou remise à niveau)	6	x		6, 17	3, 6, 17		6	3, 6		6	6		6					14, 15, 16		
	Délocalisation des infrastructures les plus menacées	17	x		17	17		17	17		17	17		17	17		15, 17	15, 17			
	Restriction du développement dans les zones les plus menacées (non directement applicable en "économie résiliente")			x																	

\* Tout ce qui concerne les risques liés aux inondations est en lien avec les groupes de travail sur les risques naturels et sur l'eau

## Bibliographie Secteur Infrastructures de transport et cadre bâti

[1] Kinsella Y. et McGuire F., 2005, **Climate change uncertainty and the state highway network: A moving target.** Transit New Zealand. [http://www.transit.govt.nz/content\\_files/news/ConferencePaper36\\_PDFFile.pdf](http://www.transit.govt.nz/content_files/news/ConferencePaper36_PDFFile.pdf).

*Sujet et Résultat* : Ce rapport estime le coût approximatif d'adaptation des ponts existant en Nouvelle Zélande à des précipitations accrues causées par le changement climatique ainsi que la rentabilité économique de prendre en compte dès maintenant ces précipitations accrues dans la construction des nouveaux ponts.

*Climat* : Ce rapport ne s'intéresse qu'au risque d'inondation accru dû au changement climatique. Il suppose une augmentation de 40% des précipitations extrêmes, et qu'en conséquence la hauteur d'eau par rapport à laquelle dimensionner les ponts doit aussi augmenter de 40%.

*Modèles d'impact* : Le rapport compare pour un pont donné les prix de construction avec un dimensionnement habituel, avec un dimensionnement adapté au changement climatique, puis le prix pour passer de l'un à l'autre pour un pont déjà existant. Il suppose que le prix pour adapter chacun des ponts va être le même. Ensuite, il pondère ces coûts par la valeur actualisée moyenne de reconstruction du pont après destruction par une catastrophe.

[2] Austroads Inc. 2004, **Impact of Climate Change on Road Infrastructure.** Austroads Incorporated. [http://www.onlinepublications.austroads.com.au/script/FreeDownload.asp?DocN=AR000048\\_0904](http://www.onlinepublications.austroads.com.au/script/FreeDownload.asp?DocN=AR000048_0904).

*Sujet et Résultat* : Ce rapport estime l'évolution du trafic de voyageurs, du trafic de fret, ainsi que l'impact du changement climatique sur l'état des chaussées et le coût accru de maintenance.

*Climat* : Le modèle AOGCM du CSIRO australien est utilisé, avec le scénario d'émissions A2. Les données sont ensuite utilisées pour calculer l'indice de Thornthwaite (fonction des précipitations, températures et de l'évaporation potentielle).

*Modèles d'impact* : en se basant sur des prévisions extérieures sur l'évolution de la répartition de la population, ce rapport estime tout d'abord la future demande de transport (il utilise pour cela un modèle gravitaire). Il calcule ensuite le trafic de voyageurs en se basant sur des prévisions de nombre de véhicules par foyer et le trafic de fret en se basant sur des prévisions sur la demande de fret par personne et la contenance des véhicules de fret.

Il modèle ensuite l'usure et l'entretien des chaussées à l'aide des modèles standard HDM4 et PLCC, en se basant sur les prévisions de trafic précédentes et les indices de Thornthwaite.

Entre aujourd'hui et 2100, il trouve une augmentation des frais de maintenance pouvant aller jusqu'à 108%, mais l'essentiel de ce changement provient de l'augmentation de la population, et seule une très faible part des effets du changement climatique.

[3] Suarez P., Anderson W., Mahal V., and Lakshmanan T.R., 2005, **Impacts of Flooding and Climate Change on Urban Transportation: A Systemwide Performance Assessment of The Boston Metro Area.** Elsevier Transportation Research Part D 10. Pages 231-244.

*Sujet et Résultat* : Cet article étudie l'influence des inondations sur les retards liés au transport et les impossibilités de se déplacer dans les villes.

*Climat* : cet article étudie le cas d'inondations de périodes de retour 100 ou 500 ans, et de différents types (côtières, fluviales, ou combinaison des deux).

*Modèles d'impact* : Cet article utilise le modèle standard UTMS qui détermine le trafic sur un réseau de transport urbain. Il détermine le nombre de voyages annulés à cause d'une inondation en utilisant le modèle pour la ville dans son état normal, puis en supposant qu'il y a une inondation et que toutes les parties inondées de la ville ne permettent pas le transport.

La conclusion de ce rapport est que les impacts du changement climatique seront importants (doublement des retards et des annulations de voyages), mais ne semblent pas être suffisants pour justifier une adaptation des infrastructures physiques, à l'exception de quelques maillons clefs.

**[4] OFCM, 2002, Weather Information for Surface Transportation: National Needs Assessment Report. Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, 302 pp., [http://www.ofcm.gov/wist\\_report/wist-report.htm](http://www.ofcm.gov/wist_report/wist-report.htm)**

*Sujet et Résultat* : Document faisant la synthèse de témoignage sur la manière dont les conditions météorologiques affectent la gestion ou l'utilisation des transports aux Etats-Unis. Contient une indication de certains seuils de conditions météorologiques à partir desquels il y a des impacts notables sur les infrastructures de transport :

- la plupart des activités de transports terrestres sont stoppées lorsque les vents sont supérieurs à 50 miles par heure ;
- les voies de chemin de fer doivent être inspectées lorsque la température devient supérieure à 90°F ;
- des variations de températures de 30°F requièrent également une même inspection ;
- il en va de même si les rails acquièrent une température supérieure à 110°F ;
- les précipitations neigeuses peuvent nuire au transport ferroviaire s'il tombe plus de 6 inches de neige ;
- la navigation maritime commence à être difficile lorsque le vent dépasse 20 nœuds ou lorsque les vagues font plus de 4 pieds de haut, et est impossible lorsque le vent dépasse 30 nœuds.

Pas d'estimation économique, mais peut servir de base à une analyse économique.

**[5] Larsen P., Goldsmith O.S., Smith O.P., et coll., 2007, Estimating Future Costs for Alaska Public Infrastructure at Risk from Climate Change. Institute of Social and Economic Research, University of Alaska Anchorage. <http://www.uaf.edu/accap/documents/Full%20Report%20ICLE.pdf>.**

*Sujet et résultat* : Cet article étudie le coût de remplacement des infrastructures en Alaska, dans un cadre de changement climatique. Il s'intéresse surtout aux effets de la fonte du permafrost. Compte tenu des différences avec la France, un transfert de valeur est impossible, mais l'article propose une méthodologie intéressante.

*Climat* : L'article prend en compte les variations de la température et de la pluviométrie moyennes annuelles, ainsi que la variation dans la variabilité des températures et des précipitations. Trois modèles climatiques différents sont utilisés pour tenir compte de l'incertitude.

*Modèles d'impact* : Cette étude part d'un inventaire complet (physique et valeur de construction) de toutes les infrastructures d'Alaska. Ensuite, il utilise des hypothèses ad hoc (qu'il faudra changer *a priori* dans le cas de la France) sur l'impact des variations du climat sur les durées de vie des infrastructures et sur le coût de remplacement des infrastructures. Par exemple, la durée de vie d'une infrastructure en zone inondable est réduite de 3% par cm de précipitation supplémentaire. Aussi, il suppose que la durée de

vie peut être ramenée à sa valeur initiale si des mesures d'adaptation sont implémentées, le coût de construction est alors augmenté de 5%.

En partant d'un inventaire des infrastructures existantes, il détermine ensuite le coût dû à l'usure prématurée des infrastructures et le compare au coût de l'adaptation.

**[6] U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, CCSP, 2008, Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I, Department of Transportation, Washington, DC, USA., <http://www.climatescience.gov/Library/sap/sap4-7/final-report/>.**

*Sujet et résultat* : Analyse très détaillée des impacts potentiels du changement climatique dans la région du golfe aux USA. Peu d'analyse du coût, mais contient notamment des ordres de grandeurs utilisables en France :

- les coûts pour remplacer des voies de chemin de fer varient entre 0,3 et 1,9 million \$ par km ;
- 50 millions \$ pour réhabiliter 320 km de routes abimées par une inondation prolongée ;
- une estimation de la longueur à rajouter aux pistes de décollage.

*Climat* : Se base sur les scénarios B1, A1B, A2 et A1F1, et utilise les résultats de 21 modèles météorologiques.

**[7] Klawns M. et Ulbrich U., 2003, A model for the estimation of storm losses and the identification of severe winter storms in Germany. Natural Hazards and Earth System Sciences 3: 725-732.**

*Sujet et résultat* : Cet article présente une formule permettant d'évaluer le montant du risque de dommages (en Allemagne) liés aux tempêtes en fonction du vent maximum. Il propose une relation entre vitesse du vent et montant des dommages qui peut être réutilisée. D'après les modèles climatiques, cependant, les vents ne devraient pas augmenter de manière importante en raison du changement climatique en métropole, et cette question semble secondaire. Ce n'est pas le cas dans les DOM-COM, en raison de la présence de cyclone tropicaux.

**[8] Lonergan S., Difrancesco R. et Woo M.K., 1993, Climate change and transportation in Northern Canada: an integrated impact assessment. Climatic Change 24, no. 4: 331-351. doi:10.1007/BF01091854.**

*Sujet et résultat* : Cet article étudie entre autres le changement de mode de transport pour le fret. Dû au réchauffement des températures, les voies navigables canadiennes seront en effet libres de glace pendant plus longtemps, ce qui permettra un fret accru par barges. En France, la situation attendue est inverse : on s'attend à une diminution du transport par barges, mais la méthode utilisée ici peut être utilisée dans ce cas également.

*Climat* : Cet article assez ancien utilise un modèle météorologique statistique développé pour l'occasion, aucune référence aux scénarios GIEC.

*Modèles d'impact* : Tout le fret qui ne peut plus être transporté par voie navigable est transporté par voie routière et aérienne (la répartition entre les deux est faite de telle sorte que le pourcentage d'augmentation du trafic soit le même pour les deux).

**[9] Evans E., Ashley R., Hall J., Penning-Rowsell E., Saul A., Sayers P., Thorne C. and Watkinson A., 2004, Foresight. Future Flooding. Scientific Summary: Volume I Future risks and their drivers. Office of Science and Technology, London.**

*Sujet et résultat* : Ce document indique le montant probable des dommages liés aux crues causées par le changement climatique.

*Climat* : Il utilise les scénarios du United Kingdom Climate Change Programme 2002, traduis en termes de risque de crues par le modèle RASP (dont aucune description n'est disponible).

*Modèles d'impact* : Il utilise le modèle RASP (non public) qui, à partir d'informations géographiques sur les ouvrages de protection et les ouvrages protégés donne les risques de dommages en cas de crue.

**[10] Climate Risk Management and Metroeconomica, 2005, Financial Risks of Climate Change – Summary Report. The Association of British Insurers (ABI), June.**

*Sujet et Résultat* : cet article s'intéresse (entre autres) aux pertes dues aux vents extrêmes, aux inondations, et à la subsidence, en Europe, aux Etats-Unis et au Japon.

*Climat* : Ce rapport utilise des « stress test » basés sur des hypothèses *ad hoc*. Par exemple, il suppose une augmentation de 20% de la fréquence des tempêtes de période de retour 20 ans ou moins.

*Modèles d'impact* : Cet article utilise les modèles (propriétaires) d'AIR-worldwide et de RMS pour déterminer les pertes dues aux vents extrêmes.

*Exemple de résultat* : Avec une hypothèse d'augmentation de 20% de la fréquence des tempêtes (très contestable compte tenu des résultats récents des modèles climatiques), les coûts annuels augmenteraient de 65% au RU (de £16 à £26 milliards).

*Exemple de résultat* : Le rapport estime les coûts et bénéfice de mesure d'adaptation contre la subsidence (ex : fondations plus profondes). Cette estimation est faite par un bureau d'étude (Metroeconomica) avec des méthodes non-précisées.

**[11] Swiss Re, 2000, Storm Over Europe: An Underestimated Risk. Swiss Re. [http://www.swissre.com/pws/research%20publications/risk%20and%20expertise/risk%20perception/storm over europe an underestimated risk.html](http://www.swissre.com/pws/research%20publications/risk%20and%20expertise/risk%20perception/storm%20over%20europe%20an%20underestimated%20risk.html).**

*Sujet et Résultat* : cet article s'intéresse aux pertes dues aux vents extrêmes, en Europe.

*Climat* : Il s'agit d'une analyse du risque actuel et en particulier du cas de la tempête Lothar.

*Modèles d'impact* : Cet article utilise le modèle (propriétaire) Eurowind (Swiss Ré/EQecat) pour déterminer les pertes dues aux vents extrêmes

**[12] Munich Re, 2002, Winter storms in Europe (II)-Analysis of 1999 losses and loss potentials. Munich Re Group, Munich. [http://www.naturgefahren.ch/ressources/planat product en 1067.pdf](http://www.naturgefahren.ch/ressources/planat_product_en_1067.pdf).**

*Sujet et Résultat* : cet article s'intéresse aux pertes dues aux vents extrêmes, en Europe. Il aborde le cas du changement climatique d'une manière méthodologique, mais ne propose pas de résultat chiffré.

*Climat* : Ce rapport utilise des « stress test » basé sur des hypothèses *ad hoc*. Par exemple, il suppose une augmentation de la fréquence des tempêtes de 50% et une augmentation de l'intensité maximale des vents de 10%.

*Modèles d'impact* : Cet article utilise un modèle développé par Munich Re pour déterminer les pertes dues aux vents extrêmes. Les résultats sont illustrés par une courbe perte-période de retour, qui n'est pas réutilisable.

**[13] Grenzeback L.R. et Lukmann A.T., 2008, Case Study of the Transportation Sector's Response to and Recovery from Hurricanes Katrina and Rita. <http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=864531>.**

*Sujet et résultat* : Propose un décompte du coût des ouragans Katrina et Rita aux Etats-Unis :

- il a fallu 500 millions de dollars pour réparer 65 km de voies ferrées et 5 ponts ;
- 250 millions pour réparer le port de Gulfport ;
- 30 millions pour le port de Mobile ;
- 350 millions pour déplacer les infrastructures du port de la Nouvelle Orléans.

**[14] Cho S., Gordon P., Moore II J. E., et coll., 2001, Integrating Transportation Network and Regional Economic Models to Estimate the Costs of a Large Urban Earthquake. Journal of Regional Science 41, no. 1: 39-65.**

*Sujet et Résultat* : cet article présente un modèle estimant l'impact indirect sur l'économie d'une catastrophe naturelle affectant le système de transport urbain.

*Climat* : cet article s'appuie sur l'exemple de destructions causées par un tremblement de terre, mais est aisément transposable à toute autre catastrophe naturelle.

*Modèle d'impact* : Il utilise le modèle SCPM2, qui s'appuie sur la répartition spatiale des activités, du système de transport, et de données sur le commerce entre les différents secteurs marchands. Pour chaque zone considérée, ce travail demande donc un travail de recueil de données et de modélisation très important.

**[15] Hallegatte S., Patmore N., Mestre O., Dumas P., Corfee Morlot J., Herweijer C., Muir Wood R., 2008, Assessing Climate Change Impacts, Sea Level Rise and Storm Surge Risk in Port Cities: A Case Study on Copenhagen, OECD Environment Working Paper No. 3 ENV/WKP(2008)2**

*Sujet et Résultat* : Ce rapport propose une évaluation du coût de la montée du niveau de la mer à Copenhague, en tenant compte de l'effet des tempêtes ; il propose une évaluation du coût de protection et une analyse du niveau optimal de protection. Le rapport conclut qu'en l'absence de mise à niveau des protections, les coûts exploseraient pour atteindre plusieurs milliards d'euros par an. La protection coûterait quelques centaines de millions d'euros, auxquels il faut ajouter les coûts de maintenance et les coûts non-monétaires (esthétique et modification du centre historique).

*Climat* : le rapport suppose une augmentation du niveau de la mer d'entre 25 et 125 cm.

*Méthode et modèles d'impact* : le rapport utilise une analyse géographique en superposant des données d'élévation et des données sur la valeur des bâtiments installés (données issues du secteur de l'assurance), pour évaluer la valeur du patrimoine « à risque » d'inondation (à partir de données sur les tempêtes à Copenhague). Il estime ensuite à l'aide de courbe de vulnérabilité (issues du secteur de l'assurance) les pertes occasionnées par une inondation de tempête. Puis il évalue les conséquences économiques secondaires (perte d'emplois, etc.) à l'aide d'un modèle économique régional développé spécifiquement sur cette région (ARIO-Copenhague). Les coûts de protection (tirés d'études anglaises) sont ensuite comparés à ces pertes potentielles pour déterminer un niveau de protection optimal.

**[16] Hallegatte S., 2006, A Cost-Benefit Analysis of the New Orleans Flood Protection System. Regulatory Analysis 06-02. AEI-Brookings Joint Center, Mar 2006.**

*Sujet et Résultat* : ce rapport propose une évaluation des bénéfices d'une protection de la Nouvelle Orléans contre les cyclones de catégorie 5. Il montre que les bénéfices dépassent les coûts (30 milliards de \$) seulement si le changement climatique fait

augmenter la fréquence des cyclones de catégorie 5 et si les coûts indirects sont pris en compte.

*Méthode* : ce rapport utilise le coût de Katrina pour estimer les pertes directes, estime les pertes indirectes par une méthode simple basée sur le temps estimé de reconstruction, et réalise une analyse coût-bénéfice d'une protection contre les cyclones de catégorie 5.

### **[17] Méthode générale**

De manière générale, l'évaluation du capital perdu (transport et cadre bâti, mais aussi énergie et industrie) peut se faire par un *mapping* des zones potentiellement mises en danger par la montée du niveau de la mer ou par un autre risque (zones inondables) et des infrastructures installées.

**IMPORTANT** : Ceci nécessite un inventaire complet des infrastructures installées.

Une fois les infrastructures menacées identifiées, il est possible de chiffrer leur valeur pour calculer un « scénario du pire », c'est-à-dire un scénario de « délocalisation » des infrastructures (c'est à dire de reconstruction totale).

Pour affiner l'estimation, on peut :

- Si les infrastructures menacées sont peu nombreuses, on peut développer des scénarios individuels de protection ou de déplacement qui peuvent être chiffrés ;
- Si elles sont trop nombreuses, on peut calculer un coût de protection sur quelques cas, et généraliser en supposant ces quelques cas significatifs.

Une illustration de cette méthodologie est proposée sur la ville de Copenhague dans la référence [15].

### **[18] CETMEF, 2002, Analyse des coûts des différents ouvrages de défense contre la mer réalisés sur le littoral français, par M. Igigabel**

Ce rapport présente les coûts de différents ouvrages de défense déjà implantés sur le littoral français, il fournit des ordres de grandeur des coûts de protection.

A partir de cette information, une estimation de coût de protection (*i.e.* d'adaptation) peut être réalisée à partir d'une estimation de la longueur de littoral à protéger.

La longueur à protéger peut s'estimer en évaluant les portions de littoral sur lesquels le patrimoine installé dépasse une certaine valeur : on suppose alors que toutes ces portions devront être protéger.

Attention : les spécialistes attirent systématiquement l'attention sur les difficultés techniques et les effets secondaires des protections côtières. Aussi, l'accès aux ports demande des investissements spécifiques et coûteux. Finalement, les ouvrages de protections ont des effets négatifs sur l'attractivité (touristique) et sur les aménités (plages, etc.), ainsi que sur la biodiversité. Ces coûts secondaires pourraient être significatifs et ne doivent pas être oubliés.

### **[19] Hallegatte S., 2009, Une évaluation de la valeur économique de l'information météorologique. Disponible sur [www.centre-cired.fr](http://www.centre-cired.fr).**

**Carsell K.M., Pingel N.D., Ford D.T., 2004, Quantifying the Benefit of a Flood Warning System. Nat. Hazards Rev, 5(3), 131–140**

**Leigh R.J., 1995, Economic benefits of Terminal Aerodrome Forecasts (TAFs) for Sydney Airport, Australia. Meteorological Applications, 2, 239-247.**

Cette note présente une évaluation de la valeur économique des informations météorologiques (observations, prévision à courte échéance, prévisions saisonnières et

climatiques, etc.). Elle contient en particulier une revue de littérature sur l'utilisation des prévisions pour (i) réduire le coût des inondations et tempêtes ; (ii) optimiser la production industrielle, la production d'énergie, et les moyens de transport.

Ainsi, d'après les experts cités par Carsell, une alerte produite 48 heures avant une inondation permet de réduire ses dommages de plus de 50%, grâce à la préparation de la zone touchée (surélévation des meubles et des voitures, calfeutrage des portes et fenêtres, mise à l'abri des objets de valeurs, mise à l'abri des documents et données par les entreprises).

Aussi, Leigh évalue les bénéfices liés aux prévisions météorologiques sur un site aéroportuaire Australien. Il trouve une valeur de 6,9 millions de dollars australiens par an, c'est-à-dire environ 5 millions de dollars américains par an.

## **[20] Méthode proposée**

Une estimation de l'impact du changement climatique sur les infrastructures peut se faire par une méthode simplifiée basée sur des évaluations sectorielles ou des dires d'experts (en l'absence d'étude plus poussée). Cette méthode fait en trois phases :

- (i) Constitution d'un inventaire des infrastructures présentes et du flux annuel d'investissement dans les infrastructures, dans plusieurs catégories (production d'énergie, transport d'énergie, transport par route, etc.).
- (ii) Estimation des pertes annuelles : Evaluation des surcoûts d'investissement dans chaque catégorie et de la perte de productivité des infrastructures dans chaque catégorie. La somme par catégorie donne alors les pertes annuelles à une échéance donnée.
- (iii) Estimation des pertes ponctuelles : Evaluation de la proportion des infrastructures de chaque catégorie qui est exposé à un risque lié au changement climatique (montée du niveau de la mer, zone inondable, etc.) ; puis évaluation du surcoût de protection ou de la proportion de capital perdu. La somme par catégorie et par type d'impact donne alors les pertes ponctuelles à une échéance donnée.

## C.5 Dénombrement simplifié des épisodes de canicule

### C.5.1 Limites des méthodes basées sur les tendances trimestrielles et les dénombrements simples

Tableau 1 - Rappel des limites identifiées

Principe	Limites
Extrapolation des fréquences des canicules futures sur la base de la tendance de la hausse des températures du trimestre d'été	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le lien entre moyennes des températures trimestrielles estivales et augmentation de la fréquence des canicules n'est pas avéré. La méthode est donc contestable.</li> </ul>
Dénombrement des canicules sur la base des modélisations d'Arpège	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule résolution d'Arpège est à notre disposition ce qui rend trop incertain l'exploitation des données pour les horizons de moyen terme (avant 2050) ;</li> <li>Effet de seuil annuel fort et pas de données en fréquence.</li> </ul>

### C.5.2 Modélisations simplifiées proposées au groupe méthodologie

Les méthodes proposées ci dessous sont à contextualiser au vu des capacités disponibles et des délais impartis :

- le groupe ne dispose que d'un seul modèle avec une seule résolution ;
- le groupe ne dispose que d'un temps très limité pour le traitement des données.
  - Données de canicules extraites du modèle Arpège*

On a dénombré les événements de type caniculaire 2003 sur Arpège pour les scénarios A2 et B2. Le critère de détermination de la canicule est basé sur une restriction de l'indice Stardex<sup>2</sup> :

- Critère 1 : 12 jours consécutifs dépassant d'au moins 5°C la moyenne ;
- Critère 2 : 11 jours consécutifs dépassant d'au moins 8°C la moyenne.

La canicule de 2003 répond à ces deux critères de durée et d'intensité. Le critère 2 est plus restrictif que le critère 1, on peut donc interpréter ces deux critères comme les bornes d'un intervalle de ciblage des épisodes de canicule<sup>3</sup>.

Tableau 2 - comptages des « canicules » sur Arpège par intervalle de vingt ans

A2	2011-2030	2021-2040	2031-2050	2041-2060	2051-2070	2061-2080	2071-2090	2081-2100
12j; 5°C	0	0	2	2	4	7	10	24
11j; 8°C	0	0	0	0	2	2	1	7
B2	2011-2030	2021-2040	2031-2050	2041-2060	2051-2070	2061-2080	2071-2090	2081-2100
12j; 5°C	0	1	2	1	4	8	7	6

Zone de moindre incertitude

<sup>2</sup> Une forte chaleur selon Stardex correspond à 5 jours consécutifs dépassant d'au moins 5°C la moyenne.

<sup>3</sup> Comme indiqué dans de précédents travaux du groupe, il n'y a pas de définition standardisée de la canicule. Les critères choisis ici pour la caractériser sont donc imparfaits mais destinés à palier le manque de définition.

11j; 8°C	0	0	0	0	0	1	2	1
----------	---	---	---	---	---	---	---	---

*N.B.* : il peut y avoir plusieurs épisodes pour une même année, ce qui explique le chiffre de 24 épisodes en 20 ans.

- Régression linéaire sur la moyenne 2071-2100

Le nombre d'épisodes de canicules étant plus important en fin de siècle, l'incertitude sur les résultats d'Arpège est plus faible. L'idée est de calculer la fréquence moyenne des canicules dénombrées sur les 30 dernières années du modèle pour minimiser les risques d'erreurs.

Partant du principe que le nombre de canicule va augmenter dans le temps, on trace une droite entre la fréquence actuelle des canicules (on pose que la canicule de 2003 est une centennale) et celle calculée pour 2085<sup>4</sup>.

- **Avantage** : se base sur des données d'incertitude minimale ;
- **Inconvénient** : le mode linéaire est très simplificateur.
- Régression sur les moyennes sur 20 ans pour 2070, 2080 et 2090

Partant du même principe que les risques d'erreurs du modèle sont plus faibles dans les dernières années du siècle, on calcule des fréquences sur 20 ans à trois horizons (2070, 2080 et 2090) pour avoir 3 valeurs dans la période où l'incertitude est plus faible: on espère ainsi avoir un design plus précis de la variation des canicules dans le temps.

On cherche ensuite la courbe de régression entre ces trois moyennes de fin de siècle et la fréquence moyenne actuelle de canicule (on pose que la canicule de 2003 est une centennale).

- **Avantage** : permet d'avoir une courbe de croissance plus progressive (non linéaire) ;
- **Inconvénient** : les moyennes glissantes sur 20 ans sont plus incertaines qu'une seule moyenne sur 30 ans.

### C.5.3 Test pratique des options proposées

On obtient les résultats graphiques suivants<sup>5</sup> :

---

<sup>4</sup> 2085 correspond au centre de l'intervalle 2071-2100 choisi pour le calcul de la fréquence moyenne

<sup>5</sup> On a choisi des régressions exponentielles car elles présentaient le R<sup>2</sup> le plus élevé ainsi qu'une positivité constante des valeurs : la modélisation de fréquences négatives n'aurait eu aucune utilité.

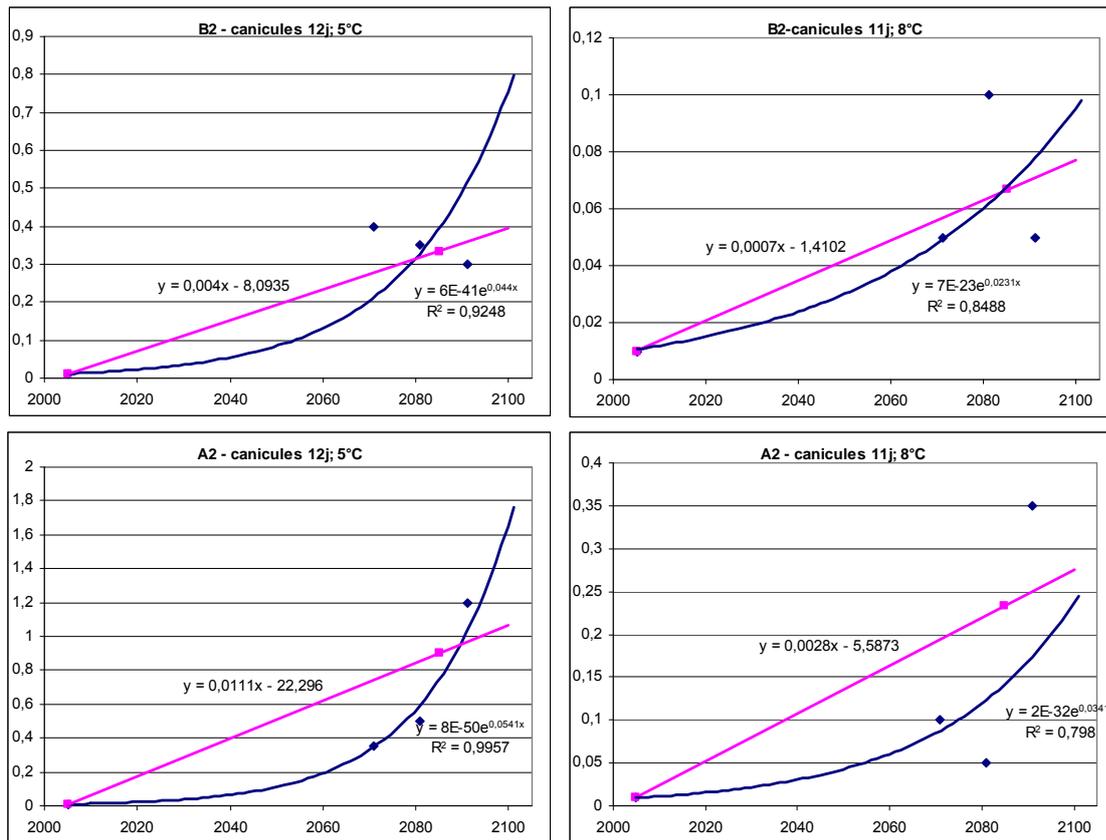


Figure 1 – Test pratique des options proposées

Trois constats immédiats s’imposent :

- les deux méthodes donnent des résultats assez différents ;
- les différences sont particulièrement marquées dans la zone de plus forte incertitude de notre modèle Arpège (i.e. ante 2070), notamment pour le scénario A2 ;
- même en fin de siècle, les moyennes calculées donnent des résultats peu intuitifs (diminution de la fréquence de canicules modélisées dans certains scénarios).

Le graphique ne semblant pas en mesure de discriminer la meilleure approche pour la zone d’incertitude, on propose de tester les valeurs modélisées du nombre de canicule et de les comparer au comptage Arpège. Pour ce faire on transforme la fonction précédente fréquence = f(date) en une fonction fréquence = f(durée). L’intégration de cette dernière fonction par rapport au temps nous permet de calculer les canicules modélisées à différents horizons<sup>6</sup> :

Tableau 3 - Nombre de canicules modélisé par les diverses méthodes à 2030-2050-2100

Scénario	A2 : 12j ; 5°C	B2 : 12j ; 5°C	A2 : 11j ; 8°C	B2 : 11j ; 8°C
Cas linéaire	3 - 11 - 51	1 - 4 - 18	1 - 3 - 13	0 - 0 - 2

<sup>6</sup> On n’a pas représenté ces courbes, seules les constantes des régressions changent.

Cas exponentiel	0 - 2 - 32	0 - 1 - 25	0 - 1 - 6	0 - 1 - 3
Arpège	0 - 2 - 33	0 - 2- 16	0 - 0 - 9	0 - 0 - 2

→ Le modèle exponentiel est donc plus proches du comptage Arpège que le linéaire.

La répartition par horizon montre que le modèle exponentiel donne des résultats quasiment identiques à ceux du comptage Arpège pour les horizons rapprochés. En revanche, le modèle linéaire à tendance à modéliser plus d'occurrences de canicules aux horizons rapprochés (sauf pour B2). Les deux modélisations pourraient alors servir de bornes maxi/mini pour le scénario de canicules.

La très faible occurrence de canicules de type très extrême (11 j & 8°C), voire l'absence de canicules modélisées dans certains cas renvoie à nouveau à l'incertitude du modèle dans la modélisation d'une canicule très extrême.

#### C.5.4 Synthèse finale

Au vu de ces résultats, le Groupe Méthodologie propose de retenir les deux types de régression à partir des comptages Arpège comme bornes pour la modélisation des fréquences et du nombre de canicule aux horizons 2030, 2050 et 2100.

Le critère utilisé pour les canicules très extrêmes (11 jours continus avec 8°C au dessus de la moyenne) ne prévoyant quasiment aucune canicule sur le siècle dans certains cas, il est jugé comme probablement trop restrictif. L'occurrence d'une canicule sera alors considérée pour des périodes de 12 jours continus où les températures ont excédé d'au moins 5°C les moyennes (critère incluant les années du type 2003).

Sous cette hypothèse, on obtient les quantifications suivantes :

Tableau 4 - Bornage du nombre de canicule aux différents horizons<sup>7</sup>

Scénario	2030	2050	2100
A2	[0 - 3]	[2 - 11]	[32 - 51]
B2	[0 - 1]	[1 - 4]	[18 - 25]

Tableau 5 - Bornage des fréquences de canicule aux différents horizons<sup>8</sup>

Scénario	2030	2050	2100
A2	[0,04 - 0,29]	[0,12 - 0,51]	[1,06 - 1,76]
B2	[0,03 - 0,11]	[0,08 - 0,19]	[0,39 - 0,77]

**Le nombre et les fréquences de canicules proposées dans ce document restent des modélisations à partir d'un seul modèle dans une situation d'incertitude importante. L'utilisation de ces données dans le cadre du groupe de travail interministériel doit se faire avec une mention de leurs limites objectives.**

<sup>7</sup> Données calculées par intégration des courbes fréquence/durée.

<sup>8</sup> Données observées sur les courbes fréquence/durée