

# CLIMATOLOGIE (1 h.)

## Richard Harvey (Ouranos)

### OBJECTIF

Présenter les notions de base de la climatologie aux échelles globales et pour le Québec.

### CONTENU

1. Définitions : climat vs. Météo
2. Les différents types de climats (Classification de Köppen)
3. Distributions des températures et des précipitations moyennes
  - Échelle globale
  - Échelle du Québec
4. Distribution du couvert de neige
5. Cycles diurnes et saisonniers
6. Variabilité du climat à différentes échelles temporelles
  - Échelles interannuelles (e.g., El Nino)
  - Échelles interdécadales (NAO, AO, PDO, etc.)
7. Extrêmes
  - 7.1. Records de température/précipitation -- Le plus froid, le plus chaud, le plus sec, le plus humide :
    - Dans le monde (Antarctique, Sahara, Désert d'Atacama, mousson de l'Inde, etc.)
    - Au Québec
  - 7.2. Records d'enneigement saisonnier

### Documents de référence

A compléter.

# **SCIENCES DU CLIMAT (3 ½ h.)**

## **Richard Harvey (Ouranos)**

### **OBJECTIF**

Présenter les principes de base en sciences du climat.

### **CONTENU**

8. Le système climatique
9. Bilans énergétiques globaux
  - 9.1. Pourquoi les pôles sont-ils froids ?
  - 9.2. Pourquoi les saisons ?
10. Transferts radiatifs à travers l'atmosphère
  - 10.1. Le rayonnement solaire vs infrarouge
  - 10.2. Le phénomène d'absorption sélective
  - 10.3. L'effet de serre expliqué
11. Bilans énergétiques de surface
  - 11.1. Couche limite planétaire
  - 11.2. Les différents termes du bilan énergétique de surface
  - 11.3. Exemples de cycles diurnes et annuels de bilans énergétiques de surface dans différentes parties du monde (dont le Québec)
12. Le cycle hydrologique
  - 12.1. Les différents termes du bilan hydrologique
  - 12.2. Exemples de cycles annuels de bilans hydrologiques dans différentes parties du monde (dont le Québec)
13. Les causes de la circulation globale atmosphérique
  - 13.1. Les forces en jeu : gravité, pression, friction, Coriolis
  - 13.2. Régime tropical (cellule de Hadley)
  - 13.3. Régimes des latitudes moyennes (courant-jet, dépressions, anti-cyclones)
14. La circulation océanique (survol très rapide)

### **Documents de référence**

Hartmann D.L. (1994). Global Physical Climatology, Vol. 56 of International Geophysics Series, Academic Press, 409 pp.

# **PALÉOCLIMATOLOGIE (2 h)**

## **Étienne Boucher (UQAM-GEOTOP)**

### **OBJECTIFS**

- Connaître les principaux enjeux et motivations qui nous amènent à investiguer les climats passés
- Présenter les principaux indicateurs du climat, ainsi que leur résolution spatiale et temporelle
- Reconnaître les forces et faiblesses de l'analyse paléoclimatologique
- Trouver un futur pour le passé : identifier les pistes recherche en paléoclimatologie

### **CONTENU**

1. Enjeux fondamentaux et appliqués en paléoclimatologie
  - 1.1. Mécanismes de forçage
  - 1.2. Variabilité naturelle
  - 1.3. Grandes périodes et incursions climatiques de l'Holocène (Optimum climatique, Néoglaciale, Période Chaude Médiévale, Petit Âge Glaciaire)
  - 1.4. Mise en contexte des phénomènes récents et enjeux liés à l'aménagement du territoire
2. Indicateurs naturels des paléoclimats
  - 2.1. Cernes d'arbres
  - 2.2. Séquences sédimentaires
  - 2.3. Pollen
  - 2.4. Micro-fossiles
  - 2.5. Carottes glaciaires
3. Analyse et reconstitutions
  - 3.1. Fonctions de transfert
  - 3.2. Inversion de modèles et modélisation du proxy
4. Pistes de recherche
  - 4.1. Assimilation de données paléoclimatiques dans les GCM
  - 4.2. Reconstitutions de variables complexes: débit, indices de sécheresse

### **DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**

Bradley, R. S. (1999). *Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary* (Vol. 68). Academic Press.

Hughes, M. K., Kelly, P. M., Pilcher, J. R., & LaMarche, V. C. (1982). *Climate from tree rings* (Vol. 223). Cambridge University Press.

Frenzel, B. (1992). *Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere*. Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart Jena New York.

Fritts, H. C. (2012). *Tree rings and climate*. Elsevier.

Hughes, M. K., Kelly, P. M., Pilcher, J. R., & LaMarche, V. C. (1982). *Climate from tree rings* (Vol. 223). Cambridge University Press.

Schweingruber, F. H. (1996). *Tree rings and environment: dendroecology*. Paul Haupt AG Bern.

Widmann, M., Goosse, H., Schrier, G., Schnur, R., & Barkmeijer, J. (2010). Using data assimilation to study extratropical Northern Hemisphere climate over the last millennium. *Climate of the Past*, 6(5), 627-644.

# **HISTOIRE ET CLIMAT (1 h.)**

## **Alain Mailhot (INRS-ETE)**

### **OBJECTIFS**

- Discuter du rôle crucial que le climat et que la météo ont joué dans l'évolution des sociétés et des civilisations et plus généralement dans l'histoire de l'humanité à travers différents événements historiques majeurs
- Discuter de divers 'proxys historiques' (p.ex. les dates de vendanges, famines, avancées et reculs des glaciers)
- Présenter les différentes périodes climatiques récentes et notamment le Petit Âge Glaciaire (PAG)

### **CONTENU**

#### 1. Introduction

- Rôle du climat (et de la météo) à travers l'histoire des civilisations
- Histoire : entre paléoclimat et archives quantitatives récentes
- Quelques épisodes marquants où la météo a (semble-t-il) joué un rôle déterminant dans le cours de l'histoire (campagne de Russie, bataille de Stalingrad, etc.)
- Ouvrages et infrastructures hydrauliques en vue de s'adapter à la variabilité climatique et météorologique

#### 2. Proxys historiques - archives et sources

- Avancées et retraits des glaciers
- Proxys œnologiques (dates de vendanges, qualité des vins)
- Dates de récoltes
- Famines
- Archives historiques observations d'événements météorologiques majeurs (accumulation de neige, gels de cours d'eau, inondation majeure, etc.)
- Art, culture et climat

#### 3. Petit Âge Glaciaire

- Date et chronique
- Manifestations
- Causes

### **DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**

Brazdil R., Glaser R., Pfister C., Dobrovolny P., Antoine J. M., Barriendos M., Camuffo D., Deutsch M., Enzi S., Guidoboni E., Kotyza O., Rodrigo F. S. (1999). Flood events of selected European rivers in the sixteenth century, *Climatic Change* 43(1):239-285.

Denhez, F. (2008). Une brève histoire du climat, L'œil Neuf éditions, Paris, 133 p.

Fagan B., (2000). The Little Ice Age how climate made history 1300-1850, Basic Books ed., 246 p.

Le Roy Ladurie E. (2004). Histoire humaine et comparée du climat. Tome I - Canicules et glaciers XIIIe-XVIIIe siècles, Fayard, 740 p.

Le Roy Ladurie E. (2006). Histoire humaine et comparée du climat. Tome II - Disettes et révolutions 1740-1860, Fayard, 412 p.

Le Roy Ladurie E. (2011). Histoire humaine et comparée du climat Tome III – Le réchauffement 1860-2008, Fayard, 412 p.

Pfister C., Brazdil R., Glaser R., Barriendos M., Camuffo D., Deutsch M., Dobrovolny P., Enzi S., Guidoboni E., Kotyza O., Miltzer S., Racz L., Rodrigo F. S. (1999). Documentary evidence on climate in sixteenth-century Europe, Climatic Change 43(1):55-110. DOI: 10.1023/a:1005540707792.

Pfister C., Brazdil R. (2006). Social vulnerability to climate in the "Little Ice Age": an example from Central Europe in the early 1770s, Climate of the Past, 2(2):115-129.

Séchet G. (2004). Quel temps ! Chronique de la météo de 1900 à nos jours, Éditions Hermé, Paris, 256 p.

Villeneuve C., Richard F. (2007). Vivre avec les changements climatiques. Réagir pour l'avenir, Éditions MultiMondes, 449 p.

Viollet P.-L. (2004). L'hydraulique dans les civilisations anciennes : 5000 ans d'histoire, 2<sup>e</sup> édition, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris, 383 p.

Viollet P.-L. (2005). Histoire de l'énergie hydraulique : moulins, pompes, roues et turbines de l'antiquité au XXe siècle, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris, 232 p.

# CLIMAT EN ÉVOLUTION (2h)

## Dominique Paquin (Ouranos)

### OBJECTIFS

- Faire le point sur le changement climatique anthropique depuis 1850

### CONTENU

1. La découverte des changements climatiques
  - Pourquoi et comment la science s'est-elle intéressée aux changements climatiques, d'abord naturels puis anthropiques ?
  - Comment, à travers une série de découvertes souvent fortuites, les arguments étayant et démontrant l'influence humaine se sont accumulés au fil des décennies ?
2. Le lien entre les gaz à effet de serre et la température globale
  - Qu'est-ce que l'effet de serre, quels sont les différents gaz qui y contribuent et quelles sont leur évolution ?
3. L'acidification de l'océan
  - L'« autre » problème du changement climatique
4. L'état des lieux (tendances observées)
  - Température, précipitation, océan, au niveau global et régional, où en sommes-nous actuellement, que nous disent les observations?

### RÉFÉRENCES

IPCC AR5 (2013). Frequently Asked Questions <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

IGBP, IOC, SCOR (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO<sub>2</sub> World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. <http://ocean-acidification.net/>

IPCC AR5 (2013). Chap. 2 Observations: Atmosphere and Surface. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

Mekis É., Vincent L. A. (2011). An Overview of the Second Generation Adjusted Daily Precipitation Dataset for Trend Analysis in Canada, *Atmosphere-Ocean* 49(2): 163 – 177. doi: 10.1080/07055900.2011.583910

Wang X., Feng Y., Vincent L.A. (2013). Observed Changes in One-in- 20 Year Extremes of Canadian Surface Air Temperatures, *Atmosphere-Ocean*, DOI: 10.1080/07055900.2013.818526

Weart S.R. (2008). *The Discovery of Global Warming: Revised and Expanded Edition*, Harvard University Press, ISBN-13: 978-0674031890. <http://www.aip.org/history/climate/index.htm>

# **MODÉLISATION ET PROJECTIONS CLIMATIQUES (3 h)**

## **Dominique Paquin (Ouranos)**

### **OBJECTIFS**

- Comprendre la mécanique d'un modèle climatique, distinguer les différents types de modèles (global, régional, ESM, MIC, IAMS) et leurs usages;
- Saisir ce qu'est une projection climatique, les éléments d'incertitudes qui y sont associés;
- Connaître les projections les plus récentes pour le monde en général et le Québec en particulier.

### **CONTENU**

1. Modélisation climatique
  - Principes généraux
  - Historique de la modélisation (météo et climat)
  - Prévisions, projections, prédictions
  - Dynamique et physique
  - Évaluation
  - Science et contre-argumentation
2. Modélisation globale et régionale
  - Motivation
  - Technique
  - Pilotage
3. Projections climatiques (première partie)
  - Principes
  - Scénarios d'émissions (équilibre, IS92A, SRES, RCPs)
4. Incertitudes
  - Variabilité naturelle, variabilité interne, modèles, scénarios d'émissions
5. Projections climatiques (deuxième partie)
  - Globales (IPCC5)
  - Québec (Ouranos)

### **RÉFÉRENCES**

Edwards, P. N. (2011). History of climate modeling. *WIREs Climate Change*, 2: 128-139. doi: 10.1002/wcc.95

Flato, G. M. (2011). Earth system models: an overview. *WIREs Climate Change*, 2: 783–800. doi: 10.1002/wcc.148

Hawkins, E., Sutton, R. (2009). The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 90, 1095-1107. doi:10.1175/2009BAMS2607.1

IPCC AR5 (2013) Chap 12. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

IPCC AR5 (2013) Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections

<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

Ouranos : Synthèse des connaissances sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques – Édition 2014

# **DONNÉES CLIMATIQUES : ACQUISITION, INTERPRÉTATION ET MANIPULATION (3 h)**

**Blaise Gauvin St-Denis (Ouranos)**

## **OBJECTIFS**

- Apprentissage des connaissances de base sur la collecte de données climatiques, du fonctionnement des différents instruments utilisés et des incertitudes associées;
- Présenter une vue d'ensemble des données disponibles pour faire des études climatiques;
- Donner un aperçu des forces et faiblesses des différents types de jeux de données;
- Prendre conscience de la taille considérable de certaines des bases de données et des défis à les analyser.

## **CONTENU**

1. Historique et fonctionnement des instruments d'observations météorologiques
  - Stations météorologiques
  - Radar
  - Satellite
  - Autres instruments
2. Données observées
  - Données brutes
  - Données interpolées
  - Données homogénéisées
  - Données dérivées
  - Interlude : Formats courants des données climatiques et outils d'analyses
  - Démonstration : manipulation de données observées
3. Réanalyses
  - Historique de la production de réanalyses
  - ERA-Interim, JRA-55, MERRA, CFSR, 20CR
  - Comparaison de réanalyses
4. Modèles climatiques
  - Ensembles de modèles climatiques : définition et motivation
  - CMIP : Coupled Model Intercomparison Project
  - CORDEX : Coordinated Regional Downscaling Experiment
  - Modèle régional canadien du climat
  - Autres ensembles
  - Démonstration : extraction d'un ensemble climatique

- Les services climatiques : facilitateurs de l'accès à l'information climatique

## **DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**

Ahrens, C.D. (2002). *Meteorology Today. An introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 7e éd., Pacific Grove, Brooks/Cole-Thomson Learning, 2002, 544 p.

Bluestein H.B. (1992). *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Volume I. Principles of Kinematics and Dynamics*, New York, Oxford University Press, 1992, 431 p.

Rogers R. R., Yau M.K. (1996). *A Short Course in Cloud Physics*, 3e éd., Woburn, Butterworth-Heinemann, 1996 (1989), 290 p.

Sverdrup K.A., Duxbury A.C., Duxbury A.B. (2003). *An Introduction to the World's Oceans*, 7e éd., New York, McGraw-Hill, 2003, 521 p.

Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.E. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485–498.

# ANALYSE DE SÉRIES HYDROCLIMATIQUES (2 h.)

## Alain Mailhot (INRS-ETE)

### OBJECTIF

- Présenter le cadre théorique et les concepts statistiques de base pour l'analyse de séries hydroclimatiques
- Discuter des hypothèses d'homogénéité et de stationnarité des séries à travers différents exemples puisés dans le domaine hydroclimatique (séries aux stations, séries simulées)

### CONTENU

1. Introduction
  - Qu'est-ce qu'un 'modèle statistique' ?
  - Distributions statistiques
  - Moments statistiques
  - Exemples de séries hydroclimatiques
2. Hypothèses de base
  - Hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité
  - Stationnarité :
    - Causes possibles de non stationnarité
    - Tests de Mann-Kendall, tests de ruptures
  - Homogénéité
    - Causes possibles de l'inhomogénéité
    - Tests disponibles
  - Indépendance
  - Cadre univarié stationnaire – exemples
  - Cadre univarié non stationnaire – exemples
  - Exemples considérés dans le cours – séries de précipitations aux stations, séries de débits mesurées, séries du MRCC
3. Séries hydroclimatiques et distributions (20 min.)
  - Distributions généralement considérées (normale, log-normale, gamma, exponentielle, etc.)
  - Séries précipitations et débits annuels
  - Séries précipitations et débits mensuels
  - Séries précipitations et débits journaliers
4. Adéquation entre valeurs simulées et observées et pouvoir prédictif
  - a. Définition générale de la mesure de performance ('accuracy measure') et du pouvoir de prédiction ('forecast skill')
  - b. Mean Square Error (MSE) – décomposition en fonction du biais, du coefficient de corrélation et des variances – diagrammes de Taylor
  - c. Scores
    - Définition et objectifs

- Coefficient de Nash-Sutcliffe (NS)
  - Autres scores
- d. Exemples et comparaisons de différentes fonctions objectifs et scores

## **Documents de référence**

Coles S. (2001). An introduction to statistical modeling of extreme values, Springer series in statistics, Springer-Verlag, London, UK, 208 p.

CSA (2010). Technical Guide - Development, interpretation and use of rainfall intensity-duration-frequency (IDF) information: Guideline for Canadian water resources practitioners, Canadian Standards Association, Special Publication, Mississauga, Ontario, Canada, 149 p.

Meylan P., Favre A.-C., Musy A. (2008). Hydrologie fréquentielle. Une science prédictive. Presses Polytechniques et universitaires romandes, 174 p.

Murphy A.H. (1988). Skill scores based on the mean-square error and their relationships to the correlation-coefficient, Mon. Weather Rev. 116(12): 2417-2425. DOI:10.1175/1520-0493(1988)116<2417:ssbotm>2.0.co;2

Taylor K.E. (2001). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, J. Geophys. Res. Atm. 106(D7): 7183-7192. DOI: 10.1029/2000jd900719.

Wilks D.S. (2011). Statistical methods in the atmospheric sciences, Third edition, Elsevier, 676 p.

# SCÉNARIOS CLIMATIQUES (3 h.)

## Diane Chaumont / Marco Braun (Ouranos)

### OBJECTIFS

- Distinguer les sorties de modèles climatiques des scénarios climatiques
- Identifier les méthodes de scénarisation les plus appropriées pour différentes applications
- Connaître les contraintes dans le développement des scénarios climatiques ainsi que quelques pistes de solution
- Apprendre les méthodes de post-traitement les plus usuelles, ainsi que leurs forces et leurs faiblesses

### CONTENU

1. Introduction
  - i. Définition de scénario climatique
  - ii. À quoi servent-ils?
  - iii. Ce qu'on doit construire selon les applications et les usagers
2. Méthodes de construction de scénarios climatiques
  - i. Scénarios incrémentaux
  - ii. Scénarios analogues spatiaux et temporels
  - iii. Séries temporelles basées sur les sorties de modèles climatiques
3. Sélection des projections selon l'application
  - i. Pourquoi sélectionner :
    - Contrainte VI&A (réduire l'ensemble)
    - Capacité des modèles à simuler la variable d'intérêt (MRC vs MCG)
  - ii. Approches de sélection
4. Méthodes de post-traitement (descente d'échelle et correction de biais)
  - i. Principe de base du post-traitement
    - Raffiner la représentativité spatiale des sorties de modèles climatiques à l'échelle des outils VI&A
    - Correction des biais vue l'imperfection des modèles climatiques
  - ii. Survol des méthodes de post-traitement et leur classification
  - iii. Discussions des avantages et inconvénients
5. Étude de cas

### Documents de référence

- Charron, I. (2014). Guide sur les scénarios climatiques : Utilisation de l'information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation, Ouranos, 86 p. ([http://www.ouranos.ca/media/publication/351\\_GuideCharron\\_FR.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/351_GuideCharron_FR.pdf))
- Fowler, H.J., Ekstrom, M., Blenkinsop, S., Smith, A.P. (2007). Estimating change in extreme European precipitation using a multi-model ensemble. J. Geophys. Res., 112, D18.

- Huard, D., Chaumont, D., Logan, T., Sottile, M.-F., Brown, R.D. Gauvin St-Denis, B., Grenier, P. et Braun, M. (2014). A Decade of Climate Scenarios: The Ouranos Consortium Modus Operandi. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **95**, 1213–1225. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00163.1.
- IPCC-TGICA (2007). *General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment. Version 2*. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment.
- Knutti, R., Abramowitz, G., Collins, M., Eyring, V., Gleckler, P.J., Hewitson, B., Mearns L. (2010). Good Practice Guidance Paper on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections. In: Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland.
- Maraun, D., Wetterhall, F., Ireson, A.M., Chandler, R.E., Kendon, E.J., Widmann, M., Brienen, S., Rust, H.W., Sauter, T., Themessl, M., Venema, V.K.C., Chun, K.P., Goodess, C.M., Jones, R.G., Onof, C., Vrac, M., Thiele-Eich, I. (2010). Precipitation Downscaling under climate change. Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user, *Rev. Geophys.* 48, RG3003, doi: 10.1029/2009RG000314
- Mearns, L. O., M. Hulme, M., Carter, T.R., Leemans, R., Lal, M., Whetton, P.H. (2001) Climate scenario development. *Climate Change, 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 739-768.
- Mpelasoka, F.S., Chiew, F.H.S. (2009). Influence of rainfall scenario construction methods on runoff projections. *J. Hydrometeorol.* 10, 1168–1183.
- Themessl, M. J., Gobiet, A., Heinrich, G. (2012). Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal, *Clim. Change*, 112(2), 449-468, doi: 10.1007/s10584-011-0224-4.
- Wilcke, R.A.I, Leuprecht, A., Gobiet, A. (2013). Multi-variable error correction of regional climate models, *Clim. Change*, 120, 871-887, doi: 10.1007/s10584-013-0845-x

## **Atténuation (1 h)**

### **Dominique Paquin (Ouranos)**

#### **OBJECTIFS**

- Définir le concept d'atténuation en lien avec les principaux secteurs d'émission ainsi que les outils économiques et politiques
- Dresser le portrait des émissions actuelles (mondiales, nationales) et du concept d'atténuation
- Exposer les principales méthodes d'atténuation actuelles et en développement
- Faire une différenciation sectorielle, tant au niveau des émissions que des méthodes d'atténuation
- Comprendre les mécanismes des deux principaux outils économiques mis de l'avant pour le contrôle des émissions
- Exposer les principales ententes internationales
- Différencier les scénarios de réduction des gaz à effet de serre utilisés dans les RCPs et leur implication dans la trajectoire d'émission des projections.

#### **CONTENU**

1. Introduction
  - Portrait des émissions
  - Conservation et efficacité
  - Kaya (équation)
2. Méthodes
  - Méthodes d'atténuation (+/- 10 avec emphase sur BECCS)
  - L'atténuation par secteurs (ref IPCC-AR5)
3. Outils économiques et protocoles
  - Marché du carbone et taxe carbone
  - Kyoto et COP21
4. Les projections
  - Les différents scénarios (RCPs)

#### **Documents de référence**

ECCC (2016). Rapport d'inventaire national 1990-2014 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada <https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=662F9C56-1>

IPCC (2000). Special report on emissions scenarios. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=50>

IPCC (2011). Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. <http://www.ipcc.ch/report/srren/>

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (2016). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990*. Québec, Ministère du Développement

Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques,  
Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 23 p.  
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2013/Inventaire1990-2013.pdf>

<http://www.c2es.org/publications/cap-trade-vs-taxes>

[http://pics.uvic.ca/education/climate-insights-101#quicktabs-climate\\_insights\\_101=2](http://pics.uvic.ca/education/climate-insights-101#quicktabs-climate_insights_101=2)

<https://www.carbonbrief.org>

# VULNÉRABILITÉ, IMPACTS ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES (VI&A) (5 h.)

Isabelle Charron (Ouranos)

## OBJECTIF

- Comprendre les impacts attendus au Québec pour différents secteurs et les méthodes d'adaptation qui peuvent être appliquées pour réduire les risques et accroître la résilience

## CONTENU

1. Introduction
  - Définition de l'adaptation aux changements climatiques
  - La nécessité de s'adapter (atténuation et adaptation; retour sur quelques grandes tendances climatiques)
2. Le langage de l'adaptation : impact, aléa, vulnérabilité, risque, exposition, sensibilité
3. Le plan d'adaptation en théorie
  - a. Stratégies à différentes échelles
  - b. Processus en continu
4. Portrait des impacts et de la vulnérabilité
  - a. Grandes conclusions du dernier rapport du 2<sup>e</sup> groupe de travail du GIEC
  - b. Impacts sur différents secteurs au Québec
    - i. Santé
    - ii. Agriculture
    - iii. Forêt
    - iv. Environnement bâti / Infrastructure
    - v. Gestion de l'eau
5. Mesures d'adaptation sur le terrain
  - a. Exemples concrets pour différents secteurs d'activité
  - b. Le plan d'adaptation en pratique
    - i. Les outils disponibles pour faciliter l'adaptation
6. Cas d'étude: travail en groupe
  - a. PIEVC

## Documents de référence

Ouranos. 2010. Élaborer un plan d'adaptation aux Changements climatiques : Guide Destiné Au Milieu Municipal Québécois. Montréal.

([http://www.ouranos.ca/media/publication/111\\_PlanadaptationCC-Guidemunicipalites-Ouranos.pdf](http://www.ouranos.ca/media/publication/111_PlanadaptationCC-Guidemunicipalites-Ouranos.pdf).)

Synthèse des connaissances sur les changements climatiques aux Québec. 2014 (in progress). Ouranos. (<http://www.ouranos.ca/fr/synthese2014/default.php>)