

Réchauffement observé et régionalisation des projections climatiques pour la Bourgogne Franche-Comté

Thierry Castel ^{1,2}, Etienne Brulebois ¹, Julien Pergaud ¹,
et Yves Richard ¹,

¹CRC UMR 6282 Biogéosciences CNRS–Université de Bourgogne ²Agrosup Dijon

Séminaire restitution mi-parcours ANR CoSAC



31 janvier 2017



Contexte et enjeux

- Le réchauffement du système climatique est sans équivoque (cf rapport IPCC 2013);
- Nécessité de prendre en compte les spécificités régionales du climat actuel et projeté :
 - pour qualifier les modalités du réchauffement (amplitude, géographie, temporalité);
 - pour quantifier les impacts et l'évolution des risques;
 - pour tester la robustesse des scénarios/stratégies d'adaptation;
- CoSAC bénéficie du retour d'expérience du projet GICC HYCCARE-Bourgogne [▶ site web HYCCARE](#) :
 - Régionalisation climatique dynamique fiable pour : la température, le rayonnement et l'ETP;
 - Verrou majeur et incertitude pour les précipitations → biais sur les impacts;
 - Forte dépendance aux modèles globaux et à la physique des processus (micro-physique des nuages et convection);

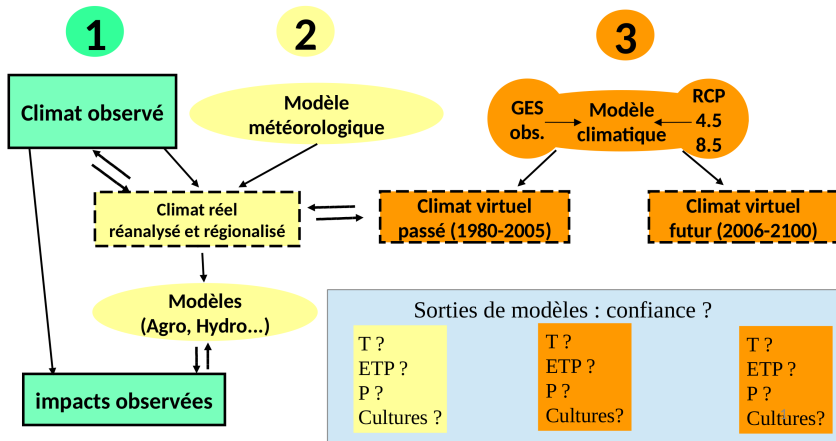
Nos objectifs pour CoSAC

- Climat régionalisé sur la Bourgogne Franche Comté :
 - au pas de temps journalier, à la résolution de 12km et pour la période 1980-2100 ;
 - pour deux trajectoires de réchauffement (RCP85 et RCP45) simulées par le modèle global CCSM4 du NCAR (données de forçages débiaisées) ;
 - à partir de la dernière génération du modèle climatique régional ARW/WRF (Skamarock et al. 2008) ;
- Analyser la variabilité et quantifier les biais ;
 - pour les principales variables (température, pluie, rayonnement, ETP) ;
 - pour évaluer la capacité de la désagrégation dynamique à reproduire correctement la variabilité climatique -> intérêt des simulations Florsys ;
- Où en est-on ?
 - Simulations pour la période de contrôle 1980-2014 et pour le RCP85 réalisées -> cf. premiers résultats à suivre ;
 - Simulation selon trajectoire RCP45 en cours ;

1 : Le changement climatique déjà observé et son impact sur la ressource en eau en Bourgogne

2 : Développement d'une chaîne de modélisation hydro-climatique et application sur 1980-2014

3 : Projection de la chaîne de modélisation sur des climats virtuels (période 1980-2100)



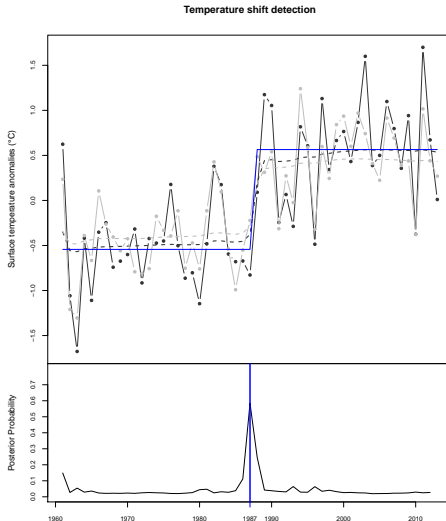
How does climate warming affects frost damage risks on winter crop?

Thierry Castel¹, Christophe Lecomte¹, Yves Richard¹, Isabelle Lejeune-Hinaut¹, Annabelle Larmann¹

¹CIRCE UMRI Biogéosciences 6302 CNRS/Université de Bourgogne, INRA, UMRI 1247 Agrobiologie, Agroparc-INRA-Université de Bourgogne, and ²INRA, UMRI 1281 Stress Abiotiques et Différenciation des Végétaux cultivés, USTL/INRA

Submitted to Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

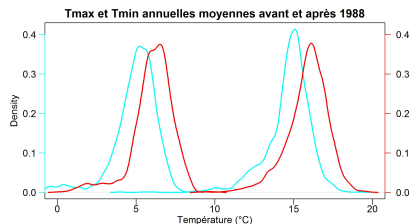
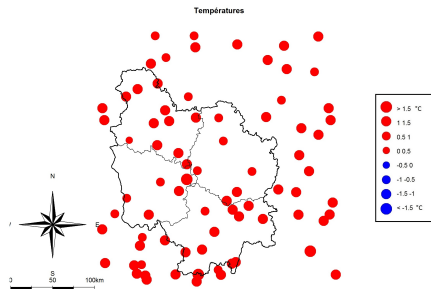
Evolution des températures



- Réchauffement abrupt autour de 1987/1988 ;
- Température moyenne annuelle $+1.1^{\circ}\text{C}$;
- Forte saisonnalité (MAM $+1.5^{\circ}\text{C}$) ;

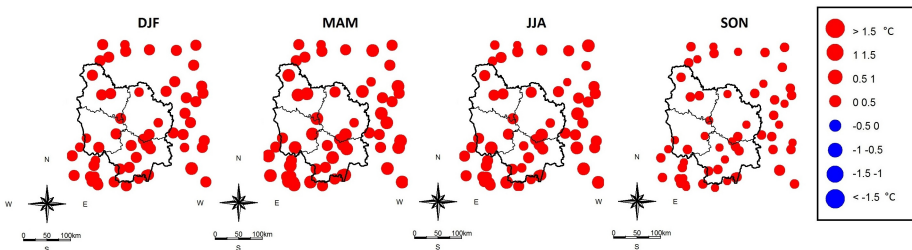
source : Brulebois et al. 2015, Castel et al. 2014

Evolution Tmin et Tmax



- Réchauffement généralisé qui ne dépend ni de la situation ni du site ;
- Tmin (nocturnes) $\approx +1.1^{\circ}\text{C}$, Tmax (diurnes) $\approx +1.3^{\circ}\text{C}$;
- Tmax se réchauffe plus que Tmin, surprenant !
- Global > Local, réchauffement : Confiance totale !

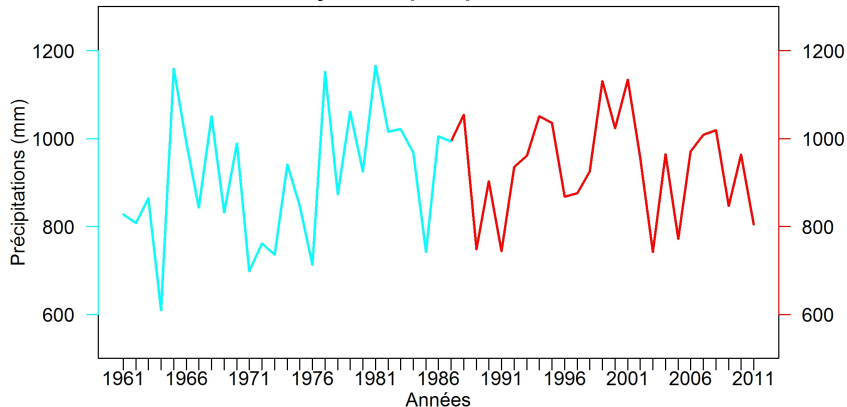
Réchauffement saisonnier



- Réchauffement en toute saison ;
- Printemps > Eté > Hiver > Automne ;

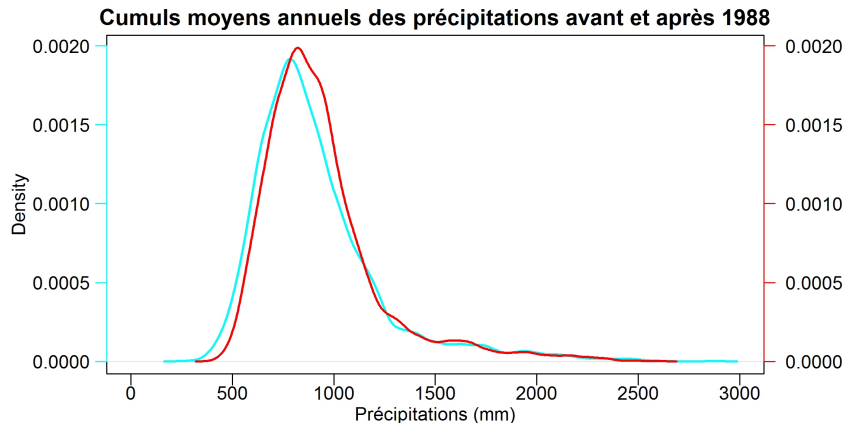
Evolution de cumuls de pluie

Evolution du cumul moyen des précipitations annuelles des stations



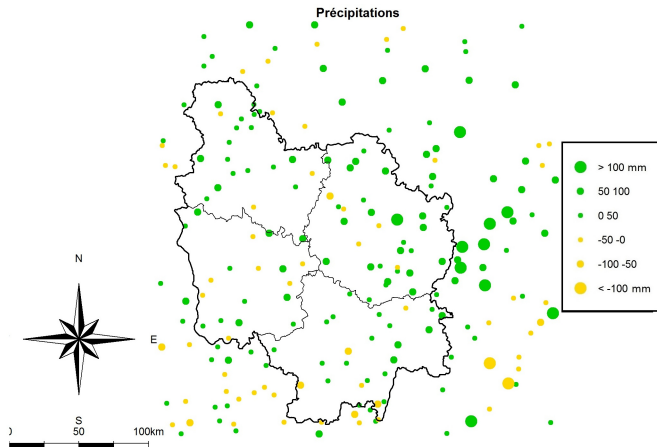
- Pas(petits) changements (augmentation du cumul annuel) ?
- Grande variabilité d'une année sur l'autre ;

Evolution de cumuls de pluie



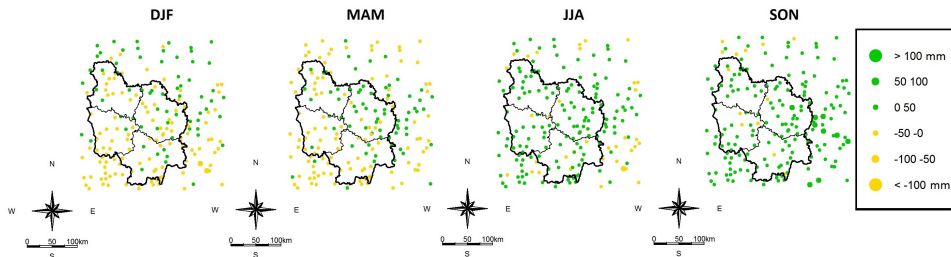
- Pas(petits) changements (augmentation du cumul annuel) ?
- Grande variabilité d'une année sur l'autre ;

Géographie de l'évolution des cumuls de pluie



- Evolutions variables localement qui dépend des conditions de mesure, de facteurs locaux et des années prises en compte ;
- Précipitations sans grand changement ;

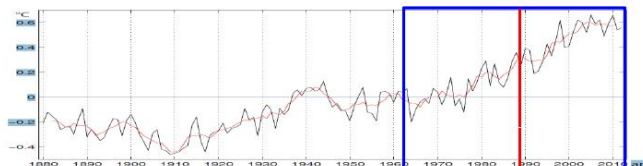
Géographie de l'évolution des cumuls saisonniers



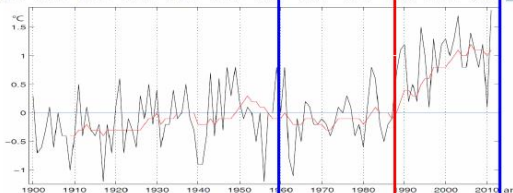
- Forte variabilité selon la saison considérée ;
- Différences non significatives ;

Évolution large échelle : température

Global
(source GIEC)



France
(source Météo France)



Réchauffement depuis 1961 :

+ 0.6°C au niveau mondial

+ 1.2 France = Bourgogne

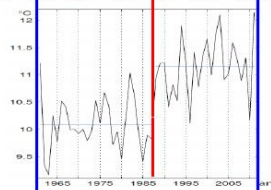
Saut 1987-1988 :

Pas au niveau mondial

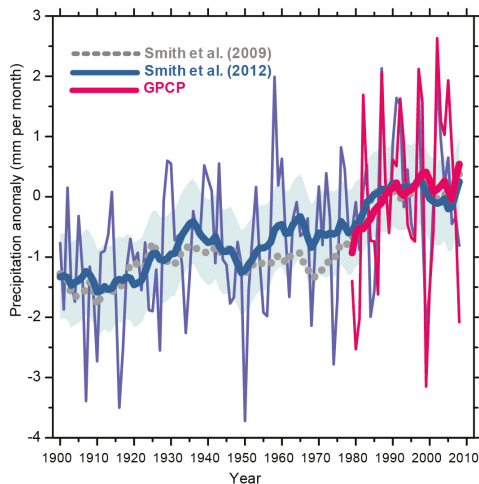
Présent en France

Fort en Bourgogne

Bourgogne
(source CRC)

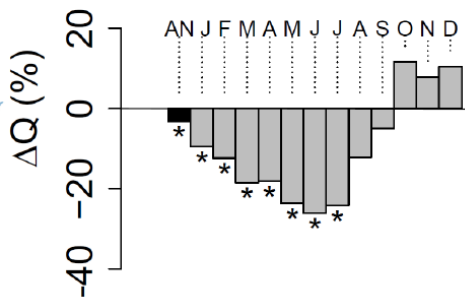
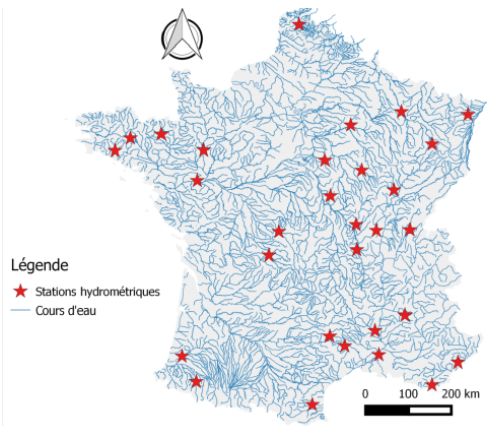


Évolution large échelle : pluie



- Une tendance haussière mais non-significative
- Une signal très bruitée ;

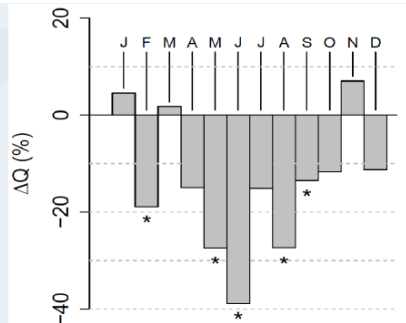
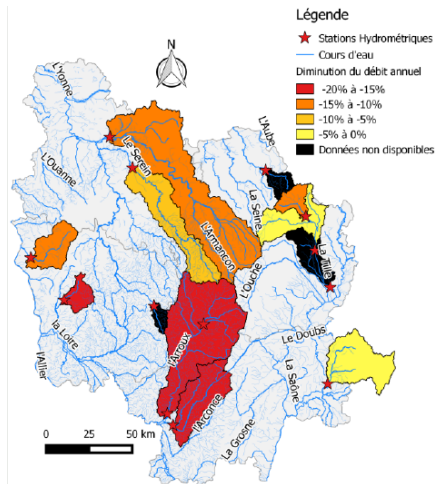
Evolution des débits en France (Brulebois et al. 2015)



- ✓ Diminution des débits moyens (-5%)
- ✓ Mai à Juillet plus impactés

- ✓ 30 stations hydrométriques en France
- ✓ Données disponibles sur 1969-2009

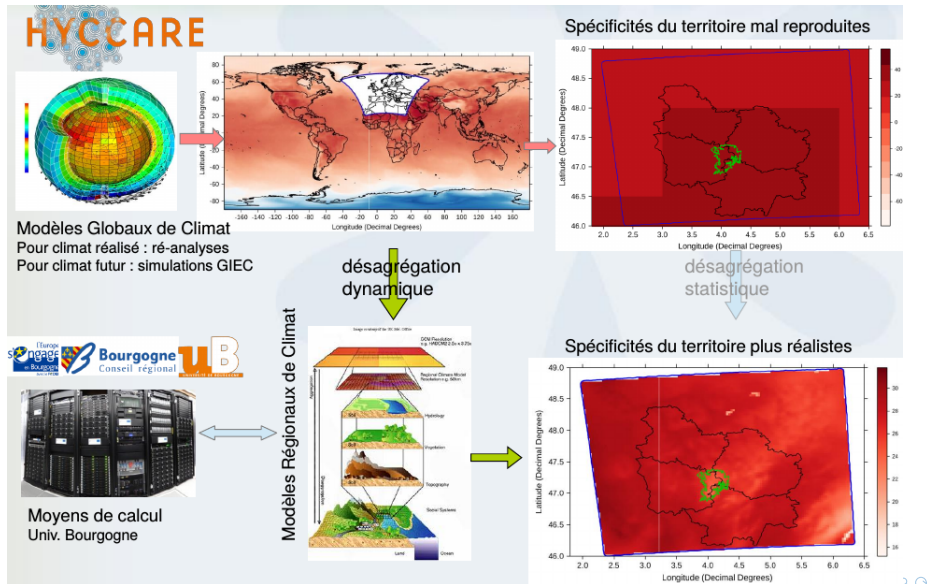
Evolution des débits en Bourgogne



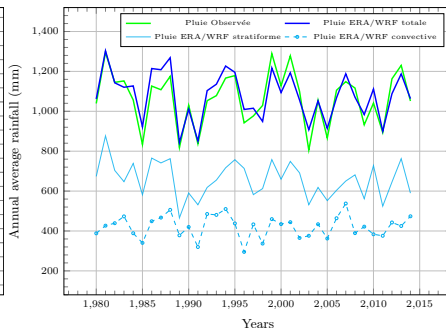
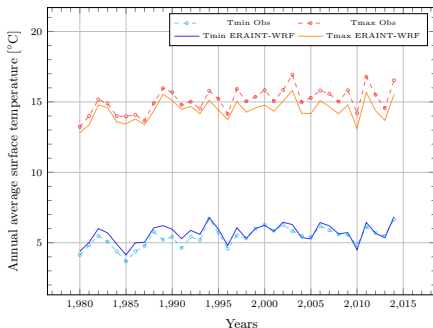
- ✓ Diminution des débits moyens (-11%)
- ✓ Mai à Août plus impactés

- Nécessité de régionaliser l'évolution des débits ;

Désagrégation dynamique : principes

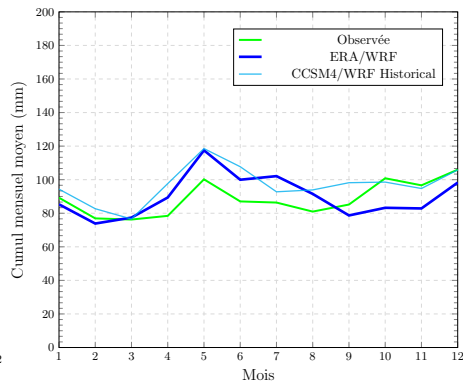
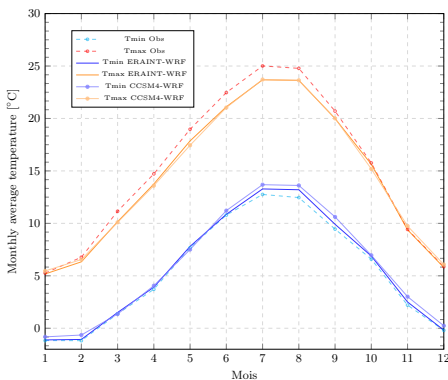


Désagrégation dynamique : performance



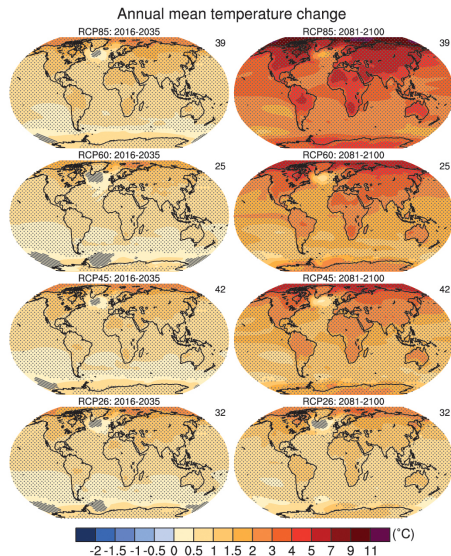
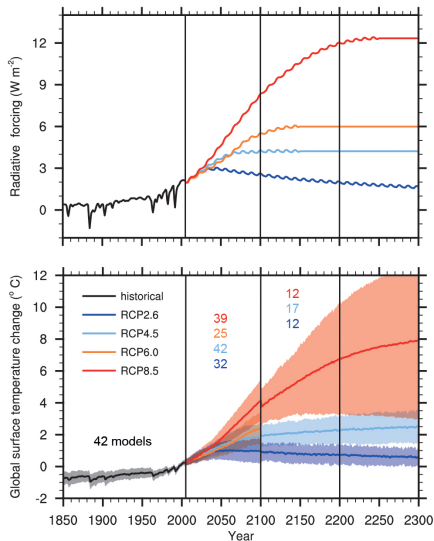
- Très bonne reproduction de la variabilité interannuelle ;
- biais froid systématique sur les Tmax et biais humides ;

Désagrégation dynamique : performance



- Très bonne reproduction du cycle annuel des températures, biais humide en saison végétative ;
- biais froid sur les Tmax au printemps et en été ;

Trajectoires de réchauffement



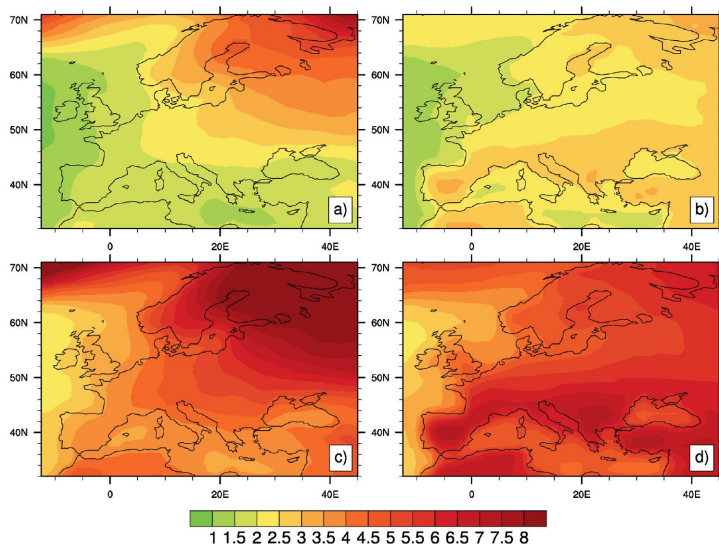


Fig. 4. Projected surface air temperature changes (K) relatively to the 1900–1929 period. Near future: **a)** winter; **b)** summer. Late 21st century: **c)** winter; **d)** summer.

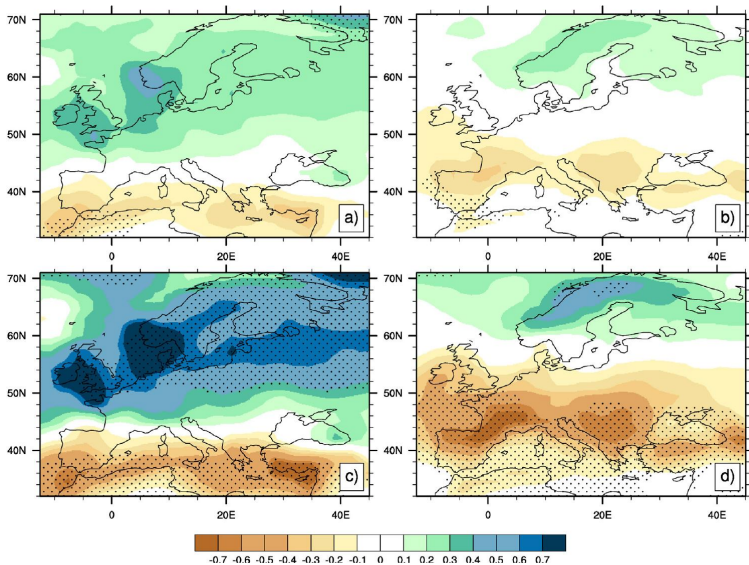
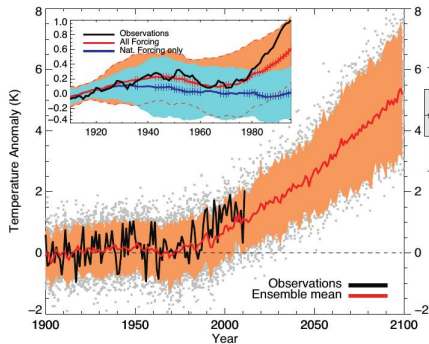
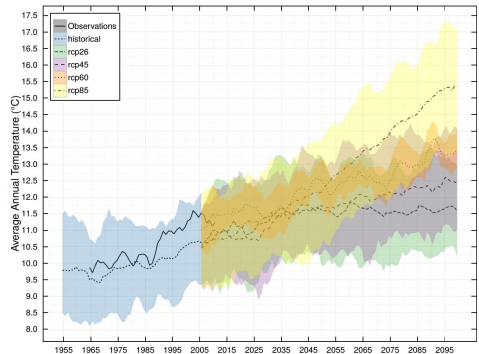


Fig. 5. Same as Fig. 4 for precipitation projected changes (mm/day). Stippling indicates regions where absolute relative change is larger than 20%.



RCP8.5 France entière
source : Terray and Boé (2013)



Bourgogne
source : Castel et al. in prep

et des fortes incertitudes pluie/ETP

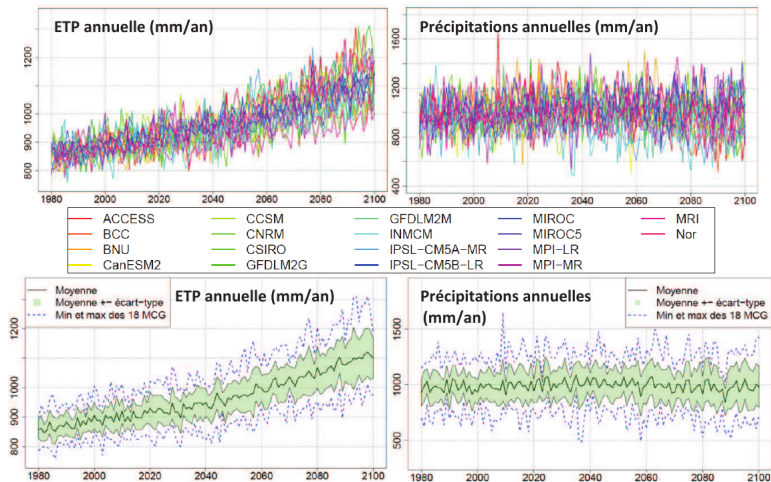
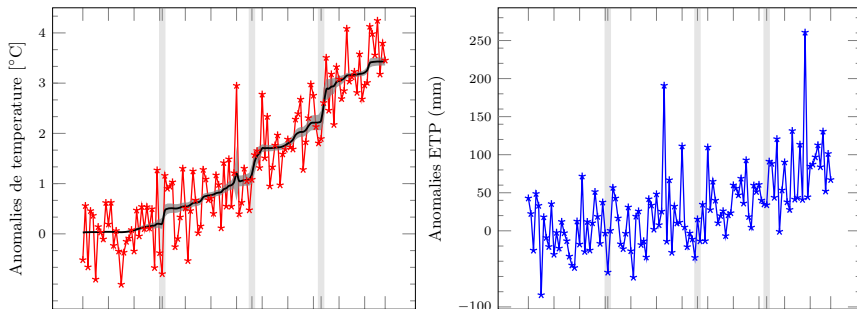


Figure 34: Evolution de l'ETP Hargreaves (à gauche) et des précipitations (à droite) sur la Bourgogne, donnée par l'ensemble des 18MCG désagrégées statistiquement.

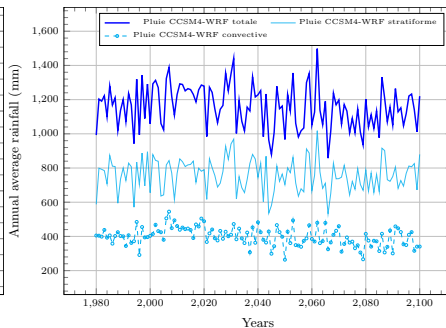
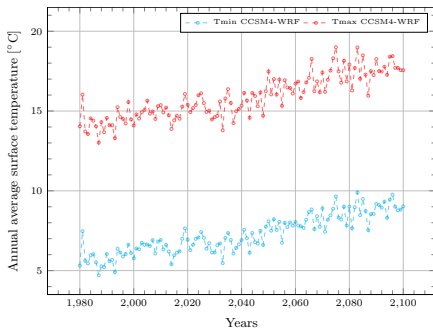
Brulebois 2016

Pour le futur : des certitudes (HYCCARE)



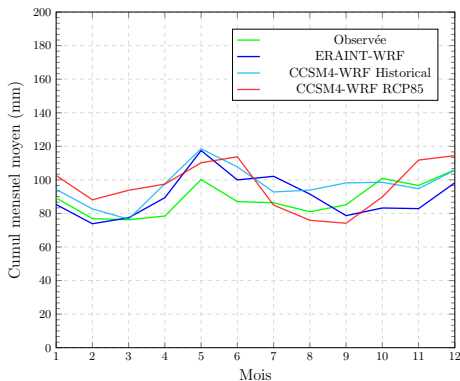
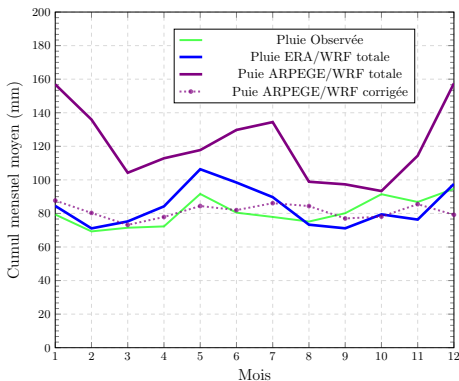
- Corroborée par l'évolution observée et portée par les modèles du GIEC ;
- L'ampleur et le nombre de sauts dépendent de la trajectoire radiative (Cf. COP 21).

Pour le futur : des certitudes (CoSAC)



- Résultats pour température similaire à ceux de HYCCARE ;
- Forte variabilité interannuelle avec tendance (à confirmer) à une diminution du cumul en fin de siècle ;

fortes incertitudes sur les pluies



- Difficile de conclure sur par exemple l'évolution de la ressource ;
- Résultats améliorés pour les précipitations par les simulations CCSM4-WRF ;

Comme bilan

- Incertitudes

- Politiques d'atténuation ;
- Signe de l'évolution des précipitations sur le passé récent ;
- Difficulté des modèles de climat à simuler des précipitations conformes aux observations ;
- en termes de : volumes annuels ; régimes (saisonnalité) intensité des épisodes pluviométriques ; reste un verrou pour alimenter les modèles hydrologiques.

- Certitudes

- Réchauffement va se poursuivre ;
- Par sauts successifs (le saut 1987/88 constitue une prise pour le futur) ;
- Augmentation de l'ETP se poursuit ;
- Réduction des débits s'accroît ;
- Vulnérabilités inégales selon les territoires ;
- Nécessite une adaptation en continu et modulable selon les territoires ;

Références bibliographiques

- Brulebois E., Castel T., Richard Y., Chateau-Smith C. and P. Amiotte-Suchet, Hydrological response to an abrupt shift in surface air temperature over France in 1987/88, 2015, Journal of Hydrology, volume 531, p. 892-901
- Boulard D., Castel T., Camberlin P., Sergent A.-S., Breda N., Badeau V., Pohl B., Rossi A., Capability of a Regional Climate Model to simulate climate variables requested for water balance computation : a case study over northeastern France, 2016, Clim. dyn, 46 (9-10) : 2689-2716. DOI10.1007/s00382-015-2724-9
- Castel T., Lecomte C., Richard Y., Lejeune-Hénaut I., Larmure A., 2014, Le réchauffement climatique diminue-t-il le risque de dégâts par le gel pour les cultures de climat tempéré ? AIC, 271-277.
- Cuccia C., Bois B., Richard Y., Parker A. K., Garcia de Cortazar-Atauri I., Van Leeuwen K., Castel T., 2014, Phenological model performance to warmer conditions : application to Pinot noir in Burgundy, JIVV, 169-178.
- Terray L. and Boé J., 2013. Quantifying 21st-century France climate change and related uncertainties. C.R. Geosci., 345, 136-149.
- Xu, Y., Castel, T., Richard, Y., Cuccia, C. and Bois, B., 2012. Burgundy regional climate change and its potential impact on grapevines. Climate Dynamics, 39,1613-1626.
- Marteau R., Richard Y., Pohl B., Chateau-Smith C. and Castel T., 2015, High-resolution rainfall variability simulated by the WRF RCM : Application to Eastern France, Clim. Dyn., DOI 10.1007/s00382-014-2125-5.

Références bibliographiques

- Stocker et *al.*, 2013 : Technical Summary. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker et *al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33-115, doi :10.1017/CBO9781107415324.005.
- Cubasch et *al.*, 2013 : Introduction. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker et *al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 119-158, doi :10.1017/CBO9781107415324.007.
- Hartmann et *al.*, 2013 : Observations : Atmosphere and Surface. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker et *al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 159-254, doi :10.1017/CBO9781107415324.008.
- Rhein et *al.*, 2013 : Observations : Ocean. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker et *al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 255-316, doi :10.1017/CBO9781107415324.010.

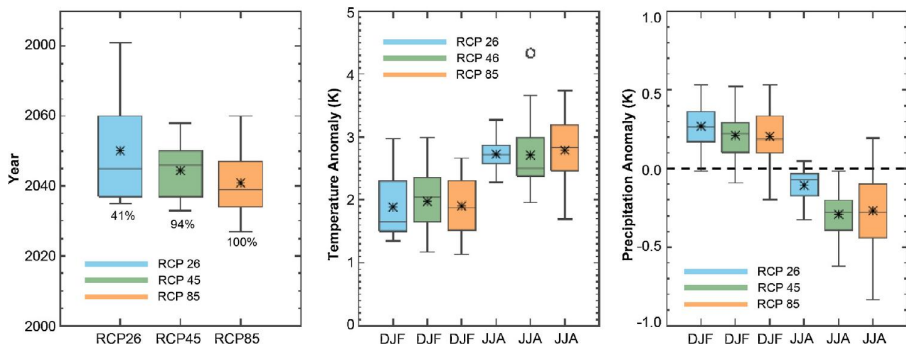


Fig. 11. (Left) Central year of the first 31-year period during which time-averaged global mean surface air temperature increase reaches 2 K for the first time (for each simulation and grouped by radiative concentration pathway scenarios). The numbers below the boxes give the percentage of simulations for each scenario in which annual global surface air temperature increase averaged over 31-year periods reaches 2 K. Corresponding climate anomalies over France in winter and summer averaged over those 31-year periods: **(Center)** surface air temperature (K). **(Right)** precipitation (mm/day). The histograms show: [min, 25%, 50%, 75%, max, and mean given by the asterisk].

source : Terray and Boé (2013)