



Programme GICC - Exercice 2012
Programme 190 – 0190-THUR-BSAF
Action 13 sous action 07

Convention 12-MCGOT-GICC-2-CVS-040
2012 – n°CHORUS 2100861291



**Ministère de l'environnement, de
l'énergie et de la mer**



Mots-clés : changement climatique ; modélisation ; hydrologie ; bassin versant ; territoire ; ressource en eau ; adaptation ; gouvernance ; collectifs ; gestion de l'eau ; politiques « climat »

Date de diffusion : Avril 2016

Auteurs :

TISSOT Anne-Cerise (Coordinatrice)

Alterre Bourgogne

La Bourdonnerie, 2 allée Pierre Lacroute, 21000 Dijon

AMIOTTE-SUCHET Philippe, BRULEBOIS Etienne, CASTEL Thierry, PONNOU-DELAFFON Vivien, RICHARD Yves

UMR 6282 Biogéosciences (CNRS / Université de Bourgogne)

6 bd Gabriel, 21000 Dijon

BRAYER Jean-Marc, UBERTOSI Marjorie

UMR 1347 Agroécologie (INRA / AgroSup Dijon / Université de Bourgogne)

17 rue Sully, BP 86510, 21065 Dijon Cedex

MARTIN Elsa, PETIT Sandrine, VERGOTE Marie-Hélène

UMR 1041 CESAER (INRA / AgroSup Dijon)

26 boulevard Docteur Petitjean, BP 87999, 21079 Dijon Cedex

DONEY Clément, PINSON Stéphanie, STOLLSTEINER Philippe

BRGM

Service des Actions Régionales, Service Géologique Régional Bourgogne Franche-Comté

27 rue Louis de Broglie, 21000 Dijon

Direction D3E (Eau, Environnement et Eco-technologies)

3 avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans

BERTRAND François

UMR 7324 CITERES (Université François Rabelais de Tours / CNRS)

MSH Villes et Territoires, BP 60449, 37204 Tours Cedex 03

SYNTHÈSE

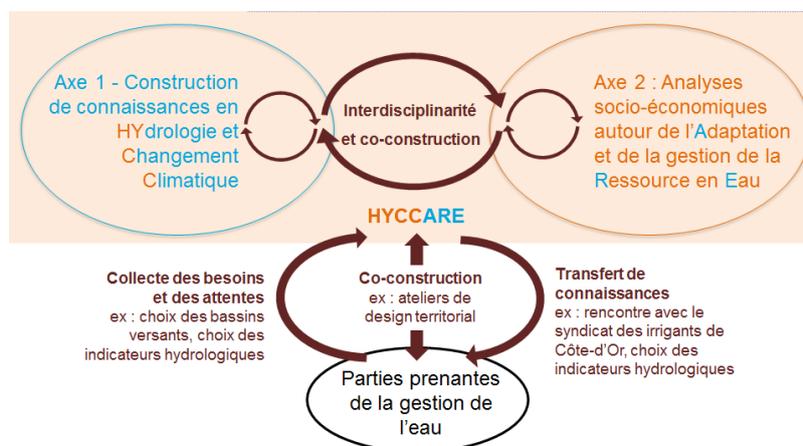
HYCCARE : HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau

HYCCARE Bourgogne est un projet de recherche-action partenarial et pluridisciplinaire qui vise à mettre à disposition des décideurs locaux des outils leur permettant de mieux prendre en compte le changement climatique dans la gestion de l'eau. Pour atteindre cet objectif opérationnel, le projet a été construit autour de deux axes : l'élaboration de connaissances sur le changement climatique et ses impacts sur la ressource en eau (débits des cours d'eau, réserve en eau des sols) à une échelle fine et en continu ; l'analyse des perceptions et de l'intégration du changement climatique dans les dispositifs actuels de gestion de l'eau sur plusieurs bassins versants bourguignons.

Un projet de recherche-action partenarial et pluridisciplinaire

Le projet de trois ans et demi (octobre 2012 à avril 2016) a été mené grâce au soutien du ministère de l'Environnement via le programme Gestion et impacts du changement climatique, des agences de l'eau Loire-Bretagne, Seine-Normandie et Rhône Méditerranée Corse, ainsi que de l'ADEME Bourgogne. Il a impliqué sept organismes de recherche : l'Université de Bourgogne, le CNRS, l'INRA, AgroSup Dijon, le BRGM, l'Université François Rabelais de Tours et l'Université Pierre et Marie Curie de Paris. Alterre Bourgogne, agence régionale pour l'environnement et le développement soutenable, en a assuré la coordination du fait de son rôle reconnu de plate-forme d'échanges entre chercheurs, institutionnels et acteurs locaux. Une attention particulière a été donnée à ces derniers afin de recueillir leurs avis et besoins tout au long du projet, de leur restituer régulièrement les résultats et parfois de co-construire certains travaux (cf. Figure 1).

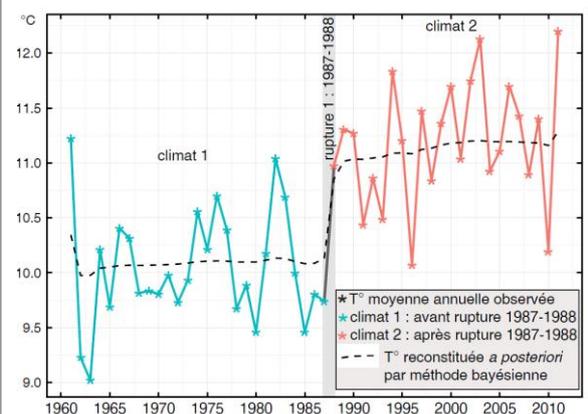
Figure 1 : Interactions entre les équipes de recherche et avec les acteurs du territoire au cours du projet



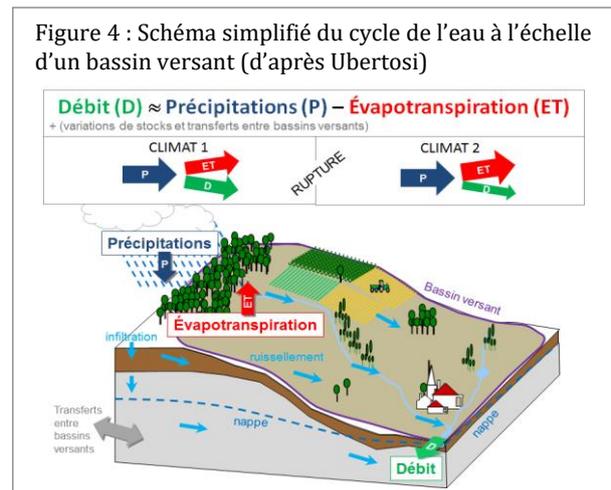
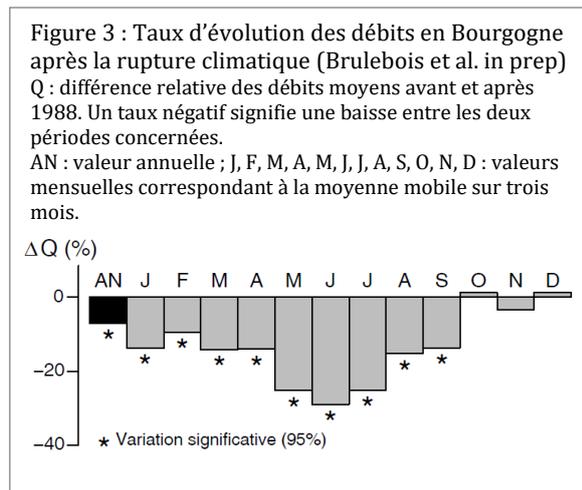
L'analyse de l'observé : un climat plus chaud depuis 1988, peu d'évolution des pluies et moins d'eau disponible dans les territoires

En Bourgogne, comme partout en France, la température annuelle moyenne a augmenté d'au moins 1°C entre les années 1960-1970 et aujourd'hui. Ce réchauffement ne s'est pas opéré progressivement : il y a eu une rupture climatique en 1987-1988 et une hausse brutale des températures, marquant le passage à un climat plus chaud (cf. Figure 2). Les quantités précipitées sont, elles, restées en moyenne annuelle inchangées depuis les décennies 1960-1970.

Figure 2 : Évolution des températures moyennes annuelles en Bourgogne de 1961 à 2014 (Richard et Castel 2012, Castel et al. 2014, Brulebois et al. in prep)

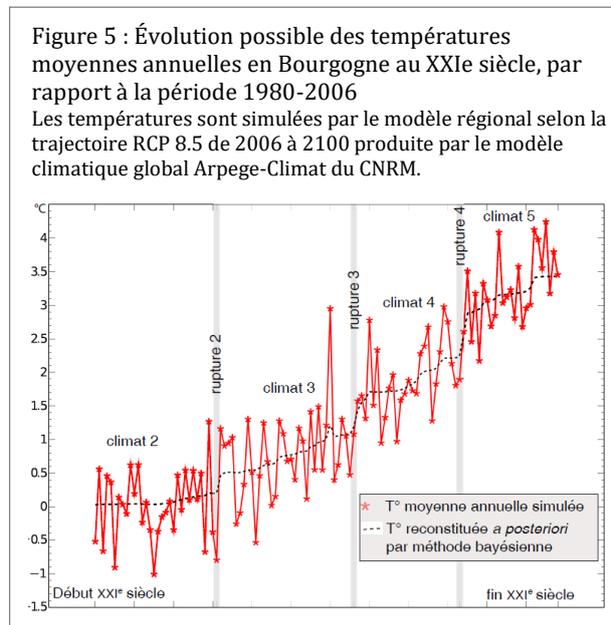


Les débits moyens des cours d'eau bourguignons sont presque partout en baisse par rapport à ceux mesurés avant la rupture de 1987-1988, et ce de janvier à septembre (cf. Figure 3). L'étiage est plus précoce et plus marqué. Seul l'automne connaît des débits inchangés. Plus finement, au niveau des sols, on observe une baisse du nombre de jours de percolation (au cours desquels s'effectue la recharge des nappes souterraines) et une augmentation du nombre de jours de stress hydrique pour la végétation, avec des disparités territoriales notables. Cette baisse de la ressource en eau, malgré des pluies inchangées, s'explique par l'augmentation de l'évapotranspiration stimulée par la hausse des températures (cf. Figure 4).



Les simulations : vers une accélération du changement climatique avec des températures qui continuent à augmenter par paliers successifs, entraînant une diminution des débits des cours d'eau encore plus forte ?

Le réchauffement se poursuivra par paliers, mais son ampleur, surtout à partir de la seconde moitié du XXI^e siècle, dépendra des quantités émises de gaz à effet de serre. Le nombre de paliers et les dates de rupture varient selon les simulations. Cette incertitude ne peut être levée, car elle est inhérente au système climatique. Mais la présence de paliers séparés par des ruptures est systématique : c'est une certitude. Les ruptures seraient de plus en plus rapprochées et, au sein d'un même palier, la température moyenne augmenterait encore (cf. Figure 5). Concernant les précipitations, il s'est avéré que le modèle a tendance à les surestimer et que ce biais n'est pas constant. C'est pourquoi il ne reproduit pas correctement le cycle annuel des pluies et les résultats ne peuvent être utilisés pour alimenter les modèles hydrologiques.



Malgré ces difficultés de simulation des pluies et des débits, il est possible d'avancer l'hypothèse d'une baisse des débits du fait de l'augmentation des températures. Cette assumption est conforme aux enseignements du passé et aux résultats d'autres projets de recherche.

Le changement climatique s'incarne localement

Ce changement climatique est perçu dans les territoires qui ont été étudiés, directement ou indirectement (évolution de la faune et de la flore, de l'habitat, des risques, etc.). Certains « observateurs » (agriculteurs, pêcheurs, etc.) gardent des traces datées et quantifiées de ces changements. Le changement climatique n'est donc pas une réalité lointaine, future et globale. Il s'incarne localement comme un changement en cours avec des effets visibles aujourd'hui. La construction d'une connaissance partagée entre chercheurs et observateurs de terrain permet d'initier un débat sur les impacts du changement climatique à une échelle locale et sur les actions d'adaptation.

Les situations de pénurie actuelles comme prises sur le futur

Si le changement climatique est une réalité locale, il est toutefois peu pris en compte dans la gestion "courante" de l'eau. Dans les bassins versants étudiés, lorsque le déficit en eau est présent, il est peu visible : la question de la pénurie d'eau n'est pas vraiment posée. Pourtant, les impacts du changement climatique et de la moindre disponibilité de l'eau sont concrets (ex : difficultés d'abreuvement des troupeaux, arrivée en limite de capacité des réseaux pour éteindre les incendies estivaux, modification du prix du foncier agricole, etc.). Si des épisodes de sécheresse ont marqué les esprits et donnent prise sur le futur, la pénurie n'est pas formulée comme problème durable, du fait du caractère transitoire du déficit et de son traitement technique par des échanges avec les territoires voisins où l'eau est disponible. Le changement climatique interroge sans précédent la question de la pénurie mais ce sujet semble manquer d'arènes pour être traité.

Les vertus de l'incertitude et de la co-construction dans la recherche-action

L'implication des acteurs locaux était prévue dès le départ du projet, afin de prendre en compte leur expertise locale et de leur transmettre les résultats efficacement. Mais le projet a finalement été plus loin : à plusieurs reprises les acteurs ont été co-décideurs, en particulier lors des ateliers de design territorial et lors de la réflexion sur les indicateurs hydrologiques à calculer. Les travaux de recherche en ont été enrichis mais aussi infléchis. Si le projet n'a pas pu proposer de simulations complètes et robustes sur l'évolution des pluies et des débits, les ateliers de design territorial ont montré qu'il était tout de même possible d'imaginer les futurs possibles et de se mettre en action lorsque les incertitudes sont clairement explicitées.

Liste des principales valorisations réalisées et disponibles pour les acteurs :

- *Le changement climatique en Bourgogne et ses impacts sur la ressource en eau*. Synthèse, 2015, 2p.
- *Les ateliers du climat du bassin versant de l'Armançon*. Synthèse d'échanges, 2015, 32p.
- *Les ateliers du climat des bassins versants de la Tille, de l'Ouche et de la Vouge*. Synthèse d'échanges, 2016, 6p.
- *Faire de l'eau et du climat nos proches, pour s'adapter ensemble ici et maintenant*. Restitution des ateliers du climat des bassins versants de la Tille, de l'Ouche et de la Vouge par Sandrine Petit et Marie-Hélène Vergote, 2016, 2p.
- *HYCCARE Bourgogne - De la connaissance du climat aux leviers d'adaptation*. Intervention au Comité de bassin Loire-Bretagne, Orléans, le 20/03/2016 : diaporama (15p.), vidéo (24:53 -> 45:04) et interview (3min15).
- *Le changement climatique et la ressource en eau : s'adapter ensemble, ici et maintenant*. Séminaire de restitution d'HYCCARE, Dijon, le 25/03/2016 : diaporamas, interviews (à paraître) et actes (à paraître).

Ces documents sont disponibles sur la page du projet HYCCARE sur le site d'Alterre Bourgogne :

www.alterre-bourgogne.org/r/127/projet-de-recherche-hyccare

SUMMARY

HYCCARE: HYdrology, Climate Change, Adaptation, *Ressource en Eau* (Water Resources)

HYCCARE Burgundy is a multidisciplinary partnership research and action project to provide local decision makers with systems to improve water management under the impact of climate change. To achieve this operational objective the project was designed around two approaches. First, building up knowledge about climate change and its effects on water resources such as water-course flows and groundwater reserves at a fine level of detail and as an ongoing continuous process. Secondly, analysing perceptions and incorporating climate change into the current water management policy for several of the catchment areas serving Burgundy.

A multidisciplinary partnership research and action project

The project spanned three and half years from October 2012 to April 2016 and was funded by thanks to support from the Ministry of the Environment's Climate Change Impact Management Programme, ADEME Burgundy and the water authorities of Loire - Brittany, Seine – Normandy and Rhône – Mediterranean – Corsica. Seven research bodies were involved: University of Burgundy, CNRS, INRA, AgroSup Dijon, BRGM, University François Rabelais de Tours and University Pierre and Marie Curie of Paris. Alterre Burgundy, the regional agency for the environment and sustainable development, coordinated the project due to its recognised function as an information exchange between researchers, institutes and local bodies. Particular attention was paid to those involved locally to obtain their feedback and requirements throughout the project, regularly provide them with results and sometimes perform joint activities.

Analysis of Observations: a warmer climate since 1988, little change in rainfall and less water available in the region

In Burgundy like everywhere in France the mean annual temperature has increased by at least 1°C since the 1960s and 70s. This increase has not occurred gradually. There was a climatic shift in 1987 – 88 with a sharp increase in temperatures, marking the transition to a warmer climate. However average annual precipitation levels have remained unchanged since the 60s and 70s. Water course mean flow rates in Burgundy are down practically everywhere between January and September from what used to be seen before the 1987-88 shift. Low water levels come earlier and are more marked. Flowrates have only stayed the same in Autumn. In terms of groundwater, a reduction in the number of percolation days has been observed when the underground water table is replenished and the number of plant-life water stress days has increased, with distinct regional differences. This reduction in water resources despite unchanged rainfall levels is due to increased evapotranspiration caused by higher temperatures.

Simulations: accelerating climate change with temperatures which will continue to increase through successive stages, causing an even greater drop in water-course flowrates?

Global warming will continue by stages but the degree of increase, particularly in the second half of the 21st century will depend on the amount of GHGs emitted. The number of stages and dates of each step-up vary depending on the simulation. The uncertainty cannot be removed because it is inherent to the climatic system. But one thing is certain: the presence of stages separated by distinct upward transitions is systematic. The transitions will be more and more closely spaced and the mean temperature within each stage will increase further. In terms of rainfall, it has been proven that the model tends to overestimate precipitation levels and that this bias is not constant. For this reason it does not correctly reproduce the annual rainfall cycle and the results cannot be used to feed data into the hydrological models. Despite these difficulties in simulating rain and flowrates, it is possible to put forward the hypothesis that flowrates will drop due to increased temperatures. This assumption follows on from what has happened in the past and the results of other research projects.

Climate change takes root locally

There is direct or indirect awareness of this change to the climate in the regions which were studied, such as changes in flora and fauna, habitat, risks and so on. Some observers such as farmers and fishermen, keep quantitative, dated records of these changes. Therefore climate change is not some far-off, future global reality. It is happening locally as a change underway now with effects than can be seen today. Building up a shared knowledge base between researchers and local observers in the field would enable a debate to be started on the impact of climate change at a local level and on how to respond.

Current water shortages as a harbinger of what is to come

While climate change is a local reality it is not taken into account in current water management policies. In the catchment areas studied, when there is a water deficit people are not particularly aware of it. The question of how to deal with permanent water shortages has not really been asked. However the impact of climate change and decreased water availability is a definite reality, creating difficulties such as with watering livestock, water system capacity limits for putting out summer-time fires, changes to agricultural land prices and so forth. While occurrences of drought have made a psychological impression and foreshadow the future, shortages are not seen as a long term problem due to the transient nature of the problems and technical solutions such as bringing in water from adjoining regions where water is available. Climate change is raising the question of a lack of water like never before but there do not seem to be any forums for addressing it.

The benefits of uncertainty and collaboration in research - action

The involvement of local people was planned at the start of the project to incorporate their local expertise and distribute the results in an effective way. But in the end the project went further than that. On several occasions local people were joint decision makers, particularly during the regional design workshops and the review on hydrological indicators. The quality of the research was improved but it also shifted focus due to this. While the project was not able to design complete and robust simulations on future rainfall and water flow changes, the regional design workshops showed that it was still possible to imagine possible future scenarios and take action when the uncertainties were clearly stated.

List of main outcomes produced and available

- *Climate change in Burgundy and its impact on water resources*. Summary, 2015, 2p.
- *Climate workshops on the Armançon catchment area*. Summary of discussions, 2015, 32p.
- *Climate workshops on the Tille, Ouche and Vouge catchment areas*. Summary of discussions, 2016, 6p.
- *Make water and the climate our friends to adapt together here and now*. Presentation on climate change workshops for the Tille, Ouche and Vouge catchment areas by Sandrine Petit and Marie-Hélène Vergote, 2016, 2p.
- *HYCCARE Burgundy – From knowledge of the climate to levers for adapting*. Address by the committee for the Loire-Bretagne catchment area, Orléans, 20/03/2016: slide presentation (15p.), video (24:53 -> 45:04) and interview (3min15).
- *Climate change and water resources: adapting together, here and now*. HYCCARE results seminar, Dijon, 25/03/2016: slides, interviews (forthcoming) and actions (forthcoming).

These documents can be downloaded from the HYCCARE Project page on the Alterre Bourgogne website.

www.alterre-bourgogne.org/r/127/projet-de-recherche-hyccare