

# Changement climatique : conséquences sur quelques surfaces à l'échelle d'une région.

## Cas de la Bourgogne

Thierry Castel & Benjamin Bois

UMR Biogeosciences (6282 CNRS/univ. Bourgogne/EPHE)

[benjamin.bois@u-bourgogne.fr](mailto:benjamin.bois@u-bourgogne.fr)

[thierry.castel@u-bourgogne.fr](mailto:thierry.castel@u-bourgogne.fr) ou [thierry.castel@institut-agro.fr](mailto:thierry.castel@institut-agro.fr)

# Le contexte

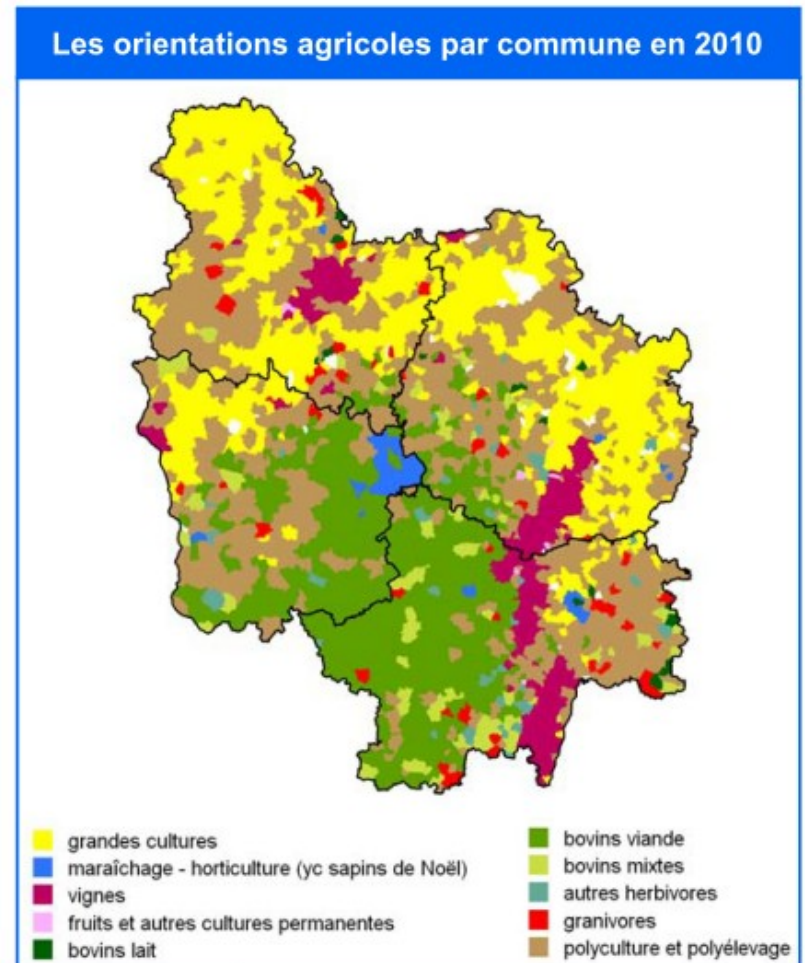
- Le changement climatique affecte les surfaces continentales (agriculture, forêt, eau etc.)
- En particulier les productions végétales
- Avec le réchauffement observé et attendu : modification du timing du cycle végétatif, de la disponibilité en eau...
- Concernant l'accès à l'eau, les ressources hydriques ne sont pas illimitées

**Quelle évolution possible du climat sur le territoire ?**

**Quelles conséquences sur la ressource en eau de surface ?**

# Problématique / questionnements

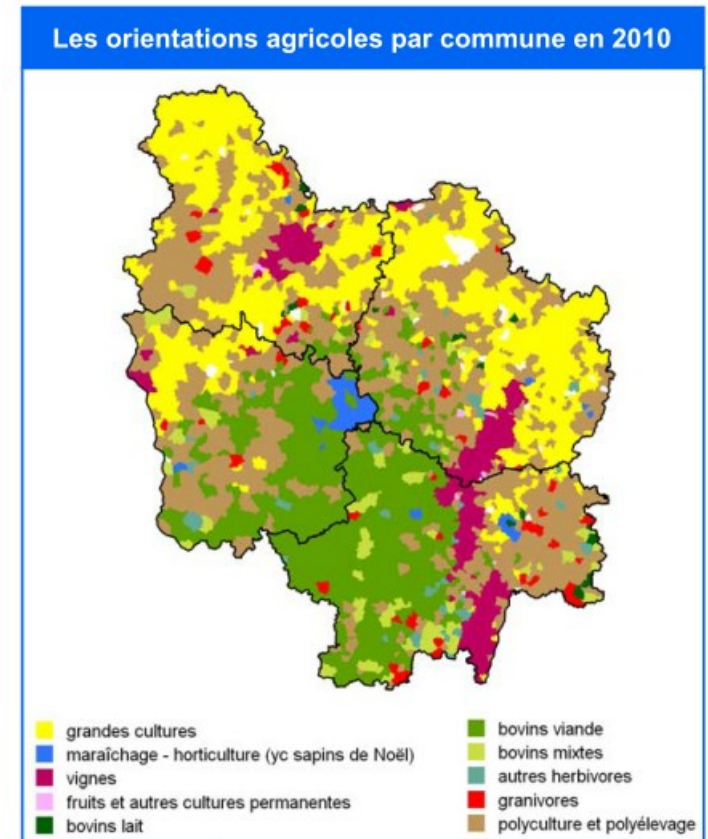
- Les potentialités de la Bourgogne sont-elles ou seront-elles modifiées par le changement climatique?
- Quelles tensions sur la ressource en eau pour les climats possibles du futur ?
- Si c'est le cas, le seront-elles de manière homogène sur l'ensemble du territoire?
- Doit-on revoir la répartition géographique des principales cultures agricoles et de la forêt en Bourgogne ?
  - Prairies
  - Blé
  - Maïs
  - Soja
  - Forêt
  - Vigne
  - Pois
  - ...



Source : agreste - recensement de l'agriculture 2010

# Organisation

- 7 groupes de 4 étudiants
- Pour chaque groupe
  - Une culture
  - Un modèle climatique (IPSL ou CNRM)
  - Une ou deux trajectoires RCP8.5 (RCP4.5)
  - 3 périodes étudiées :
    - Historique ou référence (1975-2005)
    - Futur proche (2035-2065)
    - Futur lointain (2070-2100)
- Au total
  - 7 cultures x 1 modèle x 1 (2) trajectoire(s) x 3 périodes
- Surfaces retenues :  
Prairies, Blé, Maïs, Soja, Forêt, Vigne, Pois...



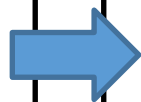
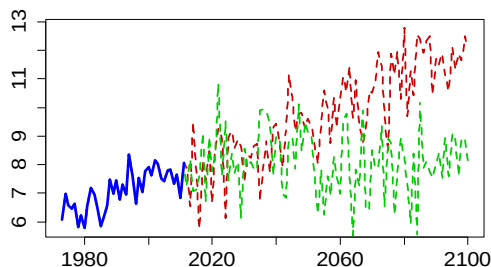
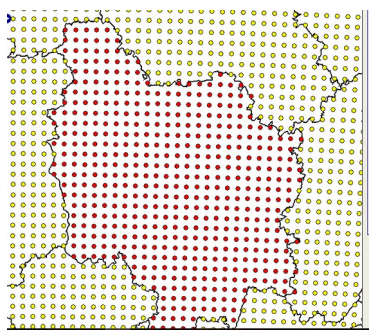
Source : agreste - recensement de l'agriculture 2010

## Exemple de ‘culture/questions’

- Maïs : faut-il irriguer? estimation des besoins en eau pour le maïs. Estimer les pertes de rendement en étudiant des graphs de l'usage de l'eau, en simulant des apports de 200 mm par an,
- Prairie : vers une baisse durable de rendements? Regarder les zones de prairies actuelles, pour un modèle de climat --> comment évolue la contrainte hydrique des prairies. La contrainte hydrique évolue de manière identique quelle que soit la prairie? Que nous dit la littérature sur la dispo du CO2 sur le rendement de prairies?
- Fôret : résineux ou feuillus au 21ème siècle ? contrainte hydrique en zone de fôret avec des Kc de feuillus et de résineux....comment change le régime hydrique?
- Vigne : quelle qualité pour les vins rouges en Bourgogne demain ? Quelle évolution du stress hydrique subi ? similaire entre Macon, Nuits Saint Georges et Chablis ?
- Vigne : le changement de la phénologie impacte-t-elle le bilan hydrique? Les étudiants comparent, pour un modèle de climat, le régime hydrique de la vigne, avec deux courbes de Kc : l'une décalée d'un mois plus tôt pour tenir compte de l'effet CC.
- Blé : deux modèles mêmes tendances spatiales et temporelles pour le bilan hydrique? Les étudiants étudient les variations du régime hydrique du blé pour les deux modèles de climat (IPSL et CNRM)
- Tournesol : une culture d'avenir en Bourgogne ?

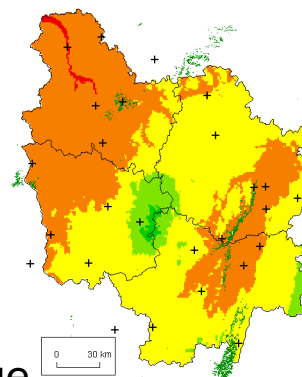
# Mode opératoire: La stratégie

Données climatiques simulées (1950 - 2100)

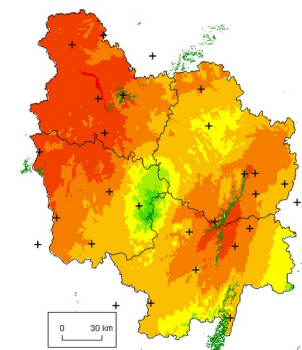


Bilan hydrique et du besoins en eau des surfaces (cultures, forêts, prairies...)

2000



2070



Y aura-t-il assez d'eau?

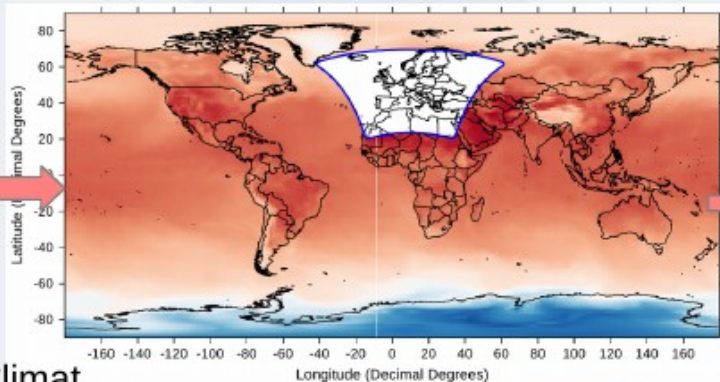
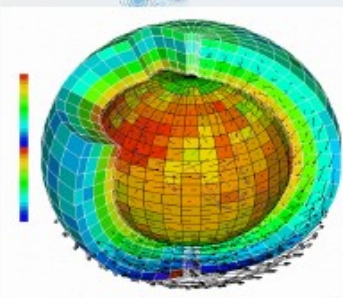
Conséquences économiques et sociales ?

Faut-il revoir la carte d'aménagement du territoire agricole ?

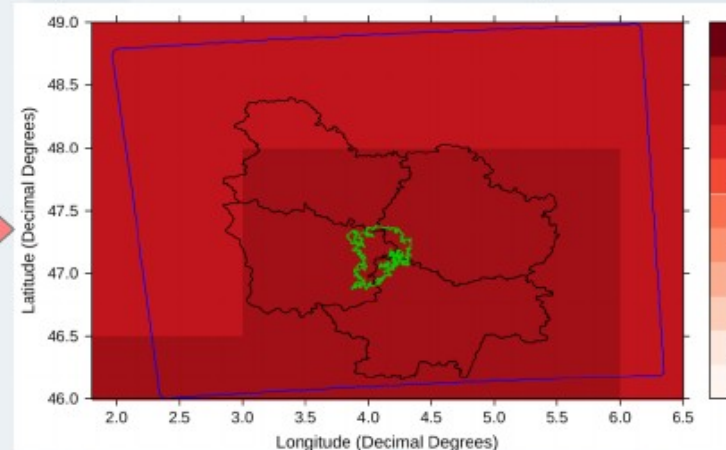


# Méthode de régionalisation climatique

## HYCCARE



Spécificités du territoire mal reproduites

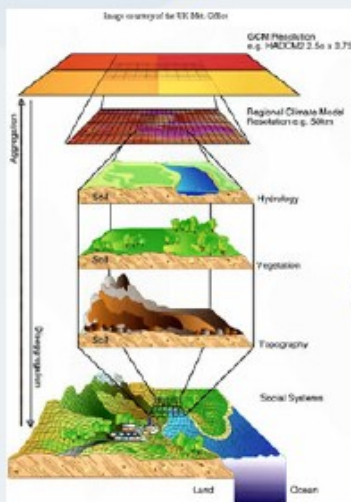


Modèles Globaux de Climat  
 Pour climat réalisé : ré-analyses  
 Pour climat futur : simulations GIEC

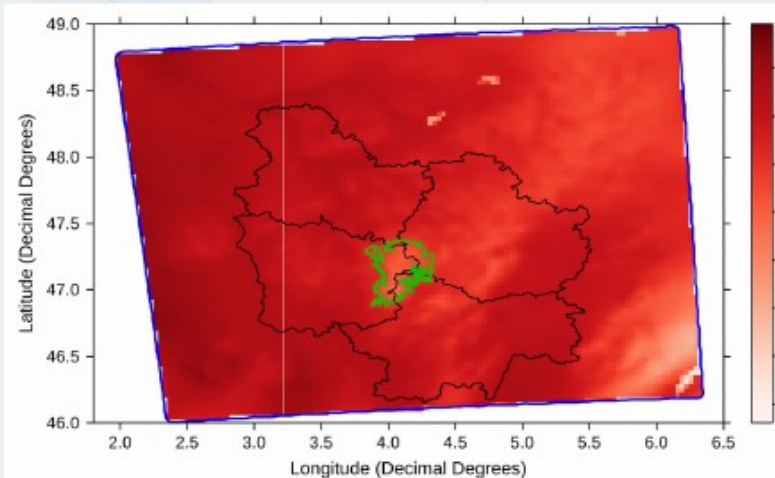
désagrégation  
dynamique

désagrégation  
statistique

Modèles Régionaux de Climat

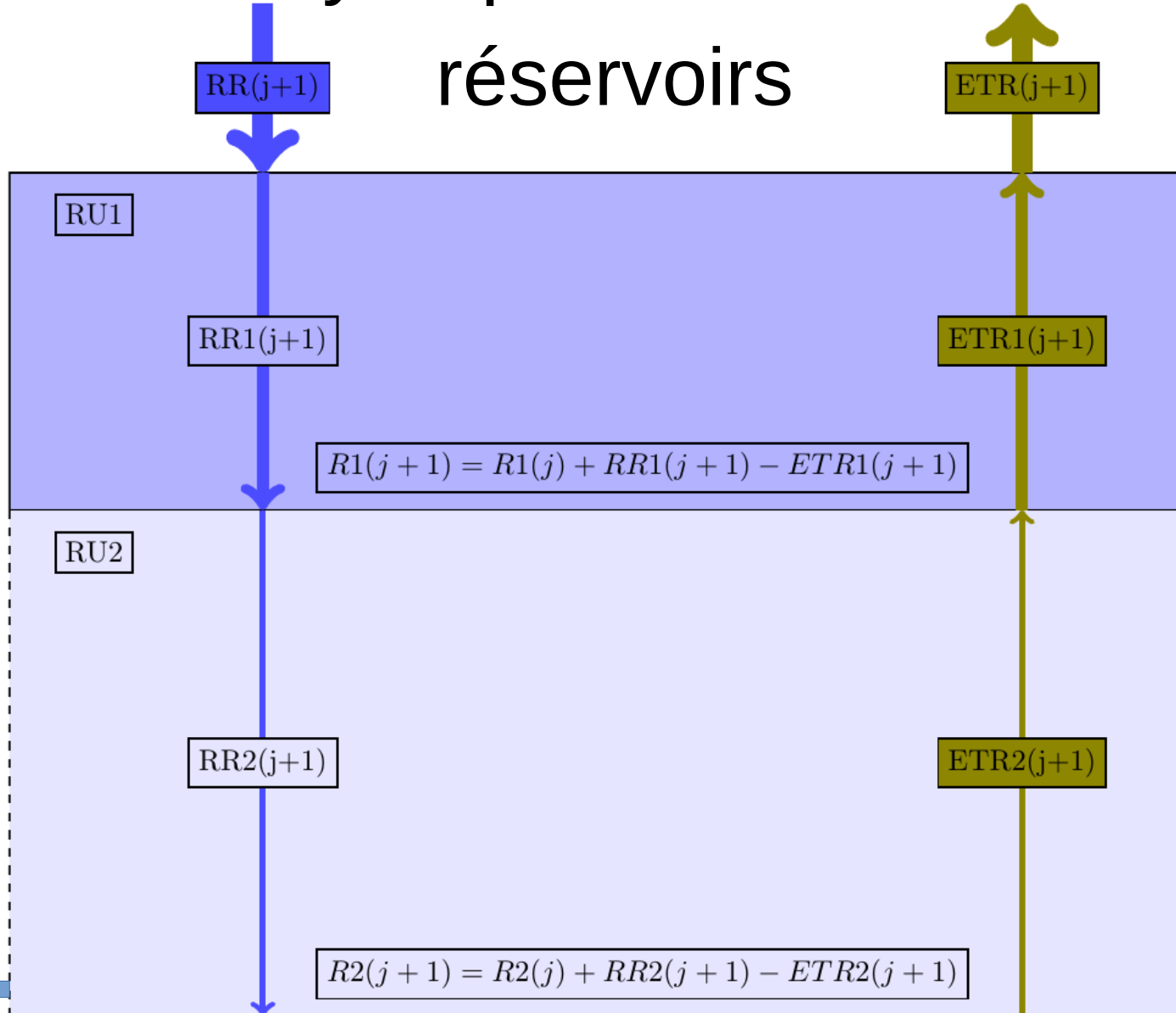


Spécificités du territoire plus réalistes



Moyens de calcul  
Univ. Bourgogne

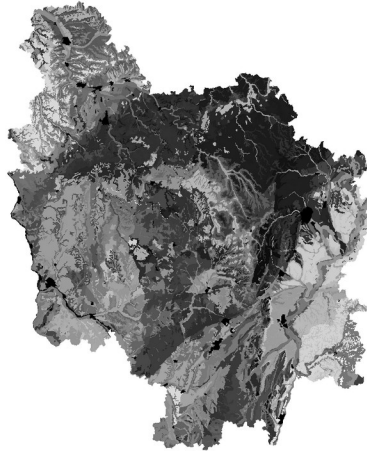
# Bilan Hydrique : un modèle à 2 réservoirs



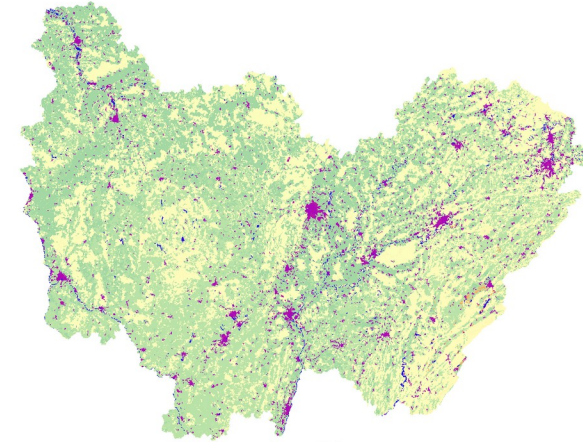


# Mode opératoire 1) Les Données

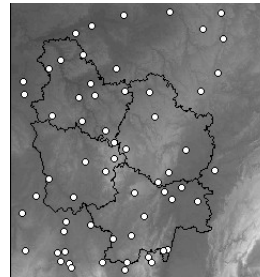
BD sols (RU)



BD occupation du sol (Corine Land Cover)



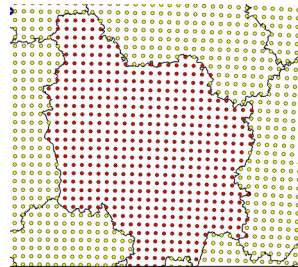
BD obs climatiques 1961-2015 (réseau Météo-Mrance)



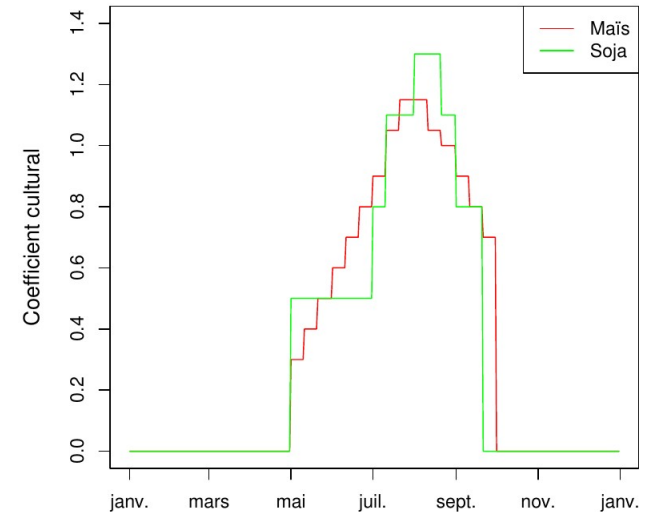
## IPSL/CNRM/...etc

Simulations climatiques journalières  
1975-2005

Simulations climatiques journalières  
2035-2065 et 2070-2100



Coefficient cultural





# DRIAS les futurs du climat

- ACCUEIL
- ACCOMPAGNEMENT
- DÉCOUVERTE
- DONNÉES ET PRODUITS**

Sélection personnalisée Accès simplifié (domaine complet)

Ouvrir tout Fermer tout

- 📁 Simulations climatiques atmosphériques
  - 📁 Métropole
    - 📁 Données corrigées DRIAS-2020
    - 📁 Indicateurs DRIAS-2020
  - ▷ 📁 Outre-mer
  - ▷ 📁 Anciennes simulations
- 📁 Simulations climatiques d'impact
  - 📁 Agriculture
    - 📁 Indicateurs DRIAS-2020
  - ▷ 📁 Risques naturels - Feux de forêts
  - ▷ 📁 Ressource en eau - Sécheresse
  - ▷ 📁 Tourisme hivernal en montagne - Enneigement

-  Informations sur le modèle de simulation
-  Formulaire de demande de données

- Simulations 'DRIAS-2020': données quotidiennes corrigées [format Csv]
- Simulations 'DRIAS-2020': données quotidiennes corrigées [format Netcdf]

Expérience	Identifiant	Scénario d'émission	Période	Modèle GCM / RCM - correction ADAMONT (France)	Institution RCM
DRIAS-2020	ALADIN63_CNRM-CM5	Référence	1951-2005	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / CNRM-ALADIN63	Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques
DRIAS-2020	ALADIN63_CNRM-CM5	RCP2.6	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / CNRM-ALADIN63	Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques
DRIAS-2020	ALADIN63_CNRM-CM5	RCP4.5	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / CNRM-ALADIN63	Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques
DRIAS-2020	ALADIN63_CNRM-CM5	RCP8.5	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / CNRM-ALADIN63	Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques
DRIAS-2020	RACMO22E_CNRM-CM5	Référence	1950-2005	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_CNRM-CM5	RCP2.6	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_CNRM-CM5	RCP4.5	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_CNRM-CM5	RCP8.5	2006-2100	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	WRF381P_IPSL-CM5A	Référence	1951-2005	IPSL-IPSL-CM5A-MR / IPSL-WRF381P	Institut Pierre-Simon Laplace
DRIAS-2020	WRF381P_IPSL-CM5A	RCP4.5	2006-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR / IPSL-WRF381P	Institut Pierre-Simon Laplace
DRIAS-2020	WRF381P_IPSL-CM5A	RCP8.5	2006-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR / IPSL-WRF381P	Institut Pierre-Simon Laplace
DRIAS-2020	RCA4_IPSL-CM5A	Référence	1970-2005	IPSL-IPSL-CM5A-MR / SMHI-RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rosby Centre
DRIAS-2020	RCA4_IPSL-CM5A	RCP4.5	2006-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR / SMHI-RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rosby Centre
DRIAS-2020	RCA4_IPSL-CM5A	RCP8.5	2006-2100	IPSL-IPSL-CM5A-MR / SMHI-RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rosby Centre
DRIAS-2020	RegCM4-6_HadGEM2	Référence	1971-2005	MOHC-HadGEM2-ES / ICTP-RegCM4-6	International Centre for Theoretical Physics
DRIAS-2020	RegCM4-6_HadGEM2	RCP2.6	2006-2099	MOHC-HadGEM2-ES / ICTP-RegCM4-6	International Centre for Theoretical Physics
DRIAS-2020	RegCM4-6_HadGEM2	RCP8.5	2006-2099	MOHC-HadGEM2-ES / ICTP-RegCM4-6	International Centre for Theoretical Physics
DRIAS-2020	CCLM4-8-17_HadGEM2	Référence	1950-2005	MOHC-HadGEM2-ES / CLMcom-CCLM4-8-17	Climate Limited-area Modelling Community
DRIAS-2020	CCLM4-8-17_HadGEM2	RCP4.5	2006-2099	MOHC-HadGEM2-ES / CLMcom-CCLM4-8-17	Climate Limited-area Modelling Community
DRIAS-2020	CCLM4-8-17_HadGEM2	RCP8.5	2006-2099	MOHC-HadGEM2-ES / CLMcom-CCLM4-8-17	Climate Limited-area Modelling Community
DRIAS-2020	RACMO22E_EC-EARTH	Référence	1950-2005	ICHEC-EC-EARTH / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_EC-EARTH	RCP2.6	2006-2100	ICHEC-EC-EARTH / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_EC-EARTH	RCP4.5	2006-2100	ICHEC-EC-EARTH / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RACMO22E_EC-EARTH	RCP8.5	2006-2100	ICHEC-EC-EARTH / KNMI-RACMO22E	Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands
DRIAS-2020	RCA4_EC-EARTH	Référence	1970-2005	ICHEC-EC-EARTH / SMHI-RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rosby Centre

# Données climatiques DRIAS : Grille SAFRAN

(Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie)

Référence temporelle

Période	
Année de début	1975
Année de fin	2005

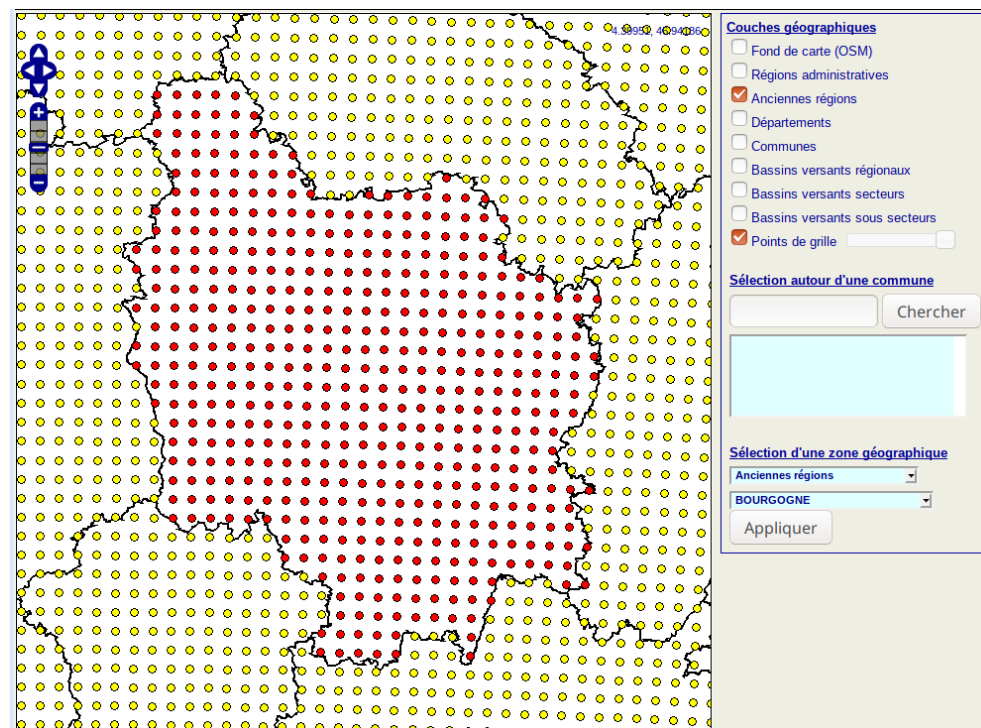
Période historique   
  Horizon proche   
  Horizon moyen   
  Horizon lointain

Sous-période : préciser si nécessaire, les saisons ou les mois

<input checked="" type="checkbox"/> Hiver	::	<input checked="" type="checkbox"/> Janvier	<input checked="" type="checkbox"/> Février	<input checked="" type="checkbox"/> Mars	<input type="button" value="Toute l'année"/> <input type="button" value="Inverser"/> <input type="button" value="Vider la sélection"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Printemps	::	<input checked="" type="checkbox"/> Avril	<input checked="" type="checkbox"/> Mai	<input checked="" type="checkbox"/> Juin	
<input checked="" type="checkbox"/> Eté	::	<input checked="" type="checkbox"/> Juillet	<input checked="" type="checkbox"/> Août	<input checked="" type="checkbox"/> Septembre	
<input checked="" type="checkbox"/> Automne	::	<input checked="" type="checkbox"/> Octobre	<input checked="" type="checkbox"/> Novembre	<input checked="" type="checkbox"/> Décembre	

## Région Bourgogne

- 497 points de grille
- 1 point tous les 8 km



# Données climatiques DRIAS : paramètres

## Paramètres météorologiques

**Sélection rapide des Paramètres**

TEMPÉRATURES *	PRÉCIPITATIONS *	
HUMIDITÉ *	RAYONNEMENT **	
VENT *	ÉVAPO-TRANSPIRATION POTENTIELLE *	
AUCUN	/	TOUS

Paramètres sélectionnés : 5

**⚠ Les Paramètres sont fournis par défaut dans l'unité dans laquelle ils sont archivés**

- ▶ Températures ... [ \* Sélectionnez l'unité ]
  - Température minimale journalière à 2 m K C F ⓘ
  - Température maximale journalière à 2 m K C F ⓘ
  - Température moyenne journalière à 2 m K C F ⓘ
- ▶ Précipitations ... [ \* Sélectionnez l'unité ]
  - Précipitations totales kg/m<sup>2</sup>/s mm ⓘ
  - Chute de neige à grande échelle kg/m<sup>2</sup>/s mm ⓘ
- ▶ Humidité ... [ \* Sélectionnez l'unité ]
- ▶ Rayonnement ... [ \*\* uniquement avec les modèles 'ALADIN63\_CNRM-CM5, RACMO22E\_CNRM-CM5, RACMO22E\_EC-EARTH' ]
- ▶ Vent ... [ \* Sélectionnez l'unité ]
- ▶ Evapo-Transpiration Potentielle ... [ \* Sélectionnez l'unité ]
  - Evapotranspiration potentielle (méthode Hargreaves) kg/m<sup>2</sup>/s mm ⓘ



# Données climatiques DRIAS : format des données

## Forme du fichier résultat

### Choix du nombre de fichiers texte

- Fourniture d'un seul fichier contenant l'ensemble des points sélectionnés
- Fourniture d'un fichier par point de grille sélectionné

### Format de ligne

DATE POSITION Paramètres  
POSITION DATE Paramètres

- DATE: format de la date, à définir ci-dessous.
- POSITION: format de la position du point de grille, à définir ci-dessous.
- Paramètres: valeurs de chacun des paramètres sélectionnés.

### Format de POSITION des points de grille Métadonnées des points de référence de la grille SAFRAN

idPoint Latitude Longitude Altitude ▾

- idPoint: numéro de point de grille.
- Latitude et longitude en degrés décimaux (système WGS84).
- LambertX et lambertY en hectomètres (système Lambert II étendu).
- Altitude en mètres.

### Format de DATE

MM-JJ-AAAA (1 champ) ▾

### Séparateur de champs

Virgule , ▾



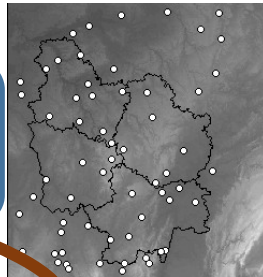
# Mode opératoire 2 : Préparation des données - validation

BD occupation du sol (Corine Land Cover)

BD sols (RU)

MNT 250 m

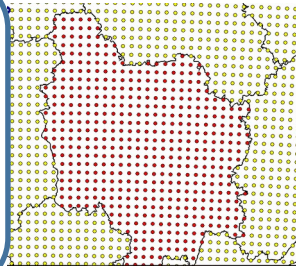
BD obs climatiques 1961-2005  
(réseau météo-france)



Simulations climatiques journalières  
1975-2005

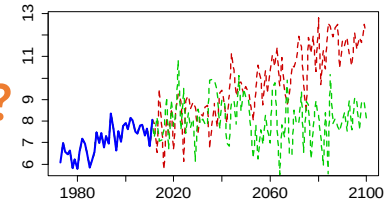
**IPSL et CNRM**

Simulations climatiques journalières  
2035-2065 et 2070-2100

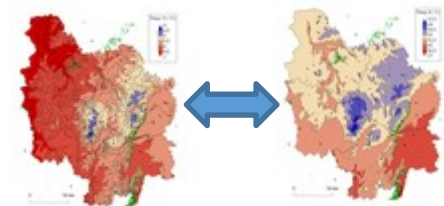


*Les données simulées par les modèles de climat sont-elles conformes aux observations?*

Dans le temps?



Dans l'espace?



# Mode opératoire 3 : Préparation des données

- Rééchantillonnage spatial (RU)
- Calcul ETP en journalier comparaison avec ETP DRIAS

Coefficient culturaux Kc (décadaire) → Cycle annuel du Kc (pas de temps journalier)

BD sols (RU) (50m) → RU à 8 km (remettre à la résolution SAFRAN)

Simulations climatiques journalières  
1975-2005

## Modèles climatiques Régionaux

Simulations climatiques journalières  
2035-2065 & 2070-2100

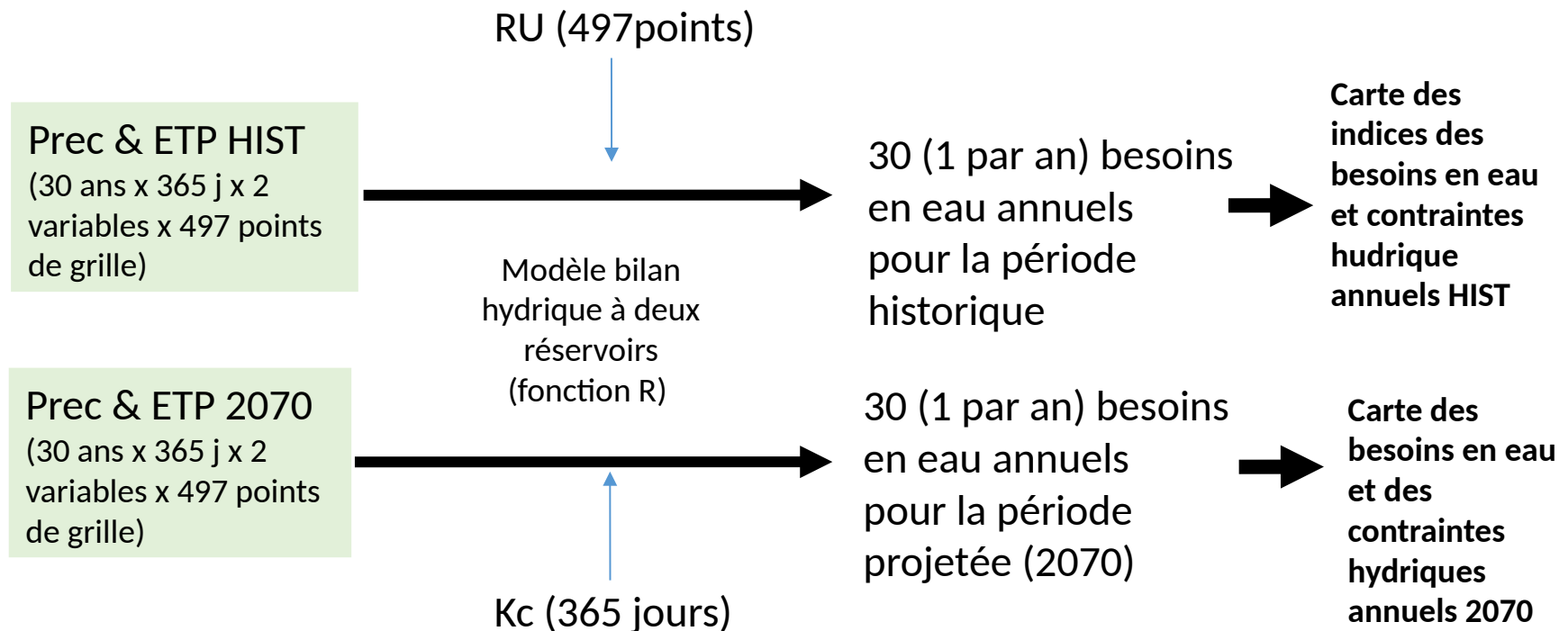
Prec  
Tmin/Tmax

Calcul de l'évapotranspiration potentielle au pas quotidien  
✉ modèle de Hargreaves  
(Droogers & Allen 2002)

Prec & ETP HIST  
(30 ans x 365 j x 2 variables x 497 points de grille)

Prec & ETP PROJ  
(30 ans x 365 j x 2 variables x 497 points de grille)

# Mode opératoire 4 : Calcul du bilan hydrique



# Mode opératoire 5 : Diagnostic et préconisations

Travail d'un groupe d'étudiants

Une surface Culture ou Forêt ou prairie ou autre

(une par groupe) et pour chaque modèle (IPSL/CNRM/...)

BD occupation du sol

Rasters Hist besoins en  
eau et contraintes  
hydriques annuels

Evolution des  
besoins en eau  
annuels  
(Analyse de  
tendance,  
fréquentielle ...)

Carte de l'évolution  
des besoins en eau  
et des contraintes  
hydriques

Restitution écrite - 5  
feuilles (10 pages max)  
(évaluation en CC)  
+ restitution orale (CT)

Comparaison 1975-2005 vs 2035-2050 vs 2070-2100

- zones en Bourgogne où la culture pourrait être maintenue ou nouvelles zones proposées pour son implantation
- Zones actuelles où maintenir la culture poserait des problèmes (tension sur eau excessive)

# Attendus

- Questions adressées/groupe-occupation du sol
  - Quelle évolution climatique ?
  - Quelle évolution des contraintes hydriques ?
  - Quelle géographie ?
  - Quelles temporalité ?
  - ...
- Perspectives brossées
  - Quelles préconisations ?
  - Quelles limites ?
  - ...