



# Modification de la chaîne de modélisation hydro-météorologique, bascule de SIM à SIM2

Réunion Aqui-FR 20/10/2016

---

François Besson  
DCSC/AVH – Météo-France

# Contexte

- SAFRAN – ISBA – MODCOU chaîne de modèle utilisée depuis 2003 en opérationnel à Météo-France (rappel du fonctionnement global ci-dessous)
- Quelques faiblesses connues
  - Sous-estimation du rayonnement infrarouge incident par SAFRAN
  - Résolution spatiale de 64km<sup>2</sup> peu adaptée à l'hydrologie en zone de montagne
  - Représentation de la température dans le sol non adaptée à une utilisation directe
- Nombreux nouveaux développements effectués au CNRM depuis la mise en place de la chaîne

## SAFRAN

**Entrées** : Ebauche modèle + Observations

**Sorties** : Forçage atmosphérique interpolé sur une grille de 8km de résolution

## ISBA

**Entrées** : Forçage atmosphérique  
**Sorties** : Flux d'eau et d'énergie au niveau du sol + Enneigement

## MODCOU

**Entrées** : Drainage et Ruissellement  
**Sorties** : Débits des rivières et hauteurs piézométriques

# Plan

---

- Nouvelle chaîne SIM2 : modifications apportées à SIM
- Evaluation de la nouvelle chaîne
- Impact sur la production
- Applications de prévision

# Modifications apportées à SIM

---

## ■ SAFRAN

- Correction du rayonnement infrarouge (IR) incident en fonction de la nébulosité et de l'altitude

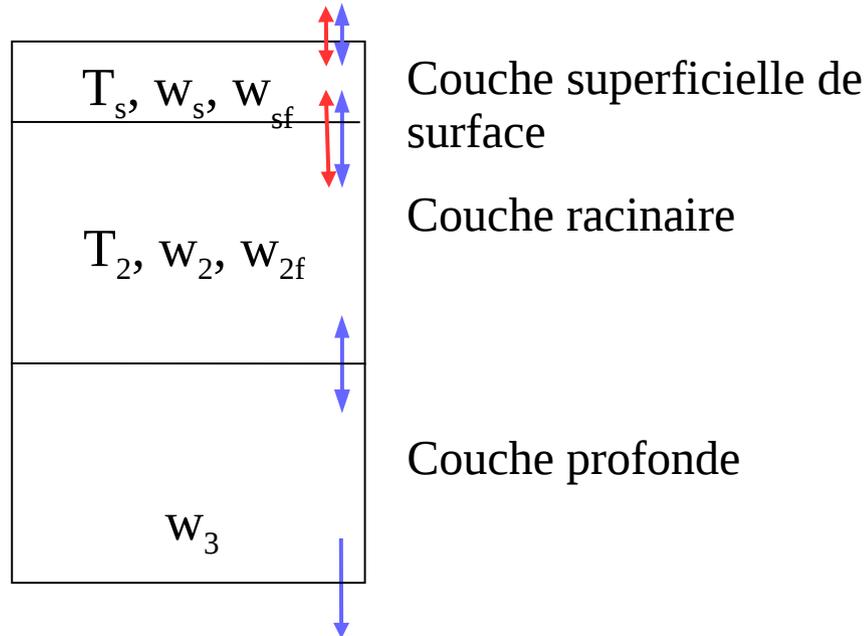
## ■ ISBA

- Intégration dans la plateforme de modélisation SURFEX
- Modification du schéma de modélisation du sol
- Simulation par type de végétation
- Modification des bases de données physiographiques + MNT
- Modification du schéma de neige utilisé (passage de 3 couches à 12 couches)

# Modifications apportées à SIM

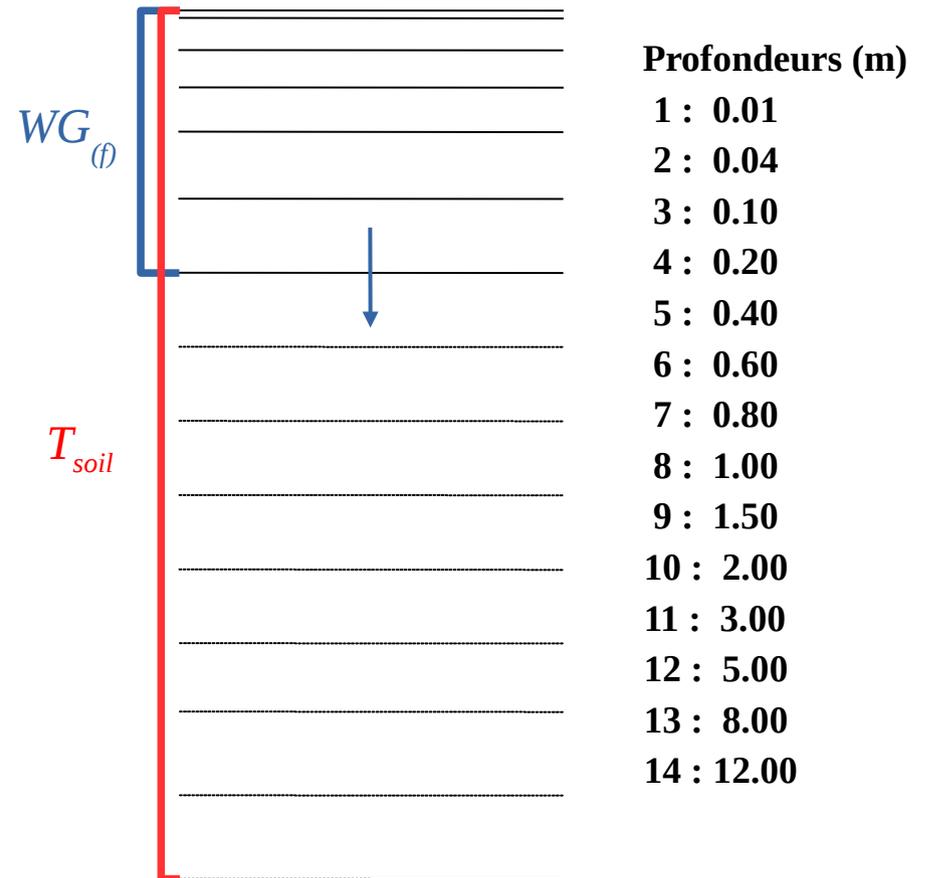
## ■ Modélisation du sol

SIM : Approche Force Restore – 3 couches



 Echange d'eau  
 Echange d'énergie

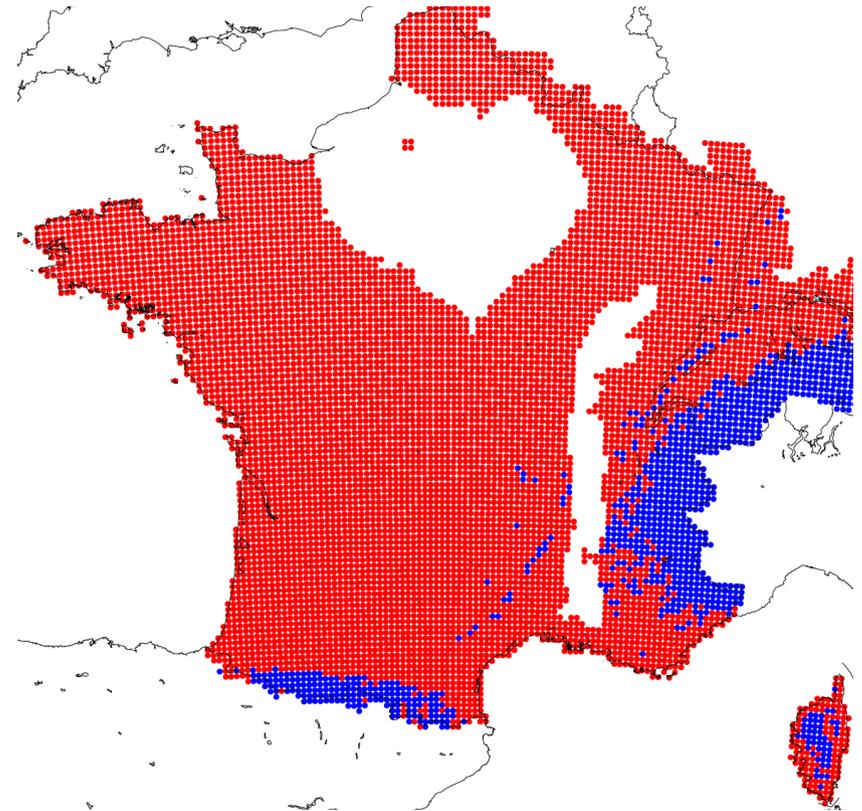
SIM2 : 14 couches – Equation de diffusion pour représenter les flux d'eau et d'énergie



Echanges d'énergie sur les 14 couches  
 Echanges en eau limités aux N premières couches (N dépendant de la végétation – utilisation de 12 types)

# Modifications apportées à SIM

- SAFRAN - ISBA
- **Hydrologie sous-maille**
  - Forçages atmosphériques et simulations SURFEX supplémentaires à différentes altitudes pour les mailles montagne (en bleu)
  - Utilisation de réservoirs conceptuels permettant prendre en compte les aquifères là où il ne sont pas explicitement représentés dans MODCOU (en remplacement du drainage sous-maille imposé)
    - ▶ Réservoir de capacité infinie en zone de montagne (points bleus)
    - ▶ Réservoir de capacité finie en zone plaine (points rouges)
  - Mixage des résultats aux différentes altitudes pour avoir des données 2D prenant en compte le relief sous-maille (important pour l'enneigement/fonte nivale)



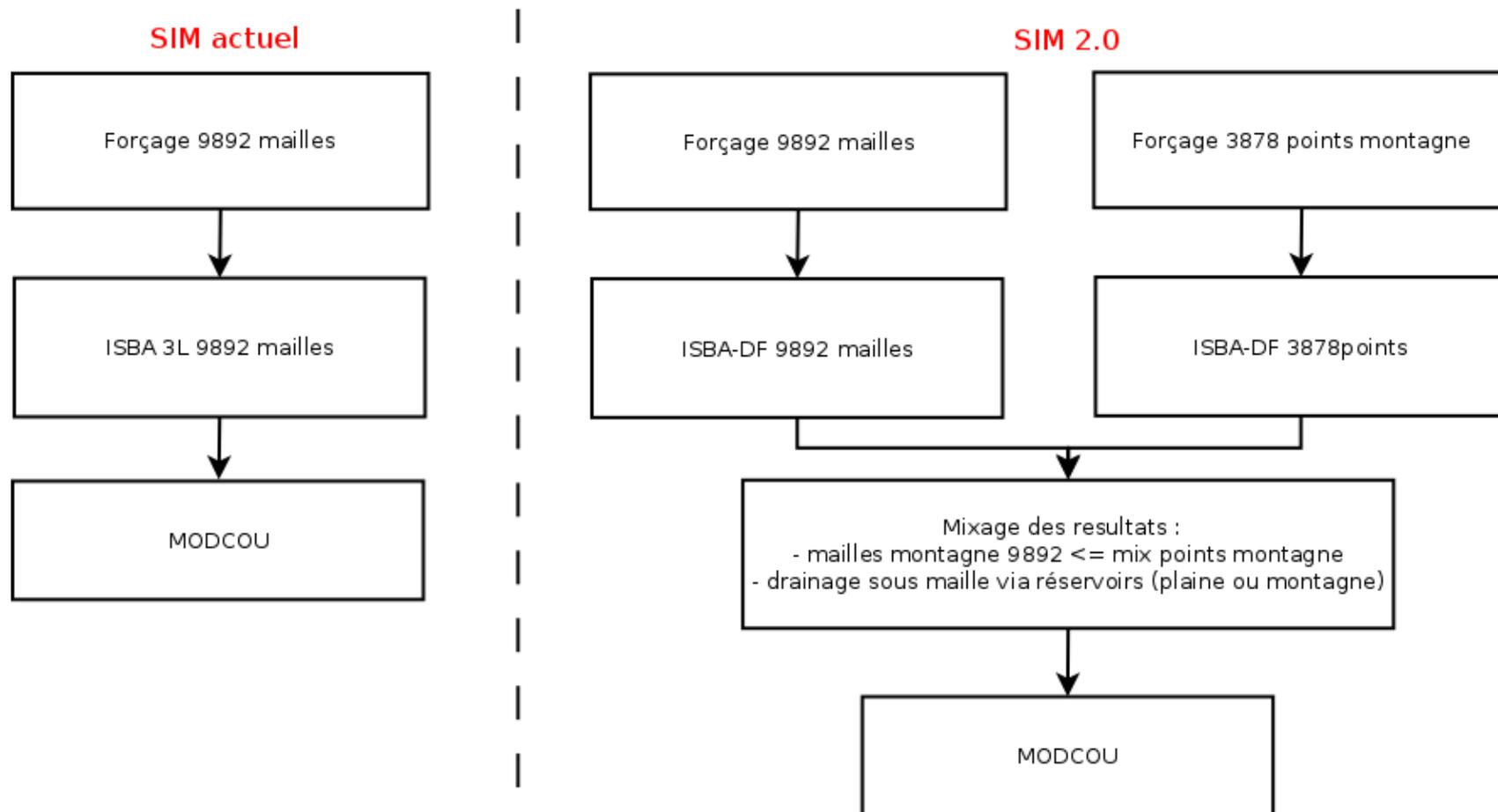
# Conclusion & Perspectives

---

- Nouvelle chaîne de modélisation développée, validée puis adaptée pour une utilisation opérationnelle (depuis fin septembre 2016)
- Signal climatologique identique même si les valeurs brutes de certaines paramètres sont modifiées
- Utilisation pour les applications temps réel et de prévision
- Travaux à venir côté DCSC
  - Utilisation de cette nouvelle chaîne pour des études d'impact du changement climatique
  - Consolidation des applications de prévision
  - Utilisation des nouveaux paramètres accessibles (par patch, par niveau de profondeur etc.)
  - Prise en main application Aqui-Fr

# Modifications apportées à SIM

- Récapitulatif du fonctionnement de la chaîne SIM vs SIM2



# Plan

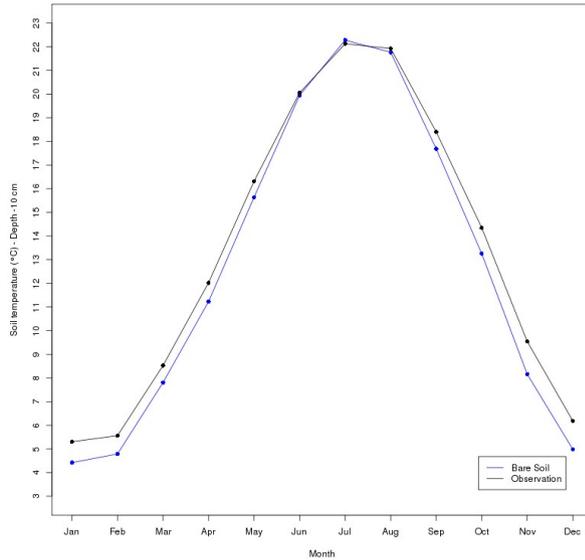
---

- Modifications apportées à SIM
- **Evaluation de la nouvelle chaîne**
- Impact sur la production
- Applications de prévision

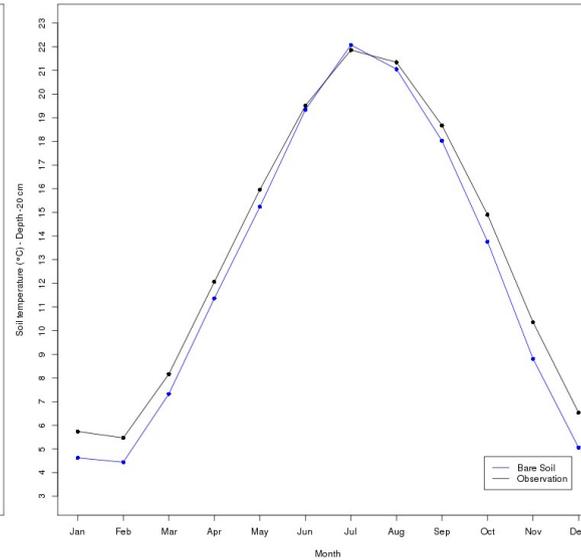
# Evaluation de la nouvelle chaîne

- Validation de la température de sol ; Période 1985-2014 ; 112 stations avec mesures à 10, 20, 50 and 100cm toutes les 3heures ; Nouveau par rapport à SIM !!!

Profondeur 10cm  
Biais :  $-0,7^{\circ}\text{C}$   
RMSE :  $2.7^{\circ}\text{C}$

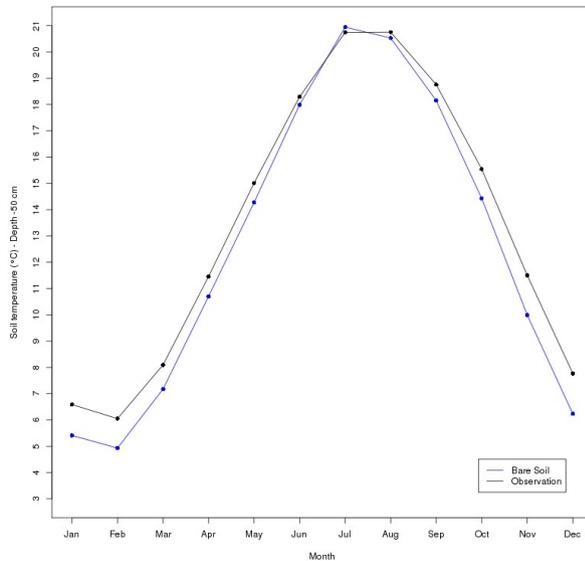


Profondeur 20cm  
Biais :  $-0.8^{\circ}\text{C}$   
RMSE :  $2.2^{\circ}\text{C}$

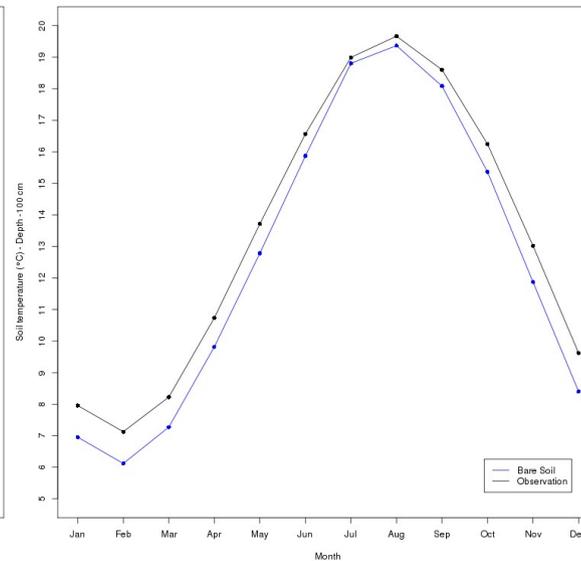


Cycle mensuel moyen

Profondeur 50cm  
Biais :  $-0.8^{\circ}\text{C}$   
RMSE :  $1.7^{\circ}\text{C}$

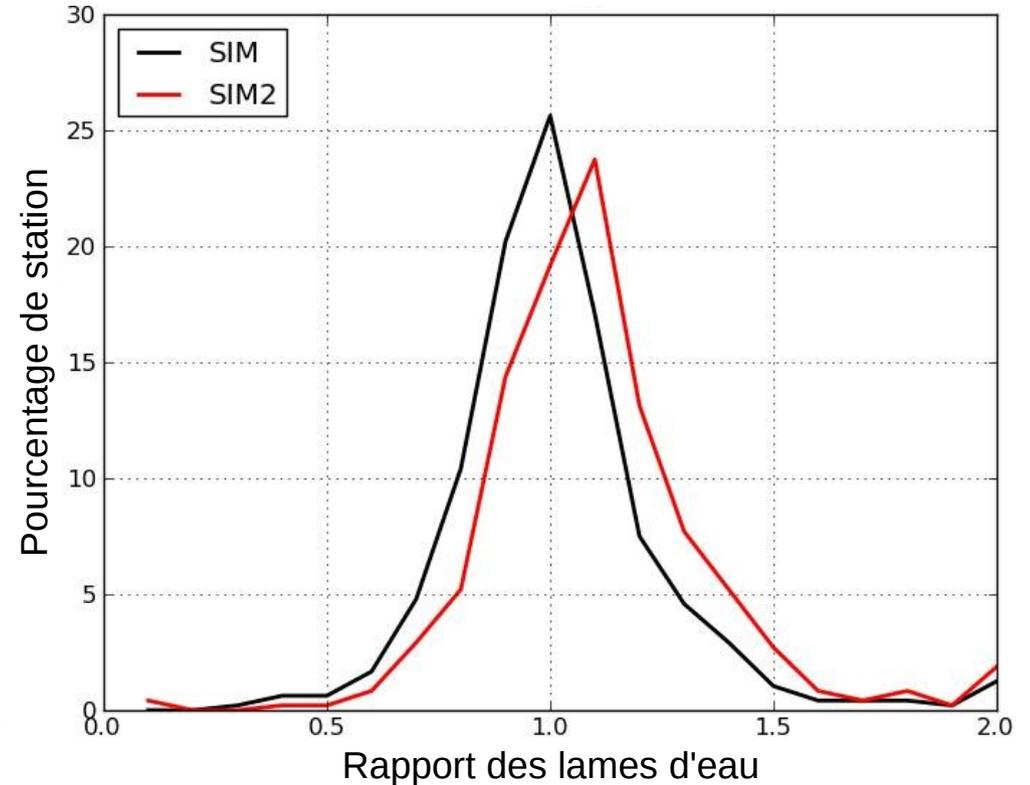
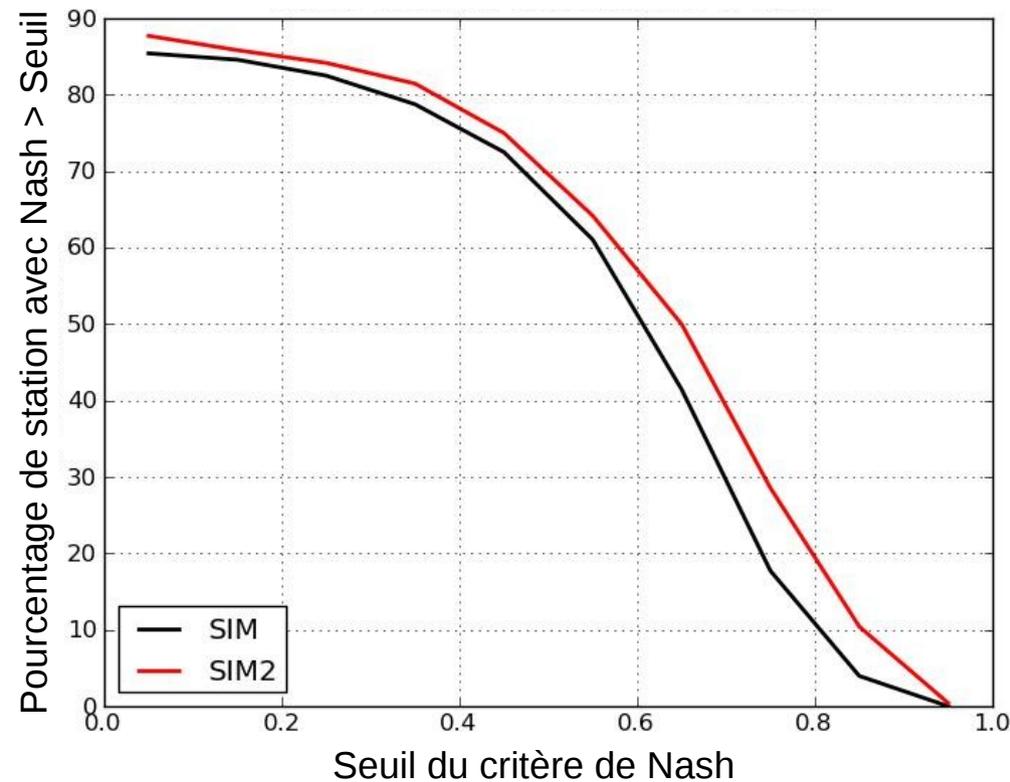


Profondeur 100cm  
Biais :  $-0.8^{\circ}\text{C}$   
RMSE :  $1.5^{\circ}\text{C}$



# Evaluation de la nouvelle chaîne

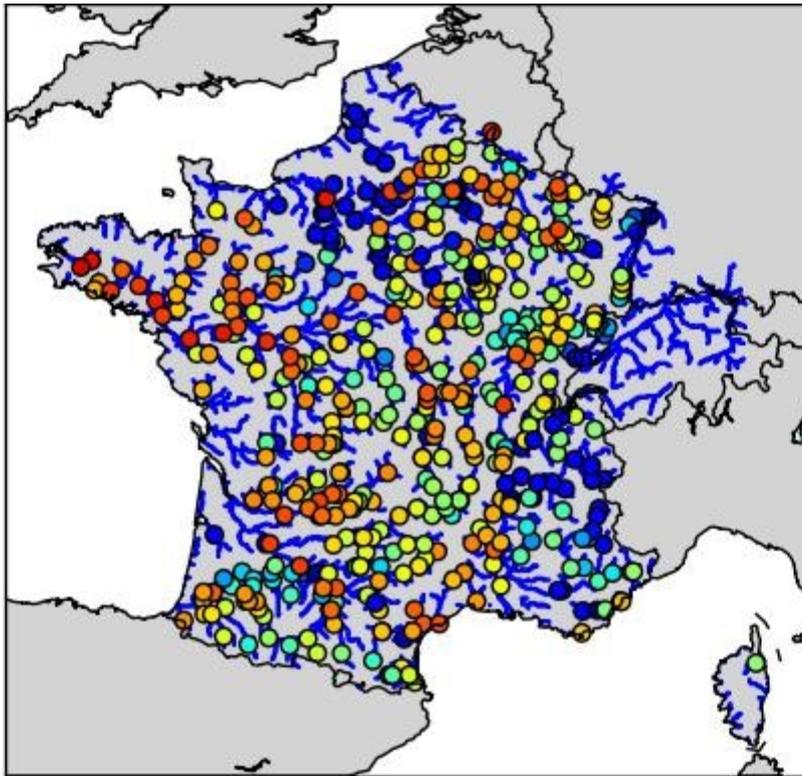
- Scores sur les débits quotidiens ; Période 08/1958 – 07/2015
- 480 stations avec au moins 50 % d'observations disponibles



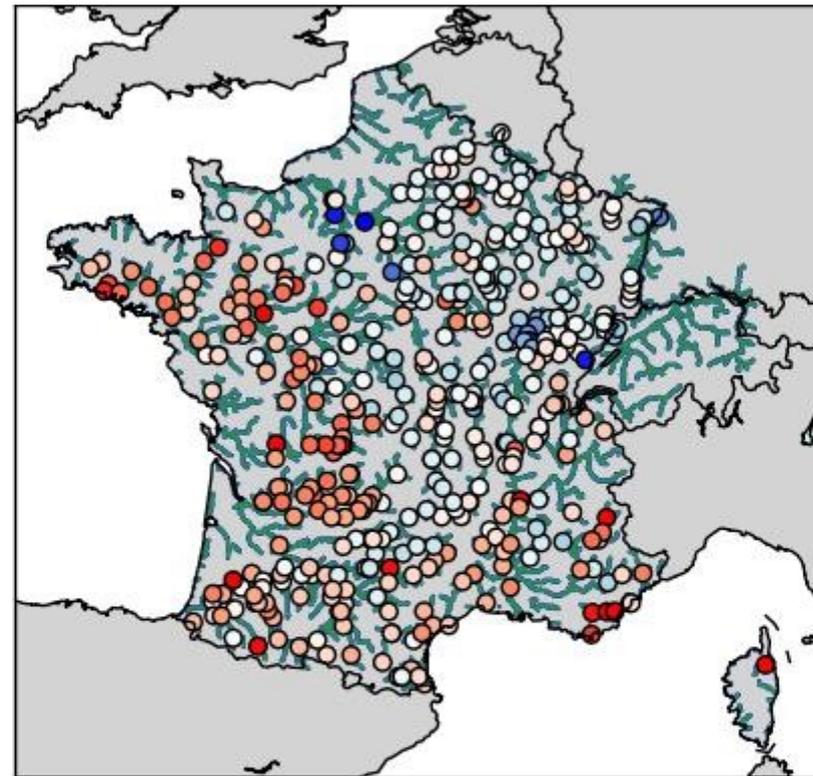
- Amélioration du critère de Nash
- Rapports des lame d'eau proche, léger décalage vers des valeurs plus fortes dans SIM2

# Evaluation de la nouvelle chaîne

- Amélioration sur un grand nombre de stations (Ouest, Sud et zones de montagne principalement)
- Détérioration sur le bassin de la Seine et le Nord-Est



Critère de Nash spatialisé pour SIM2



Comparaison du critère de Nash  
par station (SIM2-SIM)

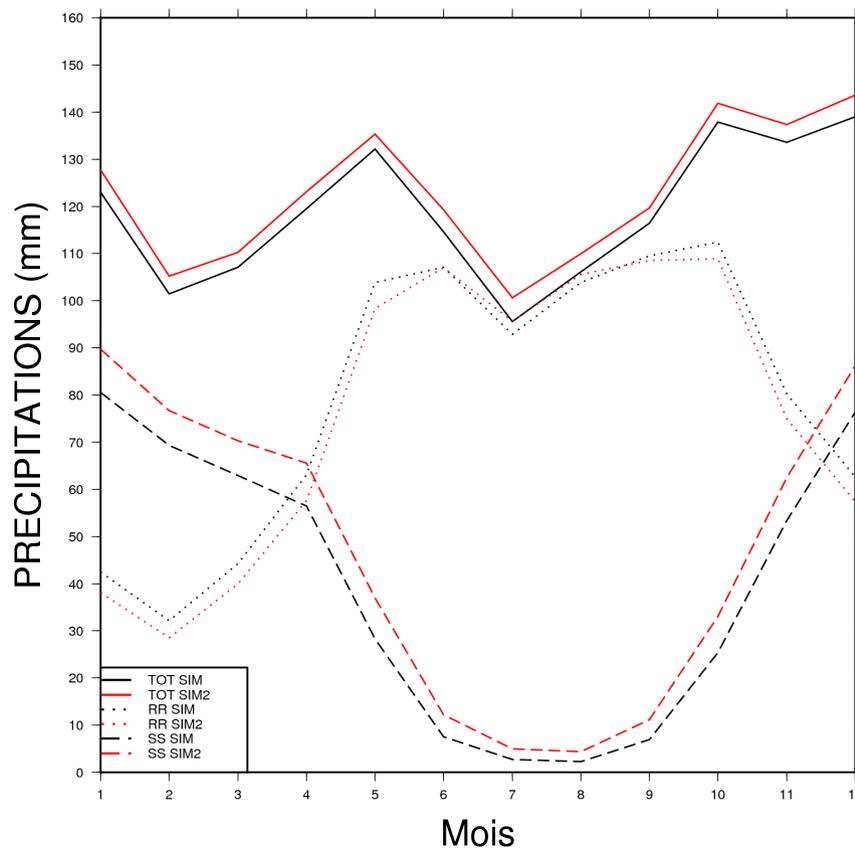
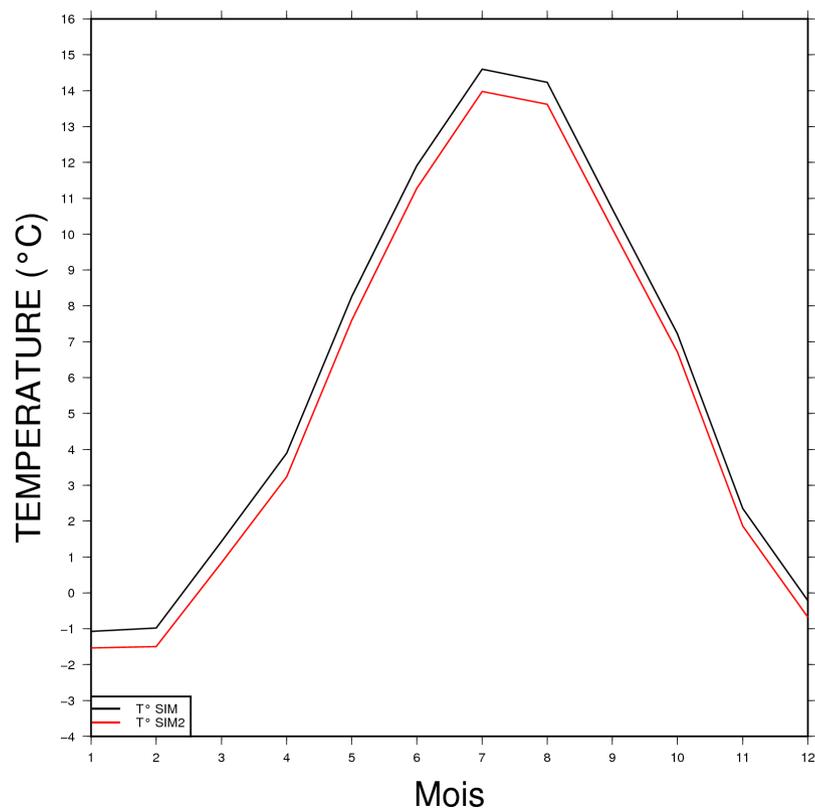
# Plan

---

- Modifications apportées à SIM
- Evaluation de la nouvelle chaîne
- **Impact sur la production**
- Applications de prévision

# Impact sur la production

- Impact sur la production – Mixage des données atmosphériques en zone de montagne



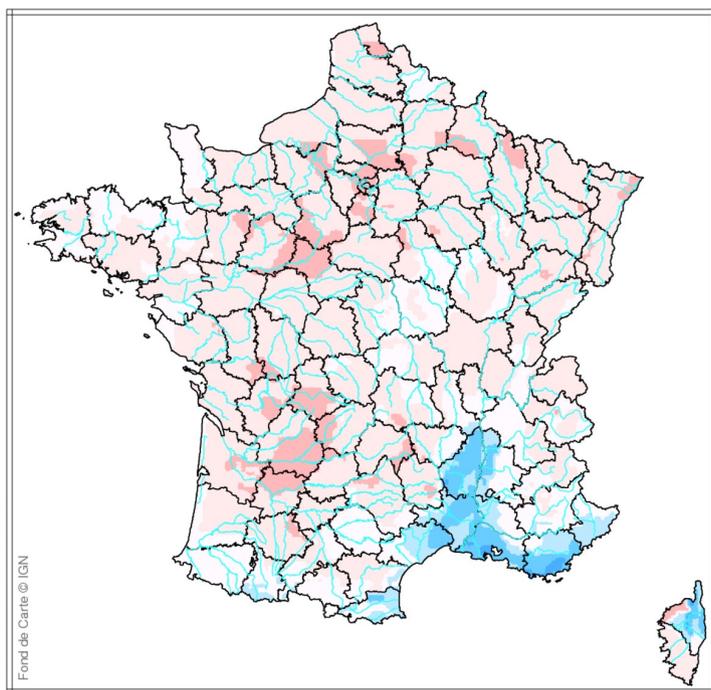
- Si l'altitude pondérée de la maille dans SIM2 est plus élevée que dans SIM (exemple ci-dessus) => précipitations plus importantes, température plus faible, ratio pluie/neige modifié etc.

# Impact sur la production

- Impact sur la production – Précipitations – Impact négligeable à l'échelle de la France

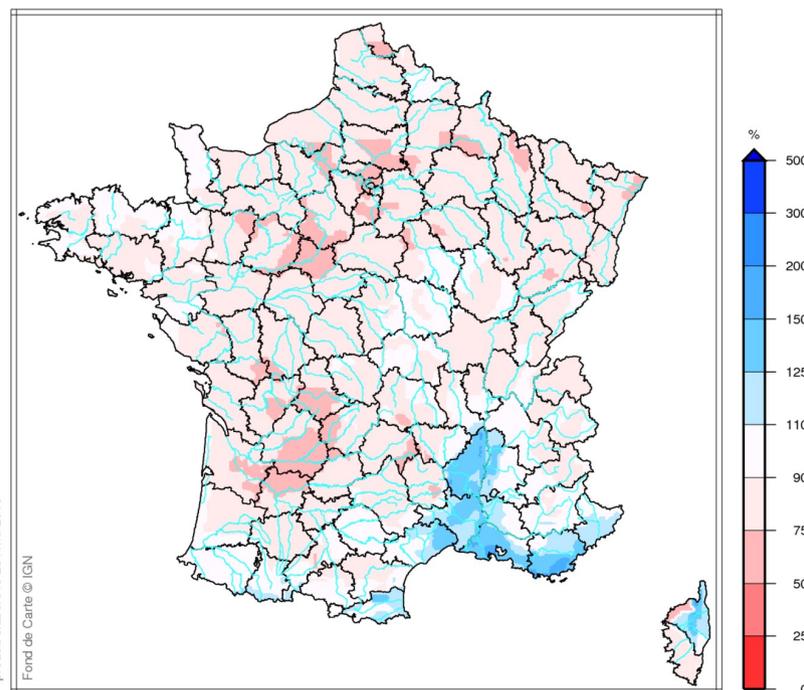
METEO FRANCE  
Toujours un temps d'avance

Rapport à la normale du cumul de précipitations  
SIM  
De 09/2014 à 07/2015



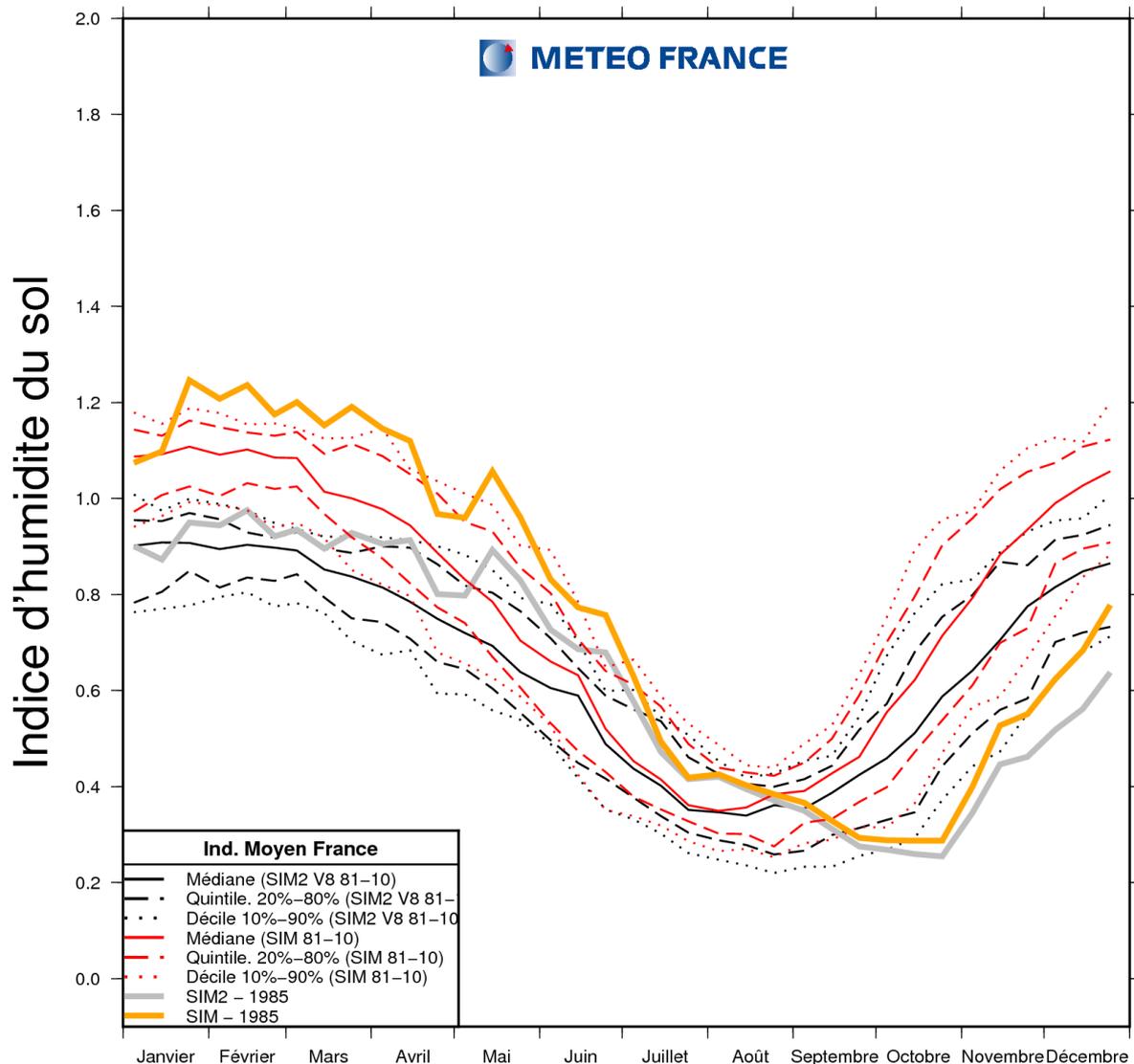
METEO FRANCE  
Toujours un temps d'avance

Rapport à la normale du cumul de précipitations  
SIM2  
De 09/2014 à 07/2015



# Impact sur la production – Indice d'humidité des sols – Comportement très proche en comparaison à sa propre climatologie

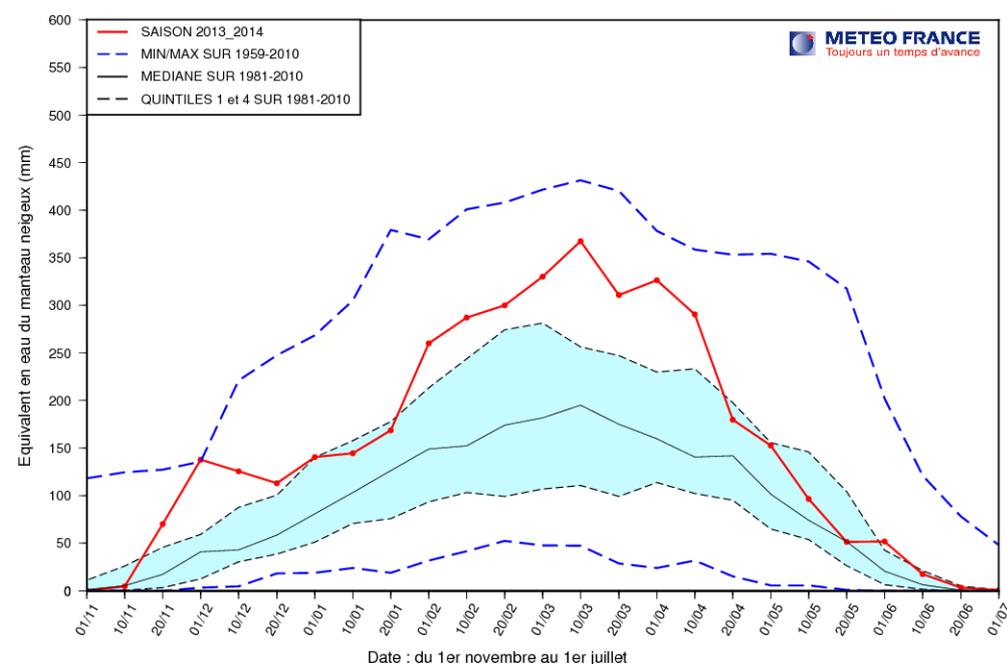
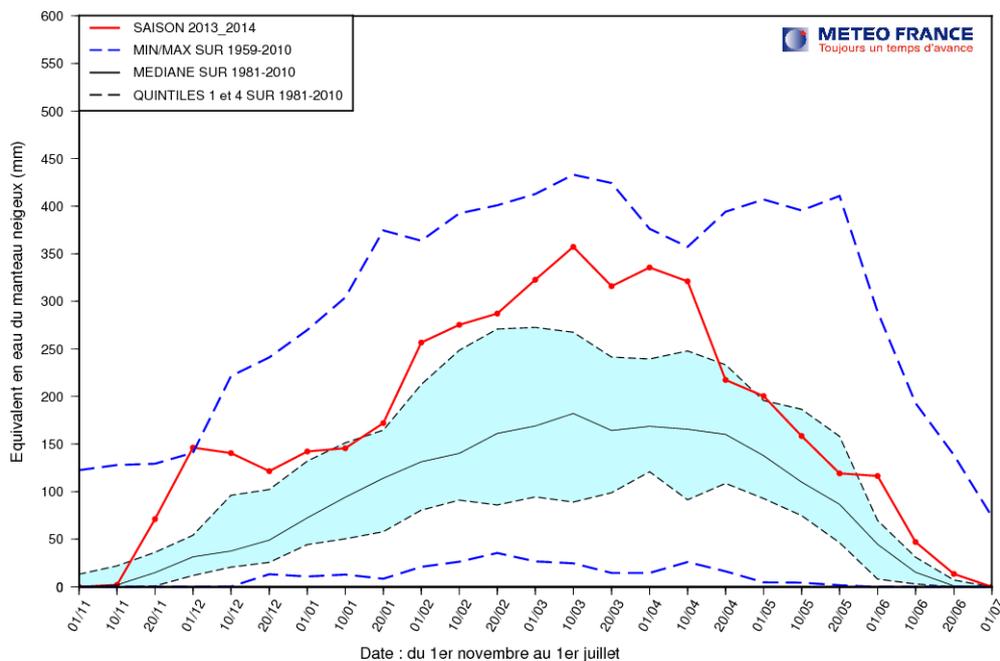
- Impact sur la production – Indice d'humidité des sols – Comportement très proche en comparaison à sa propre climatologie



- Courbe orange : par rapport aux courbes rouges, elle se situe de la même manière que la courbe grise par rapport aux courbes noires
- Exemple de l'année 1985 : début année très humide – fin d'année très sèche

# Impact sur la production

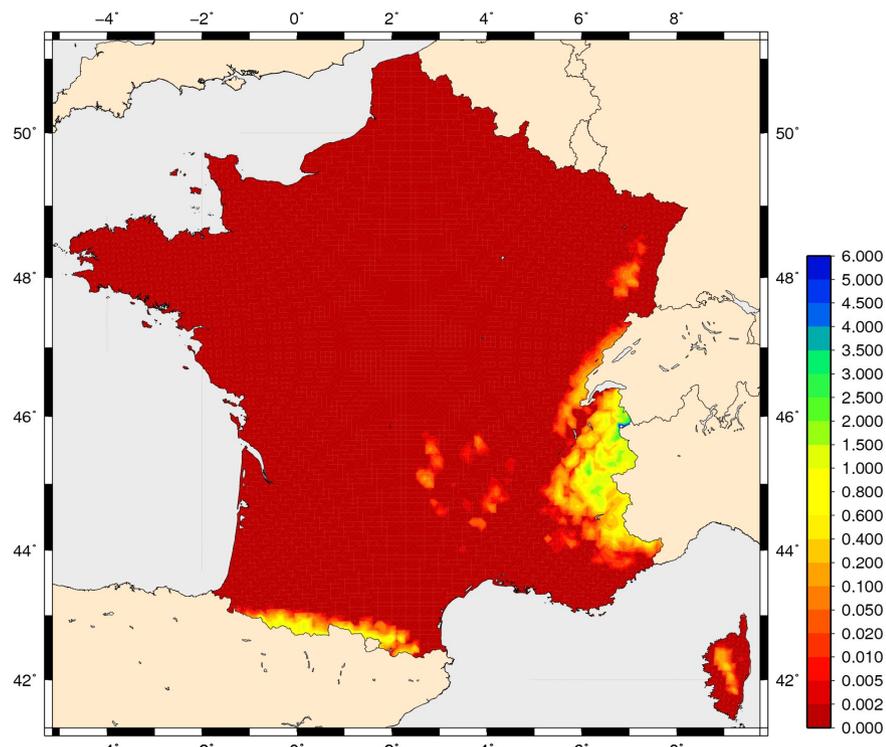
- Impact sur la production – Enneigement – Valeurs plus faibles d'équivalent en eau dans SIM2 (impact du rayonnement infrarouge) notamment en fin de saison nivologique avec une fonte plus rapide



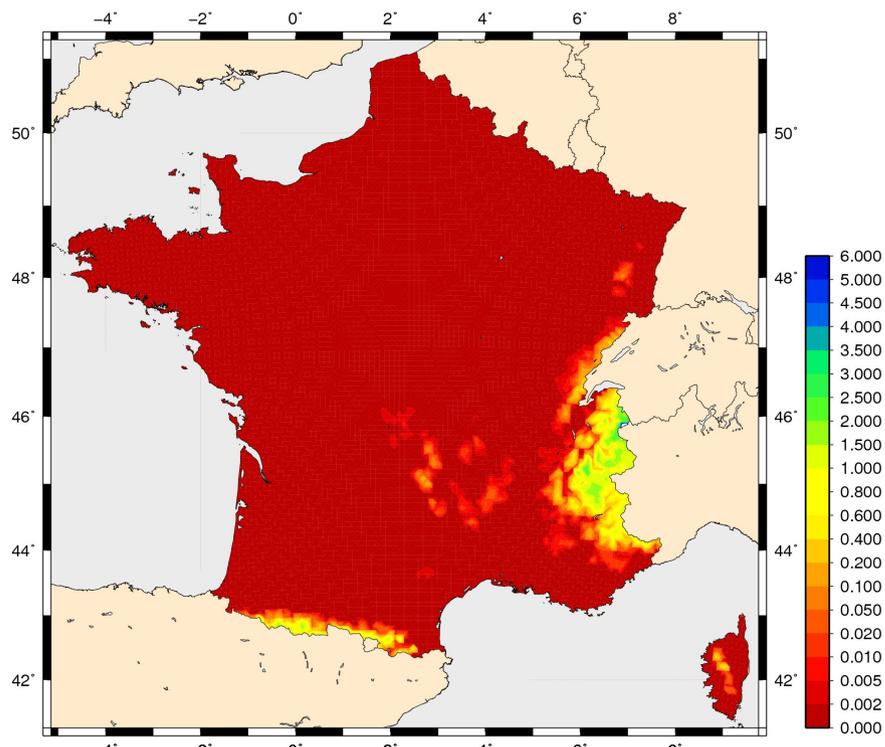
Evolution de l'équivalent en eau du manteau neigeux issu de SIM (à gauche) et de SIM2 (à droite) sur les Pyrénées (mailles d'altitude > 1000m) au cours de l'année nivologique 2013-2014 et comparaison par rapport à la climatologie

# Impact sur la production

- Impact sur la production – Enneigement – Répartition géographique modifiée notamment moyenne montagne et piémonts



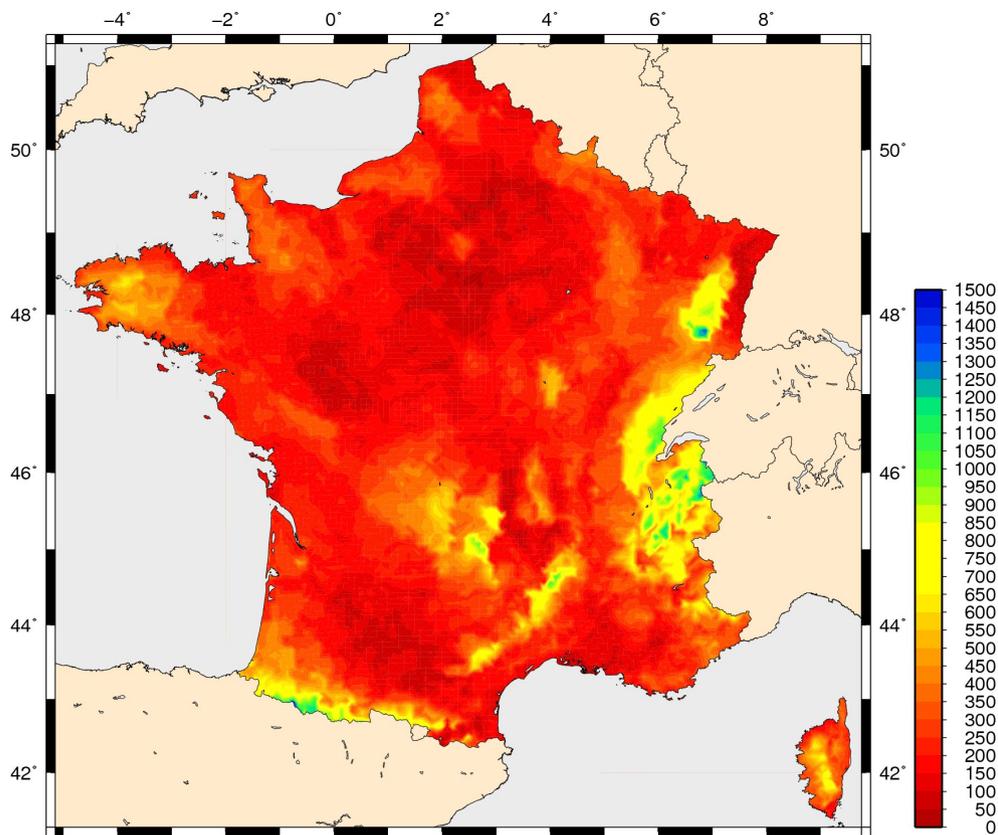
SIM – Hauteur moyenne 1981-2010 au 01/04



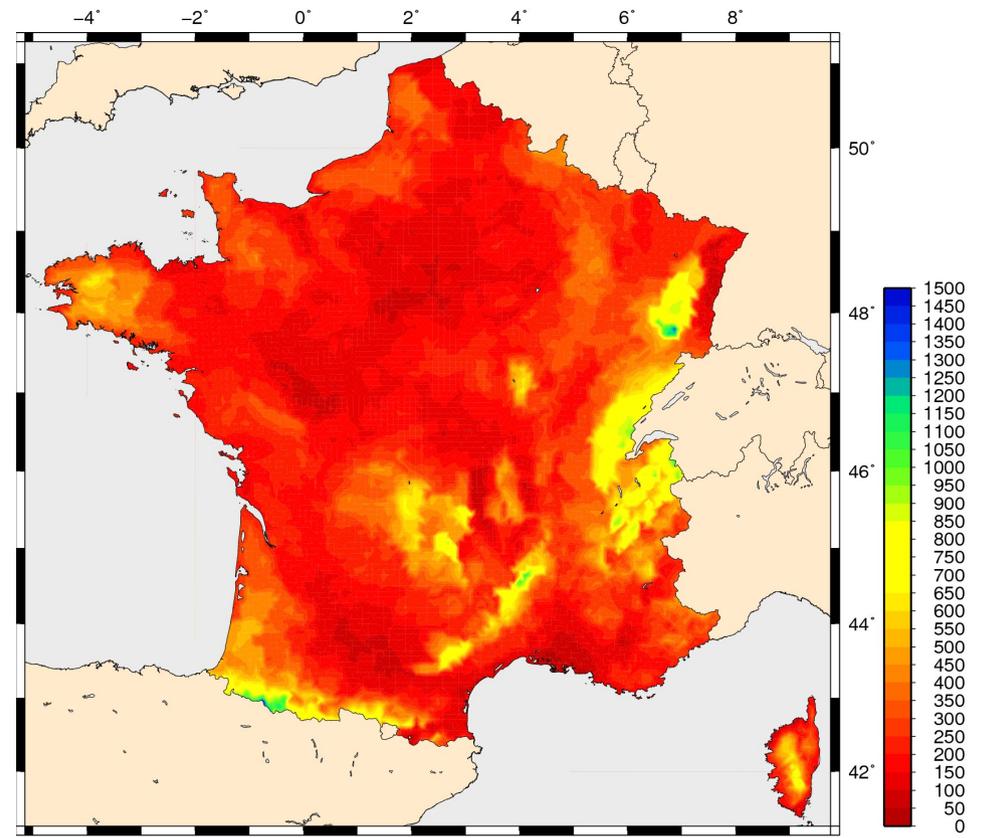
SIM2 – Hauteur moyenne 1981-2010 au 01/04

# Impact sur la production

## ■ Impact sur le drainage



Drainage annuel moyen SIM  
Période 1981-2010

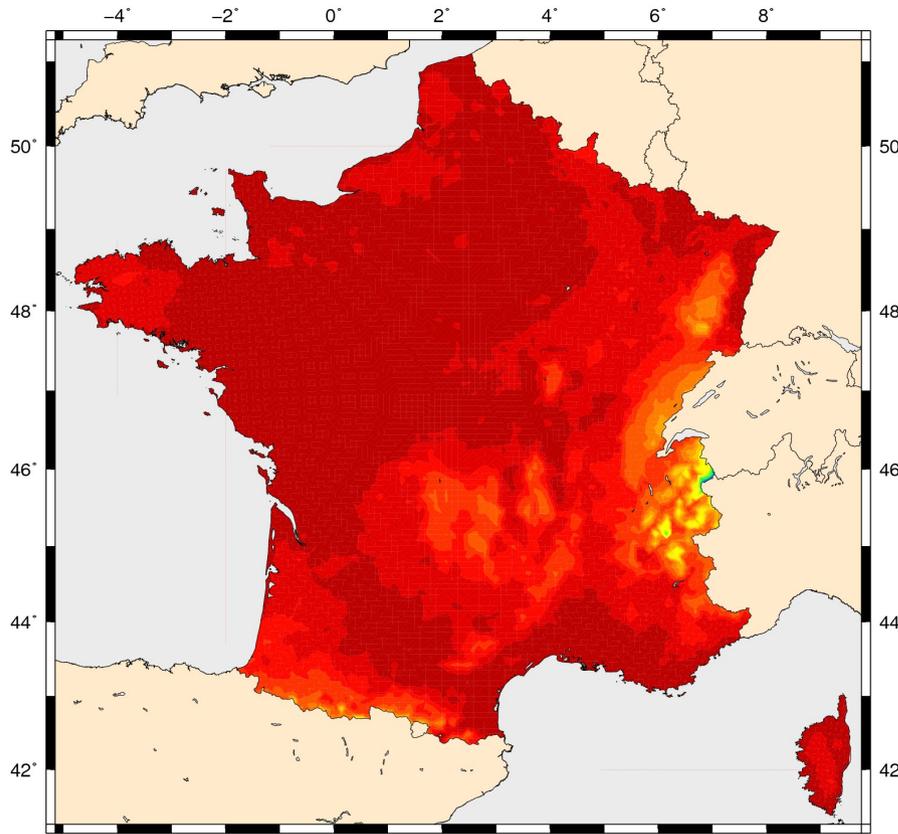


Drainage annuel moyen SIM2  
Période 1981-2010

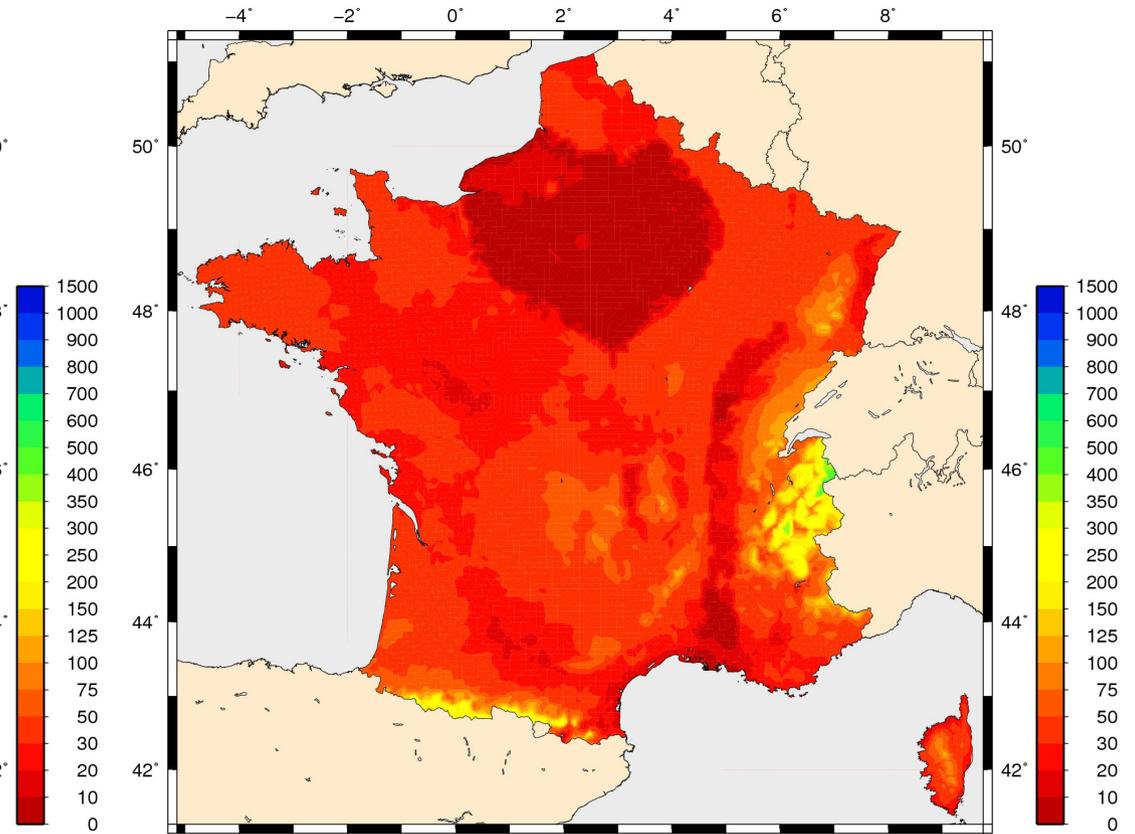
## ■ Structures géographiques semblables

# Impact sur la production

## ■ Impact sur drainage saisonnier



Drainage trimestriel moyen JJA (1981-2010)  
SIM2 sans réservoir

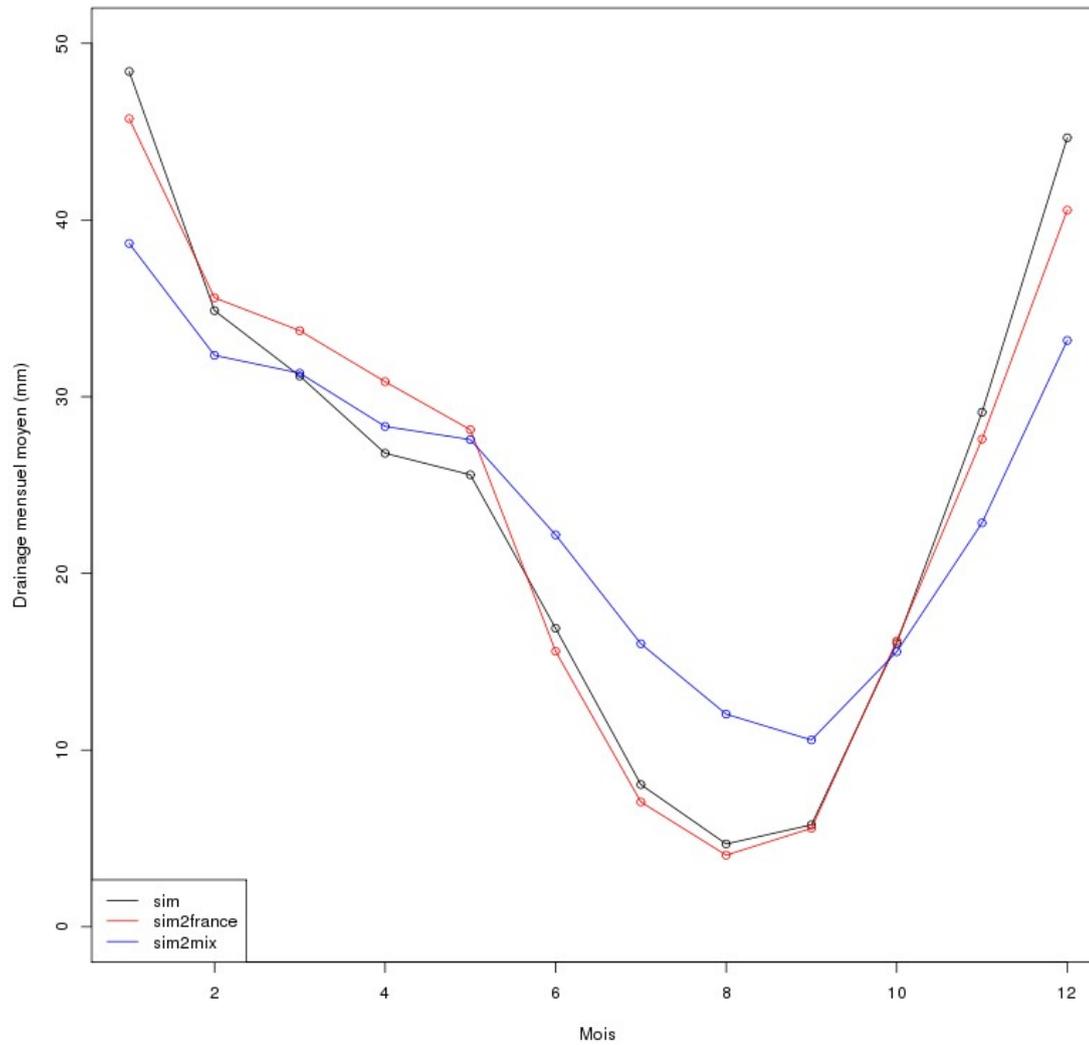


Drainage trimestriel moyen JJA (1981-2010)  
SIM2 avec réservoirs

## ■ Augmentation du drainage en période estivale

# Impact sur la production

- Impact sur drainage pas de temps mensuel



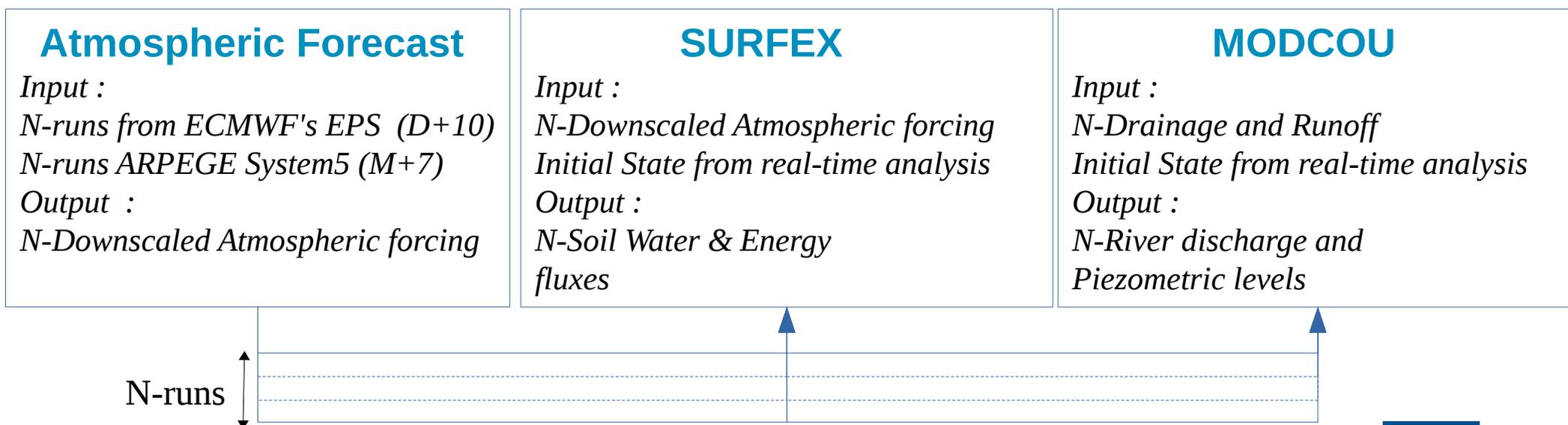
# Plan

---

- Modifications apportées à SIM
- Evaluation de la nouvelle chaîne
- Impact sur la production
- Applications de prévision

# Applications de prévision

- Prévision d'ensemble/saisonnnière à 10-days/7months provenant du modèle de CEP/ARPEGE System5
- Nécessité d'effectuer une descente d'échelle (en particulier pour la prévision saisonnière).
- Etat initial provenant de la chaîne d'analyse opérationnelle temps-réel



# Conclusion & Perspectives

---

- Nouvelle chaîne de modélisation développée, validée puis adaptée pour une utilisation opérationnelle (depuis fin septembre 2016)
- Signal climatologique identique même si les valeurs brutes de certaines paramètres sont modifiées
- Utilisation pour les applications temps réel et de prévision
- A venir côté DCSC
  - Utilisation de cette nouvelle chaîne pour des études d'impact du changement climatique
  - Consolidation des applications de prévision
  - Utilisation des nouveaux paramètres accessibles (par patch, par niveau de profondeur etc.)
  - Prise en main application Aqui-Fr