

Séminaire de restitution CLIMSEC, Toulouse le 30 juin 2011

# Impact du changement climatique sur les sécheresses au XXI<sup>ème</sup> siècle

## Résultats du projet CLIMSEC

J-M Soubeyrou<sup>1</sup>, Nadia Kitova<sup>2</sup>, Jean-Philippe Vidal<sup>2</sup>, Julien Najac<sup>2</sup>

1 : Météo-France Dclim

2 : CNRS Game



# Plan de la présentation

---

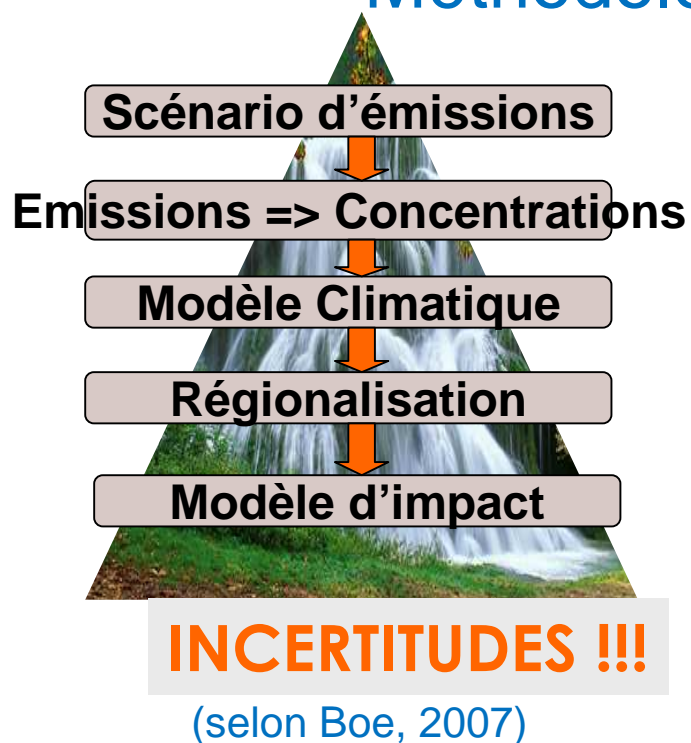
1. Objectifs du projet
2. Données et méthodes
  - Sélection et préparation des jeux de données
  - Adaptation des méthodes en climat non stationnaire
  - Objets de caractérisation des sécheresses
3. Evaluation des différentes sources d'incertitude
  - Modèles climatiques & scénarios d'émission & descente d'échelle
4. Evolution attendue
  - Caractérisation spatio-temporelle de l'évolution des sécheresses

# Objectifs

---

- Caractérisation de l'évolution attendue des sécheresses en climat futur
- Application des indicateurs de sécheresse (SPI et SSWI)
- Valorisation des différentes projections climatiques régionalisées sur la France (GIEC AR4)
- Analyse des résultats et de leurs incertitudes

# Méthodologie – Projections climatiques



## 1. Scénarios d'émissions – B1, A1B, A2

## 2. Ensemble de modèles climatiques

- Projections transitoires de versions différentes d'ARPEGE (V4.5 et V4.6)
- Période future (2046-2065) pour 6 modèles du GIEC AR4

## 3. Deux méthodes de descente d'échelle

- Types de temps (Boé et al., 2006)
- Quantile-quantile (Déqué, 2007)

Scénario	d'émissions	A2		A1B		B1		Périodes
Méthode d'échelle	de descente en sortie de modèle	TT	QQ	TT	QQ	TT	QQ	
Modèle	Arpege – Climat V4.5 (ArpV4.5)	x	x					1961-2099
	Arpege – Climat V4.6 (ArpV4.6)	x		x		x		1959-2100
	6 modèles de GIEC AR4			x				1960-2000 2046-2065



# Méthodologie - Indices de sécheresse

Projections climatiques régionalisées



Forçage atmosphérique: Pluie, neige, humidité, rayonnements incidents, température, vent...

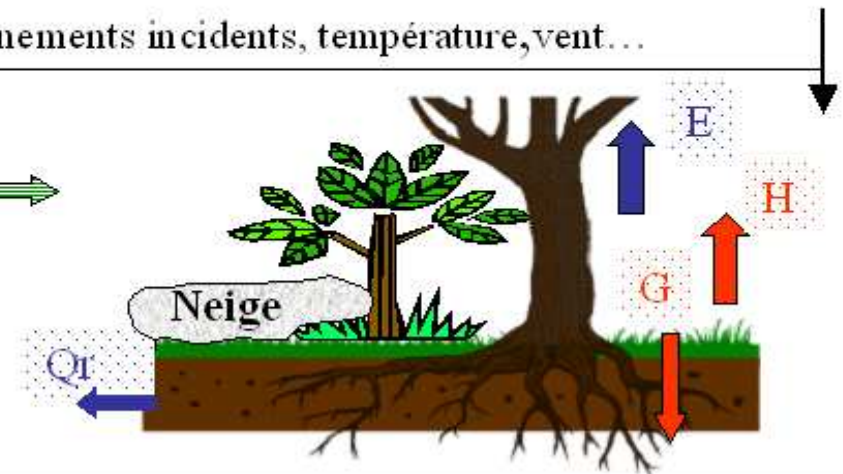
*Schéma de surface*

**ISBA**

( $\Delta x=8\text{km}$ ,  $\Delta t=5'$ )

+  
Données physiographiques pour le sol et la végétation

Photosynthèse,  
Végétation interactive



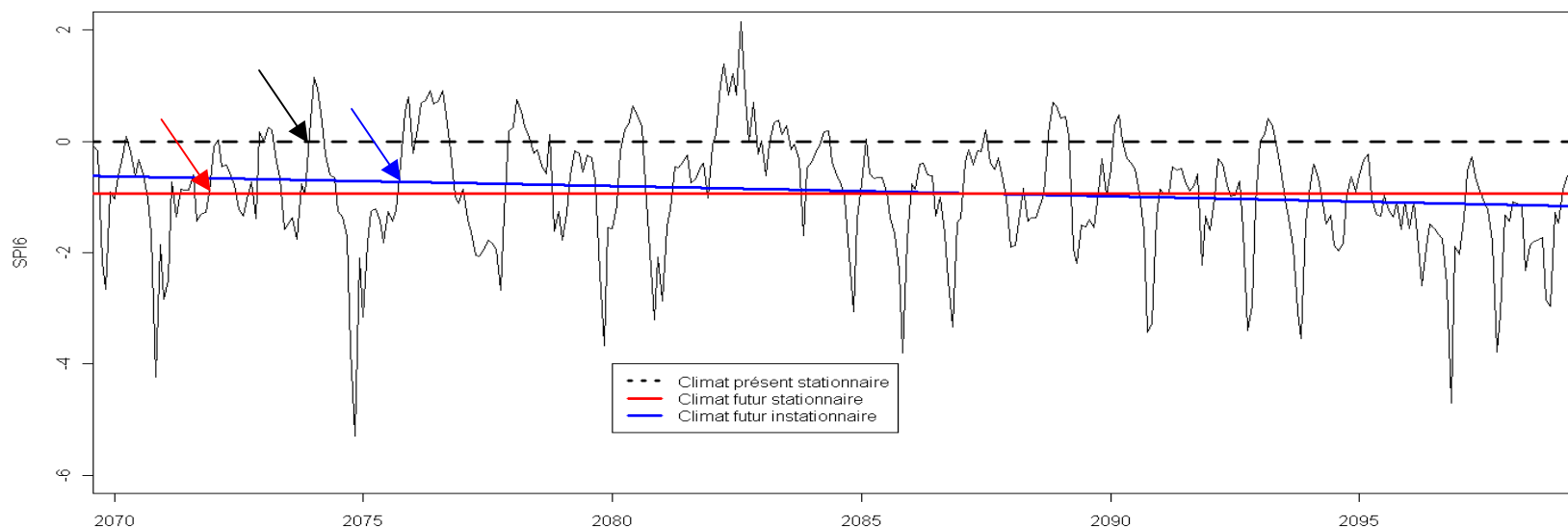
<b>SIM</b>	Résolution spatiale	Type de sécheresse	Variable	Indice
<b>Safran</b>	8km / 9892p.grille	<b>Météorologique</b>	Précipitations	<b>SPI</b>
<b>Isba</b>	8km / 9892p.grille	<b>Agricole</b>	Humidité de sol	<b>SSWI</b>

# Méthodologie – caractérisation des sécheresses

## ▪ Choix de seuil d'identification de sécheresses :

Un exemple : précipitations à Toulouse (cumul glissant sur 6 mois) A2 ArpV4.5

Zoom sur la période 2069-2099



## Impact du seuil d'entrée en sécheresse sur le nombre d'événements

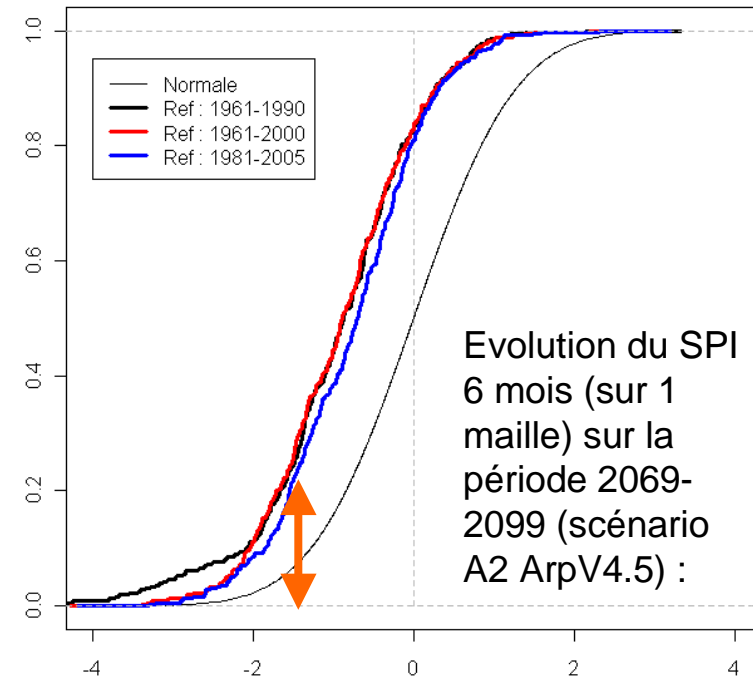
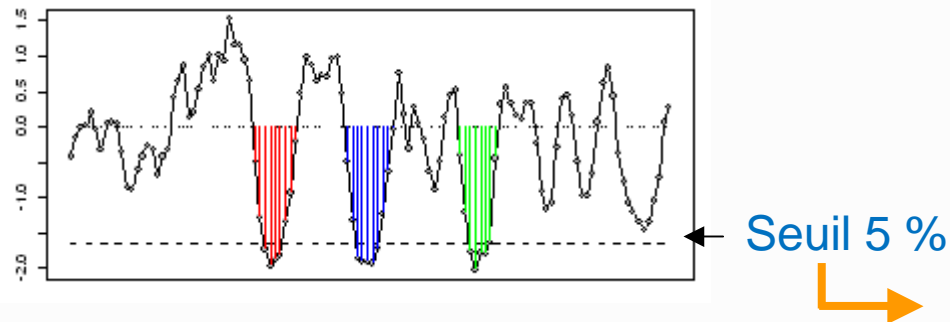
	Observations 1961-1990	Seuil présent (0)	Seuil futur stationnaire	Seuil futur instationnaire
<b>Nombre d'événements</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>30</b>

# Méthodologies – périodes de références

## ■ Choix de référence pour la standardisation

- Type de climat : observé ou modélisé
- Période de référence : 1961-1990, 1961-2000 et 1981-2005

1961-1990	1961-2000	1981-2005
Référence climat OMM	Observations Climat présent modélisé	Apprentissage pour descente d'échelle

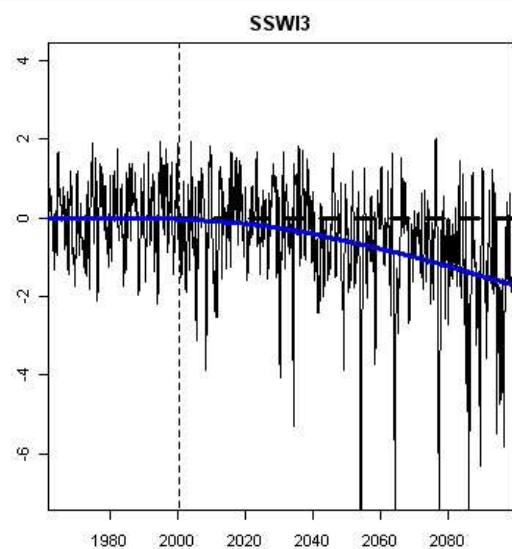


Impact sur la fréquence d'un état de sécheresse sévère (seuil 5%)

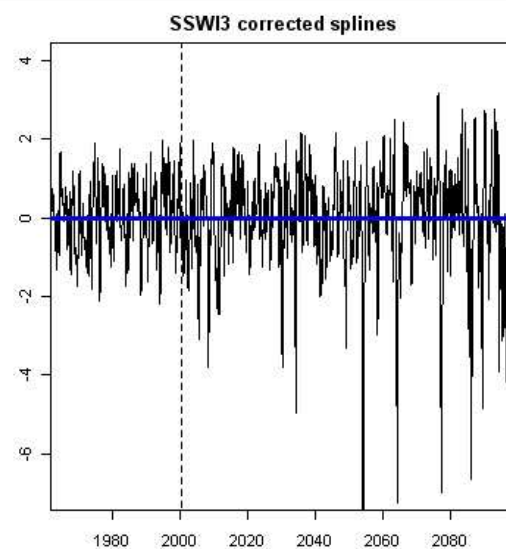
Ref : 1961-1990	Ref : 1961-2000	Ref : 1981-2005
<b>20,3%</b>	<b>21,1%</b>	<b>15,0%</b>

# Méthodologies – périodes de références

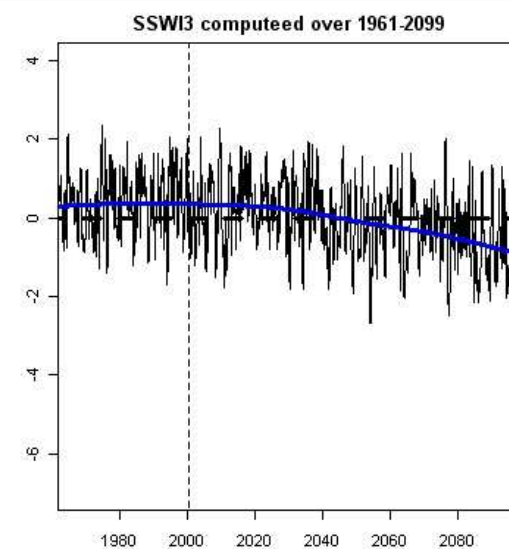
- **Un choix en lien avec la stratégie d'adaptation**



Sans prise en compte  
de l'adaptation



Adaptation continue



Adaptation anticipée



# Méthodologie – caractérisation des sécheresses

## ■ Objets de comparaison entre présent et futur

### • Caractéristiques temporelles et spatiales des sécheresses

- **Superficie** de France par an, affectée par des sécheresses au moins modérées (16% )
- **Temps Passé en Sécheresse (TPS)** pour chaque point de grille de France, calculé pour une période (2020s, 2050s, 2080s)

### • Types des sécheresses

- Sécheresses courtes (3 mois) et longues (12 mois)
- Classes de sécheresse : Fréquence d'apparition d'une classe (%) ou nombre de mois passés en sécheresse d'une classe – **TPS** (%)

**1:** - Inf < IND ≤ -2,

2.3 %

Séchs Extrêmes

**2:** -2 < IND ≤ -1.5,

4.4 %

Séchs Sévères

**3:** -1.5 < IND ≤ -1

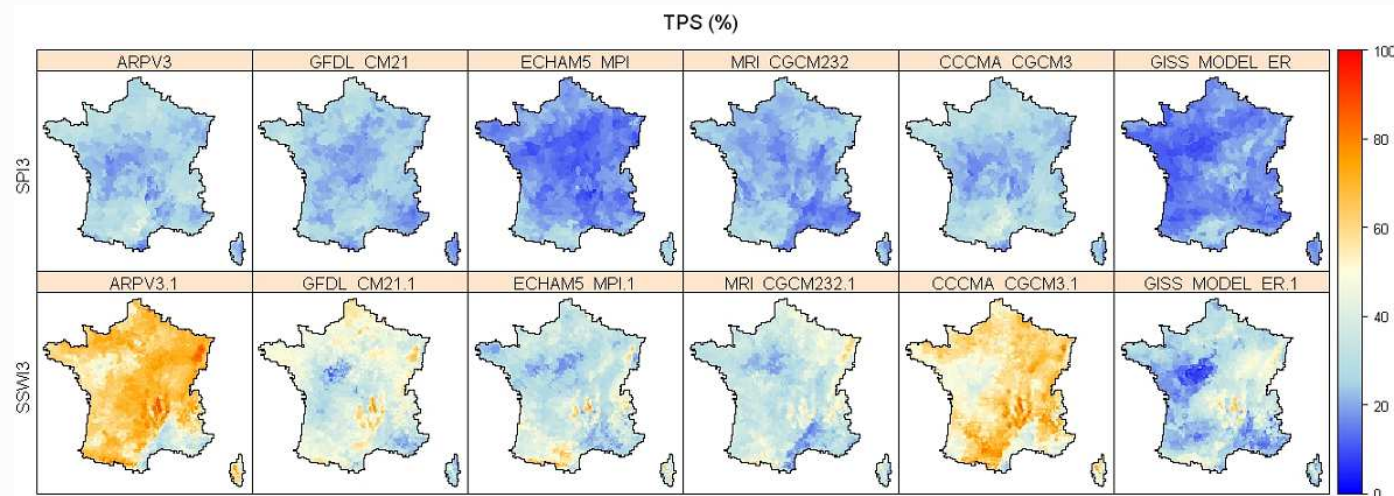
9.2 %

Séchs Modérées

# Evaluation des incertitudes

- Incertitudes liées aux modèles climatiques

- 6 modèles représentatifs des incertitudes sur les précipitations en France (sélection REXHYSS) dont Arpège V4.6
- période 2045-2065, scénario A1B, descente d'échelle TT

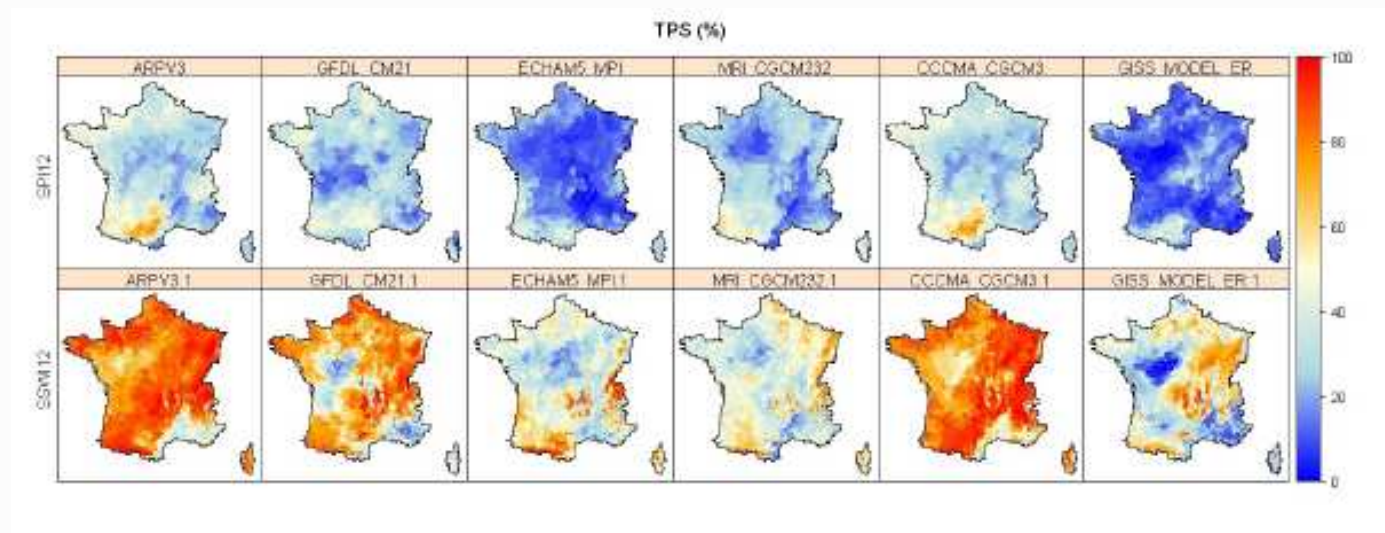


⇒ Peu d'écart entre les modèles sur le TPS pour le SPI3

⇒ Variabilité beaucoup plus forte sur le TPS pour le SSWI3

# Evaluation des incertitudes

- Incertitudes liées aux modèles climatiques



⇒ Une variabilité inter modèle qui s'accroît avec la durée des sécheresses (SPI12 et SSWI12)

# Evaluation des incertitudes

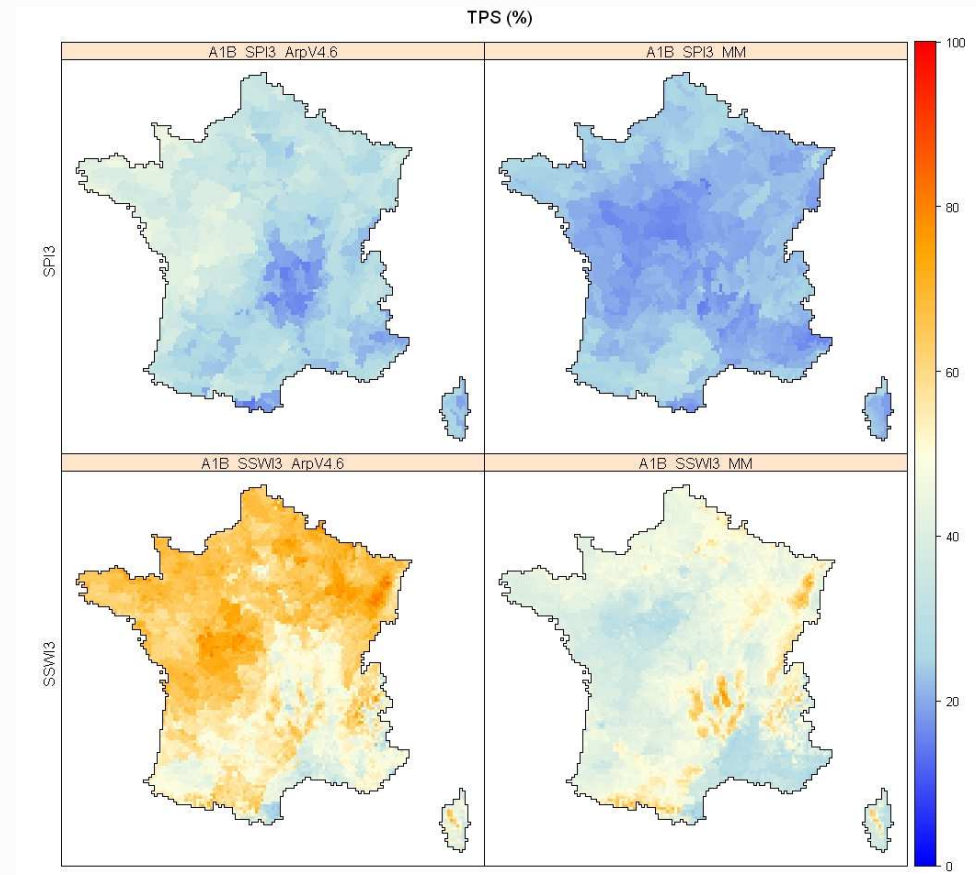
- Incertitudes liées aux modèles climatiques

- Approche Multi-Modèle (MM)  
et comparaison avec ArpegeV4.6

⇒ Peu de différences sur le SPI3

⇒ Arpege V4.6 plus pessimiste que  
le MM sur la sécheresse des sols  
(SSWI3)

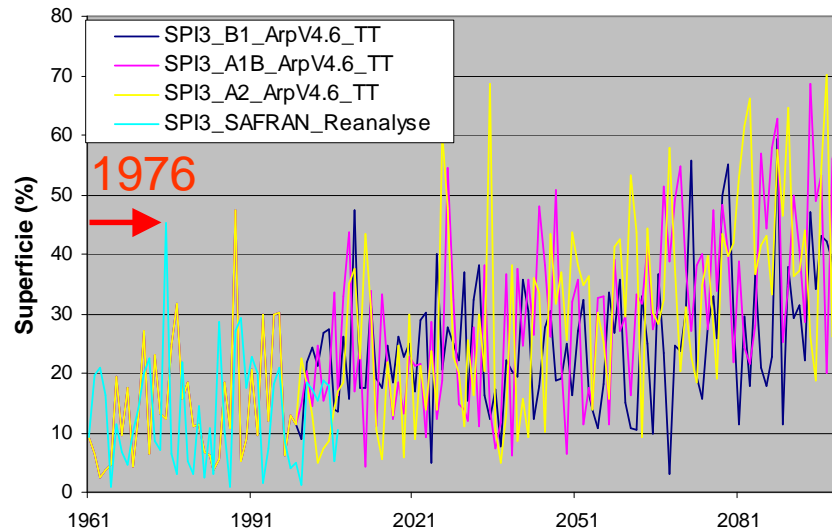
⇒ Convergence de l'analyse sur  
l'évolution des sécheresses des sols  
sur certaines zones (montagne)



# Evaluation des incertitudes

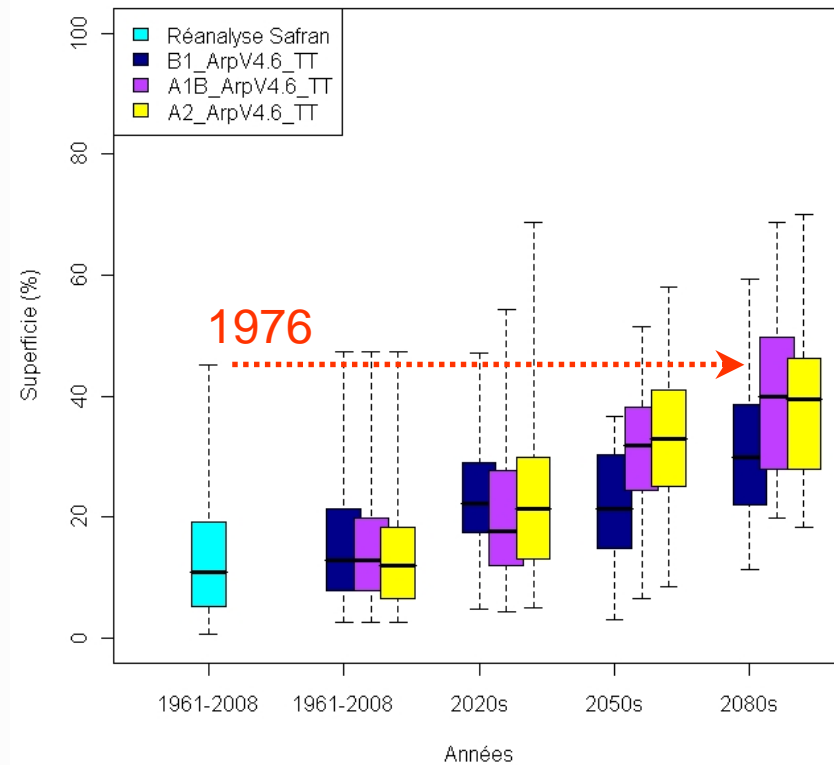
- Incertitudes liées aux scénarios d'émission

## Evolution des sécheresses météorologiques



- Evolution lente de l'étendue des sécheresses météorologiques
- Evènement de type 1976 deviendra fréquent en fin de siècle

## Evolution de la superficie de France en sécheresse - SPI3

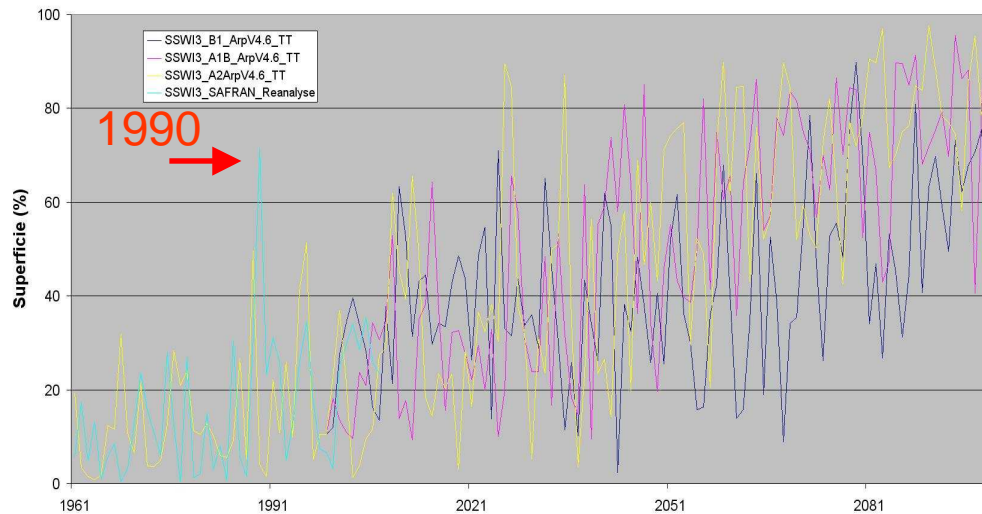




# Evaluation des incertitudes

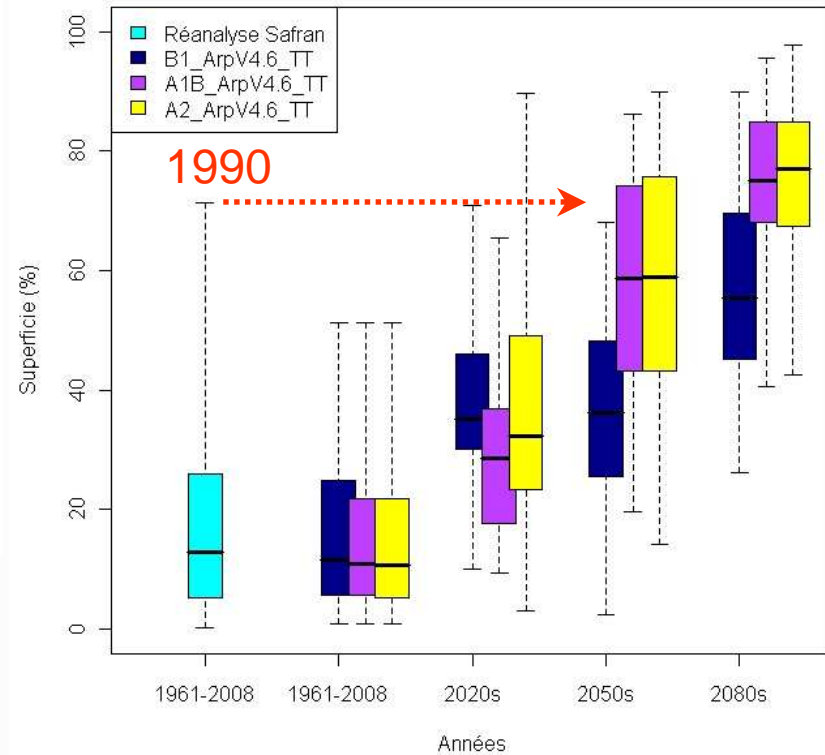
- Incertitudes liées aux scénarios d'émission

## Evolution des sécheresses agricoles



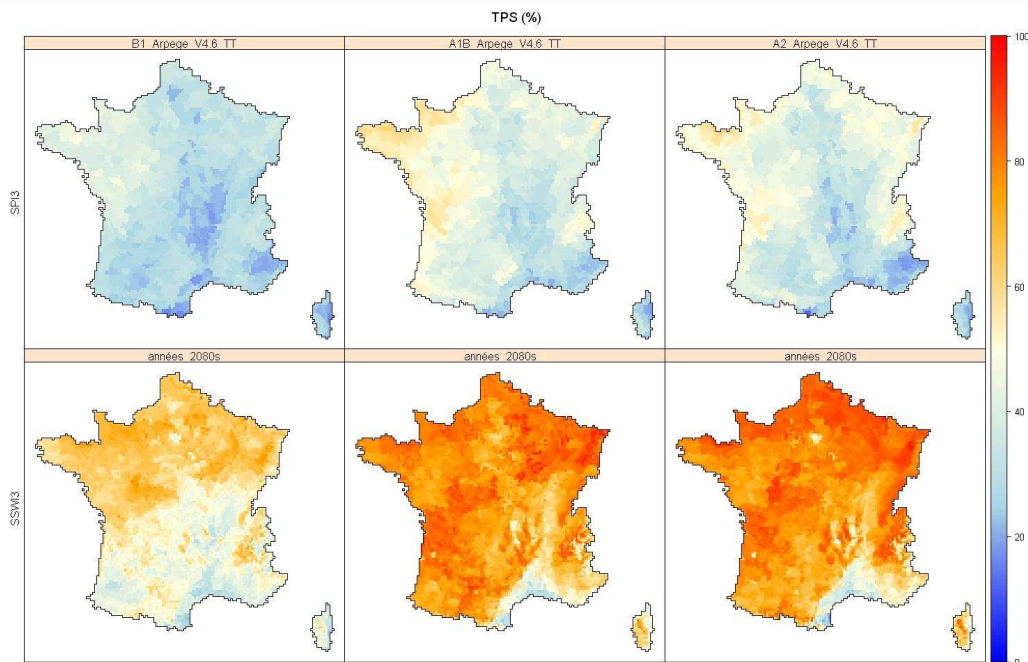
- Evolution plus rapide de l'étendue des sécheresses agricoles
- Evènement de type 1990 deviendra fréquent dès le milieu de siècle

## Evolution de la superficie de France en sécheresse - SSWI3



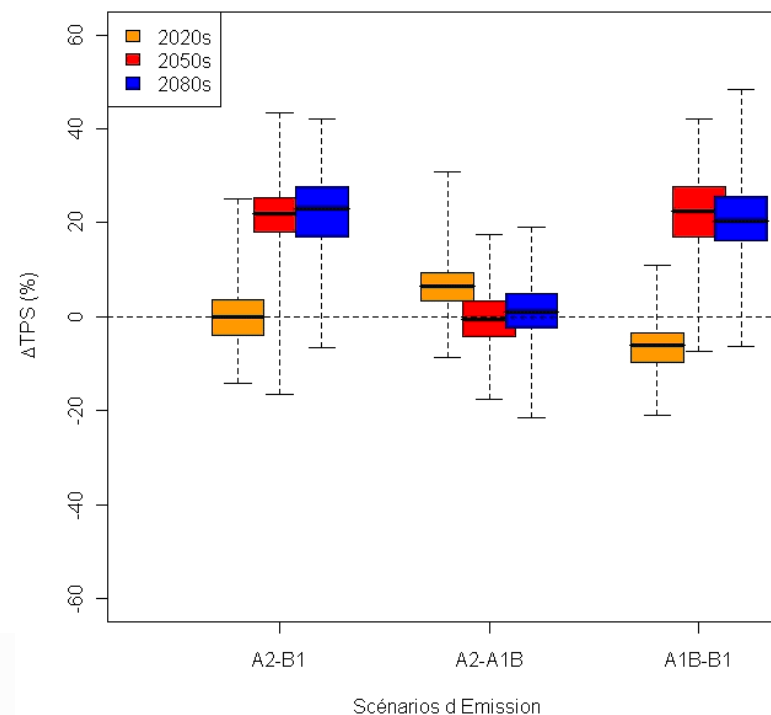
# Evaluation des incertitudes

- Incertitudes liées aux scénarios d'émission



Différences de TPS (SPI3 et SSWI3) selon les scénarios B1, A1B et A2 pour la fin de siècle

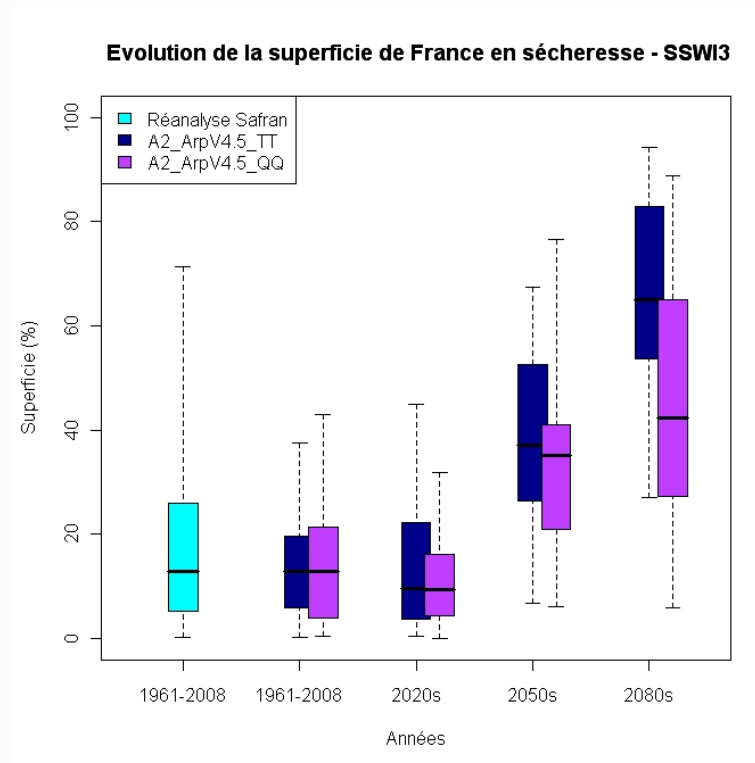
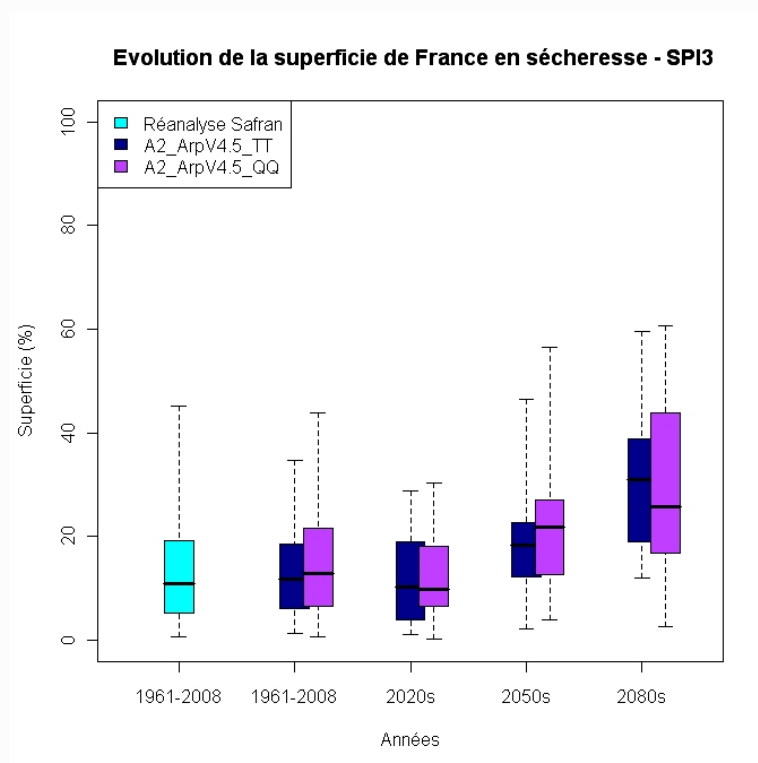
Incertitude - Scénarios d'émissions SSWI3



- Peu d'écart entre les scénarios en 2020s
- Peu d'écart entre les scénarios A2 et A1B mais résultats très contrastés par rapport à B1

# Evaluation des incertitudes

- Incertitudes liées aux méthodes de descente d'échelle

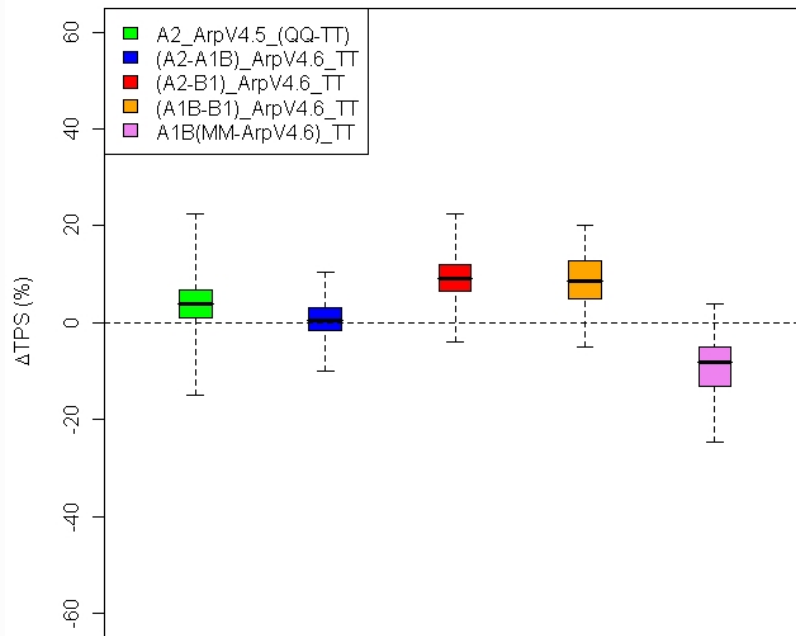


- Peu d'écart globalement entre les méthodes, sauf sur les sécheresses agricoles en fin de siècle
- Sensibilité de la méthode de désagrégation différente selon les paramètres météorologiques

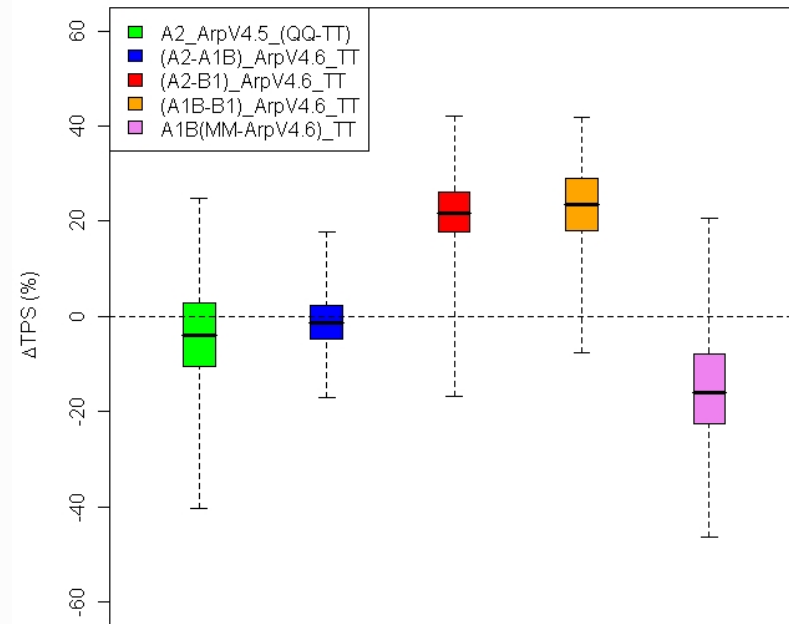
# Evaluation des incertitudes

- Comparaison de l'importance relative des différentes sources d'incertitudes : modèles climatiques, scénarios climatiques et méthodes de descente d'échelle (au milieu du XXI<sup>ème</sup> siècle)

Evaluation Comparative des Incertitudes - SPI3



Evaluation Comparative des Incertitudes - SSWI3



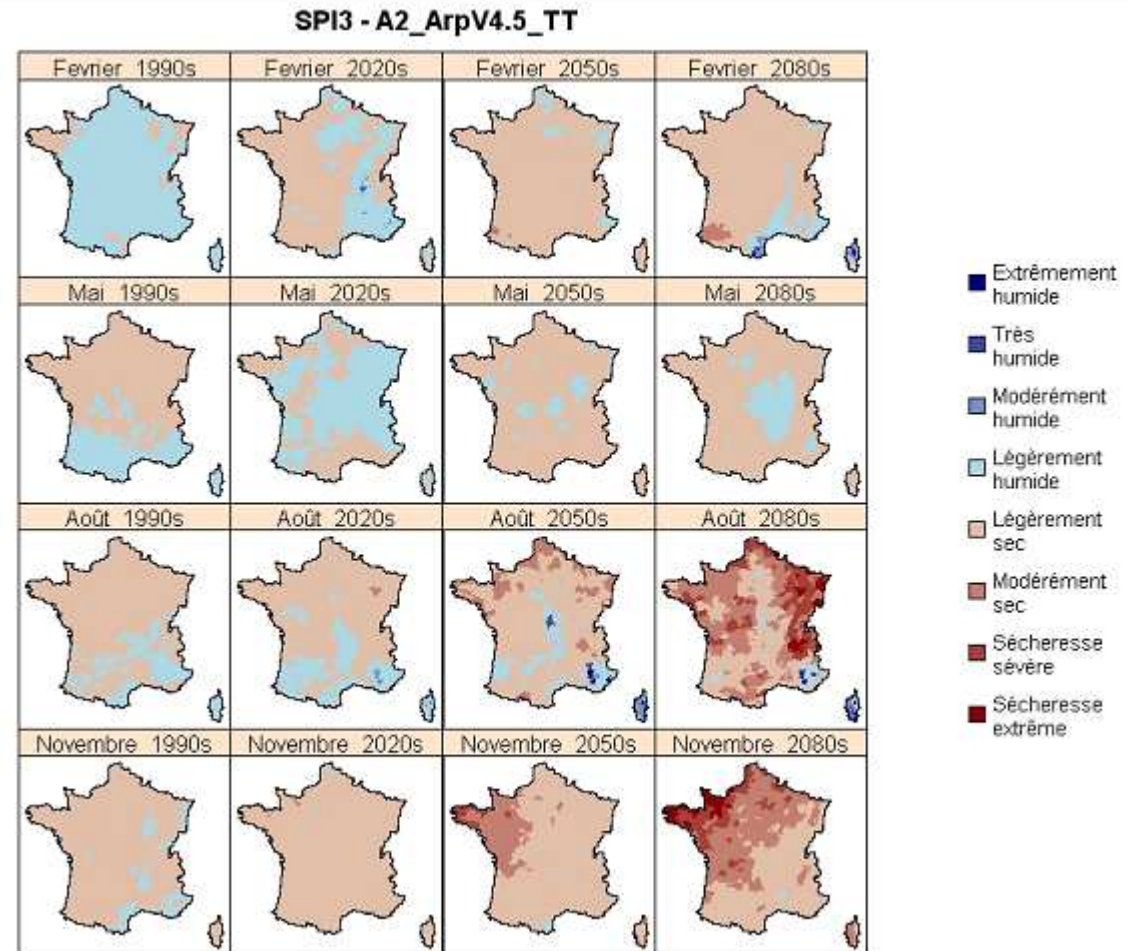
Modèles

Modèles

- > Modèles > scénarios > descente d'échelle
- > Ecart des scénarios B1 par rapport à A1B ou A2
- > Effets locaux liés à la régionalisation

# L'évolution attendue des sécheresses

- > Une évolution lente de l'intensité moyenne des sécheresses météorologiques ( SPI3 ) :
- principalement à la fin du siècle
  - limitée à l'été et automne
  - variable selon les régions

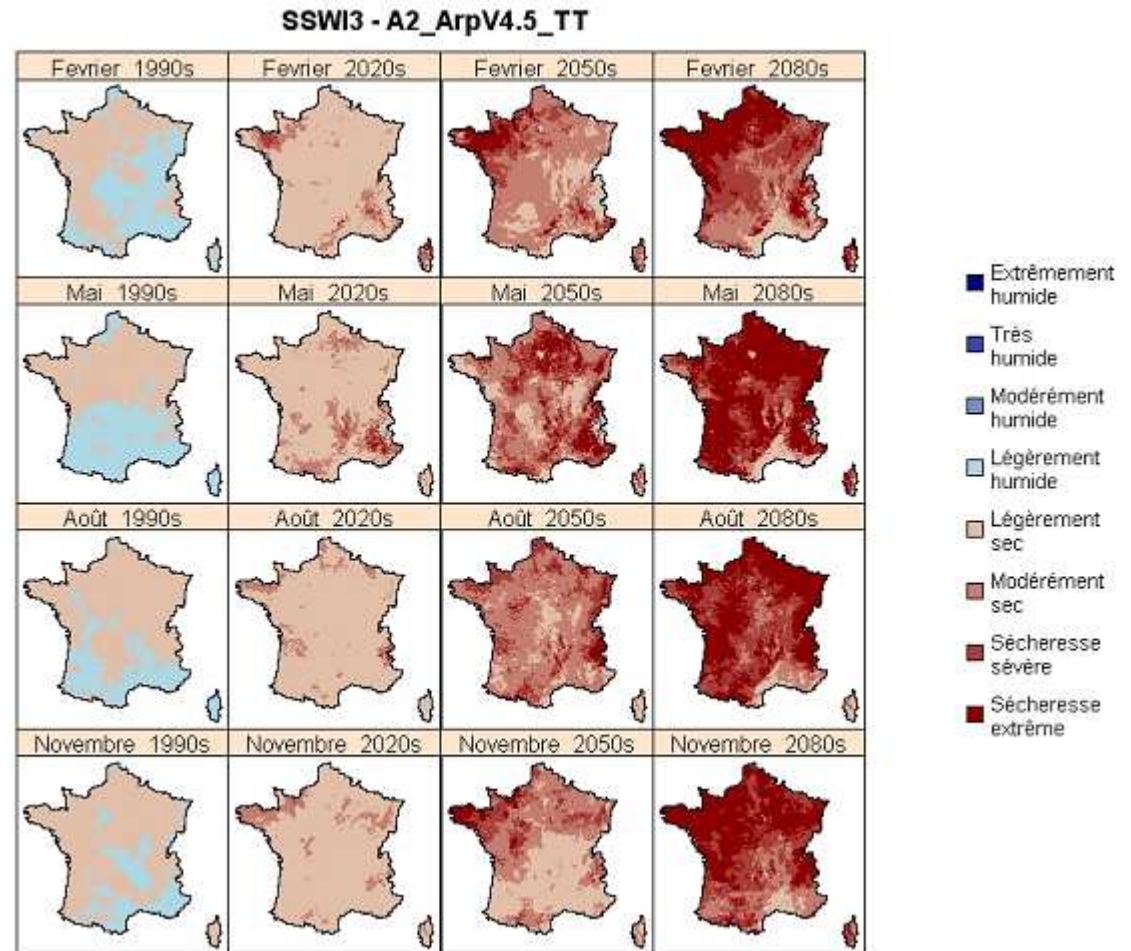


Evolution temporelle de l'intensité moyenne des sécheresses météorologiques sur la France selon les saisons (scénario A2 Arpège V4.6 TT)



# L'évolution attendue des sécheresses

- > Une aggravation continue de l'intensité moyenne des sécheresses agricoles (SSWI 3) :
- en toute saison
  - avec prédominance des classes extrêmes dès le milieu du siècle
  - quasi généralisée sur le pays (sauf Sud Est)

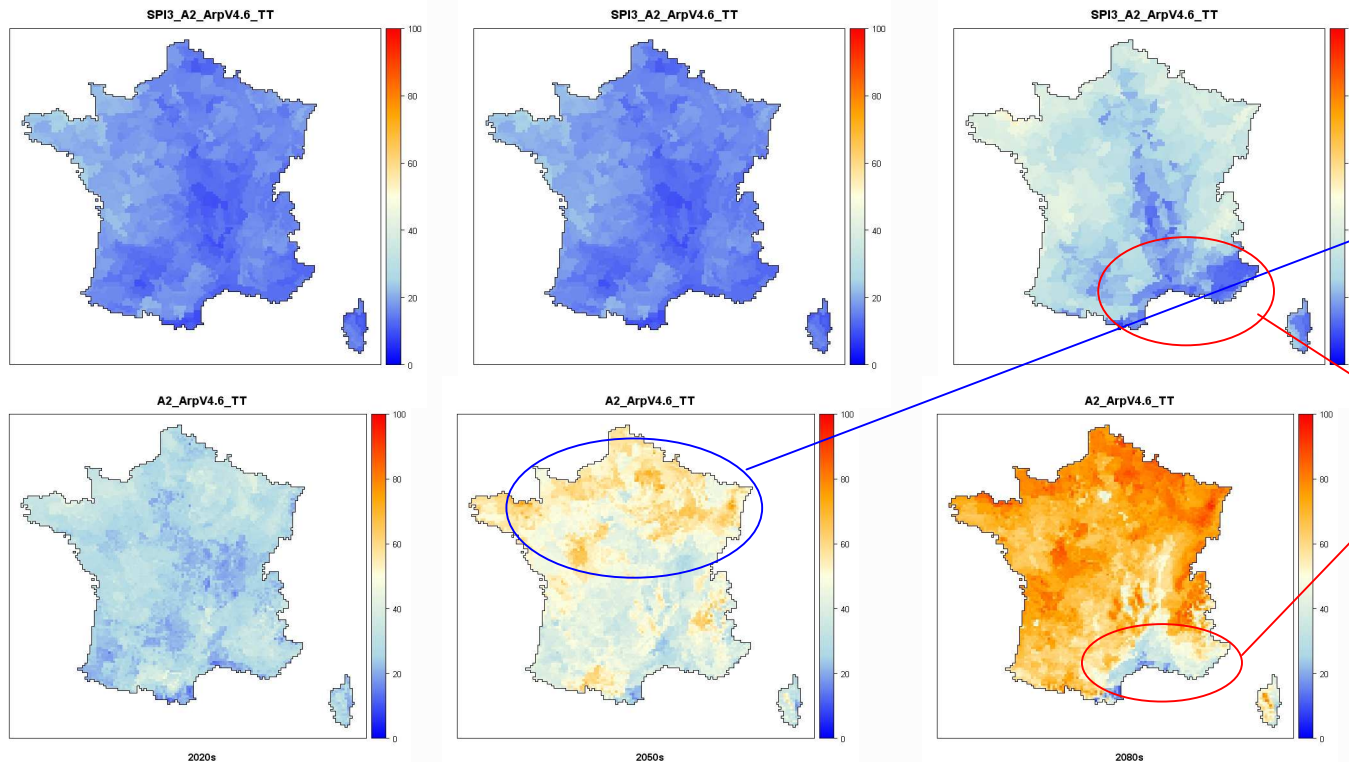


Evolution temporelle de l'intensité moyenne des sécheresses agricoles sur la France selon les saisons (scénario A2 Arpège V4.6 TT)

# L'évolution attendue des sécheresses

## Analyse de la variabilité spatiale des sécheresses futures

Temps passé en sécheresse au cours du siècle selon le scénario A2 Arpege V4.6 TT



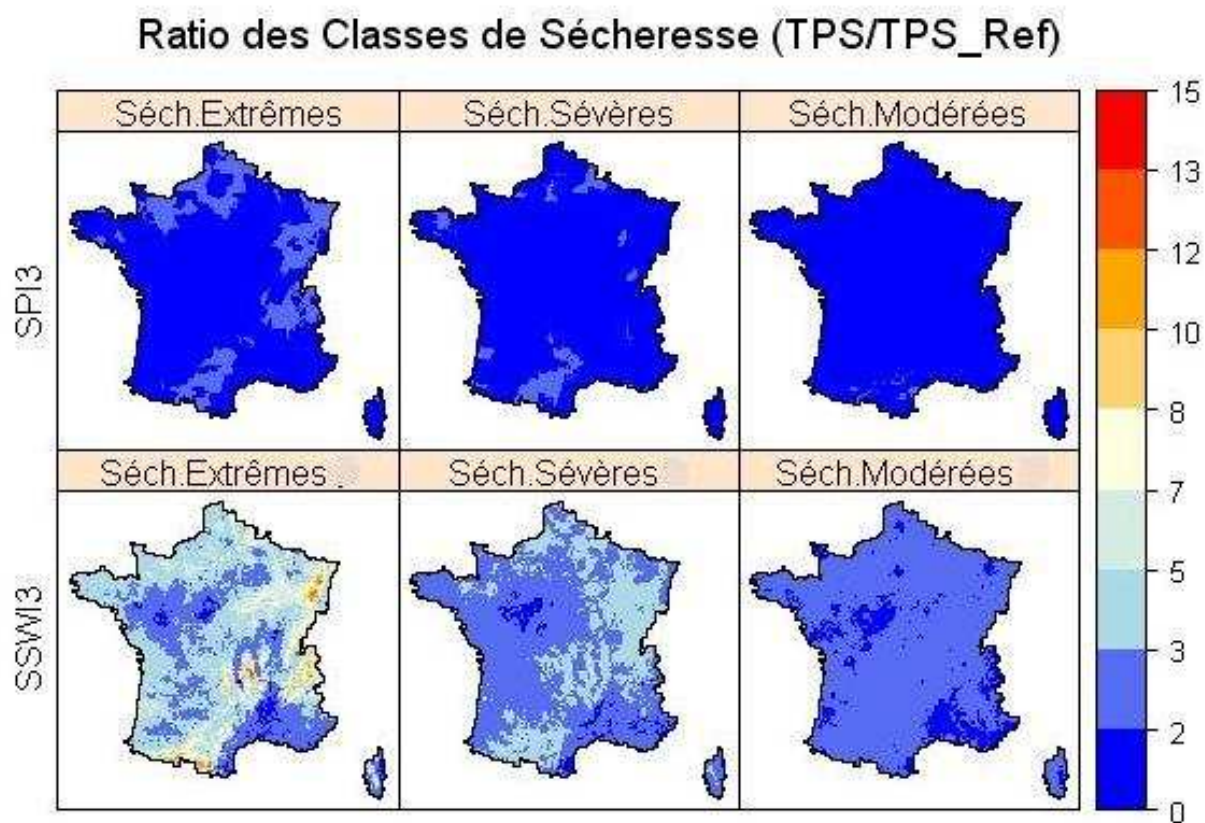
-> Fort assèchement des sols sur la moitié nord et en montagne

-> A la fin du XXIème siècle, le Sud Est connaîtra les évolutions les plus réduites par rapport au climat actuel

-> Une évolution des sécheresses plus marquée dans les zones aujourd'hui les plus humides

# L'évolution attendue des sécheresses

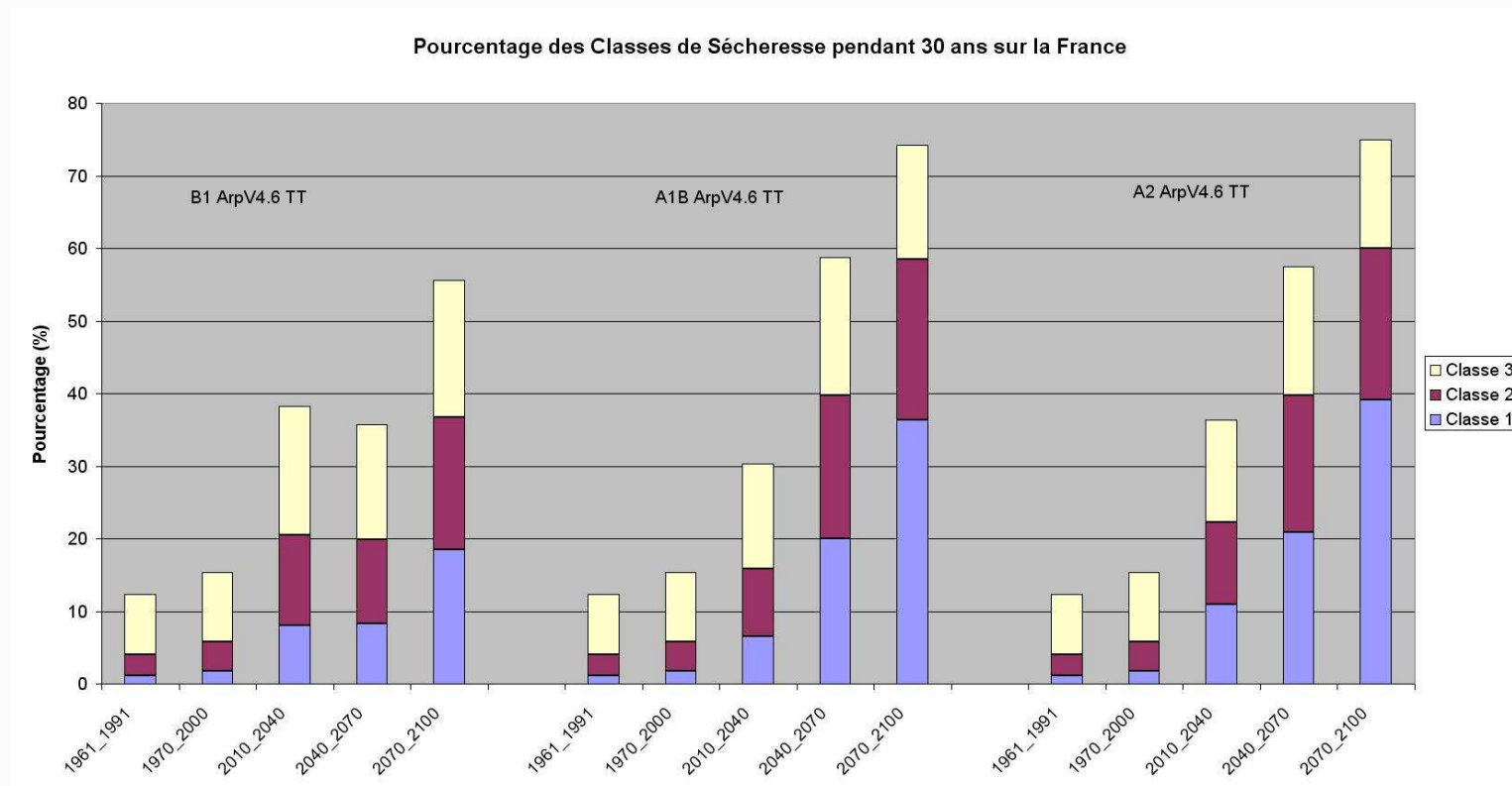
Evolution des ratios des trois classes de sécheresse (base MM) entre la période future 2046-2065 et la référence 1961 – 1990



-> Augmentation plus importante des sécheresses extrêmes des sols en milieu de siècle

# L'évolution attendue des sécheresses

Evolution des différentes classes de sécheresse selon les 3 scénarios d'émission A2, A1B et B1

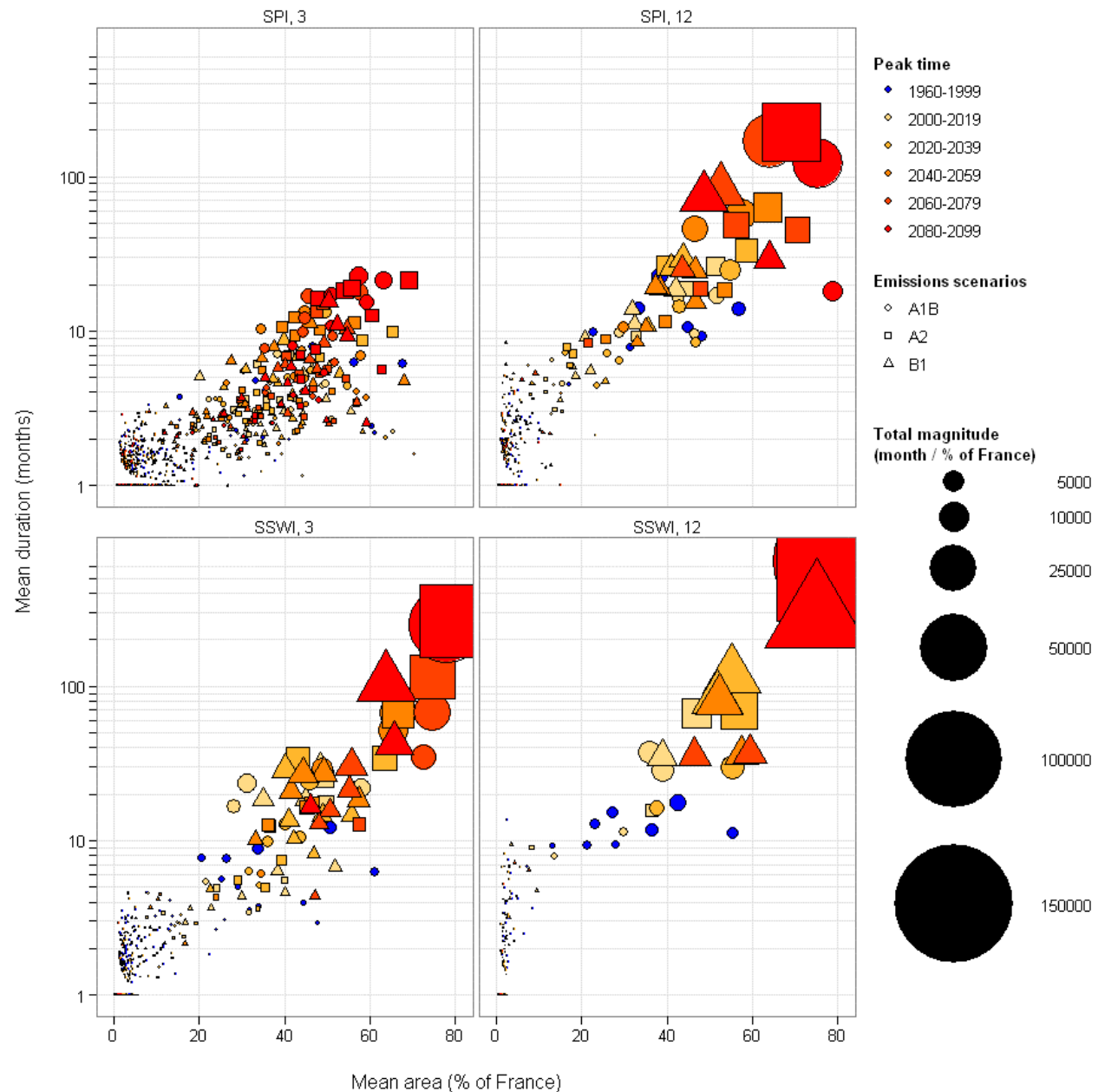


-> Augmentation plus importante des classes de sécheresse extrême notamment pour le SSWI dès le milieu du siècle



# L'évolution attendue des sécheresses

Evolution de l'extension spatio-temporelle des événements de sécheresse au cours du siècle





# Conclusions et perspectives

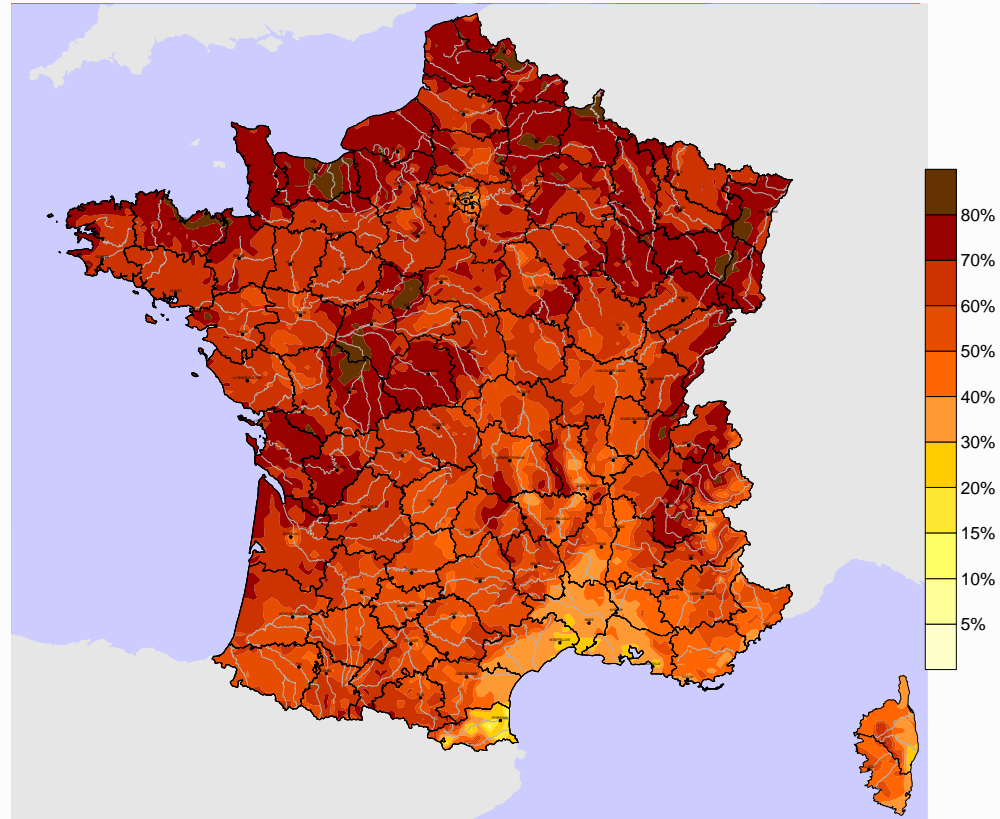
- Disponibilité de nouveaux jeux de données de projections climatiques régionalisées pour l'hydrologie
- Mise en perspective de la problématique de qualification des évènements en climat non stationnaire (en lien avec l'adaptation)
- Evaluation qualitative des incertitudes sur l'évolution des sécheresses : modèles > scénarios > descente d'échelle
- Diagnostic sur l'évolution attendue des sécheresses :
  - Aggravation plus marquée et plus précoce des sécheresses agricoles que des sécheresses météorologiques
  - Aggravation concernant prioritairement les classes de sécheresse extrême
  - Risque d'apparition d'évènements de sécheresse d'ampleur inconnu à ce jour à partir du milieu du siècle
  - Extension spatiale et temporelle généralisée des sécheresses : toute l'année et variations plus fortes dans les régions les plus humides à ce jour

# Conclusions et perspectives

---

- Une analyse des résultats à approfondir par domaine d'application et à étendre aux paramètres hydrologiques (débits, nappes)
- Travaux à poursuivre dans plusieurs directions :
  - Amélioration de la modélisation hydrométéorologique et évaluation des incertitudes liées aux modèles hydrologiques
  - Prise en compte des impacts, notamment écologiques (effets de seuil)
  - Remise à jour et précision du diagnostic à partir des nouvelles projections climatiques du GIEC prochainement disponibles

# MERCI DE VOTRE ATTENTION



*Pourcentage de temps passé en sécheresse modérée (SSWI3) entre 2070 et 2099 selon le scénario A2 Arp V4.6*

Contacts : [jean-michel.soubeyroux@meteo.fr](mailto:jean-michel.soubeyroux@meteo.fr)