"Eau, agriculture et changement climatique"

Nathalie OLLAT
INRA-ISVV
UMR Ecophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne

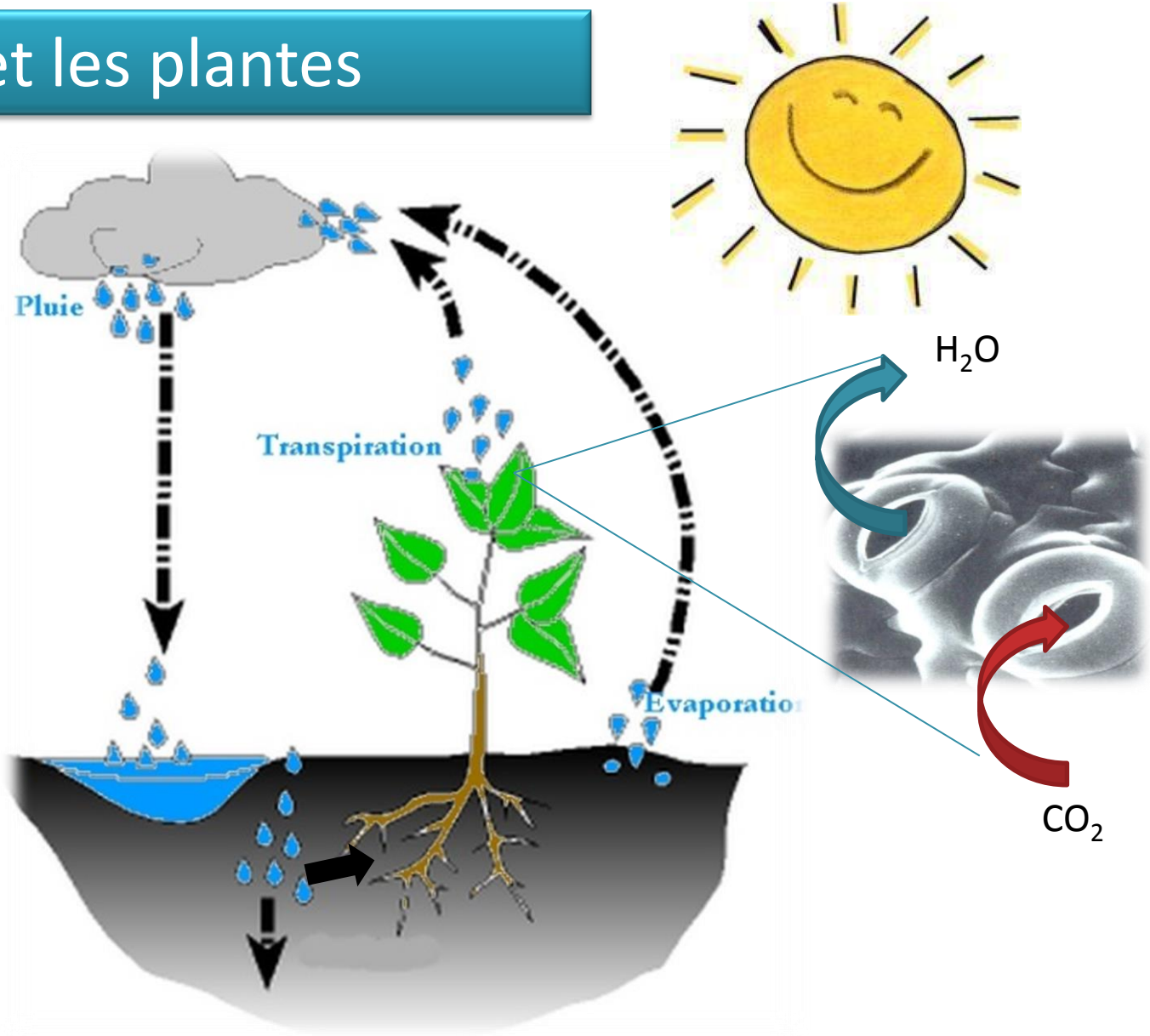
Introduction

- ✓ **Agriculture = 70 % de la consommation mondiale d'eau**. Depuis le début du XXème siècle, augmentation forte de la superficie des terres cultivées en général, et celle des terres irriguées en particulier. **La consommation mondiale d'eau pour l'agriculture multipliée par six entre 1900 et 1975**.

- ✓ **85 % d'agriculture pluviale** en moyenne dans le Monde.

- ✓ En France, part des surfaces irriguées stable depuis 10 ans, **autour de 6%. Un agriculteur sur 6** a eu recours en 2010 à l'irrigation. **74 000 exploitations ont irrigué 1.600.000 ha.**

L'eau et les plantes



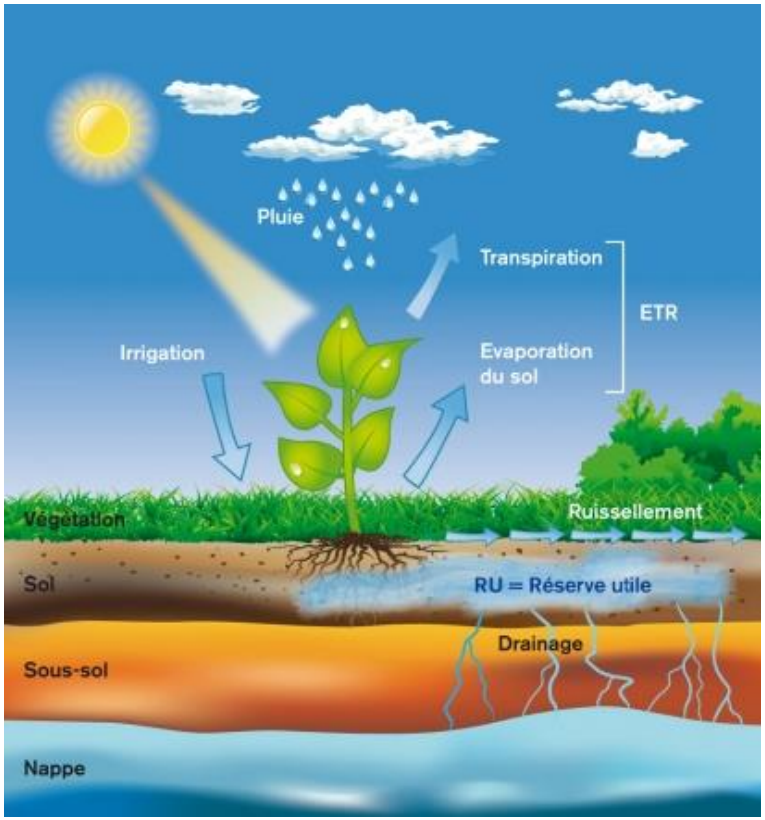
Sécheresse

- ✓ Sécheresse = **déficit épisodique de pluviométrie** ≠ Aridité = déficit récurrent

- ✓ **Sécheresse hydrologique** (automne et hiver) > rechargement insuffisant des « stocks ».

- ✓ **Sécheresse édaphique** (printemps et été) > alimentation insuffisante du réservoir sol où les cultures puisent directement.

- ✓ Sécheresse dépend des composantes **climatiques** (entrée), **hydrologiques** (stock) et **agronomiques** (réserve en eau du sol et sortie)



Cycle de l'eau au niveau de la plante © inra, Patricia Perrot

R = RU + (pluies + irrigation- ruissellement drainage) — ETR

Quelles conséquences pour les plantes et les cultures ?

Effet du déficit hydrique sur la physiologique d'une plante :

- Arrêt de croissance, fermeture des stomates, arrêt de la transpiration et de la photosynthèse, abscission des feuilles . Cavitation, stress thermique, stress osmotique
- Mise en œuvre de mécanismes pour augmenter la capacité de pompage, ou de stockage de l'eau dans la plante, et éviter les dégâts occasionnés sur le métabolisme par la perte en eau des tissus.

Effet de la sécheresse sur les grandes cultures :

- Levée retardée, irrégulière, mauvais développement racinaire
- Mauvaise utilisation des engrais azotés
- Réduction de la croissance, du développement foliaire et des organes reproducteurs – Réduction du rendement
- Sénescence précoce et défaut de remplissage des grains

Effet de la sécheresse sur les cultures pérennes :

- Réduction de la croissance des organes végétatifs et reproducteurs
- Réduction de la croissance des fruits et modification de leur composition
- Influence sur l'induction florale (effet n+1)
- Influence sur la mise en réserves carbonées et azotés (effet n+1)

Quelles stratégies des plantes face au manque d'eau ?

Deux options possibles : fermer ses stomates pour économiser de l'eau ou les laisser ouverts pour continuer à produire

- Eau contre carbone (notion d'efficience de l'eau) / Eau contre chaleur
- Survie ou maintien de la production de biomasse : dépend du type de plante, de l'intensité de la contrainte, du stade. **Survie non pertinente en situation agricole**

Stratégies de tolérance à la sécheresse :

Conservatives, moins risquées, mais coût en terme de productivité

- Esquive : décalage et raccourcissement du cycle
- Evitement : diminution transpiration (stomates, feuilles) et racines
- Amélioration de l'efficience de l'eau : plus de rendement par volume d'eau transpirée (stress sévère)

Dépensières ou optimistes, risquées

- Tolérance : maintien de la production (stress modéré)

Changement climatique et sécheresse

Incertitude beaucoup plus grande que pour la température

Projet ClimSEC, Météo-France, Direction de la Climatologie,
Jean-Michel Soubeyroux, jean-michel.soubeyroux@meteo.fr)

✓ **Définition de nouveaux indices pour évaluer l'intensité des sécheresses**

✓ **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 inconnue** 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

Indice d'humidité des sols : dépend de la nature des sols et de la capacité de la couverture végétale à absorber l'eau

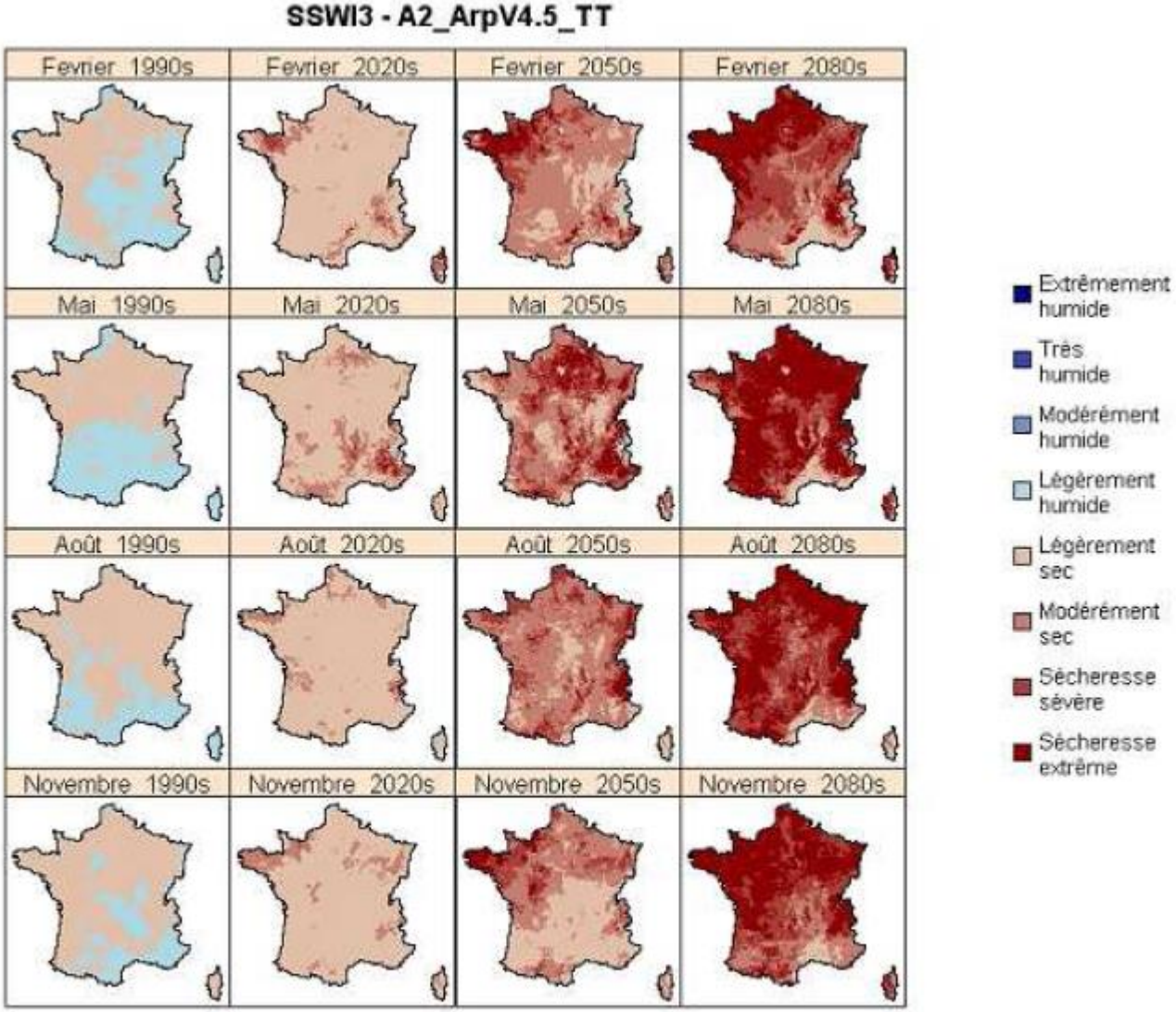
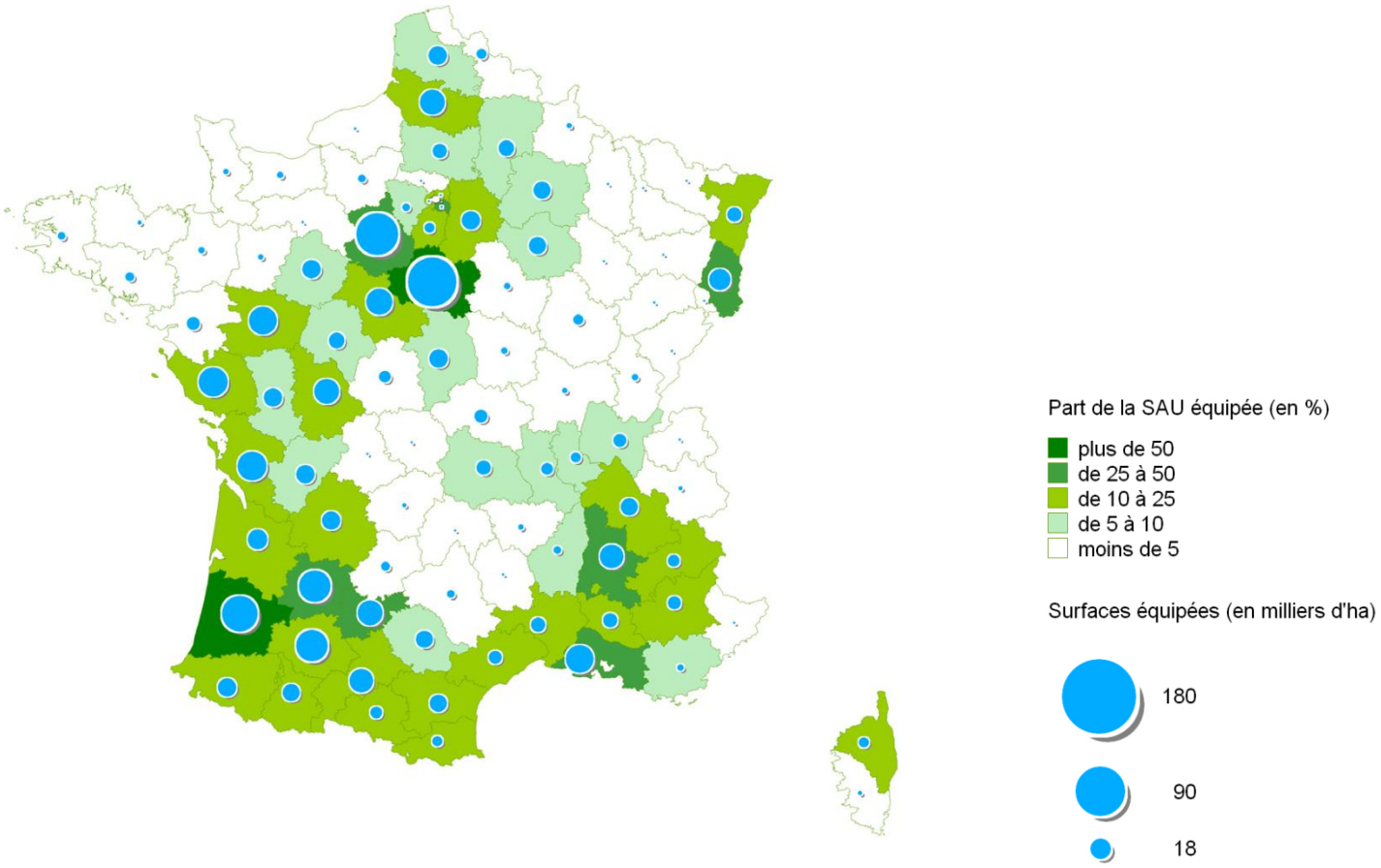


Figure 17-3 Évolution temporelle des sécheresses SWI3 au cours du XXIe siècle selon les saisons (février=hiver, mai=printemps, août=été, novembre=automne) à partir des projections Arpège V4.6 scénario A2, méthode de descente d'échelle types de temps.

Vulnérabilité de l'Agriculture en Aquitaine

La région Aquitaine se place

- 2d rang national des surfaces équipées pour l'irrigation + de 300 000 ha
- 1er rang national en % de la SAU irrigable (22% en moyenne)
- 1er région française productrice de maïs et pour l'irrigation de cette culture



Source : Agreste Aquitaine, Recensement agricole 2010

Les surfaces et les cultures irriguées

- Landes : + ½ des exploitations avec installations d'irrigation (1/2 SAU) pour le maïs et les cultures légumières
- Lot-et Garonne : ½ des exploitations équipées (1/3 SAU) pour maïs, vergers, légumes, semences
- Gironde : - de 1/10 (16% de SAU), maïs et cultures légumières de plein champ
- Dordogne et Pyrénées Atlantiques : 10% de la SAU, maïs et cultures fruitières (Dordogne)

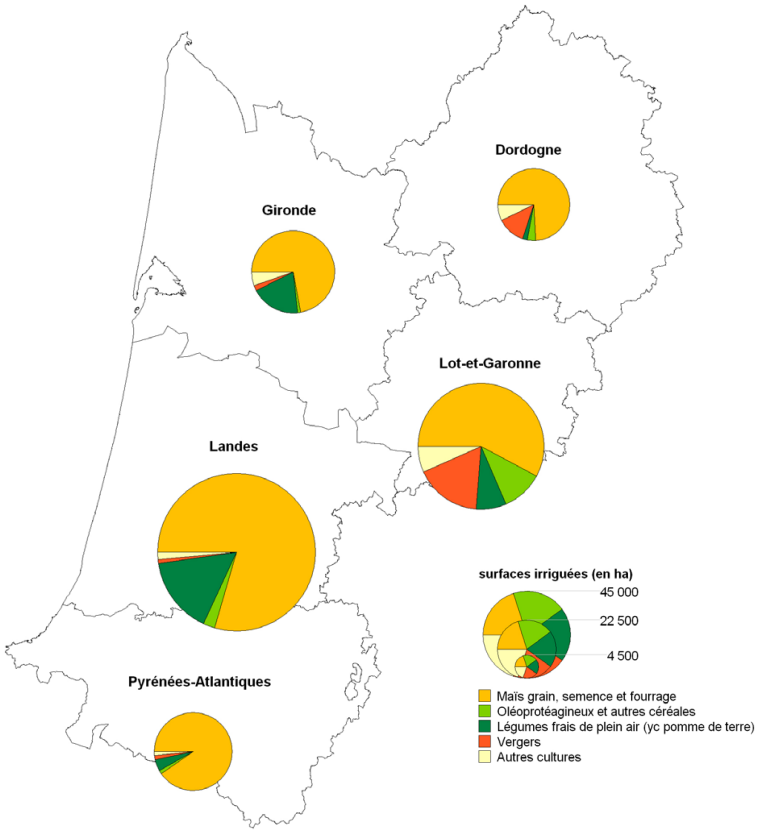
Irrigation principalement liée à la culture du maïs

- Autres cultures irriguées : légumes de plein champ, vergers
- avec doublement des surfaces équipées entre 1980 et 2000
- Principalement aspersion (micro-irrigation : 5%)

Diminution de 14% depuis (+ que moyenne nationale) surtout en Dordogne et Lot-et-Garonne

Les surfaces et les cultures irriguées

Surface de cultures irriguées par département



Les surfaces et les cultures irriguées

- Landes : + ½ des exploitations avec installations d'irrigation (1/2 SAU) pour le maïs et les cultures légumières
- Lot-et Garonne : ½ des exploitations équipées (1/3 SAU) pour maïs, vergers, légumes, semences
- Gironde : - de 1/10 (16% de SAU), maïs et cultures légumières de plein champ
- Dordogne et Pyrénées Atlantiques : 10% de la SAU, maïs et cultures fruitières (Dordogne)

Irrigation principalement liée à la culture du maïs

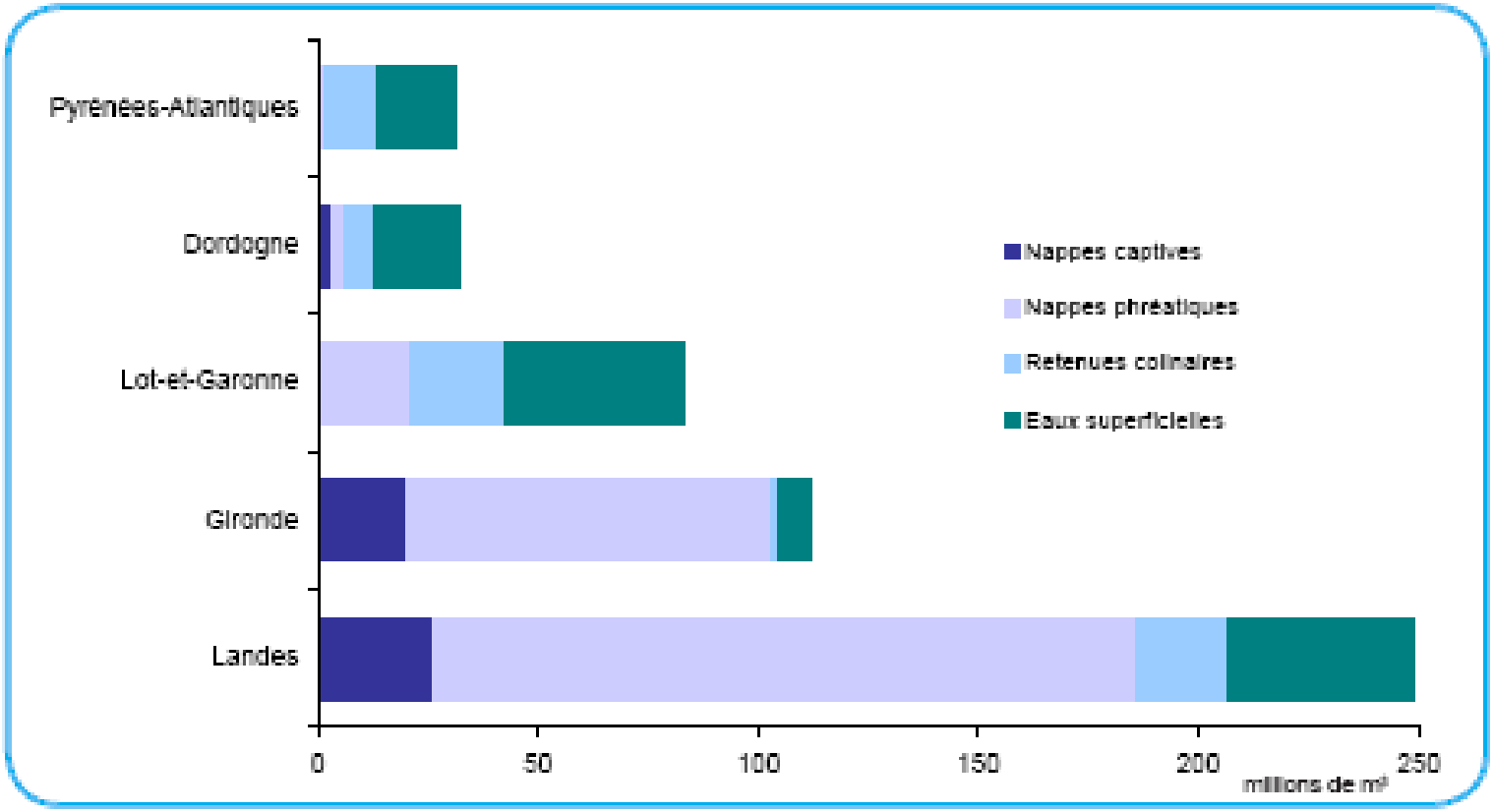
- Autres cultures irriguées : légumes de plein champ, vergers
- avec doublement des surfaces équipées entre 1980 et 2000
- Principalement aspersion (micro-irrigation : 5%)

Diminution de 14% depuis (+ que moyenne nationale) surtout en Dordogne et Lot-et-Garonne

Quelles sources d'eau ?

- Accès à l'eau principalement de type individuel, surtout dans les Landes et en Gironde
- + de 500 millions de m^3 prélevés en 2010 (pour 460 en moyenne de 2005 à 2010)

Volumes prélevés selon l'origine de l'eau



Source : Agence de l'eau Adour Garonne 2010

Quelles perspectives pour l'avenir ?

Précocité fortement avancée pour toutes les cultures

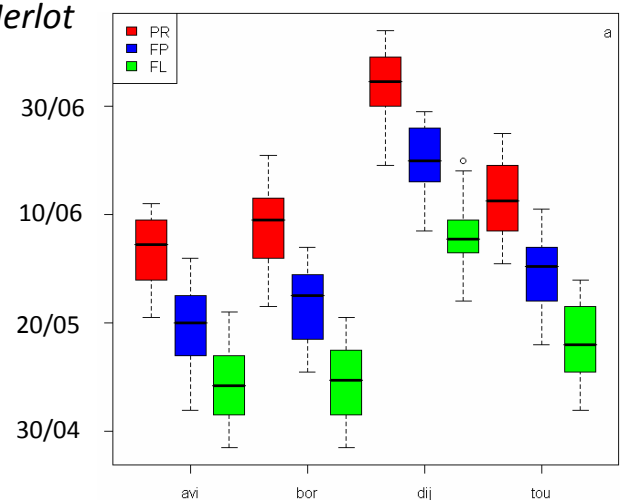
PR : 1970-1999

FP : 2020-2049

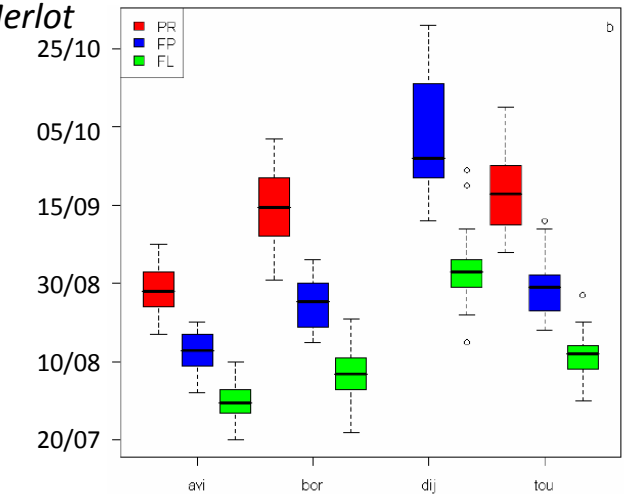
FL : 2070-2099

culture	Δ floraison en j/°C	Δ récolte en j/°C
Blé	5	6
Maïs	5	15
Tournesol	4	9
Vigne	8	10

dates de floraison modélisées
Merlot



dates de vendanges modélisées
Merlot



Modélisations journalières 1950-2100 d'une vigne sur terrain plat, non enherbée, conduite avec ou sans irrigation complémentaire, rangs NS et palissage vertical, sans réinitialisation au 1er janvier : prise en compte des effets cumulatifs possible

http://w3.avignon.inra.fr/projet_climator/

Quelles perspectives pour l'avenir ?

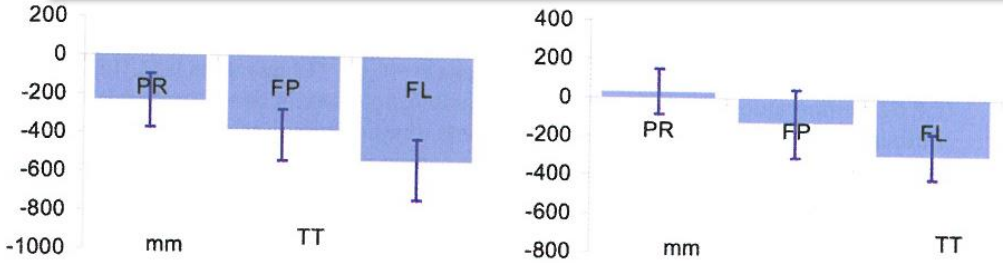
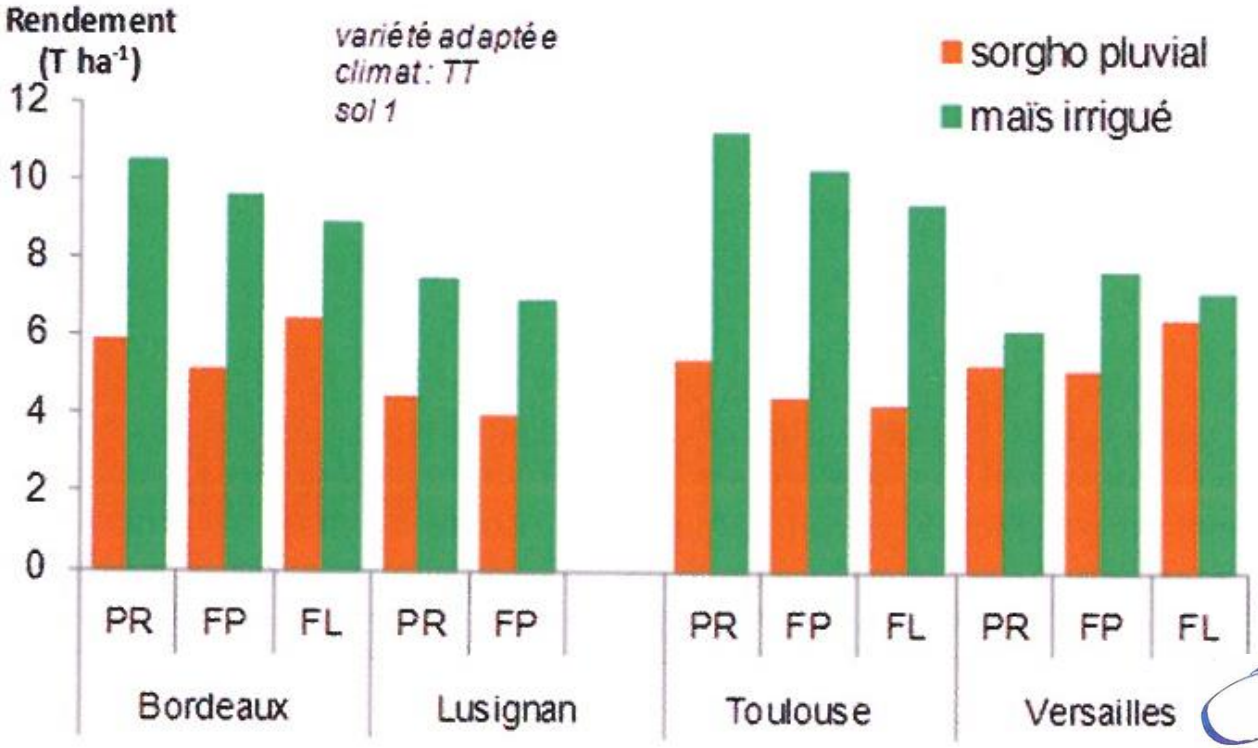


Figure 2 : déficit hydrique climatique (pluies-ET0) annuel dans le PR, le FP et le FL, à Toulouse (à gauche) et à Lusignan (à droite). ARPÈGE A1B*. Méthode de régionalisationTT.*

↗ du déficit climatique = + ou - de pluie
↗ de l'évapotranspiration



http://w3.avignon.inra.fr/projet_climator/

Projet ANR

Quelles adaptations pour l'avenir ?

Pour les grandes cultures : questionner les pratiques d'irrigation

- Mieux piloter l'irrigation
- Choix de nouvelles variétés plus précoces et à cycle court (pour éviter le stress hydrique), plus résistantes à la sécheresse
- Choix de cultures moins gourmandes en eau

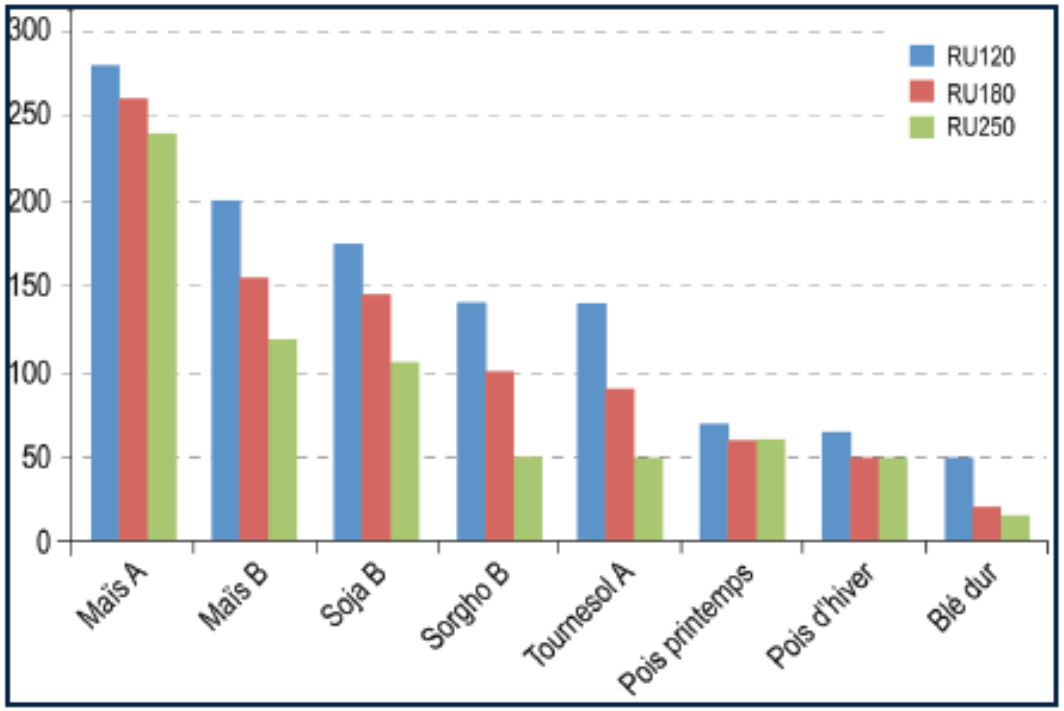


Figure 6 : Besoins en irrigation moyens de 7 cultures d'hiver et d'été : simulation avec le modèle [35] sur la base de seuils « transpiration réelle/transpiration maximale » différents selon la sensibilité des cultures (3 niveaux de réserve utile RU, sols argilo-limoneux, climat Toulouse 1984-2004) [11].

(Debaeke et al., 2006)

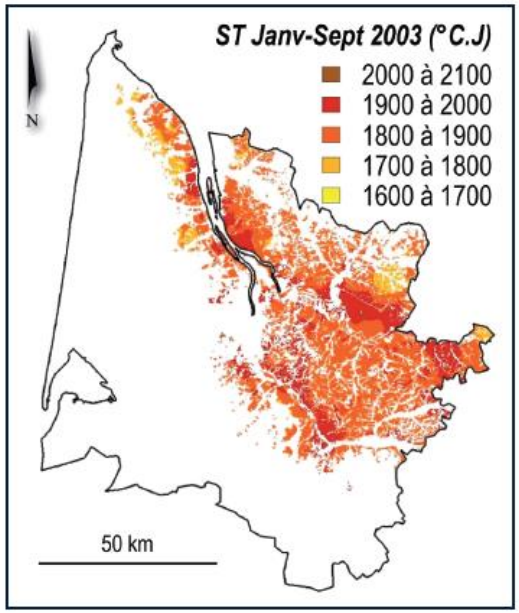
Quelles adaptations pour l'avenir ?

Pour les vergers :

- Mieux piloter l'irrigation (goutte à goutte)
- Utiliser des variétés plus tardives au débourrement (éviter le gel de printemps), dont les besoins en froid sont plus faibles, plus résistantes à la sécheresse

Pour les vignobles : (sécheresse pas un problème pour l'instant dans la région)

- Valoriser les terroirs dont la réserve en eau est la plus importante ou les plus tardifs
- Choisir les cépages et porte-greffes les plus résistants à la sécheresse
- Choisir des cépages plus tardifs pour compléter l'encépagement



(Bois, 2007)

Quelles recherches conduites par l'INRA et ses partenaires ?

- ✓ Calculs d'indices bioclimatiques en temps réel pour le suivi des cultures (veille agroclimatique, http://w3.avignon.inra.fr/veille_agroclimatique/Home)
- ✓ Etude de la résistance à la sécheresse des principales cultures : maïs, blé, protéagineux, tournesol, espèces fruitières, vigne etc…
- ✓ Sélection génétique de variétés plus résistantes à la sécheresse : idem
- ✓ Modélisation des besoins en eau des cultures et des rendements en fonction des contraintes de l'environnement et des caractéristiques des variétés
- ✓ Etude d'itinéraires culturaux et impacts sur les besoins en eau et la rentabilité économique des exploitations
- ✓ Adaptation de différentes filières au CC (Métaprogramme ACCAF)

Merci de votre attention

Les dernières grandes sécheresses

1976, 1997, 2003, 2005, 2011

Types des principales sécheresses depuis 1976

Type	1976	1979	1985	1986	1989	1990	1991	1992	1996	2003	2004	2005
hydrologique								X				
édaphique		X Méditerr.	X Centre & Sud	X Centre & Sud		X Ouest & Sud	X Nord			X 2/3 du territoire		
succession hydrologique/ édaphique	X Nord				X Ouest				X Nord & Ouest		X Sud	X 2/3 du territoire

Veille agroclimatique de l'INRA

http://w3.avignon.inra.fr/veille_agroclimatique/Home

- fournir des éléments d'information sur les conséquences agricoles de tels évènements.
- modèle de simulation de culture STICS et le réseau d'observations météorologiques d'Agroclim pour fournir une interprétation agronomique de la variabilité climatique à l'échelle du territoire.
- 2011, un suivi quotidien d'indicateurs agroclimatiques centrées sur les cycles annuels, du blé et du maïs sur un grand nombre de sites INRA.