



**ADAPTATION AUX EFFETS  
DU CHANGEMENT  
CLIMATIQUE SUR LES  
GRANDES CULTURES EN  
DORDOGNE**



**aGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRE D'AGRICULTURE  
DORDOGNE

OCTOBRE | 2014



## **Informations Techniques**

### **Auteurs**

Chambre d'Agriculture de la Dordogne

- Michel Campagnaud
- Nadine Lopez
- Nicolas FEDOU

### **Projet**

Adaptaclima II – Adaptation au changement climatique sur la région SUDOE.

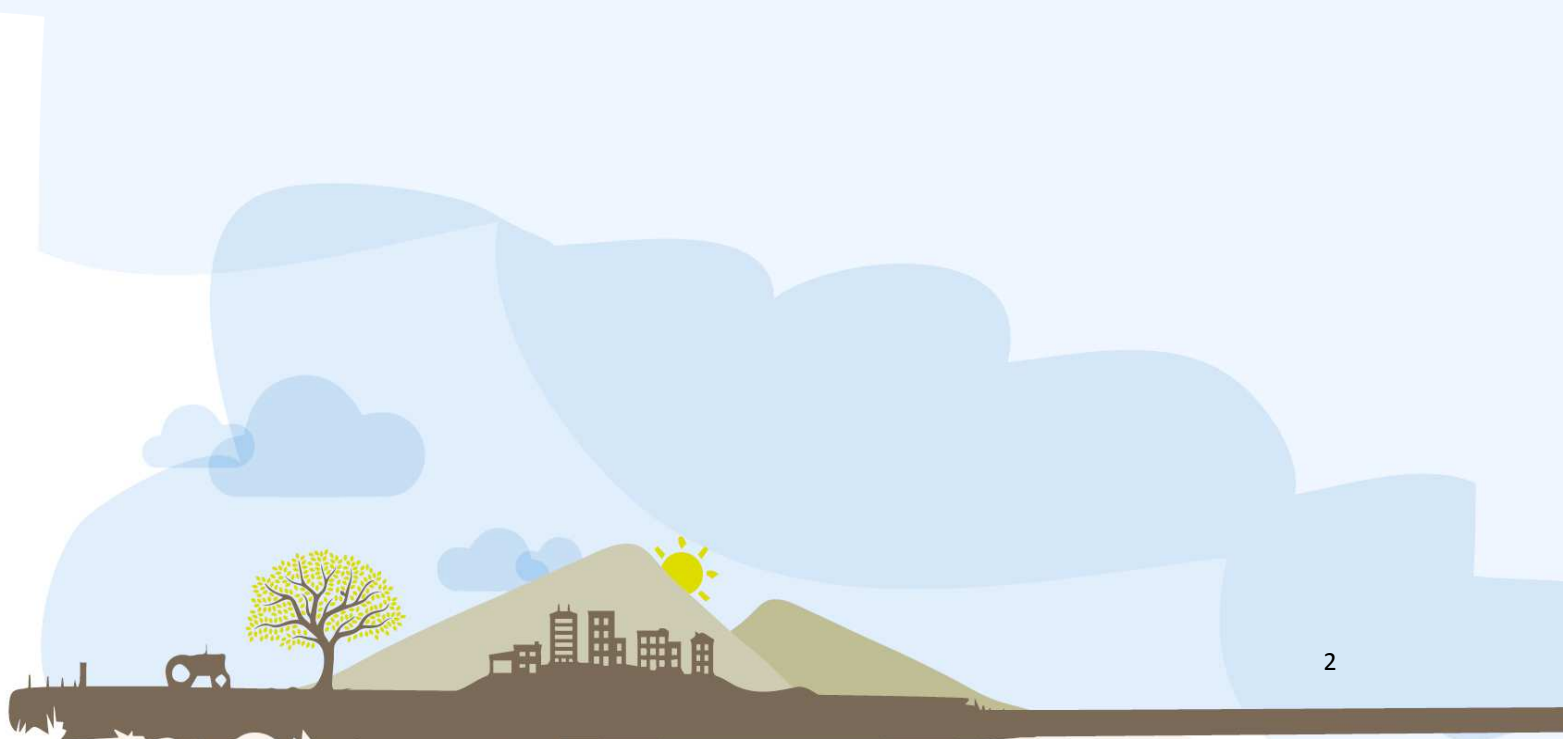
### **Version**

Version définitive | Octobre 2014

© Adaptaclima II

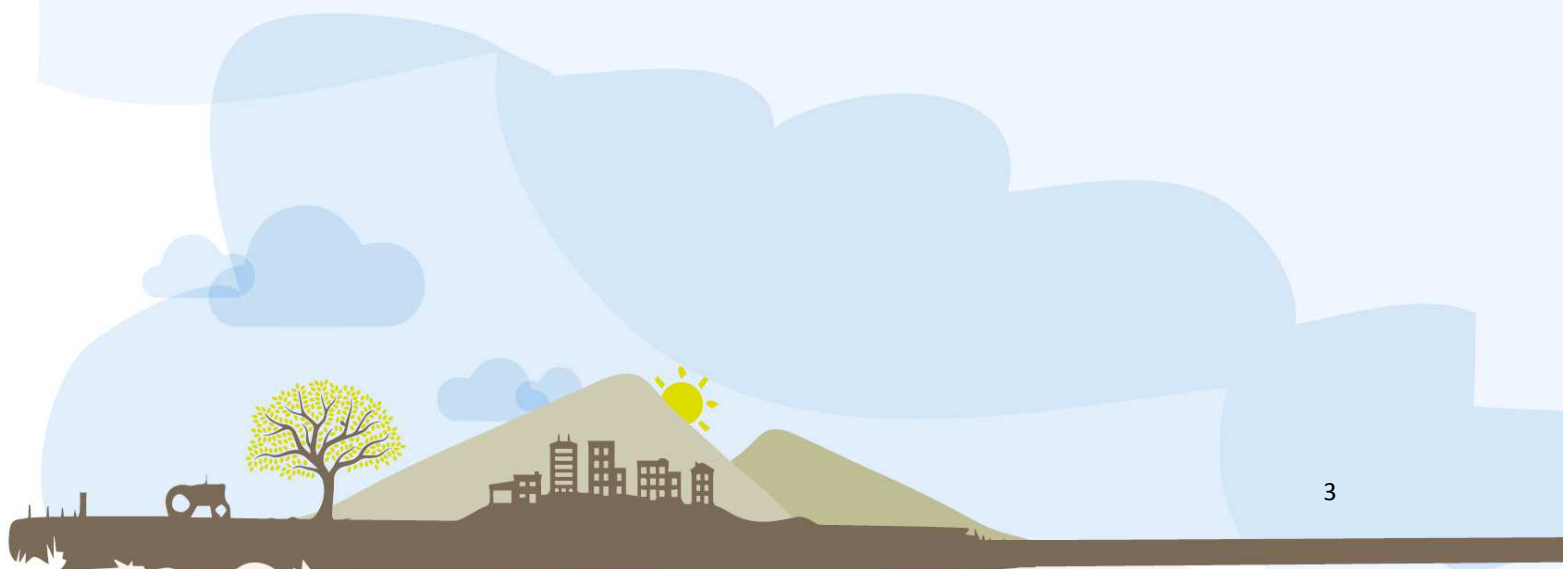
Adaptaclima II – Adaptación al Cambio climático en el SUDOE es un proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del Programa de Cooperación Territorial Sudoeste Europeo.

[www.adaptaclima.eu](http://www.adaptaclima.eu)



# Sommaire

Le projet Adaptaclima II.....	page 4
1-/ Justification de l'étude .....	page 6
2-/ Les questions posées .....	page 7
3-/ Les outils pour mesurer l'impact du changement .....	page 7
4-/ Méthodologie et actions menées .....	page 7
5-/ Les résultats liés à l'optimisation de l'assolement en Dordogne à l'horizon 2050	
5.1/ Cartographie des réserves utiles des sols	page 10
5.2/ Zonage climatique	page 11
5.3/ La demande en eau des cultures	page 13
5.4/ Déficit hydrique des cultures actuel et à l'horizon 2050	page 14
5.5/ Optimisation agronomique de l'assolement départemental	page 17
5.6/ Optimisation économique de l'assolement départemental	page 20
5.7/ Discussion	page 23
6-/ Perspectives d'avenir	page 25
7-/ Outil WEB de suivi et d'information	page 27
Annexes .....	page 32



## Le Projet Adaptaclima II

Le projet “**Adaptación a los efectos del Cambio Climático en el SUDOE**” (ADAPTACLIMA II), Adoptée à la troisième édition du Programme de coopération territoriale européenne du Sud-Ouest (SUDOE), il est dans la continuité du projet “*Adaptación a los efectos derivados del Cambio Climático*” (Adaptaclima) sur la période 2009-2011.

Comprendre les effets du changement climatique et s’y adapter est l’un des grands défis du présent pour toute la planète et dans tous ces domaines : environnemental, économique et social.

L’altération du climat engendrée par les activités humaines est en train de modifier la composition de l’atmosphère et les effets du réchauffement global affectent le niveau de la mer, les courants, les écosystèmes, les côtes et radicalisent le changement climatique jusqu’à l’extrême avec des sécheresses et des inondations.

Il existe encore une forte incertitude en ce qui concerne les implications du changement climatique et les réponses des écosystèmes. Le moment est venu où les analyses et les études disponibles ne doivent pas rester confidentielles au sein de la communauté scientifique, mais être mises à la disposition de la société.

L’intention du projet ADAPTACLIMA II est de permettre à cette connaissance scientifique d’avoir une application pratique dans des actions visibles parmi tous les acteurs qui interviennent dans la lutte contre le changement climatique et dans les processus d’adaptation à ce changement.

ADAPTACLIMA II est né de la nécessité de mettre en valeur des études, des analyses, des conclusions et des recommandations élaborées dans le projet ADAPTACLIMA et dans d’autres projets cofinancés par SUDOE.

L’objectif est de générer un cluster d’initiatives sur le changement climatique qui aura des répercussions au niveau des politiques environnementales pour l’avenir et au sein des entreprises : en renforçant les activités innovantes sur les territoires, en ouvrant de nouvelles voies de formation et de communication en direction du citoyen et en générant des contenus stratégiques au sein de l’espace SUDOE.

À cette fin, ADAPTACLIMA II mettra en œuvre des actions concrètes fondées sur les études réalisées par les projets précédents, en capitalisant leurs produits, résultats, conclusions et recommandations.





ADAPTA CLIMA II est un projet de coopération entre neuf partenaires qui font état d'une grande expérience et de nombreux résultats dans des programmes SUDOE traitant de cette thématique. Nous sommes une équipe interdisciplinaire, aux profils très distincts, qui possède une vaste expérience dans de nombreux projets liés à la thématique du changement climatique.

Le projet compte 9 partenaires:

1. Mancomunidad de Municipios Sostenibles de Cantabria - MMSC, Jefe de Fila (ES).
2. Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario - Neiker Tecnalia (ES).
3. Instituto Gallego de Vivienda y Suelo – Xunta de Galicia (ES).
4. Universidad Alto Tras os Montes (PT).
5. Asociación Ibérica de Municipios Ribereños del Duero – AIMRD (ES).
6. Junta de Andalucía (ES).
7. Chambre d'Agriculture de la Dordogne (FR).
8. Association Climatologique de la Moyenne Garonne (FR).
9. Asociación para el Desarrollo del Valle de Alagón – Adesval (ES).



## 1-/ Justification

La Chambre d'Agriculture de la Dordogne a été créée au cours de la décennie 1920 afin de constituer un interlocuteur privilégié auprès des autorités publiques pour représenter les intérêts de l'agriculture. Elle contribue activement, depuis les années 60, au développement de l'agriculture en assurant la mission publique qui était jusqu'alors réalisée par l'Etat.

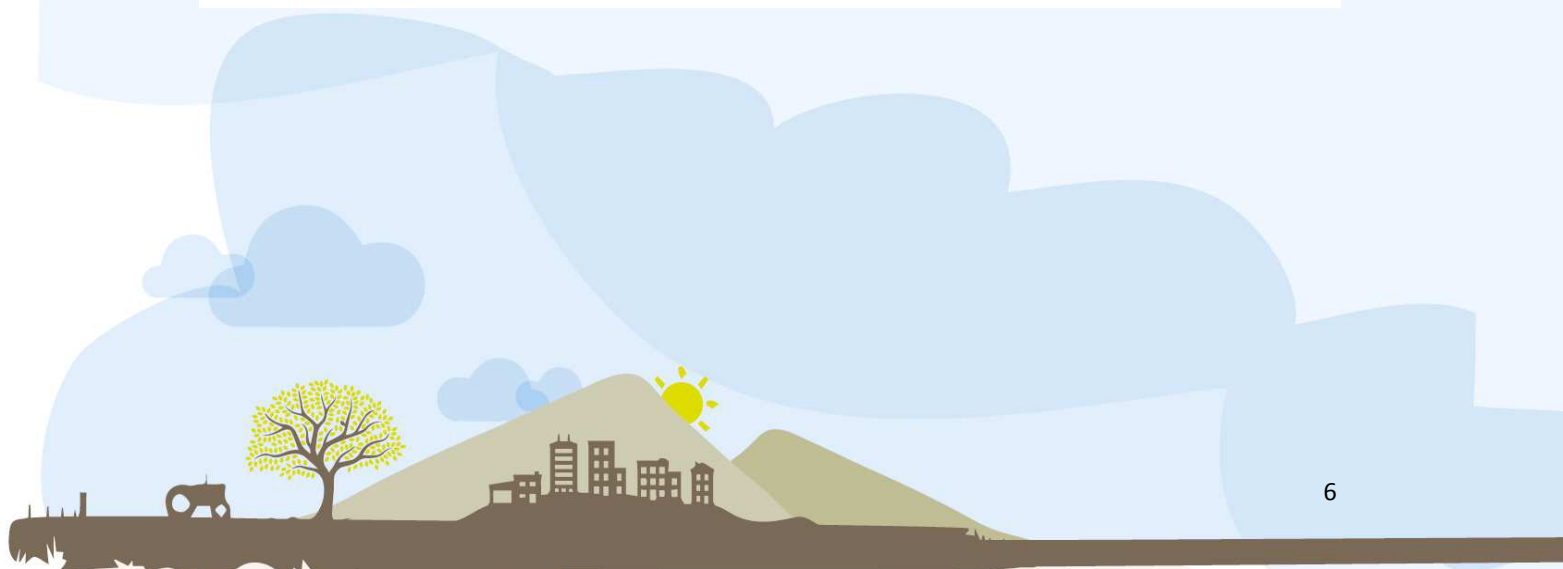
Actuellement, cette double mission se développe dans le domaine économique, social et environnemental, ainsi qu'au niveau local, national et européen. La Chambre d'Agriculture de Dordogne compte cent employés répartis entre le siège de Périgueux et cinq autres bureaux locaux qui apportent leur appui technique aux agricultures dans tous les domaines.

La Chambre d'Agriculture de la Dordogne a participé au projet ADAPTA CLIMA I et, a poursuivi naturellement dans cette deuxième phase pour continuer les recherches sur le changement climatique sur son territoire et, simultanément, exploiter les résultats et les expériences de chacun des partenaires.

Après avoir réalisé l'étude détaillée des effets du changement climatique et des adaptations possibles aux secteurs du Périgord Central et de la Lizonne lors de la première phase du projet, elle souhaite à présent généraliser ce travail à tout le département.

Outre sa participation à des réunions et des actions conjointes dans le cadre du projet ADAPTA CLIMA II, la Chambre d'Agriculture de la Dordogne a coordonné une action **d'amélioration des systèmes d'information aux agriculteurs pour une gestion plus efficace des ressources hydriques** au sein des groupes de capitalisation en vue du transfert des résultats au secteur entrepreneurial et agricole.

La Chambre d'Agriculture a capitalisé les techniques et informations des projets SUDOE suivants WAT WATER AND TERRITORIES, SUD'EAU, TELERIEG ainsi que le rapport de la Région Aquitaine « Prévoir pour Agir en Aquitaine » afin de pouvoir les mettre en pratique sur son territoire.



## 2-/ Les questions posées

Le programme Adaptaclima vise à proposer des solutions afin de limiter les aspects socio-économiques négatifs dus au changement climatique. Etant conscient de la sensibilité de l'agriculture périgourdine aux effets du changement climatique, la Chambre d'agriculture de la Dordogne a intégré ce programme depuis 2009.

La Chambre d'Agriculture a donc comme objectif de caractériser les **impacts prévisionnels du changement climatique sur les ressources en eau pour l'agriculture dans le département de la Dordogne et d'étudier les adaptations possibles notamment en terme de choix de cultures.**

La première étude (2010) était ciblée sur 2 bassins versants la Lizonne, zone fortement agricole de 30 000 ha ; la seconde (2011) sur le Périgord Central, périmètre plus important dominée par la sylviculture et la polyculture élevage de 227 000 ha. L'élargissement de l'échelle d'étude opéré ici (département de plus de 910 000 ha) nécessite donc une adaptation de la méthodologie de travail.

Nous devons donc répondre aux questions suivantes :

- ☞ **Quelle est l'adéquation entre les cultures présentes et les ressources en eau actuellement disponibles ?**
- ☞ **Comment optimiser l'assolement à l'horizon 2050, dans le contexte du changement climatique ?**
- ☞ **Pouvons-nous proposer un outil qui simplifie la lecture du climat et son incidence sur les ressources en eau et les cultures ?**

## 3-/ Des outils pour mesurer l'impact du changement

Dans un premier temps, il a été indispensable de réaliser un **état des lieux** et une mise en commun des connaissances en matière de gestion qualitative et quantitative de l'eau à l'échelle d'un bassin. C'est en cela que l'expérience acquise dans les projets WAT 'eau, sud'eau et télerrig nous ont été fortement utile. Cela permettant grâce à la recherche d'informations sur la **gestion globale des cultures** en relation avec le changement climatique de préconiser des itinéraires techniques et des cultures adaptées en s'appuyant sur un modèle cartographique. La finalité est de valider un modèle d'adaptations culturelles par type de sol en prenant en compte le potentiel hydrique des sols à l'échelle d'un bassin.

Dans un second temps, le Projet a consisté à la création **d'une plate-forme web de gestion de l'eau par bassin**. Cette plate forme intégrée au site de la Chambre d'Agriculture et du Projet Adaptaclima II offre une information aux agriculteurs pour leurs travaux d'irrigation sur le département de la Dordogne. Sa structuration est généralisable à l'ensemble du territoire SUDOE. Il s'agit de faire le **suivi des niveaux d'eau**, d'informer sur **les niveaux de restrictions**, de diffuser **les réserves utiles** par types de sols, ... pour apporter au plus vite une aide à la décision sur l'irrigation des cultures. Cela s'accompagne par la mise en place des moyens de transmission de données techniques par GSM, des alertes par SMS et mail. Nous avons créé un outil



Web, qui sera alimenté par nos données météorologiques locales et notre base de données sur la gestion quantitative de l'eau.

## 4-/ Méthodologie et actions menées

Pour répondre aux questions posées, qui vont dans le sens d'une réflexion sur les moyens d'optimiser les cultures au changement climatique, mais aussi à celles relatives à la création d'outil pour mieux mesurer l'impact du changement à court et moyen terme nous avons suivi les étapes suivantes :

- **L'estimation du potentiel de la ressource en eau**
- **L'élaboration du bilan hydrique à l'horizon 2050**
- **L'optimisation de l'assolement à l'horizon 2050**
- **La création d'un outil web de suivi et d'information**

### 4.1 / Estimation du potentiel de la ressource en eau

Pour caractériser l'adéquation entre les besoins en eau des cultures et l'offre en eau disponible, nous avons modélisé le bilan hydrique par îlot parcellaire sur l'ensemble du département.

Pour caractériser l'offre en eau du sol, nous avons estimé la Réserve Utile ou RU sur l'ensemble des sols du département de la Dordogne. Elle est définie comme la quantité maximale d'eau du sol disponible facilement pour les plantes.

Nous avons réalisé un **zonage pluviométrique** pour l'estimation du bilan hydrique ainsi qu'un **zonage des températures** qui a permis d'analyser la cohérence entre la carte des pluies et celles des températures moyennes.

Pour estimer le **bilan hydrique**, nous avons confronté l'offre en eau disponible (RU du sol + précipitations) et la demande de la culture à l'état actuel. Ce travail a été réalisé pour 9 cultures différentes (maïs, tournesol, sorgho, blé d'hiver, triticale, colza d'hiver, orge d'hiver, les prairies temporaires et permanentes) et mis sous forme SIG (système d'information cartographique).

Le bilan hydrique dépend directement de données climatiques, notamment les précipitations. Il s'agit donc de caractériser le bilan hydrique en fonction de l'importance de la pluviométrie. Or de fortes fluctuations pluviométriques sont observables au sein d'une même année : c'est la variabilité intra-annuelle de pluviométrie. Nous définissons donc des **périodes saisonnières** de six mois, **selon la sensibilité des cultures** à la ressource en eau :

- **une période estivale (avril à septembre)** pour les cultures de printemps et d'été qui sont plus sensibles à la quantité d'eau durant ces mois ;
- **une période hivernale (octobre à mars)** pour les cultures d'hiver.



De fortes fluctuations sont observables également entre les années : c'est la variabilité interannuelle de pluviométrie. Nous définissons donc des scénarii correspondants à des **profils d'années** considérées comme **humides, intermédiaires** ou **secs**.

#### 4.2 / Bilan hydrique à l'horizon 2050

Pour caractériser l'évolution de l'adéquation des cultures aux ressources en eau à l'horizon 2050, nous avons estimé un bilan hydrique prospectif en suivant la même démarche générale que pour l'établissement du bilan hydrique actuel.

Pour simplifier la modélisation du bilan hydrique prospectif, nous considérons que certains paramètres restent identiques par rapport au modèle du bilan hydrique actuel :

- pour le facteur pédologique : la Réserve Utile ;
- pour le facteur agronomique : les cultures étudiées et les coefficients culturaux  $k_c$  ;

En revanche, nous avons fait évoluer les références climatologiques sur les scénarii des années sèches, intermédiaires et humides à l'horizon 2050 suivant les prévisions du GIEC.

Pour ces 2 situations, nous avons intégré les volumes disponibles pour l'irrigation et affecté aux surfaces irrigables (équipées).

#### 4.3 / Optimisation de l'assolement à l'horizon 2050

**L'optimisation agronomique** de l'assolement à l'horizon 2050 est proposée afin de caractériser la faisabilité des cultures au regard des ressources hydriques et de leur exigence en eau. Cela a abouti à la réalisation de cartes pour les 9 cultures selon les 3 scénarios.

Pour optimiser **l'assolement de façon économique à l'horizon 2050**, nous cherchons à maximiser la marge brute totale (produit des ventes par culture auxquelles on soustrait les charges liées à la culture) des cultures étudiées sur une zone géographique donnée (secteur hydrographique).

#### 4.4 / Création d'un outil web de suivi et d'information

Afin d'alimenter l'outil web nous avons créé une méthode théorique des suivis par bassin par la capitalisation des données climatologiques, pédologiques et agronomiques. A cela s'ajoute la mise en place de méthodes d'alertes (restriction de pompage, état hydrique des sols, niveau d'eau des cours d'eau et des réserves d'eau ...). Cela a permis l'élaboration d'un cahier des charges pour la réalisation d'un logiciel de capitalisation des données et de saisi des informations parcellaires permettant une visualisation cartographique des indicateurs pour la gestion de l'eau. Cet outil permet aussi de créer une banque de données historique qui permettra à terme de vérifier l'impact du changement climatique.

Après avoir réalisé un inventaire des différentes techniques (capteurs climatiques, agronomiques et hydrauliques), des moyens de relevés télétransmis (GSM, GPRS, ADSL, radio ...) et les méthodes d'alertes (Internet, SMS, FAX, ...)



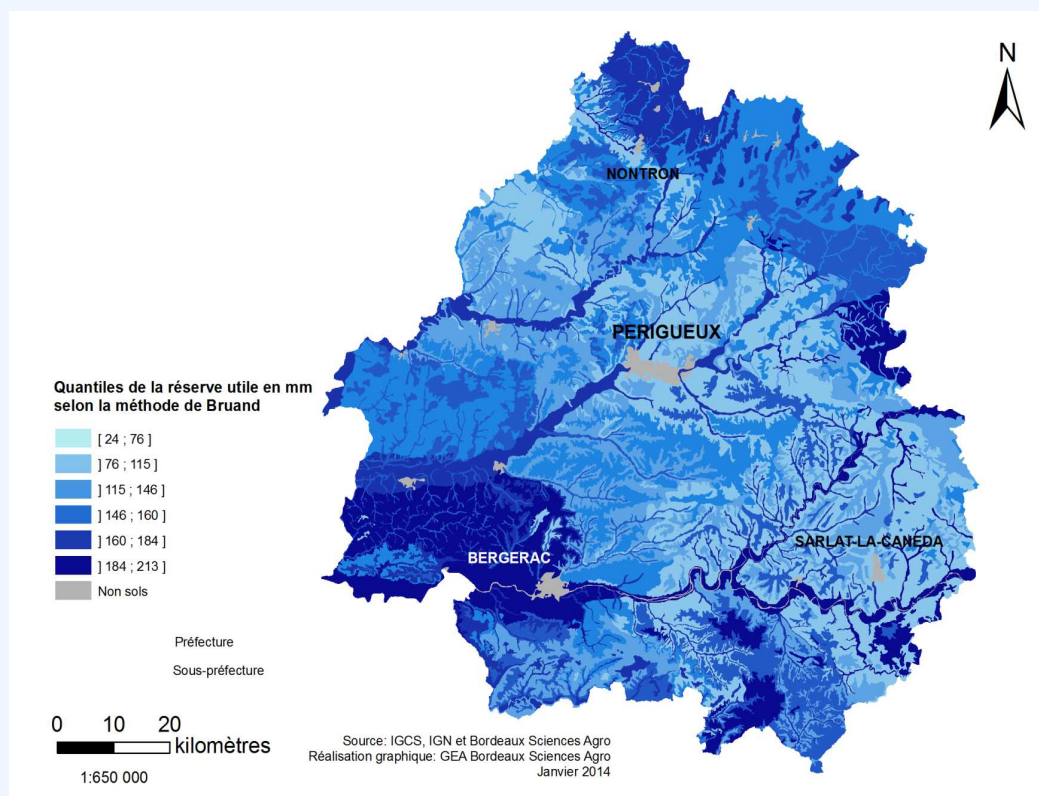


nous avons pu concevoir une stratégie de suivi à la parcelle et un prototype d'outil agro climatique permettant une adaptation à tout type de cultures.

## 5- Les résultats

### 5.1 / Réserve Utile (RU) du sol à l'échelle du département : 50% des surfaces ont une RU comprise entre 76 et 146 mm

Voici la carte obtenue qui fait apparaître la mosaïque des sols du département.



Les sols du département ont une Réserve Utile comprise entre 24 mm pour les zones en bleu clair et 213 mm pour les zones en bleu le plus foncé (profondeur de sol maximum prise en compte 120 cm). Nous observons que :

- les sols ayant une RU faible ( $< 76$  mm) sont situés majoritairement à l'est du département;
- les sols ayant une **RU médiane** (76 et 146 mm) représentent près de la **moitié des surfaces**. Ils sont surtout adaptés aux cultures d'hiver (*Alterre Bourgogne, 2010*) ;
- les sols ayant une RU élevée (160 mm à 184 mm) se situent au niveau des vallées de l'Isle et de la Dronne, dans la région de Nontron et dans la Bessède ;
- les sols les plus riches en eau ( $\geq 185$  mm) sont situés le long des vallées de la Dordogne et de la Vézère, ainsi que dans le Landais et les marges du Bassin de Brive.

Ces **deux dernières classes de RU** (160 à plus de 184 mm) correspondent à des sols favorables aux cultures de tournesol et de sorgho et couvrent **près de 22 % du territoire**.

Les « non sols » correspondent aux surfaces en zones urbaines, lacs et cours d'eau.

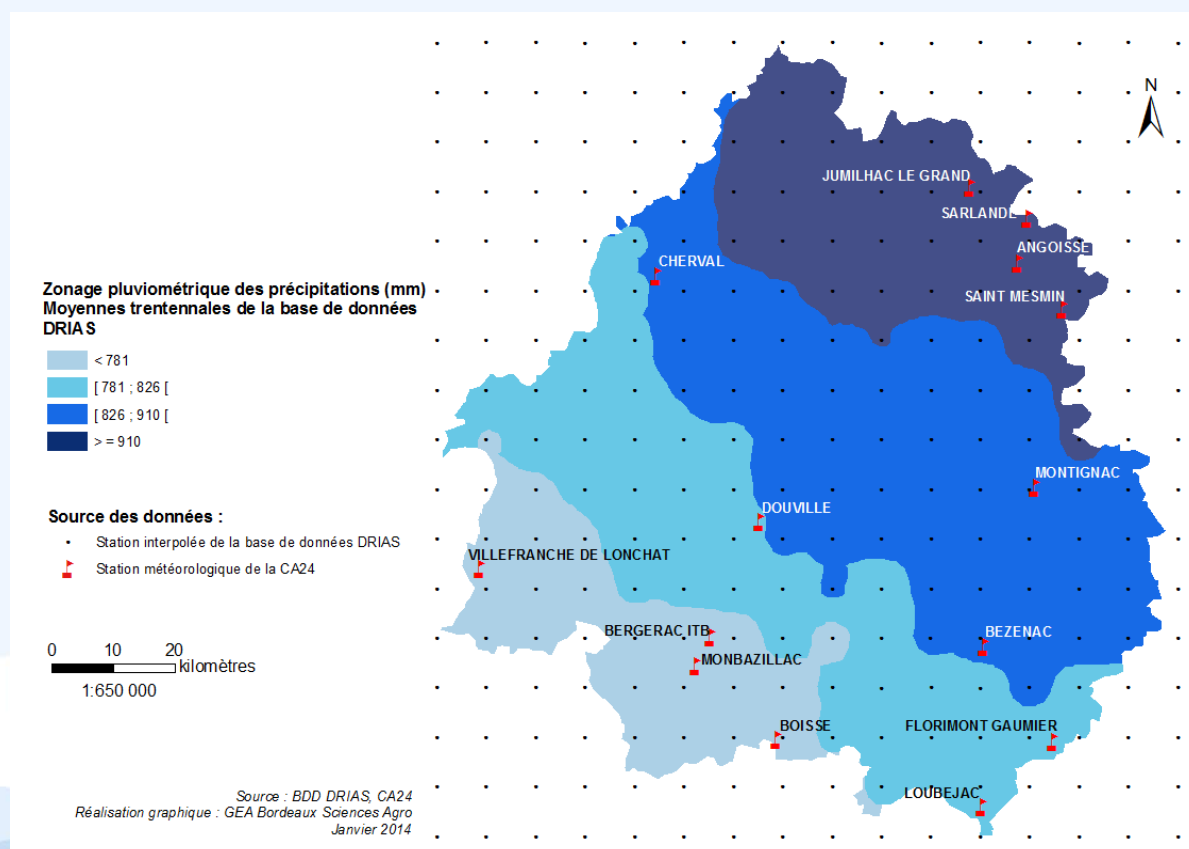
La RU disponible pour les cultures est hétérogène à l'échelle du département (24 à 213 mm sur les 120 premiers cm de sol). 22% des zones du territoire ont une réserve en eau suffisante pour les cultures d'été, tandis que d'autres ont une capacité de stockage plus faible.

## 5.2 / zonage climatique

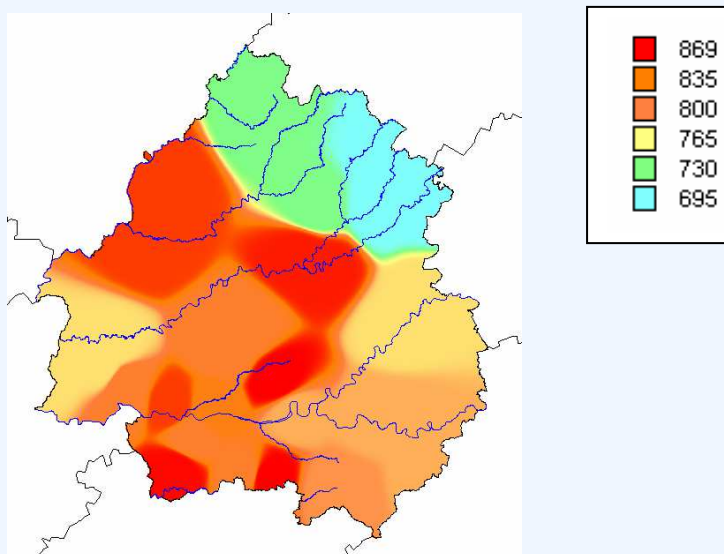
Pour caractériser l'offre en eau liée au climat, nous avons réalisé un zonage climatique pour rendre compte de la variabilité du climat du département : en effet, la quantité de précipitations ne peut pas être considérée comme homogène sur l'ensemble du département.

### Zonage pluviométrique : 200 mm d'écart entre le nord et le sud

Le zonage pluviométrique obtenu divise le territoire en quatre zones à pluviométrie croissante du sud-ouest au nord-est, avec deux zones extrêmes : une classe de précipitations cumulées inférieures à 781 mm au sud-ouest, une classe de précipitations cumulées supérieures à 910 mm au nord-est. Les précipitations moyennes sur l'ensemble du département sont comprises entre 668 mm au sud-ouest et 1079 mm au nord-est, avec une valeur médiane de 826 mm, soit une différence de plus de 200 mm entre ces deux extrêmes, pour la période 1970-2000.



**Zonage de l'évapotranspiration : 20 mm d'écart entre le sud ouest et le nord est en période estivale et 170 mm sur l'année**

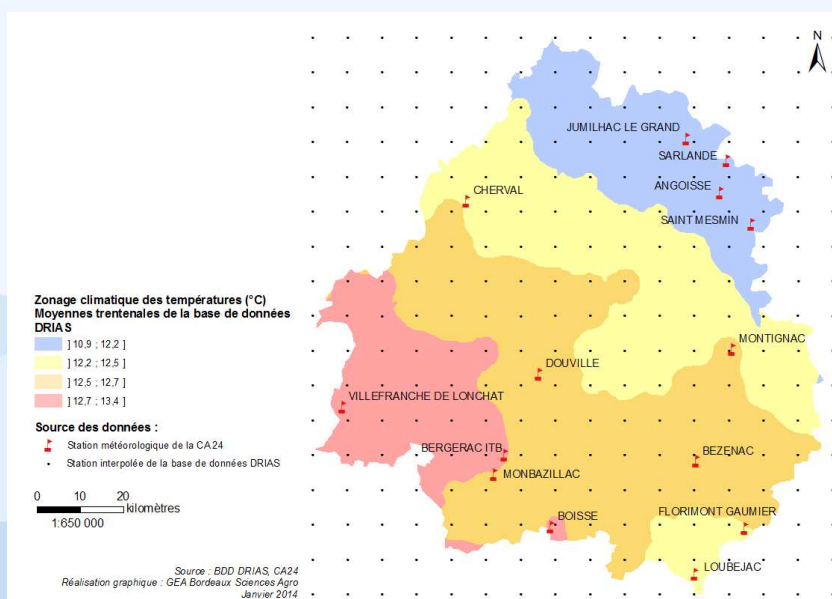


Source : réseau agrométéorologique de la chambre d'agriculture de la Dordogne

La valeur moyenne des ETP se situe autour de 750 mm annuellement avec un écart de 20 mm entre le sud ouest et le nord est de 20 mm sur la saison estivale et 170 mm sur l'année.

**Zonage des températures moyennes historiques : 2,5° d'écart entre le nord et le sud**

Le zonage des températures montre un gradient croissant des valeurs, entre 10,9°C et 13,4°C, du nord-est vers le sud-ouest, pour une valeur médiane de 12,5°C. La combinaison du zonage des températures avec celui des précipitations montre que ces deux paramètres évoluent selon un zonage globalement similaire, ce qui semble cohérent.





### 5.3 / La demande en eau des cultures

Le besoin en eau des cultures est exprimé par la notion d'évapotranspiration maximale de la plante (ETM), c'est-à-dire la quantité d'eau évaporée vers l'atmosphère au niveau du sol et transpirée par les plantes. Par soustraction à l'offre en eau disponible, il permet de calculer une réserve en eau disponible

#### **Choix des cultures pour le calcul du bilan hydrique :**

L'étude porte sur des cultures céréalières, oléagineuses et les prairies qui couvrent la plus grande surface du département :

- pour les cultures de printemps et d'été : maïs, tournesol, sorgho ;
- pour les cultures d'hiver : blé d'hiver, triticales, colza d'hiver, orge d'hiver ;
- les prairies temporaires et permanentes.

En fonction du déficit hydrique cumulé, nous pouvons caractériser la faisabilité des cultures sur tous les îlots cultivés du département et selon les scénarii sec, intermédiaire ou humide. Nous proposons trois niveaux de couverture des besoins en eau des cultures, en établissant des valeurs seuils.

Attention ces valeurs seuils ont été élaborées à dire d'experts et n'ont pas de rapport avec un rendement économique des cultures.

Niveau de couverture des besoins en eau	Pourcentage de couverture des besoins en eau	Niveau de rendement
<b>Optimal</b>	Supérieur à 100 %	Optimal
<b>Convenable</b>	Entre 60 et 100 %	Convenable
<b>Insuffisant</b>	Inférieur à 60 %	Insuffisant

## 5.4 / Déficits hydriques des cultures à l'heure actuelle et à l'horizon 2050 :

### 5.4.1/ Rappel de l'impact du changement climatique sur notre territoire

Dans le futur, le GIEC confirme une modification des conditions climatiques qui aurait des conséquences sur la disponibilité des ressources en eau. Ces changements seraient davantage marqués dans les régions ayant une latitude comprise entre 30°N et 85°N (GIEC, 2008), ce qui inclut la Dordogne situé à environ 45°N. Dans ce département, des études exploratoires ont déjà été menées : elles visent à caractériser les impacts prévisionnels du changement climatique sur les ressources en eau et l'agriculture. Les tendances climatiques majeures mises en évidence par ces travaux sont :

- une **hausse des températures moyennes de l'ordre de 1,8 à 2,4 °C** (Le Treut, 2013), voire de 3 à 5 °C d'ici les 60 prochaines années (CA 24, 2011), probablement couplée à une hausse du rayonnement moyen ;
- une **modification des régimes de précipitations**, avec une **augmentation en période hivernale et une diminution en période estivale**. Les prévisions soulignent l'augmentation de l'intensité de ces précipitations avec une fréquence plus faible. La tendance générale serait une diminution du niveau moyen global de ces précipitations (CA 24, 2011).

### 5.4.2/ Déficit hydrique actuel et futur : les cultures d'hiver résistent bien

Pour chacune des neuf cultures étudiées trois cartes sont produites, correspondant aux scénarios climatiques sec, intermédiaire et humide. Chaque carte présente le niveau de couverture des besoins en eau de chaque îlot, si on y implantait la culture cible. Cet exercice est purement fictif puisque l'on ne mettra jamais une seule culture sur l'ensemble du département. Mais l'exercice est intéressant notamment dans l'approche future où on mesure bien les zones les plus concernées par le changement de climat et (ou) du type d'année concernée (sec ou plutôt humide).

Les résultats mettent en évidence que l'adéquation des cultures aux ressources hydriques sera modifiée à l'horizon 2050 dans le département de la Dordogne. Il sera nécessaire d'anticiper les effets du changement climatique sur l'agriculture en proposant un assolement plus adapté à l'offre en eau du sol et aux conditions climatiques.

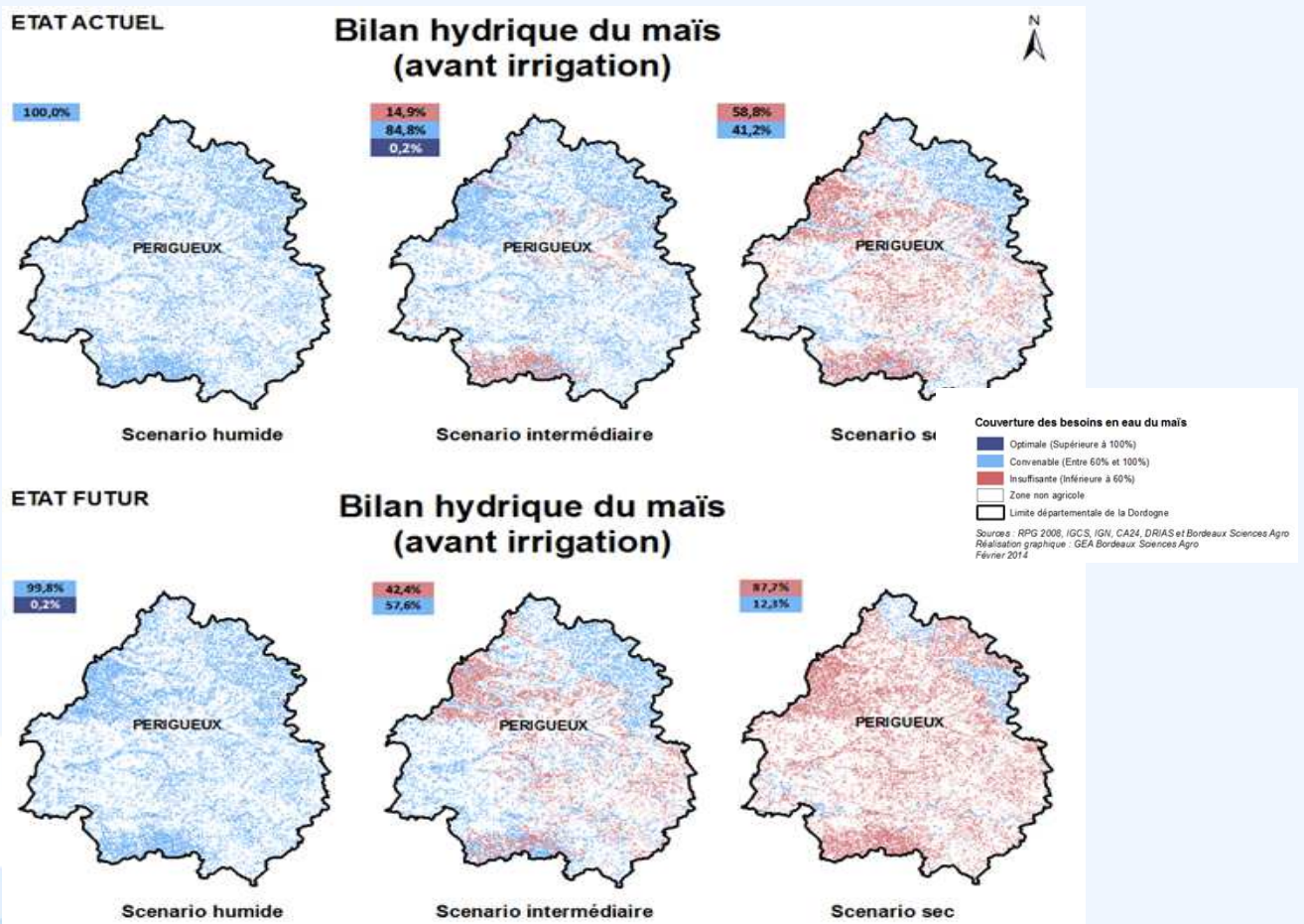


L'ensemble des cartes (9 cultures, 3 scénarios) est disponible en **annexe 1** ainsi que le tableau de synthèse en **annexe 2** sur l'état actuel. L'ensemble des cartes (9 cultures, 3 scénarios) est disponible en **annexe 3** ainsi que le tableau synthèse du déficit hydrique prospectif des cultures à l'horizon 2050 **annexe 4**.

### Exemple de la culture du maïs (avant irrigation)

**ETAT ACTUEL :** En **scénario humide**, tous les îlots ont un **rendement convenable** mais les ressources en eau ne permettant pas d'atteindre un rendement optimal. En **scénario intermédiaire**, près de **15 %** des îlots ont un **rendement insuffisant**, en particulier dans la région du Bergeracois. En **scénario sec**, près de **60 % des îlots** ont un **rendement insuffisant** notamment dans le Périgord Central, le Ribéracois et le sud-est du département.

**A L'HORIZON 2050 :** En **scénario humide**, tous les îlots ont un **rendement convenable** mais les ressources en eau ne permettant pas d'atteindre un rendement optimal (seulement 0,2%). En **scénario intermédiaire**, près de **42 %** des îlots ont un **rendement insuffisant**. En **scénario sec**, près de **87 %** des îlots ont un **rendement insuffisant** soit sur la quasi totalité du département.



### **L'effet de l'irrigation :**

Il faut déjà signaler que l'irrigation concerne à peine 10% des surfaces étudiées. Son impact est véritablement visible en année intermédiaire et s'amplifie en année sèche.

### **Le Maïs :**

A l'heure actuelle, l'irrigation permet d'obtenir des résultats **optimisés** en gagnant **38% des surfaces** en **scénario humide**, ce taux baisse autour de **4%** en **année intermédiaire et sèche**.

Demain, quelque soit l'année, l'irrigation permettra d'obtenir des **rendements convenables** pour **5 à 7% des surfaces totales** (totalité des surfaces irriguées).

### **Le Tournesol :**

Quelque soit le profil de l'année et que ce soit à l'heure actuelle ou dans le futur, l'irrigation permet de **gagner en rendement sur 5 à 7%** des surfaces totales (totalité des surfaces irriguées).

## **CONCLUSION GENERALE**

**ETAT ACTUEL :** La synthèse des résultats du déficit hydrique avant irrigation pour les neuf cultures montre, dans plus **de 80 % des cas**, une **bonne adéquation** des cultures aux ressources en eau, notamment pour les **scenarii humide et intermédiaire**. Les cultures d'hiver ont une bonne adéquation aux ressources en eau, quel que soit le scénario ; seul le triticales en situation sèche présente quelques îlots à rendement insuffisant (9% des îlots cultivés).

Certaines difficultés concernent également **les prairies permanentes** qui ont une **moins bonne adéquation** aux ressources en eau que **les prairies temporaires** en raison de leur demande annuelle plus élevée.

**Les principales difficultés concernent les cultures de printemps et d'été.** Elles apparaissent dans le Bergeracois en scénario intermédiaire et s'étendent à la moitié du département en scénario sec. Ces cultures ont tout de même une bonne adéquation aux ressources hydriques dans les vallées des cours d'eau principaux, y compris en scénario sec

**A L'HORIZON 2050 :** Toutes les **cultures d'hiver** conserveraient une **bonne adéquation** aux ressources en eau sur l'ensemble du département avec des rendements convenables. Par exemple, le triticales ne présenterait plus d'îlots à rendement insuffisant en scénario sec, contre 9 % des îlots cultivés à l'état actuel même si le colza « décroche » en année sèche, son rendement resterait convenable tout comme le blé qui résiste mieux .





Par contre, l'adéquation des **cultures de printemps et d'été** aux ressources en eau serait nettement **moins bonne** par rapport à l'état actuel même si le tournesol résiste mieux que le maïs en année sèche, on passe de 40% des surfaces avec des rendements insuffisant aujourd'hui à près de 60% des surfaces demain sans irrigation.

L'irrigation est bien valorisée sur les surfaces irriguées avec un avantage pour le maïs à l'heure actuelle.

## 5.5 / Optimisation agronomique de l'assolement départemental : le maintien du maïs sera difficile sans l'irrigation.

L'optimisation agronomique de l'assolement à l'horizon 2050 est proposée afin de caractériser la faisabilité des cultures au regard des ressources hydriques et de leur exigence en eau.

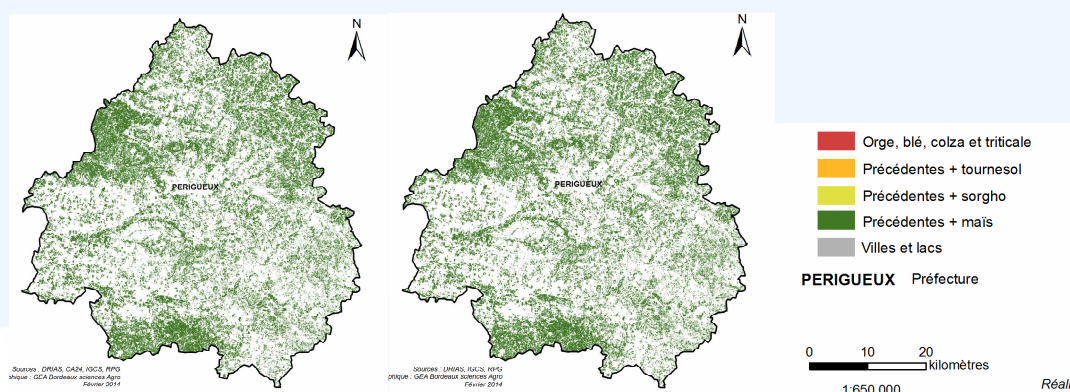
Nous réalisons cette optimisation de l'assolement sur les îlots cultivés du département, localisés grâce au Registre Parcellaire Graphique. Pour caractériser la faisabilité des cultures au regard des ressources hydriques, nous avons hiérarchisé les cultures en fonction de leur exigence en eau, dans le cas de ressources hydriques limitées. Nous basons cette hiérarchisation sur le pourcentage de couverture des besoins en eau des cultures à l'horizon 2050, en scénario sec.

Plus le pourcentage d'îlots à rendement insuffisant est élevé, plus la culture est considérée comme exigeante. Lorsqu'il n'y a pas d'îlots à rendement insuffisant, nous nous basons sur le pourcentage d'îlots à rendement convenable. Après identification de la culture la plus exigeante en eau sur chaque îlot, nous considérons sa mise en place possible dès lors que 60 % de ses besoins en eau sont couverts.

### Scénario humide

#### ACTUEL

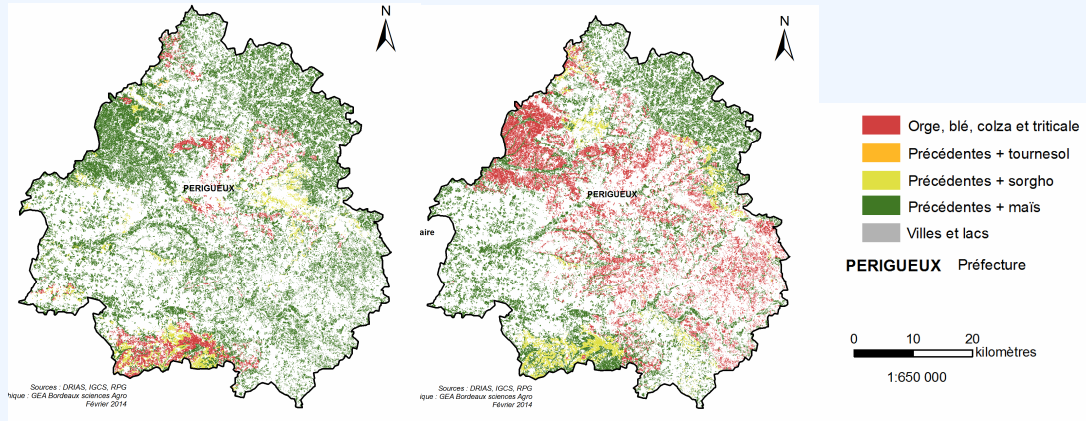
#### FUTUR



## Scénario intermédiaire

ACTUEL

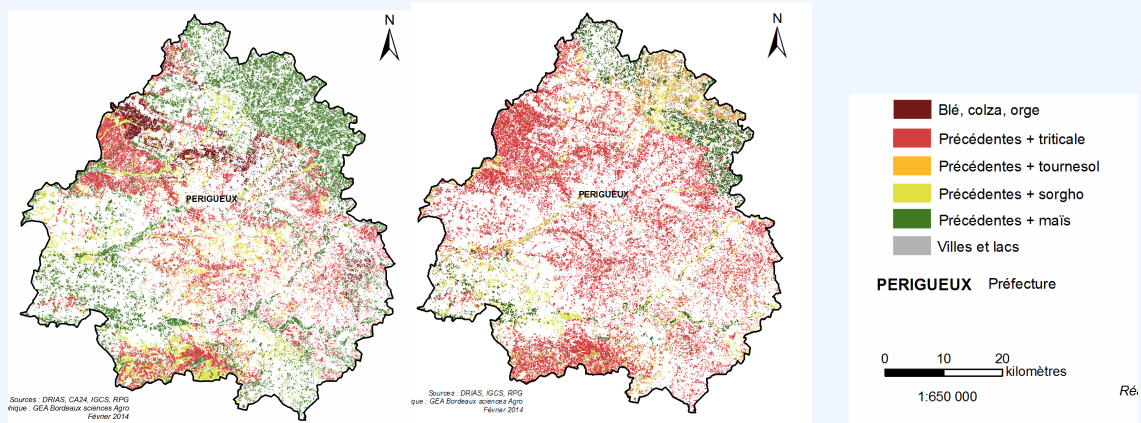
FUTUR



## Scénario sec

ACTUEL

FUTUR



Dans le cadre d'optimisation en scénario sec à l'horizon 2050, le maïs, culture la plus exigeante en eau, n'aurait un rendement convenable ou optimal que dans les marges du bassin de Brive, le nord du Nontronnais et la vallée de la Dordogne, en vert sur la carte. Dans ces zones nous considérons que toutes les autres cultures, moins exigeantes, seraient également possibles. Elles totalisent environ 10 % de la surface des îlots.



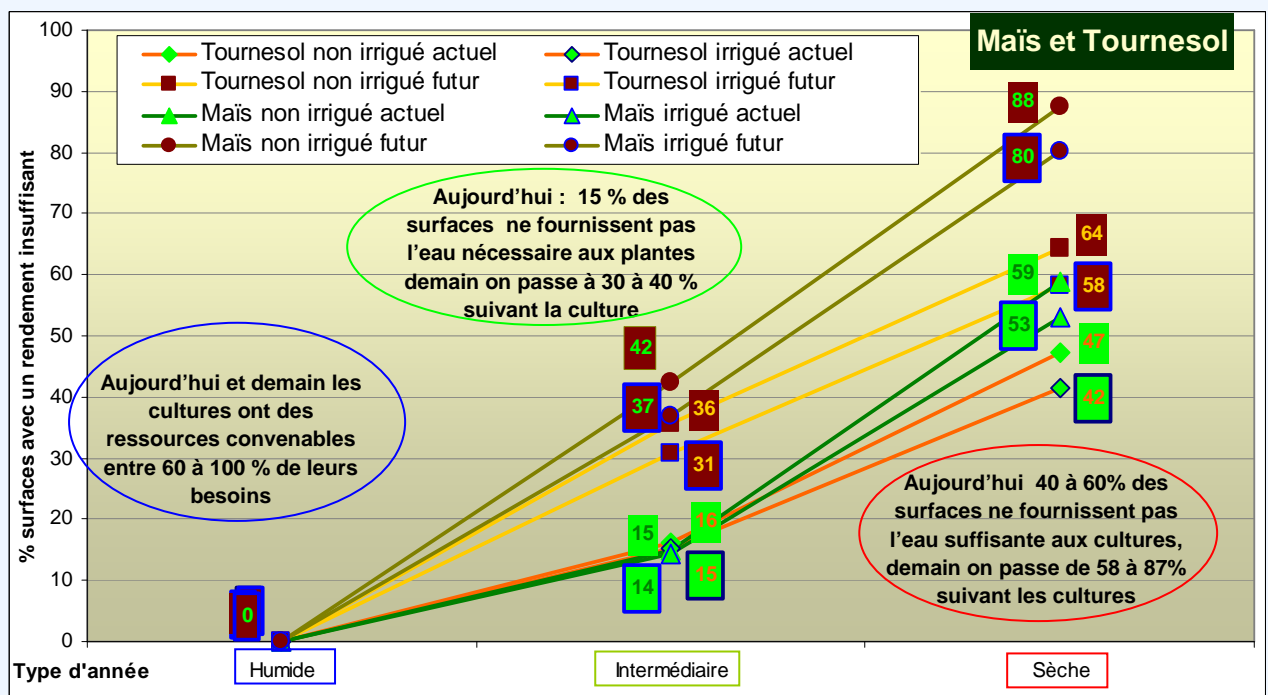
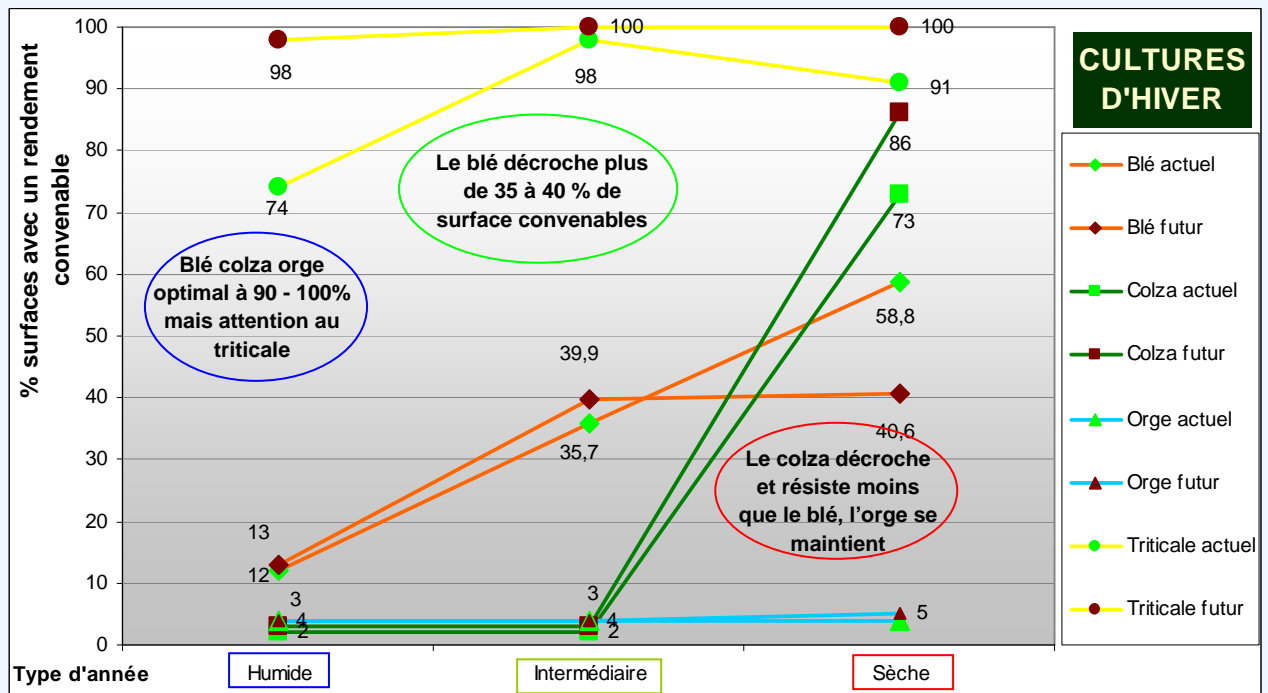
Dans les zones en jaune, principalement les vallées de la Vézère et de l'Isle, la culture la plus exigeante en eau qui semble cultivable est le sorgho. Les cultures d'hiver et le tournesol y seraient également adaptés, puisque leur rendement est au minimum convenable. Ces zones représentent moins de 10% de la surface des îlots cultivés.

Dans les zones en orange, seules les cultures d'hiver et le tournesol seraient préconisés. Ces zones sont situées dans le Périgord cristallin. Dans les zones en rouge, principalement le Ribéracois et le Bergeracois, régions de grandes cultures, mais également le Périgord Central et le Sarladais, seules les cultures d'hiver seraient possibles. Ces zones occupent plus de 60% des îlots cultivés.

Lorsque nous comparons la carte d'optimisation agronomique à l'horizon 2050 avec la carte d'optimisation actuelle pour le même scénario, nous constatons une dégradation globale de la situation. Par exemple dans le Nontronnais, la culture de maïs semble adaptée aux ressources hydriques actuelles ; or dans la partie centrale de cette région, la seule culture d'été préconisée à l'horizon 2050 serait le tournesol. Nous observons les mêmes tendances sur les vallées de l'Isle et de la Vézère où le maïs ne semblerait plus adapté dans les décennies à venir. Enfin, les surfaces où seules les cultures d'hiver sont préconisées s'étendraient, en particulier, dans la Double et la Bessède.



## EVOLUTION DES SURFACES A RENDEMENT CONVENABLE ET INSUFFISANT A L'HEURE ACTUELLE ET DANS LE FUTUR



**Rappel :**

**Rendement insuffisant** = Pourcentage de couverture des besoins en eau inférieur à 60 %

**Rendement convenable** = Pourcentage de couverture des besoins en eau entre 60 et 100 %.





## CONCLUSION GENERALE

Notons que les cultures d'hiver sembleraient mieux adaptées à l'horizon 2050. Le triticale, peu cultivé dans le nord du Ribéracois actuellement, est préconisé dans l'ensemble du département à l'horizon 2050. Ceci peut s'expliquer par une augmentation des précipitations futures en hiver, période qui correspond à la plus forte demande en eau pour les cultures de blé, colza, orge et tournesol.

Globalement, pour tous les scenarii à l'horizon 2050, les cultures de printemps et d'été seraient préconisées dans les zones où l'offre en eau est la plus importante (Nontronnais et marges du bassin de Brive notamment). Inversement, dans les régions où la RU est faible (Ribéracois, Est du Périgord Central, Sarladais) ou pour lesquelles les précipitations sont moins abondantes (Bergeracois), seules les cultures d'hivers semblent adaptées.

### 5.6 / Optimisation économique de l'assolement départemental : perte potentielle de 3 à 12% de la marge brute

Pour essayer d'optimiser l'assolement de façon économique à l'horizon 2050, nous cherchons à maximiser la marge brute totale des cultures étudiées sur une zone géographique donnée (secteur hydrographique). Nous utilisons le solveur d'Excel, disponible sur Internet (<http://www.solver.com/>) qui est un outil d'optimisation sous contrainte linéaire. La valeur de Marge Brute que nous souhaitons maximiser, la Marge Brute totale ( $MB_{totale}$ ), correspond à la somme, sur un territoire, des Marges Brutes par culture ( $MB/ha_{culture}$ ) :

Les références économiques sont les valeurs moyennes de marges brutes à l'hectare en Dordogne en 2012 (rendement convenable)

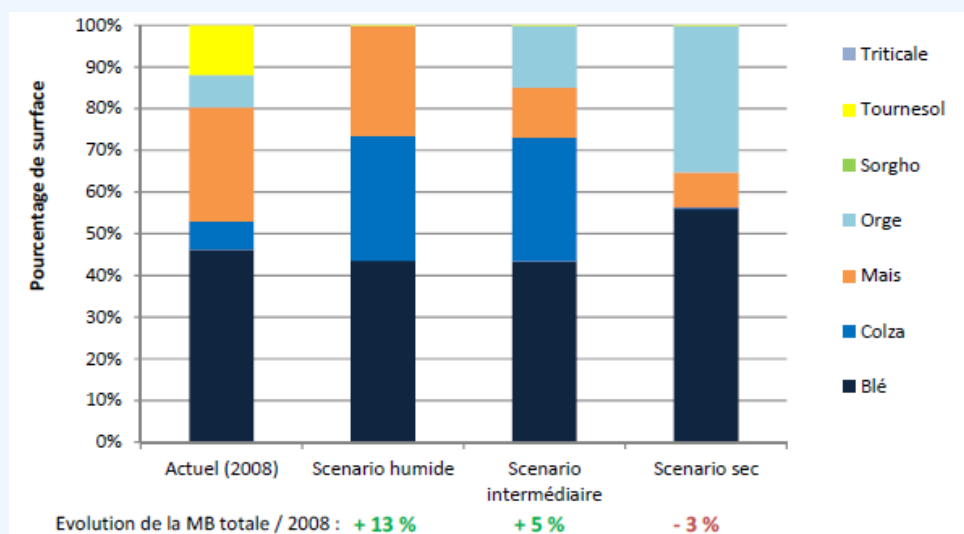
Cultures	Marge brute (€/ha)	Cultures	Marge brute (€/ha)
<b>Maïs</b>	526	<b>Orge d'hiver</b>	301
<b>Colza d'hiver</b>	421	<b>Triticale</b>	250
<b>Blé d'hiver</b>	415	<b>Sorgho</b>	167
<b>Tournesol</b>		348	

Source : GEA Bordeaux Sciences Agro 2014

L'optimisation économique de l'assolement à l'horizon 2050 préconise les trois cultures les plus rentables à chaque fois que cela est possible : le maïs, le colza et le blé. Les surfaces de ces cultures sont cependant limitées : le maïs par le volume d'irrigation autorisé et le colza par la valeur seuil de 30 % imposée. Ainsi, en scénario humide, la marge brute totale est supérieure à celle de l'assolement de 2008.

### 5.6.1/ Secteur du Bergeracois : une situation assez stable

L'optimisation économique de l'assolement dans le secteur hydrographique du Bergeracois aboutit à une augmentation assez nette de la **marge brute totale en scénario humide (+13 %)**, par rapport à la marge brute totale de référence en 2008. Cela est probablement dû au **maintien du maïs et à l'augmentation de l'assolement en colza**, cultures les plus rentables. La situation est relativement similaire en scénario intermédiaire, avec une augmentation moins forte de la marge brute. Cela est probablement dû à la progression de l'orge (15 % de la surface totale des îlots cultivés), culture moins rentable que le maïs et le colza, mais moins exigeante en eau. **En scénario sec, la diminution de la surface en maïs est plus marquée (8 % de la surface totale)**, tandis que l'orge et le blé progressent (respectivement 35 % et 55 %). Cela explique une diminution de la marge brute totale par rapport à celle de 2008.



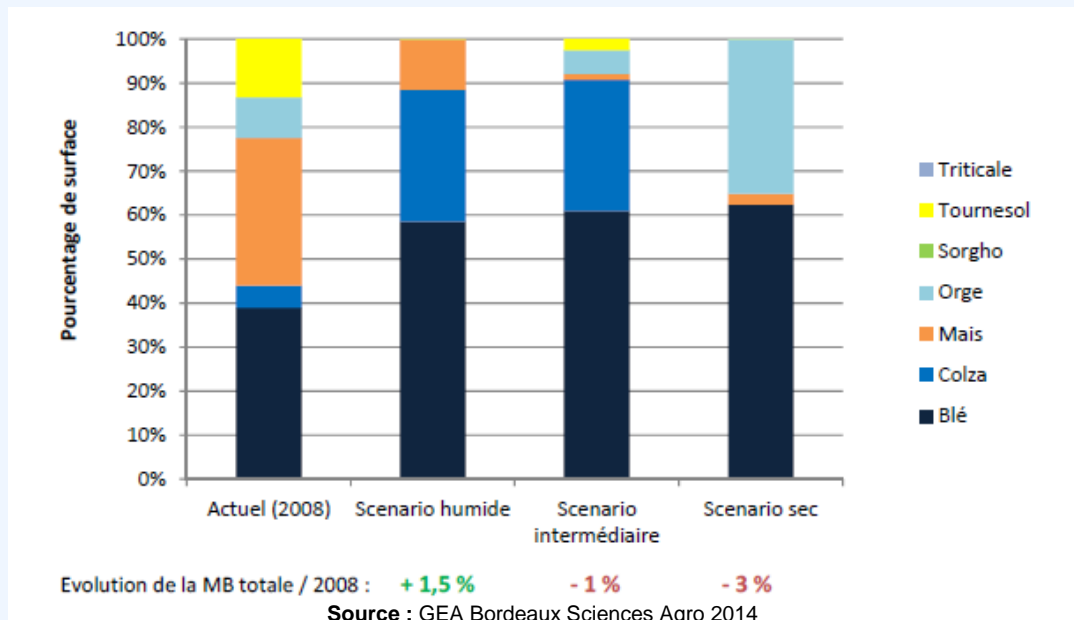
Source : GEA Bordeaux Sciences Agro 2014

### 5.6.2 / Secteur du Ribéracois : une situation stable

Pour le secteur hydrographique du Ribéracois, la marge brute totale est très légèrement supérieure en scénario humide, par rapport à celle de 2008. Ceci s'explique par la diminution de la surface en tournesol et en orge au profit du colza (30 % de la surface totale des îlots cultivés). **En scénario intermédiaire, le recul du maïs induit une légère diminution de la marge brute totale. En scénario sec, le recul du maïs est d'autant**

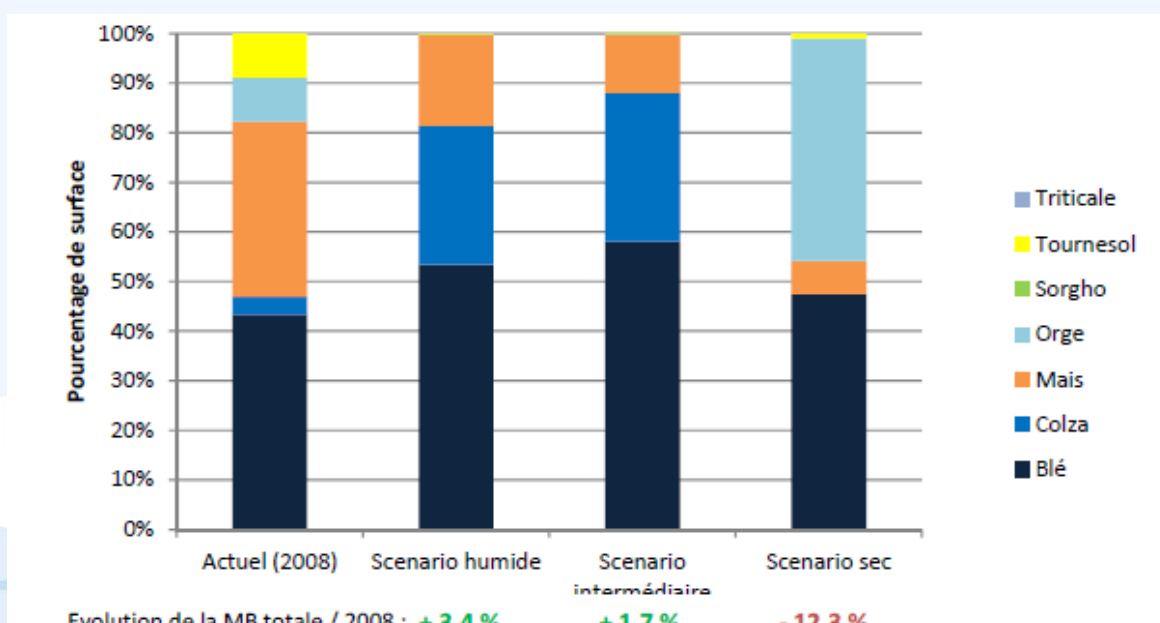


plus marqué et est couplé à **une progression de l'orge**. Le colza, qui est pourtant plus rentable que l'orge, n'est pas ici préconisé. En effet, il est plus exigeant en eau, alors que les ressources hydriques sont moindres en scénario sec. **La marge brute totale diminue ainsi de 3 %** par rapport à celle de 2008.



### 5.6.3 / Secteur de la vallée de la Vézère : de grosses pertes en année sèche

Dans le secteur de la Vallée de la Vézère, la marge brute totale est légèrement supérieure en scénarii humide et intermédiaire, par rapport à celle de 2008. Malgré le recul du maïs (culture la plus rentable), le blé et le colza, qui génèrent une marge brute à l'hectare élevée, progressent. **En scénario sec, la marge brute totale diminue de plus de 12 %**, pour les mêmes raisons que pour les autres secteurs étudiés.



## CONCLUSION GENERALE

Lorsque c'est possible, l'optimisation économique de l'assolement à l'horizon 2050 préconise les cultures les plus rentables : le maïs, le colza et le blé. Les surfaces de ces cultures sont cependant limitées : le maïs par le volume d'irrigation autorisé et le colza par la valeur seuil de 30 % imposée.

Dans l'**hypothèse intermédiaire**, l'offre en eau diminue. Les surfaces en maïs ont donc tendance à diminuer tandis que la culture d'orge progresse. En effet, même si cette culture est moins rentable que le maïs, elle est moins exigeante en eau. Ainsi, **la marge brute totale** des cultures **semble se maintenir** pour ce scénario.

**En scénario sec, l'orge représente désormais plus d'un tiers de la surface** au détriment du maïs et du colza. En effet, ces deux cultures sont les plus exigeantes en eau proposées jusqu'à présent. Ceci induit une **diminution nette** de la **marge brute totale** des cultures de **3% à plus de 12%** suivant les zones. Ainsi, lorsqu'on chiffre cette **perte** de marge brute en euros c'est de **3,4 millions à 12 millions d'euros par an**. On peut résumer cette perte à **1 million d'euros à chaque pourcent perdu**.

En raison de leur faible marge brute (inférieure à 300 €/ha), l'optimisation économique de l'assolement ne propose jamais de sorgho et de triticales. Le tournesol n'est que rarement proposé car, tout comme le maïs, il est limité par le volume d'irrigation autorisé, mais a une marge brute inférieure.

## 5.7 / Discussions

Cette partie prospective intègre des données de scénarios climatiques du GIEC à l'horizon 2050. Le bilan hydrique réalisé montre deux tendances principales.

La tentative d'optimisation agronomique confirme une inadéquation de plus en plus forte des cultures de printemps et d'été dans l'avenir, même lors d'années climatiques intermédiaires (et *a fortiori* sèches) en particulier dans les régions de grandes cultures (Ribéracois et Bergeracois)

D'un point de vue économique, si les marges brutes restaient constantes, ces changements se traduiraient par des diminutions importantes essentiellement en scénario sec.

Tous ces résultats sont à prendre avec précaution car la méthode utilisée comporte de nombreuses limites dont l'impossibilité d'avoir une vision futur des marchés, le soucis des rotations au niveau sanitaire et ravageur et surtout de ne pas pouvoir anticiper le fait d'être dans une année à profil humide ou sec.

Cette étude comporte un certain nombre de limites qui influencent la méthodologie et les résultats obtenus. Ces limites concernent principalement la représentativité de certaines données (base de données pédologiques), leur variabilité (choix des coefficients cultureux, manque de



point de mesures météorologiques), et leur relatif manque d'actualité (RPG de 2008).

A ces limites s'en rajoutent d'autres, d'ordre méthodologique, liées au calcul de la RU, au zonage climatique, au facteur agronomique (teneur en eau, nature des éléments grossiers, épaisseur du sol...), aux valeurs de marges brutes utilisées.

### **Limites liées aux données pédologiques**

***Le système d'information des sols de Dordogne est en cours de correction***

***Il y a des approximations lors du calcul de la Réserve Utile***

- ***La teneur en eau volumique (formule de BRUAND liée aux sols de Beauce)***
- ***La nature des éléments grossiers (eaux possibles pour 5% unités topographiques)***
- ***L'épaisseur du sol (limité à 120cm alors que les enracinements peuvent parfois dépasser)***
- ***Pas de prise en compte des remontées capillaires (permet parfois l'économie d'un tour d'eau, notamment vrai en Ribéracois)***

### **Limites liées aux données climatiques**

- ***Lors de la réalisation du zonage climatique (Réseau DRIAS approximatif)***
- ***Lors de la caractérisation du climat de chaque zone (densité et spatialisation des données météo)***

### **Limites liées au facteur agronomique**

***Un modèle de bilan hydrique sensible au choix des coefficients culturaux***

- ***Des coefficients variables selon les sources de données qui pèsent sur les résultats (STICS)***
- ***Un choix de coefficients culturaux mensuels***



***Le seuil de faisabilité des cultures à 60% de couverture des besoins en eau (taux qui peut varier en fonction de la culture)***

### **Limites liées à l'optimisation économique**

***Les données utilisées (les prix sont très volatils eb grandes cultures et les charges liées à l'irrigation très variables)***

***Les capacités limitées de calcul du solveur qui a obligé à une analyse par secteur***

## **6-/ Perspectives d'avenir**

Même s'il s'agit du troisième travail de ce type, le changement d'échelle et les multiples paramètres à intégrer incitent à considérer ce travail comme une approche exploratoire quant aux impacts prévisionnels du changement climatique sur les ressources en eau pour l'agriculture dans le département de la Dordogne. Lors de nos travaux, nous avons réalisé différentes approximations liées à des données non disponibles ou non actualisées et à une nécessité de simplifier le modèle à l'échelle départementale. Les résultats présentés doivent donc être pris avec précaution.

Cependant, plusieurs pistes peuvent permettre d'affiner et ainsi d'améliorer la fiabilité des résultats présentés. Plusieurs perspectives peuvent être formulées :

- des perspectives d'actualisation des résultats en utilisant de nouvelles données (plus fiables, plus récentes ...)
- des perspectives d'amélioration du modèle de bilan hydrique, des tentatives d'optimisation agronomiques et économiques.

Plusieurs voies d'actualisation peuvent être envisagées, par ordre de faisabilité:

- les données pédologiques du Référentiel Régional Pédologique de Dordogne seront définitivement validées à la fin de l'année 2014. Une actualisation de ces données permettrait de consolider le calcul de Réserve Utile et ainsi le bilan hydrique.
- notre partie prospective considère uniquement le scénario modéré du GIEC en termes d'émissions de gaz à effet de serre, mais cette démarche pourrait être reconduite à l'identique pour les scénarii optimiste ou pessimiste.
- l'optimisation économique de l'assolement dépend très nettement des marges brutes actuelles de chaque culture. Nous avons travaillé à partir de valeurs moyennes qui ne reflètent pas la variabilité temporelle. Il semblerait judicieux d'actualiser l'optimisation économique en utilisant des fourchettes de valeurs (minimales et maximales) pour les marges

brutes ce qui permettrait d'obtenir des conclusions moins catégoriques sur la répartition des cultures.

- la faisabilité des cultures à l'horizon 2050 repose en grande partie sur les scénarii actuels d'évolution du climat du GIEC. Ces modèles seront à réactualiser au fur et à mesure de la publication de nouveaux scénarii.

### **Perspectives d'amélioration du calcul du bilan hydrique**

- Contrairement aux études précédentes, nous avons essayé de prendre en compte les prairies dans la modélisation du bilan hydrique, mais nous ne sommes pas parvenus à trouver des paramètres satisfaisants pour pouvoir les comparer aux céréales et aux cultures oléagineuses. Améliorer la prise en compte des prairies dans le modèle, via un travail spécifique centré uniquement sur ce type de cultures, nous semble être une perspective intéressante. Ce travail permettrait ainsi d'intégrer les prairies dans les essais d'optimisation économiques et agronomiques via une démarche spécifique.
- Elargir le travail à d'autres cultures ou variétés adaptées aux contraintes climatiques des prochaines années serait une piste intéressante.
- Améliorer la variabilité des coefficients culturaux (décadaire) pour s'approcher davantage de la réalité, notamment en période de fauche ;
- Tenir compte d'autres facteurs, notamment physico-chimiques (pH, taux de matière organique, quantité de cations...) pour améliorer l'optimisation agronomique (qui ne tient compte que de la ressource en eau).
- Tester d'autres outils d'optimisations sous contraintes plus puissants que le solveur Excel, afin de travailler l'optimisation économique sur tout le département et augmenter le nombre de paramètres. Le logiciel R possède des modules qui semblent adaptés ...

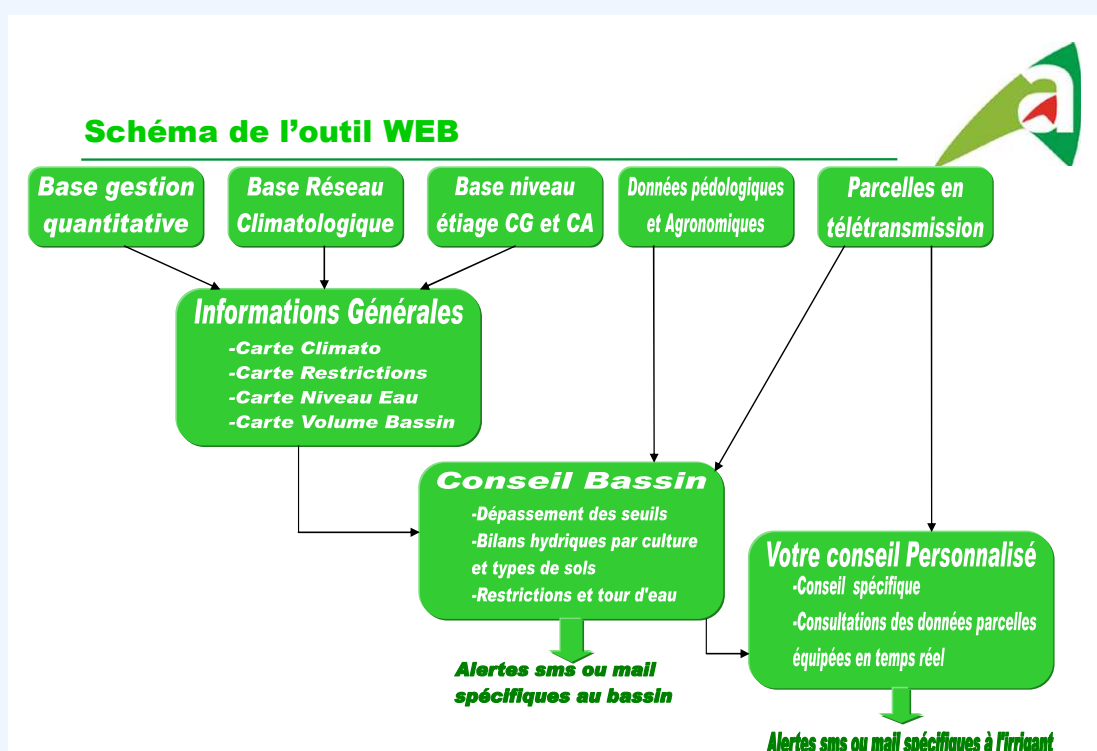


## 7- Outil de suivi et d'information

Nous avons développé une méthode et un outil de stockage des données climatologiques permettant l'utilisation de modèles agronomiques (maladies, hydriques, ravageurs ....) qui nous permet aujourd'hui d'intégrer toutes les informations relatives aux besoins de la gestion de l'eau et de la connaissance de notre climat.

Cet outil est structuré de façon à pouvoir récupérer le maximum d'informations en temps réel et de les coupler aux données préalablement fournies par les différentes analyses. Cela nous permet une gestion cartographique et une mise à disposition de l'information ciblée suivant les utilisateurs.

Le logiciel intègre les différents types de stations météorologiques et agrométéorologiques présentes sur notre territoire afin de pouvoir ensuite affecter les données par SIG sur les différents bassins et sous bassins hydrologiques. Nous pouvons donc coupler ces données à la carte départementale des Réserves Utiles pour obtenir un suivi général de l'état hydrique des différents secteurs.



Création de l'Interface d'entrée sur le site CA et Adaptaclima

Liens : <http://www.dordogne.chambagri.fr/territoire-et-environnement/changements-climatiques.html> et <http://www.adaptaclima.eu/fr/>



## Page d'accueil :

Sur la page des informations générales nous communiquerons sur la base départementale au niveau des données climatiques comme la pluviométrie, les températures, les évènements ponctuels, sur les restrictions, les niveaux d'eau des axes principaux et les volumes sur chaque bassin principaux . Ces données sont publiées sous forme de graphes, de tableaux ou de cartographies.

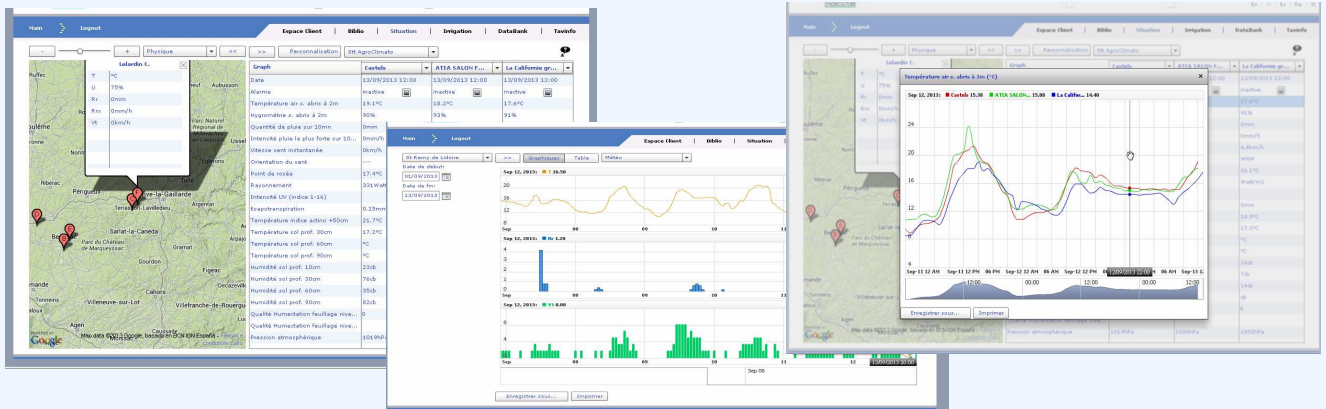
## Page Informations bassin :

Cette page permet de rentrer plus en détail sur chaque bassin et sous bassin afin d'y retrouver les dépassement de seuils, les restrictions, les tours d'eau et les bilans hydriques par culture et sol.

**Page Conseil irrigation :**

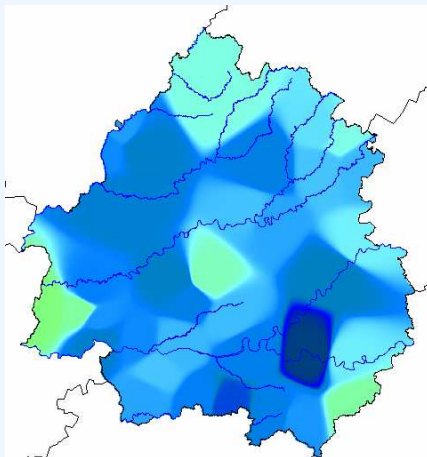
La page conseil d'irrigation est une information personnalisée à l'exploitation et à la parcelle grâce à la mise en place des systèmes par télétransmission des données en temps réel.

Affichage du suivi par parcelles sur le site :

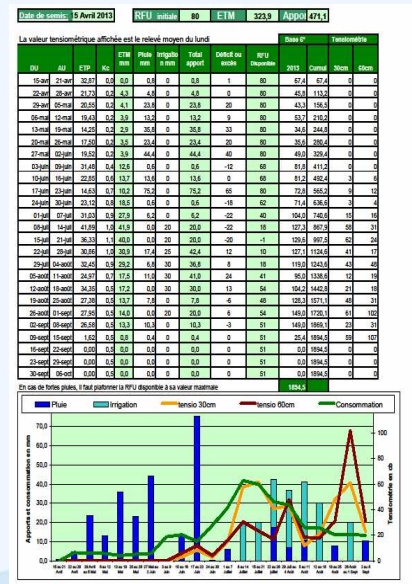


Exemples d'affichage :

Bilan Hydrique Août 2014



Suivi parcelle télétransmise



Afin d'alimenter cette base, nous avons réalisé un inventaire sur la connaissance des capteurs climatiques et agronomiques ainsi que sur le transfert et la mise à disposition des données. Cette partie couplée à la



capitalisation du projet télerrig a permis d'orienter le choix du type de station agroclimatique.



## Outils d'alerte automatisés

L'outil permet à l'utilisateur d'affiner le bilan hydrique de son sous bassin par les données spécifiques à sa parcelle et aux relevés télétransmis. Il pourra également réaliser en ligne la saisie des irrigations réalisées en mm et sur le pas de temps horaire.

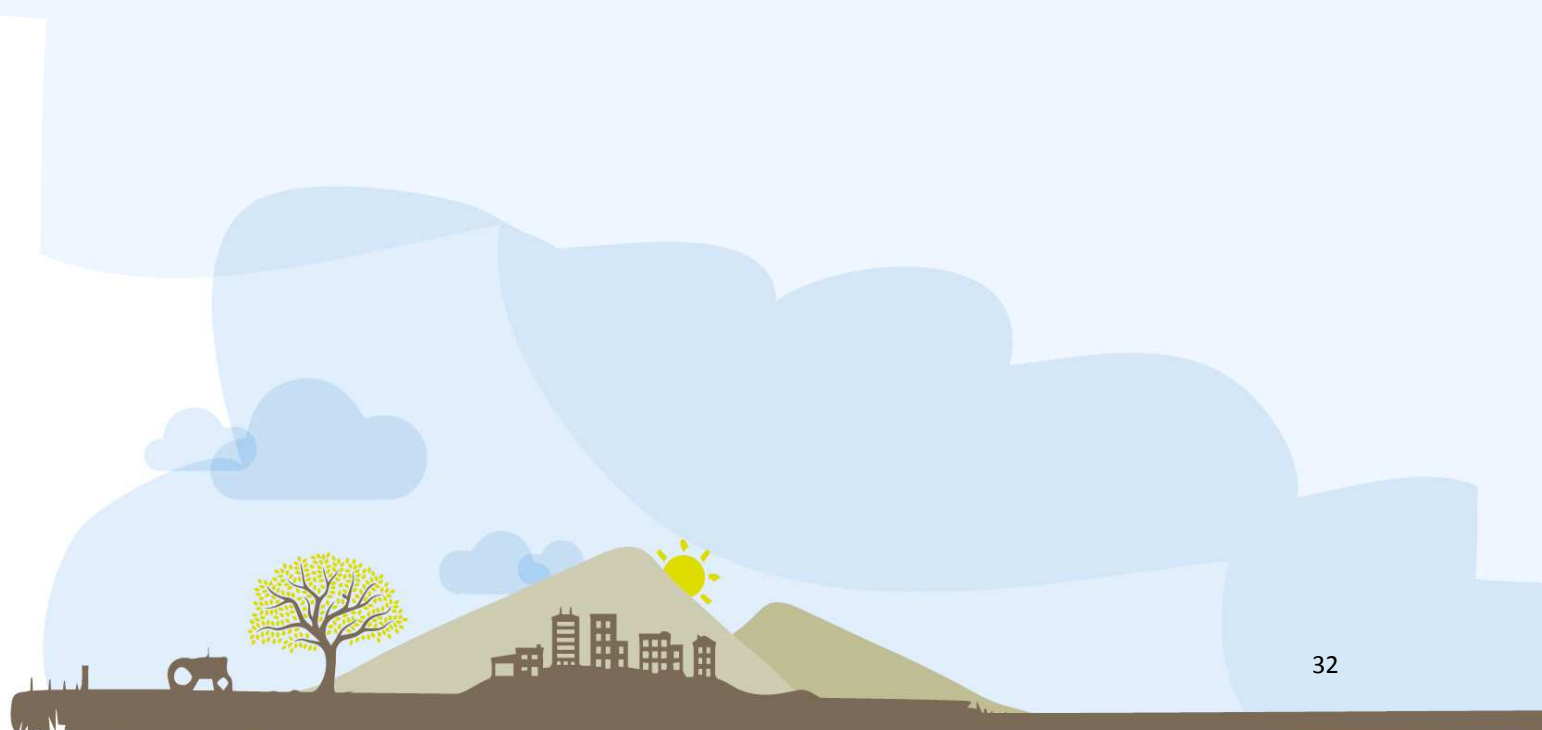
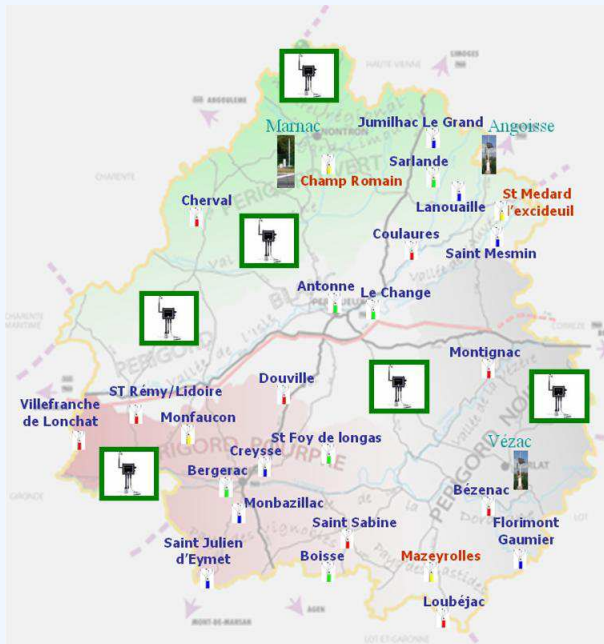
The screenshot shows a web interface for parcel management. At the top, there are tabs for 'Physique', 'Sol', 'Amendement', 'Traitement', 'Irrigation', 'Rendement', 'Analyse apport', 'Maturité', and 'Phénologie'. The 'Analyse apport' tab is selected. Below the tabs, there are several input fields for parcel information: 'Parcelle', 'Surface', 'Longueur', 'Largeur', 'Nature', 'Orientation', 'Drainage', 'Type Sol', and 'Topographie'. A section titled 'Variété de maïs' contains a dropdown menu. Below that, a 'Bassin Hydro' section has fields for 'Type de relevé tensiométrie', 'Profondeur du tensio horizon superficiel', and 'Profondeur du tensio horizon profond'. To the right, there is a table with columns for 'Date de semis', 'RFU départ', and 'Total apport an'. A 'Réf Station' field is at the bottom right.

## Module de saisi à la parcelle sur interface WEB

L'installation de la station ago-climatique spécifique Adaptaclima comprend un capteur de Température et d'humidité de l'air, un niveau d'eau, la capacité du sol en eau, un pluviomètre automatique, 2 profondeurs capteur tensiométrique et Transmission par GPRS en temps réel. Ce système permet l'envoi direct d'alerte sms ou mail après avoir défini et paramétré les



seuils (ex : si tensiométrie supérieur à 45 cb envoyer sms avec la valeur des 10 dernières minutes)



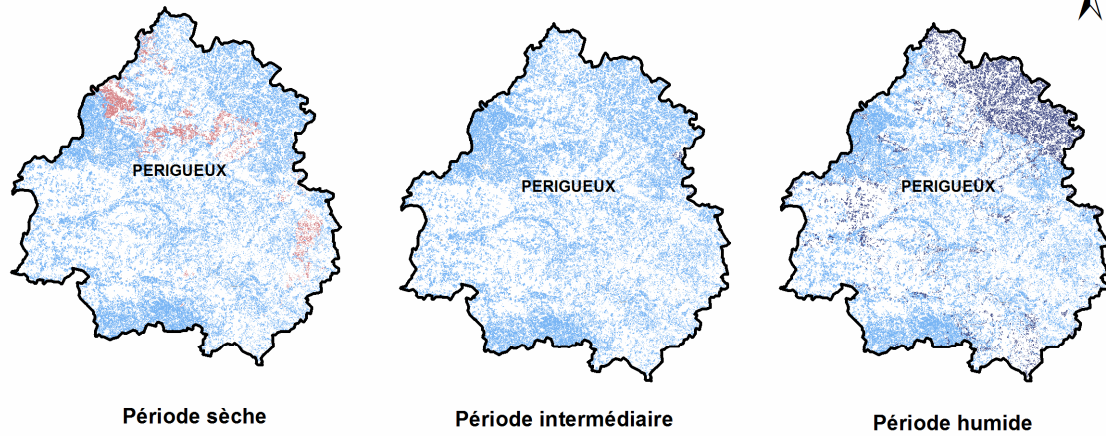
# ANNEXES



## ANNEXE 1

### Cartes du bilan hydrique actuel:

#### TRITICALE

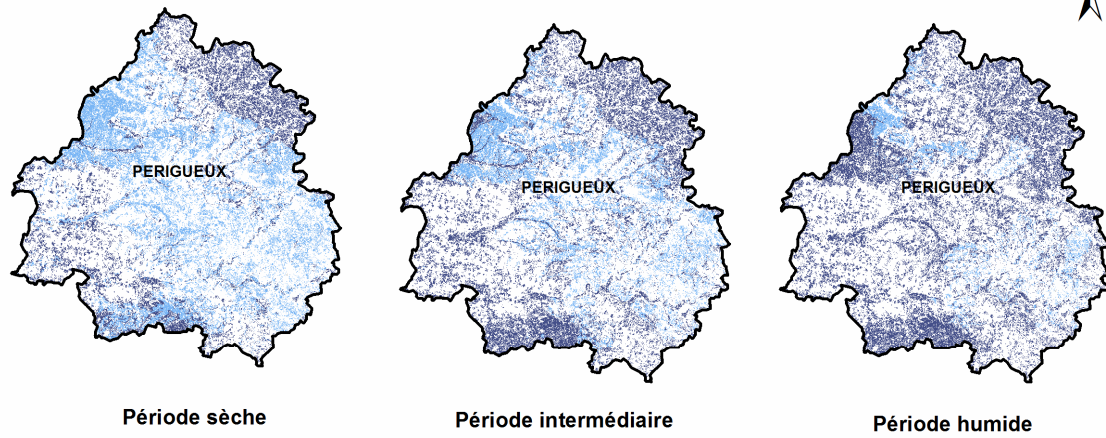


##### Couverture des besoins en eau du triticale

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

#### BLE

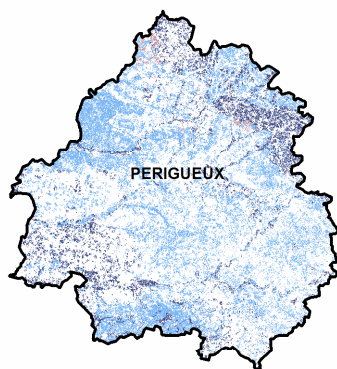


##### Couverture des besoins en eau du blé

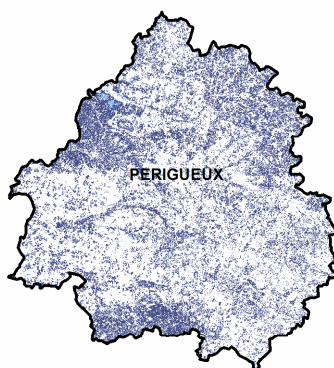
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

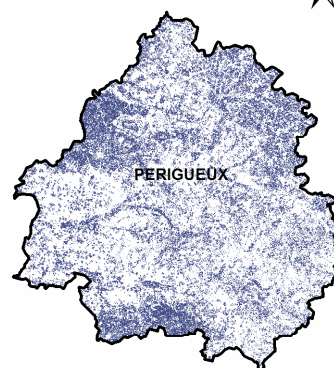
## COLZA



Période sèche



Période intermédiaire



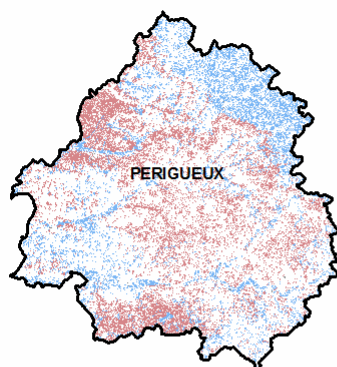
Période humide

### Couverture des besoins en eau du colza

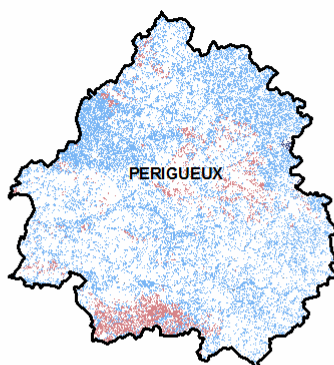
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

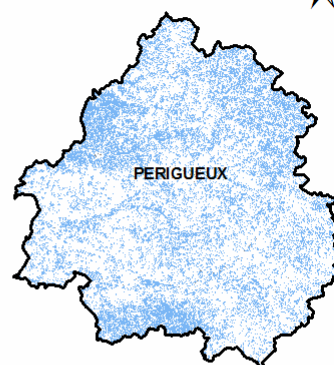
## MAÏS (avant irrigation)



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

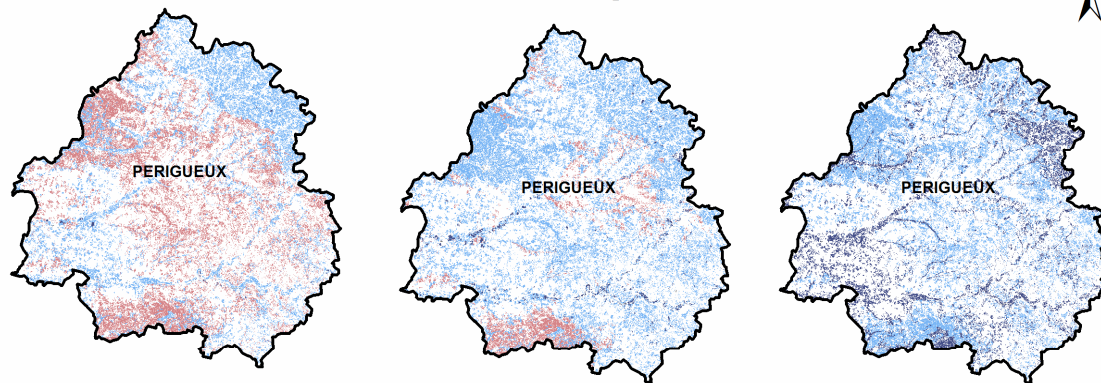
### Couverture des besoins en eau du maïs

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014



## MAÏS (après irrigation)



Période sèche

Période intermédiaire

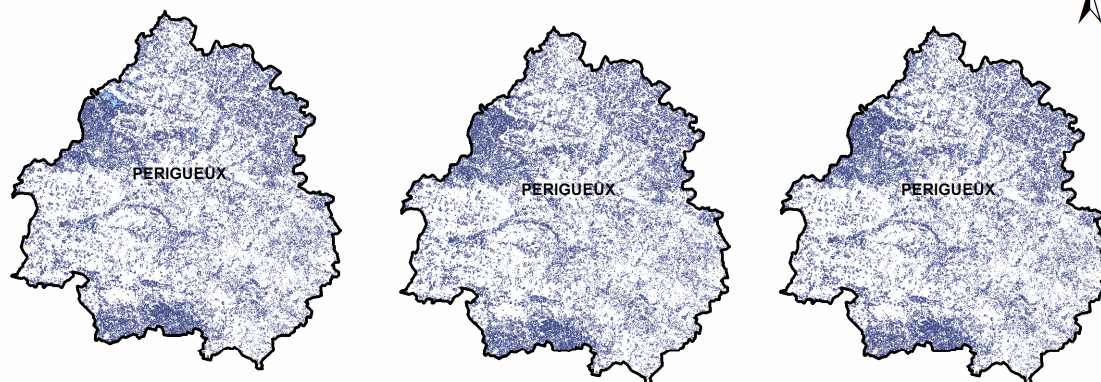
Période humide

### Couverture des besoins en eau du maïs

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## ORGE



Période sèche

Période intermédiaire

Période humide

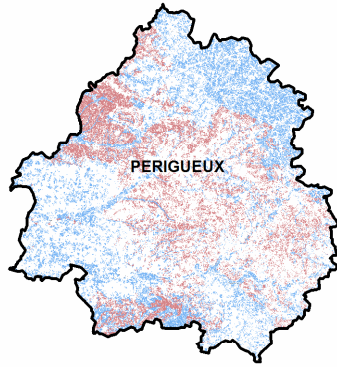
### Couverture des besoins en eau de l'orge

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

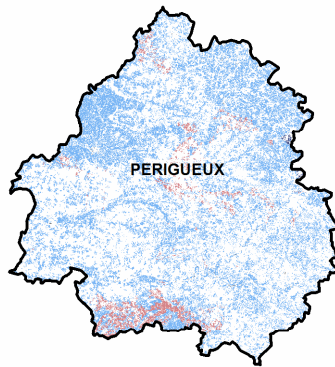
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014



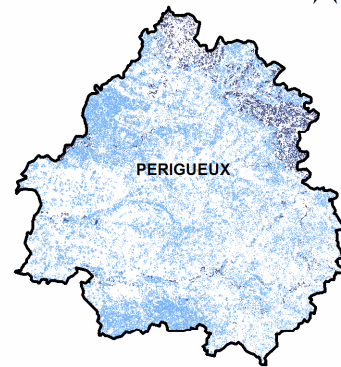
## PRAIRIE PERMANENTE (période estivale)



Période sèche








Période intermédiaire



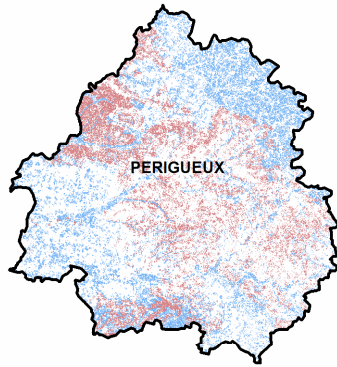
Période humide

### Couverture des besoins en eau des prairies permanentes

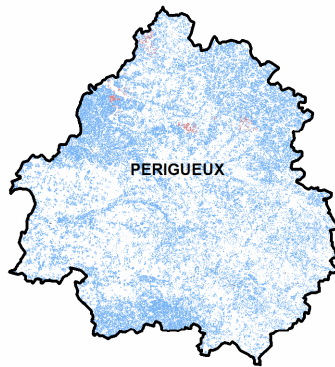
-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

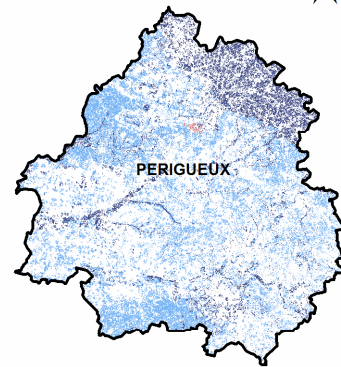
## PRAIRIE PERMANENTE (période hivernale)



Période sèche








Période intermédiaire



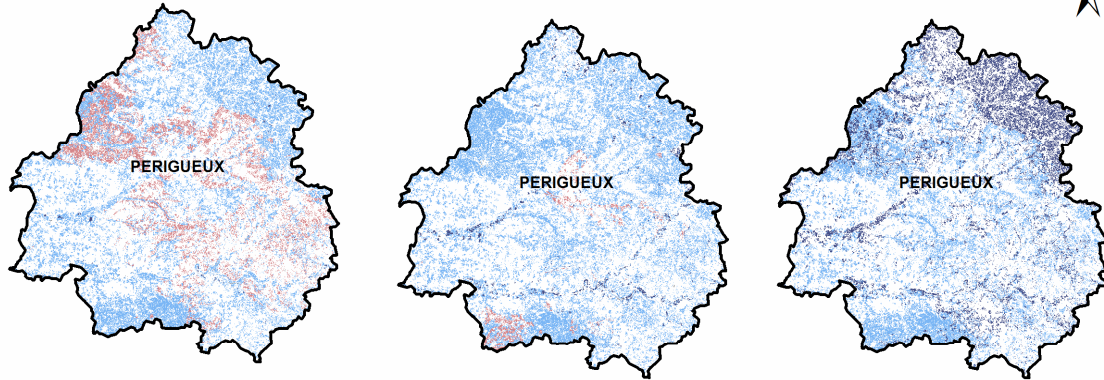
Période humide

### Couverture des besoins en eau des prairies permanentes

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## PRAIRIE TEMPORAIRE (après irrigation)



Période sèche

Période intermédiaire

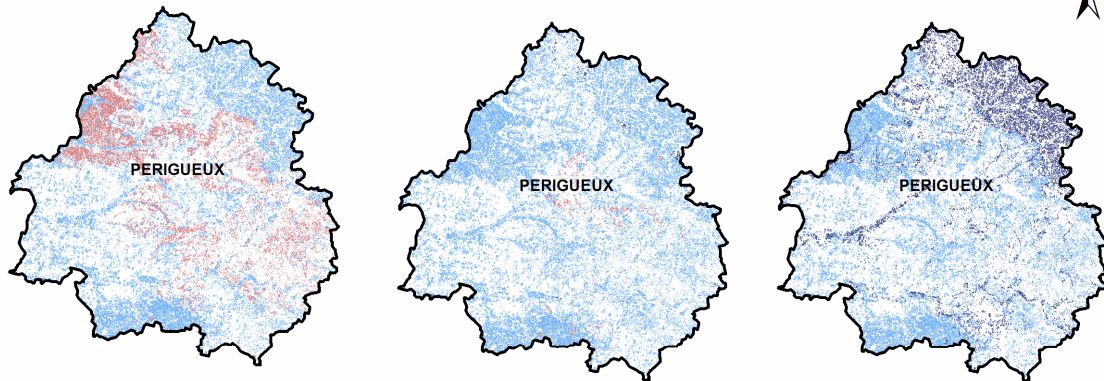
Période humide

### Couverture des besoins en eau des prairies temporaires

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014

## PRAIRIE TEMPORAIRE (avant irrigation)



Période sèche

Période intermédiaire

Période humide

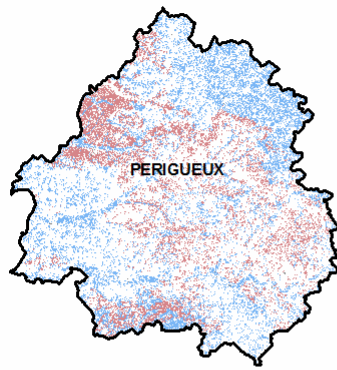
### Couverture des besoins en eau des prairies temporaires

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

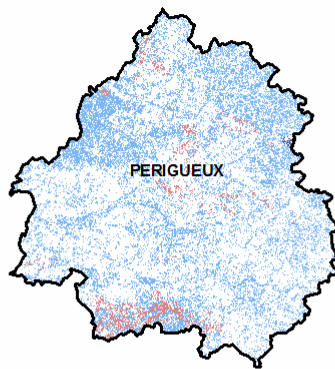
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014



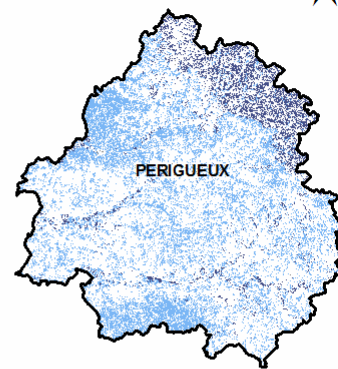
## SORGHO (avant irrigation)



Période sèche



Période intermédiaire



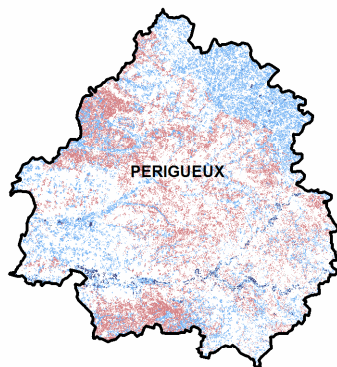
Période humide

### Couverture des besoins en eau du sorgho

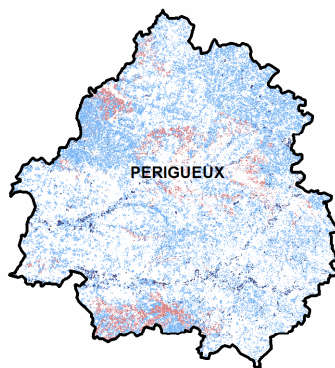
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

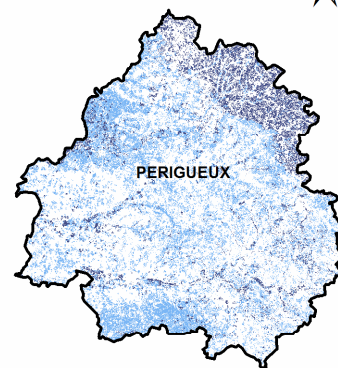
## SORGHO (après irrigation)



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

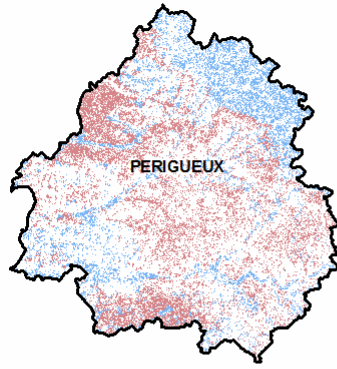
### Couverture des besoins en eau du sorgho

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

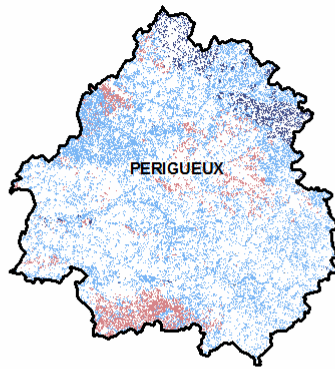
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014



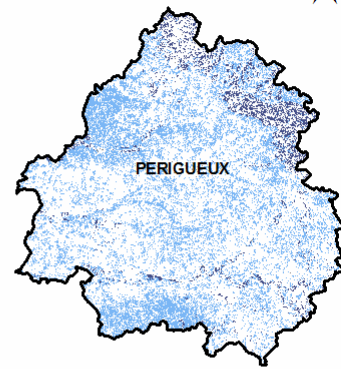
## TOURNESOL



Période sèche



Période intermédiaire



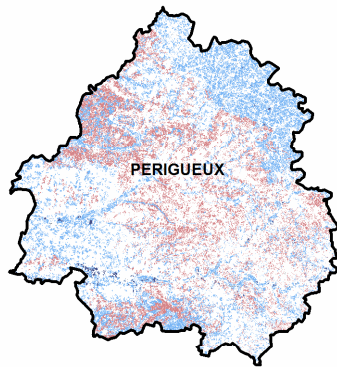
Période humide

### Couverture des besoins en eau du tournesol

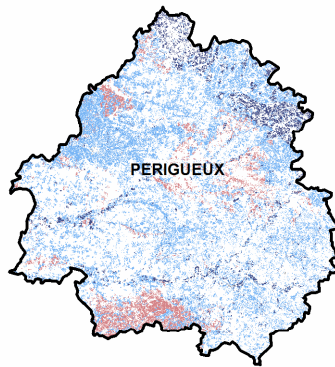
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014

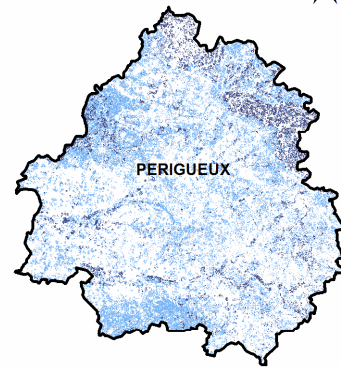
## TOURNESOL (après irrigation)



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

### Couverture des besoins en eau du tournesol

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

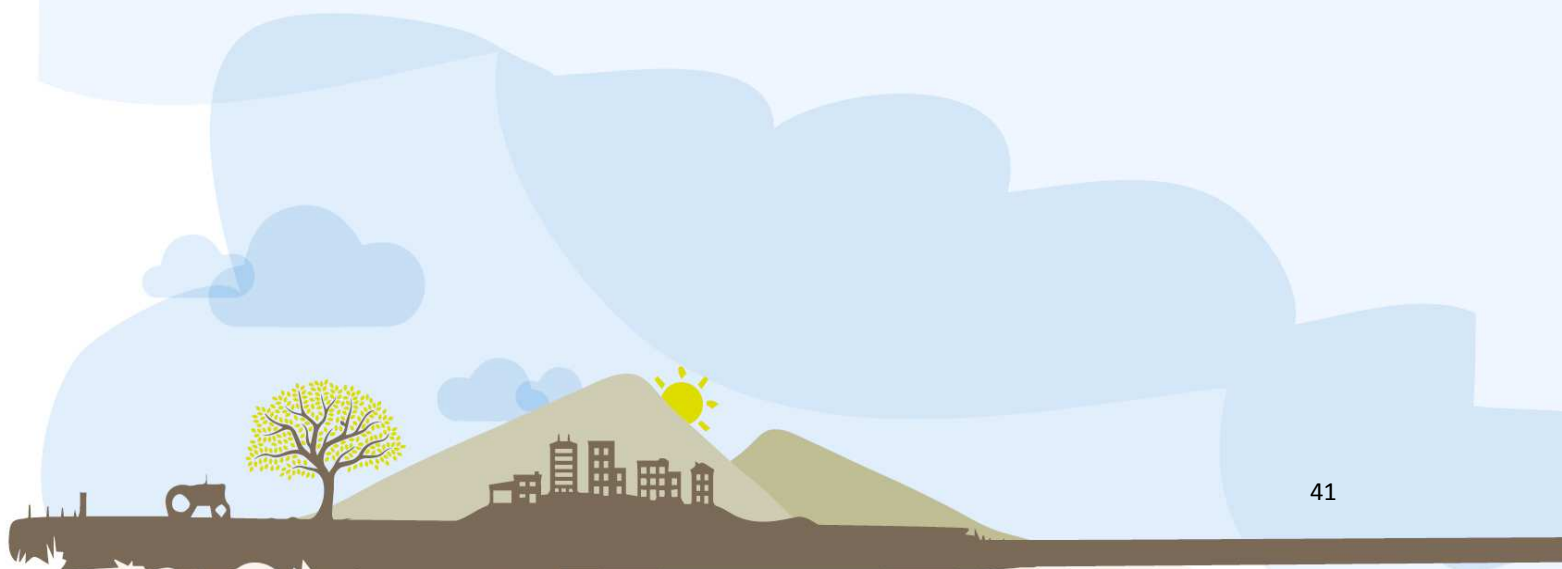
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014



## ANNEXE 2

Tableau : Synthèse du déficit hydrique des cultures (sans irrigation) à l'état actuel

	% d'îlots à rendement optimal, convenable ou insuffisant selon la couverture des besoins en eau de la culture		
Cultures	Scénario Humide	Scénario Intermédiaire	Scénario Sec
Maïs	100% Convenable	85% Convenable 15% Insuffisant	41% Convenable 59% Insuffisant
Sorgho	21% Optimal 79% Convenable	86% Convenable 14% Insuffisant	47% Convenable 53% Insuffisant
Tournesol	15% Optimal 85% Convenable	8% Optimal 76% Convenable 16% Insuffisant	53% Convenable 47% Insuffisant
Prairies permanentes	12 - 30% Optimal 70 - 87% Convenable	92 - 99% Convenable 1 - 8% Insuffisant	57% Convenable 43% Insuffisant
Prairies temporaires	68% Optimal 32% Convenable	1% Optimal 97% Convenable 2% Insuffisant	69% Convenable 31% Insuffisant
Triticale	26% Optimal 74% Convenable	100% Convenable	91% Convenable 9% Insuffisant
Colza	100% Optimal	99% Optimal 1% Convenable	26% Optimal 73% Convenable 1% Insuffisant
Blé	88% Optimal 12% Convenable	65% Optimal 35% Convenable	41% Optimal 59% Convenable
Orge	100% Optimal	100% Optimal	99% Optimal 1% Convenable

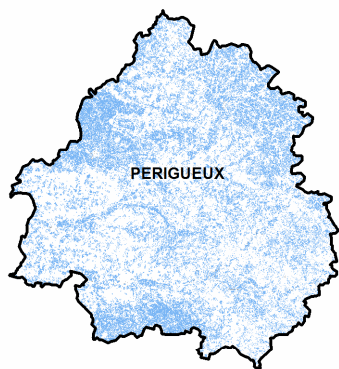




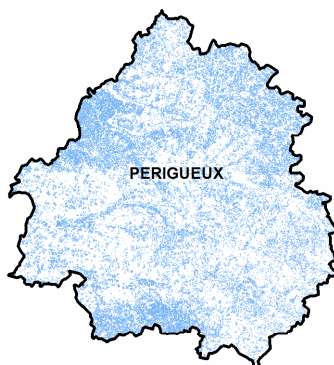
**ANNEXE 3**  
**Cartes du bilan hydrique horizon 2050:**

**Prospectives**

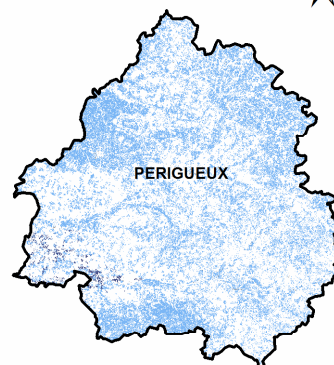
**TRITICALE**



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

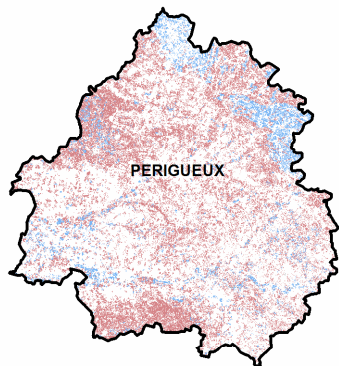
**Couverture des besoins en eau du triticale**

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

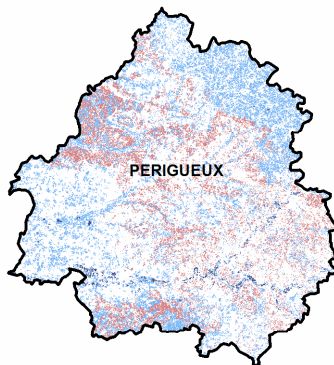
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014

**Prospectives**

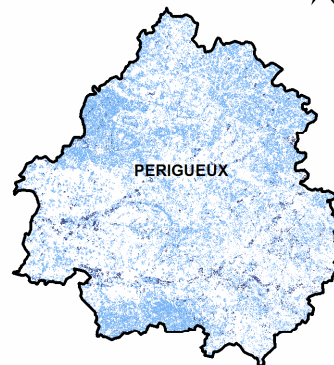
**MAÏS (après irrigation)**



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

**Couverture des besoins en eau du maïs**

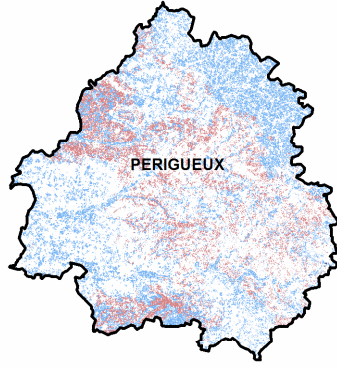
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
 Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
 Février 2014

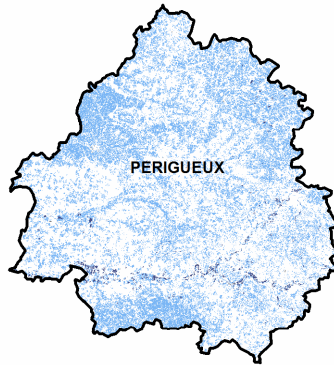


## Prospectives

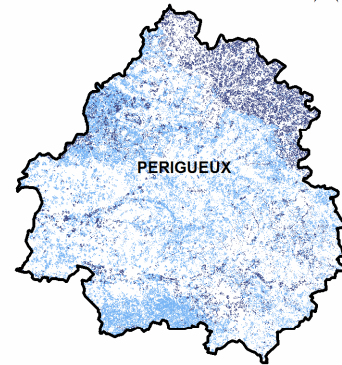
## PRAIRIE TEMPORAIRE (après irrigation)



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

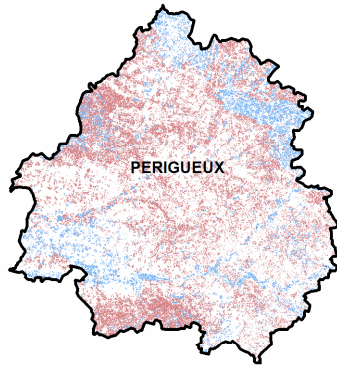
### Couverture des besoins en eau des prairies temporaires

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

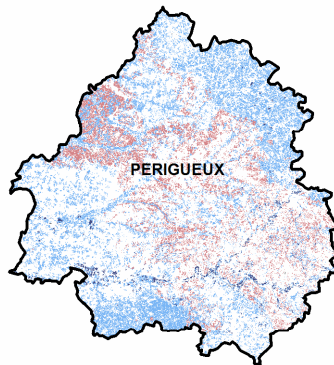
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

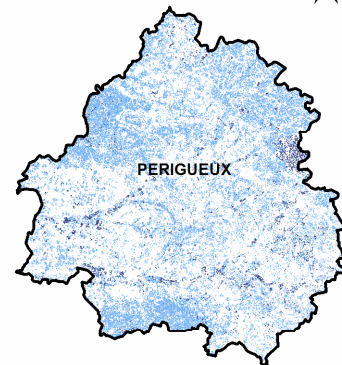
## SORGHO (après irrigation)



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

### Couverture des besoins en eau du sorgho

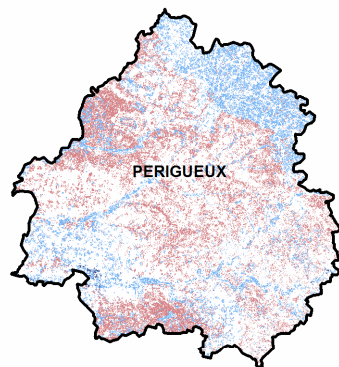
-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

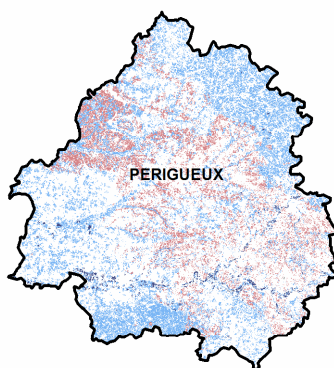


## Prospectives

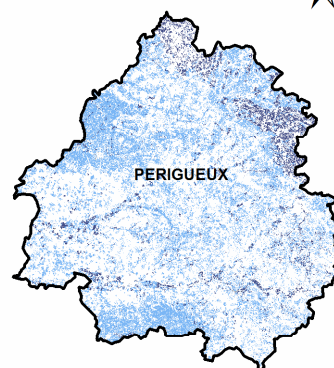
## TOURNESOL (après irrigation)



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

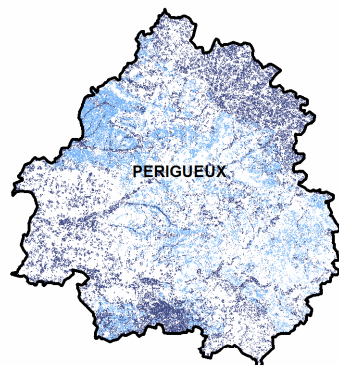
### Couverture des besoins en eau du tournesol

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

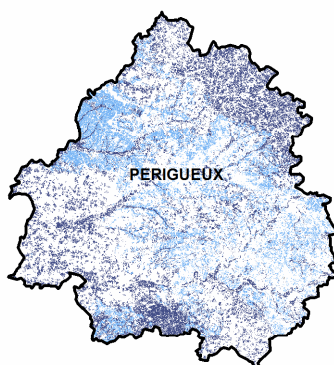
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

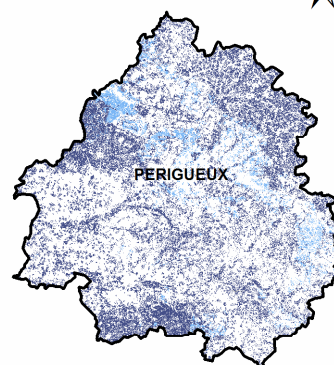
## BLE



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

### Couverture des besoins en eau du blé

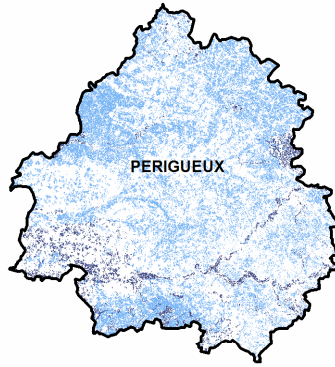
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

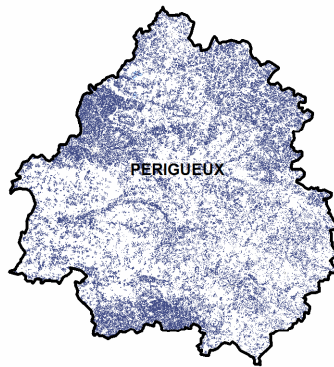


## Prospectives

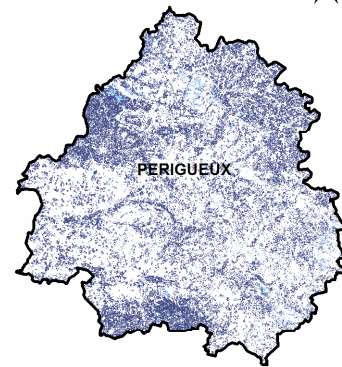
## COLZA



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

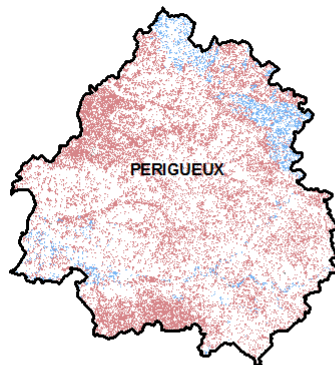
### Couverture des besoins en eau du colza

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

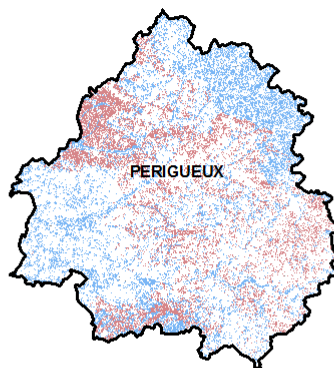
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

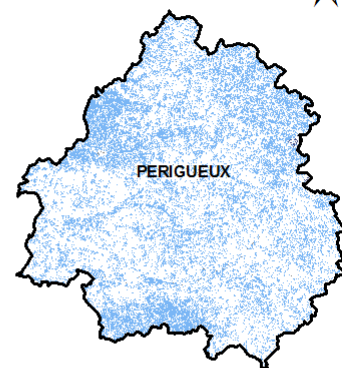
## MAÏS



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

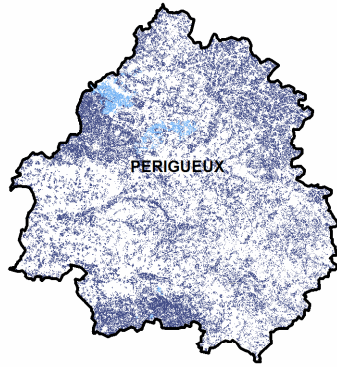
### Couverture des besoins en eau du maïs

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

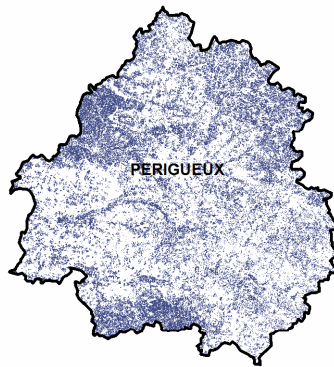
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

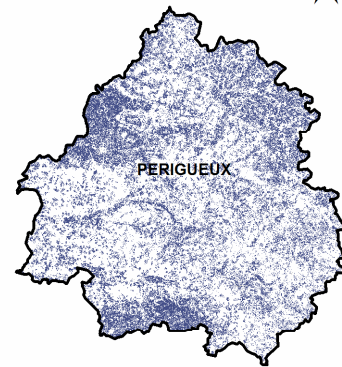
## ORGE



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

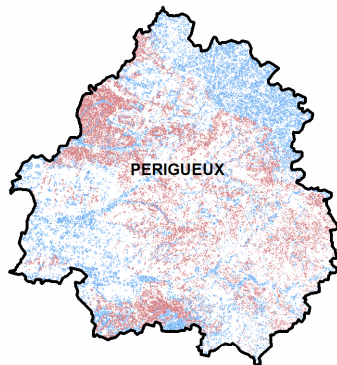
### Couverture des besoins en eau de l'orge

- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

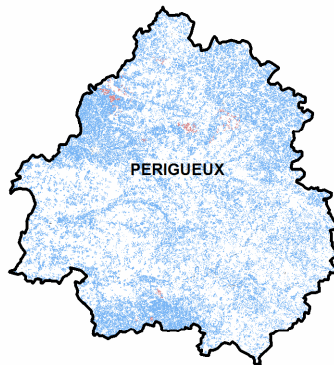
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

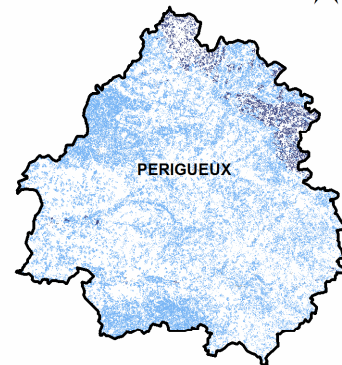
## PRAIRIE PERMANENTE (période estivale)



Période sèche



Période intermédiaire



Période humide

### Couverture des besoins en eau des prairies permanentes

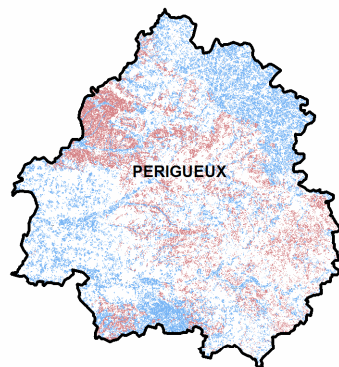
- Optimale (Supérieure à 100%)
- Convenable (Entre 60% et 100%)
- Insuffisante (Inférieure à 60%)
- Zone non agricole
- Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

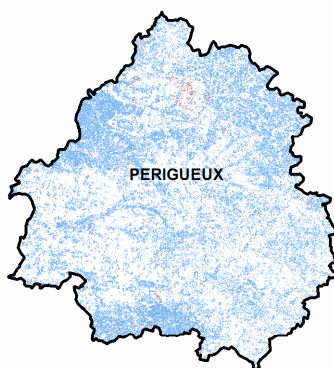




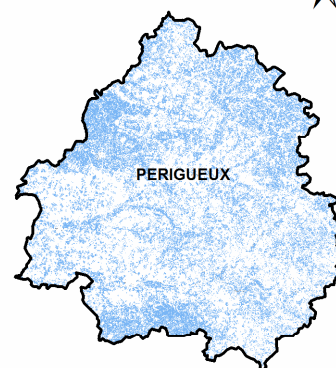
## Prospectives PRAIRIE PERMANENTE (période hivernale)



Période sèche








Période intermédiaire



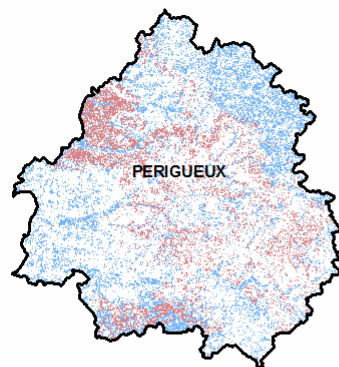
Période humide

### Couverture des besoins en eau des prairies permanentes

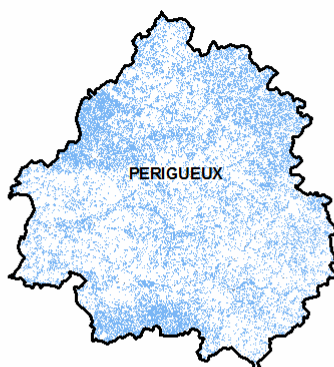
-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

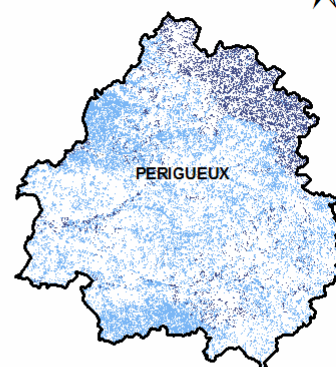
## Prospectives PRAIRIE TEMPORAIRE (avant irrigation)



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

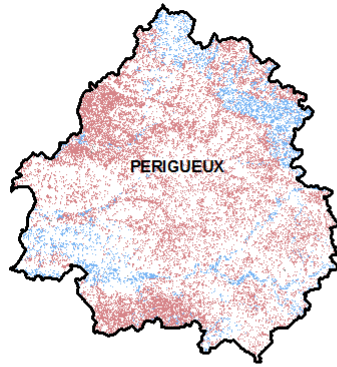
### Couverture des besoins en eau des prairies temporaires

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

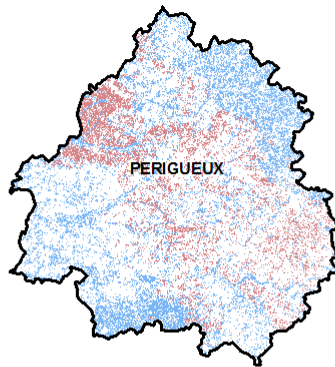
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

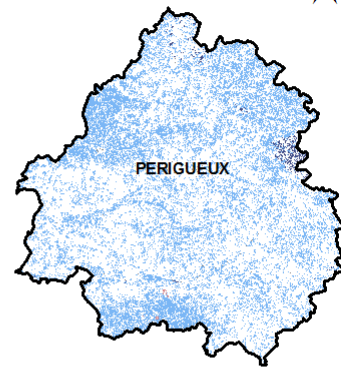
## SORGHO (avant irrigation)



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

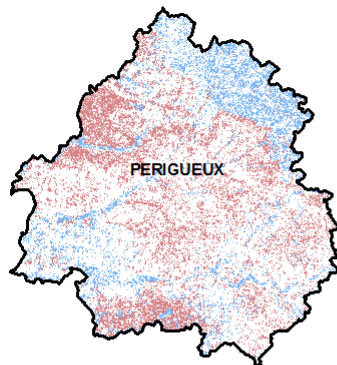
### Couverture des besoins en eau du sorgho

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

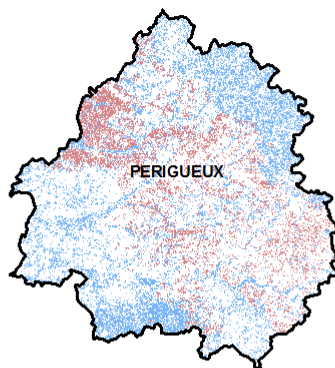
Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

## Prospectives

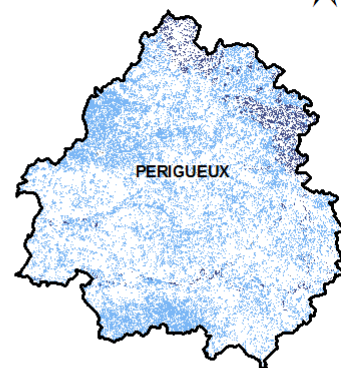
## TOURNESOL



Période sèche








Période intermédiaire



Période humide

### Couverture des besoins en eau du tournesol

-  Optimale (Supérieure à 100%)
-  Convenable (Entre 60% et 100%)
-  Insuffisante (Inférieure à 60%)
-  Zone non agricole
-  Limite départementale de la Dordogne

Sources : IGCS, IGN, CA24, DRIAS et Bordeaux Sciences Agro  
Réalisation graphique : GEA Bordeaux Sciences Agro  
Février 2014

Annexe 4 :

**Synthèse du déficit hydrique prospectif des cultures à l'horizon 2050.**

Cultures	% d'îlots à rendement optimal, convenable ou insuffisant selon la couverture des besoins en eau de la culture		
	Humide	Intermédiaire	Sec
Maïs	100% Convenable	58% Convenable 42% Insuffisant	12% Convenable 88% Insuffisant
Maïs irrigué	8% Optimal 92% Convenable	2% Optimal 60% Convenable 38% Insuffisant	20% Convenable 80% Insuffisant
Sorgho	2% Optimal 98% Convenable	65% Convenable 35% Insuffisant	21% Convenable 79% Insuffisant
Sorgho irrigué	10% Optimal 90% Convenable	3% Optimal 67% Convenable 30% Insuffisant	28% Convenable 72% Insuffisant
Tournesol	10% Optimal 90% Convenable	64% Convenable 36% Insuffisant	36% Convenable 64% Insuffisant
Tournesol irrigué	17% Optimal 83% Convenable	3% Optimal 66% Convenable 31% Insuffisant	42% Convenable 58% Insuffisant
Prairies permanentes	0 à 9% Optimal 91 à 100% Convenable	99% Convenable 1% Insuffisant	51 à 61% Convenable 39 à 49% Insuffisant
Prairies temporaires	23% Optimal 77% Convenable	100% Convenable	61% Convenable 39% Insuffisant
Prairies temporaires irriguées	31% Optimal 69% Convenable	3% Optimal 97% Convenable	66% Convenable 34% Insuffisant
Triticale	98% Optimal 2% Convenable	100% Convenable	100% Convenable
Colza d'hiver	98% Optimal 2% Convenable	99% Optimal 1% Convenable	13% Optimal 87% Convenable
Blé d'hiver	86% Optimal 14% Convenable	60% Optimal 40% Convenable	59% Optimal 41% Convenable
Orge d'hiver	100% Optimal	100% Optimal	96% Optimal 4% Convenable

