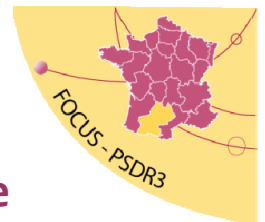




Changement climatique en Midi-Pyrénées et conséquences sur la croissance de l'herbe



Le projet Climfourrel vise à identifier les impacts du changement climatique sur la ressource fourragère et les systèmes d'élevage pour réfléchir à des adaptations structurelles.

Nous présentons ici la nature du changement climatique en Midi-Pyrénées en comparant sur 5 sites le climat passé (1980-2009) avec le climat futur (2036-2065) simulé selon le scénario A1B du GIEC. Puis, nous identifions les impacts de ce changement sur la croissance des prairies.

Le changement climatique se traduit par une migration du climat périméditerranéen vers le Nord et du piémont pyrénéen en altitude, avec un accroissement de la saisonnalité de la production d'herbe.

Changement climatique
Adaptation
Systèmes d'élevage
Scénarios socio-économiques
Pyrénées

Caractériser les impacts du changement climatique ...

L'adaptation au changement climatique doit être réfléchiée dès maintenant pour pouvoir faire face à **ce changement majeur qui impacte les systèmes agricoles.**

L'objectif de notre étude est **de concevoir des systèmes d'élevage à dominance herbagère adaptés au changement climatique à l'horizon 2050.**

La première étape est **d'identifier la nature et l'ampleur du changement climatique** et de **caractériser ses impacts sur la croissance de l'herbe.** Ce travail a été réalisé par comparaison entre des moyennes de trente années.



Ces résultats constituent une base indispensable pour réfléchir aux adaptations des systèmes d'élevage.

... sur la croissance de l'herbe

L'étude montre que l'impact du changement climatique sur la croissance de l'herbe dépend de manière prégnante des saisons et de la localisation géographique.

Globalement, **la saisonnalité de la croissance de l'herbe est accrue** puisque la production de printemps passe en moyenne de 60 à 72% de la production annuelle. La production de printemps s'accroît sur tous les sites (en moyenne +25%). La production estivale diminue, sauf en montagne. Le nombre de jours où la croissance est arrêtée en été augmente de 25% en moyenne, excepté en montagne où il est stable et en piémont où il triple. Enfin, la production automnale est réduite d'environ 20%, excepté en montagne et en piémont (+100%).

De ces différences saisonnières et géographiques, il résulte des impacts globaux variés à l'échelle de l'année : la production annuelle change peu, excepté en montagne.

Auteurs (Equipe Orphée – UMR AGIR)

Benoit Felten
bfelten@toulouse.inra.fr

Michel Duru
mduru@toulouse.inra.fr

Guillaume Martin
guillaume.martin@toulouse.inra.fr

Marion Sautier
marion.sautier@toulouse.inra.fr

Partenaires

Christian Pagé (CERFACS) et **Michaël Gaurut** (INRA-UREP) du projet ANR Validate pour les données météo simulées (2036-2065)

Arezki Zerourou (INRA-AGIR) pour le modèle Herbsim



Éléments de méthodes : les données météo observées et simulées

Les données météorologiques utilisées pour réaliser les traitements sont **des données journalières sur 30 ans** : 1980-2009 pour la période "passé" et 2036-2065 pour la période "futur".

Les données "passé" sont des données issues de mesures dans des stations Météo-France de deux types :

- Stations de niveau 0 (automatique) qui fournissent des données précises et régulières sur les sites de Toulouse, Gourdon et Millau.
- Stations de niveau 4 (observations) proches de Ercé et St Giron, pour lesquelles les relevés sont effectués par des particuliers.

Les données "futur" sont des **données simulées par le CERFACS** (Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique) grâce à l'emploi du **modèle Arpège**. Les simulations effectuées sont localisées sur une maille de 8*8km. Ces données ont été fournies dans le cadre du projet ANR Validate (Vulnérabilité des prairies et des élevages au changement climatique et aux événements extrêmes).

Météo-France, et ses partenaires, sont en cours de réalisation d'un projet qui vise à publier les données météorologiques simulées du futur selon plusieurs scénarios climatiques et disponibles gratuitement (projet DRIAS, échéance fin 2011).

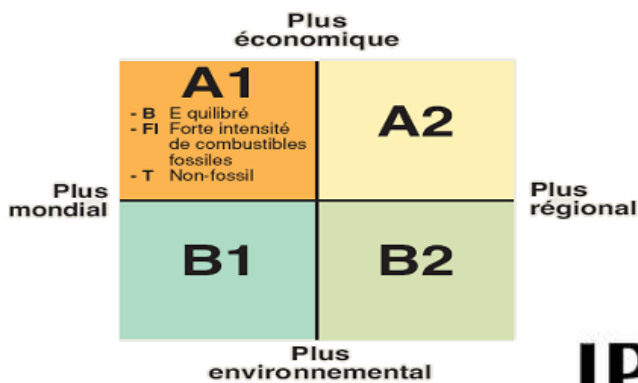
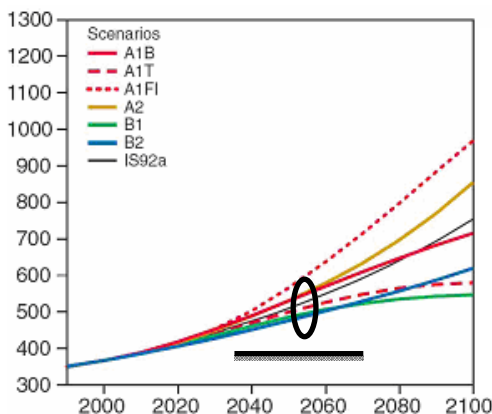


Figure n°1. Les 6 scénarios du GIEC

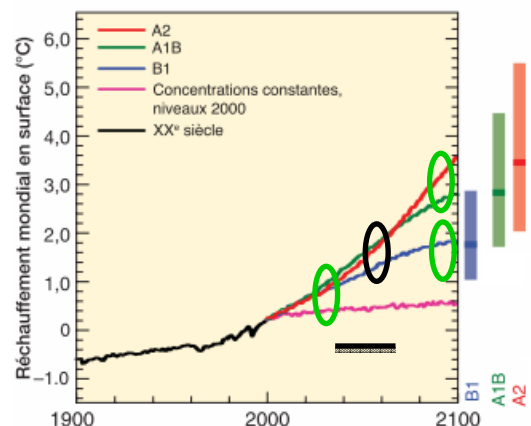


Plusieurs scénarios climatiques (figure n°1) ont été établis par le GIEC (Groupement Intergouvernemental d'experts sur le changement climatique), qui sont la conséquence de développements socio-économiques émettant différents taux de gaz à effet de serre (GES).

Peu de différences existent entre les scénarios climatiques à l'horizon 2050. Le **scénario A1B**, choisit ici, correspond à un **développement de type économique et mondial** où la croissance très rapide s'appuie sur des sources d'énergie équilibrées entre fossiles et autres (nucléaire, renouvelables). En outre, de nouvelles technologies plus efficaces sont introduites rapidement.



Graphique n°1. Rappel des concentrations CO2 en ppm selon les différents scénarios (source GIEC)



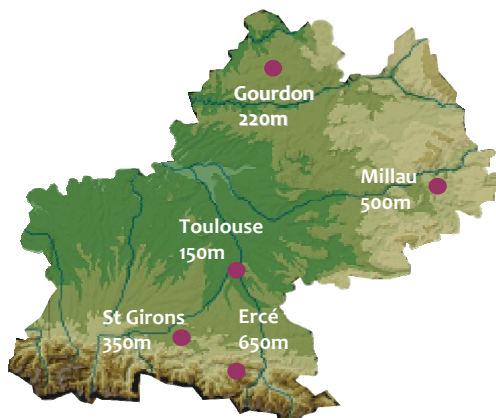
Graphique n°2. Rappel réchauffement mondial différents scénarios base 1990, avec degrés d'incertitude (source GIEC)

Éléments de méthodes : les sites étudiés et le modèle Herb'sim

Choix des sites de Midi-Pyrénées

Le changement climatique et ses impacts ont été étudiés sur 5 sites de Midi-Pyrénées pour aborder une diversité de situations sur le territoire en termes de conditions pédoclimatiques et de systèmes agricoles (carte n°1) :

- St-Girons (09) en piémont pyrénéen est situé entre les coteaux secs et la montagne pluvieuse ;
- Ercé (09) en montagne pyrénéenne est situé dans une zone actuellement très pluvieuse avec 1600mm par an ;
- Toulouse (31) en plaine connaît des sécheresses importantes ;
- Millau (12) dans le Sud du Massif Central connaît déjà des sécheresses successives problématiques sur les plateaux du Larzac ;
- Gourdon (46) situé sur le Causse est certes moins sec que le climat toulousain mais les sols y sont majoritairement superficiels.



Carte n°1. Les 5 sites de Midi-Pyrénées étudiés, avec leur altitude

Herb'sim est un modèle conçu pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe. Son utilisation fournit une vision intégrée de la croissance de l'herbe et permet l'élaboration de référentiels régionaux sur la base de comparaison d'années climatiques, de modes d'exploitation, de types de végétation. Il a été utilisé ici en ne faisant varier que le climat, les autres variables d'entrées étant fixes pour examiner le seul effet du changement climatique sur un type de prairie pour les différents sites d'étude.

L'avantage de Herb'sim est son accessibilité en ligne et la possibilité de choisir des itinéraires techniques déjà pré-implémentés dans l'interface.

Le modèle Herb'sim a été utilisé pour simuler des croissances nettes journalières selon chacun des deux climats définis, "passé" et "futur".

Le calcul de la croissance nette des prairies soumises au climat futur tient compte de l'effet CO₂ sur l'efficacité d'utilisation du rayonnement (un doublement en concentration du CO₂ augmente d'environ 15% l'efficacité de conversion du rayonnement intercepté en biomasse aérienne).

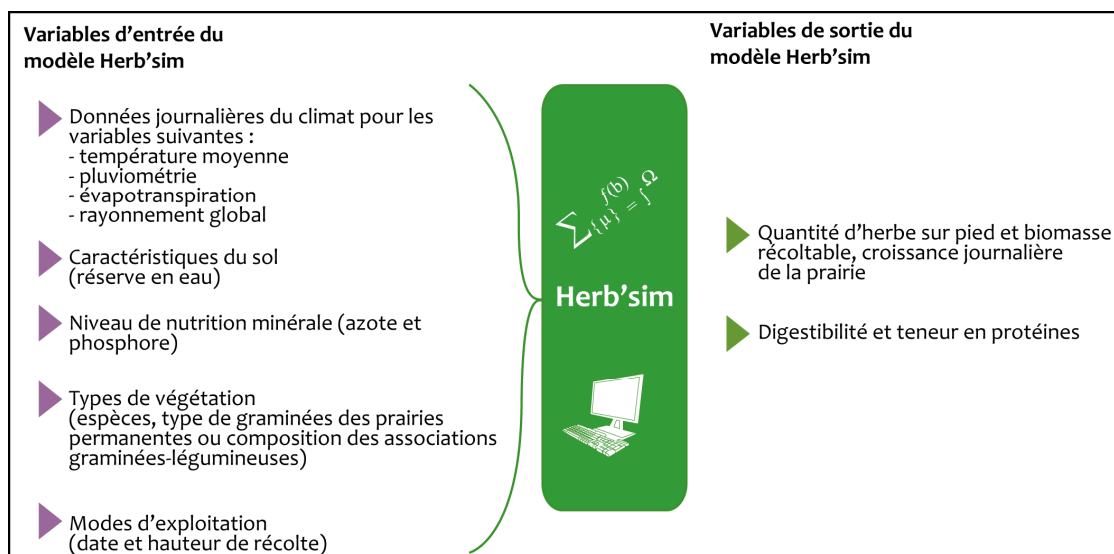


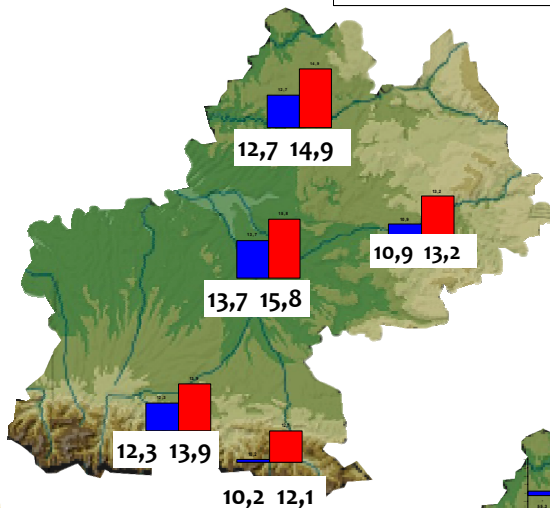
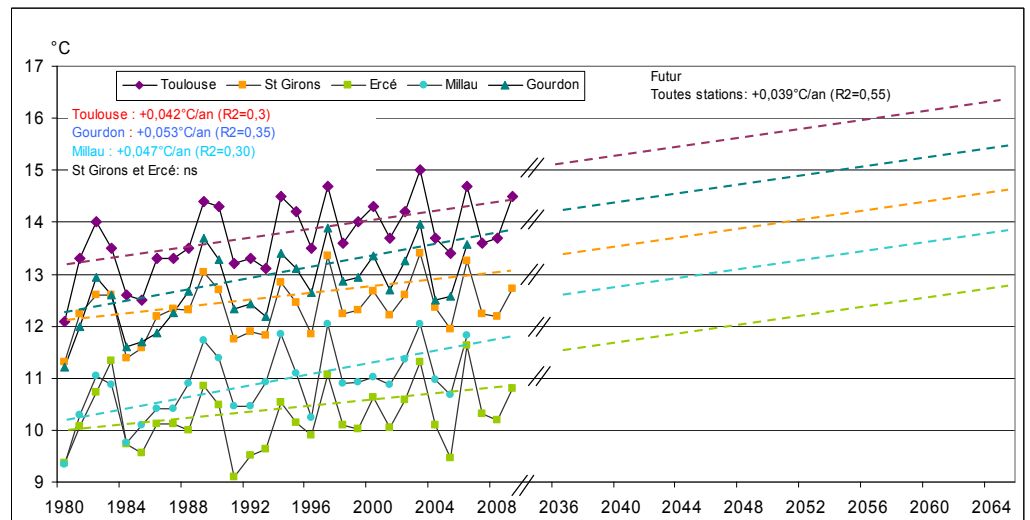
Figure n°2. Fonctionnement du modèle Herb'sim

Le climat change, le climat migre

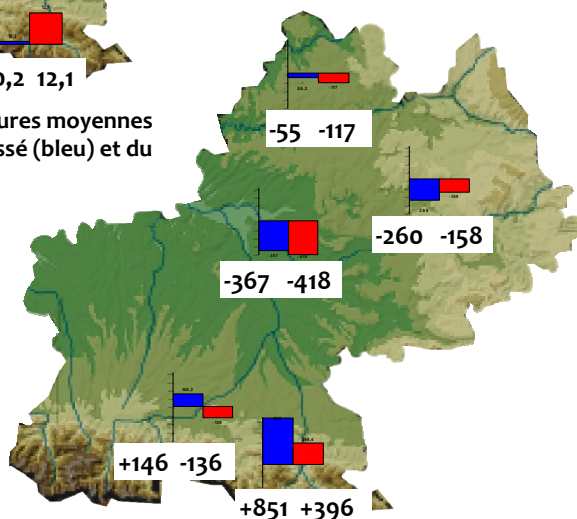
L'étude du climat en Midi-Pyrénées sur les 30 dernières années montre (graphique n°3) :

- Une **augmentation significative des températures moyennes annuelles** (environ $+0.5^{\circ}\text{C}/10\text{ans}$) sauf en zone pyrénéenne (tendance non significative) ;
- Une **augmentation du déficit hydrique annuel** significative pour le climat toulousain seulement ;
- Une **migration climatique** du Sud-Est vers le Nord et des zones de piémont vers des zones plus hautes en altitude en 2050 (scénario A1B du GIEC).

Graphique n°3.
Températures moyennes annuelles des 5 sites étudiés pour le climat passé (1980-2009) et futur (2036-2065)



Carte n°2. Températures moyennes annuelles ($^{\circ}\text{C}$) du passé (bleu) et du futur (rouge)



Carte n°3. Bilan climatique (mm) moyen annuel du passé (bleu) et du futur (rouge)

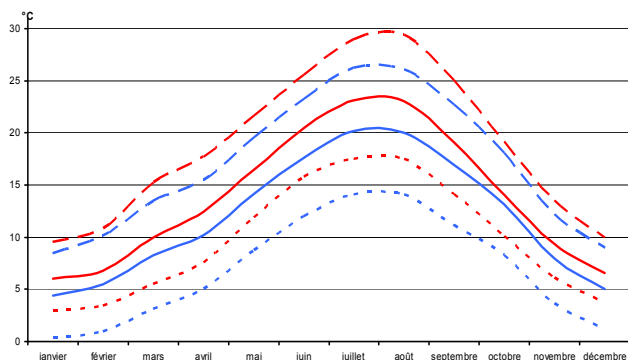
L'augmentation de la température moyenne annuelle entre le climat passé et le climat futur simulé est d'environ 2°C en Midi-Pyrénées. Elle est un peu moins importante en zone de montagne qu'en plaine (carte n°2).

Le bilan climatique est ici effectué par différence entre la pluviométrie (observée ou simulée) et l'évapotranspiration potentielle (ETP).

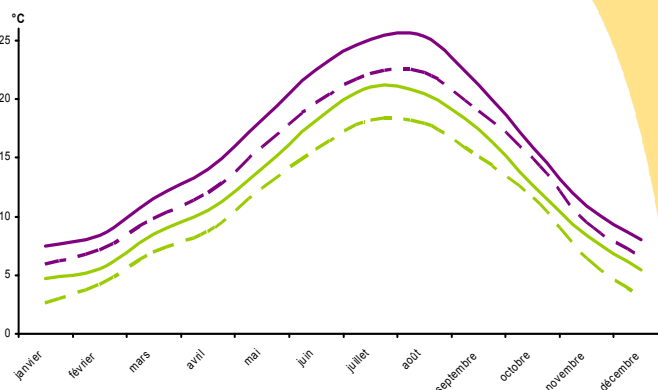
Dans le passé récent (30 dernières années), l'ETP a tendance à augmenter alors que la pluviométrie ne baisse pas significativement. Les simulations sur le climat futur montrent que la tendance s'inverse : la pluviométrie diminue fortement mais l'ETP stagne conséquence de l'effet de l'augmentation du CO_2 sur la fermeture stomatique.

Toutefois, le déficit hydrique moyen annuel s'accroît entre le climat passé et le climat futur simulé. L'écart se creuse dans les zones où le déficit hydrique est aujourd'hui peu élevé, alors qu'il augmente peu, voire diminue, dans les zones aujourd'hui sèches (carte n°3).

Le climat change, les étés deviennent plus intenses



Graphique n°4. Moyennes des 5 sites des températures (°C) mensuelles moyennes (trait plein), minimales (pointillés) et maximales (tirets) du passé (bleu) et du futur (rouge)



Graphique n°5. Températures mensuelles moyennes à Toulouse (violet) et à Ercé (vert) du passé (pointillés) et du futur (traits pleins)

Les températures moyennes augmentent plus en été (+3°C) qu'en hiver (+1,5°C), en moyenne sur les 5 sites.

Les températures maximales moyennes augmentent essentiellement l'été alors que les minimales augmentent constamment toute l'année.

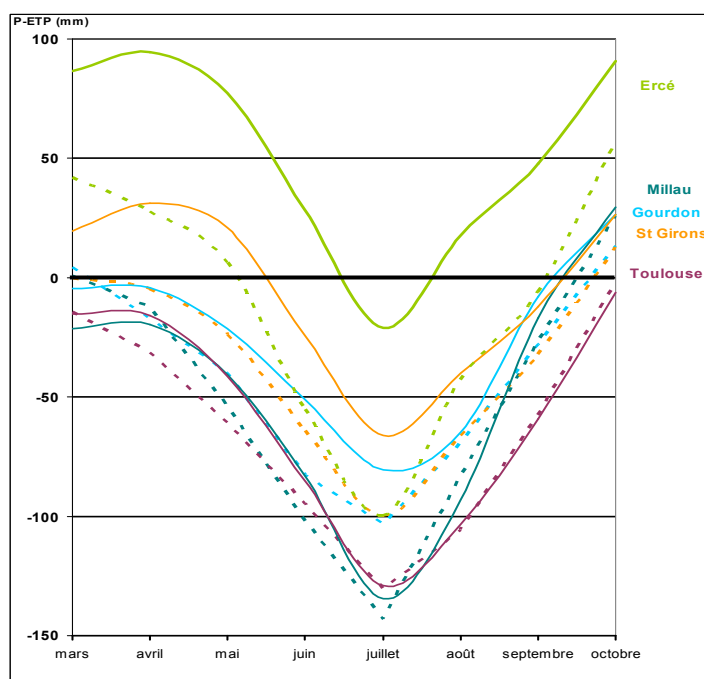
Cette évolution est similaire pour les 5 sites de Midi-Pyrénées, les écarts observés actuellement entre les sites demeurent identiques dans le futur (graphique n°5)

Le bilan climatique à l'échelle mensuelle doit être combiné à la profondeur du sol pour pouvoir identifier un déficit hydrique au niveau de la parcelle (graphique n°6).

Classiquement, la réserve utile se remplit en automne-hiver (pluie) et se vide en été. Ainsi, **lorsque la différence entre les pluies et l'évapotranspiration est négative, on parle de déficit hydrique**. Celui-ci peut être problématique pour les cultures à partir d'un seuil, défini par le type de sol et le type de plante.

Le déficit hydrique augmente entre le passé et le futur simulé en durée et en intensité. Cette augmentation est importante pour les stations actuellement « pluvieuses », mais l'est beaucoup moins pour les sites déjà soumis à un déficit hydrique où il atteint cependant des seuils importants. **Ce stress démarre également de manière plus précoce au printemps.**

Le cumul d'un déficit hydrique et des températures élevées en été conduit à limiter fortement la croissance des plantes.



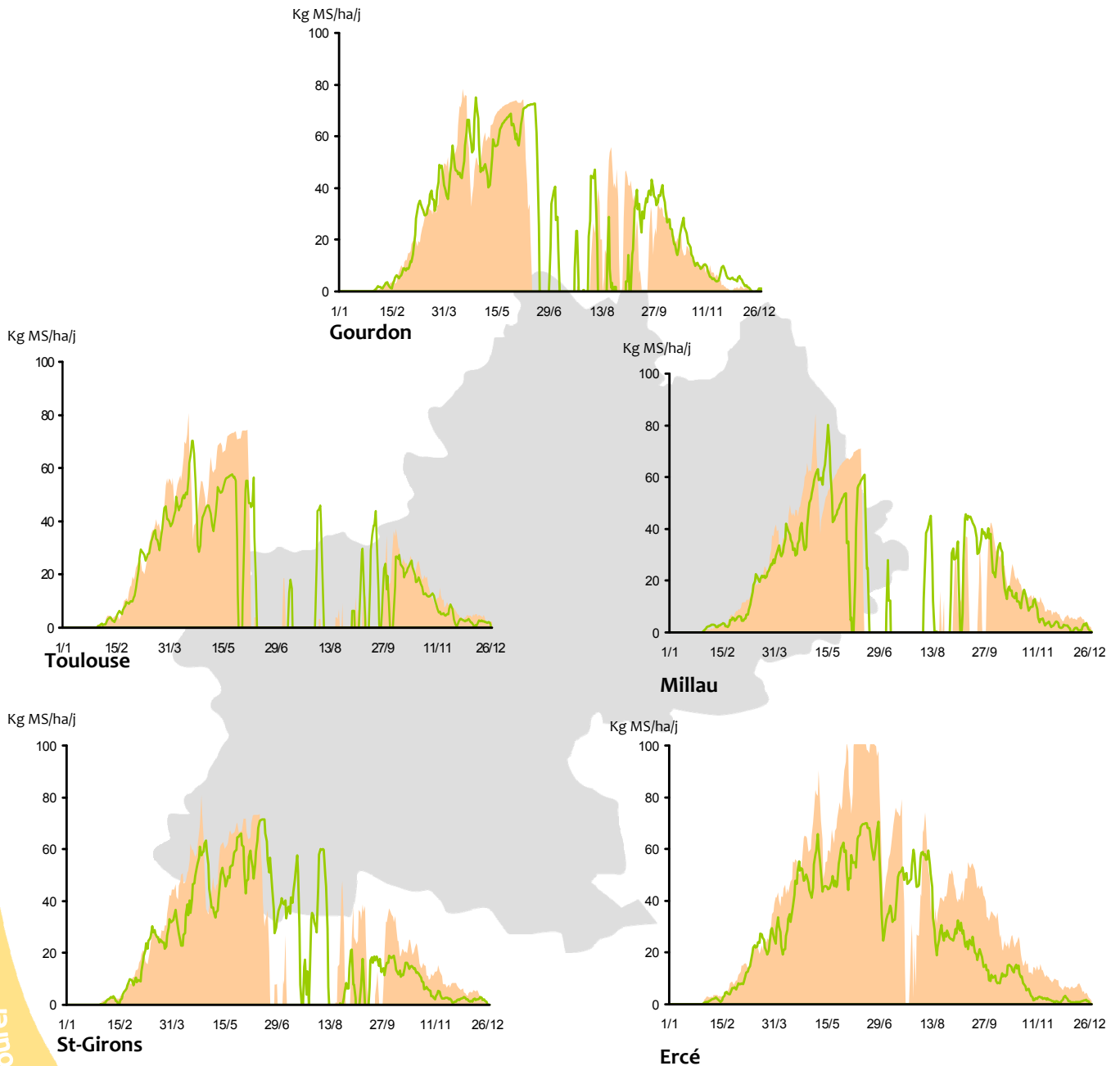
Graphique n°6. Moyennes mensuelles du bilan climatique (P-ETP) du printemps à l'automne sur les 5 sites étudiés, soumis au climat passé (trait plein) et futur (pointillés)



Le climat change, les prairies poussent plus au printemps et moins en été

Les courbes ci-dessous montrent l'impact du changement climatique sur la croissance nette des prairies sur les cinq sites étudiés en Midi-Pyrénées.

Ces profils, représentant la croissance nette journalière d'une prairie, ont été établis par simulation avec le modèle Herb'sim. Ils prennent en compte un sol à réserve utile de 90mm, des indices de nutrition azoté et en phosphore de 0,7 (au sein d'une gamme comprise entre 0,4 et 1) ainsi qu'un mode d'exploitation « moyen » de type Fauche-Fauche-Pâturé.



Graphiques n°7. Croissance nette journalière d'une prairie assez précoce et productive (type dactyle) par hectare et par jour (Kg MS/ha/j) soumis au climat moyen passé (vert) et futur (orangé), pour les 5 sites étudiés.

Le climat change, il faut s'y adapter

Les principaux impacts du changement climatique :

- Une **avancée de la phénologie** : environ -10 jours au printemps ;
- Une **augmentation de la biomasse en plein printemps** : environ +25% due à l'effet CO₂ et à l'augmentation de la température ;
- Une **croissance nulle en été qui commence plus tôt et dure plus longtemps du fait du déficit hydrique**. Pour la réserve en eau considérée dans les simulations, le nombre de jours où la croissance est nulle augmente d'environ 25% sauf à Saint-Girons où il triple et à Ercé où il reste inférieur à 5 ;
- Une **repousse d'automne** plus importante qu'aujourd'hui en montagne (+130%) et en piémont (+65%), mais plus faible ailleurs (-20% en moyenne) malgré l'augmentation des températures, du fait de la prolongation de la sécheresse.

Il est à noter que ces résultats ont été obtenus en ne considérant qu'une hypothèse pour la réserve en eau des sols, le type de plante fourragère, le niveau de nutrition minérale et le mode d'exploitation. Modifier la réserve en eau changerait la croissance estivale et automnale et modifier la fertilisation changerait la croissance tout au long de l'année.

Critère	Période	St-Girons	Toulouse	Millau	Gourdon	Ercé
Biomasse au 15 juin (kg de MS/ha)	Passé	4248	4260	3722	5195	4022
	Futur	5124	5356	4740	5475	5540
Nombre de jours où la croissance est nulle en été et en automne	Passé	20	76	53	44	1
	Futur	60	81	78	54	3

Tableau n°1. Biomasse récoltable au printemps et nombre de jours sans croissance en été et en automne pour les 5 sites étudiés, soumis aux climats passé et futur

Conclusion

L'étude réalisée montre que les impacts les plus importants sont observés au printemps et en été.

Le principal résultat est **l'augmentation de la croissance de l'herbe au printemps et l'augmentation de la sécheresse avec une intensité très variable selon les sites**. Globalement, il existe une accentuation des différences de disponibilité de ressources entre les saisons.

Outre les évolutions du climat moyen présentées ici, il faut prendre en compte la variabilité climatique. En effet, les systèmes d'élevage doivent pouvoir faire face à la variabilité agroclimatique interannuelle. Des travaux sont en cours à ce sujet.

L'adaptation est donc nécessaire pour limiter les effets négatifs et profiter des opportunités. Des changements seront requis dans la structure, le fonctionnement et l'organisation des systèmes d'élevage. **Mais l'adaptation doit aussi tenir compte des changements socio-économiques** qui les affecteront probablement à une échéance plus rapide et avec des conséquences importantes. C'est pourquoi, suite à ce premier travail, nous avons conçu sur la base de méthodes participatives des systèmes d'élevage adaptés aux changements climatique et socio-économiques à l'horizon 2050.

Notre étude permet d'affiner sur Midi-Pyrénées des résultats issus d'autres travaux (ACTA, Climator) qui présentent la variabilité spatiale des impacts du changement climatique sur le territoire français en son entier. Les impacts du changement climatique que nous présentons ici sont localisés. Ces données ont été élaborées pour fournir des informations adaptées aux spécificités des systèmes fourrager et d'élevage. Cependant, elles correspondent au seul scénario A1B du GIEC et à un horizon temporel moyen (2036-2065). Ainsi, l'étude ACTA montre par exemple qu'en Midi-Pyrénées, en considérant le scénario A2 du GIEC, l'évolution des rendements des prairies est d'environ +15% pour le futur proche (2020-2046) mais de -10% pour le futur lointain (2070-2099). Ce dernier est réduit à -5% avec le scénario B1. En outre, plus l'horizon considéré est lointain, plus l'incertitude grandit au niveau du scénario climatique et de ses impacts.



● Le climat change, allons plus loin...

- FELTEN Benoît, MARTIN Guillaume, THEAU Jean-Pierre, THENARD Vincent, MAGNE Marie-Angelina, DURU Michel (2010). *Conception de systèmes d'élevage adaptés au changement climatique*. Projet Climfourrel, Midi-Pyrénées, Série Les Focus PSDR3.
- BRISSON et al. (2010). *Livre vert du projet Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces 2007-2010*. Voir également : http://w3.avignon.inra.fr/projet_climotor
- MOREAU Jean-Christophe (2010). « Changement climatique et productions fourragères, quels perspectives ? ». Diapositives disponibles sur www.inst-elevage.asso.fr
- LELIEVRE et al. (2008). « Le changement climatique récent et futur sur l'arc périméditerranéen ». Consultable sur www.climfourrel.fr
- DURU et al. (2010). « Herb'sim: un modèle pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe », *Fourrages*, n°201. Simulations possibles sur l'application web : <http://147.99.111.190/application/herbsim>
- Site du Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) – Intergovernmental panel on climate change (IPCC) : www.ipcc.ch

Pour citer ce document :

FELTEN Benoît, DURU Michel, MARTIN Guillaume, SAUTIER Marion (2011). *Changement climatique en Midi-Pyrénées et conséquences sur la croissance de l'herbe*. Projet Climfourrel, Midi-Pyrénées, Série Les Focus PSDR3.

Photographies : ©INRA - Photothèque

Plus d'informations sur le programme PSDR

www.inra.fr/psdr
www.inra.fr/psdr-midi-pyrenees

Contacts

PSDR Région Midi-Pyrénées : Danielle Galliano (INRA) - danielle.galliano@toulouse.inra.fr
Direction nationale PSDR : André Torre (INRA) - torre@agroparistech.fr
Animation nationale PSDR : Frédéric Wallet (INRA) - wallet@agroparistech.fr

Pour et Sur le Développement Régional
(PSDR), 2007-2011
Programme soutenu et financé par :



Les partenaires du projet CLIMFOUREL

