

Modélisation des conséquences du changement climatique sur la production fourragère dans une sélection de pays exportateurs de lait

27th European Grassland Federation General Meeting, Cork, Ireland, 17 - 21 Juin 2018

Jean-Christophe Moreau ¹, Aurélie Madrid ^{1,2}, Valérie Brocard ³, Franck Souverain ⁴

¹Institut de l'Élevage, Service Fourrage et Pastoralisme, Castanet-Tolosan, France;

²Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière, Service Science et Technique de l'Élevage, Paris, France;

³Institut de l'Élevage, Service Production Laitière, Le Rheu, France;

⁴Météo-France, Division Agrométéorologie, Département Études & Conseil, Toulouse, France.

Résumé

L'interprofession laitière française, le CNIEL, finance actuellement une étude appelée Climalait dont le volet international consiste à explorer l'évolution des conditions climatiques de production dans les zones présentes sur le marché international des produits laitiers. Cette prospective s'appuie sur les données WorldClim issues du CNRM (RCP 8.5) ainsi que sur le LGP (length growing Periode) de la FAO. Différents indicateurs agroclimatiques ont été calculés dans ces zones, sur le passé (1950-2000) et sur le futur (2041-2060). L'évolution du LGP est approchée par un modèle statistique appuyé sur les données WorldClim. Les évolutions des différents indicateurs et du LGP permettent de mettre au jour des zones au destin climatique similaire par rapport à la production fourragère. Certaines vont pouvoir jouer d'atouts concurrentiels

Mots-clés : changement climatique, fourrages, production laitière, données WorldClim, LGP

Introduction

Le changement climatique a déjà un impact en France sur les systèmes fourragers des exploitations bovines laitières (Noury *et al.*, 2013). Les éleveurs ont constaté par exemple qu'ils pouvaient mettre à l'herbe plus tôt mais que les sécheresses estivales étaient plus longues. Il peut aussi y avoir localement des difficultés de réalisation des stocks de fourrages et le besoin de sécuriser ceux-ci par de l'irrigation. La filière laitière française, représentée par son organisation interprofessionnelle, le CNIEL finance un projet sur plusieurs axes. L'un d'entre eux est consacré à l'étude des voies d'adaptation au changement climatique des systèmes de production, telles qu'elles peuvent être proposées par les éleveurs eux-mêmes, dans une trentaine de zones réparties sur le territoire national.

Le second axe consiste à explorer les conditions climatiques pour la production fourragère dans d'autres pays producteurs de lait, et dans quelques-unes des régions de France étudiées dans le premier axe de l'étude. Les pays producteurs de lait ciblés par l'étude sont ceux qui animent actuellement le marché mondial en tant qu'exportateurs (FAO *et al.*, 2014), ou ceux qui pourraient le faire dans un futur proche. Y figurent l'Amérique du Nord (diverses zones du Nord-Est (Grands Lacs, Saint Laurent) ou de l'Ouest ainsi qu'au Texas), les Pays du bassin du rio de la Plata (Argentine,

Sud du Brésil, Paraguay, Uruguay), l'Océanie (Sud-Est de l'Australie, Nouvelle Zélande), et l'Europe (plusieurs zones de France, d'Allemagne, de Scandinavie, de Pologne, d'Ukraine, de Biélorussie et de Russie). Seuls les résultats pour les pays européens sont présentés ici.

Matériels et méthodes

En s'appuyant sur les données statistiques de répartition territoriale des effectifs de vaches (Robinson *et al.*, 2014), 61 zones ont été identifiées dans 17 Pays. Dans cette étude, les données climatiques utilisées sont celles proposées par l'organisation WorldClim (Fick and Hijmans, 2017), issues du simulateur de climat du CNRM. La résolution 10' (1 point tous les 18,5 km, 550000 points) a été retenue sur les périodes 1950-2000 (données historiques) et 2041-2060. Les variables sont toutes des moyennes sur ces périodes. Il s'agit des 12 valeurs mensuelles de température minimale, maximale, précipitations (mais pas l'ETP) et de 19 indicateurs définis à partir de ces 36 variables. Les données de LGP disponibles sur le site de la FAO ont été utilisées afin d'estimer les impacts possibles du changement climatique sur les cultures fourragères. Le LGP (*Length of Growing Period*, qu'on peut traduire par « Durée de la Période de Végétation ») est défini comme la période de l'année durant laquelle les températures moyennes sont supérieures ou

égales à 5 °C et la somme des précipitations et de l'eau stockée dans le sol est supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle : $P > 0,5 * ETP$ (FAO, 1996).

Comme l'ont fait Phelan et al. (2016) sur le GSL (Grazing Season Length), un modèle statistique d'estimation du LGP a été élaboré à partir des données historiques de la base WorldClim, puis ce modèle a été appliqué sur les données climatiques de 2041 à 2060. La différence entre le LGP estimé sur le futur et celui recalculé par le modèle sur le passé (figure 1) est utilisée comme un indicateur synthétique de l'évolution des conditions climatiques que subit la prairie. Pour consolider cet indicateur principal cinq autres ont été calculés : l'évolution pour les quatre saisons du bilan hydrique (P-ETP), et l'anticipation de la date de possible mise à l'herbe (MàH : date à laquelle la somme des températures depuis le 1^{er} février atteint 300 °C). Une mise à l'herbe plus précoce, quand elle correspond à un accroissement du LGP, peut signifier un réel allongement de la période de possible utilisation des prairies. Les ETP mensuelles ont été estimées à partir de la température (Allen *et al.*, 1998) en tant que la moyenne entre l'ETP obtenue par la formule de Thornthwaite et celle obtenue par la formule de Hargreaves, solution validée après comparaisons avec l'ETP de Penman-Monteith dont on disposait sur les sites Français (Alkaeet *et al.*, 2006). L'évolution du bilan hydrique (P-ETP) renseigne sur l'évolution des conditions d'alimentation hydrique des plantes fourragères d'été comme le maïs.

La classification des différents sites selon l'évolution des indicateurs calculés a été obtenue à l'aide d'une Analyse en Composantes Principales et d'une Classification Ascendante Hiérarchique.

Résultats et discussion

L'analyse des données WorldClim a montré des corrélations fortes entre les variables. De ce fait, une régression multiple linéaire de type LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator), très restrictive sur la sélection des variables (Tibshirani, 1996), a été utilisée. Pour l'hémisphère Nord, les données suivantes entrent dans le modèle : températures maximales en mars, précipitations en février et octobre, précipitations du trimestre le plus sec, saisonnalité de la température et des précipitations. En Europe (34 sites sur les 61 étudiés), la classification des sites par similarité d'évolutions fait apparaître 5 classes (Figure 2). La classe A correspondant aux zones Russes se caractérise par un LGP en assez forte augmentation, avec un démarrage possiblement plus précoce de la prairie. Il est possible que la

pousse automnale soit plus favorisée que la pousse estivale, car le bilan hydrique estival paraît se détériorer, situation également peu favorable au maïs en l'absence d'irrigation.

Pour les pays de la classe C (Pologne, Biélorussie, Ukraine), la situation semble très profitable, surtout dans sa partie Ouest, avec à la fois un possible allongement de la période de pousse (LGP) et un bilan hydrique devenant plus favorable (malgré une forte augmentation de l'ETP), ce qui devrait profiter au maïs. Ces régions connaissent déjà un régime de précipitations avec maximum d'été.

La classe D (Allemagne Sud de la Scandinavie) est semblable à la classe A au niveau des évolutions climatiques, elle forme un type à part du fait de caractéristiques moins continentales (plus de précipitations, moins d'écart de température).

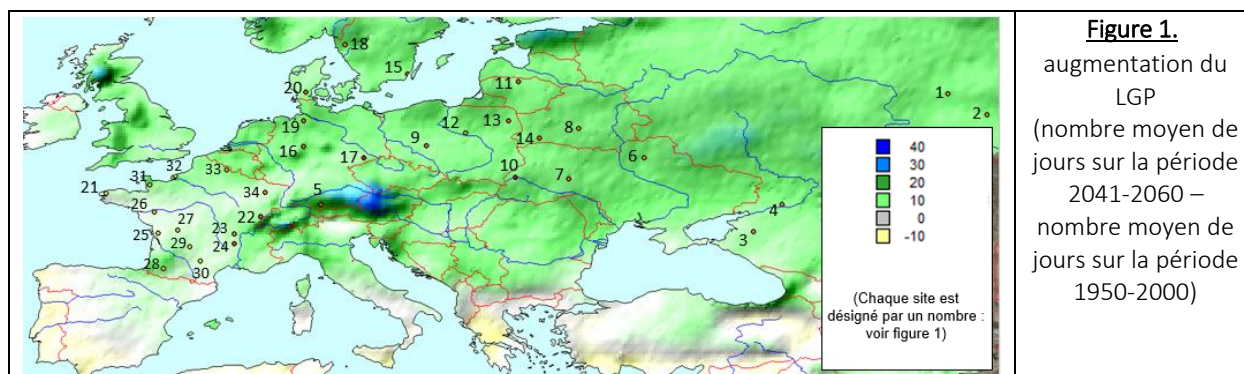
Dans la classe E (régions françaises), trois sous-classes peuvent être distinguées. La première correspond à l'Ouest de la Bretagne, peu concerné par les évolutions de température, mais avec un bilan hydrique estival en déclin. La deuxième correspond à des zones de montagne (Jura et Massif Central) où les durées de pousse pourraient augmenter, notamment par un printemps beaucoup plus précoce, mais avec une situation hydrique de fin de printemps et été défavorable. La situation semble plus difficile pour les sites du Sud-Ouest (troisième sous-classe) du fait d'une faible augmentation du LGP et d'une baisse des bilans hydriques. Cependant, la situation est légèrement meilleure au Nord de la Seine.

Enfin, la situation de la Bavière (classe B) est particulière, avec les quatre indicateurs qui évoluent positivement, tant par rapport à la prairie que par rapport au maïs.

Les données WorldClim permettent d'esquisser des tendances à une échelle géographique relativement fine, mais ne permettent pas d'étudier la variabilité climatique interannuelle qui reste un des points les plus sensibles des effets des changements climatiques sur l'agriculture et en particulier sur l'élevage.

Conclusion

Selon le RCP 8.5, et le modèle climatique du CNRM, les grandes plaines d'Europe Centrale, du Rhin au bassin du Dniepr semblent devoir bénéficier du changement climatique, avec à la fois de meilleures perspectives pour la prairie et la culture de maïs ensilage. De fait, il y a une synergie entre la dynamique de développement de la production et l'évolution du climat. Avec un bilan hydrique estival en dégradation, les évolutions semblent moins favorables pour l'Ouest et le Sud-Ouest de la France.



		LGP estimé sur 2041-2060 – LGP estimé sur 1950-2000 (jours)	Avancée de la date théorique de mise à l'herbe (jours)	Bilan hydrique au printemps : futur (2041-2060) – passé (1950-2000)	Bilan hydrique en été : futur (2041-2060) – passé (1950-2000)	Conséquences sur le maïs ensilage	Conséquences sur les prairies						
1	RUS Tatarstan	14	15	-21 mm	-30 mm	--	+						
2	RUS Bachkirie												
3	RUS Krasnodarsky Kraï												
4	RUS oblast de Rostov												
5	DEU Bavière	18	21	23 mm	10 mm	++	++						
6	UKR Nijyn	18	16	2 mm	-29 mm	=	++						
7	UKR Khmelnytsky												
8	BLR Minsk	16	19	25 mm	6 mm	+ or ++	++						
9	POL Poznan												
10	UKR Lviv												
11	LTU Siauliai												
12	POL Mazovie												
13	POL Poldachie												
14	BLR Brest												
15	SWE Kalmar							15	22	6 mm	10 mm	+	++
16	DEU Nord Rhénanie												
17	DEU Saxe												
18	SWE Götaland												
19	DEU Basse Saxe							4	5	2 mm	-19 mm	=	=
21	FRA Léon												
22	FRA Doubs												
23	FRA Monts du Lyonnais												
24	FRA Haut Vivarais												
25	FRA Saintonge												
26	FRA Mauges												
27	FRA Confolentais												
28	FRA Béarn												
29	FRA Périgord												
30	FRA Tarn												
31	FRA Bocage cotentin	7	6	-3 mm	-27 mm	- or --	= or +						
32	FRA Pays de Caux												
33	FRA Thiérache												
34	FRA Plateau Lorrain												

Figure 2. Analyse « cluster » pour 34 sites en Europe, à partir des évolutions du LGP, des températures saisonnières, des précipitations et de l'ETP.

References

- Alkaeed, O., Flores, C., Jinno, K., Tsutsumi, A., 2006. Comparison of several reference evapotranspiration methods for Itoshima Peninsula Area, Fukuoka, Japan. Mem. Fac. Eng. Kyushu Univ. 66, 1–14.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Pap. 56.
- FAO, 1996. Guidelines: Agro-ecological zoning. FAO Soils Bull. 73.
- FAO, IDF, IFCN, 2014. World Mapping of Animal Feeding Systems in the Dairy Sector. Rome.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 37, 4302–4315.
- Noury, J.-M., Fourdin, S., Pauthenet, Y., 2013. Systèmes d'élevage et changement climatique : perceptions d'éleveurs et stratégies d'adaptation aux aléas. Fourrages 215, 211–219.
- Phelan, P., Morgan, E.R., Rose, H., Grant, J., O'Kiely, P., 2016. Predictions of future grazing season length for European dairy, beef and sheep farms based on regression with bioclimatic variables. J. Agric. Sci. 154, 765–781.
- Robinson, T.P., Wint, G.R.W., Conchedda, G., Van Boeckel, T.P., Ercoli, V., Palamara, E., Cinardi, G., D'Aiotti, L., Hay, S.I., Gilbert, M., 2014. Mapping the global distribution of livestock. PLoS One 9.
- Tibshirani, R., 1996. Regression Shrinkage and Selection via the Lasso. J. R. Stat. Soc. 58, 267–288.