



HAL
open science

Le climat d'Auvergne

Emmanuel Buisson, Agnès Piquet

► **To cite this version:**

Emmanuel Buisson, Agnès Piquet. Le climat d'Auvergne. Carrère P, Doreau M, Lesage V, Piquet A. L'agriculture entre plaine et montagne;d'hier à aujourd'hui, 627-628, Alliance universitaire d'auvergne, revue d'Auvergne, 2018. hal-03177309

HAL Id: hal-03177309

<https://hal.inrae.fr/hal-03177309>

Submitted on 23 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le climat d'Auvergne

Emmanuel BUISSON¹, Agnès PIQUET²

¹ Weather Measures, Pascalis, F-63000 Clermont-Ferrand, France

² Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, Département Agricultures et Espaces, F-63370 Lempdes, France

Résumé

La climatologie de l'Auvergne est sous une double influence océanique et continentale. Les reliefs orientés nord-sud sont responsables d'importants contrastes climatiques. C'est l'une des régions françaises où la variabilité spatiale et temporelle des paramètres climatiques est la plus grande. La pluviométrie auvergnate, en tant que paramètre climatique le plus variable, est suivie par la technologie des radars utilisée dans le calcul des bilans hydriques qui sont des outils de raisonnement de l'irrigation en agriculture. Le rayonnement solaire qui est important dans la production végétale et la télédétection satellitaire, à partir du satellite géostationnaire MetSat en Europe, est une source d'informations précieuses pour l'agriculture de précision, du fait de sa haute résolution spatiale. Parallèlement, les progrès dans le domaine de la modélisation météorologique permettent de disposer de données numériques spatialisées à l'échelle kilométrique (modèle de prévision AROME de Météo France) rendant possible le suivi de l'évapotranspiration journalière d'une culture donnée à l'échelle de la parcelle. D'importants contrastes climatiques générés par le relief conduisent à une continentalisation d'ouest en est avec un accroissement de l'amplitude thermique été-hiver. Dans le cadre du changement climatique impactant les activités agricoles, des Indicateurs AgroClimatiques (IAC) thermiques ont été développés au sein du projet « AP3C » pour traduire l'information climatique en une information agronomique.

Abstract

The climate of Auvergne

The climatology of the Auvergne is under a double oceanic and continental influence. The north-south reliefs are responsible for important climatic contrasts. It is one of the French regions where the spatial and temporal variability of climatic parameters is the largest. Auvergne rainfall, as the most variable climatic parameter, is followed by radar technology used in the calculation of water balances, which are management tools for irrigation in agriculture. Solar radiation is important in crop production and satellite remote sensing, from the geostationary satellite MetSat in Europe, is a valuable source of information for precision agriculture because of its high spatial resolution. At the same time, progress in the field of meteorological modeling makes it possible to have spatialized digital data at the kilometeric scale (Météo France's AROME forecasting model), making it possible to monitor the daily evapotranspiration of a crop at the plot scale. Significant climatic contrasts generated by the relief lead to continentalization from west to east, with an increase in the summer-winter thermal amplitude. In the context of climate change affecting agricultural activities, thermal agroclimatic (IAC) indicators have been developed within the «AP3C» project to translate climate information into agronomic information.

L'Auvergne est une terre de contraste à part entière et son climat connaît une grande diversité. Une vision générale de la topographie permet de mieux comprendre la climatologie très hétérogène de cette région centrale de la France : une influence océanique sur les plateaux de l'Ouest et sur les massifs volcaniques du Cantal, du Sancy et des Dômes ; un climat de type continental sur les régions centrales, de plus en plus marqué d'Ouest en Est et une influence méditerranéenne sur la bordure Sud-Est de la Haute-Loire. Les massifs montagneux allant des Monts Dore aux Monts d'Aubrac constituent alors une franche limite climatique.

Une pluviométrie auvergnate très contrastée

Au-delà de ces grandes caractéristiques climatologiques, l'analyse plus détaillée de certains paramètres clés pour l'agriculture montre une plus grande variabilité à l'échelle du territoire auvergnat (figure 1).

L'exemple le plus frappant reste la répartition de la pluviométrie entre l'Ouest et l'Est, le Nord et le Sud de la région. Marquée principalement par l'exposition Ouest du territoire avec un relief accidenté symbolisé par les chaînes volcaniques des Monts Dore au Cantal, la pluviométrie auvergnate est très hétérogène spatialement. La figure 2 montre explicitement cette répartition des pluies à l'échelle du territoire. Cette première analyse, quoique datant de 2006, met en lumière les zones occidentales à forte précipitation puis les plaines de Limagne plus sèches du fait d'un fort effet de foehn, la pluviométrie croissante sur les Monts du Forez à l'Est avec une spécificité sur le Sud-Est de la Haute-Loire du fait de l'influence méditerranéenne caractérisée par des remontées d'épisodes cévenols à l'automne. Au Nord, Le Bourbonnais connaît quant à lui une pluviométrie plus représentative d'un climat continental.

Cette variabilité spatiale et temporelle, établie à partir de données de plus d'une vingtaine de stations météorologiques réparties à une maille régionale, est d'autant plus flagrante lorsqu'on se projette à une échelle plus locale. Le caractère hétérogène de la répartition des précipitations varie continuellement en fonction des situations météorologiques rencontrées et les trois dernières années sont un très bon contre-exemple des statistiques climatologiques. Et que dire du climat de demain avec les modifications attendues localement par le changement observé du climat à l'échelle planétaire.

Il apparaît ainsi nécessaire de pouvoir « capturer » plus localement les

signatures particulières des évènements pluvieux à l'échelle de la région. Il apparaît également qu'installer un pluviomètre tous les km² pour couvrir un territoire reste aujourd'hui complexe financièrement et opérationnellement malgré l'avènement de nouvelles technologies dans les capteurs et les communications « low cost ».

LE CLIMAT D'AUVERGNE

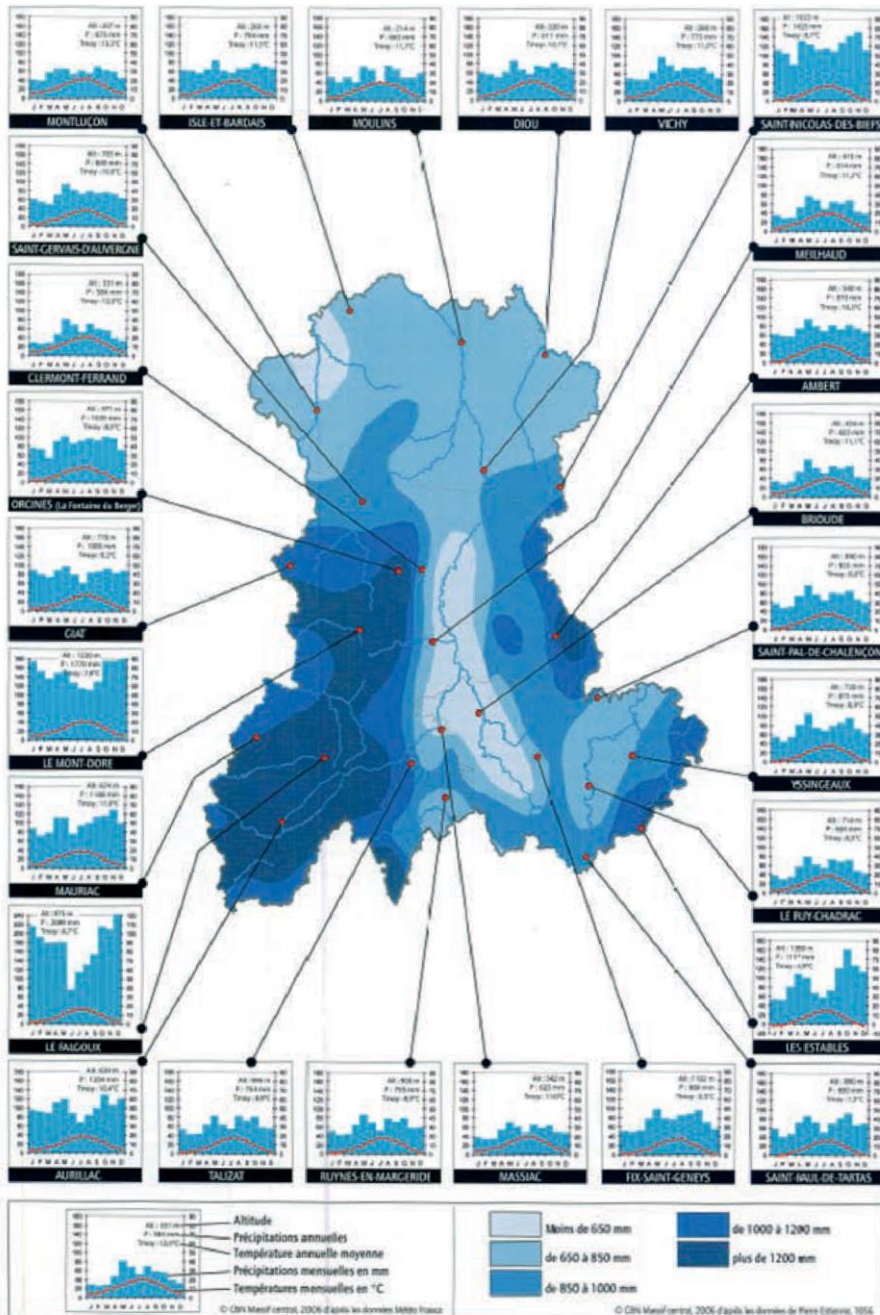


Figure 1 : Climatologie du territoire auvergnat ©CEN Massif Central 2006.

Fort de ce constat, il est intéressant de mettre en avant la technologie des radars météorologiques, qui permet à distance de localiser les précipitations

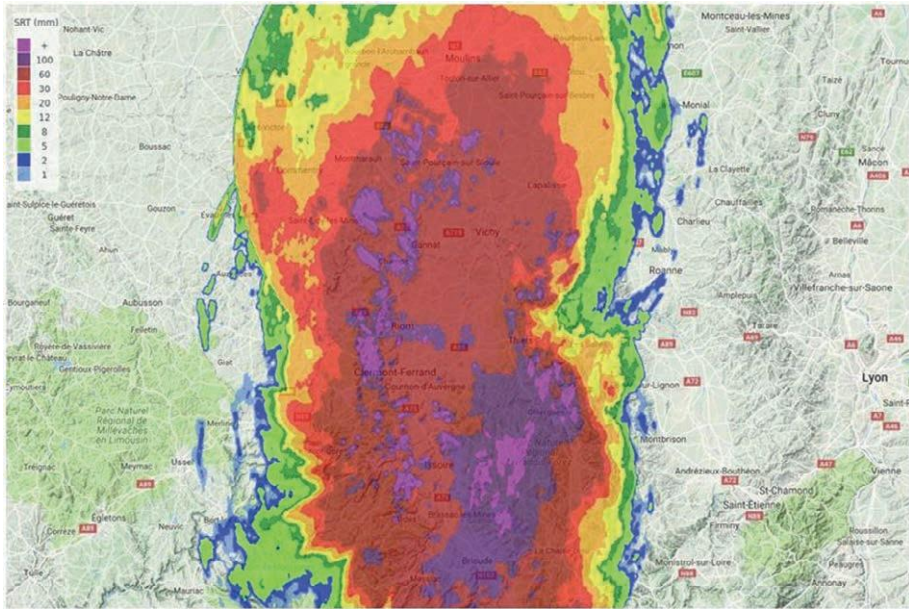


Figure 2 : Cartographie des précipitations à haute résolution sur la Limagne sur une période de 7 jours.

et de mesurer leur intensité en temps réel. Un radar météorologique est généralement installé en hauteur afin d'avoir la meilleure visibilité à 360° et a une portée utile variant de 50 à 150 km, selon la bande d'émission utilisée. Son fonctionnement repose sur l'émission d'une onde électromagnétique qui est alors réfléchi par les gouttes de pluie, comme le montre la figure 3.

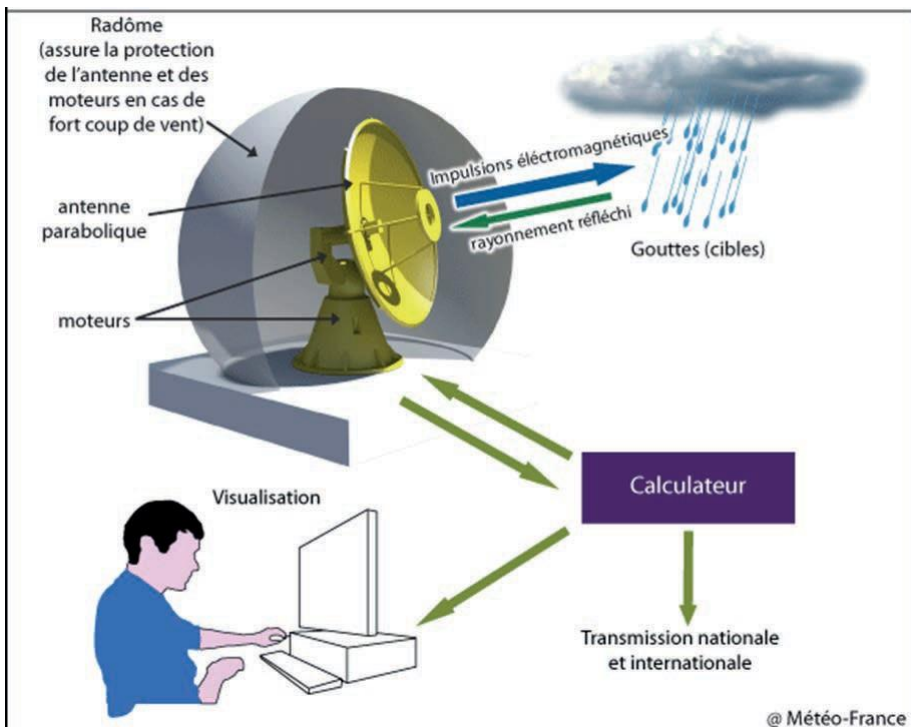


Figure 3 : Fonctionnement d'un radar météorologique depuis l'émission de l'onde électromagnétique jusqu'à la visualisation et le traitement de la donnée de pluie.

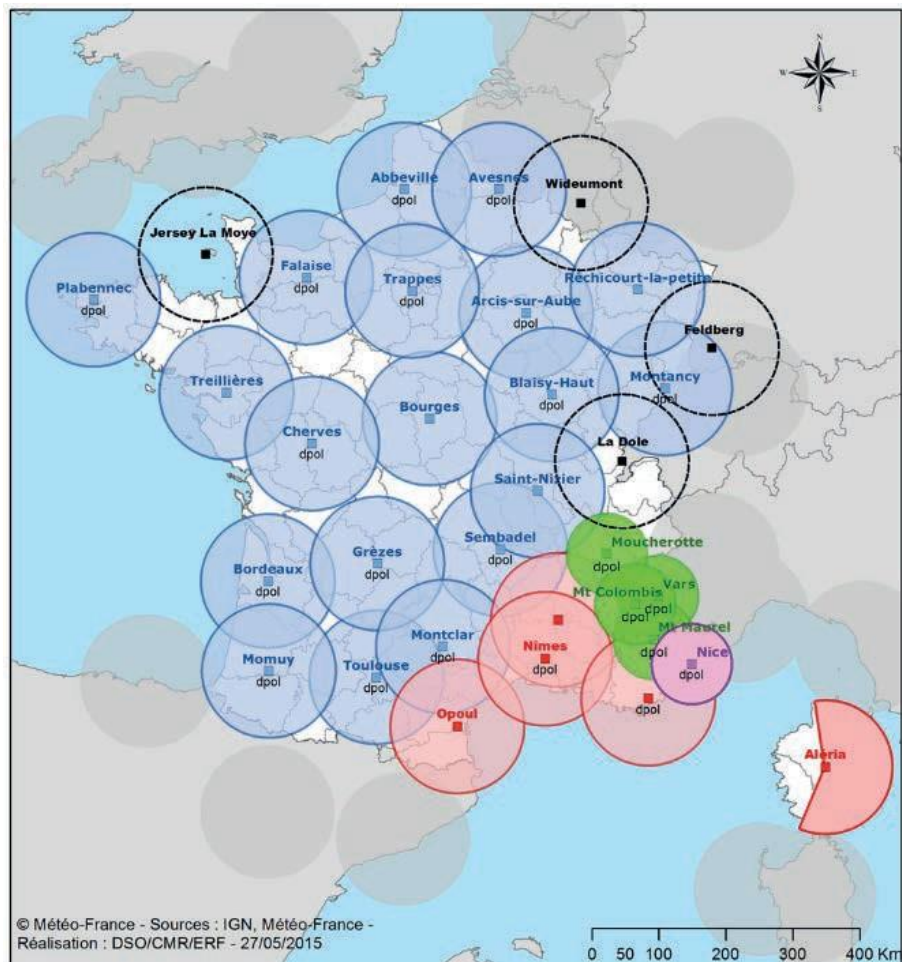


Figure 4 : Répartition du réseau de radars météorologiques en France à l'été 2015, opéré par Météo France. Les cercles représentent la portée de 150 km et 80 km pour ceux installés dans les Alpes.

Sur le territoire français, il existe un réseau d'une vingtaine de radars opérés par Météo France, comme décrit sur la figure 4. La qualité de la donnée radar en un point dépend principalement des masques générés par son environnement, telles que la topographie, la présence de bâtiments ou de végétation, les champs d'éoliennes, ... La qualité de la donnée - radar dépend également de la distance de la cible (en l'occurrence les gouttes de pluie) par rapport à la localisation du radar : en effet, plus le système nuageux est éloigné du radar, plus le faisceau de l'onde électromagnétique émise est en altitude et par conséquent il ne « voit » plus les pluies dans les basses couches de l'atmosphère.

A titre d'exemple, pour une élévation du faisceau radar de 1° , les pluies en dessous de 1500 mètres d'altitude ne sont plus vues au-delà d'un rayon de 40 kilomètres.

En Auvergne, deux radars du réseau national de Météo France sont utilisés pour suivre les précipitations en temps réel : Bourges et Sembadel en Haute-Loire. Cependant, le radar de Bourges est localisé à 150 km de Clermont-Ferrand et capture plutôt des précipitations au-dessus de 1500 mètres d'altitude ; quant au radar de Sembadel, il est installé à environ 900 mètres d'altitude et capture au mieux les pluies au-dessus de 1000 mètres d'altitude. Pour un suivi qualitatif des précipitations, les données fournies par ces deux radars peuvent être suffisantes ; néanmoins, dans le cadre d'une utilisation quantitative en agriculture de précision par exemple, la qualité des données n'est plus suffisante car des différences de 30 à 50 % sont observées sur les cumuls journaliers lorsqu'on compare à des pluviomètres localisés en Limagne par exemple.

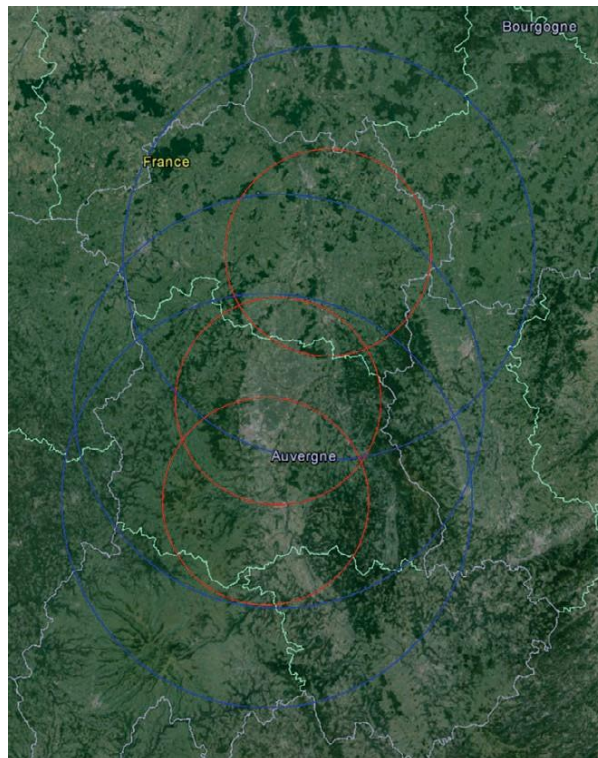


Figure 5 : Description du réseau de radars à haute résolution en Limagne. Les cercles rouges et bleus représentent la portée de chaque radar, respectivement 36 km et 72 km.



Chappes La Varenne
 Centre de recherche de Limagrain
 Hauteur d'émission : 15 mètres
 Portée : 72 km



Montoldre
 Centre de recherche Irstea
 Hauteur d'émission : 22 mètres
 Portée : 72 km



Pardines
 Exploitation agricole
 Hauteur d'émission : 12 mètres
 Portée : 72 km

Figure 6 : Localisation des trois radars météorologiques à haute résolution (pixel de 200 x 200 m²) installés en Limagne par la coopération Limagrain à Montoldre (03), Chappes et Pardines (63) opérés par Weather Measures.

Pour améliorer la qualité des données pluviométriques en Limagne, une initiative portée par la coopérative Limagrain depuis 2013 a permis d'installer un réseau de trois « petits » radars météorologiques couvrant la région de la Limagne et permettant ainsi de cartographier les précipitations à haute résolution (figures 5 et 6). Ce nouveau réseau de radars localisé a ainsi permis de remplacer une donnée radar au km² de qualité moyenne par une information pluviométrique à l'échelle de la Limagne sur un pixel de 200 m x 200 m, avec une erreur de l'ordre de 5 à 10 % en moyenne. Les images radar en « temps réel » – en réalité toutes les 5 minutes – permettent de suivre la localisation et l'évolution des pluies au fil de l'eau, puis de calculer les cumuls horaires et journaliers pour établir ensuite un bilan hydrique spatialisé à la parcelle sur tout le territoire agricole.

Le rayonnement solaire : un paramètre pas si anodin

Les conditions de croissance des cultures sont bien évidemment fortement liées aux conditions météorologiques et le soleil joue un rôle majeur dans la croissance des cultures. En effet, l'énergie transmise à la surface de la Terre par le rayonnement solaire est utilisée par les végétaux pour la photosynthèse et l'évaporation. A l'échelle d'une région comme l'Auvergne, le rayonnement solaire est souvent considéré comme peu variable spatialement et son intensité dépend principalement de la saison. C'est pourquoi le réseau de mesure du rayonnement solaire à la surface, opéré par Météo France, a été réduit à l'échelle de la France et compte aujourd'hui 162 stations, dont 12 en Auvergne et 3 dans la plaine de la Limagne (figure 7).



Figure 7 : Réseau de stations de mesure du rayonnement opéré par Météo France.

Cependant, le rayonnement solaire à la surface est un paramètre important en agrométéorologie car il est utilisé pour calculer les besoins journaliers en eau de la plante (nous aborderons ce sujet dans le prochain paragraphe). La résolution spatiale de mesures disponibles aujourd'hui via Météo France est insuffisante pour des utilisations en agriculture de précision et notamment la gestion du bilan hydrique à la parcelle et de l'irrigation. Ainsi, la coopérative Limagrain a investi depuis 2013 dans un réseau de sept stations météorologiques en Limagne, mesurant le rayonnement solaire à la surface, qui complètent les informations du réseau national. L'intérêt de disposer d'une information plus localisée réside dans la capacité de la coopérative à utiliser des outils d'aide à la décision de plus en plus précis afin d'améliorer la gestion de l'irrigation et l'optimisation des interventions au champ. A l'échelle de la région Auvergne et de la Limagne, la variabilité journalière du rayonnement solaire à la surface reste importante notamment sur la période de mars à septembre, comme le montre la figure 8, du fait de la présence de nuages et d'événements orageux localisés. Un autre exemple de l'importance de ce paramètre pour l'agriculture a été observé durant le printemps

2016. En effet, entre le 15 mai et le 15 juin 2016, la France de façon générale et l’Auvergne, bien entendu, ont connu plusieurs semaines de fortes pluies et un déficit important du rayonnement solaire à la surface, du fait de la présence en quasi continu d’une couche nuageuse dense. Les conséquences sur les rendements des cultures d’orge et de blé en 2016 ont été catastrophiques et ont mis en évidence, pour ceux qui l’avaient oublié, que le moteur énergétique de croissance des cultures reste l’énergie solaire reçue au sol.

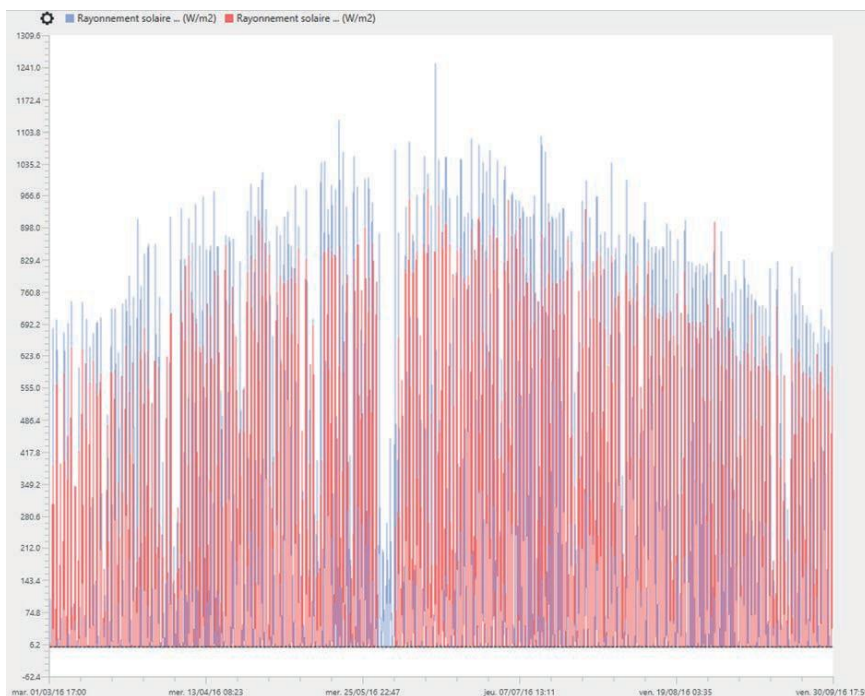


Figure 8 : Evolution du rayonnement solaire à la surface pour deux stations météorologiques localisées au Nord et au Sud de la plaine de la Limagne pour la période du 1^{er} mars au 30 septembre 2016 ©Limagrain.

L’intérêt de disposer d’une information à plus haute résolution spatiale sur le rayonnement solaire à la surface met en avant les données issues de la télédétection satellite pour lesquelles un des premiers paramètres mesuré depuis l’espace est bel et bien le rayonnement solaire à la surface en visible (durant la journée) et en infrarouge (durant la nuit). Ces données sont accessibles à partir des satellites géostationnaires par zone géographique sur le monde entier : par exemple le satellite MetSat couvre l’Europe et l’Afrique, le satellite GOES les Amériques. L’information fournie est de très bonne qualité avec une erreur moyenne de moins de 5 % par rapport à la mesure d’un pyranomètre au sol, et permet de caractériser l’hétérogénéité spatiale grâce à une résolution de l’ordre de 3 à 5 km en France (figure 9). Ce type

de données ouvre la voie à l'exploitation des informations satellite pour des applications agricoles de plus en plus précises avec des enjeux primordiaux autour du calcul du bilan hydrique de la plante, sur la gestion de l'eau, la limitation des intrants phytosanitaires, la détection des maladies et la prévision des rendements.

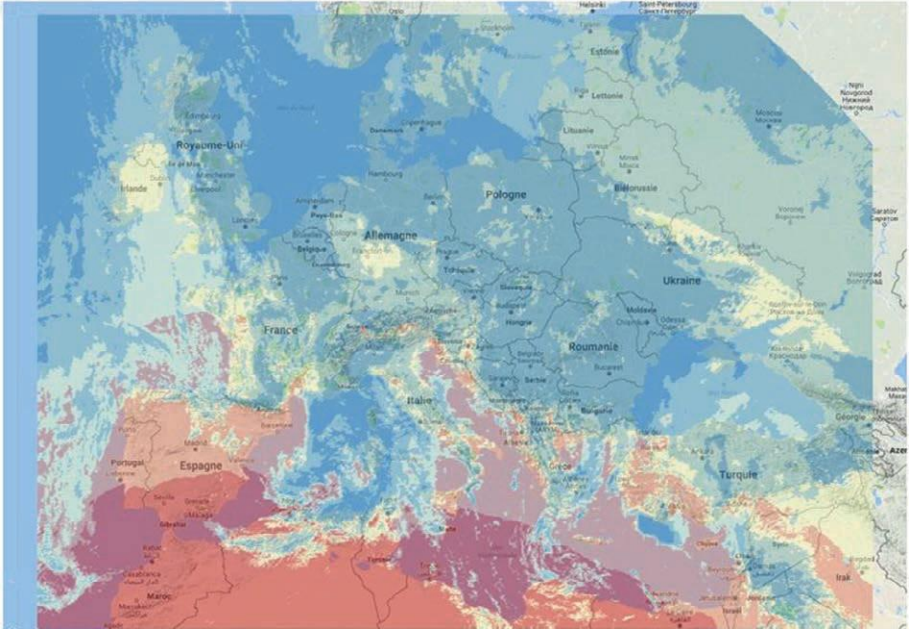


Figure 9 : Hétérogénéité spatiale du rayonnement solaire à la surface à l'échelle de l'Europe, observée depuis le satellite MetSat pour une heure donnée.

Vers un calcul de l'évapotranspiration de plus en plus localisé

Comme déjà partiellement abordée précédemment, la notion de bilan hydrique est fondamentale en agriculture pour comprendre et anticiper les besoins en eau des cultures et leur croissance. En agrométéorologie, l'évapotranspiration est le paramètre permettant de connaître l'évaporation au niveau du sol et la transpiration des plantes. Cela permet de suivre les besoins en eau des cultures au fil de l'eau (figure 10).

Cependant, l'évapotranspiration réelle $ET_{réelle}$ est une quantité impossible à mesurer à l'échelle d'une parcelle. La notion d'évapotranspiration potentielle $ET_{potentielle}$ a donc été introduite dans les années 1950 ; elle est calculée à partir de formules mathématiques plus ou moins complexes dépendant des variables météorologiques disponibles. De nombreux auteurs ont proposé des formules reposant sur des méthodes théoriques et empiriques à partir de modèles basés soit sur des facteurs agronomiques

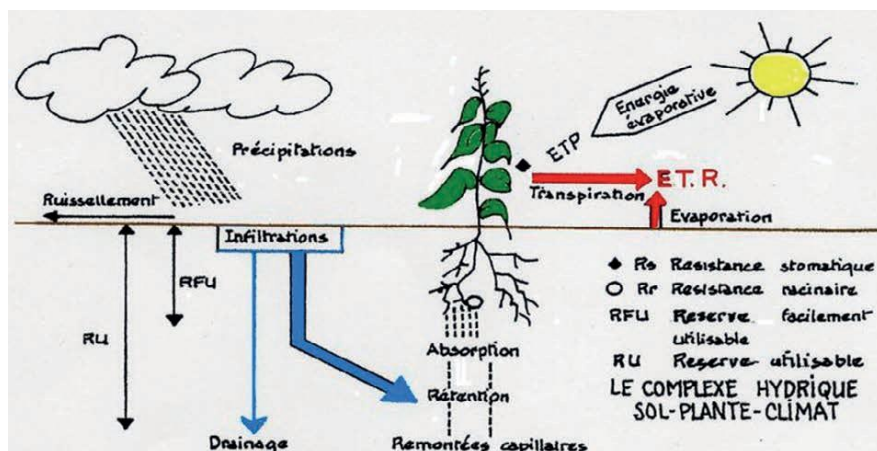


Figure 10 : Descriptif du calcul de l'évapotranspiration de référence préconisé par la FAO. Définition du processus d'évapotranspiration des plantes

et météorologiques, soit sur l'équilibre des masses d'eau, soit sur des flux énergétiques. Le concept d'évapotranspiration de référence ET_0 a également été introduit dans différentes méthodes d'estimation. C'est la valeur de l' $ET_{potentielle}$ pour une végétation choisie dans des conditions météorologiques réelles. Elle repose sur l'hypothèse qu'il existe une faible variation de l'évapotranspiration potentielle selon les différents végétaux dans des mêmes conditions climatiques.

En 1998, la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) a officiellement adopté un guide pratique pour le calcul de l'évapotranspiration de référence basé sur l'équation de Penman-Monteith. Cette formule fait appel aux données de rayonnement solaire, de température et humidité de l'air et de vitesse du vent. Les équations de Penman-Monteith sont disponibles pour un calcul de l'ET₀ à fréquence horaire, journalière et mensuelle (figure 11).

$$ET_0 = \underbrace{\frac{\Delta \times R_n}{\Delta + \gamma'}}_{\text{Terme radiatif}} + \underbrace{\frac{\gamma \times \frac{90}{T_{k_{moy}}} \times U_2 \times (e_{a(T_{moy})} - e_d)}{\Delta + \gamma'}}_{\text{Terme aérodynamique}} \quad (\text{mm/jour})$$

Figure 11 : Formule de l'ET₀ proposée par Penman-Monteith. Δ : pente de la courbe de pression de vapeur (mb/°C), R_n : rayonnement net journalier (MJ/m²/jour), γ : constante psychrométrique (mb/°C), γ' : constante psychrométrique modifiée (mb/°C), U₂ : vitesse du vent à 2 mètres du sol (m/s), e_{a(T_{moy})} : pression de vapeur d'eau saturante à T_{moy} (mb), e_d : pression de vapeur d'eau saturante à la température du point de rosée (mb), T_{k_{moy}} : température journalière moyenne (°K) (T_{k_{moy}} = T_{moy} + 273.16)

Les deux termes de l'ET₀ représentent respectivement l'évapotranspiration due à la radiation solaire – fonction du rayonnement solaire - et celle due à l'aérodynamique de l'air – fonction de la température et de l'humidité de l'air ainsi que la vitesse du vent.

A l'échelle de l'Auvergne, vu les différents paramètres météorologiques impliqués dans son calcul, l'hétérogénéité spatiale et temporelle de l'ET₀ est importante tant au niveau de la Limagne que sur les autres zones agricoles comme le Cézallier ou le Bourbonnais. Avec la même visée de disposer d'une information à l'échelle de la parcelle, le calcul de l'ET₀ à l'échelle journalière peut aujourd'hui bénéficier de données de rayonnement solaire issues de satellites à une résolution de quelques kilomètres carrés. Parallèlement, les progrès dans le domaine de la modélisation météorologique permettent de disposer de données numériques spatialisées à l'échelle kilométrique pour la France via les modèles de prévision tels que AROME de Météo France par exemple. Grâce à ces informations localisées, l'ensemble des variables utiles dans l'équation de Penman-Monteith est accessible pour une résolution de quelques kilomètres carrés. Ainsi, il est aujourd'hui possible de connaître à l'échelle de la parcelle l'évapotranspiration journalière d'une culture donnée et mieux appréhender son bilan hydrique et son besoin en eau quotidien.

Températures, une variable climatique particulièrement surveillée

La région présente d'importants contrastes climatiques générés par le relief, avec une continentalisation d'ouest en est. Cette tendance continentale se renforce ainsi avec un accroissement de l'amplitude thermique été-hiver. À altitude égale, les hivers sont plus froids et beaucoup plus secs et les étés plus chauds (la température peut dépasser 40 °C en plaine). L'effet de foehn, un phénomène météorologique créé par la rencontre de la circulation atmosphérique et du relief, engendre une amplitude thermique importante (Puy-de-Dôme, Margeride). Entre le sommet du Puy-de-Dôme et Clermont Ferrand sont aussi observées des inversions de températures provoquant des périodes de froid sec sur la ville.

Dans le cadre du changement climatique, un projet de Recherche et Développement « AP3C » a été initié en 2015, et porté par le Service Interdépartemental pour l'Animation du Massif central (www.sidam-massifcentral.fr) afin d'analyser les impacts du changement climatique sur le Massif central en vue d'adapter les systèmes de production agricole du territoire.

Ce projet crée ses propres projections climatiques et l'analyse de ces projections, particulièrement thermiques, a permis d'avancer des conclusions à l'échelle du Massif Central :

- 1- une augmentation de la température moyenne annuelle comprise entre + 4 et + 4,8 °C par siècle, plus marquée dans le Nord-Est du territoire et sur les mois printaniers,
- 2- une forte évolution du nombre de jours assez chauds (température maximale > 25°C) et
- 3- une augmentation de la variabilité des températures, avec un maintien des phénomènes de risque de gel tardif de printemps et précoces d'automne. Des Indicateurs AgroClimatiques, dits IAC, ont été développés pour traduire l'information climatique en une information agronomique. Douze IAC s'appuyant sur les données thermiques ont ainsi été définis et projetés à l'horizon 2050. Par exemple, le risque de gel hivernal diminuerait de 30 % en 30 ans.

Conclusion

Un ensemble de technologies et de modèles permettant de suivre au plus près les variations climatiques via des indicateurs climatiques et agroclimatiques ont été développés, proposant des pistes d'amélioration à court terme des pratiques agricoles et d'adaptation de ces pratiques à un contexte de dérèglements climatiques. L'agriculture est l'un des principaux

secteurs touchés par la variabilité et l'incertitude des facteurs climatiques, rendant aléatoires le rendement et la qualité des productions. A moyen terme, pour réussir l'adaptation de l'agriculture vis-à-vis du climat sur un territoire, il sera nécessaire d'engager une réflexion plus globale des filières présentes aujourd'hui afin d'aider les agriculteurs à se projeter sur la faisabilité future de leurs productions.