

A close-up photograph of golden wheat stalks, showing the intricate details of the grain heads and the texture of the awns. The lighting is warm and soft, highlighting the natural beauty of the crop.

Agriculture et climat : comment prévoir l'imprévisible

Vers une agriculture plus intelligente ?

**Épisodes de sécheresse, inondations, arrivée de prédateurs et maladies inattendus...
Le réchauffement climatique s'accompagne d'aléas imprévisibles.
Les grandes cultures souffrent. Heureusement, les agriculteurs peuvent
compter sur de nombreuses innovations.**



Le rendement des récoltes est directement tributaire des aléas climatiques.

entement mais sûrement, la planète se réchauffe. Inexorablement, quoi qu'en pensent certains climato-sceptiques, la moyenne des températures continue d'augmenter. Depuis les années 1990, le phénomène s'est même accéléré. Or, depuis 1995, les rendements agricoles, qui ne cessaient de grimper, plafonnent. Spécialement celui du blé. La sécheresse, autre tendance lourde du changement climatique, n'arrange rien. Il faut dire que la température, l'ensoleillement et l'eau sont les moteurs principaux du développement et de la croissance des plantes. Au-delà de ces deux mouvements de fond, le dérèglement climatique se caractérise par une très forte variabilité. Autrement dit, « *ce n'est pas parce*

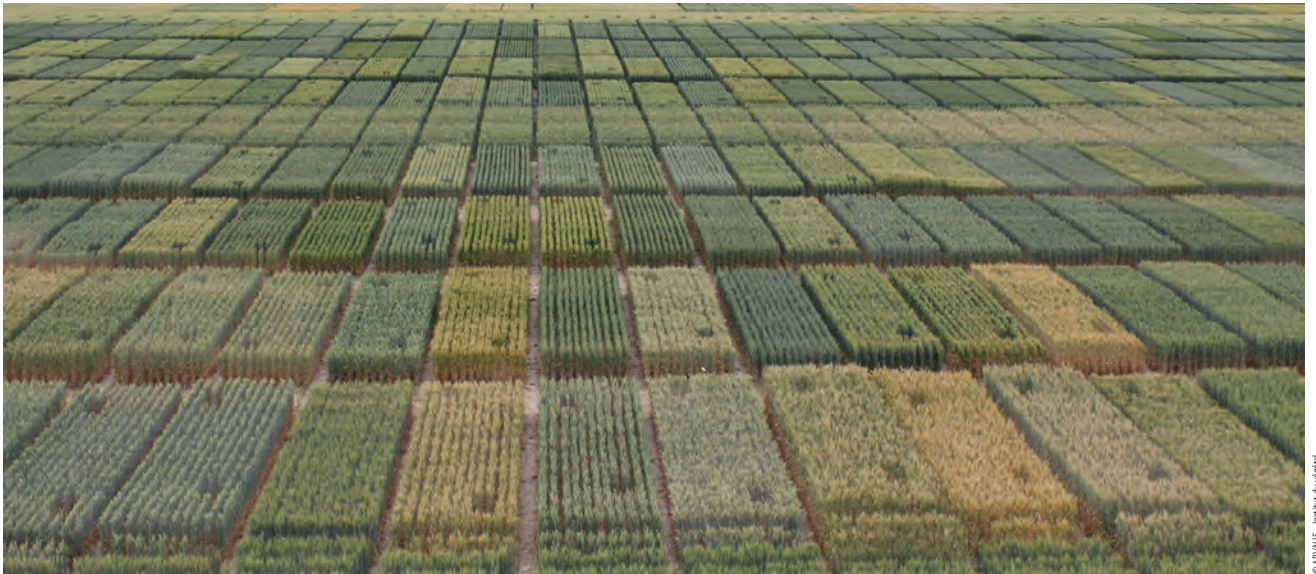
que la tendance est au réchauffement qu'il n'y aura pas une année plus froide que les autres », résume Philippe Gate, directeur scientifique d'Arvalis-Institut du végétal. Sur une longue période de sécheresse, des inondations peuvent aussi survenir, compliquant encore l'affaire. Les grandes cultures, blé et maïs en tête, peuvent-elles s'adapter ?

Des épis moins remplis

Premier levier, utilisé de longue date : la génétique. Depuis que l'on s'y intéresse, la part du rendement due à l'amélioration des plantes n'a cessé d'augmenter. Et cela continue. En 2010, l'Inra et Arvalis ont cherché à expliquer la stagnation des rendements du blé en France¹.

En combinant de nombreuses données – statistiques régionales et nationales, essais dispersés, résultats de modèles agro-climatiques construits à partir de données climatiques, etc. –, les scientifiques ont montré que le progrès génétique n'a pas décliné. Il aurait même permis d'éviter une chute des rendements. Car l'amélioration des semences a en partie été contre-carrée, à partir de 1990, par le changement climatique. Ce dernier est en effet défavorable aux rendements des céréales des climats tempérés. Pour le blé, habituellement semé à l'automne, les fortes chaleurs perturbent le remplissage des grains, tandis que la sécheresse s'oppose à la croissance des tiges. La plante forme des épis plus tôt et les récoltes

¹ « Why are wheat yields stagnating in Europe ? A comprehensive data analysis for France », N. Brisson et coll. *Field Crops Research* 119, 2010



Champ d'évaluation de variétés de blé tendre.

ont été avancées. À elle seule, l'évolution des températures paraît responsable d'une baisse des rendements français de l'ordre de 8 %. En 2003, année de canicule, le rendement des céréales a été amputé de 30 % à 40 % dans les régions les plus exposées. Or, d'après les savantes modélisations développées par les climatologues, l'année 2003 pourrait correspondre à une année classique de la période 2070-2100.

Afin d'éviter les périodes de chaleur et de sécheresse qui surviennent en fin de croissance de la plante, faudrait-il semer – donc récolter – plus tôt ? Les spécialistes parlent de « stratégie d'évitement ». Cette anticipation des semis, combinée à l'usage de diverses variétés, est déjà pratiquée. Elle n'est pas suffisante. Paradoxalement, elle implique de choisir des variétés qui résistent aussi au froid. En effet, à partir du moment où les épis sont formés, le blé devient sensible aux basses températures, inférieures à -4°C , qui ne manquent pas de survenir à ce stade de développement si l'on sème plus tôt. Les blés du futur devront donc résister aux températures extrêmes. Cette anticipation des semis expose aussi les plantes aux pucerons de l'automne, à une plus grande infestation des mauvaises herbes, à l'augmentation du risque de verse, aux maladies cryptogamiques qui surviennent à la sortie de l'hiver.

Pathogènes inconnus

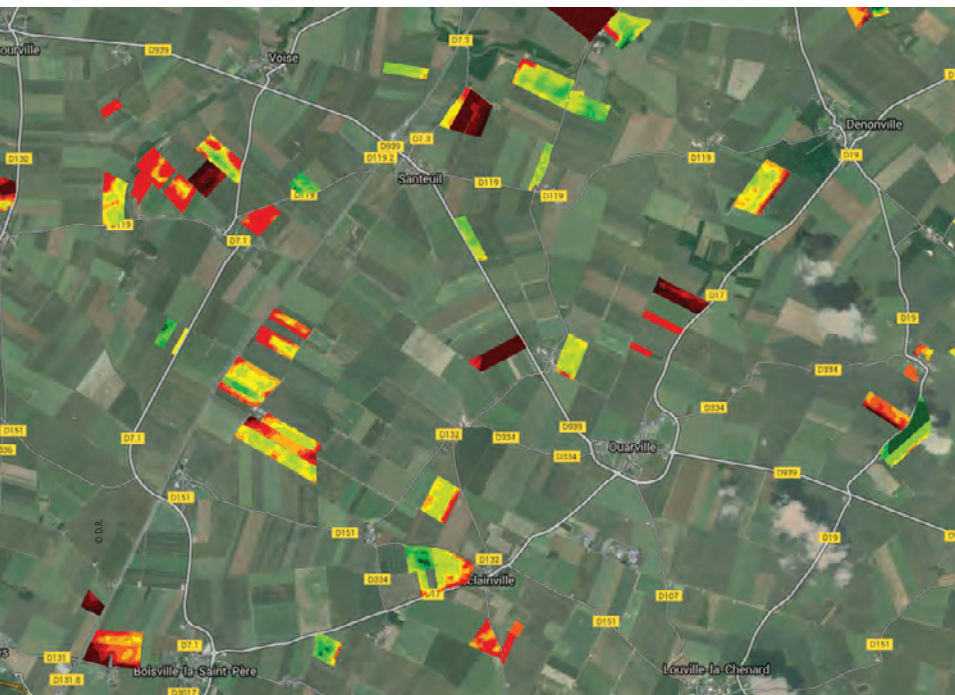
« L'année dernière, la rouille jaune a touché l'ensemble de la France, raconte Philippe Gate. Due à un champignon, cette maladie fait de gros dégâts sur le blé. Dans le Sud-Ouest, certains producteurs ne savaient pas ce qu'ils voyaient. Ils cultivent pourtant du blé depuis quarante ans ! » Habituellement présent dans le nord-ouest de l'Hexagone, le champignon *Puccinia striiformis*, de son petit nom, apprécie les climats doux et humides. Pour son cousin *Puccinia recondita*, responsable de la rouille brune du blé, c'est tout le contraire. Habituellement inféodée aux régions du Sud, la maladie peut exploser ailleurs, à la faveur d'un changement de climat. En 2007, les producteurs normands n'en ont pas cru leurs yeux. S'ils connaissaient bien la rouille jaune, nombre d'entre eux ignoraient tout de la rouille brune. Désormais, les semences doivent donc générer des plantes capables de tolérer de grands écarts de température, de résister à la sécheresse et de survivre aux attaques de pathogènes de tous poils. Les généticiens ont encore du travail.

Côté maïs, le réchauffement actuel est plutôt positif. « L'augmentation des températures est un levier positif qui permet de semer plus tôt des variétés dont la durée de cycle est plus longue, donc à plus forte capacité de production, tout en esquivant les problèmes de fin de

cycle, c'est-à-dire les fortes températures et la sécheresse », explique Philippe Gate. Ici encore, la stratégie montre des limites. Le maïs est habituellement semé au printemps. Or, plus les températures sont élevées, plus le cycle de développement de la plante raccourcit. Pour éviter des pertes de rendement dues à des cycles raccourcis, il faut sélectionner des variétés pouvant être semées encore plus tôt, donc capables de croître à de plus basses températures. Pour anticiper réellement les dates de semis, les variétés ultra-précoces devront, elles aussi, résister au froid. Que les semis aient lieu autour de l'automne pour les blés, ou autour du printemps pour les maïs, il faudra panacher les variétés sur le sol français. Car de la Bretagne à la Méditerranée, la météo varie. Le dérèglement climatique n'y change rien. Pour l'heure et à l'avenir, d'après les projections des climatologues, les bordures maritimes des régions du Nord et du Nord-Ouest sont encore préservées, spécialement de la sécheresse. Ce n'est pas le cas des régions du Centre, encore moins de celles du Sud.

Agriculture 3.0

Pour réduire l'impact de ces aléas, en plus de plantes plus adaptées, les agriculteurs connectés disposent d'outils d'aide à la décision : des OAD. Grâce à des plateformes



© Arvalis-Institut du Végétal, Terres Inovia et Airbus Defence and Space

Farmstar Expert donne la possibilité aux agriculteurs de surveiller et de gérer leurs parcelles au pixel près.

logicielles, certains savent déjà quand et quoi semer ; quand, où et combien arroser, donner de l'engrais, etc. Ces outils, qui utilisent la télédétection par satellite, tiennent compte des hétérogénéités présentes au sein d'une seule parcelle. Avec son tracteur équipé d'un GPS, l'agriculteur peut ajuster ses doses au bon moment, au pixel près. Un pixel correspond à 10 m² environ. En moyenne, en France, une parcelle de grande culture s'étale sur dix hectares, autrement dit 100 000 m², soit 10 000 pixels. Si le producteur souhaite moduler son activité au pixel près, il peut alors réaliser un véritable travail de dentelle. Aujourd'hui, Farmstar, un des outils les plus utilisés, développé conjointement par Arvalis et Airbus, couvre près de 800 000 hectares. Côté prédateurs et pathogènes, les agriculteurs peuvent compter sur le *Bulletin de santé du végétal* distribué chaque semaine via le web, sur abonnement. Il fournit un état des lieux détaillé pour chaque département. Il est construit à partir de détections réalisées sur des parcelles d'observation distribuées sur l'ensemble du territoire. De l'agriculteur au chercheur, de nombreux acteurs y

contribuent. Régulièrement, le bulletin est enrichi de modèles épidémiologiques qui simulent les situations en fonction des données climatiques et prédisent les niveaux de risques.

Capter l'azote et stocker le carbone

Les gaz à effet de serre contribuent au réchauffement climatique. Or, leur libération est en

grande partie due aux activités humaines, en augmentation depuis les années 1950. Au niveau mondial, les activités agricoles, dont l'élevage, sont responsables d'environ 14% des émissions. Le protoxyde d'azote, issu de la fabrication des engrais azotés, compte pour beaucoup. Si les outils comme Farmstar permettent déjà de réduire les apports, d'autres stratégies sont à l'œuvre. Elles visent à capter l'azote naturel. Les produits organiques, comme les fumiers ou les lisiers, peuvent se substituer aux engrais de synthèse. La rotation des cultures vient en complément. Grâce à une symbiose entre leurs racines et des bactéries, les légumineuses, comme le pois ou la luzerne, parviennent à fixer l'azote atmosphérique. Ces plantes compagnes, cultivées en amont dans le temps, peuvent restituer l'azote aux céréales, cultivées plus tard et incapables de réaliser ce travail. Puisqu'elles ne sont pas récoltées, les plantes compagnes – constituées de carbone, comme toute la matière organique – retournent au sol. Elles enrichissent l'humus et permettent de stocker du carbone. L'augmentation générale du rendement par hectare fait de même. En effet, si les grains sont récoltés, ce n'est pas le cas des pailles et des racines, biomasse qui peut aussi retourner au sol. Pour piloter la rotation des diverses cultures sur un même sol, l'agriculteur peut, ici encore, compter sur les outils d'aide à la décision. Nourrir le monde est bien devenu un métier de très haute technologie.

LA HIGH-TECH AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

Cinq mille mètres carrés couverts par huit toits roulants, plus de 350 variétés de plantes étudiées chaque année : PhénoField® a la folie des grandeurs. Situé à proximité d'Orléans et construit par Arvalis, cet équipement résulte de la collaboration de nombreux chercheurs en agronomie, physiologie végétale, robotique, bio-informatique, etc. Il permet de recréer 17 climats différents. Surtout, une foule d'appareils (lidars basés sur la télédétection par laser, caméras, spectroradiomètres, etc.) mesurent et analysent les plantes sous toutes les coutures. Développement, taille, réfléchissement des feuilles, teneur en eau, en chlorophylle, en azote, rien n'est laissé au hasard. PhénoField® permet aussi de combiner ces millions de gigaoctets pour faire parler les données génétiques de plus en plus nombreuses : s'armer pour sélectionner les plantes du futur. L'agriculture est entrée dans l'ère des big data.