

01

Bilan de campagne

Le maïs a résisté au

Les températures et la pluviométrie ont joué au « yoyo » tout au long de la campagne. Malgré ces aléas et les disparités régionales liées à des accidents locaux (températures extrêmes, tempête, grêle...), le rendement national est évalué à 83 q/ha. Un chiffre honorable porté par le progrès génétique.

Avec un rendement national estimé à 83 q/ha, inférieur de 10 % aux tendances calculées sur les 20 dernières années, et des teneurs en eau du grain faibles à la récolte, le maïs s'en sort bien compte tenu des aléas climatiques. La production nationale en maïs fourrage est aussi plus faible, avec des écarts du même ordre. Elle reste néanmoins correcte en comparaison des autres fourrages. De plus, les taux de matière sèche élevés, permis par l'offre climatique exceptionnelle de l'automne, ont participé à des valeurs énergétiques satisfaisantes, bien qu'en deçà des qualités des ensilages de maïs des dernières années.



Ces données moyennes recouvrent toutefois des disparités entre les régions et les parcelles, inégalement touchées par les déficits hydriques, les à-coups de températures et les tempêtes. Les rendements 2006 ont aussi pâti des ravageurs, en augmentation et difficiles à juguler en quasi absence de protection chimique. Les à-coups climatiques, la pluviosité du mois d'août, les fortes infestations de pyrales et sésamies, en expansion géographique, ainsi que les récoltes à surmaturité ont

localement contrarié les efforts de maîtrise de la qualité sanitaire des grains.

De façon irréfutable, les progrès génétiques réalisés en rusticité ont été mis en évidence. De même, les bonnes tenues de tige ont permis aux plantes de bien résister aux différentes tempêtes. Le maïs a montré encore une fois qu'il valorisait et supportait bien les températures élevées (particularité des plantes en C4), et ceci d'autant mieux qu'il dispose d'un minimum d'eau.

Les progrès génétiques (rusticité, tenue de tige) ont été des atouts face aux aléas climatiques.

Un cycle accéléré et soumis au « yoyo » des températures

L'année 2006 appartient aux années chaudes des 30 dernières années, voire les plus chaudes avec 2003. Le bilan largement positif de 150 à 300 degrés-jours selon les régions sur la période du 11 avril (ou 21 avril) au 20 septembre (ou

climat capricieux

20 octobre) (cartes 1 et 2) a été amplifié par des dates de semis globalement précoces (plusieurs fenêtres climatiques favorables aux reprises de sols et semis).

Il s'est traduit par des avances de stades tout au long de la culture et des dates de maturité précoces. L'excédent de températures s'est constitué irrégulièrement au cours de trois séquences climatiques: avant le 17 mai (avec une contribution de 10 à 20 % à l'excédent thermique), en juillet (50 %), et à partir du 1^{er} septembre (30 à 40 %).

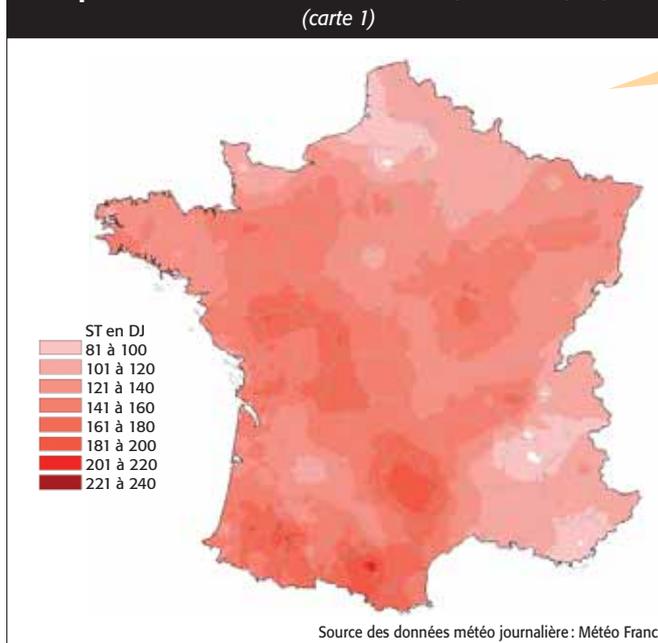
Les périodes chaudes ont alterné avec des séquences plus froides qui ont altéré les composantes de rendement. Les à-coups les plus significatifs ont concerné:

- la phase d'installation de la culture au mois de mai et juin, avec des températures minimales basses (début mai, deuxième décennie de mai et première décennie de juin).

- le mois d'août avec des températures saisonnières inférieures aux normales de 2 °C.

La campagne se singularise par des températures globalement élevées et irrégulières. Le mois de juin illustre particulièrement l'amplitude et la rapidité des enchaînements de valeurs extrêmes qui ont causé quelques accidents de différenciation des épis, parfois exacerbés par des positionnements malencontreux des désherbage de post-levée. Les températures minimales de 0 °C à 5 °C le 1^{er} juin ont été suivies de maximales qui ont dépassé les 30 °C du 10 au 13 juin. Le mois de juillet fut

Ecarts à la normale (1976-2005) des sommes de températures relevées en 2006 du 26/04 au 20/07/06
(carte 1)



Le bilan des températures, largement positif, s'est traduit par des avances de stades tout au long de la culture et des dates de maturité précoces.

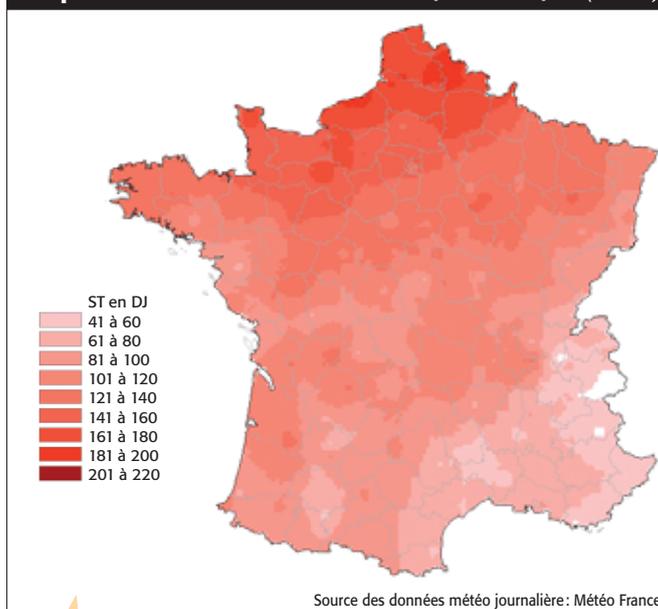
aussi redoutable. Les 20 jours de températures maximales supérieures à 30 °C et le vent fréquent ont accru les évapotranspirations potentielles à des niveaux difficiles à satisfaire.

Retour salvateur des pluies en août

Le profil hydrique de l'année 2006 fut aussi capricieux. Après un hiver sec, il a fallu attendre le mois de mars pour que les réserves utiles des sols se comblerent, que les aquifères et retenues de surface se remplissent en adéquation avec les prélèvements d'irrigation potentiels de plusieurs régions maïsicoles. La sécheresse de mai et juin a accéléré la diminution des réserves hydriques et causé des stress précoces en culture en sec. Il était justifié de démarrer tôt les premières irrigations du maïs. L'absence de pluies des deux premières décennies de juillet et les fortes évapotranspirations ont affecté la culture.

Les équipements en irrigation, la ressource en eau et les interdictions locales de pompage n'ont pas toujours permis de satisfaire les besoins des plantes durant la floraison et la période d'installation du nombre de grains, qui a coïncidé avec la période la plus chaude. Ces conditions ont causé une diminution de la vitesse de croissance. Dans les

Ecarts à la normale (1976-2005) des sommes de températures relevées en 2006 du 21/07 au 20/10 (carte 2)



Les températures clémentes de l'automne ont permis des croissances lentes et régulières des grains.

situations les plus extrêmes, des décalages de sorties de soies par rapport à l'émission du pollen (protandrie) et des accidents de fécondation et avortements se sont traduits par des stérilités partielles ou totales des épis (déjà malmenés lors de la différenciation). Les facteurs limitants de cette période cumulés à ceux des à-coups de températures froides du printemps se sont traduits par des nombres de grains par mètre carré inférieurs de 250 à 1 000 par rapport aux années antérieures.

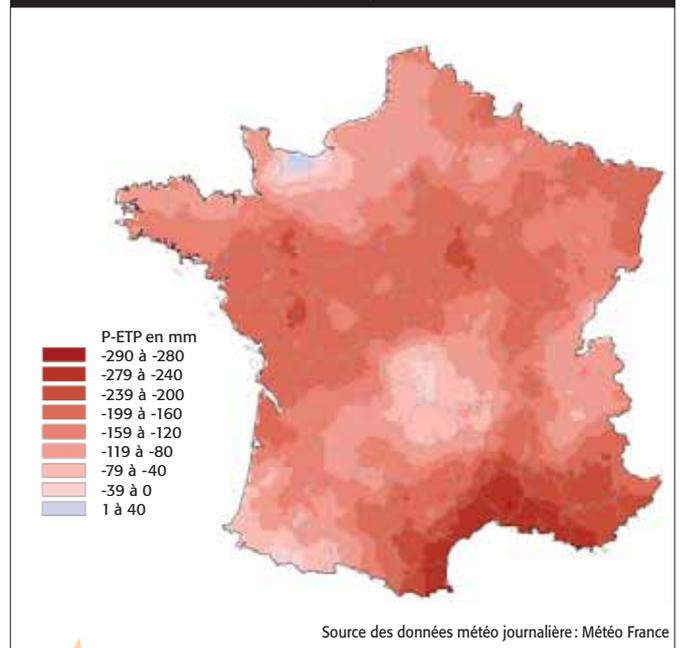
La demande climatique plus modérée et les pluies de fin juillet et du mois d'août ont apporté un répit. Les températures clémentes ont permis des croissances lentes et régulières des grains. Les indices foliaires sont restés verts et fonctionnels sur une longue période, et ceci d'autant

plus que l'offre climatique pouvait satisfaire la demande de grains moins nombreux. Néanmoins, la situation est restée très contrastée selon les régions du fait du caractère très aléatoire des orages (*cartes 3 et 4*).

Les pluies de septembre ont accompagné favorablement les fins de croissance. Le nombre élevé de jours de pluies du mois d'août (à précipitations très inégalement abondantes selon les régions), les températures fraîches d'août, puis chaudes de septembre et la très bonne croissance des grains après les stress importants qui avaient fragilisé la culture ont néanmoins eu l'inconvénient d'être favorables au développement des moisissures sur épis.

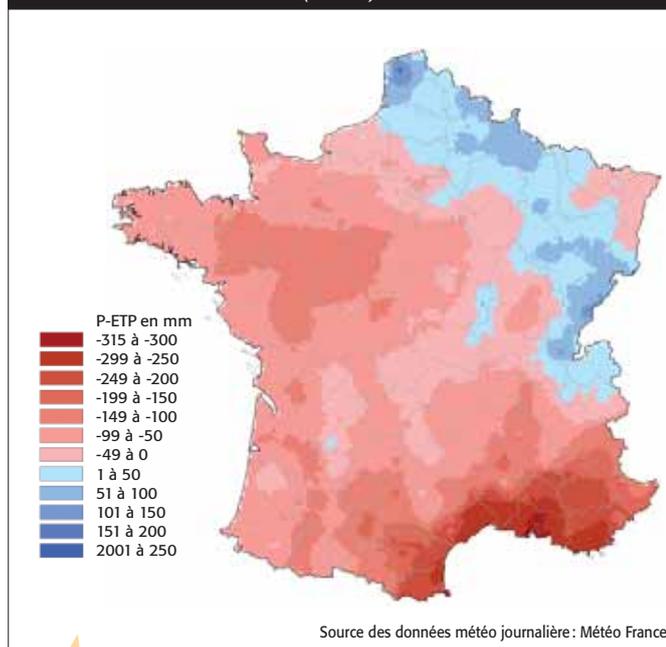
Les alternances de régimes climatiques de la campagne maïs 2006 ont souvent été

Bilan hydrique (précipitations – ETP) du 11/06 au 20/07 (carte 3)



L'année 2006 se singularise par des déficits hydriques précoces.

Bilan hydrique (précipitations – ETP) du 21/07 au 31/08 (carte 4)



La demande climatique plus modérée et les pluies de fin juillet et du mois d'août ont apporté un répit.

encadrées de gros coups de vents et d'accidents de grêle. Les tempêtes des 4 juillet au nord de la Loire, des 14, 21 et 27 juillet ont causé de la verse en végétation et de la casse de tige qui sont restées toutefois faibles eu égard de l'intensité des rafales. Celles des 17 août, 21 septembre et 3 octobre ont, elles aussi, eu des répercussions. Elles n'ont toutefois pas trop affecté les rendements compte tenu des qualités de tenue de tige des variétés cultivées aujourd'hui.

Des poids de mille grains élevés

Même si le rendement national du maïs grain est comparable à celui de 2005, il s'est construit de façon complètement différente. La *figure 1* et le *tableau 1* résument les événements qui ont le plus significativement pesé



La sécheresse, la canicule et les restrictions d'irrigation n'ont pas toujours permis de satisfaire les besoins des plantes durant la floraison et la période d'installation du nombre de grains.

L'offensive des ravageurs

Les rendements ont pâti à la fois des ravageurs typiques des années froides et des années chaudes. Les dégâts de début de végétation se sont extériorisés d'autant plus significativement que la protection phytosanitaire s'est appauvrie avec la suppression et suspension de matières actives à spectre insecticide. Les ravageurs de début de cycle ont été favorisés par les températures froides de mai et début juin, qui ont aussi exposé les parcelles plus longtemps aux dégâts. Des pertes de plantes significatives ou des destructions partielles ou totales des apex floraux ont été causées selon les régions par des taupins, vers gris, mouches, oscinies et géomyzes qui ont profité des démarrages ralentis par le froid. Les cicadelles se sont installées

rapidement avec l'élévation des températures de juin. Les infestations ont atteint des niveaux de dégradation du feuillage qui auraient pu justifier des protections plus systématiques. Quelques cas de viroses ont été observés localement dans plusieurs secteurs du Sud-Ouest. Les températures chaudes de l'été ont favorisé l'extension géographique des pyrales, sésamies et héliothis et l'accélération des cycles des pyrales, avec le développement d'une seconde génération qui a colonisé les épis dans de nombreuses régions. La pyrale a été constatée en Bretagne, Normandie et dans le nord de la France. Elle concerne désormais presque toutes les régions. L'héliothis, qui a justifié des protections en maïs doux dans le Sud-Ouest, était aussi

présente en 2006 dans la vallée du Rhône. Les seuils de nuisibilité de pyrales et sésamies en rendement ont souvent été dépassés dans les nombreuses régions de présence habituelle. Les pertes de rendement proviennent de la perturbation des migrations des assimilats causée par les galeries dans les tiges et des chutes de plantes ou d'épis suite aux coups de vent d'automne. Les dégâts de foreurs (pyrales, sésamies) ont aussi causé des pertes de qualité sanitaire. L'instauration de seuils de mycotoxines sur grain milite pour une protection phytosanitaire plus ferme, car les seuils de nuisibilité du nombre de larves par plante pour ce critère sont probablement plus faibles que vis-à-vis du rendement, notamment en années chaudes.

sur les composantes de rendement. Concernant le maïs fourrage, la biomasse de la fraction végétative a subi les facteurs limitants de début de cycle, avec des intensités variables selon les régions et les dates de semis. Elle est restée verte longtemps, excepté dans plusieurs secteurs du Centre-Ouest, du sud de la Bretagne et de Normandie. La maturation s'est accélérée en septembre, prenant de court de nombreux éleveurs. Les récoltes se sont déroulées du 15 août à la mi-octobre, avec des teneurs en matière sèche globalement élevées et des valeurs énergétiques correctes, bien que moins élevées que ces dernières années. Les rendements sont inférieurs de 2 tonnes à ceux des années à bon potentiel, avec des effets régionaux significatifs.

Mise place des composantes de rendement (tab. 1)

Composantes	Symptômes	Attribués au climat	Effets éventuels des interventions culturales
Nombre de plantes	Pertes de plantes, retard, stérilité	Ravageurs, froid, sécheresse.	Protection insecticide insuffisante compte tenu des dates de semis précoces. Choix des densités de semis.
Différenciation des épis	Avortements épis primaires, stérilité, digitation	Durée et niveau des températures minimales.	Positionnement du désherbage.
Nombre de rangs des épis	Moins de rangs	Durée et niveau des températures minimales.	
Épis et fécondation	Protandrie, nombre d'ovules par rang, défaut de fécondation, stérilité, digitation	Ralentissement de croissance suite à déficit hydrique et aux températures élevées.	Démarrage de l'irrigation parfois tardif, difficultés à compenser l'ETP.
Grains/épi	Défaut de fécondation, avortements de grains	Déficit hydrique, températures élevées et déséquilibre nutritionnel causant des ralentissements de croissance et des sénescences foliaires prématurées, verse lors de coups de vents.	Irrigation souvent limitante, protection cicadelles. Esquive pour les variétés plus tardives, Arrières-effets de conditions de reprises des sols sur la profondeur d'enracinement. Densités un peu élevées dans certaines situations compte tenu des stress hydriques.
Poids de mille grains	Normaux à élevés	Températures modérées et pluies permettant bon remplissage et maturation précoce.	Protection insuffisante vis-à-vis de pyrales et sésamies. Tenue de tige des variétés.

Les conséquences des choix techniques varient en fonction du climat.

Un profil hydrique inversé

Alors que les déficits hydriques habituels s'installent progressivement au cours de l'été, par épuisement progressif des réserves en eau, ils sont survenus au printemps et au début de l'été en 2006. Les tactiques d'esquive des périodes de déficits hydrique en août, d'économie d'un tour d'eau d'irrigation et de diminution des charges de séchage par des dates de semis et des choix de variétés plus précoces ont été mises à l'épreuve. Les résultats apparaissent néanmoins honorables. L'avancement des dates de semis de variétés plus précoces a montré des limites en mettant en exergue le risque de concordance entre des séquences froides de fin mai et début juin avec la différenciation des épis particulièrement sensible qui survient à 50 % de feuilles visibles. Cette tactique demande une grande vigilance en matière de démarrage des premières irrigations. En ef- (suite p 26)

Les insectes foreurs ont été favorisés par le climat.



© ACPM

L'avancement des dates de semis demande une grande vigilance en matière de démarrage des premières irrigations.

fet, même si les besoins en eau restent comparables entre précocités des variétés à cette période, comme les stades de variétés plus précoces s'enchaînent plus rapidement et que la phase 12 feuilles visibles à floraison est plus courte, toute rupture de satisfaction des besoins en eau peut affecter plus sensiblement la mise en place des grains par mètre carré. Les pluies tardives se sont avérées bien valorisées par les variétés à durée de cycle adaptée à l'offre de températures.

L'année 2006 a aussi montré que des dates de récoltes trop différées par rapport aux stades de maturité physiologique exposent les parcelles aux risques de verse et de dégradation de la qualité sanitaire en présence de *Fusarium* sur épis.

Les autres enseignements importants de la campagne concernent la protection



Les fusarioses ont profité de la vulnérabilité des plantes

vis-à-vis des ravageurs et fo- reurs, tant pour préserver le rendement que la qualité sanitaire de la récolte et des tiges. L'intérêt d'une protection au semis se justifie dans de nombreuses situations. un suivi plus vigilant du parasitisme et des déclenchements plus appropriés de traitements en fonction des seuils de nuisibilité constituent des voies de progrès.■

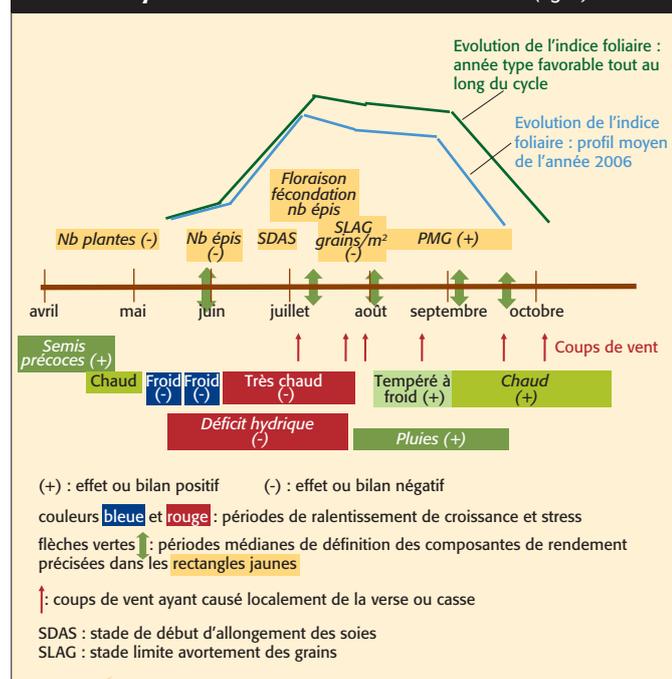
Le climat exceptionnel, stressant et saccadé de l'année 2006 a eu aussi des effets indirects sur la culture via l'agressivité de la flore fongique pathogène. Plusieurs facteurs de risque climatique de fusarioses des épis et de mycotoxines se sont cumulés au cours du cycle, amplifiant l'expression des effets des techniques culturales.

Les hypothèses actuelles sur les conditions climatiques simultanément réunies en matière d'infection et de développement des moisissures concernent :
- la fragilisation des plantes par les déficits hydriques et les stress thermiques sur la période qui s'est déroulée de 7 feuilles visibles à la fin de la phase de latence des grains (entre floraison et stade limite d'avortement des grains SLAG). La sécheresse, l'absence d'hygrométrie et les températures élevées de juin et juillet seraient selon les références bibliographiques des facteurs de risque vis-à-vis des *Fusaria moniliforme*.

- la concomitance entre la dispersion des spores de *Fusarium*, le stade de sensibilité des plantes à l'infection et des conditions favorables à la germination et propagation de la maladie. Les vents fréquents du début de l'été ont participé au transport des spores. Les pluies qui sont survenues à partir du 21 ou du 27 juillet, soit à la floraison et dans

les 15 jours qui l'ont suivie, ont constitué des facteurs potentiellement favorables à la germination de l'inoculum aérien sur les soies fraîches ou en cours de brunissement.
- l'hygrométrie et les températures douces du mois d'août ont probablement pesé sur la colonisation des pointes d'épis par *Fusarium graminearum*, alors que les températures chaudes de l'automne durant la fin de croissance des grains auraient été appréciées par la famille des *moniliforme*,
- des portes d'infection causées par des galeries de foreurs sur épis (pyrales, sésamies, héliothis), des fissurations de grains ou bien des lésions créées par d'autres saprophytes (*Céphalosporium*, *Hormodendrum*, *Fusarium*) ou brûlures. Le *Fusarium moniliforme* présent à l'état latent (endophyte) bien que moins virulent que *graminearum*, mais extrêmement opportuniste, semble dans de nombreuses situations avoir été favorisé par toutes les blessures et altérations des grains résultant des à-coups de croissance et blessures via des parasites ou pathogènes.
- les récoltes différées par rapport à la maturité ou bien parfois tardives ont pu, en allongeant la durée d'exposition des parcelles, augmenter les facteurs de risques de production de mycotoxines.

Le cycle 2006 du maïs en un clin d'œil (fig. 1)



Les événements climatiques favorables et défavorables se sont succédés pour finalement aboutir à une campagne honorable.