

Le maïs en France et dans le monde

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 01.02.Q11

octobre 2022

Mots clés : maïs grain - maïs ensilage - densité culture - température fraîche - pyrale

Au niveau mondial, en surface, le maïs est la troisième plante cultivée (160 millions d'ha environ, actuellement), après le blé (220 millions d'hectares) et le riz. Mais en quantité de grain récoltée (900 à 1 100 millions de tonnes) il dépasse le blé (700 à 800 millions de tonnes) du fait d'un rendement moyen supérieur.

Importance de la culture du maïs en France et diverses utilisations

En France, le maïs représente en moyenne aujourd'hui entre 2,8 et 3 millions d'hectares, avec deux utilisations principales : le maïs grain avec près de 55 % des surfaces et le maïs pour l'ensilage de la plante entière avec environ 45 % des surfaces. La France est le premier pays producteur européen de maïs grain ; 45 % de la production est exportée, essentiellement vers l'UE.



Les deux grandes utilisations du maïs en France : le maïs grain et le maïs ensilage de la plante entière (Photos LOAGRI)

Le maïs grain

Dans les années 1940-1950 les surfaces en maïs étaient descendues à 300 000 hectares, localisés essentiellement dans le Sud-Ouest, avec des populations locales et un rendement en grain faible, de 10 à 15 quintaux/hectare. Ces surfaces ont rapidement augmenté après 1960, pour atteindre 1,8 millions d'hectares en 2000 ; mais à partir de cette période, elles montrent une tendance à la diminution telle qu'en 2020-2021 elles atteignent environ 1,4 millions d'hectares. C'est le développement des variétés hybrides, plus productives, résistantes à la verse à maturité, et cultivées à plus forte densité, qui a permis à partir des années 1960 l'extension rapide de la culture. De plus, la mise au point par l'INRA de variétés précoces tolérantes aux basses températures du printemps a permis à cette plante d'origine tropicale d'être cultivée au Nord de la Loire, jusque dans le Nord de la France, en passant par le Bassin parisien. Dans les plaines céréalières, le maïs a alors pris une part importante dans l'assolement, au point de représenter environ 25-30 % des surfaces cultivées. Cela est dû à son rendement élevé, à sa facilité de culture, avec une culture mécanisée et un désherbage chimique bien maîtrisé (jusqu'en 2002), ainsi qu'à la quasi-absence de maladies mais des problèmes d'insectes (surtout la pyrale) dans certaines régions. Ce sont les restrictions sur l'irrigation avec le changement climatique qui expliquent une tendance à la diminution actuelle des surfaces.

Le maïs grain est surtout utilisé en alimentation du bétail (60 % au niveau mondial). Le grain est essentiellement composé d'amidon (70 %, formé par 70-75 % d'amylopectine, 25-30 % d'amylose) ; sa faible teneur en protéines (9-10 %) avec un déficit en lysine et tryptophane, deux acides aminés essentiels pour les monogastriques, fait que chez ces espèces animales, une complémentation protéique est nécessaire, par les tourteaux de soja par exemple (les tourteaux de colza apportent des protéines, mais peu de lysine et tryptophane qui sont apportés par les légumineuses).

En France, une partie de la production de maïs grain, environ 30 %, est utilisée par l'industrie (amidonnerie et semoulerie) et en alimentation humaine (dont l'huile de germe). En zone tropicale, le maïs est une plante vivrière, donc consommée par l'Homme (10 % au niveau mondial). Il existe aussi une production de sirops de glucose et de dextrose (50 % des sucres consommés par l'Homme aux États-Unis). Aux États-Unis, la production d'éthanol à partir du grain de maïs s'est beaucoup développée (25-30 % des quantités récoltées). En France cela reste beaucoup plus limité (de l'ordre de 3 %, soit environ 500 000 t).

Le maïs ensilage et la production de biomasse

En France, les surfaces consacrées à l'ensilage se sont surtout développées entre 1970 et 1985, passant donc de 100 000 hectares à 1 500 000 hectares, au point de faire du maïs la première plante fourragère cultivée pour la production de lait ou de viande. Ce développement spectaculaire de la culture pour l'ensilage de la plante entière a été dû à plusieurs caractéristiques de la plante ou de la culture : *i*) c'est une plante facile à conserver en ensilage à 30 % de matière sèche (stade grain pâteux dur), *ii*) c'est une plante qui conduit à un ensilage très appétible, à forte concentration énergétique (du fait de la présence d'environ 50 % de grain) et très digestible, et *iii*) c'est une plante facile à cultiver, à fort potentiel de production (12 à 15 t de matière sèche). La production de maïs pour l'ensilage est évidemment localisée dans les zones d'élevage, notamment en Bretagne et en Normandie.

En Allemagne, il existe une culture de maïs pour la production de biomasse qui alimente des méthaniseurs, à l'origine d'une production d'électricité. Ce sont des variétés particulières qui sont utilisées pour cette production : il s'agit de variétés tardives stériles à haut potentiel de production de biomasse, qui font beaucoup de feuilles et accumulent des sucres dans la tige.

D'autres utilisations du maïs avec des maïs "spéciaux"

D'autres utilisations du maïs existent, mais elles sont bien moins importantes que les deux utilisations qui précèdent ; elles demandent souvent des maïs porteurs de gènes particuliers. On peut citer le maïs doux ou sucré (avec le gène *su1*) utilisé comme légume en conserve, qui concerne quelques dizaines de milliers d'hectares (20 000 à 25 000), le pop-corn (10 000 hectares environ), le maïs riche en amylose et le maïs *waxy* (gène *waxy*) pour la production d'amylopectine. L'amylopectine est utilisée en industrie alimentaire, notamment pour épaissir les gelées de fruits ; l'amylose intervient notamment dans des gommages alimentaires, la préparation de films pour l'enrobage des aliments et l'encollage de papiers. L'amidon de maïs est aussi utilisé pour produire des plastiques biodégradables. Pour l'alimentation humaine, en Amérique centrale et Amérique du Sud, on peut souligner l'intérêt du maïs *opaque-2*, porteur d'un gène qui augmente la teneur en lysine et tryptophane, acides aminés indispensables pour les monogastriques.

L'évolution de la culture du maïs grain en France

Le maïs est une plante semée au printemps. Avant la Seconde Guerre mondiale, en France, il était cultivé comme une plante sarclée, c'est-à-dire une plante désherbée manuellement et cultivée à faible densité (moins de 50 000 pieds à l'hectare), avec une fertilisation limitée à une fumure organique et une récolte manuelle. Il s'agissait de populations de pays (par exemple Grand Roux basque, Jaune Gros de Ruffec...) maintenues par les agriculteurs, par une sélection des plus beaux épis. Après 1945-1950, la nécessité d'intensifier l'agriculture et l'arrivée des semences des variétés hybrides américaines dans le cadre du plan Marshall pour l'agriculture a conduit à modifier complètement la façon de cultiver : augmentation de la densité de culture, apport d'une fumure minérale NPK (azote-phosphore-potassium), et mécanisation de la récolte. Dans les années 1960, la mise au point par l'INRA des premiers hybrides précoces franco-américains a conduit à augmenter encore plus la densité de culture, pour arriver, pour ces hybrides, à plus de 100 000 plantes par hectare. Une autre modification importante de la culture est apparue, avec le désherbage chimique par l'utilisation de l'atrazine et la simazine, substances auxquelles le maïs est résistant, mais qui seront interdites en 2002. Aujourd'hui, avec l'interdiction du glyphosate, le désherbage du maïs devient un problème plus difficile à résoudre.

Pour la production de maïs ensilage, ce sont souvent les mêmes variétés que pour la production de grain qui sont utilisées (un peu plus tardives), bien que des variétés avec une digestibilité plus élevée que celle des variétés classiques existent. La densité de culture est plus élevée (+ 10 à 20 %) que pour la production de grain et peut atteindre 120 000 plantes par hectare.

Une plante à fort potentiel de production mais qui pousse l'été

Le maïs est une plante d'origine tropicale avec une photosynthèse dite en C4 (car les premiers produits de la photosynthèse sont des acides à 4 atomes de carbone, alors que la plupart des céréales à paille ont une photosynthèse en C3, les premiers produits de la photosynthèse étant à 3 carbones). Or la photosynthèse en C4 est plus efficace que la photosynthèse en C3 et demande moins d'eau. Ainsi la synthèse d'un gramme de matière sèche chez le maïs demande environ 350 grammes d'eau, alors que chez le blé il en faut environ 550. La différence entre les deux plantes est que le blé consomme une grande partie de l'eau qui lui est nécessaire avant l'été, alors que le maïs en a besoin en été, donc à une époque où elle est plus rare, d'où l'image fautive que le maïs serait une plante nécessitant beaucoup d'eau. En fait, il en consomme moins que le blé, mais à une époque où elle est une ressource rare.

Avec le changement climatique et les risques de sécheresse estivale de plus en plus fréquents, lorsqu'il n'y a pas de possibilités d'irrigation (aujourd'hui environ 25-30 % des surfaces irriguées en maïs sont en diminution), il serait plus logique de cultiver une autre plante que le maïs, plus tolérante à la sécheresse, produisant un grain pouvant le remplacer dans les aliments pour le bétail, mais actuellement moins productive, car moins sélectionnée en France : le sorgho.

Les bioagresseurs du maïs en Europe : maladies et insectes

Peu de maladies posent des problèmes importants chez le maïs. On peut citer l'helminthosporiose qui entraîne un dessèchement important du feuillage... mais maintenant de nombreuses variétés sont porteuses de gènes de résistance. Le charbon du maïs qui autrefois était un problème ne l'est plus aujourd'hui avec l'utilisation de semences de bonne qualité sanitaire. La fusariose peut être un problème, d'une part au niveau des racines et des tiges à maturité, provoquant une sénescence précoce et une verse à maturité, d'autre part au niveau des épis, surtout en cas d'attaque de pyrale avec le risque de mycotoxines sur les grains. Des variétés plus tolérantes existent.

En revanche, deux espèces d'insectes attaquant le maïs, un petit lépidoptère, la pyrale (*Ostrinia nubilalis*) et un petit coléoptère, la chrysomèle (*Diabrotica virgifera*), peuvent provoquer des dégâts importants. À noter qu'avec l'interdiction de certaines molécules insecticides en traitement de semences, le taupin, insecte du sol, devient de plus en plus un problème au stade jeune.

La pyrale est un bioagresseur du maïs présent dans différentes régions de France notamment Sud-Ouest, Poitou, Charentes et Alsace, et qui se développe avec le changement climatique ; elle est même maintenant présente dans le Bassin parisien. Dans les années 1950, il n'y avait guère qu'une génération par an ; avec l'augmentation de la température il peut réaliser deux, voire trois, générations par an, ce qui augmente les risques et les impacts des attaques. C'est un insecte dont la larve creuse des galeries dans les tiges et les épis du maïs. Selon l'intensité des attaques, la perte de rendement peut être très variable, de quelques pourcents à plus de 80 %. Or les moyens de protection sont limités : il n'existe pas chez le maïs de gènes de résistance à la pyrale faciles à utiliser ; il faut donc avoir recours soit à une lutte chimique, soit à une lutte biologique. La lutte biologique peut être réalisée de deux façons, soit par l'apport de granulés à base de *Bacillus Thuringiensis* (qui produit une toxine létale pour la larve de pyrale), soit par la distribution d'œufs d'un petit hyménoptère, le trichogramme, dont la larve se développe dans les œufs de la pyrale. Ces deux méthodes sont coûteuses d'utilisation et ne permettent pas une protection suffisante, surtout avec plusieurs générations de la pyrale dans l'année, et leur efficacité dépend beaucoup des conditions climatiques.

La meilleure protection serait obtenue par l'utilisation de variétés transgéniques produisant dans leurs tissus la toxine du *Bacillus Thuringiensis*. Il en résulterait une amélioration de la qualité sanitaire des grains, sans, ou très peu de mycotoxines dues au fusarium qui se développe dans les galeries des épis. De telles variétés résistantes représentent plus de 80 % des surfaces en maïs aux États-Unis, mais en Europe leur commercialisation est pratiquement interdite à cause de risques supposés tant pour la santé que pour l'environnement mais qui en bientôt trente ans de culture ne sont jamais apparus. Il en résulte des risques pour la qualité sanitaire des grains.

La chrysomèle est un petit coléoptère qui se développe au niveau des racines. Il existe surtout aux États-Unis où il provoque des dégâts importants ; il a toutefois commencé à se développer en France dans les années 2000 (détecté en 2002 dans le Bassin parisien, en provenance des États-Unis via les avions américains au moment de la guerre en Yougoslavie qui faisaient escale à Roissy ou au Bourget). Des mesures

prophylactiques ont permis de limiter son développement. Là encore, la meilleure protection serait obtenue par l'utilisation de variétés transgéniques résistantes, comme aux États-Unis.

Les grandes innovations génétiques chez le maïs

Le développement des variétés hybrides

Le maïs est la première plante de grande culture pour laquelle les variétés hybrides ont été développées, dès 1935 aux États-Unis et à partir des années 1950 en France. Les variétés hybrides ont remplacé les variétés populations et permis d'étendre la zone de culture de l'espèce au Nord de la France. Au départ il s'agissait de variétés hybrides doubles (croisement de deux hybrides simples), génétiquement hétérogènes, puis avec la sélection de lignées plus vigoureuses, on a pu produire de façon économique des hybrides trois voies (croisement d'un hybride simple pris comme femelle avec une lignée prise comme mâle), plus homogènes, et aujourd'hui on produit des hybrides simples (croisement de deux lignées), génétiquement homogènes, qui permettent d'exploiter au maximum la variabilité de la vigueur hybride (voir Fiche 01.04.Q03 "*Pourquoi et comment des variétés hybrides en amélioration des plantes*"). Dans le nord de la France, les hybrides ont longtemps été des hybrides "franco-américains" avec le parent femelle américain et le parent mâle français, sélectionnés l'un par rapport à l'autre. D'autres introductions de diversité ont eu lieu depuis. Cette évolution du type de variétés, avec des variétés de plus en plus homogènes, combinée à l'intensification de la culture, est à l'origine d'une augmentation spectaculaire des rendements.

L'adaptation à la densité

L'autre innovation importante, déjà mentionnée, a été la culture des variétés hybrides à plus forte densité que ce qui était réalisé avec les populations locales ; elle a permis une augmentation des rendements avec une adaptation des variétés à la densité. Cette adaptation vient surtout d'une résistance à la verse plus grande qui entraîne une augmentation du rendement mécaniquement récoltable par rapport au rendement manuellement récoltable. Aujourd'hui, ces deux types de rendement sont pratiquement identiques. Cette meilleure résistance à la verse vient de tiges plus saines, encore actives à maturité, résistant à l'invasion par le fusarium, pourrissant moins facilement. Cette meilleure santé des tiges est due elle-même à l'augmentation de la durée de vie des feuilles liée à une amélioration de la résistance à différents types de stress (sécheresse, température). En conséquence, le progrès génétique a été plus important en conditions défavorables qu'en conditions favorables.

L'adaptation aux basses températures

Cette innovation a été essentielle pour les variétés précoces, en permettant la mise en place d'une surface foliaire suffisamment importante et se produisant tôt au printemps. Cela a pu se réaliser par l'amélioration de l'aptitude à germer et à croître en conditions fraîches avec des semences de grande qualité sanitaire. Cette amélioration a permis des semis de plus en plus précoces. Aujourd'hui ces progrès, combinés à un effet du changement climatique, permettent, au nord de la Loire, de semer le maïs pratiquement un mois plus tôt que dans les années 1970 (semis vers le 15 avril au lieu de début mai), ce qui permet l'utilisation de variétés plus tardives, plus productives.

Il faudrait ajouter à ces innovations le développement de variétés transgéniques résistantes aux insectes (voir ci-dessus), mais de commercialisation pratiquement interdite en Europe.

André GALLAIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France

Ce qu'il faut retenir :

En France, depuis les années 1960, le maïs est devenu une plante essentielle pour l'agriculture et l'élevage, tant pour la production de grain que pour la production d'ensilage. En tant que plante établissant son rendement pendant la phase estivale, il est à cultiver là où l'eau ne sera pas trop limitante. Il garde sa place dans une agriculture diversifiée.

Pour en savoir plus :

- P. ANGLADE *et al.*, : *Le maïs*. In *Amélioration des espèces végétales cultivées*, A. Gallais et H. Bannerot, Ed INRA, p 89-111, 1992
- André GALLAIS : *Progrès génétique chez le maïs*. Le Sélectionneur Français 53, 23-33, 2002