

Mais grain

Comment les USA progressent en productivité

Les USA sont un producteur majeur de maïs grain dans le monde. Les travaux de prospectives engagés par ARVALIS - Institut du végétal en 2008 et 2009 ont porté sur l'évolution potentielle des surfaces et des rendements. Une série d'enquêtes sur place a permis, après l'analyse de l'historique et des pratiques actuelles, de mettre l'accent sur la cohérence des innovations et des évolutions de pratiques culturales mises en œuvre ces dernières années.



© V. Leveau / ARVALIS-Institut du végétal

Les deux tiers de la production de maïs aux USA proviennent de la Corn Belt. Cette zone, située au centre du pays, allie de très bons sols (limons profonds) à un climat continental humide très favorable au maïs et au soja. Les exploitations ont généralement des surfaces de 200 à 800 ha. La productivité du maïs y est une des plus élevées au monde avec 10,7 t/ha, sans recours à l'irrigation. Le maïs est cultivé majoritairement dans des rotations soja/maïs. La fréquence du maïs dans la rotation varie selon les rapports de « marge » entre les deux cultures. Elle est en augmen-

tation ces dernières années, avec des rotations soja/maïs, soja/maïs/maïs, voire de la monoculture de maïs. La logistique d'approvisionnement et du transport de la collecte est facilitée par le réseau des grands fleuves et via le Mississippi vers le Golfe du Mexique ou les Grands Lacs. Les zones d'élevage de porcs et de volailles comme les usines d'éthanol sont proches. Un « farmer » dispose donc souvent d'un choix multiple de débouchés. La deuxième zone de production importante aux USA, qui représente 16 % des surfaces et produit 54 Mt, se situe dans les Grandes Plaines du Centre, dans les Etats du Nebraska au nord et du Kansas

Maïs et soja sous pivot au Nebraska.

au sud. Le climat continental sous influence semi-aride à tropical, y est moins favorable : déficits de précipitations importants en août et septembre, températures maximales très élevées durant l'été (supérieures à 40 °C en août).

60 % du maïs est irrigué et obtient des rendements supérieurs à 11 t/ha. L'irrigation est principalement réalisée à partir de pompes dans la nappe Ogallala, dont le niveau s'abaisse. Le maïs, irrigué par pivot, est le plus souvent en monoculture, voire en rotation soja/maïs au nord. Lorsque l'irrigation est plus limitante, il est associé à du blé.

Sur les trois dernières années, la sole de maïs grain américain était de l'ordre de 33 Mha pour un rendement moyen de 98 q/ha et une production de 324 Mt.

Ces dix dernières années, le maïs en sec est réapparu dans les grandes exploitations agricoles du centre et de l'ouest du Kansas (des surfaces de 500 à 10 000 ha). La simplification de la conduite de culture du maïs, la stagnation des rendements du blé et du sorgho, la moins valeur du sorgho par rapport au maïs en sont les principales raisons. La proximité des *feedlots* et l'accessibilité au Golfe du Mexique constituent des facilités de débouchés.

Le dynamisme US au travers les statistiques

Les surfaces de maïs grain ont augmenté aux USA depuis le début des années 2000 et dépassent celles des années 1980, avec un record en 2006 à 35 millions d'hectares. Les rendements moyens ont régulièrement progressé, au rythme de 1,18 q/ha/an sur la période 1960 à 2009 (pente de 1,36 q/ha/an sur la même période en France). La progression depuis 1990 ressort comme plus soutenue, avec une progression moyenne annuelle de 1,47 q/ha (alors que la pente s'est ralentie en France à 1,1 q/ha/an). Comme le montre la *figure 1*, le rendement moyen des USA a évolué plus vite et de façon plus sensible qu'en France depuis la période 1993-1998. Cette augmentation est à relier à des effets positifs des conditions climatiques, du progrès génétique et des conduites de culture. La bibliographie fait état d'appréciations divergentes sur le poids de l'évolution du climat, qui aurait été relativement favorable dans la Corn Belt et du progrès génétique qui se serait

accélééré avec notamment la quasi généralisation en 10 ans des variétés OGM. L'analyse des évolutions de rendements et de surfaces dans les différents Etats permet d'exclure l'hypothèse d'un effet significatif du recentrage des surfaces dans les zones d'excellence : l'aire du maïs s'est étendue au sud et vers l'ouest, dans des situations souvent moins favorables à la culture que la Corn Belt centrale. L'effet des conduites de culture fait l'objet de moins de publications.

Le maïs américain reste un des plus compétitifs de la planète en sortie exploitation. Les coûts de production complets du maïs grain sont inférieurs aux coûts français de près d'un tiers, avec un écart en 2008 et 2009 de 30 à 50 euros la tonne. Si la variabilité des rendements est réduite en système irrigué (10 % de la production américaine), elle peut être importante dans les bassins périphériques. Entre 2008 et 2009, la production américaine a varié de 25 Mt pour une surface pratiquement équivalente.

Les zones d'excellence valorisent toutes les innovations

La rente de situation pédoclimatique de la Corn Belt favorise la compétitivité du maïs et du soja. Toutefois, les pluies, et l'engorgement des sols au printemps (anciens marais drainés) ainsi que la présence de la chrysomèle constituent des facteurs limitants agronomiques.

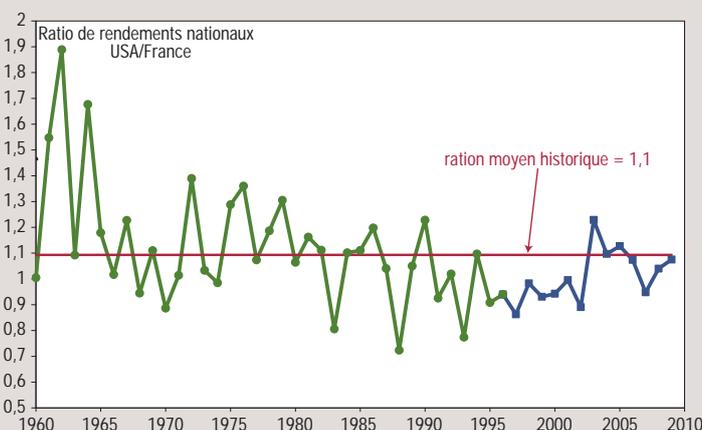
Les USA représentent 40 % de la production et 60 % des exportations mondiales de maïs grain.

Le soja permet une coupure, l'étalement des chantiers de semis et récolte et est moins lourd en avance de trésorerie. Enfin, le ratio de prix de vente entre les deux cultures intervient dans les décisions d'assolement.

La monoculture de maïs a augmenté ces dernières années. Les besoins colossaux en maïs des usines d'éthanol (plus de 100 millions de tonnes aujourd'hui) alliés à l'augmentation des rendements a rendu le maïs plus attractif. Dans le même temps, le soja est devenu moins intéressant pour la rotation : l'apparition d'un « variant soja » de la chrysomèle qui couvre aujourd'hui tout le centre des USA, et l'utilisation de variétés OGM tolérantes à « *corn root worm* » asso-

Les usines d'éthanol US sont proches des zones de production et constituent l'un des débouchés des *farmers*.

Figure 1 : Evolution du ratio entre le rendement moyen du maïs grain des USA et de la France



Depuis la période 1993-1998 : le rendement moyen des USA a évolué plus vite et de façon plus sensible qu'en France.



© V. Leveau, ARVALIS - Institut du végétal

ciée à l'utilisation des traitements de semences ne rendent plus la coupe du soja nécessaire.

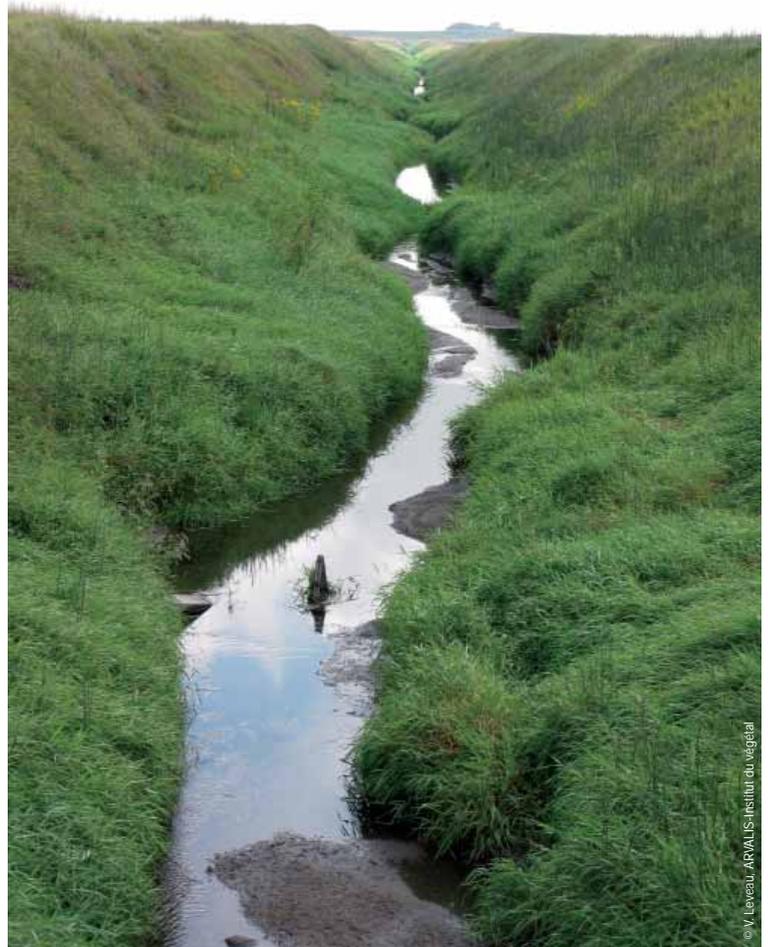
Les techniques de travail du sol sont diversifiées et vont vers une simplification. Les américains sont sensibilisés aux risques d'érosions élevés dans un climat assez violent. Travail profond, superficiel et *strip till* cohabitent selon les exploitations, sauf en sols lourds et humides.

Tout l'itinéraire technique est dominé par la simplification : les apports d'azote sont effectués en novembre sur les sols gelés puis complétés au semis. Les doses sont comparables à celles de la France pour les mêmes potentiels. Les semis sont de plus en plus précoces et groupés avec des débits de chantier rapides pour gérer des surfaces élevées et peu de jours disponibles entre le 15 avril et le 15 mai. Les dates de semis ont été avancées de 15 jours au cours des 30 dernières années, surtout depuis les années 2000. Les précocités de variétés et le climat permettent des récoltes à des teneurs en eau comprises entre 17 et 22 %

début octobre. Les densités de semis sont optimales, avec des peuplements en augmentation de 75 000 à 90 000 plantes/ha selon les indices FAO utilisés (de 600 à 400).

L'augmentation des performances résulte d'une intensification générale des facteurs de production et des moyens de protection à laquelle les OGM ont participé.

Les sols de la Corn Belt sont constitués d'anciens marais, drainés. Ils sont facilement engorgés au printemps.



© V. Laveau, ARVALIS-Institut du végétal

La protection de la culture a progressé et est aussi parfaitement maîtrisée. En désherbage, l'accès à de nombreuses matières actives, dont l'atrazine - toujours utilisée - et le glyphosate, avec une solide base de

prélevée positionnée tôt au printemps, ne laisse rien au hasard. La protection de la culture combine les traitements de semences (fongicide et insecticide avec Gaucho, Cruiser ou Poncho) et des variétés OGM tolérantes à la pyrale comme à la chrysome. L'apparition de variétés OGM à « traits » multiples, permettant de limiter les surfaces des zones refuges pour la pyrale et de combiner plusieurs tolérances herbicides devraient permettre de limiter l'apparition de résistances. L'helminthosporiose et l'antrachnose conduisent dans de nombreuses situations à des protections fongicides aériennes. Les enquêtes auprès de producteurs confirment une intensification liée à la levée des facteurs limitants, associée à un coût des semences supé-

rieur et au prix du maïs plus élevé. Les conduites de culture actuelles, optimisées, laissent peu de marges de progression des rendements.

Le *no till* et les variétés RR ont allongé les rotations au Kansas

Si les conditions de culture à l'Est du Kansas sont assez comparables à celles de la Corn Belt, elles sont beaucoup plus limitantes lorsque l'on progresse vers l'ouest. La culture du maïs s'est pourtant développée ces 15 dernières années, notamment en culture pluviale, en dépit de rendement pouvant varier de 0 à 5 t/ha. La production du maïs a été multipliée par deux. Les innovations techniques, le marché favorable avec des débouchés de proximité et la gestion de risques à travers les assurances chiffre d'affaires, notamment, ont permis ce développement.

Sur le plan technique, le non travail du sol (« *no till* »), le progrès génétique constant en matière de régularité de rendements sous contraintes hydriques et les variétés OGM tolé-





Le mulch des chaumes (ici dans le Kansas), via la technique du *no till*, limite le dessèchement des sols à l'interculture.

rantes au Round Up (dites variétés RR, pour Roundup Ready) a permis d'allonger les rotations en sec et de passer d'une culture sur deux ans, jachère/blé, à deux cultures sur trois ans, jachère/blé/maïs ou sorgho. Le recul du sorgho, pourtant reconnu pour sa rusticité face à la sécheresse, s'explique également par des difficultés d'implantation, de désherbage et la faible flexibilité des dates de récolte.

Le *no till* est motivé par la nécessité de limiter les risques d'érosions éolienne et pluviale comme pour conserver de l'humidité dans le sol dans des zones où la pluviométrie peut être inférieure à 400 mm par an. Il s'est généralisé avec les progrès de mécanisation des semoirs (à disques). Il réduit le nombre d'interventions comme la puissance d'équipement à l'hectare, et améliore la productivité du travail... Grâce au mulch des chaumes laissés en place (non travail du sol), 40 à 50 mm sont conservés dans le sol par limitation de l'évaporation durant l'interculture et en début de cycle du maïs. La maîtrise des adventices durant l'interculture (pour gérer le stock d'eau et limiter les stocks grainiers) est réalisée par des applications de glyphosate.

Apportant efficacité et souplesse en post-levée, les variétés de maïs RR a été rapidement adopté. Les dégâts de pyrales, dont l'absence de broyage et le travail du sol ne permettent pas de prophylaxie, sont maîtrisés par les variétés Bt. Comme dans la Corn Belt, les choix techniques sont optimisés. Les stratégies d'esquive des déficits hydriques et des excès thermiques du mois d'août intègrent l'avancement des dates de semis et le choix de variétés précoces selon les disponibilités en températures. L'utilisation cohérente de ces innovations a permis de lever des facteurs limitants à la culture du maïs dans ces zones, tout en simplifiant les itinéraires (figure 2 et 3). ■

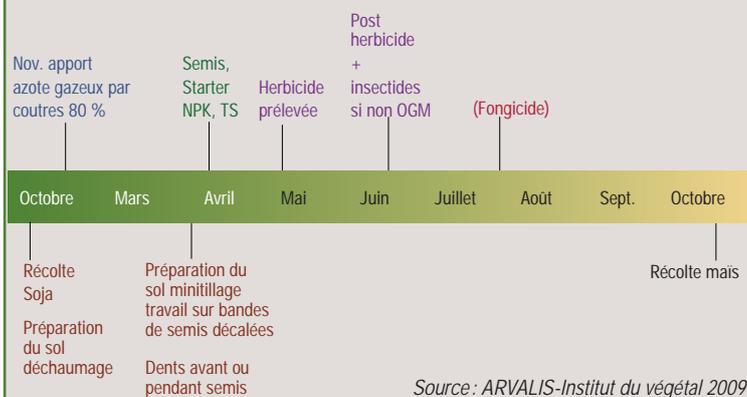
Josiane Lorgeou,
j.lorgeou@arvalisinstitut
duvegetal.fr

Valérie Leveau,
v.levreau@arvalisinstitut
duvegetal.fr

Jean-Paul Renoux,
jp.renoux@arvalis
institutduvegetal.fr
**ARVALIS-Institut
du végétal**

D'après le travail de
Benoît Pages et
Alexis CLemens

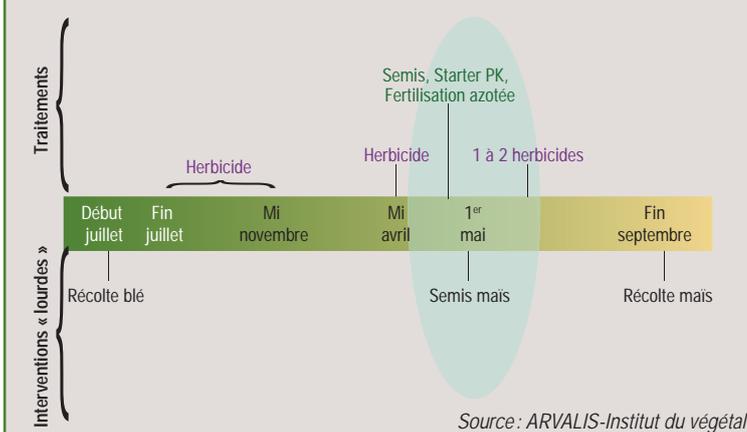
Figure 2: Exemple d'itinéraire technique maïs en Illinois



Dans l'Illinois, les techniques de travail du sol se diversifient, évoluant vers une simplification.

Des enquêtes sur place ont permis de recueillir l'expertise des acteurs, de mieux connaître les conduites de culture et d'estimer des coûts de production dans des bassins de production représentatifs.

Figure 3: Exemple d'un itinéraire technique maïs dans l'Ouest du Kansas



L'avancement des dates de semis et le choix de variétés précoces sont utilisés comme stratégies d'évitement des déficits hydriques.