

**AFPP – 11^e CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

EVALUATION DE LA NUISIBILITE DES RAVAGEURS DU MAÏS EN FRANCE

J-B. THIBORD⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL - 21 chemin de Pau - 64 121 Montardon - France
jb.thibord@arvalis.fr

RÉSUMÉ

La diversité et l'abondance des espèces nuisibles aux cultures varient principalement selon les secteurs géographiques, les itinéraires techniques et les conditions climatiques. Une description précise des itinéraires techniques et des conditions de production du maïs grain et du maïs fourrage a été réalisée et a permis de décrire pour différents ravageurs les surfaces concernées, la fréquence des attaques et l'intensité des pertes en cas d'attaque. Ce travail d'expertise permet ainsi d'évaluer l'incidence des principaux ravageurs – en absence de protection – sur la production de maïs grain et de maïs fourrage dans les différentes régions françaises et plus globalement au niveau du territoire.

En France, les principaux ravageurs du maïs sont les taupins, la pyrale du maïs, la sésamie, les corvidés. Il convient d'ajouter à cette liste la géomyze, l'oscinie et les vers gris dont les attaques sont moins fréquentes mais peuvent être très dommageables lorsque les conditions deviennent favorables à leur présence. En cumulant les dommages potentiellement occasionnés par tous les ravageurs, les pertes maximales s'élèveraient à 17.5% de la production de maïs grain et 9.4% de la production de maïs fourrage.

Mots-clés : Nuisibilité, ravageurs, maïs.

ABSTRACT

EVALUATION OF CROP LOSSES DUE TO PESTS ON MAIZE PRODUCTION IN FRANCE

Diversity and abundance of pests depend on location, technical practices and weather conditions. A description of the technical practices and growing conditions for grain and silage maize production was carried out and allowed to describe for various pests the areas concerned, the frequency of damages and the crop losses. This expert work allows us to evaluate the impact of the main pests - with no crop protection against pests - on the production of grain maize and silage in several French regions and at national level.

In France, the main pests of maize are wireworms, European corn borer, Mediterranean corn borer and birds. *Geomyza tripunctata*, *Oscinella frit* and cutworms could be added to this list because these pests can be very damaging when conditions become favorable to their presence. By combining the damage potentially caused by all pests, the maximum losses would be 17.5% of the grain maize production and 9.4% of the silage production.

Keywords: Crop losses, pests, maize.

INTRODUCTION

Parmi la biodiversité animale présente dans les champs, seule une minorité d'espèces présente un régime phytophage. En se nourrissant, les individus de ces quelques espèces occasionnent des déprédations qui peuvent entraîner des dommages aux plantes cultivées. Ces espèces sont communément regroupées sous le terme de nuisibles ou de ravageurs des cultures.

La nuisibilité occasionnée par un ravageur correspond à la différence de production, sur les plans de la quantité – le rendement – et de la qualité des produits, entre une culture manifestant des dommages suite à la présence du ravageur et la même culture, cultivée dans des conditions égales mais ne subissant aucun dommage de la part de ce même ravageur (d'après *Oerke, 2004 ; Oerke, 2006 ; Savary & al. 2006*). La nuisibilité varie selon le ravageur, le type de dommage qu'il occasionne à la plante (dégâts directs entraînant un affaiblissement mécanique ou physiologique de la plante, transmission de virus, blessure favorisant des pathogènes...), de l'abondance de population de l'espèce nuisible, de la sensibilité de la culture au moment de la présence du ravageur (stade de développement, état végétatif) et des conditions de développement de la culture après l'attaque (conditions météorologiques).

Compte tenu de la diversité des ravageurs et des multiples facteurs qui influencent leur comportement et l'incidence de leurs attaques sur les plantes cultivées, il est difficile de connaître précisément la nuisibilité que les ravageurs occasionnent à une culture.

De nombreux contributeurs ont œuvré pour évaluer la nuisibilité des différentes catégories de bioagresseurs (adventices, maladies fongiques, ravageurs, virus) aux principales plantes cultivées au niveau de grandes zones géographiques (*Chiarappa 1971 ; Oerke, 2006 ; Popp, 2012*) ou à l'échelle d'un pays (*Dhaliwal, 2010 ; Oliveira, 2014*). Concernant la production de maïs, *Oerke* estime que la perte potentielle de rendement imputable à la présence de ravageurs serait comprise entre 12 et 19% selon l'aire géographique considérée. En moyenne dans le Monde, la nuisibilité des ravageurs du maïs serait de 15.9% (sans tenir compte de la nuisibilité induite par les virus).

Cette estimation est globale et ne permet pas d'évaluer les incidences des différents ravageurs. De plus, aucune donnée n'est disponible concernant le maïs à l'échelle de la France.

La nuisibilité de chaque ravageur peut être mesurée dans des expérimentations réalisées au champ en comparant le rendement obtenu dans une modalité protégée et le rendement obtenu dans une modalité témoin dénuée de protection contre le ravageur ciblé. Cependant, chaque expérimentation étant réalisée dans des conditions climatiques et d'abondance de ravageurs données (souvent dans des situations très favorables à une présence abondante du ravageur), les résultats sont difficilement extrapolables en dehors du contexte dans lequel ils ont été acquis. Ces résultats permettent en revanche de consolider une expertise acquise plus largement dans des milieux variés et sur plusieurs années dans des conditions climatiques différentes.

Arvalis dispose d'une description fine des conditions de milieux et des itinéraires techniques pratiqués en France pour les cultures de maïs grain et de maïs fourrage. Ces informations proviennent d'un travail de recensement de l'expertise collective initié en 2006 et dont la dernière mise à jour a été réalisée en 2015. L'objectif de cette étude est d'analyser les informations disponibles pour évaluer les pertes potentielles de rendement – pertes quantitatives – occasionnées par les principaux ravageurs du maïs, globalement à l'échelle nationale mais aussi par ravageur à l'échelle des régions agricoles.

b) Description de chacun des segments

La deuxième phase a consisté à décrire aussi précisément que possible les conditions de milieu et de culture du maïs au sein de chacun des segments. La description a été réalisée en recourant à des informations issues de bases de données (statistiques agricoles, données météorologiques...) puis en complétant par des informations recueillies auprès d'experts. Pour cela, les ingénieurs régionaux d'Arvalis ont consigné leurs connaissances propres et celles fournies par d'autres experts de leurs zones (personnes référentes d'organismes de collecte ou d'organismes de développement). Ce travail a été initié en 2006 et s'est poursuivi au fil des années afin de proposer une description précise des pratiques culturales et des conditions de milieu pour la production de maïs grain et de maïs fourrage en France. La dernière mise à jour des données a été réalisée en 2015.

Tableau I : Données descriptives des segments de maïs grain et maïs fourrage

Domaine	Thème	Sources
Statistiques agricoles	Surface, production	RGA, SCEES
Itinéraires techniques	Systèmes de culture Travail du sol Conduites de cultures maïs grain / maïs fourrage	RGA, Enquêtes pratiques culturales SCEES, Experts
Facteurs du milieu	Météo Sol Adventices Ravageurs	Météo France Base sols, Experts Experts Experts
Economie	Charges opérationnelles (maïs, autres cultures)	Services économiques, Experts

c) Informations relatives aux ravageurs

De nombreux ravageurs ont été observés sur maïs en France (Naïbo, 1996). Cependant, seuls 11 ravageurs ou groupes de ravageurs ont été retenus dans le cadre de ce travail :

Ravageurs telluriques :

- Taupins *Agriotes spp.*
- Scutigérelles *Scutigera immaculata*
- Mouche des semis *Delia platura*

Ravageurs aériens de début de cycle du maïs :

- Oscinie *Oscinella frit*
- Geomyze *Geomyza tripunctata*
- Pucerons *Metopolophium dirhodum, Sitobion avenae, Rhopalosiphum padi*
- Cicadelles *Zyginidia scutellaris*
- Corvidés *Corvus spp.*

Ravageurs lépidoptères :

- Vers gris *Agrotis spp.*
- Pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*
- Sésamie *Sesamia nonagrioides*

D'autres ravageurs sont susceptibles d'occasionner d'importants dégâts (ex : limaces, nématodes) mais les informations disponibles auprès des experts n'étaient pas suffisamment précises. Ces ravageurs n'ont pas été intégrés dans cette étude d'expertise.

La présence et les risques encourus pour chaque ravageur retenu dans le cadre de cette étude ont fait l'objet d'une description précise pour tous les segments préalablement définis. Cette description a été réalisée sur 3 critères :

-[% surface concernée] : Pourcentage de surface de maïs grain ou fourrage concernée par la présence significative du ravageur par rapport à la surface totale de maïs grain ou fourrage dans le segment. La

présence du ravageur est considérée comme significative lorsque celui-ci est susceptible d'occasionner une perte économique ($\geq 1\%$).

- [% pertes] : Pourcentage moyen de pertes occasionnées par le ravageur lors d'une année à forte attaque au sein de la surface concernée par la présence du ravageur et en absence de protection insecticide. Cette information est éventuellement consolidée par des résultats d'expérimentations (acquis dans le segment ou dans d'autres segments).

- [Fréquence] : Nombre d'années (sur 10 ans) au cours desquelles le ravageur réalise des attaques significatives ($\geq 1\%$) exprimé en pourcent (ex : 5 années sur 10 = 50%).

Ces informations permettent de calculer des indices de risques pour chaque ravageur et pour chaque segment :

- [Indice de perte maximum] = [% surface concernée] x [% pertes] ; cet indice correspond au niveau de pertes maximales subies au cours d'une année pendant laquelle le maïs est exposé à une forte abondance de population du ravageur occasionnant des attaques intenses aux cultures.

- [Indice de perte moyenne] = [% surface concernée] x [% pertes] x [Fréquence] ; l'indice de perte moyenne correspond aux pertes subies en moyenne pluriannuelle par la culture en tenant compte de la variabilité de l'intensité des attaques du ravageur selon les années.

Les valeurs de ces indices peuvent être traduites en pourcentage de pertes imputables à chaque ravageur.

Les informations ont ensuite été intégrées dans le système d'information géographique Géoclip afin d'éditer des cartes pour les différents ravageurs.

En pondérant ces indices par la surface ou la production de maïs de chacun des segments, il est possible d'évaluer l'incidence de chaque ravageur au niveau national.

RESULTATS

Les résultats sont d'abord présentés sous forme de cartes (cf. figure 2a, 2b) pour évaluer la répartition géographique des six principaux ravageurs ou groupe de ravageurs.

Ensuite, les informations renseignées pour chaque segment ont été utilisées pour calculer l'incidence globale de chaque ravageur pour la France entière après pondération par la surface cultivée et le niveau de rendement moyen du segment. Cela permet notamment de comparer l'importance relative des dégâts occasionnés par les principaux ravageurs et d'évaluer les pertes potentielles pour la production nationale.

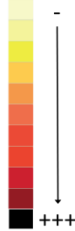
REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX RAVAGEURS DU MAÏS

Figure 2a : Indice de perte moyenne Mais grain (gauche)

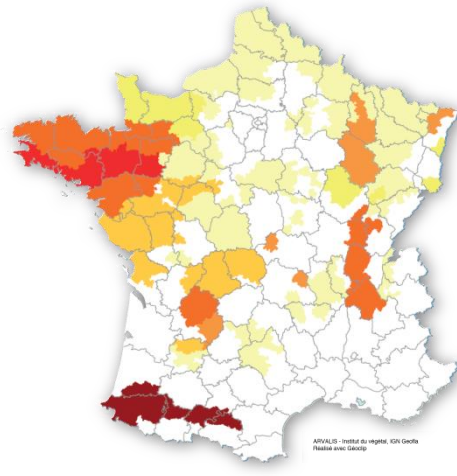
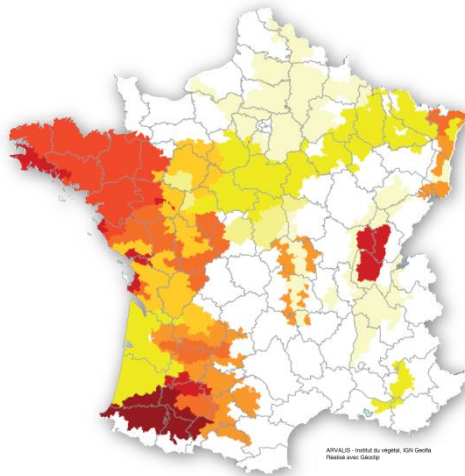
Mais fourrage (droite)

-Taupins

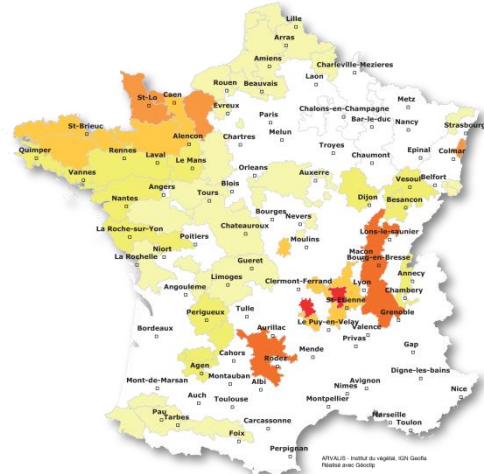
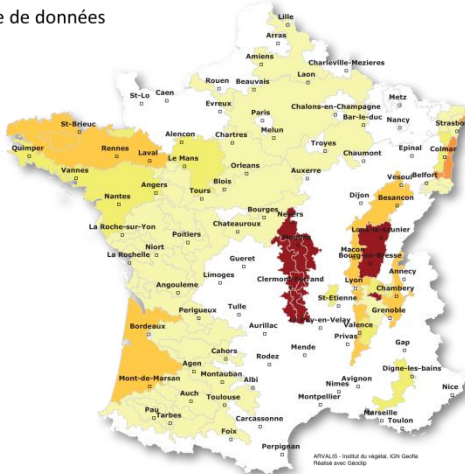
Indice :



+++
 Segment non défini ou valeur nulle
 Absence de données



-Oscinie



-Géomyze

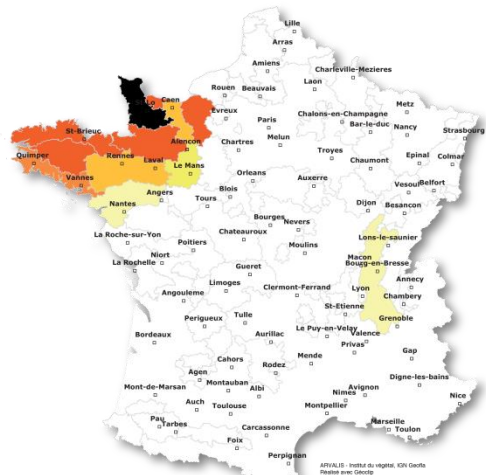
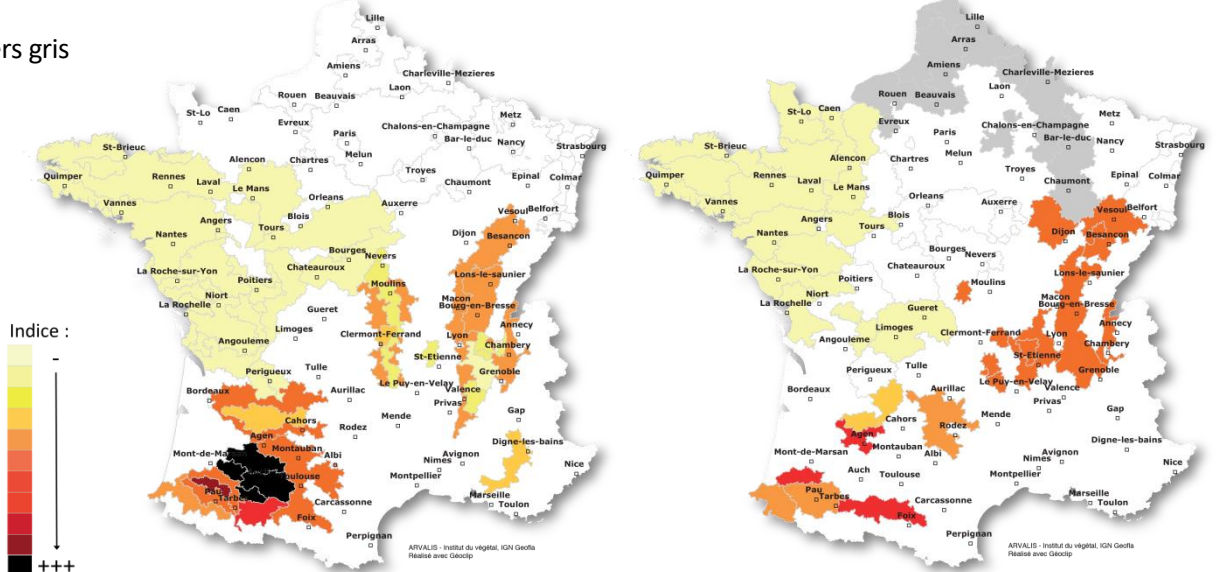


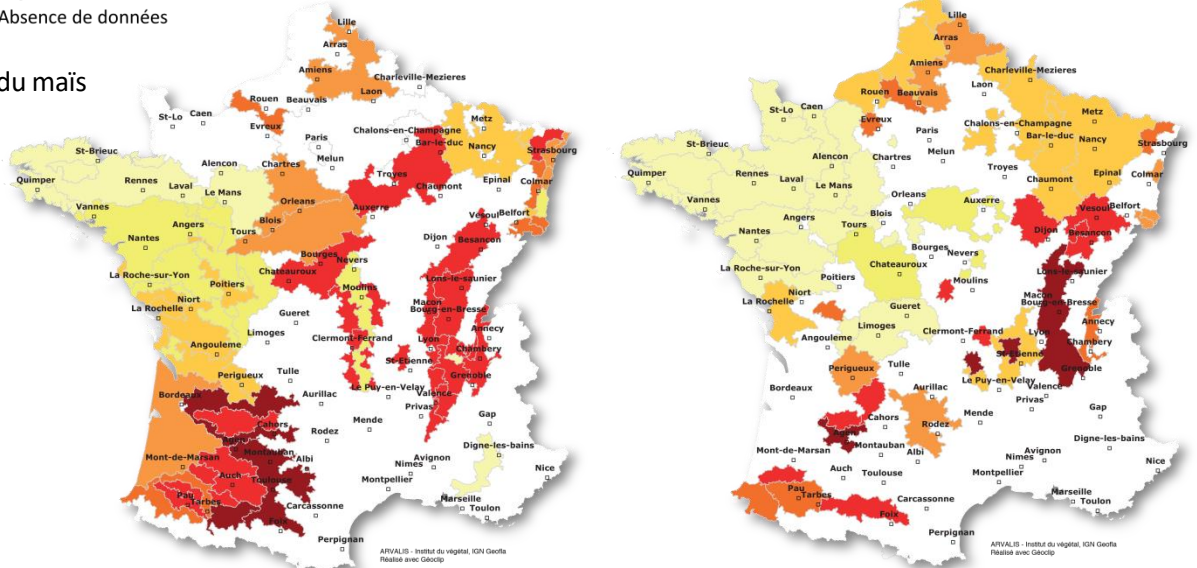
Figure 2b : Indice de perte moyenne Maïs grain (gauche)

Maïs fourrage (droite)

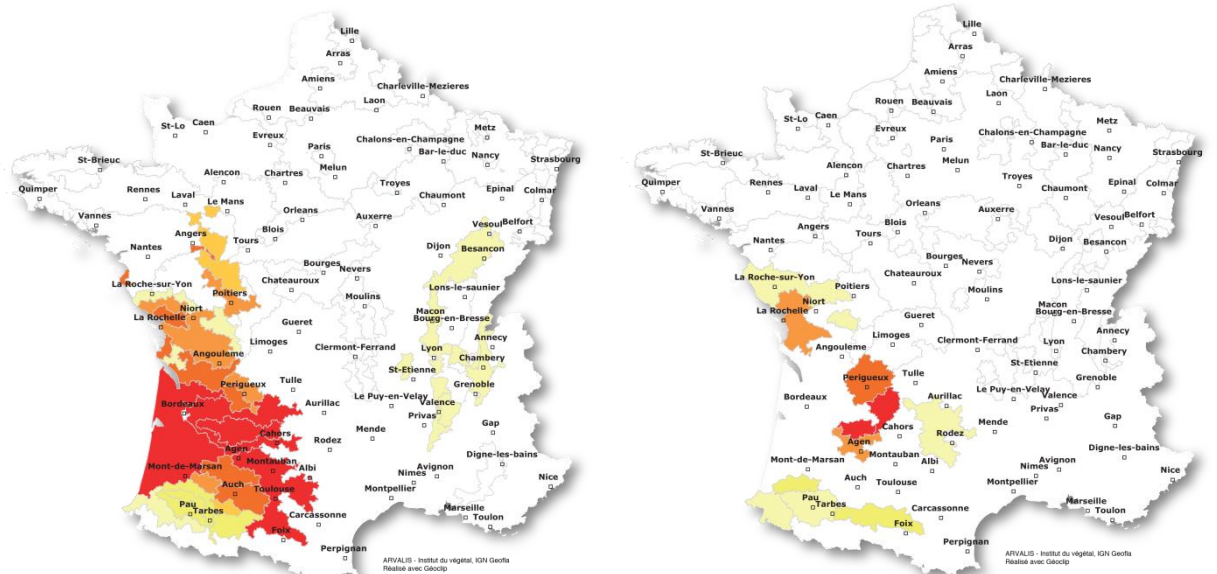
-Vers gris



-Pyrale du maïs



-Sésamie



NUISIBILITE POTENTIELLE DES RAVAGEURS DU MAÏS AU NIVEAU NATIONAL

Les résultats sont présentés pour la France entière, pour chaque ravageur ou groupe de ravageurs, dans le tableau II.

Tableau II : Nuisibilité des principaux ravageurs du maïs en France

	Maïs grain			Maïs fourrage			Maïs grain + Maïs fourrage		
	% Surface concernée	Indice de perte maximum ¹	Indice de perte moyenne ¹	% Surface concernée	Indice de perte maximum ¹	Indice de perte moyenne ¹	% Surface concernée	Indice de perte maximum ¹	Indice de perte moyenne ¹
		% Surface * % Pertes	% Surface * % Pertes * Fréquence		% Surface * % Pertes	% Surface * % Pertes * Fréquence		% Surface * % Pertes	% Surface * % Pertes * Fréquence
Taupins	25.4	7.8	5.2	18.9	3.5	1.4	22.2	5.7	3.3
Scutigérelles	4.0	0.6	0.6	0.4	0.1	0.1	2.2	0.4	0.3
Mouche des semis	1.4	0.2	0.0	1.4	0.3	0.0	1.4	0.2	0.0
Oscinie	11.6	0.7	0.2	9.6	0.5	0.1	10.6	0.6	0.2
Géomyze	1.8	0.3	0.0	10.9	1.7	0.3	6.3	1.0	0.2
Pucerons	7.7	0.3	0.1	3.3	0.2	0.0	5.5	0.2	0.1
Cicadelle	28.3	0.4	0.2	18.5	0.1	0.0	23.5	0.3	0.1
Corvidés	6.4	0.7	0.4	8.6	1.5	0.7	7.5	1.1	0.6
Vers gris	7.9	0.7	0.3	4.0	0.4	0.1	6.0	0.5	0.2
Pyrale du maïs	49.6	3.8	3.2	16.8	1.0	0.8	33.5	2.4	2.0
Sésamie	19.3	2.1	1.7	2.0	0.2	0.1	10.8	1.2	0.9
TOTAL	-	17.5	12.0	-	9.4	3.6	-	13.5	7.9

¹L'indice de perte maximum et l'indice de perte moyenne sont calculés sur la surface totale cultivée en maïs en tenant compte également des surfaces de maïs non exposées au ravageur.

En absence de protection des cultures de maïs, et en situation favorable aux ravageurs, ceux-ci occasionneraient environ 17.5% de pertes sur la production de maïs grain et 9.4 % de pertes sur la production de maïs fourrage. En considérant que tous les ravageurs ne rencontrent pas des conditions qui leur sont favorables chaque année, les pertes sont évaluées en moyenne à 12% en maïs grain et près de 4% en maïs fourrage.

Au niveau national, les principaux ravageurs du maïs sont en moyenne, par ordre d'importance décroissante, pour les productions de maïs grain et maïs fourrage confondues : les taupins, la pyrale du maïs, la sésamie, les corvidés. En considérant l'indice de perte maximum (qui ne tient pas compte de la variabilité inter annuelle des attaques), la géomyze, l'oscinie et les vers gris s'ajoutent à la liste des ravageurs potentiellement les plus dommageables.

DISCUSSION

La méthode utilisée dans le cadre de ce travail fait appel à de l'expertise collective. Par conséquent, la précision des données doit être prise avec précaution.

Plusieurs limites de la méthode peuvent être évoquées :

Une protection insecticide mise en œuvre par les agriculteurs pour lutter contre un ravageur peut présenter une bonne efficacité contre un autre ravageur (ex : la protection contre les taupins est très souvent efficace pour protéger les cultures contre la mouche des semis) et cela a pour conséquence de masquer une part des surfaces potentiellement concernées par des ravageurs non ciblés prioritairement. Plusieurs ravageurs peuvent être présents dans la même parcelle. Cette étude ne tient compte que des pertes induites par un seul ravageur, sans tenir compte d'éventuelles attaques par un complexe de bioagresseurs.

Malgré l'imprécision des données, inhérente à la démarche, ces résultats permettent de hiérarchiser les ravageurs en fonction du risque de nuisibilité qu'ils peuvent potentiellement occasionner aux productions de maïs grain et maïs fourrage en France.

LES TAUPINS : PRINCIPAUX ENNEMIS DU MAÏS EN FRANCE

Environ 22% des surfaces cultivées en maïs sont exposées à un risque d'attaque significative par les taupins. Ces surfaces sont essentiellement localisées dans l'ouest de la France. L'analyse des résultats au niveau de chacun des segments montre que la moitié des surfaces concernées par des taupins est exposée à un risque de pertes élevées (supérieures à 30% - données non fournies dans cet article).

Compte tenu de la forte incidence d'une attaque de taupins sur le rendement de maïs grain, ces ravageurs représentent les enjeux les plus importants pour cette production. En moyenne, et en absence de protection des semis, l'équivalent de 5% de la surface nationale de maïs grain seraient détruits par les taupins. Cette nuisibilité moyenne nationale masque des variations régionales très importantes. Ainsi, les pertes occasionnées par les taupins dans le bassin de l'Adour (260 000 ha de maïs grain concentrés sur un petit secteur géographique du sud-ouest de la France) pourraient mettre en péril jusqu'à 36% de la production au cours des années favorables à ces ravageurs. En tenant compte de la variabilité interannuelle de l'intensité des attaques, les pertes demeureraient en moyenne supérieures à 25% dans cette région.

Pour le maïs fourrage, les pertes occasionnées par les taupins sont légèrement inférieures. Une part importante de la production de maïs fourrage se situe dans des secteurs moins concernés par les taupins et l'incidence des attaques de ces ravageurs est un peu plus faible en production de maïs fourrage par rapport au maïs grain. Les fortes attaques (pertes de 30% ou plus) concerneraient un peu moins de 3% des surfaces de maïs fourrage.

LES LEPIDOPTERES : DES RAVAGEURS DISCRETS MAIS LARGEMENT PRESENTS

La pyrale du maïs est le ravageur qui concerne les plus grandes superficies : un hectare de maïs sur trois, et près d'un hectare sur deux dans le cas du maïs grain. La sésamie est également présente sur plus de 10% des surfaces. Ces deux ravageurs sont régulièrement présents, avec une variabilité interannuelle relativement limitée, ce qui leur confère une forte incidence – souvent insidieuse – sur la production nationale, y compris sur la production de maïs fourrage.

En moyenne, les pertes occasionnées par la pyrale du maïs et la sésamie représentent 40% du total des pertes occasionnées par l'ensemble des ravageurs pour le maïs grain et 25% des pertes pour le maïs fourrage. Ces pertes sont plus importantes en maïs grain car les deux ravageurs sont souvent présents en zone de production de maïs grain alors que la sésamie est moins fréquemment présente dans les secteurs de production de maïs fourrage. De plus, l'incidence de ces ravageurs est encore plus prononcée en fin de cycle de végétation, au-delà de la période de récolte du maïs fourrage.

Parmi les autres lépidoptères susceptibles d'occasionner des dégâts sur maïs, les vers gris peuvent avoir une forte incidence certaines années car ils concernent de larges territoires (espèce migratrice) et la nuisibilité est élevée (car les dommages sont réalisés au stade jeune du maïs). Leur présence peut être signalée sur l'ensemble du territoire mais les dégâts significatifs restent contenus dans une grande moitié sud de la France.

LES MOUCHES : DES DEGATS VARIABLES, POUVANT ETRE CONSIDERABLES CERTAINES ANNEES

Trois principales mouches sont susceptibles d'occasionner des dégâts sur maïs avec des surfaces, intensités et fréquences d'attaques très variables selon les espèces :

-l'oscinie peut être présente sur de larges surfaces avec plus de 10% des surfaces de maïs potentiellement concernées. Fort heureusement, la nuisibilité des attaques est le plus souvent relativement limitée (réversibilité des dégâts) ce qui amenuise l'incidence de ce ravageur sur le plan économique.

-la géomyze est présente sur une aire géographique plus réduite que l'oscinie et ses attaques sont moins fréquentes. En revanche, lorsque l'année est favorable aux attaques de géomyze, les dégâts de ce ravageur peuvent être très intenses et entraîner d'importantes pertes de rendement. Ce ravageur concerne en premier lieu la Bretagne et les secteurs limitrophes. Ce ravageur impacte donc fortement la production nationale de maïs fourrage.

-la mouche des semis est potentiellement présente sur de larges surfaces mais ses dommages demeurent assez limités.

Lorsque l'année est favorable aux attaques de mouches, celles-ci peuvent occasionner jusqu'à un quart des pertes totales occasionnées par des ravageurs sur la production de maïs fourrage.

LES CORVIDES : DES ATTAQUES PLUTOT LOCALISEES, MAIS EXTREMEMENT DOMMAGEABLES

Les dégâts de corvidés demeurent une des principales préoccupations des producteurs de maïs, notamment en production de maïs fourrage avec 8.6% des surfaces exposées à un risque d'attaque par ce ravageur. Ainsi, les oiseaux se placent au 3^{ème} rang des ravageurs les plus à risques pour la production de maïs fourrage (sur l'indice de perte maximum).

AUTRES RAVAGEURS : SECONDAIRES AU PLAN NATIONAL, MAIS A ENJEU FORT AU PLAN LOCAL

D'autres ravageurs ont une incidence plus limitée au plan national mais peuvent représenter des enjeux très élevés à l'échelle des quelques segments concernés.

C'est par exemple le cas de la scutigérelle dont la présence est inféodée à de nombreuses parcelles du sud-ouest de la France et dont les attaques sont récurrentes en maïs grain. La nuisibilité de ce ravageur, qui impacte au plan national, est supportée par un nombre restreint de parcelles réparties dans seulement quelques segments.

Les ravageurs piqueurs-suceurs (puçerons, cicadelles) présentent *a priori* des enjeux plutôt limités à l'échelle nationale car leurs incidences sur le rendement sont plutôt limitées. Cependant, les cicadelles sont présentes régulièrement et sur de très larges surfaces (23% des surfaces concernées). Les risques de puçerons sont plus concentrés dans certains secteurs (centre de la France). Ces ravageurs ont une incidence chaque année qui est estimée entre 2.5 et 5% des pertes potentielles occasionnées par l'ensemble des ravageurs sur la production de maïs grain. En absence de protection disponible, les pertes réellement occasionnées par les puçerons et les cicadelles sont au niveau des pertes potentielles.

CONCLUSION

L'expertise collective, enrichie d'informations issues de différentes bases de données, permet d'évaluer la nuisibilité potentielle – c'est-à-dire en absence de moyens de protection– des principaux ravageurs du maïs à l'échelle régionale et nationale.

Au niveau national, tous ravageurs confondus, les pertes maximales s'élèveraient à 17.5% de la production de maïs grain et 9.4% de la production de maïs fourrage. En considérant la variabilité interannuelle des attaques de ravageurs, les pertes seraient respectivement de 12% et 3.6% pour le maïs grain et le maïs fourrage. Ces informations globales – tous ravageurs, au niveau national, productions de maïs grain maïs fourrage confondues – sont cohérentes avec les données publiées par de précédents auteurs pour des zones géographiques à l'échelle de continents ou du Monde (Oerke 2006, Popp *et al.* 2012). L'étude réalisée en France permet de hiérarchiser les différents ravageurs en fonction des enjeux potentiels qu'ils représentent, pour les différentes productions de maïs, à l'échelon national et régional.

Les résultats de cette étude peuvent laisser paraître des pertes relativement limitées, mais les enjeux économiques sont très élevés. Cette étude ne tient pas compte des pertes sur la qualité de la production. De plus, les pertes quantitatives moyennes calculées au niveau national masquent de fortes disparités régionales. En effet, dans certaines régions, la présence d'un ou plusieurs ravageurs en abondance particulièrement élevée peut mettre en péril la production et les filières agricoles locales. C'est par exemple le cas pour le sud-ouest de la France dont plus du tiers de la production de maïs grain est menacé chaque année par les taupins.

En réalité, les pertes engendrées par les ravageurs sont inférieures à ces valeurs grâce à la protection – souvent phytopharmaceutiques – mise en œuvre par les producteurs. Les incidences des attaques sont par conséquent inférieures par rapport aux pertes potentielles estimées. Elles varient selon l'efficacité de la protection mise en œuvre.

Par ailleurs, les informations relatives aux conditions de milieu et de culture du maïs peuvent être utiles pour évaluer l'incidence d'un ravageur émergent. Ainsi, une étude prospective basée sur le travail de segmentation des itinéraires techniques du maïs a permis d'estimer que la chrysomèle des racines du maïs serait susceptible d'occasionner des dégâts intenses dans moins de 10% des surfaces de maïs grain et 6 % des surfaces de maïs fourrage, avec des risques concentrés dans certains secteurs géographiques (Thibord, 2014).

REMERCIEMENTS

Ce travail est en très grande partie basé sur l'expertise des personnes ayant occupé une fonction d'ingénieur régional maïs à Arvalis entre 2006 et 2015 : C. Aliaga, S. Battegay, B. Carpentier, A. Carrerra, G. Clouté, T. Deschamps, R. Doucet, C. Drillaud, G. Espagnol, Y. Flodrops, S. Jézequel, D. Lasserre, J. Molines, M. Moquet, J.L. Moynier, S. Nicolier, B. Pointereau, A. Porte-Laborde, Y. Pousset, J. Ravail, T. Ray, S. Renac, J.P. Renoux, J. Thierry.

BIBLIOGRAPHIE

Chiarappa, L. (1971). Crop loss assessment methods. FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, disease and weeds. *Crop loss assessment methods. FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, disease and weeds.*

Dhaliwal, G. S., Jindal, V., & Dhawan, A. K. (2010). Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*, 37(1), 1-7.

Naïbo, B (1996). Les ravageurs du maïs. AGPM, 90 p.

Oerke, E. C., & Dehne, H. W. (2004). Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop protection*, 23(4), 275-285.

Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.

Oliveira, C. M., Auad, A. M., Mendes, S. M., & Frizzas, M. R. (2014). Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection*, 56, 50-54.

Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for sustainable development*, 33(1), 243-255.

Savary, S., Teng, P. S., Willocquet, L., & Nutter Jr, F. W. (2006). Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 44, 89-112.

Thibord, J.B. (2014). Nuisibilité de la chrysomèle du maïs en France: des risques différents selon la situation. *Phytoma-La Défense des végétaux*, 674, 23-26.