



Les variétés végétales tolérantes aux herbicides

Effets agronomiques, environnementaux et, socio-économiques de leurs usages

Le désherbage des cultures constitue un facteur déterminant des rendements agricoles. Cela explique l'importance prise par l'usage des herbicides de synthèse dans les pratiques agricoles depuis leur apparition après-guerre. Le principe du désherbage chimique est d'appliquer un produit qui détruit sélectivement les mauvaises herbes sans affecter la culture elle-même. Depuis une quinzaine d'années, en parallèle de la recherche de nouvelles molécules herbicides sélectives s'est développée une démarche complémentaire : la sélection de variétés végétales tolérantes aux substances herbicides existantes. Cette tolérance à l'herbicide permet l'utilisation couplée de la variété et de l'herbicide (ou de la famille d'herbicides) associé, qui est alors appliqué en "post-levée", c'est-à-dire sur une culture, et des adventices, déjà développées.

Ces variétés dites tolérantes à un herbicide (VTH) visent d'abord à proposer aux agriculteurs une réponse technique à des difficultés de désherbage. Leur culture est également présentée comme permettant une réduction des quantités d'herbicides utilisées. Les VTH les plus répandues dans le monde sont issues de la transgénèse, d'autres sont obtenues par des techniques de sélection de la variabilité naturelle, ou par des techniques de mutagenèse.

En France, pour différentes espèces végétales, des VTH non-transgéniques commencent à être cultivées, ou font l'objet d'une demande d'inscription au Catalogue officiel des espèces et variétés. Dans ce contexte, les pouvoirs publics et instances d'évaluation français s'interrogent sur les perspectives de développement des VTH. Les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Ecologie souhaitent disposer d'éléments d'analyse sur les effets réels à moyen et long terme de leur culture, et sur la compatibilité de leur usage avec les politiques à visée environnementale, notamment le plan de réduction d'utilisation des pesticides (Ecophyto 2018). Ces questionnements ont motivé la demande, faite au CNRS et à l'INRA, d'une expertise scientifique collective (ESCo) pluridisciplinaire portant sur les impacts directs et indirects de l'utilisation de variétés possédant un caractère de tolérance aux herbicides aux plans agronomique, environnemental, socio-économique et juridique – les impacts éventuels sur la santé humaine étant exclus du champ de cette ESCo.

. Enjeux d'une évaluation des effets de la culture de VTH

L'ESCO porte sur le caractère agronomique de tolérance à un herbicide (TH), auquel l'espèce est normalement sensible, quelle que soit la technique d'amélioration génétique employée pour en doter une variété. La question centrale est celle de l'efficacité agronomique de la stratégie d'usage couplé d'une VTH et de son herbicide associé, à court, moyen et long termes. Les effets de la culture de VTH vont dépendre du type d'herbicide auquel la variété est rendue tolérante, de l'espèce cultivée concernée et des systèmes de culture en jeu, mais aussi de l'ampleur de l'adoption de la VTH, qui est aussi fonction des conditions socio-économiques et juridiques.

L'expertise vise à éclairer les possibles effets de la culture de VTH dans un contexte européen, pour des variétés actuellement non transgéniques, des systèmes de culture et un cadre socio-économique particuliers. Mais l'ESCO, exercice fondé sur l'analyse des publications scientifiques certifiées, est tributaire de l'existence de travaux académiques consacrés au sujet. Or les VTH les plus étudiées et documentées sont des variétés transgéniques cultivées en Amérique du Nord, où les recherches bénéficient d'un recul de 15 ans de culture sur des surfaces très importantes. Certaines questions de recherche sur les variétés transgéniques ont été aussi motivées par les débats que suscite le développement des OGM.

Ainsi, si la transposition des résultats obtenus outre-Atlantique avec des variétés GM peut être immédiate pour certaines thématiques (par exemple l'étude des mécanismes biologiques), elle peut en revanche être discutée pour d'autres du fait des différences de contextes agronomique, écologique ou encore juridique.

. Méthode et portée de l'ESCO

L'ESCO est une activité d'expertise institutionnelle, régie par la charte nationale de l'expertise à laquelle le CNRS et l'INRA ont adhéré en 2011. Elle se définit comme une activité d'analyse et d'assemblage de connaissances produites dans des champs très divers du savoir, et pertinentes pour éclairer l'action publique. Cet état des connaissances le plus complet possible, et son analyse, ne fournit ni avis, ni recommandations, ni réponses pratiques aux questions qui se posent aux gestionnaires.

L'analyse est conduite par un collectif pluridisciplinaire d'experts chercheurs d'origines institutionnelles diverses. Pour l'ESCO VTH, une quinzaine d'experts français issus de différents organismes (INRA, CNRS, universités) ont été mobilisés, leurs compétences relevant de l'écologie, de l'agronomie, de la chimie des herbicides, de la génétique, de l'économie, du droit ... Le travail des experts s'est appuyé sur un corpus bibliographique d'environ 1400 références, composées essentiellement d'articles scientifiques auxquels se sont ajoutés données statistiques, analyse de brevets, ouvrages et rapports techniques. Cet exercice se conclut par la production d'un rapport qui rassemble les contributions des experts, et d'une synthèse à l'usage notamment des décideurs.

Les principales VTH actuellement commercialisées

L'ESCO porte sur le caractère TH, introduit intentionnellement dans une lignée végétale dans une démarche d'amélioration variétale et revendiqué comme tel ; cette notion se distingue donc de la capacité propre d'une espèce à tolérer l'application de certains herbicides, propriété sur laquelle se fonde classiquement le désherbage chimique des espèces cultivées.

. Modes d'obtention, espèces et herbicides concernés

Les VTH commercialisées actuellement à travers le monde ont été obtenues par diverses méthodes :

- la sélection dite "traditionnelle" qui exploite la variabilité génétique naturelle (repérage de mutations spontanées puis intégration au génome de la plante cultivée par croisement sexué) ;
- la mutagenèse qui augmente la variabilité (induction de mutations par traitement physique ou chimique) ;
- la transgenèse qui permet l'insertion dans le génome de la plante cultivée d'un gène d'intérêt prélevé dans un autre organisme.

Des VTH sont disponibles pour les principales espèces de grande culture : maïs, soja, coton, colza, tournesol, betterave, blé, riz, chicorée/endive.

Les herbicides associés aux VTH appartiennent à diverses classes d'herbicides, c'est-à-dire possèdent des modes d'action différents : l'enzyme-cible qu'ils inhibent dans la plante est en effet caractéristique de la classe. Leur spectre d'activité est aussi plus ou moins large : certains herbicides sont sélectifs, c'est-à-dire efficaces sur certains groupes botaniques seulement (cas des classes A, B et C, par exemple) ; d'autres, dits totaux, sont au contraire efficaces sur l'ensemble des espèces végétales, adventices et cultivées (classes G et H).

. Mode d'obtention de la VTH et type d'herbicide

Le tour d'horizon des principales variétés porteuses de ce caractère, actuellement commercialisées et cultivées dans le monde, pour les plantes de grande culture, fait apparaître deux grands groupes de VTH selon la sélectivité des herbicides qui leurs sont associés :

- la **tolérance à un herbicide total** introduite chez la majorité des VTH actuellement cultivées, notamment sur le continent américain (maïs, soja, colza, betterave). Développées au milieu des années 1990, les variétés actuellement commercialisées rentrant dans ce premier groupe sont exclusivement transgéniques. Il s'agit des variétés commercialisées sous les marques RoundUp Ready® (RR®) tolérantes au glyphosate (classe G), et Liberty Link® (LL®) tolérantes au glufosinate (classe H) plus récentes et moins développées ;
- la **tolérance à un herbicide sélectif** néanmoins à large spectre. La plupart des variétés porteuses de ce caractère sont aujourd'hui obtenues par sélection de la variabilité

naturelle ou par mutagenèse. Il s'agit principalement d'une large gamme de cultures tolérantes à des herbicides de la classe B (offre commerciale Clearfield® notamment) et de variétés de maïs tolérantes à des herbicides de classe A. Peu représentées à l'échelle mondiale, certaines de ces variétés sont cultivées en France (maïs et tournesol) ; d'autres font l'objet de demandes d'inscription au Catalogue officiel français (tournesol et colza).

Cette superposition actuellement observée entre mode d'obtention du caractère TH et sélectivité des herbicides associés résulte du lien existant entre disponibilité des ressources génétiques exploitables et techniques d'obtention utilisables. En effet, s'il existe chez les végétaux des mutations spontanées qui confèrent des résistances, pour toutes les classes d'herbicides, ces mutations apparaissent avec des fréquences et des "coûts physiologiques" associés (pénalisant la plante) très variables selon les classes. Seules les résistances repérées chez les espèces cultivées ou des apparentées inter-fertiles peuvent être exploitées en amélioration variétale par le biais de méthodes de sélection traditionnelle ou par mutagenèse (cas des résistances aux classes A, B et C). Tel n'avait pas été le cas pour les résistances au glyphosate ou au glufosinate, que les obtenteurs avaient identifiées chez des microorganismes, et qui ont donc été introduites dans les plantes à l'aide de techniques de transgenèse.

. Mode d'obtention des VTH et statut réglementaire des variétés

En Europe, une nouvelle variété doit être inscrite à l'un des Catalogues officiels nationaux des Etats-membres pour prétendre à la mise sur le marché sur le territoire de l'Union européenne. Pour obtenir cette inscription, elle doit satisfaire un certain nombre de critères, notamment en termes de qualités agronomiques et technologiques. La directive 2001/18/CE relative à la dissémination volontaire d'OGM dans l'environnement prévoit en outre des dispositions supplémentaires pour les variétés obtenues par transgenèse, les soumettant à une évaluation environnementale et sanitaire spécifique préalable et à l'obligation d'étiquetage des produits.

Le développement de nouvelles technologies pouvant être utilisées en amélioration génétique des plantes, à des stades plus ou moins proches de l'application industrielle, suscite une réflexion au niveau communautaire quant au statut réglementaire des variétés qui en seront issues. Deux d'entre elles ont permis l'obtention de VTH en laboratoire : ce sont des techniques fondées sur la recombinaison homologue qui permettent l'insertion d'un nouveau gène ou la modification ponctuelle ciblée du génome. Les plantes qui en sont issues, de même que les plantes obtenues par mutagenèse ou issues de mutation spontanée, ne portent aucune trace moléculaire de la modification, autre que la séquence modifiée elle-même, et ne peuvent donc être distinguées sur cette base de plantes obtenues par sélection traditionnelle.

La dynamique de développement des VTH

. Une adoption rapide à l'échelle mondiale

La dynamique d'adoption des VTH n'est bien documentée que pour les variétés transgéniques RoundUp Ready RR®, dont l'expansion a fait l'objet de suivis, aux Etats-Unis notamment. La diffusion y a été particulièrement rapide et massive : en moins de 10 ans, ces VTH ont conquis 80% des surfaces pour le coton et le soja ; pour la betterave sucrière, c'est en 2 années que ces VTH ont atteint 98% des surfaces de production.

Les données quantitatives et qualitatives concernant l'adoption des variétés tolérantes à un herbicide sélectif sont en revanche très peu nombreuses et proviennent principalement des firmes obtentrices. Dans le seul cas documenté où ces variétés ont été autorisées en même temps que des variétés tolérantes à un herbicide total (cas par exemple, du colza de printemps au Canada), leur diffusion semble avoir été limitée, les variétés transgéniques tolérantes à un herbicide total (RR® et LL®) ayant rapidement conquis la majorité des parts de marché.

. Les facteurs d'adoption des VTH par les agriculteurs

La bibliographie permet d'identifier d'une part les intérêts attendus des VTH, et d'autre part les motifs invoqués par les agriculteurs dans leur choix d'adopter une VTH.

Divers intérêts techniques des VTH sont mis en avant par les firmes obtentrices et les semenciers, et diffusés par les structures de conseil agricole. Il est possible d'identifier 4 principaux bénéfices attendus des VTH, mais non de mesurer leurs poids respectifs dans la décision d'adoption :

- un **élargissement du spectre des adventices contrôlées** par rapport aux herbicides sélectifs classiquement utilisés en système non-TH, et notamment une efficacité sur les espèces apparentées aux cultures, les espèces envahissantes, les espèces parasites ;
- une **facilitation du travail** de l'agriculteur, par la réduction du nombre de traitements herbicides et la souplesse d'emploi du traitement en post-levée, et par l'abandon du labour, voire de tout travail du sol, que facilite la stratégie TH ;
- la **réduction des quantités d'herbicides utilisées** permise par la substitution de programmes herbicides par une unique molécule, et l'adaptation des quantités épanchées en fonction des adventices effectivement présentes ;
- la **sécurisation du désherbage** et la diminution des risques de pertes de rendement induites par la concurrence des adventices.

Sur le terrain, les enquêtes auprès des agriculteurs ayant adopté des VTH constituent un moyen d'identifier *a posteriori* les motifs de ce choix. Les seules enquêtes disponibles ont été réalisées auprès de cultivateurs nord-américains de VTH transgéniques RR®. Les premières études révèlent que les gains de rendement escomptés, qui pouvaient *a priori* expliquer le choix d'une VTH, n'ont été confirmés que lorsque les difficultés de désherbage antérieures affectaient le

rendement. Les travaux ultérieurs sur les raisons de l'adoption des VTH permettent de conclure sur 2 points principaux :

- si le prix des semences TH, sensiblement supérieur à celui des semences non-TH, peut être un frein à l'adoption, les économies de coût dans la gestion des adventices (tant directs – prix des herbicides –, qu'indirects – flexibilité et économie de temps de travail), au moins à court terme, constituent un motif majeur d'adoption ;
- un couplage fort est observé entre adoption d'une VTH et simplification du travail du sol. La mise en œuvre conjointe des deux techniques est d'ailleurs favorisée dans les régions sensibles à l'érosion, où l'abandon du labour bénéficie d'incitations financières (Etats-Unis). Le succès commercial du soja transgénique TH RR® en Argentine s'explique par la possibilité offerte par les VTH de mettre en œuvre efficacement le semis direct.

. Les stratégies des firmes sur le marché des VTH

Du côté de l'offre commerciale de VTH, les stratégies des firmes obtentrices ont fait l'objet d'études économiques théoriques, et ce dans le contexte du marché nord-américain. Contrairement au cadre législatif européen qui prévoit la protection industrielle d'une variété par Certificat d'Obtention Végétale (COV), assorti éventuellement d'un brevet sur un caractère génétique particulier s'il est considéré comme une invention, le cadre américain permet de breveter les variétés elles-mêmes ; le brevet a été largement adopté par les firmes obtentrices car il leur accorde une protection plus étendue que les protections de type COV, tant auprès des autres sélectionneurs que des agriculteurs.

L'utilisation couplée de la VTH et de l'herbicide associé crée sur le marché un lien entre la demande de semences et la demande d'herbicides. Les firmes qui ont développé des VTH sont le plus souvent des entreprises du secteur phytosanitaire, qui possédaient déjà ou ont acquis une filiale semencière. Toutefois, pour espérer accroître leurs ventes de l'herbicide, elles ont généralement intérêt à aussi accorder des licences non exclusives d'exploitation du caractère TH à d'autres semenciers.

Lorsque la firme perd le monopole sur la molécule herbicide (cas du glyphosate dont le brevet a expiré en 2000), elle conserve la possibilité de réaliser des profits sur la vente de la semence TH. Des pratiques de ventes dites "liées" (achat de la semence conditionné à celui de l'herbicide) pourraient lui permettre de "préserver" sa place sur le marché de l'herbicide, mais elles enfreindraient les lois de la concurrence. La firme tend donc plutôt, pour limiter la concurrence des herbicides génériques, à différencier ses formulations commerciales et/ou à offrir aux utilisateurs du caractère TH des garanties plus fortes s'ils emploient "son" herbicide.

Effets sur la flore adventice, pérennité de l'innovation TH et évolution des consommations d'herbicides

L'adaptation, dans le temps, de la flore adventice à la pression de sélection exercée par l'herbicide conduit à l'apparition et l'expansion d'adventices qui ne sont pas ou plus détruites par l'herbicide, rendant ainsi la stratégie TH moins efficace, voire inopérante. L'évaluation des phénomènes en jeu, mis en évidence par des études de terrain, constitue donc une question majeure dans l'ESCo. Leurs effets se manifestent dans l'évolution de la consommation d'herbicides associés aux VTH transgéniques aux Etats-Unis. L'ampleur et la rapidité de ces phénomènes diffèrent notamment selon les espèces cultivées et les classes d'herbicides considérées

. Phénomènes d'adaptation de la flore adventice et conséquences sur la pérennité de la stratégie TH

Trois phénomènes contribuent à l'apparition progressive, dans les parcelles cultivées, d'adventices peu sensibles ou résistantes à l'herbicide associé à la VTH.

Dès la première année de culture, l'espace libéré par la destruction des adventices sensibles à l'herbicide est susceptible d'être occupé par d'autres espèces. Si ce phénomène de "dérive de flore" est évident avec un herbicide sélectif, qui par définition n'est pas actif contre toutes les familles botaniques, il existe également avec un herbicide "total", dont l'application sélectionne les espèces naturellement moins sensibles ou qui se développent après la période d'efficacité de l'herbicide.

Par ailleurs, l'apparition spontanée de résistances chez les adventices (par mutation) est un phénomène connu pour toutes les classes d'herbicides et repéré à ce jour chez 200 espèces végétales à l'échelle mondiale. L'apparition et l'expansion de telles résistances ne sont pas une conséquence spécifique de la culture des VTH, mais peuvent être amplifiées par les conditions d'utilisation de l'herbicide en système TH.

Cet effet est net en Amérique dans le cas du glyphosate, où l'adoption rapide et massive des variétés transgéniques RR® dès les années 1990 (sur lesquels l'herbicide est utilisé à des doses plus faibles que pour ses autres usages) a marqué le début du développement des adventices résistantes par l'effet de la pression de sélection exercée. En revanche, pour certaines classes d'herbicides sélectifs, une utilisation antérieure à large échelle a induit le développement de nombreux mutants résistants avant l'introduction de VTH. Le phénomène est particulièrement marqué pour les classes A, B et C, qui ont pu donner lieu à la création de VTH à partir de la variabilité spontanée.

Le non-labour, souvent associé aux VTH, contribue par ailleurs à la sélection de résistances spontanées en favorisant le développement de certaines adventices. Une étude théorique appliquée au désherbage du blé en Australie a montré que le recours au désherbage mécanique ou le rallongement des rotations permettraient de repousser la date à laquelle la culture doit être abandonnée, parce que plus

assez rentable du fait de l'expansion d'adventices résistantes.

Enfin, une diffusion du caractère TH peut s'opérer par le biais de la dissémination des graines produites par la VTH et ses descendants, et de leur pollen susceptible de féconder des plantes cultivées non-TH ou sauvages apparentées interfertiles. Les risques de diffusion du caractère TH sont donc surtout fonction de l'espèce cultivée et de son aire géographique de culture, qui conditionnent la survie des repousses, l'installation de populations dites férales (hors des champs) et l'existence de mauvaises herbes inter-fertiles. Le maïs, sans adventices apparentées en Europe et dont les repousses ne survivent pas à l'hiver, est ainsi beaucoup moins concerné que le colza.

La question des flux de gènes entre la culture et des adventices apparentées apparaît cruciale pour la pérennité de la stratégie TH. De tels flux – qui existent pour tous les gènes – ont été démontrés dans les cas de la betterave, du riz, du tournesol, du colza, du blé. Les adventices botaniquement très proches de la culture et inter-fertiles, sources de difficultés de désherbage qui rendent particulièrement attractive l'utilisation de VTH, sont donc aussi celles qui présentent la plus forte probabilité d'acquisition du caractère TH par l'adventice ciblée.

Diverses options biologiques (ex. décalage dans le temps des périodes de floraison) ou biotechnologiques (ex. insertion du transgène dans l'ADN des chloroplastes, qui ne sont pas transmis par le pollen...) ont été proposées pour réduire la probabilité de transfert du gène de tolérance par reproduction sexuée ; aucune ne permet cependant d'éliminer totalement ce risque de transfert vers les adventices apparentées.

. Le bilan sur l'évolution des consommations d'herbicides

A court terme, la substitution d'un programme de désherbage comportant plusieurs produits sélectifs par un seul herbicide à large spectre induit potentiellement une réduction des doses pour une même efficacité. Dans le cas de la tolérance à un herbicide total (glyphosate), les évaluations *a priori* comme les données statistiques confirment cette réduction de la quantité d'herbicides utilisée durant les premières années de culture. Cependant, les enquêtes récentes réalisées aux Etats-Unis montrent que le différentiel de consommation d'herbicides entre cultures transgéniques RR®, et non-TH, initialement en faveur des VTH, régresse en quelques années et devient défavorable pour le soja et le coton. Cet accroissement au fil du temps des quantités d'herbicides utilisées sur ces VTH s'explique d'une part par le recours curatif à des traitements herbicides supplémentaires : augmentation des doses et/ou du nombre de traitements au glyphosate, en réponse au phénomène de dérive de flore, puis recours à des herbicides complémentaires, notamment contre les espèces devenues résistantes au glyphosate.

Les pratiques phytosanitaires associées à l'adoption de variétés tolérantes à un herbicide sélectif sont peu documentées au niveau mondial. Avec ces variétés, la réduction d'utilisation d'herbicides n'est d'ailleurs pas systématiquement l'objectif visé : la VTH peut permettre de

compléter un désherbage classique de pré-levée pour remédier à une difficulté de désherbage particulière.

A noter que la possibilité de traiter en post-levée permet, en théorie du moins, d'adapter le désherbage à la flore réellement présente et d'éviter ainsi le traitement ou de le limiter aux zones infestées – ce qui permet de réduire les doses utilisées à l'hectare. Le souci d'éliminer dès leur apparition les éventuels individus résistants peut conduire toutefois à des préconisations techniques d'une application des herbicides à dose pleine sur l'intégralité de la parcelle et sur ses bordures.

D'autre part, la prise en compte du risque de développement de résistances conduit aujourd'hui les obtenteurs et conseillers agricoles à recommander d'emblée un emploi préventif, en mélange ou successivement, de plusieurs substances herbicides – stratégie dont l'intérêt a été établi par des études théoriques. Pour faciliter cet emploi combiné de plusieurs herbicides, les firmes développent des variétés cumulant plusieurs tolérances au glyphosate et à un, voire deux, autre(s) mode(s) d'action herbicide. Cette stratégie de traitement avec un mélange d'herbicides appartenant à 2 classes n'est cependant appropriée que lorsqu'aucune résistance à l'une des classes ne préexiste dans les flores cibles présentes.

Telles qu'elles ont été mises en œuvre jusqu'à présent aux Etats-Unis notamment, les VTH s'inscrivent dans une logique de gestion des adventices fondée sur l'emploi d'herbicide associé à une réduction de la lutte mécanique (simplification du travail du sol) et agronomique (simplification des successions culturales) contre les adventices, et peuvent en outre renforcer la tendance au recours, préventif et curatif, au cumul d'herbicides.

Effets sur l'environnement

. Impacts sur les organismes non-cibles et sur la biodiversité

Les effets éventuels de l'utilisation des VTH sur l'environnement peuvent *a priori* être dus aux variétés elles-mêmes et/ou aux herbicides qui leur sont associés. Les VTH s'insérant dans des systèmes de culture conventionnels, leurs avantages ou inconvénients sont évalués en référence à un système conventionnel sans VTH. Dans la mesure où l'adoption des VTH est couplée à d'autres évolutions du système de culture – voire du système de production, c'est à ces échelles que l'évaluation de leurs impacts est pertinente.

Aucun impact des plantes cultivées TH en elles-mêmes n'a été mis en évidence, mais peu de recherches ont été conduites en ce sens ; les quelques études réalisées sur abeilles, en culture de colza TH, n'ont ainsi pris en compte qu'une partie des effets envisageables.

Un seul programme de recherches, mené en Angleterre, a cherché à comparer les cultures conventionnelles et TH en conditions agricoles réelles. Il montre que les effets sur la biodiversité semblent surtout être liés au désherbage, c'est-à-

dire la réduction de la flore adventice, ses conséquences directes sur la faune associée, et les répercussions sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. Si le non-labour, qui peut être associé aux VTH, a tendance à favoriser le développement de la flore adventice en début de saison, les effets des herbicides à large spectre semblent dominants. Les effets sur la biodiversité de l'adoption des VTH dépendent donc de l'efficacité du désherbage associé, comparée à celle des méthodes antérieures de désherbage – qui sont en général moins performantes, excepté pour le maïs (avant interdiction de l'atrazine).

. Contamination chimique des ressources en eaux et des sols

Là encore, des difficultés méthodologiques, non spécifiques aux VTH, sont rencontrées dans toute tentative de prévision de la contamination des masses d'eau : incertitudes sur le devenir de la molécule dans le sol et les eaux dues à la variabilité des phénomènes de transfert et de transformation en fonction des caractéristiques des milieux (pH, taux de matière organique...) et des conditions climatiques ; manque et difficultés d'accès aux données analytiques produites par les firmes dans les dossiers de demande d'homologation.

Les réactions de dégradation et de transfert des molécules herbicides dans l'environnement sont spécifiques à chaque molécule car elles dépendent de leurs propriétés physico-chimiques ; les données acquises pour une molécule ne peuvent donc être extrapolées à la classe à laquelle elle appartient. Les deux cas les plus documentés et pour lesquels existent des suivis de terrain en plus des données de laboratoire sont ceux de l'atrazine et du glyphosate. Bien qu'il soit présenté comme peu persistant dans l'environnement, le glyphosate et surtout son principal produit de dégradation (l'AMPA), font partie des herbicides les plus détectés dans les eaux françaises.

Le premier argument environnemental en faveur des VTH est une réduction des quantités d'herbicides épanchées : l'analyse (cf. *supra*) des pratiques de désherbage effectives (aux Etats-Unis) a montré sa réalité et ses limites à moyen terme. Le second argument est le remplacement de substances anciennes par des molécules ayant des profils écotoxicologiques plus favorables. Si les résultats des tests d'écotoxicité, réalisés en laboratoire, sont difficilement extrapolables à la diversité des conditions réelles, les données sur la persistance du glyphosate relativisent ce diagnostic lorsque les produits de dégradation sont pris en compte.

Le principal effet lié à l'adoption de VTH paraît être l'emploi des mêmes molécules sur des surfaces plus importantes, conduisant mécaniquement à des teneurs plus élevées de ces molécules dans les eaux et augmentant le risque d'atteindre les taux limites réglementaires pour la potabilité.

De plus, l'évaluation des impacts environnementaux de l'utilisation des VTH est confrontée à des questions et difficultés méthodologiques classiques mentionnées par exemple dans les ESCo "Pesticides" et "Biodiversité", que l'ESCo VTH ne pouvait traiter de façon exhaustive : impacts des herbicides sur les organismes non-cibles et plus

largement sur la biodiversité, devenir et transfert des pesticides dans l'environnement physique, évaluations comparées des impacts de différents systèmes et pertinence des indicateurs utilisés... Ces questions ne sont pas spécifiques au cas des VTH mais valables pour l'emploi de tout pesticide.

Culture des VTH en France

Si l'analyse du cas nord-américain a mis en évidence des risques associés à une culture massive de certaines VTH, ces résultats ne sont pas directement transposables à la situation française. Les implications d'une éventuelle diffusion significative de VTH en France sont à raisonner en fonction des caractéristiques actuelles des systèmes de culture, mais aussi en fonction des évolutions en cours, susceptibles de favoriser l'adoption des VTH ou d'influer sur ses conséquences. Ces effets dépendront également du type de VTH concernées.

Le contexte social (perception par la société des OGM en agriculture) et le cadre réglementaire distinguent aussi les cas américain et européen. En Amérique, les OGM n'ont pas rencontré d'opposition significative, et les VTH transgéniques se sont développées depuis une quinzaine d'années. En Europe au contraire, comme en France, le contexte social n'est pas favorable aux plantes génétiquement modifiées, et le conflit qui s'est développé à leur propos a conduit à encadrer leur évaluation préalable et leur éventuelle mise en culture, et à limiter à ce jour le nombre de variétés transgéniques inscrites dans les catalogues communautaire et français. En effet, 2 variétés de maïs transgéniques TH sont inscrites au Catalogue européen ; en France, leur culture n'est pas interdite par un moratoire mais l'herbicide auquel elles sont tolérantes n'est pas homologué pour cet usage. Les seules VTH cultivées et en cours d'inscription sont donc non transgéniques. Elles font cependant l'objet, à leur tour, de contestations qui se sont traduites par quelques arrachages, médiatisés, de parcelles portant des VTH obtenues par mutagenèse.

Le statut des variétés issues de mutagenèse est en effet contesté par certains acteurs qui perçoivent la mise en culture de telles VTH comme une façon de ne pas entrer dans le champ d'application de la réglementation qui encadre la culture des OGM en Europe.

. Contexte agronomique français

A l'exception des enquêtes "Pratiques culturales" réalisées par le service statistique du ministère en charge de l'agriculture, l'important déficit de données concernant les pratiques des agriculteurs ne permet qu'une vision très globale et imparfaite de la situation actuelle et de son évolution. De grandes tendances peuvent néanmoins être décrites sur la base de ces enquêtes, d'analyses plus qualitatives et de l'application des raisonnements agronomiques (avec une réserve sur la poursuite de ces tendances, dans l'attente des résultats de l'enquête 2011).

Les cas d'école nord et sud-américains ont mis en évidence le couplage fort entre adoption des VTH et abandon du labour. Ces agricultures américaines sont de plus fondées sur des rotations très courtes ou des monocultures, qui sont susceptibles d'amplifier les difficultés de désherbage. Ce contexte contribue à une adoption massive, voire généralisée, des VTH. En France, le non-labour est encore minoritaire mais en expansion (en 2006, il concernait déjà 34% des parcelles de grandes cultures, plus de 50% dans les exploitations de plus de 300 ha). Les assolements et successions culturales restent aussi plus diversifiés, cependant la tendance est à la simplification des rotations, insérant de moins en moins des cultures de printemps dans des assolements de cultures d'hiver.

. Utilisation de VTH et points de vigilance

Les premières cultures de tournesols tolérants à des herbicides de la classe B (Clearfield® tolérant à une imidazolinone, et Express Sun® tolérant à une sulfonyle-urée) sont apparues en France, en 2010, et ont couvert une surface estimée à 80 000 ha en 2011 (soit plus de 10% de la surface de tournesol française).

La principale spécificité de la situation française/ européenne réside dans le fait que, pour l'instant du moins, seules des variétés obtenues par sélection de la variabilité spontanée ou par mutagenèse sont cultivées. Elles sont tolérantes à un herbicide sélectif (classe B), et peuvent apporter une solution à des difficultés de désherbage effectivement rencontrées dans les principales espèces cultivées en France. Ainsi, les plantes adventices apparentées interfertiles, voire de même espèce, que la culture (betterave, tournesol, colza), aux espèces envahissantes telles que l'ambrosie, et les plantes parasites comme l'orobanche (tournesol) sont difficiles à éliminer. Cependant, le risque de transfert du caractère TH aux adventices appartenant aux espèces inter-fertiles est élevé. Il existe par ailleurs une forte probabilité de développement de résistance chez l'ambrosie, espèce à forte dissémination, déjà très abondante en France et devenue résistante à des herbicides de la classe B dans d'autres régions du monde.

Par ailleurs, les herbicides de la classe B sont déjà très employés sur les céréales. L'introduction dans des rotations céréales-oléagineux de colza TH ou de tournesol TH augmentera donc la fréquence d'utilisation de ce mode d'action herbicide dans les parcelles concernées, et par conséquent la pression de sélection exercée sur les adventices.

Pour prévenir ce risque de développement de résistance et celui de diffusion du caractère TH, les conseils techniques diffusés actuellement pour la mise en culture du tournesol TH préconisent de réserver l'usage de ces variétés aux situations de flores difficiles, et dans ce cas en combinant plusieurs modes d'action sur la culture TH elle-même ou/et à l'échelle de la rotation. Cependant, dans le cas du tournesol, le respect d'un tel programme de désherbage pourrait conduire, dans certaines situations agronomiques, à des consommations

d'herbicides supérieures à celles enregistrées en cultures non-TH.

En France, les phénomènes de transfert du caractère TH et de développement de résistances, ainsi que leurs répercussions sur la consommation d'herbicides, dépendront des conditions d'utilisation des VTH. Une utilisation de ces VTH limitée dans le temps et dans l'espace, dans le cadre de "bonnes pratiques agronomiques", intégrant des moyens mécaniques de gestion des adventices et des rotations diversifiées, serait à même de limiter ces risques et de préserver l'efficacité de la technologie TH dans le temps. Aux Etats-Unis, des résultats d'enquête ont toutefois montré que les agriculteurs apparaissent peu enclins à adopter préventivement les mesures susceptibles de réduire les risques de développement des résistances lorsque celles-ci vont à l'encontre des simplifications (du travail du sol et des traitements herbicides) qui ont motivé le choix des VTH. La question se pose alors de l'instauration de mesures d'accompagnement de la culture de VTH, incitant à ces bonnes pratiques.

Les surfaces françaises en tournesol TH sont suffisamment importantes pour déjà apparaître dans l'enquête nationale "Pratiques culturales" 2011. Elles pourraient faire l'objet d'enquêtes spécifiques, enregistrant les motifs et les situations agronomiques d'adoption, les pratiques phytosanitaires effectivement appliquées et les évolutions conjointes de la flore adventice.

Les variétés tolérantes à des herbicides sélectifs telles que celles utilisées en France et en Europe, peuvent apparaître comme des outils complémentaires intéressants face à certaines situations de désherbage difficile ou dans le cadre d'une diversification des itinéraires de désherbage. Cependant, leur utilisation répétée, et/ou ne prenant pas en compte l'évolution concomitante de la flore adventice, peut rapidement les rendre inefficace et faire ressurgir les mêmes difficultés éventuellement plus complexes encore à gérer. Cette problématique n'est pas spécifique aux VTH et concerne plus généralement l'utilisation des produits phytosanitaires ou des résistances variétales à des bioagresseurs. Le caractère pérenne de l'innovation dépend de l'efficacité de l'accompagnement de leur mise en œuvre sur la parcelle et au niveau régional. La connaissance et la compréhension plus fines de la biologie et de l'écologie des adventices difficiles à éliminer, et des effets des rotations culturales sur leur développement, contribueraient à la mise au point de tels outils de gestion.

Enfin, la mise en œuvre de ces innovations pose la question des objectifs pertinents de maîtrise de la flore adventice, compatibles avec les politiques actuelles de préservation de la biodiversité des espaces agricoles et de réduction de l'utilisation des pesticides.

Expertise scientifique collective réalisée par le CNRS et l'INRA
à la demande des ministères en charge de l'Agriculture et de l'Ecologie



Pour en savoir plus :

M. Beckert, Y. Dessaux, C. Charlier, H. Darmency, C. Richard, I. Savini, A. Tibi (éditeurs), 2011. Les variétés végétales tolérantes aux herbicides. Effets agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Expertise scientifique collective, CNRS-INRA (France).

Le rapport d'expertise et la synthèse de ce rapport (84 pages) sont disponibles sur les sites internet du CNRS et de l'INRA.

Une vidéo du colloque de restitution de l'ESCo est également en ligne.

Contacts :

Michel Beckert – INRA, co-responsable scientifique de l'ESCo VTH : michel.beckert@clermont.inra.fr

Yves Dessaux – CNRS, co-responsable scientifique de l'ESCo VTH : yves.dessaux@isv.cnrs-gif.fr

Claire Sabbagh – INRA, responsable de l'activité d'expertise à la Délégation à l'Expertise scientifique, à la Prospective et aux Etudes : claire.sabbagh@paris.inra.fr

Anais Tibi – INRA, chef de projet de l'ESCo VTH : anais.tibi@paris.inra.fr

Innovation TH : effet sur la flore adventice

- L'association lignée végétale / herbicide associé caractérise l'innovation TH
- Effets de la culture de VTH sur la flore adventice :
 - Une dérive de flore
 - Disparition de certaines espèces d'adventices
 - Eventuelle apparition de nouvelles adventices dans les cultures

- Un développement de résistances spontanées chez les adventices
 - Effet de « sélection » en réponse à un biocide
- Un avantage sélectif pour des événements de diffusion du trait TH depuis la VTH vers les plantes environnantes (apparentées sauvages ou autre culture de la même espèce non TH) par croisement.

Développement de résistances spontanées

- Etat des lieux à l'échelle mondiale (octobre 2011)
 - Des populations de plantes sauvages résistantes à des herbicides ont été détectées pour plus de 200 espèces, observées pour tous les modes d'action d'herbicides
 - Existence aujourd'hui de populations d'adventices présentant des résistances multiples (i.e. à différentes classes d'herbicides).
- Le phénomène dépend :
 - de la biologie de l'adventice (mode de reproduction, capacité de multiplication, type de dispersion, longévité des graines...),
 - du nombre de gènes impliqués dans l'apparition de la résistance,
 - de la fréquence d'apparition de la mutation associée,
 - du coût physiologique associé à la mutation,
 - de l'efficacité du désherbage (pression de sélection effectuée par l'herbicide),
 - des pratiques culturales.

Exemples d'adventices résistantes repérées en France

(source weed science)

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire	Résistance aux herbicides Classe	Année de détection
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Vulpin des champs	A, B	1993, 1993
<i>Avena fatua</i>	Folle avoine	A	1996
<i>Bromus tectorum</i>	Brome des murs, Brome des toits	C	1981
<i>Chenopodium album</i>	Chénopode blanc	C	1978
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray-grass d'Italie	A	1993
<i>Lolium rigidum</i>	Ivraie raide	A, B, G	1993, 2005
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel	C	1978
<i>Papaver rhoeas</i>	Coquelicot	B	2007

- Cas de l'ambroisie : pas de résistance en France mais des résistances aux herbicides des classes B, C, et G (y compris résistances multiples) détectées aux USA et au Canada

Développement de résistances spontanées

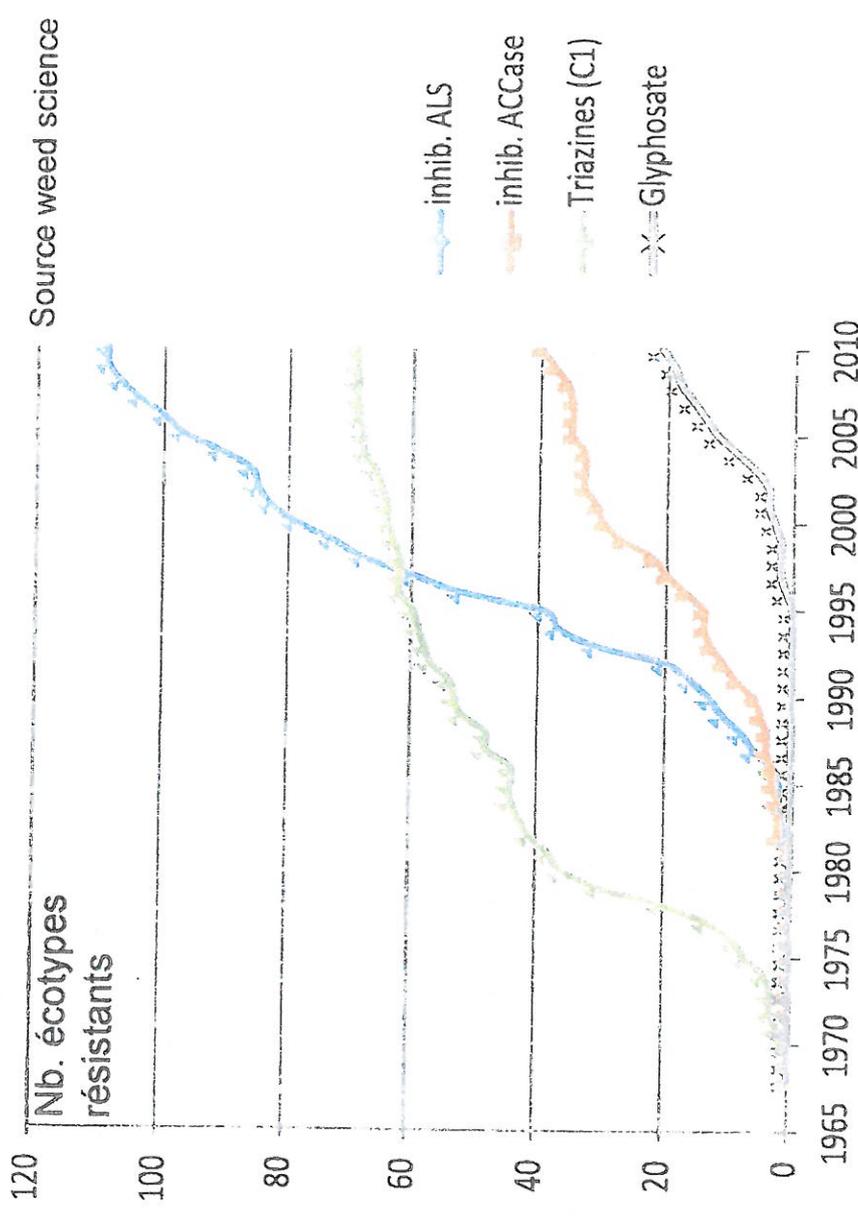
- Dynamique temporelle de la résistance à l'un des quatre principaux modes d'actions herbicides associés aux VTH

- Sauf dans le cas du glyphosate, des résistances apparues avant l'introduction des VTH

- Résistance apparues en lien avec l'utilisation à large échelle de certaines classes d'herbicides sélectifs

- VTH classe B :

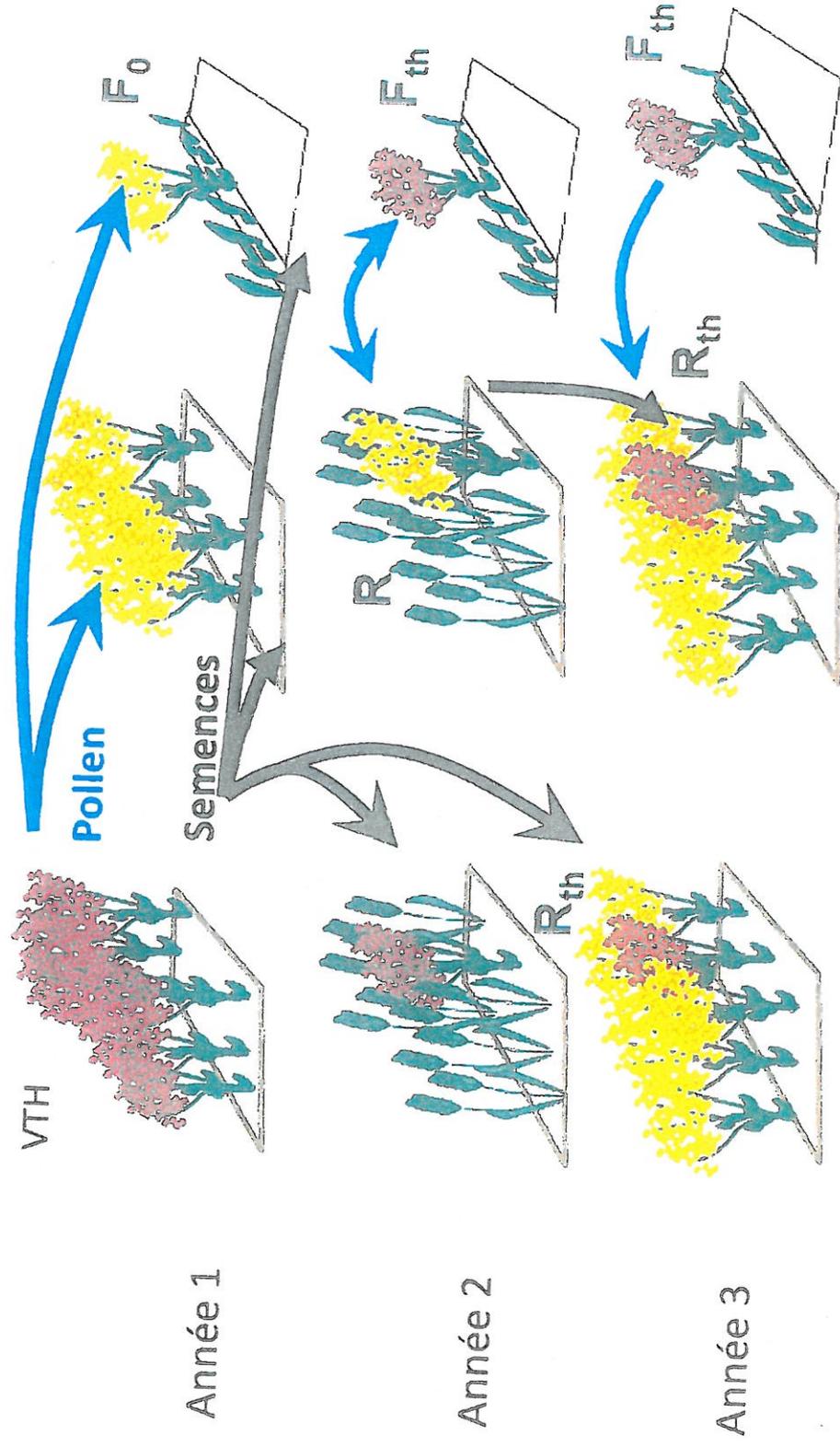
- Déjà de nombreuses adventices résistantes
- Une mutation apparaissant « facilement » (usage en amélioration variétale)



Date d'introduction des VTH

Flux de gènes et diffusion du trait TH

- Flux de gènes via le pollen : vers lignées de la même espèce, non TH
vers populations férales (même espèce)
vers espèces inter-fertiles
- Repousses de graines dispersées issues de la VTH



Flux de gènes et diffusion du trait TH

- Flux de gènes démontrés
 - Colza / moutardes, navette, ravenelle, roquette
 - Betterave / betteraves adventice et littorale
 - Riz / riz crodo (riz rouge)
 - Blé / égilope
 - Tournesol / tournesol adventice
 - Et aussi : avoines, sorgho, millets, luzerne, chicorées, laitues, carottes, radis, fraises...

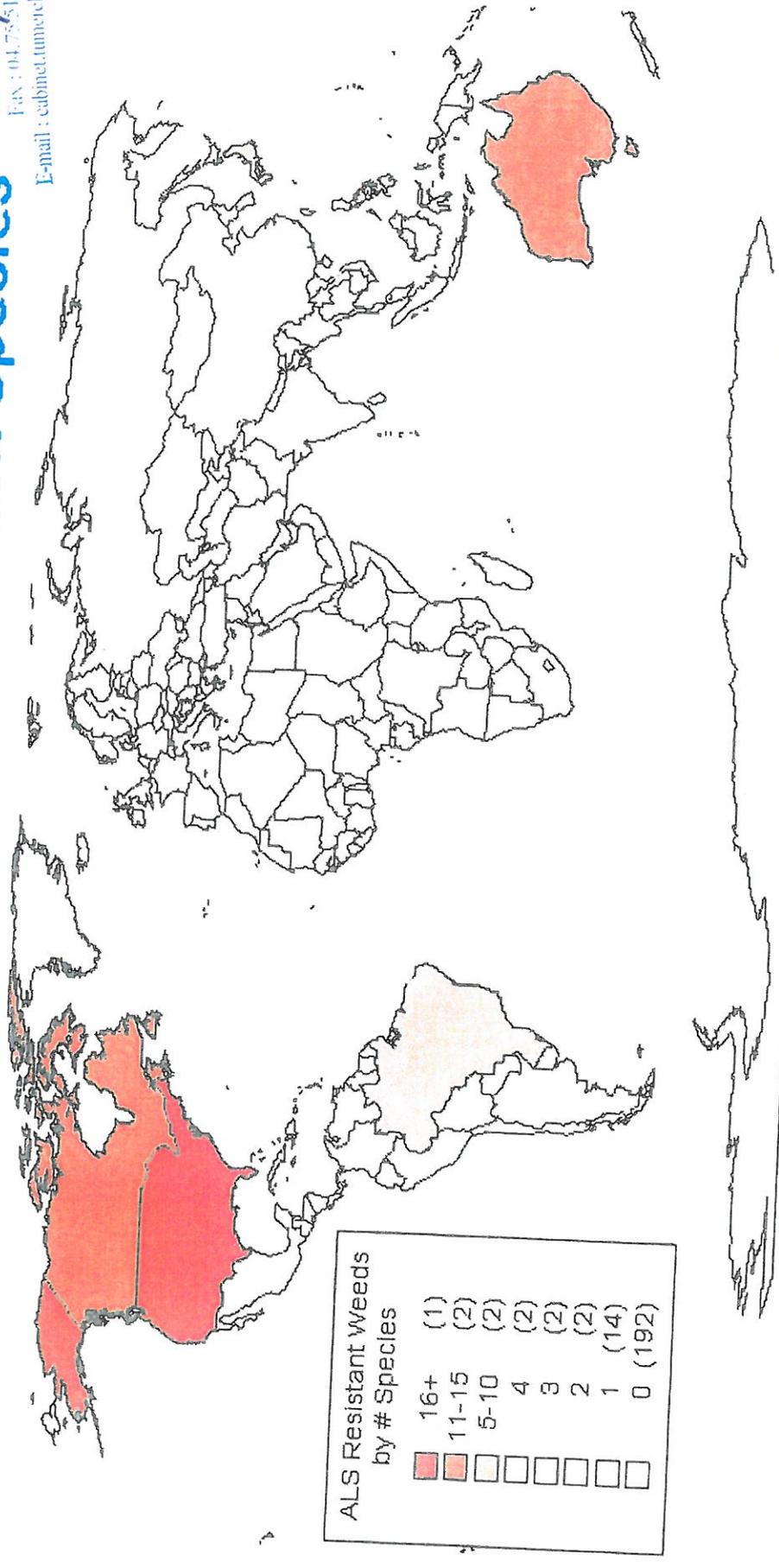
Exemple : Repousses de colza en luzerne



Exemple : hors-type (cultivé x sauvage) de tournesol



Distribution of ALS Resistant Species



Source: Dr. Ian Heap
www.weedscience.com

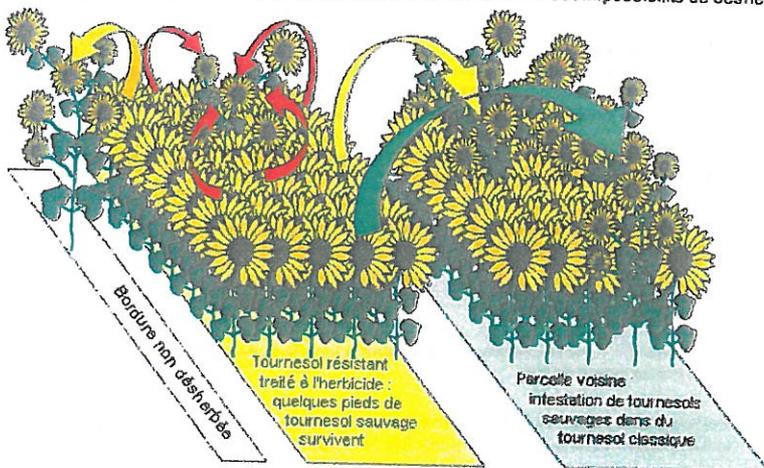
Figure 3 : Distribution des espèces résistantes aux inhibiteurs de l'ALS dans le monde.
 Source: <http://www.weedscience.com>



Technique de lutte	Efficacité à court terme sur le tournesol	Efficacité à moyen terme sur le tournesol
Élimination manuelle des 1ers pieds	■ ■ ■ très bonne, si tout début d'infestation	■ ■ ■ très bonne
Lutte chimique de post-lévé sur variété tolérante aux herbicides (Pulsar 40 ; Express SX)	■ ■ ■ très bonne, dans les conditions optimales d'utilisation (stade, dose)	■ ■ ■ très bonne avec mesure de durabilité ■ ■ ■ insuffisante, sans mesure de durabilité
Faux semis après le tournesol et élimination des pieds levés sur chaumes de céréales	■ ■ ■ moyenne à bonne	■ ■ ■ bonne si répétée
Faux-semis de printemps avec décalage de date de semis	■ ■ ■ moyenne à bonne	■ ■ ■ bonne si répétée
Binage	■ ■ ■ moyenne, si infestation modérée	■ ■ ■ faible
	■ ■ ■ faible, si infestation forte	■ ■ ■ insuffisante
Allongement du délai de retour du tournesol	■ ■ ■ Uniquement sur le long terme (> 10 ans) à combiner obligatoirement avec les autres leviers (faux semis, lutte chimique efficace dans les autres cultures de printemps)	

Les enjeux d'un désherbage durable des tournesols sauvages avec Express SX ou Pulsar 40

Les produits de post-lévé Express SX et Pulsar 40 sont efficaces sur l'adventice tournesol sauvage. Cependant il y a un fort risque d'acquisition du caractère de tolérance par la pollinisation du tournesol sauvage avec l'hybride en culture. Quelques rares cas ont d'ailleurs été identifiés par le CETIOM depuis 2012. En effet la moitié des capitules du tournesol sauvage fleurissent en même temps que ceux de l'hybride. Sans mesure de précaution prise par l'agriculteur, la parcelle infestée revient à la situation d'avant l'homologation des produits Pulsar 40 et Express SX, c'est-à-dire avec l'impossibilité de désherber chimiquement cette mauvaise herbe.



- ➔ Risque de transfert intraparcelle très élevé
- ➔ Risque de transfert vers les bordures moyen à élevé
- ➔ Risque de transfert vers les parcelles voisines moyen à faible selon la distance

SELARI Cabinet TUMERELLE
Avocats au barreau de VALENCE
8 rue de l'Indamérie
26200 MONTLIMAR
Tél : 04.75.01.00.65
Fax : 04.75.51.98.89
E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

Mesures incontournables pour la durabilité des solutions chimiques

L'efficacité des solutions chimiques est maximale sur des infestations émergentes de tournesol sauvages. Mais, quel que soit le niveau d'infestation de la parcelle, les mesures suivantes doivent être prises par l'agriculteur :

- Réaliser un faux semis avec dernière préparation superficielle dès fin mars ; détruire chimiquement de préférence les premières levées de tournesol sauvages juste avant le semis du tournesol, lorsqu'un grand nombre de tournesols sauvages a levé.
- Favoriser une levée optimale de la culture : un peuplement suffisant (> 50 000 plantes levées / ha) et régulier limite le phénomène de redémarrage des tournesols sauvages.
- Rechercher l'efficacité maximale du traitement (stade et dose d'application)
- Biner si nécessaire en complément de la lutte chimique.
- Ne laisser aucune partie de la parcelle non traitée.

Arracher manuellement des pieds qui auraient échappé au désherbage sur la parcelle (coins, pointes) ou à proximité (bandes enherbées).

Tournesols sauvages résistants

Si les pieds de tournesols sauvages sont totalement indemnes dans une parcelle correctement désherbée (respect de la dose et du stade optimal d'application), il peut s'agir de tournesols sauvages résistants. Avertir alors rapidement son conseiller en vue d'un diagnostic complémentaire par le CETIOM. En situation de résistance avérée, l'abandon de la culture de tournesol sur la parcelle serait alors conseillé.

🔍 Tournesols sauvages : reconnaissance

➔ Fiche "Halte aux tournesols adventices"



avril 2013

La fiche met en garde contre la prolifération rapide de l'adventice si l'on intervient pas rapidement.

📄 Télécharger la fiche



Accueil / Tournesol / Cultiver du tournesol / Désherbage / Tournesol sauvage / Moyens de lutte

Lutter contre les tournesols sauvages

Tous les acteurs de la filière tournesol doivent se mobiliser autour d'une lutte préventive et durable contre les tournesols sauvages (ou tournesols adventices). Les semenciers en premier lieu qui mettent en œuvre des procédures pour réduire le risque de pollution fortuite des lots de semences. Mais le risque « zéro » n'existant pas, les agriculteurs ont aussi un rôle clé dans la lutte.

Présence de quelques pieds de tournesols sauvages : éradiquer



Si des pieds de tournesols sauvages sont repérés pour la première fois dans une parcelle, les arracher au plus vite, avant la formation des graines. En cas de graines déjà formées, sortir les pieds délicatement de la parcelle afin que ces graines ne tombent pas au sol.

Si ces pieds sont répartis sur la ligne, il s'agit très probablement d'une introduction accidentelle par le lot de semences : informer au plus vite le fournisseur de semences.

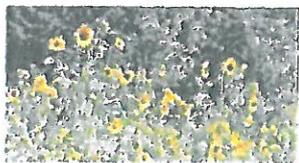
Si quelques pieds de tournesols sauvages ont été repérés sur le dernier tournesol présent dans la parcelle,

• choisir un couple "variété tolérante aux herbicides + produit" (ex : variété Clearfield + Pulsar 40 ou variété Express Sun + Express SX) et traiter l'ensemble de la parcelle

- intervenir au stade 2 à 4 feuilles du tournesol cultivé en respectant la pleine dose : Pulsar : 40 1,25 l/ha ; Express SX : 45 g/ha + Trend 90 0,1%. Ne laisser aucune partie non désherbée sur la parcelle.
- détruire manuellement les pieds de tournesols sauvages restants, impérativement, avant leur montée en graines dans la parcelle ou sur les bandes enherbées à proximité. Ils sont visibles à partir du début de la floraison du tournesol

⚠ Attention, les interventions trop tardives (6-8 feuilles) sont inefficaces, certaines plantes redémarrant par les bourgeons axillaires.

Présence moyenne à forte de tournesols sauvages : combiner les méthodes de lutte



L'objectif est de limiter la nuisibilité des tournesols sauvages dans la culture et de diminuer le stock de graines pour réduire progressivement la pression dans la rotation.

Faux-semis ou « déstockage » de graines d'été ou d'automne

- Entre le tournesol et la céréale suivante, laisser les cannes de tournesol en place ou réaliser un travail du sol très superficiel (5 cm max) juste après la récolte du tournesol pour favoriser les levées de repousses de tournesol, tournesols sauvages compris.
- Sur les chaumes de céréales, détruire les levées de tournesols sauvages survenues à la faveur de pluies estivales.

Faux semis de printemps et décalage de la date de semis du tournesol

Préparer le lit de semences fin mars – début avril et attendre les premières levées de repousses de tournesol pour les éliminer par désherbage chimique total puis semer dans la foulée le tournesol (sans retravailler le sol), à partir de la deuxième quinzaine d'avril si les conditions le permettent.

Lutte chimique avec Pulsar 40 ou Express SX

Intervenir impérativement au bon stade de la culture (entre 2 et 4 feuilles du tournesol tolérant cultivé) ; respecter la pleine dose : 1,25 l/ha de Pulsar 40 sur une variété Clearfield ; 45 g/ha Express SX + Trend 90 0,1% sur une variété Express Sun ; traiter l'ensemble de la parcelle et éliminer manuellement avant floraison les pieds qui ne seraient pas désherbés.

🔗 Voir [Tournesols tolérants aux herbicides](#)

Binage jusqu'au stade 14 feuilles

Il permet d'éliminer les premiers pieds sur l'inter rang. Un binage assez précoce – dès 4-6 feuilles – est conseillé pour augmenter l'effet de buttage sur le rang. Un 2ème passage de bineuse à partir du stade 10-12 feuilles peut être nécessaire dans le cas de levées plus tardives.

Récolte / stockage

Récolter les parcelles touchées en dernier. Après la récolte, nettoyer soigneusement la moissonneuse-batteuse pour ne pas disperser les graines dans d'autres parcelles.

Les lots mélangés (tournesol sauvage et tournesol oléique) auront une teneur en acide oléique réduite par rapport à des lots homogènes. Ils devront être signalés au moment de la livraison pour être réorientés vers le débouché linoléique par exemple.

Allongement de la rotation

Les graines de tournesols sauvages conservent longtemps leur capacité germinative (forte dormance). Un allongement de la rotation ne peut faire effet qu'à long terme (plus de dix ans). Il doit être obligatoirement combiné à d'autres leviers :

- faux-semis avant cultures de printemps,

- lutte chimique dans les cultures de printemps en évitant si possible les inhibiteurs de l'ALS afin de ne pas sélectionner d'éventuels tournesols sauvages résistants (éviter par exemple BOA sur sorgho ou les sulfonylurées sur les autres cultures),

- destruction des levées de tournesols sauvages dans les différentes intercultures.

Travail du sol

Dans le cas d'une nouvelle infestation, privilégier un travail du sol sans labour (profond ou pas) pour maintenir les graines de tournesols sauvages dans les horizons de surface et faciliter leur germination lors des faux-semis.

🔗 [Haut de page](#)

Efficacité des différents moyens de lutte

Très bonne Moyenne Insuffisante

Bonne faible

Impacts sur les organismes non-cibles et sur la biodiversité

SELARL Cabinet T. MERRILLÉ
Associés au barreau de VALENCE
Société de la Coopération
26200 MONTMAYAR
Tél : 04 75 07 00 65
Fax : 04 75 51 98 89
E-mail : cabinet.merrille@wanadoo.fr

Evaluation en système de culture (y compris effet herbicide)

Bibliographie + données FSE (2000/2003 – UK – 4 VTH GM – 70 sites)

Comparaison VTH (herbicide) / non TH (conventionnel)

Effet sur la flore

- Distinction délicate entre effet de l'herbicide et effet des pratiques associées
- Densités d'adventices en parcelles VTH > Densités en non TH avant application de l'herbicide (lien avec l'effet d'un travail du sol réduit)
- Diversité et l'abondance des espèces diminuent lorsque fréquence d'application des herbicides augmente

Effet sur la microflore : des effets sur la viabilité de certains micro-organismes aux doses d'utilisation

- Taxons modèles (signification biologique?)
- Diminution de populations de bactéries « bénéfiques » (fixateurs libres ou symbiotiques de l'azote, antagonistes de pathogènes)
- Augmentation de populations de pathogènes fongiques

Impacts sur les organismes non-cibles et sur la biodiversité

Evaluation en système de culture (y compris effet herbicide)

• Effet sur la faune

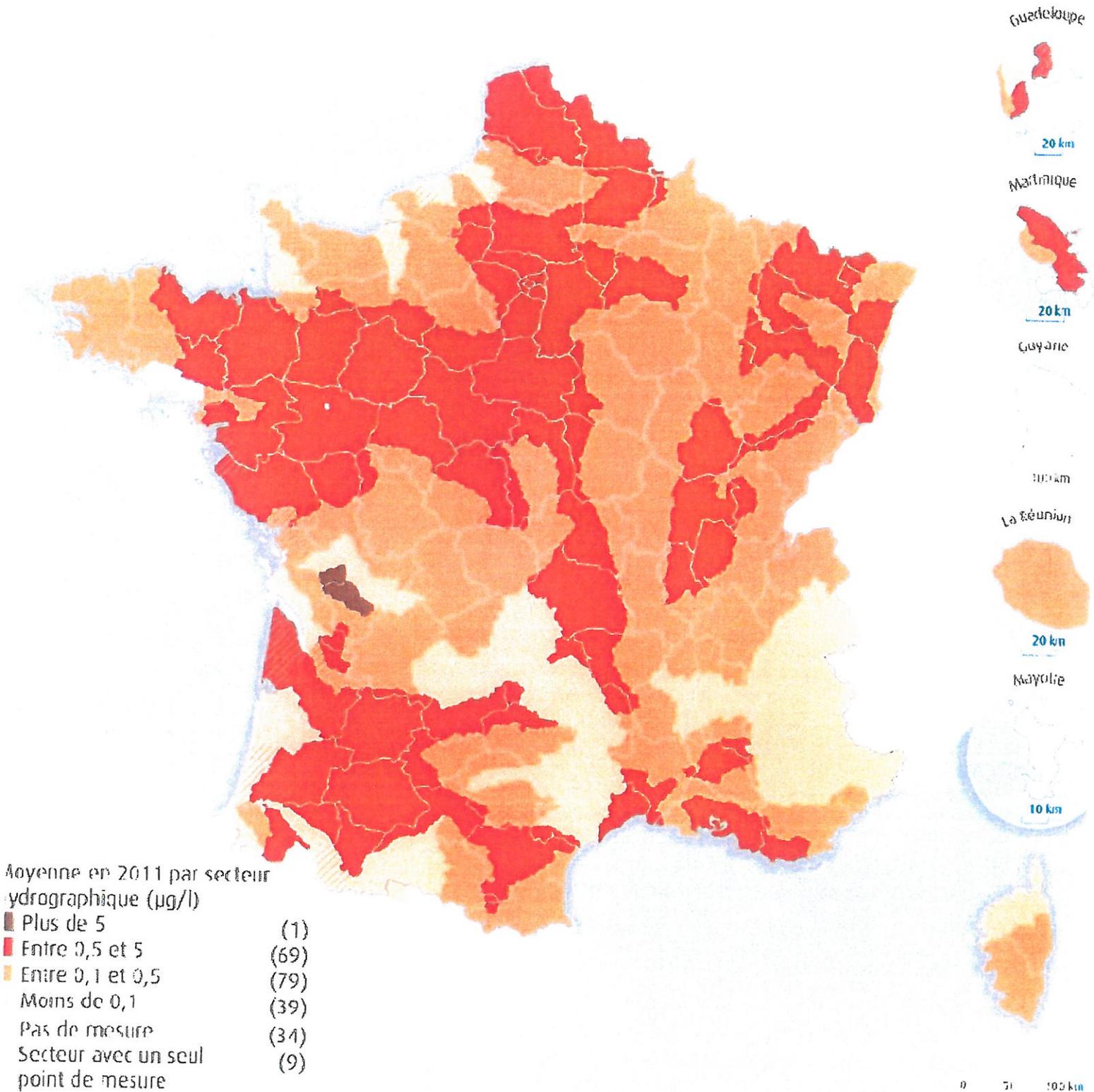
- Une écotoxicité de certains herbicides
 - Bromoxnyl sur abeilles
 - Effets atrazine + S-metolachlor sur batraciens
 - Glyphosate sur vers de terre
- Globalement un effet écotoxique direct faible sur la faune
- Effets des pratiques culturales associées (travail de sol réduit)
 - Un effet difficile à évaluer (synergique ou antagoniste) variable selon les espèces animales
- Un effet global du désherbage via la réduction du nombre d'adventices :
Une diminution des populations d'insectes herbivores après application de l'herbicide
Un effet sur l'ensemble de la chaîne alimentaire (micro-mammifères et oiseaux)

Bilan des effets des VTH sur l'environnement

- **En conclusion :**
 - Des effets limités mais réels sur la biodiversité y compris les pollinisateurs
 - Un effet fort de l'efficacité du désherbage : réduction du nombre d'adventices
 - Une contamination déjà notable des ressources eaux et sols par les herbicides utilisés en système VTH et leur métabolites
- **Des questions en suspens, des difficultés**
 - La difficulté à obtenir certaines données
 - La diversité des milieux concernés
 - L'étude de l'effet des métabolites
 - La question de la pertinence des indicateurs (DL50)
 - La question des formulations et des cocktails

Les VTH ne sont qu'un cas particulier d'usage d'herbicide, mais sont susceptibles d'amplifier rapidement l'usage de certaines molécules

Concentrations moyennes en pesticides dans les cours d'eau



SELARI Cabinet TUMERELLE
 Avocats au barreau de VALENCE
 8 rue de la Gendarmerie
 26200 VALIMAR
 Tél : 04 75 51 00 65
 Fax : 04 75 51 98 89
 E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

RÉVÉLATIONS : L'ÉTUDE QUI CHANGE TOUT

OUI, LES OGM SONT DES POISONS

Deux cents rats nourris au maïs transgénique pendant deux ans, et suivis jour après jour en laboratoire, c'est l'expérience inédite à laquelle s'est livrée dans le plus grand secret une équipe de chercheurs français. Résultats ?
Dévastateurs pour les OGM





c'est une véritable bombe que lance, ce 19 septembre à 15 heures, la très sérieuse revue américaine « Food and Chemical Toxicology » – une référence en matière de toxicologie alimentaire – en publiant les résultats de l'expérimentation menée par

l'équipe du Français Gilles-Eric Séralini, professeur de biologie moléculaire à l'université de Caen. Une bombe à fragmentation : scientifique, sanitaire, politique et industrielle. Elle pulvérise en effet une vérité officielle : l'innocuité du maïs génétiquement modifié. Même à faible dose, l'OGM étudié se révèle lourdement toxique et souvent mortel pour des rats. A tel point que, s'il s'agissait d'un médicament, il devrait être suspendu séance tenante dans l'attente de nouvelles investigations. Car c'est ce même OGM que l'on retrouve dans nos assiettes, à travers la viande, les œufs ou le lait.

En 2006, c'est comme un véritable thriller que commence cette recherche, dont le maître d'œuvre, Gilles-Eric Séralini, divulgue lui-même les conclusions dans un ouvrage (1), à paraître la semaine prochaine. Jusqu'en 2011, les chercheurs ont travaillé dans des conditions de quasi-clandestinité. Ils ont crypté leurs courriels comme au Pentagone, se sont interdit toute discussion téléphonique et ont même lancé une étude leurre tant ils craignaient un coup de Jarnac des multinationales de la semence. Le récit de l'opération – nom de code In Vivo – évoque la très difficile récupération de semences de maïs OGM NK 603, propriété brevetée de Monsanto, par le truchement d'un lycée agricole canadien. Puis la récolte et le rapatriement des « gros sacs de jute » sur le port du Havre fin 2007, avant la fabrication de croquettes dans le secret le plus total et la sélection de deux cents rats de laboratoire dits « Sprague Dawley ». Bilan ? Glacant : « *Après moins d'un an de menus différenciés au maïs OGM, confie le professeur Séralini, c'était une hécatombe parmi nos rats, dont je n'avais pas imaginé l'ampleur.* »

Tous les groupes de rats, qu'ils soient nourris avec le maïs OGM traité ou non au Roundup, l'herbicide de Monsanto, ou encore alimentés avec une eau contenant de faibles doses d'herbicide présent dans les champs OGM, sont frappés par une multitude de pathologies lourdes au 13^e mois de l'expérience. Chez les femelles, cela se manifeste par des explosions en chaîne de tumeurs mammaires qui atteignent parfois jusqu'à 25% de leur poids. Chez les mâles, ce sont les organes dépurateurs, le foie et les reins, qui sont atteints d'anomalies marquées ou sévères. Avec une fréquence de deux à cinq fois plus importante que pour les rongeurs nourris au maïs sans OGM.

Comparaison implacable : les rats OGM déclenchent donc de deux à trois fois plus de tumeurs que les rats non-OGM quel que soit leur sexe. Au début du 24^e mois, c'est-à-dire à la fin de leur vie, de 50% à 80% des femelles OGM sont touchées contre seulement 30% chez les non-OGM. Surtout, les tumeurs surviennent nettement plus vite chez les rats OGM : vingt mois plus tôt chez les mâles,

LES OGM AUJOURD'HUI

Il y en a 160 millions d'hectares aujourd'hui et leur culture étroitement progressive de 8% en 2011. Production totale (75,4 millions d'hectares), maïs (51 millions), colza (24,7 millions), soja (6,2 millions).

PAYS

PRODUCTEURS
Etats-Unis (43,1%),
Brésil (18,5%),
Argentine (14,8%),
Inde (6,6%),
Canada, Chine,
Paraguay.

EN EUROPE

0,1% des terres seulement sont cultivées en OGM, principalement en Espagne (80%), mais aussi au Portugal, en Tchéquie, en Pologne, en Slovaquie, en Roumanie. Deux OGM sont autorisés par l'UE : le maïs Monsanto Mon 810 et le pomme de terre Amflora. Le maïs Mon 810 reste néanmoins interdit en Autriche, en Hongrie, en France, en Grèce, en Allemagne et au Luxembourg.

IMPORTATIONS
2/3 des importations de soja en France sont des OGM qui servent à l'alimentation du bétail et dont on peut retrouver la trace dans la viande, les œufs ou le lait.

trois mois plus tôt chez les femelles. Pour un animal qui bénéficie de deux ans d'espérance de vie, l'écart est considérable. A titre de comparaison, un an pour un rongeur, c'est à peu près l'équivalent d'une quarantaine d'années pour un homme...

C'est forte de ces conclusions que Corinne Lepage, dans un livre qui paraît ce vendredi (2), entend bien exiger des comptes auprès des politiques et des experts, français et européens, des agences sanitaires et de la Commission de Bruxelles, qui se sont si longtemps opposés et par tous les moyens au principe d'une étude de longue durée sur l'impact physiologique des OGM. Cette bataille, l'ex-ministre de l'Ecologie et première vice-présidente de la commission Environnement, Santé publique et Sécurité alimentaire à Strasbourg la mène depuis quinze ans au sein du Criigen (Comité de Recherche et d'Information indépendantes sur le Génie génétique) avec Joël Spiroux et Gilles-Eric Séralini. Une simple association de loi de 1901 qui a pourtant été capable de réunir de bout en bout les fonds de cette recherche (3,2 millions d'euros) que ni l'Inra, ni le CNRS, ni aucun organisme public n'avaient jugé judicieux d'entreprendre.

Comment ? Autre surprise : en sollicitant la Fondation suisse Charles Léopold Mayer. Mais aussi les patrons de la grande distribution (Carrefour, Auchan...), qui se sont réunis pour l'occasion en association. Depuis la vache folle, ces derniers veulent en effet se prémunir de tout nouveau scandale alimentaire. A tel point que c'est Gérard Mulliez, fondateur du groupe Auchan, qui a débloqué les premiers financements.

L'étude du professeur Séralini laisse donc présager une nouvelle guerre meurtrière entre pro et anti-OGM. Les agences sanitaires exigeront-elles de toute urgence des études analogues pour vérifier les conclusions des scientifiques français ? Ce serait bien le moins. Monsanto, la plus grande firme mondiale de semences transgéniques, laissera-t-elle faire ? Peu probable : sa survie serait en jeu. Pour une seule plante OGM, il y a une centaine de variétés. Ce qui impliquerait au moins une dizaine d'études de 100 à 150 millions d'euros chacune !

Sauf que, dans cette nouvelle confrontation, le débat ne pourra plus s'enliser comme par le passé. Dès le 26 septembre, chacun pourra voir au cinéma le film choc de Jean-Paul Jaud, « Tous cobayes ? », adapté du livre de Gilles-Eric Séralini, et les terribles images des rats étouffant dans leurs tumeurs. Des images qui vont faire le tour de la planète et d'internet, puisqu'elles seront diffusées sur Canal+ (au « Grand Journal » du 19 septembre) et sur France 5 (le 16 octobre dans un documentaire). Pour les OGM, l'ère du doute s'achève. Le temps de la vérité commence. **GUILAUME MALAURIE**

(1) « Tous cobayes ! », par Gilles-Eric Séralini, Editions Flammarion. En librairie le 26 septembre.

(2) « La vérité sur les OGM, c'est notre affaire », par Corinne Lepage, Editions Charles Léopold Mayer. En librairie dès le 21 septembre.

LE RÉQUISITOIRE DE GILLES-ERIC SÉRALINI

“INCONSCIENCE ? LÂCHETÉ ? COLLUSION CRIMINELLE ?”

Dans une interview au “Nouvel Observateur”, le professeur Séralini s’interroge sur le refus des industriels et des experts de mener de véritables études de longue durée sur les OGM

Le Nouvel Observateur Il y avait une méfiance diffuse de l’opinion à propos de l’impact des OGM sur la santé humaine. Avec votre étude, est-ce une suspicion grave qui se confirme ?

Gilles-Eric Séralini Oui, nous venons de réaliser l’étude la plus longue et la plus détaillée au monde sur la toxicité d’un maïs transgénique et sur celle du Roundup, l’herbicide le plus utilisé qui soit. Notre étude conclut à un effet toxique sur l’animal et nous donne à penser qu’il peut y en avoir un sur l’homme. En outre, plusieurs autres tests que nous avons effectués sur des cellules humaines vont dans le même sens. Notre étude, menée durant deux ans sur des rats, établit que, même à très faible dose, l’absorption à long terme de ce maïs agit comme un poison puissant et bien souvent mortel, tout comme celle du Roundup. Et ces effets touchent prioritairement les reins, le foie et les glandes mammaires. Lorsqu’il s’agit de produits chimiques, de pesticides ou de médicaments, les tests sur petits mammifères sont courants au niveau réglementaire. Sauf que les OGM échappent à cette épreuve ! Le grand scandale, celui dont je ne me remets pas, c’est que les agences sanitaires n’ont jamais exigé des industriels une étude de toxicité de longue durée. Pourtant, lorsque 450 millions d’Européens consomment des produits alimentaires à base d’OGM (et sans toujours le savoir), ils le font tout au long de leur vie. Pis : beaucoup de ces experts ont, malgré nos mises en demeure, multiplié les arguties pour s’y opposer coûte que coûte. De quoi s’agit-il : inconscience ? négligence ? lâcheté ? collusion criminelle avec le monde industriel ? ou tout ça à la fois ?

Pourquoi ces précautions puisque les propriétés nutritives

d’une plante classique seraient équivalentes en substance à une plante OGM de même type ?

Principalement pour deux raisons : 1. En réalité, un OGM agricole, c’est une éponge à pesticides qui devrait être soumise à la même réglementation que n’importe quel pesticide. Car contrairement à ce que rabâchent les communicants des lobbys semenciers, les sojas ou les maïs transgéniques ne sont pas « résistants » aux herbicides : ils sont tolérants à – au moins – un herbicide ou ils fabriquent leur propre insecticide. Dans le cas du maïs que nous avons testé, le gène ajouté par l’agro-industriel rend certes les cultures insensibles au Roundup déversé sur elles, mais n’empêche pas qu’elles s’en imbivent. 2. La réglementation veut que les produits chimiques, dont les herbicides, soient testés – par les industriels eux-mêmes ! – avant leur mise sur le marché, mais seuls les principes actifs le sont à long terme. Pourtant, dans la vraie vie, le principe actif n’est jamais tout nu. Il est mélangé à des adjuvants qui favorisent sa pénétration dans les cellules. Il faudrait donc tester le produit tel qu’il est commercialisé et utilisé par

BIO

GILLES-ERIC SÉRALINI

Professeur de biologie moléculaire et chercheur à l’Institut de Biologie fondamentale et appliquée de l’université de Caen. Il avait exigé de Monsanto la publication des analyses complètes sur le Maïs MON 663 récemment mis en cause par le généticien Marc Fellous. Séralini avait fait condamner l’intéressé pour diffamation le 16 janvier 2011 après avoir reçu le soutien de plusieurs milliers de chercheurs à travers le monde.

les agriculteurs. Produit qui se retrouve ensuite sous forme de résidus dans les assiettes des consommateurs... A moins de considérer que ce sont eux les cobayes, des tests préliminaires de longue durée sont donc une exigence absolue.

Monsanto avait réalisé une étude de 90 jours sur les rats...

C’est très court trois mois... Ce type d’études a en effet été conduit pour quelques maïs transgéniques il y a une décennie. Mais souvenons-nous que la firme Monsanto, par exemple, avait alors refusé de communiquer ses résultats au public. C’est grâce à la justice allemande que le Criigen a finalement obtenu ces données et que nous avons pu les contre-expertiser pour la toute première fois, en 2007. Et que révélaient-elles ? Des signes inquiétants de toxicité hépatique et rénale... L’étude que nous publions aujourd’hui sur les effets du maïs NK 603 ne lève pas les suspicions, elle les confirme et les prolonge. Nous n’avons pas lésiné sur les moyens scientifiques : deux cents rats, prise en compte de plus de cent paramètres, suivi biochimique de trente-quatre organes, etc. Est-ce un hasard si les premiers dérègle-



Auteur de Gilles-Eric Séralini et Robin Napoléon, Nicolas Delmas, Stéphane et Bruno Gey

... ments se manifestent dans notre expérience juste après la période des 90 jours que Monsanto s'est refusé à dépasser ?

Vous observez une prolifération de tumeurs dans tous les groupes de rats traités aux OGM, y compris ceux qui ne sont pas exposés au Roundup. Vous en concluez que la plante transgénique en elle-même serait toxique...

Oui. Et cela fut une énorme surprise car je pensais que le Roundup était l'agent le plus suspect. Je pense toujours qu'il s'agit du risque majeur. Mais nous avons fini par découvrir que le caractère transgénique perturbe le métabolisme de la plante, qui s'en trouve appauvri en composés protecteurs du foie et des glandes mammaires.

Cette recherche fut-elle une épreuve personnelle ?

Oui, mais lorsqu'on voit un enfant se noyer, on plonge ! Eh bien, j'ai plongé avec toute mon équipe, soutenue par le Criigen, et les résultats sont là. Ce fut un stress permanent : réunir les fonds, obtenir et faire cultiver des semences transgéniques, conserver la confidentialité la plus stricte, analyser d'innombrables données... Nous avons grevé notre budget car le nombre de tumeurs a explosé (souvent deux ou trois par rat) et multiplié les analyses, qui coûtent cher.

Quelles réformes suggérez-vous aujourd'hui ?

J'en suggère trois : la levée de la confidentialité sur les résultats des analyses conduites par les industriels ; la mise en œuvre de tests dits de « vie entière » (la durée de vie moyenne d'un rat est de deux ans) sur la formulation commerciale de tous les produits chimiques, et non sur leur seul principe actif ; l'instauration d'une contre-expertise, comme en justice, car l'indépendance scientifique est un mythe. Pour renforcer la sécurité sanitaire, nous devons aussi contrer le dévoiement de la science par certains industriels, certains pseudo-experts (qui ignorent souvent tout des OGM agricoles) et par des agences sanitaires qui travaillent sans conscience ni garde-fous. *Propos recueillis par G. M.*

Photo: R. J. / A. T. / C. / A. / S. / D. / J. / P. / J. / J. / B. / S. / É. / G. / N. / C.



Dissection des rats atteints de tumeurs pendant les expériences menées par le professeur Séralini et son équipe.

EXCLUSIF : LES EXTRAITS DE "TOUS COBAYES !"

"LES RÉSULTATS NOUS FONT BLEMIR"

Dans son livre, Gilles-Eric Séralini revient dans le détail sur le déroulé de son expérience. En comparaison des rats nourris avec du maïs sans OGM, les animaux alimentés au maïs transgénique sont frappés massivement et beaucoup plus tôt que les autres

Pendant les 90 premiers jours, aucun signe clinique particulier n'est apparu, si ce n'est dans le lot des rats qui mangent du maïs conventionnel et boivent la demi-dose agricole de Roundup (c'est-à-dire la plus forte). Ils maigrissent ou grossissent moins que les autres (la croissance ne s'arrête pas totalement chez le rat adulte), mais ils commencent à souffrir ; ils deviennent notre contrôle toxique positif.

A partir du quatrième mois, la palpation hebdomadaire des rats permet de repérer chez deux mâles des grosseurs abdominales énormes. Elles dépassent vite 25% du poids du corps. Alors, pour des raisons éthiques, liées à la souffrance qu'in-

duisent ces tumeurs, on doit euthanasier les animaux atteints. L'autopsie révèle qu'il s'agit de tumeurs du rein. Elles atteignent presque la taille d'un pamplemousse. Nous en restons bouche bée. Nous attendons les rapports de l'anatomopathologiste avec fébrilité. Je suis l'un des seuls à connaître les codes des puces électroniques des rats, et je m'aperçois que ces troubles sont apparus dans deux groupes nourris au maïs transgénique (NK 603, traité ou non au Roundup).

Stressé, je contrôle le bon suivi de l'expérience et de tous les paramètres. L'un d'entre eux s'est-il déréglé, faussant ainsi nos conditions expérimentales ? Le fait de consommer une céréale génétiquement

GILLES-ERIC SÉRALINI

TOUS COBAYES !
UNE PÉRIODE, UNOISE MONTÉE



LE LIVRE

« Tous cobayes ! », (Flammarion) en lib. 16,90 € le 28 sept. 2012. Gilles-Eric Séralini est un biologiste et généticien. Il a écrit le livre « Tous cobayes ! » (Flammarion, 2012).

modifiée pourrait-il provoquer cela aussi vite ? J'ai peine à le croire. Ces pathologies apparaissent juste au-delà du terme où s'arrêtent les études commandées par les industriels (trois mois). Est-ce un hasard ? Le soir, je veux chasser les questions qui me poursuivent : certains membres des commissions d'autorisation se seraient-ils opposés à la demande de tests de plus de trois mois *parce qu'ils savaient*, parce qu'ils auraient été avertis des résultats de la prolongation, tenue secrète, des tests ?

Les deux mâles touchés sont encore bien jeunes et les tumeurs du rein qu'ils ont développées sont très rares ; il s'agit de tumeurs de Wilms, parfois liées à l'utilisation de pesticides.

Au 13^e mois, c'est l'explosion des tumeurs palpables...

A partir du 13^e mois se produit un phénomène que nous n'avions pas prévu en commençant l'expérience : la multiplication des tumeurs.

C'est le début de la deuxième année de consommation et les corps des femelles sont déformés. Les anomalies dépassent vite celles constatées chez les mâles. Les tumeurs ne cessent plus d'apparaître. Les animaux font peine à voir. Plusieurs adénomes, fibroadénomes et carcinomes mammaires ont pris une telle ampleur qu'ils englobent toute la patte, le thorax ou l'abdomen d'une rate : parfois on ne voit plus que cinq bouts de doigts roses sortir d'une espèce de manchon blanc. (Les rates ont six paires de mamelles réparties à différents niveaux ; elles peuvent ainsi nourrir simultanément leurs petits.) Pectorales, abdominales ou inguinales, les tumeurs à ce niveau peuvent gêner considérablement la digestion, la respiration, la miction ou la défécation ; transposées à l'échelle humaine, elles seraient vraiment monstrueuses. [...]

Après autopsie, nombre d'entre elles ne se révéleront ni cancéreuses ni invasives, mais elles grossissent si vite que l'animal en devient handi-

"Le soir, je veux chasser les questions qui me poursuivent : certains membres des commissions d'autorisation se seraient-ils opposés à la demande de tests de plus de trois mois parce qu'ils savaient ?"

capé. Il ne peut plus bouger, il contracte parfois des infections par les blessures qui apparaissent sur les tumeurs ; il meurt ou doit être euthanasié. Des métastases se développent chez deux femelles, l'une dans un groupe nourri au maïs transgénique, l'autre dans le groupe buvant la plus forte dose de Roundup, très diluée cependant.

Au 14^e mois, le corps des animaux est toujours soigneusement palpé. Aucune femelle du groupe témoin n'est alors touchée (la première le sera au début du 15^e mois). Dans huit groupes de femelles sur les neuf soumis au régime OGM et buvant de l'eau contaminée, de 10% à 30% d'entre elles ont des tumeurs palpables d'au moins 17 mm de diamètre (par opposition aux tumeurs internes, de l'hypophyse ou du pancréas, qui ne seront détectables qu'après autopsie). Les grosseurs supérieures à cette taille sont pour l'essentiel des tumeurs mammaires qui ne cessent de s'accroître. Il y a aussi un cas d'adénome



497 jours après un régime constitué de 11% de maïs OGM non traité au Roundup, apparaît un adénocarcinome mammaire.



Même menu, accompagné d'un traitement au Roundup. Fibroadénome et adénocarcinome au 546^e jour.



Pas d'OGM, mais une eau contaminée au Roundup à 0,5%. Fibroadénomes aux 525^e et 577^e jours, plus adénome hépatique.

... ovarien avec des kystes, deux tumeurs de la peau très visibles. [...]

On constate beaucoup moins de tumeurs chez les mâles : en moyenne, cinq fois moins que chez les femelles. Il y a deux fois plus de mâles touchés dans les groupes nourris aux maïs transgéniques (où les tumeurs sont apparues dès le quatrième mois) que dans le groupe témoin, nourri au maïs conventionnel, où un seul mâle développera une grosse tumeur au 23^e mois. A la fin de l'expérience, de 20% à 40% des mâles seront atteints, selon les groupes. Les femelles se révèlent donc beaucoup plus sensibles. [...]

Au début du 24^e mois, de 50% à 80% des femelles sont touchées !

Ces proportions se retrouvent dans tous les groupes traités, tandis qu'il y a seulement 30% de rates affectées dans le groupe témoin (nourri au maïs sans OGM), soit environ moitié moins.

Ces résultats nous font blêmir. La vérification de notre hypothèse est en passe de prendre des proportions dramatiques. En d'autres termes, un régime équilibré contenant du maïs transgénique, additionné ou non de Roundup (et même de Roundup à très faible dose comme dans certaines eaux du robinet), accélère les risques de tumeur et les accroît jusqu'à plus de deux fois. Certaines femelles ont d'ailleurs jusqu'à trois tumeurs, tels des ballons sous leur peau tendue. J'ai peine à les voir ainsi souffrir. Et je ne peux m'empêcher de penser à toutes les femmes qui ont des cancers du sein. [...]

Les femelles qui boivent l'eau contaminée au Roundup (quelle que

soit sa dilution) sont les plus malades : 80% d'entre elles sont atteintes de tumeurs dans chacun des trois groupes – en fin d'expérience, elles seront de 90% à 100%. Certaines rates ont développé jusqu'à trois tumeurs, c'est considérable. [...]

Dans le groupe témoin, seulement trois mâles (le premier au 493^e jour) et deux femelles (la 1^{re} au 54^e jour) sont morts avant. Au-delà de ces 624 ou 701 jours, qui constituent un repère, il est difficile de savoir si les morts sont dues au vieillissement ou, dans le cas des animaux traités, aux divers régimes testés.

Par contre, dans certains groupes nourris au maïs transgénique NK 603 (traité ou non au Roundup), jusqu'à 50% des mâles et 70% des femelles sont décédés avant. Mais ces pourcentages ne sont pas proportionnels à la dose de maïs transgénique dans les croquettes : un maximum d'effets délétères a été atteint dès la plus faible proportion (11%). Les mâles ont développé leurs premières tumeurs 600 jours avant que ceux du groupe témoin n'en développent, et ils sont morts environ un an avant eux. [...]

Des conclusions désespérantes

A présent, réfléchissons sur ce qui se passe dans ce maïs transgénique tolérant au Roundup : il est muté pour produire en grande quantité une enzyme qui lui donne son insensibilité au glyphosate, le principe actif de l'herbicide. Or voilà que, en fouillant la littérature scientifique sur les sojas transgéniques, certaines expériences nous apprennent que cette même enzyme module le métabolisme et la quantité de certains



LE FILM
Jean-Paul Jaud est l'auteur d'un film qui a marqué les esprits sur l'impact des pesticides, « Nos enfants nous accuseront » (2005). Dans « Tous cobayes? », qui sort en salles le 26 septembre, le cinéaste a pu longuement filmer l'expérience sur les rats OGM menée par le professeur Séralini. Les photos de ce dossier sont issues de ce film.

Avec cet appareil, le professeur Séralini et son équipe peuvent identifier chaque rat, grâce à une puce électronique placée sous la peau des animaux.

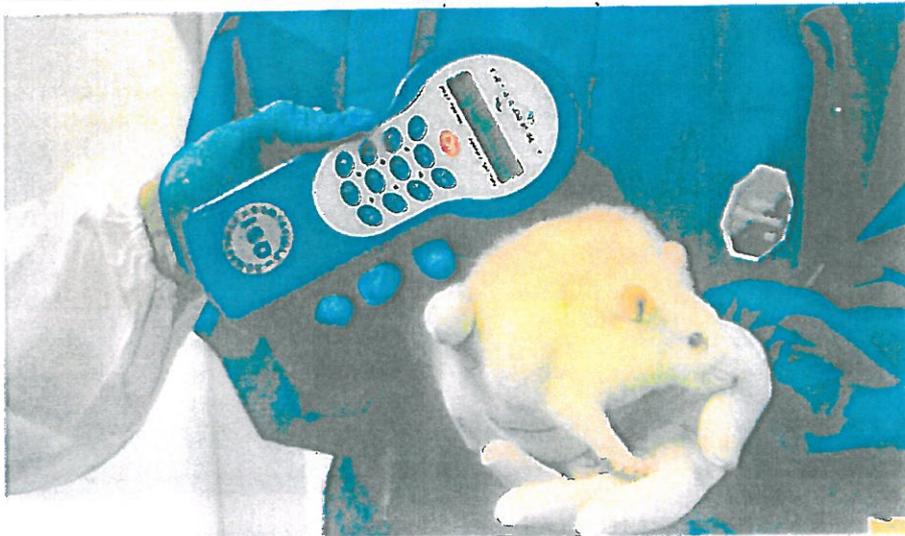
acides alimentaires protecteurs, susceptibles de devenir toxiques lorsqu'ils sont perturbés en quantité ou en qualité. L'enzyme provoquerait indirectement, en perturbant le métabolisme du maïs, les mêmes pathologies : diminution de certains composés protecteurs et survenue de composés toxiques. Et justement, les taux d'acides férulique et caféique, qui sont hépato et réno-protecteurs, sont diminués de 16% à 51% selon nos dosages de maïs OGM dans les croquettes. Ce qui tendrait à expliquer que le maïs transgénique seul, non traité au Roundup, puisse produire les mêmes effets, à cause de sa modification génétique précisée. Mais cela est inattendu. [...]

Retenons que, chez les rats mâles nourris au maïs transgénique, la mortalité a été globalement bien plus importante et plus rapide et les tumeurs sont apparues beaucoup plus tôt que chez les rats nourris au maïs conventionnel. Chez les femelles traitées, la mort anticipée a été fortement due à l'énormité des tumeurs (93% de tumeurs mammaires), qui ont provoqué des souffrances, des hémorragies graves ou des amaigrissements très importants (plus de 25% du poids du corps). La quasi-totalité des groupes femelles traités a été touchée. Je ne m'en remettrai pas de sitôt – d'autant moins lorsque je pense aux conséquences éventuelles en matière de santé publique. Les femelles sont plus sensibles que les mâles au maïs transgénique (traité ou non à l'herbicide Roundup) et aux traces de Roundup ajoutées dans leur eau de boisson. [...]

C'est une hécatombe. Et c'est à pleurer. Les géants de l'industrie alimentaire s'arrogent en toute arrogance le droit d'éviter, d'écarter les tests à long terme et les chercheurs non solidaires de leurs conclusions, les autorités sont complices de laxisme et certains scientifiques sont tout bonnement véreux.

A présent, des études sur la reproduction et sur plusieurs générations doivent absolument être menées, et une interdiction de consommation, plus qu'un moratoire, devient indispensable, tout comme un retrait du marché. »

© Flammarion



L'ACCUSATION DE CORINNE LEPAGE

“LES MULTINATIONALES ONT ASSERVI LES ETATS”

Dans son ouvrage sur les OGM, l'ancienne ministre met les pouvoirs publics français et européens devant leurs responsabilités, judiciaire et pénale. Extrait



Les firmes agrosemencières ne portent pas à elles seules la responsabilité de ce scandale sanitaire. Aux termes mêmes de la directive communautaire sur la sécurité des produits, la responsabilité est partagée avec tous ceux qui étaient chargés du contrôle et de la surveillance, à commencer par l'Efsa (Autorité européenne de Sécurité des Aliments) et ses experts, la CGB (Commission du Génie biomoléculaire) et peut-être des décideurs politiques.

A priori, un expert ne donne qu'un avis, lequel n'engage pas sa responsabilité. Et, du reste, il est plaisant de rappeler qu'une des grandes préoccupations de la CGB, présidée par Marc Fellous (président de l'Association française de Biotechnologies végétales), était de s'assurer que sa responsabilité ne pouvait pas être engagée collectivement ou individuellement ! Mais ce principe n'est pas immuable. La jurisprudence connaît des cas de responsabilité pour faute d'experts. En particulier, [...] elle sanctionne rigoureusement ceux ayant intérêts liés avec une partie.

Pour interdire l'importation de maïs et de soja OGM, question qui va

BIO

CORINNE LEPAGE (en photo, pendant l'expérimentation) s'est intéressée très tôt à la toxicité possible des OGM en fondant en 1979 le Criigen (Comité de Recherche et d'Information Indépendantes sur le Génie génétique). L'ancienne ministre de l'Écologie publie aujourd'hui « La vérité sur les OGM, c'est notre affaire ! », aux Éditions Charles Léopold Mayer (en librairie dès le 21 septembre).



devoir être posée très clairement après l'étude du Criigen, il faut une décision communautaire qui sera évidemment contestée devant l'Organisation mondiale du Commerce (OMC). Sauf que la publication de l'étude du Criigen change radicalement la donne. Elle établit a minima la possibilité d'un risque pour la santé humaine. Continuer à faire consommer des OGM aux humains, sans engager d'urgence des études indépendantes et sans mettre en garde les consommateurs, leur donner le choix de consommer sans OGM, y compris les produits contenant de la lécithine de soja, engagerait la responsabilité de ceux qui produisent et qui autorisent ces OGM.

Les dispositions de la directive sont en outre parfaitement claires sur les obligations de l'entreprise et sur les capacités juridiques données aux États membres pour interdire un OGM ou en suspendre la commercialisation. Ne rien faire engage donc la responsabilité sur un plan administratif des autorités publiques et, sur un plan civil, des entreprises. Cette responsabilité n'exclut en rien l'hypothèse d'une responsabilité pénale dans la mesure où, en toute connaissance de cause – et celle-ci serait évidente –, rien ne serait fait.

L'Efsa, qui est déjà très largement mise en cause au niveau européen, ne sortira évidemment pas indemne de l'étude du Criigen. La validation de l'ensemble des études menées par les promoteurs des OGM apparaît désormais inadmissible. Le refus du panel OGM d'exiger que soient refaites les études préalables du Mon 863 ne tient plus la route.

[...] Il est indispensable que le Parlement européen aille au bout de la démarche qu'il a entreprise et mette un terme définitif au mélange des genres et aux conflits d'intérêts, en

particulier à la tête de l'Efsa et du panel OGM.

La nomination transparente du comité d'experts, avec des critères de choix parfaitement explicités, est une première étape. Il est indispensable que la société civile soit représentée au sein des panels afin de s'assurer de leur bon fonctionnement, et que le Parlement européen soit associé [...] aux conditions de choix des responsables des différents panels et des responsables de l'Agence. Un droit de veto devrait être reconnu aux parlementaires pour s'opposer à la nomination d'un expert dont l'indépendance pourrait être suspectée.

En contrepartie, les experts doivent être convenablement rémunérés, comme dans les autres institutions européennes d'expertise, de telle sorte que les experts venus du secteur public puissent consacrer le temps suffisant à l'examen des dossiers. Cette rémunération devra s'accompagner d'une reconnaissance de leur responsabilité dans les avis donnés, responsabilité établie grâce à des votes rendus publics. [...]

La démultiplication de nos efforts peut suivre deux voies. D'abord la création à l'échelle internationale, avec un niveau européen intermédiaire, d'un « Genetic Transparency Watch », sorte de Criigen à l'échelle internationale, dont la mission serait de partager les informations et d'œuvrer à la transparence des études et des connaissances dans le domaine des biotechnologies. Sur le même modèle que Transparency International. L'ouverture vers les entreprises qui ont décidé d'œuvrer pour le bien commun et la durabilité, pour reprendre en main les grands choix dont dépendent nos vies, plutôt que de les laisser dans les mains de multinationales qui ont asservi nos États.

© Editions Charles Léopold Mayer



Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize

Gilles-Eric S eralini^{a,*}, Emilie Clair^a, Robin Mesnage^a, Steeve Gress^a, Nicolas Defarge^a,
Manuela Malatesta^b, Didier Hennequin^c, Joël Spiroux de Vend mois^a

^a University of Caen, Institute of Biology, CRIIGEN and Risk Pole, MRSH-CNRS, EA 2608, Esplanade de la Paix, Caen Cedex 14032, France

^b University of Verona, Department of Neurological, Neuropsychological, Morphological and Motor Sciences, Verona 37134, Italy

^c University of Caen, UR ABTE, EA 4651, Bd Maréchal Juin, Caen Cedex 14032, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 April 2012

Accepted 2 August 2012

Available online 19 September 2012

Keywords:

GMO

Roundup

NK603

Rat

Glyphosate-based herbicides

Endocrine disrupting effects

ABSTRACT

The health effects of a Roundup-tolerant genetically modified maize (from 11% in the diet), cultivated with or without Roundup, and Roundup alone (from 0.1 ppb in water), were studied 2 years in rats. In females, all treated groups died 2–3 times more than controls, and more rapidly. This difference was visible in 3 male groups fed GMOs. All results were hormone and sex dependent, and the pathological profiles were comparable. Females developed large mammary tumors almost always more often than and before controls, the pituitary was the second most disabled organ; the sex hormonal balance was modified by GMO and Roundup treatments. In treated males, liver congestions and necrosis were 2.5–5.5 times higher. This pathology was confirmed by optic and transmission electron microscopy. Marked and severe kidney nephropathies were also generally 1.3–2.3 greater. Males presented 4 times more large palpable tumors than controls which occurred up to 600 days earlier. Biochemistry data confirmed very significant kidney chronic deficiencies; for all treatments and both sexes, 76% of the altered parameters were kidney related. These results can be explained by the non linear endocrine-disrupting effects of Roundup, but also by the overexpression of the transgene in the GMO and its metabolic consequences.

  2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

There is an ongoing international debate as to the necessary length of mammalian toxicity studies in relation to the consumption of genetically modified (GM) plants including regular metabolic analyses (Séralini et al., 2011). Currently, no regulatory authority requests mandatory chronic animal feeding studies to be performed for edible GMOs and formulated pesticides. However, several studies consisting of 90 day rat feeding trials have been conducted by the biotech industry. These investigations mostly concern GM soy and maize that are rendered either herbi-

cide tolerant (to Roundup (R) in 80% of cases), or engineered to produce a modified *Bt* toxin insecticide, or both. As a result these GM crops contain new pesticide residues for which new maximal residual levels (MRL) have been established in some countries.

If the petitioners conclude in general that there is no major change in genetically modified organism (GMO) subchronic toxicity studies (Domingo and Giné Bordonaba, 2011; Hammond et al., 2004, 2006a,b), significant disturbances have been found and may be interpreted differently (Séralini et al., 2009; Spiroux de Vendômois et al., 2010). Detailed analyses have revealed alterations in kidney and liver functions that may be the signs of early chronic diet intoxication, possibly explained at least in part by pesticide residues in the GM feed (Séralini et al., 2007; Spiroux de Vendômois et al., 2009). Indeed, it has been demonstrated that R concentrations in the range of 10³ times below the MRL induced endocrine disturbances in human cells (Gasnier et al., 2009) and toxic effects thereafter (Benachour and Seralini, 2009), including *in vivo* (Romano et al., 2012). After several months of consumption of an R-tolerant soy, the liver and pancreas of mice were affected, as highlighted by disturbances in sub-nuclear structure (Malatesta et al., 2008a, 2002a,b). Furthermore, this toxic effect was reproduced by the application of R herbicide directly to hepatocytes in culture (Malatesta et al., 2008b).

Abbreviations: GM, genetically modified; R, Roundup; MRL, maximal residual levels; GMO, genetically modified organism; OECD, Organization for Economic Cooperation and Development; GT, glutamyl-transferase; PCA, principal component analysis; PLS, partial least-squares; OPLS, orthogonal partial least-squares; NIPALS, Nonlinear Iterative Partial Least Squares; OPLS-DA, Orthogonal Partial Least Squares Discriminant Analysis; G, glycogen; L, lipid droplet; N, nucleus; R, rough endoplasmic reticulum (on microscopy pictures only); U, urinary; UEX, excreted in urine during 24 h; APPT, Activated Partial Thromboplastin Time; MCV, Mean Corpuscular Volume; PT, Prothrombine Time; RBC, Red Blood Cells; ALT, alanine aminotransferase; MCHC, Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration; A/G, Albumin/Globulin ratio; WBC, White Blood Cells; AST, aspartate aminotransferase.

* Corresponding author. Tel.: +33 (0)231565684; fax: +33 (0)231565320.

E-mail address: criigen@unicaen.fr (G.-E. Séralini).

Since then, long-term and multi-generational animal feeding trials have been performed with some possibly providing evidence of safety, while others conclude on the necessity of further investigations because of metabolic modifications (Snell et al., 2011). However, none of these studies have included a detailed follow-up of the animals with up to 11 blood and urine samples over 2 years, and none has investigated the NK603 R-tolerant maize.

Furthermore, toxicity evaluation of herbicides is generally performed on mammalian physiology through the long-term study of only their active principle, rather than the formulation used in agriculture, as was the case for glyphosate (Williams et al., 2000), the active herbicide constituent of R. It is important to note that glyphosate is only able to efficiently penetrate target plant organisms with the help of adjuvants present in the various commercially used R formulations (Cox, 2004). When R residues are found in tap water, food or feed, they arise from the total herbicide formulation, which is the most commonly used mixture in agriculture; indeed many authors in the field have strongly emphasized the necessity of studying the potential toxic effects of total chemical mixtures rather than single components (Cox and Sorgan, 2006; Mesnage et al., 2010; Monosson, 2005). Even adjuvants and not only glyphosate or other active ingredients are found in ground water (Krogh et al., 2002), and thus an exposure to the diluted whole formulation is more representative of an environmental pollution than the exposure to glyphosate alone in order to study health effects.

With a view to address this lack of information, we have performed a 2 year detailed rat feeding study. The actual guideline 408 of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) was followed by some manufacturers for GMOs even if it was not designed for that purpose. We have explored more parameters and more frequently than recommended in this standard (Table 1) in a long-term experiment. This allowed us to follow in details potential health effects and their possible origins due to the direct or indirect consequences of the genetic modification itself in GMOs, or due to the formulated herbicide mixture used on GMOs (and not glyphosate alone), or both. Because of recent re-

views on GMOs (Domingo and Giné Bordonaba, 2011; Snell et al., 2011) we had no reason to settle at first for a carcinogenesis protocol using 50 rats per group. However we have prolonged the biochemical and hematological measurements or disease status recommended in combined chronic studies using 10 rats per group (up to 12 months in OECD 453). This remains the highest number of rats regularly measured in a standard GMO diet study. We have tested also for the first time 3 doses (rather than two in the usual 90 day long protocols) of the R-tolerant NK603 GM maize alone, the GM maize treated with R, and R alone at very low environmentally relevant doses starting below the range of levels permitted by regulatory authorities in drinking water and in GM feed.

2. Materials and methods

2.1. Ethics

The experimental protocol was conducted in accordance with the regulations of our ethics in an animal care unit authorized by the French Ministries of Agriculture and Research (Agreement Number A35-288-1). Animal experiments were performed according to ethical guidelines of animal experimentations (CEE 86/609 regulation). Concerning field studies of plant species, no specific permits were required, nor for the locations/activities. The maize grown (MON-00603-6 commonly named NK603) was authorized for unconfined release into the environment and use as a livestock feed by the Canadian Food Inspection Agency (Decision Document 2002-35). We confirm that the location is not privately-owned or protected in any way and that the field studies did not involve endangered or protected species. The GM maize was authorized for import into the European Union (CE 258/97 regulation).

2.2. Plants, diets and chemicals

The varieties of maize used in this study were the R-tolerant NK603 (Monsanto Corp., USA), and its nearest isogenic non-transgenic control. These two types of maize were grown under similar normal conditions, in the same location, spaced at a sufficient distance to avoid cross-contamination. The genetic nature, as well as the purity of the GM seeds and harvested material, was confirmed by qPCR analysis of DNA samples. One field of NK603 was treated with R at 3 L ha⁻¹ (Weather-MAX, 540 g/L of glyphosate, EPA Reg. 524-537), and another field of NK603 was not treated with R. Corns were harvested when the moisture content was less than 30% and were dried at a temperature below 30 °C. From these three cultivations of

Table 1
Protocol used and comparison to existing assessment, and to non-mandatory regulatory tests.

Treatments and analyses	In this work	Hammond et al., 2004	Regulatory tests
Treatments + controls	GMO NK603, GMO NK603 + Roundup, Roundup, and closest isogenic maize	GMO NK603 + Roundup, closest isogenic maize, and six other maize lines non substantially equivalent	GMOs or chemicals (in standard diet or water)
Doses by treatment	3	2	At least 3
Duration in months	24 (chronic)	3 (subchronic: 13 weeks)	3
Animals measured/group/sex	10/10 SD rats (200 rats measured)	10/20 SD rats (200 rats measured/total 400)	At least 10 rodents
Animals by cage (same sex)	1–2	1	1 or more
Monitoring/week	2	1	1 or more
Feed and water consumptions	Measured	For feed only	At least feed
Organs and tissues studied			For high dose and controls
Histology/animal	34	17/36	At least 30
Organs weighted	10	7	At least 8
Electronic microscopy	Yes	No	No
Behavioral studies (times)	2	1 (no protocol given)	1
Ophthalmology (times)	2	0	2
Number of blood samples/animal	11, each month (0–3) then every 3 months	2, weeks 4 and 13	1, at the end
Blood parameters	31 (11 times for most)	31 (2 times)	At least 25 (at least 2 times)
Plasma sex steroids	Testosterone, estradiol	No	No, except if endocrine effects suspected
Liver tissue parameters	6	0	0
Number of urine samples	11	2	Optional, last week
Urine parameters studied	16	18	7 if performed
Microbiology in feces or urine	Yes	Yes	No
Roundup residues in tissues	Studied	Not studied	Not mandatory
Transgene in tissues	Studied	Not studied	Not studied

The protocol used in this work was compared to the regulatory assessment of NK603 maize by the company (Hammond et al., 2004), and to non mandatory regulatory *in vivo* tests for GMOs, or mandatory for chemicals (OECD 408). Most relevant results are shown in this paper.

maize, laboratory rat chow was made based on the standard diet A04 (Safe, France). The dry rat feed was made to contain 11, 22 or 33% of GM maize, cultivated either with or without R, or 33% of the non-transgenic control line. The concentrations of the transgene were confirmed in the three doses of each diet by qPCR. All feed formulations consisted in balanced diets, chemically measured as substantially equivalent except for the transgene, with no contaminating pesticides over standard limits. All secondary metabolites cannot be known and measured in the composition. However we have measured isoflavones and phenolic acids including ferulic acid by standard HPLC-UV. All reagents used were of analytical grade. The herbicide diluted in the drinking water was the commercial formulation of R (GT Plus, 450 g/L of glyphosate, approval 2020448, Monsanto, Belgium). Herbicides levels were assessed by glyphosate measurements in the different dilutions by mass spectrometry.

2.3. Animals and treatments

Virgin albino Sprague-Dawley rats at 5 weeks of age were obtained from Harlan (Gannat, France). All animals were kept in polycarbonate cages (820 cm², Genestil, France) with two animals of the same sex per cage. The litter (Toplit classic, Safe, France) was replaced twice weekly. The animals were maintained at 22 ± 3 °C under controlled humidity (45–65%) and air purity with a 12 h-light/dark cycle, with free access to food and water. The location of each cage within the experimental room was regularly moved. This 2 year life-long experiment was conducted in a GPL environment according to OECD guidelines. After 20 days of acclimatization, 100 male and 100 female animals were randomly assigned on a weight basis into 10 equivalent groups. For each sex, one control group had access to plain water and standard diet from the closest isogenic non-transgenic maize control; six groups were fed with 11, 22 and 33% of GM NK603 maize either treated or not with R. The final three groups were fed with the control diet and had access to water supplemented with respectively 1.1 × 10⁻⁸% of R (0.1 ppb of R or 50 ng/L of glyphosate, the contaminating level of some regular tap waters), 0.09% of R (400 mg/kg, US MRL of glyphosate in some GM feed) and 0.5% of R (2.25 g/L, half of the minimal agricultural working dilution). This was changed weekly. Twice weekly monitoring allowed careful observation and palpation of animals, recording of clinical signs, measurement of any tumors that may arise, food and water consumption, and individual body weights.

2.4. Biochemical analyses

Blood samples were collected from the tail vein of each rat under short isoflurane anesthesia before treatment and after 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 and 24 months: 11 measurements were obtained for each animal alive at 2-years. It was first demonstrated that anesthesia did not impact animal health. Two aliquots of plasma and serum were prepared and stored at -80° C. Then 31 parameters were assessed (Table 1) according to standard methods including hematology and coagulation parameters, albumin, globulin, total protein concentration, creatinine, urea, calcium, sodium, potassium, chloride, inorganic phosphorus, triglycerides, glucose, total cholesterol, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, gamma glutamyl-transferase (GT), estradiol, testosterone. In addition, at months 12 and 24 the C-reactive protein was assayed. Urine samples were collected similarly 11 times, over 24 h in individual metabolic cages, and 16 parameters were quantified including creatinine, phosphorus, potassium, chloride, sodium, calcium, pH and clearance. Liver samples at the end made it possible to perform assays of CYP1A1, 1A2, 3A4, 2C9 activities in S9 fractions, with glutathione S-transferase and gamma-GT.

2.5. Anatomopathology

Animals were sacrificed during the course of the study only if necessary because of suffering according to ethical rules (such as 25% body weight loss, tumors over 25% body weight, hemorrhagic bleeding, or prostration), and at the end of the study by exsanguination under isoflurane anesthesia. In each case, the following organs were collected: brain, colon, heart, kidneys, liver, lungs, ovaries, spleen, testes, adrenals, epididymis, prostate, thymus, uterus, aorta, bladder, bone, duodenum, esophagus, eyes, ileum, jejunum, lymph nodes, lymphoreticular system, mammary glands, pancreas, parathyroid glands, Peyer's patches, pituitary, salivary glands, sciatic nerve, skin, spinal cord, stomach, thyroid and trachea. The first 14 organs (at least 10 per animal depending on the sex, Table 1) were weighted, plus any tumor that arose. The first nine organs were divided into two parts and one half was immediately frozen in liquid nitrogen/carbonic ice. The remaining parts including other organs were rinsed in PBS and stored in 4% formalin before anatomopathological study. These samples were used for further paraffin-embedding, slides and HES histological staining. For transmission electron microscopy, kidneys, livers and tumors were cut into 1 mm³ fragments. Samples were fixed in pre-chilled 2% paraformaldehyde/2.5% glutaraldehyde in 0.1 M PBS pH 7.4 at 4 °C for 3 h and processed as previously described (Malatesta et al., 2002a).

2.6. Statistical analysis

Biochemical data were treated by multivariate analysis with the SIMCA-P (V12) software (UMETRICS AB Umea, Sweden). The use of chemometrics tools, for example, principal component analysis (PCA), partial least-squares to latent structures (PLS), and orthogonal PLS (OPLS), are robust methods for modeling, analyzing and interpreting complex chemical and biological data. OPLS is a recent modification of the PLS method. PLS is a regression method used in order to find the relationship between two data tables referred to as X and Y. PLS regression (Eriksson et al., 2006b) analysis consists in calculating by means of successive iterations, linear combinations of the measured X-variables (predictor variables). These linear combinations of X-variables give PLS components (score vectors t). A PLS component can be thought of as a new variable – a latent variable – reflecting the information in the original X-variables that is of relevance for modeling and predicting the response Y-variable by means of the maximization of the square of covariance (Max cov²(X,Y)). The number of components is determined by cross validation. SIMCA software uses the Nonlinear Iterative Partial Least Squares algorithm (NIPALS) for the PLS regression. Orthogonal Partial Least Squares Discriminant Analysis (OPLS-DA) was used in this study (Weljie et al., 2011; Wiklund et al., 2008). The purpose of Discriminant Analysis is to find a model that separates groups of observations on the basis of their X variables. The X matrix consists of the biochemical data. The Y matrix contains dummy variables which describe the group membership of each observation. Binary variables are used in order to encode a group identity. Discriminant analysis finds a discriminant plan in which the projected observations are well separated according to each group. The objective of OPLS is to divide the systematic variation in the X-block into two model parts, one linearly related to Y (in the case of a discriminant analysis, the group membership), and the other one unrelated (orthogonal) to Y. Components related to Y are called predictive, and those unrelated to Y are called orthogonal. This partitioning of the X data results in improved model transparency and interpretability (Eriksson et al., 2006a). Prior to analysis, variables were mean-centered and unit variance scaled.

3. Results

3.1. Mortality

Control male animals survived on average 624 ± 21 days, whilst females lived for 701 ± 20, during the experiment, plus in each case 5 weeks of age at the beginning and 3 weeks of stabilization period. After mean survival time had elapsed, any deaths that occurred were considered to be largely due to aging. Before this period, 30% control males (three in total) and 20% females (only two) died spontaneously, while up to 50% males and 70% females died in some groups on diets containing the GM maize (Fig. 1). However, the rate of mortality was not proportional to the treatment dose, reaching a threshold at the lowest (11%) or intermediate (22%) amounts of GM maize in the equilibrated diet, with or without the R application on the plant. It is noteworthy that the first two male rats that died in both GM treated groups had to be euthanized due to kidney Wilm's tumors that were over 25% of body weight. This was at approximately a year before the first control animal died. The first female death occurred in the 22% GM maize feeding group and resulted from a mammary fibroadenoma 246 days before the first control. The maximum difference in males was 5 times more deaths occurring during the 17th month in the group consuming 11% GM maize, and in females 6 times greater mortality during the 21st month on the 22% GM maize diet with and without R. In the female cohorts, there were 2–3 times more deaths in all treated groups compared to controls by the end of the experiment and earlier in general. Females were more sensitive to the presence of R in drinking water than males, as evidenced by a shorter lifespan. The general causes of death represented in histogram format (Fig. 1) are linked mostly to large mammary tumors in females, and other organic problems in males.

3.2. Anatomopathological observations

All rats were carefully monitored for behavior, appearance, palpable tumors, infections, during the experiment, and at least 10 organs per animal were weighted and up to 34 analyzed post mortem, at the macroscopic and/or microscopic levels (Table 1).

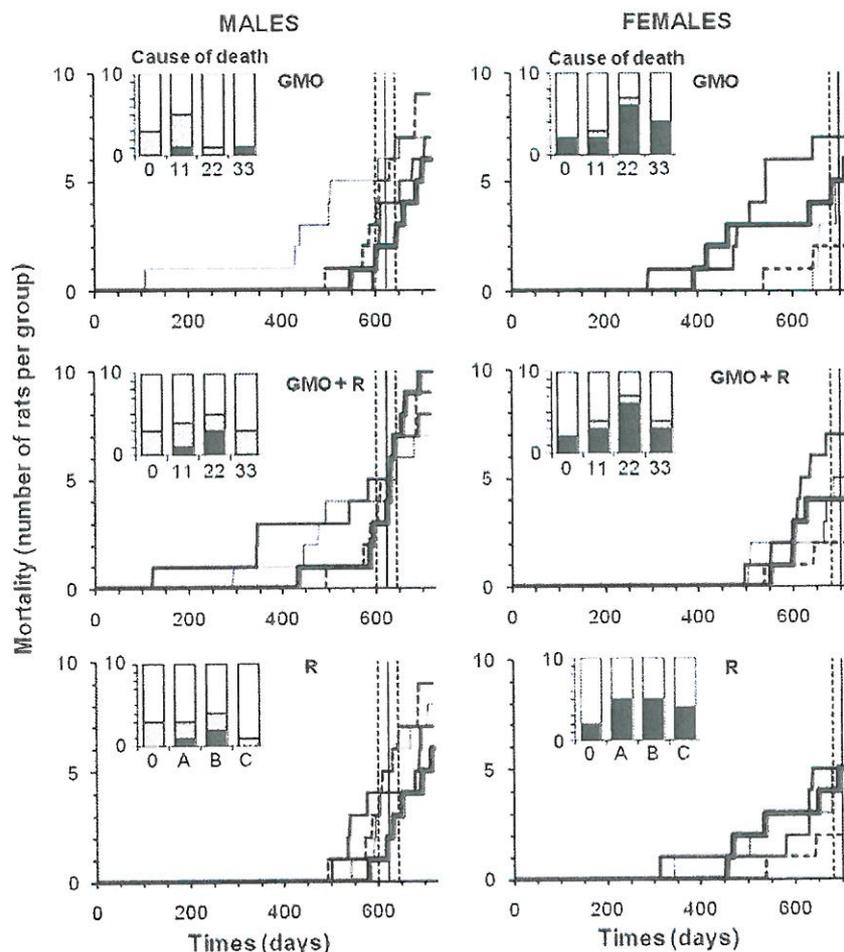


Fig. 1. Mortality of rats fed GMO treated or not with Roundup, and effects of Roundup alone. Rats were fed with NK603 GM maize (with or without application of Roundup) at three different doses (11, 22, 33% in their diet: thin, medium and bold lines, respectively) compared to the substantially equivalent closest isogenic non-GM maize (control, dotted line). Roundup was administered in drinking water at 3 increasing doses, same symbols (environmental (A), MRL in agricultural GMOs (B) and half of minimal agricultural levels (C), see Section 2). Lifespan during the experiment for the control group is represented by the vertical bar \pm SEM (grey area). In bar histograms, the causes of mortality before the grey area are detailed in comparison to the controls (0). In black are represented the necessary euthanasia because of suffering in accordance with ethical rules (tumors over 25% body weight, more than 25% weight loss, hemorrhagic bleeding, etc.); and in hatched areas, spontaneous mortality.

All data cannot be shown in one report, and the most relevant are described here. There was no rejection by the animals of the diet with or without GMOs, nor any major difference in the body weight.

The largest palpable growths (above a diameter of 17.5 mm in females and 20 mm in males) were found to be in 95% of cases non-regressive tumors, and were not infectious nodules. These growths progressively increased in size and number, but not proportionally to the treatment dose over the course of the experiment (Fig. 2). As in the case of rates of mortality, this suggests that a threshold in effect was reached at the lowest doses. They were rarely equal but almost always more frequent than in controls for all treated groups, often 2–3 times more in both sexes. Tumors began to reach a large size on average 94 days before in treated females, and up to 600 days earlier in 2 male groups eating the GM maize (11 and 22% with or without R).

In female animals, the largest tumors were in total 5 times more frequent than in males after 2 years, with 93% being mammary tumors. Adenomas, fibroadenomas and carcinomas were deleterious to health due to a very large size, rather than the grade of the tumor itself. Large tumor size caused impediments to either breathing or nutrition and digestion because of their thoracic or

abdominal location and also resulted in hemorrhaging. In addition, one metastatic ovarian cystadenocarcinoma and two skin tumors were identified. Metastases were observed in only 2 cases; one in a group fed with 11% GM maize, and another in the highest dose of R treatment group.

Up to 14 months, no animals in the control groups showed any signs of tumors whilst 10–30% of treated females per group developed tumors, with the exception of one group (33% GMO + R). By the beginning of the 24th month, 50–80% of female animals had developed tumors in all treated groups, with up to 3 tumors per animal, whereas only 30% of controls were affected. The R treatment groups showed the greatest rates of tumor incidence with 80% of animals affected with up to 3 tumors for one female, in each group. A summary of all mammary tumors at the end of the experiment, independent of the size, is presented in Table 2. The same trend was observed in the groups receiving R in their drinking water; all females except one (with metastatic ovarian carcinoma) presented, in addition mammary hypertrophies and in some cases hyperplasia with atypia (Table 2).

The second most affected organ in females was the pituitary gland, in general around 2 times more than in controls for most treatments (Table 2). At this level again, adenomas and/or hyper-

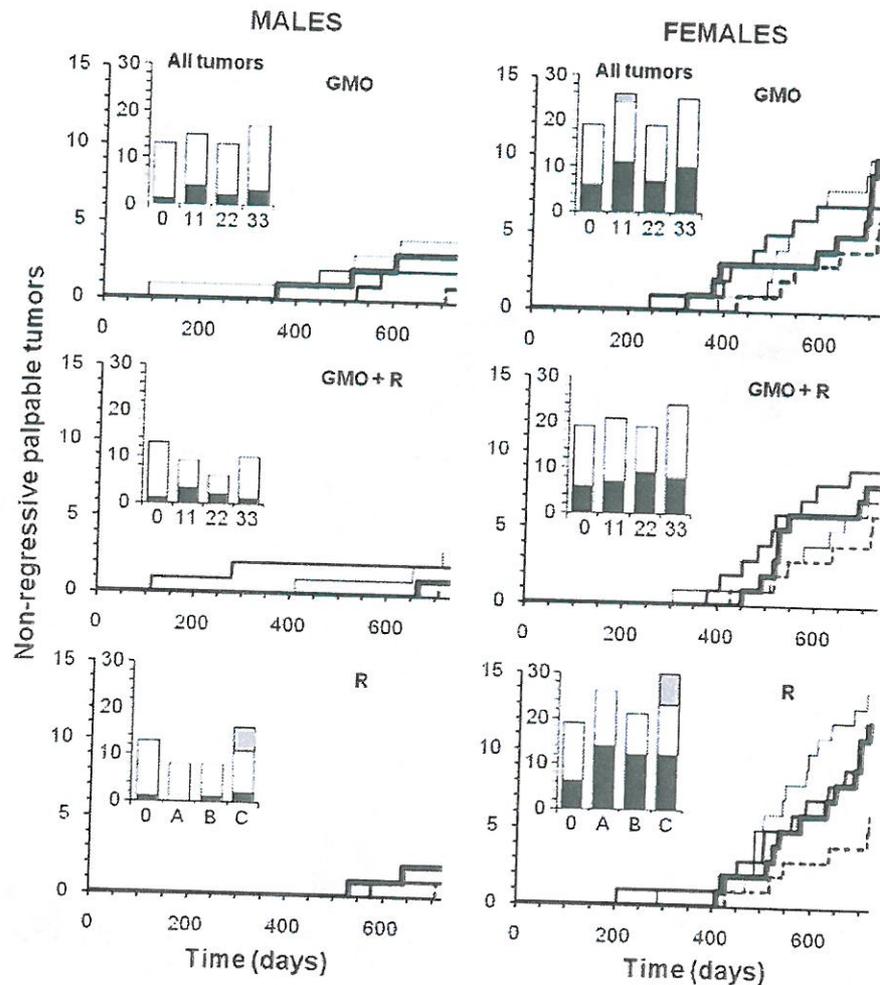


Fig. 2. Largest non-regressive tumors in rats fed GMO treated or not by Roundup, and effects of Roundup alone. The symbols of curves and treatments are explained in the caption of Fig. 1. The largest tumors were palpable during the experiment and numbered from 20 mm in diameter for males and 17.5 mm for females. Above this size, 95% of growths were non-regressive tumors. Summary of all tumors are shown in the bar histograms: black, non regressive largest tumors; white, small internal tumors; grey, metastases.

Table 2
Summary of the most frequent anatomical pathologies observed.

Organs and associated pathologies	Controls	GMO 11%	GMO 22%	GMO 33%	GMO 11% + R	GMO 22% + R	GMO 33% + R	R (A)	R (B)	R (C)
Males, in liver	2 (2)	5 (4)	11 (7)	8 (6)	5 (4)	7 (4)	6 (5)	11 (5)	9 (7)	6 (5)
In hepatodigestive tract	6 (5)	10 (6)	13 (7)	9 (6)	9 (6)	13 (6)	11 (7)	23 (9)	16 (8)	9 (5)
Kidneys, CPN	3 (3)	4 (4)	5 (5)	7 (7)	5 (5)	4 (4)	4 (4)	6 (6)	5 (5)	3 (3)
Females, mammary tumors	8 (5)	15 (7)	10 (7)	15 (8)	10 (6)	11 (7)	13 (9)	20 (9)	16 (10)	12 (9)
In mammary glands	10 (5)	22 (8)	10 (7)	16 (8)	17 (8)	16 (8)	15 (9)	26 (10)	20 (10)	18 (9)
Pituitary	9 (6)	23 (9)	20 (8)	8 (5)	19 (9)	9 (4)	19 (7)	22 (8)	16 (7)	13 (7)

After the number of pathological abnormalities, the number of rats reached is indicated in parentheses. In male animals pathological signs are liver congestions, macroscopic spots and microscopic necrotic foci. Hepatodigestive pathological signs concern the liver, stomach and small intestine (duodenum, ileum or jejunum). Only marked or severe chronic progressive nephropathies (CPN) are listed, excluding two nephroblastomas in groups consuming GMO 11% and GMO 22% + Roundup. In females, mammary fibroadenomas and adenocarcinomas are the major tumors detected; galactoceles and hyperplasias with atypia are also found and added in mammary glands pathological signs. Pituitary dysfunctions include adenomas, hyperplasias and hypertrophies. For details of the various treatment groups see Fig. 1.

plasias and hypertrophies were noticed. For all R treatment groups, 70–80% of animals presented 1.4–2.4 times more abnormalities than controls in this gland.

The big palpable tumors in males (in kidney, and mostly skin) were by the end of the experimental period on average twice as frequent as in controls, in which one skin fibroma appeared during the 23rd month. At the end of the experiment, internal non-palpable tumors were added, and their sums were lower in males than

in females. They were not really different from controls, although slightly above in females (Histograms Fig. 2).

The most affected organs in males were the liver, together with the hepatodigestive tract and kidneys (Table 2 and Fig. 3). Hepatic congestions, macroscopic and microscopic necrotic foci were 2.5–5.5 times more frequent in all treatments than in control groups. Gamma GT hepatic activity was increased in particular for GMO + R groups (up to 5.4 times), this being probably due to a liver disorder.

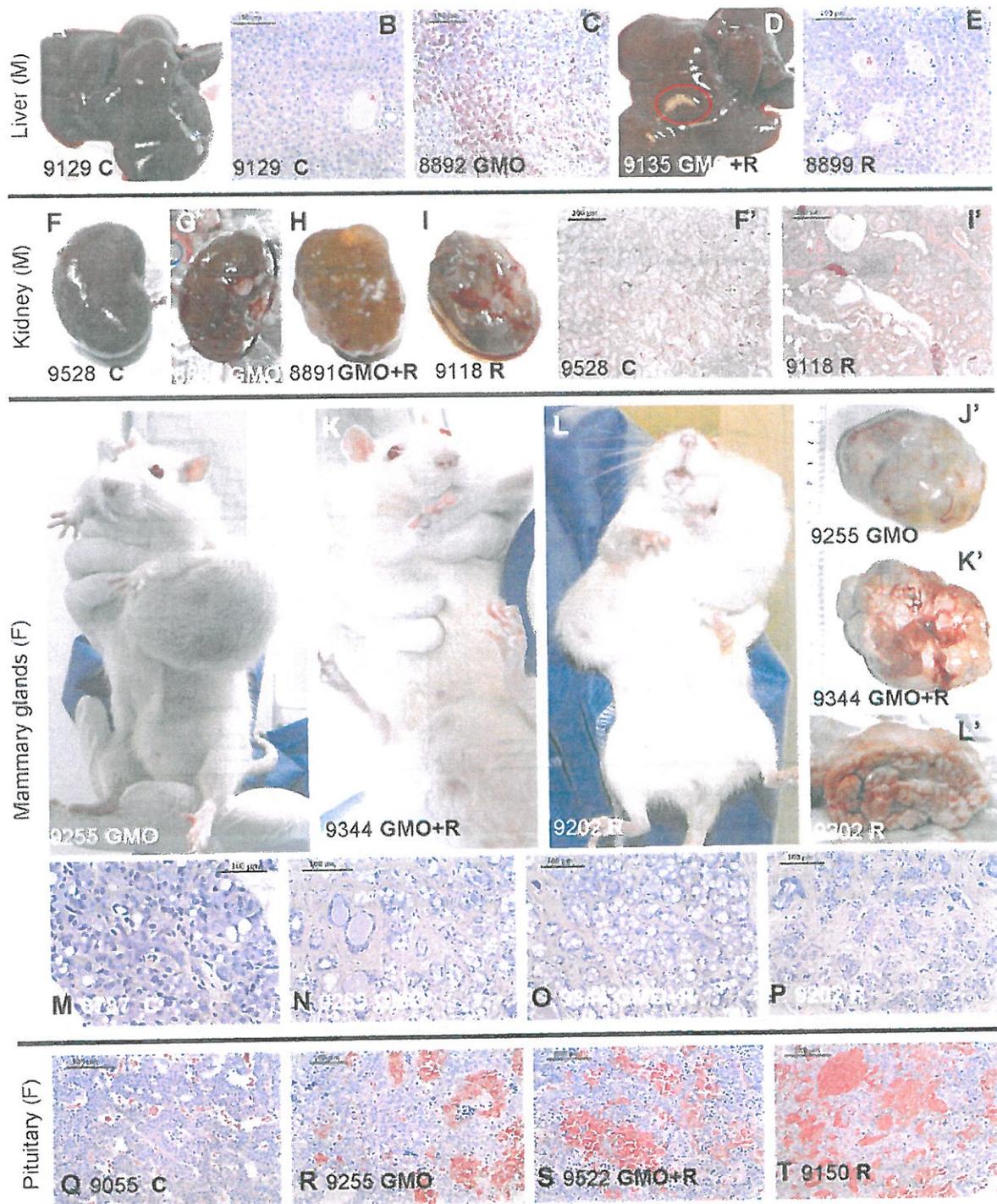


Fig. 3. Anatomopathological observations in rats fed GMO treated or not by Roundup, and effects of Roundup alone. Macroscopic and microscopic photographs show male livers (A–E) and left kidneys (F–I'), female mammary glands (J–P) and pituitaries (Q–T), according to Table 2. The number of each animal and its treatment is specified. Macroscopic pale spots (D) and microscopic necrotic foci in liver (C clear-cell focus, E basophilic focus with atypia), and marked or severe chronic progressive nephropathies, are illustrated. In females, mammary tumors (J', N adenocarcinoma and K', L', O, P fibroadenomas) and pituitary adenomas (R–T) are shown and compared to controls (C after the rat number).

In addition, cytochrome activities also generally increased in the presence of R (in drinking water or GM diet) according to the dose up to 5.7 times at the highest dose. Transmission electron microscopic observations of liver samples confirmed changes for all treated groups in relation to glycogen dispersion or appearance in lakes, increase of residual bodies and enlargement of cristae in

mitochondria (Fig. 4). The GM maize fed groups either with or without R application (in plants) showed a reduced transcription in mRNA and rRNA because of higher heterochromatin content, and decreased nucleolar dense fibrillar components. In the GMO + R group (at the highest dose) the smooth endoplasmic reticulum was drastically increased and nucleoli decreased in size,

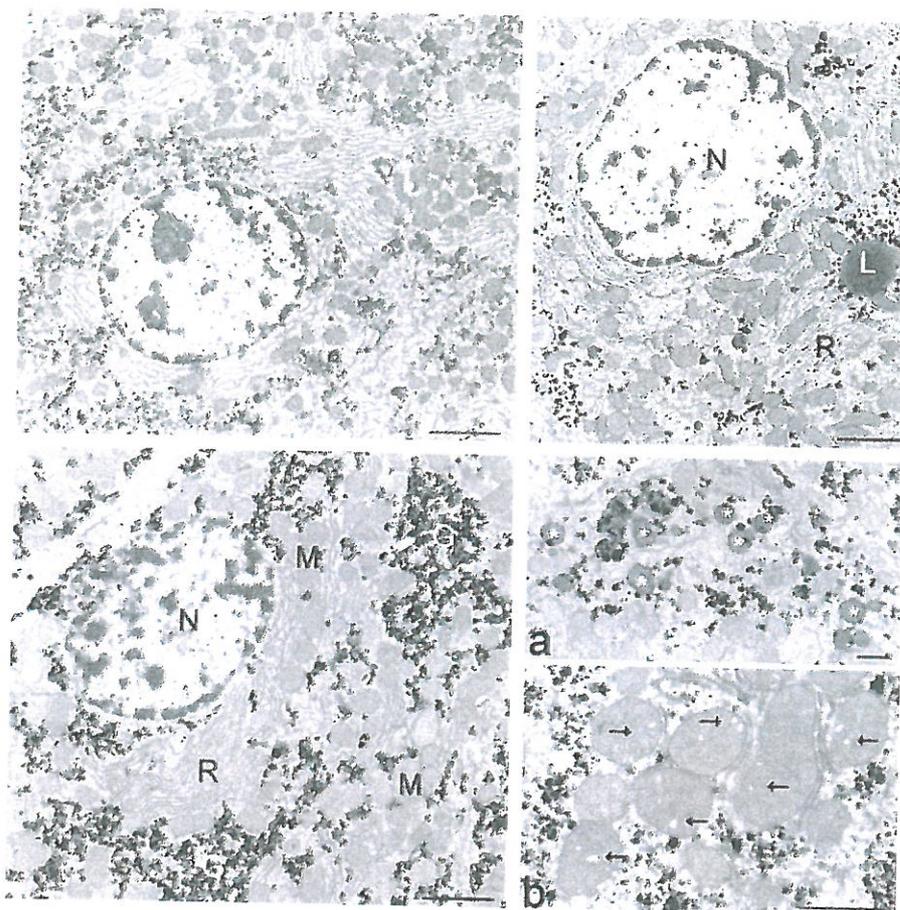


Fig. 4. Ultrastructure of hepatocytes in male rats from groups presenting the greatest degree of liver pathology. (1) Typical control rat hepatocyte (Bar 2 μm except in 4). (2) Effects with Roundup at the lowest dose. Glycogen (G) is dispersed in the cytoplasm. L, lipid droplet; N, nucleus; R rough endoplasmic reticulum. (3) Hepatocytes of animal fed GM maize (GMO) at 22% of total diet. Large lakes of glycogen occur in the cytoplasm. M, mitochondria. (4) Details of treatment effects with 22% dietary GMO (Bar 1 μm). (a) Cluster of residual bodies (asterisks). (b) Mitochondria show many enlarged cristae (arrows).

becoming more compact. For R treatment alone similar trends were observed, with a partial resumption of nucleolar activity at the highest dose.

Degenerating kidneys with turgid inflammatory areas demonstrate the increased incidence of marked and severe chronic progressive nephropathies, which were up to 2-fold higher in the 33% GM maize or lowest dose R treatment groups (Table 2 and Fig. 3).

3.3. Biochemical analyses

For the different corns and diets, the study of the standard chemical composition revealed no particular difference; this is why they were classified as substantially equivalent, except for transgene DNA quantification. For instance, there was no difference between total isoflavones. In addition, other specific compounds not always requested for substantial equivalence establishment were assayed. Among phenolic acids, the only consistent and significant ($p < 0.01$) results concerned ferulic acid that was decreased in both GM and GM+R diets by 16–30% in comparison to the control diet (889 ± 107 , 735 ± 89 respectively vs control 1057 ± 127 mg/kg) and caffeic acid by 21–53% (17.5 ± 2.1 , 10.3 ± 1.3 vs control 22.1 ± 2.6 mg/kg).

For biochemical measurements in rats, statistical analysis was performed on the results obtained from samples taken at the 15th month time point, as this was the last sampling time when

most animals were still alive (in treated groups 90% males, 94% females, and 100% controls). OPLS-DA 2-class models were built between each treated group per sex and controls. Only models with an explained variance $R^2(Y) \geq 80\%$, and a cross-validated predictive ability $Q^2(Y) \geq 60\%$, were used for selection of the discriminant variables (Fig. 5A), when their regression coefficients were significant at 99% confidence level. Thus, in treated females, kidney failures appeared at the biochemical level (82% of the total disrupted parameters). Ions (Na, Cl) or urea increased in urine. Accordingly, the same ions decreased in serum (Fig. 5B) as did the levels of P, K and Ca. Creatinine or clearance decreased in urine for all treatment groups in comparison to female controls (Table 3). In GM maize treated males (with or without R), 87% of discriminant variables were kidney related, but the disrupted profiles were less obvious because of advanced chronic nephropathies and deaths. In summary, for all treatments and both sexes, 76% of the discriminant variables versus controls were kidney related.

Moreover, in females (Table 3) the androgen/estrogen balance in serum was modified by GM maize and R treatments (at least 95% confidence level, Fig. 5B), and for male animals at the highest R-treatment dose, levels of estrogens were more than doubled.

4. Discussion

This report describes the first life-long rodent (rat) feeding study investigating possible toxic effects rising from an R-tolerant

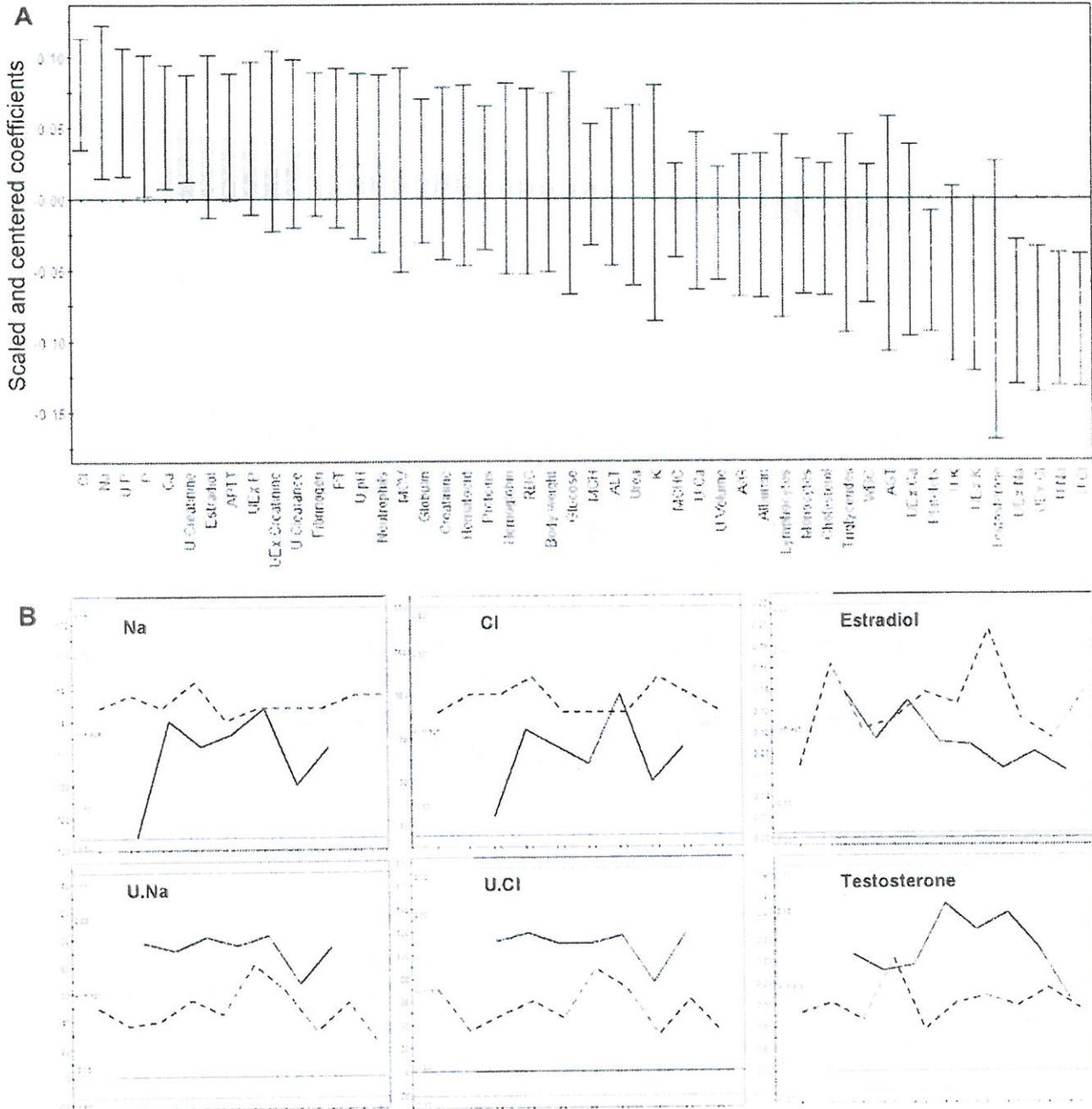


Fig. 5. Orthogonal Partial Least Squares-Discriminant Analysis (OPLS-DA) for biochemical data (females fed 33% GMO versus controls). (A) OPLS-DA regression coefficients for predictive component, with jack-knifed confidence intervals at 99% confidence level, indicate discriminant parameters versus controls at month 15 (Abbreviations: U Urinary, UEx Excreted in urine during 24 h, APPT Activated Partial Thromboplastin Time, MCV Mean Corpuscular Volume, PT Prothrombine Time, RBC Red Blood Cells, ALT ALanine aminoTransferase, MCHC Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, A/G Albumin/Globulin ratio, WBC White Blood Cells, AST aspartate aminotransferase). (B) In this case, detailed examples of significant discriminant variables distribution between females fed 33% GMO (bold line) and controls (dotted line). On x axis: animals; on y axis: serum or urine biochemical values for Na, Cl, estradiol, testosterone. Profiles evidence kidney ion leakages and sex hormonal imbalance versus controls.

GM maize (NK603) and a complete commercial formulation of R-herbicide.

Our data show that, as is often the case for hormonal diseases, most observed effects in this study were not proportional to the dose of the treatment (GM maize with and without R application; R alone), non-monotonic and with a threshold effect (Vandenberg et al., 2012). Similar degrees of pathological symptoms were noticed in this study to occur from the lowest to the highest doses suggesting a threshold effect. This corresponds to levels likely to

arise from consumption or environmental exposure, such as either 11% GM maize in food, or 50 ng/L of glyphosate in R-formulation as can be found in some contaminated drinking tap waters, and which fall within authorized limits.

The lifespan of the control group of animals corresponded to the mean rat lifespan, but as is frequently the case with most mammals including humans (WHO, 2012), males on average died before females, except for some female treatment groups. All treatments in both sexes enhanced large tumor incidence by 2–3-fold in com-

Table 3
Percentage variation of parameters indicating kidney failures of female animals.

Discriminant variables		GMO 11% + R	GMO 22% + R	GMO 33% + R	GMO 11%	GMO 22%	GMO 33%	R (A)	R (B)	R (C)
Urinary decrease	Clairance	-4	-11	-20	-20	-20	-19	-20	-24	-40
	Creatinine	-5	-32	-37	-19	-37	-36	-43	-23	-1
	Creatinine ex	-5	-11	-19	-18	-17	-21	-21	-22	-39
Urinary increase	Urea	12	18	15	15	12	-1	0	13	32
	Na	25	33	30	52	-2	95	62	65	91
	Na ex	24	50	68	50	24	125	108	51	7
	Cl	14	35	28	46	5	101	67	56	94
	Cl ex	20	63	70	51	31	138	121	48	13
Serum decrease	Na	2	1	1	-1	-4	-6	-7	0	-3
	Cl	-1	-2	-2	-5	-7	-6	-8	-1	-4
	P	-6	-11	-13	-17	-18	-20	-32	-9	-13
	K	4	5	10	2	-4	0	-4	8	-5
	Ca	4	3	3	2	-2	-5	-6	3	-6
Gonads	Estradiol	8	-1	2	5	-2	-25	-26	-73	39
	Testosterone	5	-9	27	56	17	81	97	-72	10

OPLS-DA was performed on 48 variables at month 15. Here we showed mean differences (%) of variables (discriminant at 99% confidence level, in bold character) indicating kidney parameters of female animals, together with sex hormones. Male kidney pathologies are already illustrated in Table 2.

parison to our controls but also for the number of mammary tumors in comparison to the same Harlan Sprague Dawley strain (Brix et al., 2005), and overall around 3-fold in comparison to the largest study with 1329 Sprague Dawley female rats (Chandra et al., 1992). In our study the tumors also developed considerably faster than the controls, even though the majority of tumors were observed after 18 months. The first large detectable tumors occurred at 4 and 7 months into the study in males and females respectively, underlining the inadequacy of the standard 90 day feeding trials for evaluating GM crop and food toxicity (Séralini et al., 2011).

Suffering inducing euthanasia and deaths corresponded mostly in females to the development of large mammary tumors. These appeared to be clearly related to the various treatments when compared to the control groups. These tumors are generally known to be mostly estrogen-dependent (Harvell et al., 2000). We observed a strikingly marked induction of mammary tumors by R alone, a major formulated pesticide, even at the very lowest dose administered. R has been shown to disrupt aromatase which synthesizes estrogens (Richard et al., 2005), but to also interfere with estrogen and androgen receptors in cells (Gasnier et al., 2009). In addition, R appears to be a sex endocrine disruptor *in vivo*, also in males (Romano et al., 2010). Sex steroids are also modified in treated rats. These hormone-dependent phenomena are confirmed by enhanced pituitary dysfunction in treated females. An estrogen modified feedback mechanism may act at this level (Popovics et al., 2011; Walf and Frye, 2010). The similar pathological profiles provoked by the GM maize containing R residues may thus be explained at least by R residues themselves, knowing that the medium dose of the R treatment corresponds to acceptable levels of this pesticide residues in GMOs.

Interestingly, in the groups of animals fed with the NK603 without R application, similar effects with respect to enhanced tumor incidence and mortality rates were observed. A possible explanation for this finding is the production of specific compound(s) in the GM feed that are either directly toxic and/or cause the inhibition of pathways that in turn generate chronic toxic effects. This is despite the fact that the variety of GM maize used in this study was judged by industry and regulators as being substantially equivalent to the corresponding non-GM closest isogenic line. As the total chemical composition of the GM maize cannot be measured in details, the use of substantial equivalence is insufficient to highlight potential unknown toxins and therefore cannot replace long-term animal feeding trials for GMOs. A cause of the effects of the effects could be that the NK603 GM maize used in this study is engineered

to overexpress a modified version of the *Agrobacterium tumefaciens* 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) (Hammond et al., 2004) allowing the R tolerance. The modified EPSPS is not inhibited by glyphosate by contrast to the wild enzyme. This enzyme is known to drive the first step of aromatic amino acid biosynthesis in the plant shikimate pathway; in addition estrogenic isoflavones and their glycosides are also products of this pathway (Duke et al., 2003). They were not disturbed in our study. By contrast, the levels of caffeic and ferulic acids in the GM diets, which are also secondary metabolites from this pathway, but not always measured in regulatory tests, are significantly reduced. This may lower their protective effects against carcinogenesis and even mammalian tumors (Kuenzig et al., 1984; Baskaran et al., 2010). Moreover, these phenolic acids and in particular ferulic acid may modulate estrogen receptors or the estrogenic pathway in mammalian cells (Chang et al., 2006). This does not exclude the action of other unknown metabolites. This explanation also corresponds to the fact that the observed effects of NK603 and R are not additive and reached a threshold. This implies that both the NK603 maize and R may cause hormonal disturbances in the same biochemical and physiological pathway.

As expected, mammary tumors in males occurred far less frequently than in females. Death in male rats was mostly due to the development of severe hepatorenal insufficiencies, confirming the first signs of toxicity observed in 90 day feeding trials with NK603 maize (Spiroux de Vendômois et al., 2009). In females, kidney ion leakages were evidenced at the biochemical levels at month 15, when severe nephropathies were evidenced in dead male animals afterwards, at the anatomopathological level. Early signs of toxicity at month 3 in kidney and liver were also observed for 19 edible GM crops containing pesticide residues (Séralini et al., 2011). As a matter of fact, only elderly male rats are sensitive to chronic progressive nephropathies (Hard and Khan, 2004). The disturbed kidney parameters may have been induced by the reduction of phenolic acids in our study, since caffeic and ferulic acids are beneficial in the kidney as they prevent oxidative stress (Srinivasan et al., 2005; U Rehman and Sultana, 2011). Accordingly, we previously demonstrated that plant extracts containing ferulic and caffeic acids were able to promote detoxification of embryonic kidney cells after R contamination (Gasnier et al., 2011). It is thus possible that NK603 consumption by reducing these compounds may well provoke an early aging of kidney physiology in this study, like R by oxidative stress.

Disturbances that we found to occur in the male liver are characteristic of a chronic intoxication, confirmed by alterations

in biochemical liver and kidney function parameters. The observation that liver function in female animals is less affected may be due to their physiology being better adapted to estrogen metabolism. Furthermore, liver enzymes have been clearly demonstrated as sex-specific in their expression patterns, including in a 90-day rat feeding trial of NK603 maize (Spiroux de Vendômois et al., 2009). However, in a long-term study, evidence of early liver aging was observed in female mice fed with R-tolerant GM soy (Malatesta et al., 2008a). In the present investigation, deeper analysis at an ultrastructural level revealed evidence of impediments in transcription and other defects in cell nuclear structure that were comparable in both sexes, and dose-dependent in hepatocytes in all treatments. This is consistent with the well-documented toxic effect of very low dilutions of R on apoptosis, mitochondrial function, and cell membrane degradation inducing necrosis of hepatocytes, and other cell lines (Benachour and Seralini, 2009; Benachour et al., 2007; Gasnier et al., 2010; Peixoto, 2005).

The disruptions of at least the estrogen-related pathways and/or enhancement of oxidative stress by all treatments need further investigations. This can be addressed through the application of transcriptomic, proteomic and metabolomic methods to analyze the molecular profiles of kidneys and livers, as well as the GM NK603 maize (Jiao et al., 2010; Zhou et al., 2009; Zolla et al., 2008). Other possible causes of observed pathogenic effects may be due to disturbed gene expression resulting from the transgene insertional, general mutagenic or metabolic effects (Latham et al., 2006; Wilson et al., 2006) as has been shown for MON810 GM maize (Rosati et al., 2008). A consequent disruption of general metabolism in the GMO cannot be excluded, which could lead, for example, to the production of other potentially active compounds such as miRNAs (Zhang et al., 2012) or leukotoxin diols (Markaverich et al., 2005).

In conclusion, it was previously known that glyphosate consumption in water above authorized limits may provoke hepatic and kidney failures (EPA). The results of the study presented here clearly demonstrate that lower levels of complete agricultural glyphosate herbicide formulations, at concentrations well below officially set safety limits, induce severe hormone-dependent mammary, hepatic and kidney disturbances. Similarly, disruption of biosynthetic pathways that may result from overexpression of the EPSPS transgene in the GM NK603 maize can give rise to comparable pathologies that may be linked to abnormal or unbalanced phenolic acids metabolites, or related compounds. Other mutagenic and metabolic effects of the edible GMO cannot be excluded. This will be the subject of future studies, including transgene and glyphosate presence in rat tissues. Reproductive and multigenerational studies will also provide novel insights into these problems. This study represents the first detailed documentation of long-term deleterious effects arising from the consumption of a GM R-tolerant maize and of R, the most used herbicide worldwide.

Altogether, the significant biochemical disturbances and physiological failures documented in this work confirm the pathological effects of these GMO and R treatments in both sexes, with different amplitudes. We propose that agricultural edible GMOs and formulated pesticides must be evaluated very carefully by long term studies to measure their potential toxic effects.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgments

We thank Michael Antoniou for English assistance and constructive comments on the manuscript, as well as Herrade Hem-

merdinger for proofreading. We gratefully acknowledge the Association CERES, the Foundation "Charles Leopold Mayer pour le Progrès de l'Homme", the French Ministry of Research, and CRI-IGEN for their major support.

References

- Baskaran, N., Manoharan, S., Balakrishnan, S., Pugalandhi, P., 2010. Chemopreventive potential of ferulic acid in 7,12-dimethylbenz[*a*]anthracene-induced mammary carcinogenesis in Sprague-Dawley rats. *Eur. J. Pharmacol.* 637, 22–29.
- Benachour, N., Seralini, G.E., 2009. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem. Res. Toxicol.* 22, 97–105.
- Benachour, N., Sipahutar, H., Moslemi, S., Gasnier, C., Travert, C., Seralini, G.E., 2007. Time- and dose-dependent effects of Roundup on human embryonic and placental cells. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 53, 126–133.
- Brix, A.E., Nyska, A., Haseman, J.K., Sells, D.M., Jokinen, M.P., Walker, N.J., 2005. Incidences of selected lesions in control female Harlan Sprague-Dawley rats from two-year studies performed by the National Toxicology Program. *Toxicol. Pathol.* 33, 477–483.
- Chandra, M., Riley, M.G., Johnson, D.E., 1992. Spontaneous neoplasms in aged Sprague-Dawley rats. *Arch. Toxicol.* 66, 496–502.
- Chang, C.J., Chiu, J.H., Tseng, L.M., Chang, C.H., Chien, T.M., Wu, C.W., Lui, W.Y., 2006. Modulation of HER2 expression by ferulic acid on human breast cancer MCF7 cells. *Eur. J. Clin. Invest.* 36, 588–596.
- Cox, C., 2004. Herbicide factsheet – Glyphosate. *J. Pestic. Reform* 24, 10–15.
- Cox, C., Sargan, M., 2006. Unidentified inert ingredients in pesticides: implications for human and environmental health. *Environ. Health Perspect.* 114, 1803–1806.
- Domingo, J.L., Giné Bordonaba, J., 2011. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environ. Int.* 37, 734–742.
- Duke, S.O., Rimando, A.M., Pace, P.F., Reddy, K.N., Smeda, R.J., 2003. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. *J. Agric. Food Chem.* 51, 340–344.
- EPA, 2012. Basic Information about Glyphosate in Drinking Water. <<http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/glyphosate.cfm>> (Last access June).
- Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Trygg, J., Wikström, C., Wold, S., 2006a. Multi- and Megavariate Data Analysis Part II Advanced Applications and Method Extensions. Umetrics, Umea, Sweden.
- Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wold, S., 2006b. Multi and Megavariate Data Analysis Part I – Principles and Applications. Umetrics AB, Umea, Sweden.
- Gasnier, C., Benachour, N., Clair, E., Travert, C., Langlois, F., Laurant, C., Decroix-Laporte, C., Seralini, G.-E., 2010. Dig1 protects against cell death provoked by glyphosate-based herbicides in human liver cell lines. *J. Occup. Med. Toxicol.* 5, 29.
- Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N., Clair, E., Chagnon, M.C., Seralini, G.E., 2009. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology* 262, 184–191.
- Gasnier, C., Laurant, C., Decroix-Laporte, C., Mesnage, R., Clair, E., Travert, C., Seralini, G.E., 2011. Defined plant extracts can protect human cells against combined xenobiotic effects. *J. Occup. Med. Toxicol.* 6, 3.
- Hammond, B., Dudek, R., Lemen, J., Nemeth, M., 2004. Results of a 13 week safety assurance study with rats fed grain from glyphosate tolerant corn. *Food Chem. Toxicol.* 42, 1003–1014.
- Hammond, B., Lemen, J., Dudek, R., Ward, D., Jiang, C., Nemeth, M., Burns, J., 2006a. Results of a 90 day safety assurance study with rats fed grain from corn rootworm-protected corn. *Food Chem. Toxicol.* 44, 147–160.
- Hammond, B.G., Dudek, R., Lemen, J.K., Nemeth, M.A., 2006b. Results of a 90 day safety assurance study with rats fed grain from corn borer-protected corn. *Food Chem. Toxicol.* 44, 1092–1099.
- Hard, G.C., Khan, K.N., 2004. A contemporary overview of chronic progressive nephropathy in the laboratory rat, and its significance for human risk assessment. *Toxicol. Pathol.* 32, 171–180.
- Harvell, D.M., Strecker, T.E., Tochacek, M., Xie, B., Pennington, K.L., McComb, R.D., Roy, S.K., Shull, J.D., 2000. Rat strain-specific actions of 17 β -estradiol in the mammary gland: correlation between estrogen-induced lobuloalveolar hyperplasia and susceptibility to estrogen-induced mammary cancers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 2779–2784.
- Jiao, Z., Si, X.X., Li, G.K., Zhang, Z.M., Xu, X.P., 2010. Unintended compositional changes in transgenic rice seeds (*Oryza sativa* L.) studied by spectral and chromatographic analysis coupled with chemometrics methods. *J. Agric. Food Chem.* 58, 1746–1754.
- Krogh, K.A., Vejrup, K.V., Mogensen, B.B., Halling-Sørensen, B., 2002. Liquid chromatography-mass spectrometry method to determine alcohol ethoxylates and alkylamine ethoxylates in soil interstitial water, ground water and surface water samples. *J. Chromatogr. A* 957, 45–57.
- Kuenzig, W., Chau, J., Norkus, E., Holowaschenko, H., Newmark, H., Mergens, W., Conney, A.H., 1984. Caffeic and ferulic acid as blockers of nitrosamine formation. *Carcinogenesis* 5, 309–313.
- Latham, J.R., Wilson, A.K., Steinbrecher, R.A., 2006. The mutational consequences of plant transformation. *J. Biomed. Biotechnol.* 2006, 25376.

- Malatesta, M., Boraldi, F., Annovi, G., Baldelli, B., Battistelli, S., Biggiogera, M., Quagliano, D., 2008a. A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem. Cell Biol.* 130, 967–977.
- Malatesta, M., Caporaloni, C., Gavaudan, S., Rocchi, M.B., Serafini, S., Tiberi, C., Gazzanelli, G., 2002a. Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct. Funct.* 27, 173–180.
- Malatesta, M., Caporaloni, C., Rossi, L., Battistelli, S., Rocchi, M.B., Tonucci, F., Gazzanelli, G., 2002b. Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. *J. Anat.* 201, 409–415.
- Malatesta, M., Perdoni, F., Santin, G., Battistelli, S., Muller, S., Biggiogera, M., 2008b. Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicol. In Vitro* 22, 1853–1860.
- Markaverich, B.M., Crowley, J.R., Alejandro, M.A., Shoulars, K., Casajuna, N., Mani, S., Reyna, A., Sharp, J., 2005. Leukotoxin diols from ground corn cob bedding disrupt estrous cyclicity in rats and stimulate MCF-7 breast cancer cell proliferation. *Environ. Health Perspect.* 113, 1698–1704.
- Mesnage, R., Clair, E., Seralini, G.-E., 2010. Roundup in Genetically modified crops: Regulation and toxicity in mammals. *Theorie in der Ökologie* 16, 31–33.
- Monosson, E., 2005. Chemical mixtures: considering the evolution of toxicology and chemical assessment. *Environ. Health Perspect.* 113, 383–390.
- Peixoto, F., 2005. Comparative effects of the Roundup and glyphosate on mitochondrial oxidative phosphorylation. *Chemosphere* 61, 1115–1122.
- Popovics, P., Rekas, Z., Stewart, A.J., Kovacs, M., 2011. Regulation of pituitary inhibin/activin subunits and follistatin gene expression by GnRH in female rats. *J. Endocrinol.* 210, 71–79.
- Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N., Seralini, G.E., 2005. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ. Health Perspect.* 113, 716–720.
- Romano, M.A., Romano, R.M., Santos, L.D., Wisniewski, P., Campos, D.A., de Souza, P.B., Viau, P., Bernardi, M.M., Nunes, M.T., de Oliveira, C.A., 2012. Glyphosate impairs male offspring reproductive development by disrupting gonadotropin expression. *Arch. Toxicol.* 85, 663–673.
- Romano, R.M., Romano, M.A., Bernardi, M.M., Furtado, P.V., Oliveira, C.A., 2010. Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Arch. Toxicol.* 84, 309–317.
- Rosati, A., Bogani, P., Santarlasci, A., Buiatti, M., 2008. Characterisation of 3' transgene insertion site and derived mRNAs in MON810 YieldGard maize. *Plant Mol. Biol.* 67, 271–281.
- Seralini, G.-E., Cellier, D., de Vendomois, J.S., 2007. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 52, 596–602.
- Seralini, G.-E., Mesnage, R., Clair, E., Gress, S., Spiroux De Vendomois, J., Cellier, D., 2011. Genetically modified crops safety assessments: present limits and possible improvements. *Environ. Sci. Eur.* 23.
- Seralini, G.E., Spiroux de Vendomois, J., Cellier, D., Sultan, C., Buiatti, M., Gallagher, L., Antoniou, M., Dronamraju, K.R., 2009. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int. J. Biol. Sci.* 5, 438–443.
- Snell, C., Bernheim, A., Bergé, J.-B., Kuntz, M., Pascal, G., Paris, A., Ricroch, A.E., 2011. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: a literature review. *Food Chem. Toxicol.* 50, 1134–1148.
- Spiroux de Vendomois, J., Cellier, D., Velot, C., Clair, E., Mesnage, R., Seralini, G.E., 2010. Debate on GMOs health risks after statistical findings in regulatory tests. *Int. J. Biol. Sci.* 6, 590–598.
- Spiroux de Vendomois, J., Roullier, F., Cellier, D., Seralini, G.E., 2009. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int. J. Biol. Sci.* 5, 706–726.
- Srinivasan, M., Rukkumani, R., Ram Sudheer, A., Menon, V.P., 2005. Ferulic acid, a natural protector against carbon tetrachloride-induced toxicity. *Fundam. Clin. Pharmacol.* 19, 491–496.
- U Rehman, M., Sultana, S., 2011. Attenuation of oxidative stress, inflammation and early markers of tumor promotion by caffeic acid in Fe-NTA exposed kidneys of Wistar rats. *Mol. Cell. Biochem.* 357, 115–124.
- Vandenberg, L.N., Colborn, T., Hayes, T.B., Heindel, J.J., Jacobs Jr., D.R., Lee, D.H., Shioda, T., Soto, A.M., Vom Saal, F.S., Welshons, W.V., Zoeller, R.T., Myers, J.P., 2012. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses. *Endocr. Rev.* 33, 378–455.
- Walf, A.A., Frye, C.A., 2010. Raloxifene and/or estradiol decrease anxiety-like and depressive-like behavior, whereas only estradiol increases carcinogen-induced tumorigenesis and uterine proliferation among ovariectomized rats. *Behav. Pharmacol.* 21, 231–240.
- Weljie, A.M., Bondareva, A., Zang, P., Jirik, F.R., 2011. ¹H NMR metabolomics identification of markers of hypoxia-induced metabolic shifts in a breast cancer model system. *J. Biomol. NMR* 49, 185–193.
- WHO, 2012. World Health Statistics. WHO Press. <<http://who.int>> (Last access August).
- Wiklund, S., Johansson, E., Sjöström, L., Mellerowicz, E.J., Edlund, U., Shockcor, J.P., Gottfries, J., Moritz, T., Trygg, J., 2008. Visualization of GC/TOF-MS-based metabolomics data for identification of biochemically interesting compounds using OPLS class models. *Anal. Chem.* 80, 115–122.
- Williams, G.M., Kroes, R., Munro, I.C., 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 31, 117–165.
- Wilson, A.K., Latham, J.R., Steinbrecher, R.A., 2006. Transformation-induced mutations in transgenic plants: analysis and biosafety implications. *Biotechnol. Genet. Eng. Rev.* 23, 209–237.
- Zhang, L., Hou, D., Chen, X., Li, D., Zhu, L., Zhang, Y., Li, J., Bian, Z., Liang, X., Cai, X., Yin, Y., Wang, C., Zhang, T., Zhu, D., Zhang, D., Xu, J., Chen, Q., Ba, Y., Liu, J., Wang, Q., Chen, J., Wang, J., Wang, M., Zhang, Q., Zhang, J., Zen, K., Zhang, C.Y., 2012. Exogenous plant MIR168a specifically targets mammalian LDLRAP1: evidence of cross-kingdom regulation by microRNA. *Cell Res.* 22, 107–126.
- Zhou, J., Ma, C., Xu, H., Yuan, K., Lu, X., Zhu, Z., Wu, Y., Xu, G., 2009. Metabolic profiling of transgenic rice with *cry1Ac* and *sck* genes: an evaluation of unintended effects at metabolic level by using GC-FID and GC-MS. *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 877, 725–732.
- Zolla, L., Rinalducci, S., Antonioli, P., Righetti, P.G., 2008. Proteomics as a complementary tool for identifying unintended side effects occurring in transgenic maize seeds as a result of genetic modifications. *J. Proteome Res.* 7, 1850–1861.

Microarray analyses reveal that plant mutagenesis may induce more transcriptomic changes than transgene insertion

Rita Batista^{*†‡}, Nelson Saibo[†], Tiago Lourenço[†], and Maria Margarida Oliveira^{†§}

^{*}Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Avenida Padre Cruz, 1649-016 Lisbon, Portugal; [†]Instituto de Tecnologia Química e Biológica/Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica, Universidade Nova de Lisboa, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal; and [§]Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Lisboa, Ed. C2, Campo Grande, 1749-016 Lisbon, Portugal

Edited by Marc C. E. Van Montagu, Ghent University, Ghent, Belgium, and approved January 2, 2008 (received for review August 21, 2007)

Controversy regarding genetically modified (GM) plants and their potential impact on human health contrasts with the tacit acceptance of other plants that were also modified, but not considered as GM products (e.g., varieties raised through conventional breeding such as mutagenesis). What is beyond the phenotype of these improved plants? Should mutagenized plants be treated differently from transgenics? We have evaluated the extent of transcriptome modification occurring during rice improvement through transgenesis versus mutation breeding. We used oligonucleotide microarrays to analyze gene expression in four different pools of four types of rice plants and respective controls: (i) a γ -irradiated stable mutant, (ii) the M1 generation of a 100-Gy γ -irradiated plant, (iii) a stable transgenic plant obtained for production of an anticancer antibody, and (iv) the T1 generation of a transgenic plant produced aiming for abiotic stress improvement, and all of the unmodified original genotypes as controls. We found that the improvement of a plant variety through the acquisition of a new desired trait, using either mutagenesis or transgenesis, may cause stress and thus lead to an altered expression of untargeted genes. In all of the cases studied, the observed alteration was more extensive in mutagenized than in transgenic plants. We propose that the safety assessment of improved plant varieties should be carried out on a case-by-case basis and not simply restricted to foods obtained through genetic engineering.

food safety evaluation | rice | genetically modified organisms | genetic engineering | γ -irradiation

Plant breeding started thousands of years ago, through the unconscious selection of seeds from plants with higher quality and productivity. After sexual plant reproduction was discovered, in the 17th century, people started to use deliberate interbreeding (crossing) of closely or distantly related species to produce new crops with desirable properties (1). With the discovery, in the beginning of the 20th century, that x-rays induced mutations in the fruit fly *Drosophila melanogaster* and barley, plant breeders and geneticists started to use mutagenesis to rapidly create and increase variability in crop species and ultimately change plant traits. The high efficiency of classical mutagenesis has been widely documented (2), and its global impact for crop improvement has also been evaluated (3). Since the establishment of the joint Food and Agriculture Organization/International Atomic Energy Agency, Division of the Nuclear Techniques in Agriculture (www-infocris.iaea.org/MVD), 1,916 crop and legume varieties were released worldwide (40% γ -irradiated).

Since the 1970s, advances in molecular biology have provided the basis for the development of genetic engineering, leading to the next level of genetic gain in crop cultivars. This technology permits the identification, isolation, and transfer of a gene of interest, originated from any type of organism, to plant cells. Transformed plants are then regenerated from these cells through tissue culture (4).

Contrasting with the readily acceptance of food products obtained through conventional plant breeding, the potential benefits of this new technology have been held largely at bay because of the enormous controversy regarding the food safety of the resulting products (5).

Despite the lack of universal methods for evaluating the potentially hazardous effects of genetic modification, Food and Agriculture Organization and the European Food Safety Authority recommendations call for targeted approaches to evaluate macro-, micro-, and anti-nutrients, toxins, allergens, and secondary metabolites. To increase the chances of detecting unintended effects, some molecular profiling methods have also been proposed (6). One of the mentioned profiling techniques is microarrays. This technology allows for monitoring the expression of thousands of genes simultaneously.

In this study, we used expression microarray analyses to monitor the extension of unexpected transcriptome modifications obtained in rice by conventional plant breeding by γ -irradiation as compared with the ones obtained through genetic engineering. We have analyzed four rice lines (two mutagenized and two transgenic ones) and further compared the stable lines against the recently modified ones.

Results and Discussion

Differentially Expressed Genes Increase with Genetic Instability and from Transgenic to Mutant Lines. Hierarchical clustering (Fig. 1) of the microarray data of transgenic, mutagenized, and control plants showed that duplicate samples always grouped together and modified genotypes always grouped with the respective unmodified controls [see supporting information (SI) Fig. 3 for Pearson's correlation between samples]. Despite the different type of breeding strategy used, genetically stable samples [transgenic single-chain variable fragment (ScFv) and mutant Estrela A] are more closely grouped with their corresponding controls than nonstable ones. Additionally, in nonstable lines, transgenic Nipponbare [Nip. genetically modified (GM)] is more closely related to its control than the line obtained through 100-Gy γ -irradiation. As visible in volcano plots (Fig. 2), 11,267 genes showed differential expression in the nonstable mutagenized rice line, whereas only 2,318 genes were detected in the nonstable transgenic line (despite the inserted gene being a transcription factor). The number of affected genes was strongly

Author contributions: R.B. and M.M.O. designed research; R.B. performed research; R.B., N.S., T.L., and M.M.O. analyzed data; and R.B. wrote the paper.

The authors declare no conflict of interest.

This article is a PNAS Direct Submission.

[†]To whom correspondence should be addressed. E-mail: rita.batista@insa-min-saude.pt.

This article contains supporting information online at www.pnas.org/cgi/content/full/0707881105/DC1.

© 2008 by The National Academy of Sciences of the USA

Toxicologie de la matière active : tribénuron-méthyle

Information

Abréviation :	MEX	Numéro CAS :	101200-48-0
Synonymes :	tribenuron-methyl		
Type de pesticides :	herbicide		
Famille chimique :	Sulfonylurée		
Groupe :	2		
Mécanisme d'action :	Inhibition de l'acétolactate synthase (ALS), aussi appelée acétohydroxyacide synthase (AHAS).		

Toxicité chez les mammifères incluant l'homme	Niveau de toxicité	Description des effets sur la santé
Toxicité aiguë		Le tribénuron-méthyle est faiblement toxique quelle que soit la voie d'exposition. Il est peu irritant pour la peau mais modérément pour les yeux et il n'est pas un sensibilisant cutané.
Effets à long terme		Le tribénuron-méthyle n'est pas mutagène mais il a été classé cancérogène possible pour l'humain en raison de l'augmentation significative d'adénocarcinomes des glandes mammaires chez les rats femelles. Cependant, cette augmentation due possiblement à un dérèglement hormonal s'est produite à une dose excédant la dose maximale tolérée et il est peu probable que cet effet survienne à un taux plus bas. À une dose plus faible, une baisse de poids corporel a été observé chez les rats. Dans une étude chronique chez les souris, on a observé une dégénérescence bilatérale des tubes séminifères et une oligospermie alors que dans une étude d'un an chez les chiens, des changements à la biochimie clinique ont été notés. Une étude subchronique chez les rats a démontré, entre autres, une diminution du poids corporel, de la consommation de nourriture et du poids absolu de certains organes. Le tribénuron-méthyle n'était pas toxique pour la reproduction et le développement dans les études animales. Il n'est ni génotoxique ni neurotoxique.

Toxicité pour les espèces non ciblées	Niveau de toxicité	Description des effets toxiques sur les espèces non ciblées
Poissons ou daphnies		Le tribénuron-méthyle est faiblement toxique chez les invertébrés et les poissons d'eau douce. Les plantes aquatiques vasculaires sont très sensibles à cet herbicide. En effet, des effets aigus néfastes ont été observés chez <i>Lemna gibba</i> exposée au tribénuron-méthyle.
Oiseaux		Le tribénuron-méthyle est pratiquement non toxique chez les oiseaux avec une DL50 aiguë par voie orale supérieure à 2 250 mg/kg p.c chez le colin de Virginie. Il est aussi pratiquement non toxique lors d'une exposition par voie alimentaire avec des CL50 sur 8 jours supérieures à 5 620 mg/kg p.c. chez le canard colvert et chez le colin de Virginie.
Abeilles		Cet herbicide est pratiquement non toxique chez les abeilles avec une DL50 aiguë par contact supérieure à 100 µg/abeille.

Devenir et comportement dans l'environnement		Description du devenir et du comportement dans l'environnement
Persistance	Faible	Le tribénuron-méthyle s'hydrolyse en milieu neutre et alcalin avec des demi-vies respectives de 3 à 6 jours et de 32 jours. En milieu acide, l'hydrolyse est très rapide avec une demi-vie inférieure à une journée. Cette réaction constitue une voie importante de dégradation en milieu acide. La photolyse au sol et dans l'eau ne constituerait pas une voie importante de dégradation. Dans les sols et dans l'eau, le tribénuron-méthyle est rapidement biodégradé. Il est faiblement persistant dans les sols en conditions aérobies (TD50 = 12 jours à pH 7,5). Dans l'eau, sa demi-vie est de 23,5 jours (aérobie) et varie de 2 à 11 jours en absence d'oxygène dans un système eau-sédiment. Ses principaux métabolites sont la 4-méthoxy-6-méthyl-1,3,5-triazin-2-amine (IN-A4098), la N-méthyl-4-méthoxy-6-méthyl-1,3,5-triazin-2-amine (IN-L5296) et la 1,1-dioxyde de 1,2-benzisothiazol-3(2H)-one (IN-581). L'IN-A4098 est faiblement à modérément persistant dans les sols aérobies où il se biodégrade avec une demi-vie variant de 22 à 76 jours. L'IN-L5296 et l'IN-581 sont persistants avec des demi-vies respectives de 165 et de 173 jours.
Potentiel de lessivage	Modéré	La valeur de Koc du tribénuron-méthyle est de 31 ml/g. Ceci indique que cet herbicide est mobile dans le sol. Étant donné qu'il est faiblement persistant, son potentiel de lessivage est modéré. Certains de ses métabolites sont très mobiles dans le sol (IN-A4098, Koc = 6 à 30 ml/g et l'IN-581, Koc = 5,2 ml/g). L'IN-L5296 (Koc = 89 ml/g) et l'IN-581 possèdent les propriétés propres (persistance et mobilité) aux substances susceptibles de contaminer l'eau souterraine. Le tribénuron-méthyle a un très faible potentiel de volatilisation à partir des sols humides ou de l'eau.

Légende :

Extrêmement
élevé

Élevé

Modéré

Léger

Faible

[signification des symboles de risques](#)

Affaire Séralini : les pesticides "mille fois plus toxiques" qu'annoncé ?

Par Sciences et Avenir avec AFP

Publié le 31-01-2014 à 10h26
Mis à jour à 10h43

Le très controversé Pr Séralini persiste et signe avec une nouvelle étude montrant que les pesticides seraient plus toxiques qu'annoncés.



SELARL Cabinet TUMERELLE
Avocats au barreau de VALENCE
8 rue de la République
26200 MARIGNAN
Tél. : 04.75.51.98.65
Fax : 04.75.51.98.89
E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

TOXIQUE. Le professeur Gilles-Eric Séralini, auteur d'une étude controversée sur des effets d'un OGM et du pesticide Roundup sur des rats, (<http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20131128.OBS7420/seralini-prie-de-retirer-son-article-sur-un-ogm-il-refuse.html>) persiste et signe avec une nouvelle étude montrant selon lui que les pesticides sont "deux à mille fois plus toxiques" qu'annoncés.

"Nous avons étendu les travaux que nous avons faits avec le Roundup et montré que les produits tels qu'ils étaient vendus aux jardiniers et aux agriculteurs, étaient de 2 à 1.000 fois plus toxiques que les principes actifs qui sont les seuls à être testés in vivo à moyen et long terme", a-t-il déclaré jeudi 30 janvier 2014.

Avant mise sur le marché, seuls les effets de la substance active sont évalués et non ceux des produits commercialisés auxquels ont été ajoutés des adjuvants.

"Il y a méprise sur la réelle toxicité des pesticides", a insisté le professeur Séralini, précisant qu'il y a toxicité "quand les cellules commencent à se suicider" au contact du produit et "qu'elles meurent en quantités beaucoup plus significatives que les cellules contrôles".

L'étude, publiée il y a quelques jours dans la revue Biomed Research International (<http://www.hindawi.com/journals/bmri/>) (groupe Hindawi) à comité de lecture, est signée du professeur Séralini ainsi que d'autres membres de l'université de Caen, où se trouve son laboratoire, et du Comité de recherche et d'information indépendantes sur le génie génétique (<http://www.criigen.org/>) (Criigen).

Sur 9 pesticides, 8 formulations sont en moyenne cent fois plus toxiques que leur principe actif

Cette étude a été réalisée *in vitro* sur cellules humaines avec neuf des "principaux" pesticides utilisés dans le monde : trois herbicides (Roundup, Matin EL, Starane 200), trois insecticides (Pirimor G, Confidor, Polysect Ultra), et trois fongicides (Maronee, Opus, Eyetak).

Elle conclut que sur 9 de ces pesticides, "8 formulations sont clairement en moyenne des centaines de fois plus toxiques que leur principe actif", et pointe du doigt les adjuvants qui "sont souvent gardés confidentiels et sont déclarés comme inertes par les fabricants".

ÉTUDE CHOC. Les conclusions de l'étude du professeur Séralini sur les effets des OGM et du Roundup sur des rats, publiée en 2012, avaient été contestées (<http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20120919.OBS2897/ogm-je-n-ai-jamais-vu-ca-il-faut-envoyer-une-commission-d-enquete-dans-le-labo-ou-cela-a-ete-fait.html>) par l'Agence européenne de sécurité des aliments (<http://www.efsa.europa.eu/fr/>) (Efsa) et l'Agence nationale de sécurité sanitaire (<http://www.anses.fr/fr/>) (Anses).

La revue *Food and chemical toxicology* (groupe Elsevier), qui l'avait publiée, a retiré l'article en novembre 2013 (<http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20131128.OBS7425/affaire-seralini-la-revue-scientifique-sous-pression.html>). Le professeur Séralini avait relié cette décision de retrait à l'arrivée dans le comité éditorial de la revue de Richard Goodman, "un biologiste qui a travaillé plusieurs années chez Monsanto".

Une exigence de santé publique

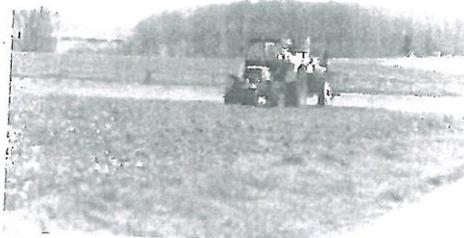
Conduite en secret pendant deux ans, l'étude démontrait, selon son auteur, un risque accru de tumeurs mammaires et d'atteintes hépato-rénales pour les rats nourris avec le maïs OGM (<http://www.sciencesetavenir.fr/tag/ogm>), associé ou pas à l'herbicide Roundup, deux produits du fabricant Monsanto (<http://www.sciencesetavenir.fr/tag/monsanto>).

La nouvelle étude du Pr Séralini (<http://www.sciencesetavenir.fr/tag/gilles-eric-seralini>) a été saluée jeudi par l'ONG Générations Futures. "Nous demandons que des tests sur les effets chroniques de ces formulations de pesticides soient rendus obligatoires au niveau national et européen au plus vite, c'est une exigence de santé publique!", a déclaré son porte-parole, François Veillerette, dans un communiqué.

**LE QUOTIDIEN
DU MEDECIN**

SELARL Cabinet TUMERELLE
Avocats au barreau de VALENCE
8 rue d'Armerie
26200 LIMAR
Tél. 04.75.10.00.65
Fax : 04.75.51.98.89
E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

Pesticides : des médecins alertent le ministre de l'Écologie et l'Assemblée nationale



À l'occasion d'une journée « *Pesticides : Santé et biodiversité* », organisée à l'Assemblée nationale par les députés Sophie Errante, Gérard Bapt et Jean-Louis Roumegas, le Dr Pierre-Michel Perinaud, généraliste à Limoges, s'est fait le porte-parole de plus de 1 200 médecins signataires de l'**alerte sur la dangerosité des pesticides**, (http://www.alerte-medecins-pesticides.fr/?page_id=544) lancée par trois associations du Limousin, de Martinique et de Guadeloupe.

« *Les liens entre l'exposition aux particules et les pathologies chroniques ne sont plus contestables. Or l'imprégnation de la population est générale. Et une quarantaine de pesticides en circulation en Europe ont un caractère de perturbateurs endocriniens* », a-t-il argumenté, concluant que les connaissances sont suffisantes pour agir.

Pour une reconnaissance de maladies professionnelles

Les médecins signataires demandent la reconnaissance de nouveaux tableaux de maladies professionnelles agricoles en lien avec les pesticides, la fin des dérogations à l'interdiction européenne des épandages aériens, notamment en Guadeloupe et en Martinique, où « *l'exception est devenue la règle* », selon le Dr Périnaud, l'interdiction des pesticides dans le cadre d'un usage non agricole, l'étiquetage des produits alimentaires, et la garantie que les autorisations de mises sur le marché sont délivrées par des laboratoires indépendants de l'industrie, choisis par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (ANSES).

Les médecins demandent en outre que l'Europe statue sur les perturbateurs endocriniens (PE), une démarche reportée fin 2013 sur fond de scandale, que les pesticides à caractère de PE soient retirés du marché et que l'agriculture biologique soit encouragée.

Plusieurs personnalités ont salué la démarche, comme le député Gérard Bapt, le Dr Laurent Chevallier, médecin nutritionniste attaché au CHR de Montpellier et le ministre de l'écologie Philippe Martin. Ce dernier a indiqué avoir apposé sa signature ce mercredi 29 janvier en bas de la loi interdisant les produits phytosanitaires dans les espaces publics à partir de 2020 et dans les jardins particuliers à compter de 2022, adoptée par le Parlement le 23 janvier.

Philippe Martin a aussi indiqué que le plan Éco-phyto serait revu en 2014, qu'une stratégie nationale sera élaborée en 2014 sur les PE et qu'un arrêté avait été signé en décembre dernier pour durcir les autorisations de dérogations dans l'épandage.

Des effets sanitaires documentés

L'alerte des médecins a aussi trouvé écho auprès des scientifiques. Sur la base de l'Étude environnement nutrition santé (ENNS) et du programme national de biosurveillance, Laurence Guldner, de l'Institut national de veille sanitaire (InVS), a confirmé que les pesticides sont omniprésents dans les organismes, y compris les organochlorés, pourtant interdits depuis des années. Les effets sanitaires ont été documentés dans une **métabolisme analyse conduite par l'INSERM** (<http://www.lequotidiendumedecin.fr/actualite/sante-publique/les-pesticides-de-nouveau-mis-en-cause>), qui montre un lien entre pesticides et maladies chroniques dans le cadre

24/3/2014

Pesticides : des médecins alertent le ministre de l'Écologie et l'Assemblée nationale

d'expositions professionnelles, et un « *grand nombre d'indices pour estimer "possible" l'impact de l'exposition aux pesticides sur le développement du fœtus et de l'enfant* », selon la chercheuse Sylvaine Cordier.

De son côté, François Veillerette, porte-parole de Générations Futures a attiré l'attention sur une nouvelle étude de Gilles-Éric Séralini (non encore publiée) qui montre que 8 sur 9 pesticides formulés sont une centaine de fois plus toxiques que la matière active, sur laquelle repose pourtant l'évaluation des risques.

Coline Garré



Alerte des Médecins Limousins sur les Pesticides

SELARL Cabinet TUMERELLE
Avocats au barreau de VALENCE
8 rue ... armerie
26200 16 ELIMAR
Tél. 01.00.65
Fax : 04.75.51.98.89
E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

ACCUEIL L'APPEL NATIONAL SEPTEMBRE 2013 ACTUALITÉS L'ASSOCIATION S'INFORMER

rechercher

PESTICIDES: L'ALERTE DES MÉDECINS DE FRANCE MÉTROPOLITAINE ET DES ANTILLES

DÉCLARATION
L'ASSEMBLÉE
NATIONALE 30
JANVIER 2014

[lire la déclaration](#)



AMLP
18 rue Severine
87000 Limoges

Association En Vie Santé
215, Bd de Général de Gaulle
97100 Le Gosier
Guadeloupe

AMSES-Martinique
103, route de Ravine Villaine
97200 Fort de France

Médecins de terrain, nous avons constaté l'augmentation des maladies chroniques chez nos patients (cancers, troubles de la fertilité, mais aussi maladies neurologiques, diabète, allergies...). Nous avons aussi constaté que les preuves de la responsabilité de substances chimiques très largement répandues dans notre environnement s'accumulent. Bien que les pesticides ne soient pas seuls en cause, nous tenons à exprimer publiquement notre souhait que, face aux dangers de ces produits, des politiques agricoles, économiques et de santé publique soient enfin efficacement mises en œuvre.

Des liens sont maintenant établis en milieu professionnel entre l'utilisation de pesticides et certaines pathologies:

«il semble exister une association positive entre exposition professionnelle à des pesticides et certaines pathologies chez l'adulte: la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate et certains cancers hématopoïétiques (lymphome non hodgkinien, myélomes multiples).» Expertise Inserm publiée en juin 2013(1).

«La littérature suggère une augmentation significative du risque de morts fœtales (fausses-couches) ainsi qu'une augmentation du risque de malformations congénitales lors d'une exposition professionnelle maternelle aux pesticides. ... Enfin, une augmentation significative du risque de leucémie et de tumeurs cérébrales a été mise en évidence dans les méta- analyses récentes lors d'une exposition prénatale (voisinage ou exposition domestique)»(1)

Surtout il faut rappeler, comme l'a fait l'INSERM que *«près d'un millier de molécules ont été mises sur le marché en France ; les risques liés à ces molécules ne peuvent être évalués faute de données toxicologiques et épidémiologiques suffisantes.»(2)*

Si peu d'études ont porté sur l'ensemble de la population et sur les riverains, plusieurs d'entre elles montrent toutefois que des expositions environnementales sont susceptibles de provoquer des cancers et des maladies de Parkinson. Comme aux Antilles avec la chlordane (3) ou chez des riverains exposés à des fongicides de la famille des carbamates et à du paraquat (4). Ou encore sur les enfants:

«Plusieurs études cas-témoins et de cohortes montrent une augmentation du risque de malformations congénitales chez les enfants des femmes vivant au voisinage d'une zone agricole ou liée aux usages domestiques de pesticides (malformations cardiaques, du tube neural, hypospadias).

Une diminution du poids de naissance, des atteintes neurodéveloppementales et une augmentation significative du risque de leucémie sont également rapportées»(1)

Or personne ne conteste l'imprégnation générale de la population : les pesticides ont largement contaminé l'environnement, aussi bien les eaux de surface que les eaux de pluie, aussi bien les sols que nos organismes (90% de la population française est contaminée par les organophosphorés) (5). Plus préoccupant, dans la cohorte PELAGIE en Bretagne, seuls 1,6% des échantillons d'urine de femmes enceintes ne contiennent pas de trace des pesticides recherchés(6).

Mais si l'on retrouve une imprégnation à « faibles doses » dans la population générale, cela n'est pas rassurant pour autant: en effet de nombreux pesticides sont des perturbateurs endocriniens, substances chimiques soupçonnées d'être l'une des causes de la recrudescence de certains troubles (infertilité, cancers hormonodépendants, obésité, pubertés précoces). Parce que leurs effets ne dépendent pas de la dose, mais de la période d'exposition, qu'ils ne sont pas linéaires, qu'ils s'ajoutent à ceux d'autres substances (effet cocktail) et qu'ils sont susceptibles d'être transgénérationnels, les perturbateurs endocriniens sont au centre d'une attention grandissante comme l'a reconnu Madame Delphine Batho, alors ministre de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie lors du colloque international sur les perturbateurs endocriniens des 10 et 11 décembre 2012 (7).

Or, comme le souligne le rapport sénatorial sur les pesticides et la santé (8), le cadre réglementaire européen ne protège pas nos patients, agriculteurs et consommateurs puisque l'UE n'a toujours pas validé de méthode permettant de déterminer si un pesticide est un perturbateur endocrinien ou non.

L'Etat doit montrer qu'il a pris toute la mesure des risques sanitaires liés aux pesticides.

C'est pourquoi les médecins signataires de ce texte demandent que l'Etat assure :

- **la reconnaissance de nouveaux tableaux de maladies professionnelles agricoles** dont l'apparition est liée à l'exposition aux pesticides.
- **la protection des populations:**
 - par la fin des dérogations à l'interdiction européenne des épandages aériens (9),
 - par des mesures de réduction des risques vis à vis des populations vivant à proximité des cultures à forte utilisation de pesticides (signalisation sur les routes et chemins traversant les zones d'épandages, distance de sécurité avec les habitations) et vis-à-vis des agriculteurs (séparation nette entre les activités de conseil et de vente des produits).
 - Par l'interdiction de l'usage des pesticides dans les zones non agricoles. Les organismes publics gérant des espaces verts, les collectivités locales doivent suivre l'exemple des nombreuses communes qui se sont engagées dans une démarche d'arrêt total de l'utilisation des pesticides.
 - Par un étiquetage des produits destinés à l'alimentation permettant de visualiser les substances chimiques utilisées, dont les pesticides, pour leur fabrication.
 - Par la disparition, à très brève échéance, des résidus de pesticides perturbateurs endocriniens dans les produits alimentaires.
- **la garantie que les AMM (autorisation de mise sur le marché) protègent les agriculteurs, l'environnement et les consommateurs :**
 - en confiant à des laboratoires indépendants désignés par l'ANSES, la réalisation des tests réglementaires nécessaires à l'AMM des produits, ainsi que le suivi post-commercialisation. Ces tests seraient financés par les demandeurs de l'autorisation.
 - en délivrant les AMM des produits phytosanitaires par décision conjointe des trois ministères: Santé, Environnement et Agriculture (10).
- **la défense au niveau européen:**
 - de l'assimilation des perturbateurs endocriniens à des substances sans seuil pour que les perturbateurs endocriniens avérés (catégorie 1) et fortement suspectés (catégorie 2) soient couverts sous le régime réglementaire de la substitution obligatoire et les perturbateurs endocriniens faiblement suspectés (catégorie 3) fassent l'objet d'une vigilance ou de restrictions dans leurs usages (produits alimentaires par exemple).
 - de leur caractérisation par des tests toxicologiques recherchant des effets à faibles doses et par effet cocktail (tels que préconisés par le rapport Kortenkamp (11) pour la commission européenne).
- **la possibilité pour l'ensemble de la population de choisir une alimentation sans pesticides** par l'augmentation des surfaces consacrées à l'agriculture biologique.

contacts: [Pierre-Michel PERINAUD](#)

[Sandrine TAILLEFER](#)

[Signer l'appel](#)

Références

1. Expertise Inserm «pesticides et santé» juin 2013
2. Expertise INSERM «cancers et environnement» octobre 2008.
3. BEH 08-02-2011(bulletin épidémiologique hebdomadaire édité par l'INVS: Institut National de Veille Sanitaire) Chlordecone aux Antilles: bilan actualisé des risques sanitaires.
4. La Recherche septembre 2009, Les pesticides doublent le risque de maladie de Parkinson S Costello et al, American Journal of Epidémiologie,169, 919, 2009
5. Institut national de veille sanitaire (INVS) «Exposition de la population française aux polluants de l'environnement » (volet environnemental de l'étude nationale Nutrition Santé, septembre 2010). Disponible à l'adresse : www.invs.sante.fr
6. BEH: du 16 juin 2009
7. Discours de Delphine BATHO Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Discours d'ouverture de la Ministre lors du colloque international sur les perturbateurs endocriniens des 10 et 11 décembre 2012 dans le cadre du Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens.
8. Rapport sénatorial adopté à l'unanimité des groupes politiques au sénat: «Pesticides, vers le risque zéro», Octobre 2012. Accessible sur le site du sénat: www.senat.fr. Ce rapport dresse cinq constats:
 - les dangers et les risques des pesticides pour la santé sont sous-évalués
 - la nécessité d'améliorer la procédure d'autorisation de mise sur le marché des pesticides (AMM) et le suivi post AMM
 - l'absence de protection contre les pesticides à la hauteur des dangers et des risques
 - la nécessité de mieux cerner les limites des modèles et des pratiques industriels, commerciaux et agricoles.
 - revoir le plan Ecophyto 2018: conçu à la suite du Grenelle de l'Environnement en 2008 pour permettre une division par deux de la quantité de pesticides utilisée par la France à l'horizon 2018, la mission sénatoriale a en effet constaté qu'au tiers de la durée de ce plan l'usage avait augmenté au lieu de se réduire.
9. Il existe un principe général européen d'interdiction des épandages de pesticides par aéronefs mais les Préfectures peuvent accorder localement des dérogations. Le rapport sénatorial réclame également la fin de ces dérogations.
10. L'AMM d'un produit phytosanitaire est actuellement délivrée par le seul ministère de l'agriculture
11. « Etat de l'art de l'évaluation des perturbateurs endocriniens » pour la Commission européenne 2012

[Retour haut de page](#)

La lutte contre la contamination par les OGM dans le monde

GRAIN

Dès la première introduction des OGM au milieu des années 1990, des groupes d'agriculteurs et des ONG avaient mis en garde contre les risques de contamination des autres cultures. Et c'est ce qui s'est passé, exactement de la façon prédite. Nous nous intéressons dans cet article à la façon dont les communautés des différentes parties du monde qui ont été confrontées à une contamination ont élaboré des stratégies pour la combattre.

[Cet article est accompagné de trois vidéos qui peuvent être visionnées sur :
<http://www.grain.org/videos/?id=195>]

Lorsqu'on plante des cultures génétiquement modifiées (GM), elles contaminent les autres cultures avec leur matériel transgénique. Dans les endroits où des OGM sont cultivés à grande échelle, il est déjà devenu pratiquement impossible de trouver des cultures des mêmes espèces qui ne contiennent pas de matériel GM. Et la contamination s'étend même à des zones dans lesquelles les cultures GM ne sont pas officiellement autorisées. [1] Le registre de contamination par les OGM, géré par GeneWatch UK et Greenpeace International, a documenté plus de 216 cas de contamination par les OGM dans 57 pays au cours des 10 dernières années, dont 39 cas en 2007. [2]

Monsanto et les autres entreprises de biotechnologies ont toujours su que leurs cultures GM contamineraient les autres cultures. En fait, cela faisait partie de leur stratégie pour obliger le monde à accepter les OGM. Mais, dans le monde entier, des gens refusent de se soumettre et d'accepter que la modification génétique soit une réalité incontournable ; au contraire, ils se battent, même dans des endroits touchés/affectés par une contamination. En fait, certaines communautés locales qui ont subi une contamination développent actuellement des formes sophistiquées de résistance aux cultures GM. Elles commencent généralement par des stratégies à court terme pour décontaminer leurs semences locales mais, à plus long terme, elles cherchent souvent à renforcer leurs systèmes alimentaires et agricoles.

Nous examinons les expériences de communautés dans différentes parties du monde dans leur façon de gérer la contamination par les OGM pour voir les enseignements qu'elles peuvent offrir à ceux qui sont confrontés à des situations similaires. Chaque situation est unique et donne naissance à différents processus. Ils ont en commun l'importance centrale de l'action collective, celle des communautés travaillant sur le terrain pour identifier leurs propres solutions, indépendamment des tribunaux ou des gouvernements qui, sans pression sociale forte, ont tendance à se ranger du côté des industriels.

L'expérience des communautés au Mexique

Pour les populations autochtones du Mexique et du Guatemala, le maïs est la base de la vie. Dans le récit de la création des Mayas, le maïs était le seul matériau dans lequel les dieux ont pu insuffler la vie et ils l'ont utilisé pour fabriquer la chair des quatre premiers êtres humains sur la terre. Pour d'autres peuples du Mexique, le maïs est lui-même un dieu. Cette plante a constitué la base de l'alimentation des

Mexicains pendant des siècles et des milliers de variétés offrent une étonnante gamme d'éléments nutritifs, d'arômes, de consistances, de recettes et d'utilisations médicinales.

En janvier 2002, des chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley ont annoncé leur découverte : des variétés locales de maïs des hauts plateaux de l'État d'Oaxaca avaient été contaminées. D'autres communautés de petits agriculteurs ont procédé à des tests sur leurs propres cultures et ont été choqués de découvrir qu'elles aussi avaient été contaminées. Pour ces gens, c'était un coup terrible infligé à leur culture. Ils ne pouvaient rester sans rien faire : il fallait agir.

Au début, cependant, ils ne savaient pas quoi faire. Les OGM étaient nouveaux pour eux. Ils ont commencé par réunir les communautés environnantes qui avaient aussi pu subir une contamination, ainsi que les ONG qui étaient proches d'eux. Des ateliers ont eu lieu et des gens ont été mandatés par leurs assemblées locales pour débattre au nom de leurs communautés. La stratégie a donc été collective dès le début. C'est le premier point à relever à propos de l'expérience mexicaine.

Un point d'accord fondamental a été rapidement trouvé sur le fait que la contamination par les OGM devait être considérée comme faisant partie d'une guerre. Ce n'était pas un accident ou un problème isolé, mais cela s'intégrait dans une guerre menée contre les agriculteurs et les populations indigènes, selon leurs termes, une guerre contre le peuple du maïs. Ils devaient apporter une réponse en conséquence, en ne défendant pas seulement leurs semences, mais aussi leurs moyens d'existence, leurs cultures, leur manière de vivre dans sa globalité.

Dans un premier temps, néanmoins, il y avait peu d'idées concrètes sur la façon de décontaminer leur maïs et d'empêcher la poursuite de la contamination. Certains se sont inquiétés du fait que les communautés n'avaient peut-être pas les capacités techniques de s'occuper d'un problème aussi complexe. Mais ces communautés et les ONG travaillant avec elles avaient une solide expérience de la façon de trouver des solutions de terrain aux problèmes qui les touchaient et par conséquent, plutôt que de chercher des experts extérieurs, elles ont retourné la question dans tous les sens, sans se concentrer sur un maïs GM qu'elles ne connaissaient pas, mais en s'intéressant à leurs propres variétés de maïs, dont elles avaient une connaissance intime.

Les agriculteurs ont commencé à partager leurs connaissances sur le maïs et sur ce dont le maïs a besoin pour être sain. Le point réellement fondamental était de préserver l'existence de leur maïs, et ils devaient donc le semer et le manger. Dans de nombreuses communautés, le maïs traditionnel était en train de disparaître parce que les gens le semaient moins. La première mesure pour défendre leur maïs a donc consisté à en planter davantage. Les gens considéraient, en réponse aux OGM, que les semences étaient dangereuses quand leur histoire n'était pas connue. Il a donc été décidé que des semences ne seraient semées que si leur histoire était connue, ou quand elles provenaient d'une origine qu'ils connaissaient bien.

Au fur et à mesure que les communautés mettaient ces principes en pratique, ils ont commencé à accorder plus d'attention aux cultures dans leurs champs, et ont commencé à prendre conscience de toutes sortes de malformations graves. Ils ont testé les plants déformés et ont trouvé un taux élevé de contamination. Ils ont donc commencé à rechercher ces plants et à les arracher.

Ils savaient également que le maïs est allogame. Aussi, pour éviter une contamination par les OGM, ils leur faudrait empêcher le croisement du maïs GM avec leur maïs. Ils ont commencé à mettre en place des techniques simples, comme planter des arbres autour de leurs champs. Quelques unes des techniques qu'ils ont élaborées pourraient être appliquées partout, alors que d'autres étaient spécifiques à certaines communautés. Mais le plus important, c'était qu'ils mettaient sur pied un système pour éviter la contamination.

Il y a eu beaucoup de débats sur ce qui devait être fait des plantes contaminées. Il y avait un fort sentiment que si une variété très ancienne était dans votre famille depuis des générations et devenait soudainement contaminée, ce maïs ne pouvait tout simplement pas être détruit. Le maïs contaminé est malade et doit être soigné, pas tué. Cela peut prendre un an ou un siècle pour le soigner, mais il faut le faire parce que ce maïs fait partie de leurs communautés depuis des générations.

Les communautés paysannes du Mexique ont probablement développé les stratégies les plus approfondies de toutes les communautés confrontées à la contamination par les OGM partout dans le monde. De nombreuses leçons peuvent être retirées de leur lutte, les principales étant peut-être celles-ci :

- 1) La nécessité d'envisager la contamination par les OGM dans le cadre d'une attaque plus globale contre les agriculteurs et les communautés locales. Lorsque vous défendez vos cultures, vous défendez aussi votre terre et votre eau, et il faut pour cela des communautés fortes, des procédures fortes de prise de décision collective, et de solides réseaux associés à d'autres groupes au niveau national et même au niveau international. Une telle approche élargie permet à plus de gens de participer à la lutte. Même si tout le monde ne peut s'occuper des semences, chacun peut agir à son niveau.
- 2) L'importance de ne pas être contraint par des délais. Pour les communautés mexicaines, la contamination par les OGM fait partie d'une guerre permanente menée contre eux, et leur approche doit être à long terme et capable d'être permanente. Leur décision est de défendre leur maïs, quel que soit le temps que cela prendra. Pour eux, quand des dates limites sont introduites, les gens se retrouvent face à quelque chose qui est au-dessus de leurs moyens, et généralement on ne peut pas faire grand-chose à court terme. Ce qui amène à faire des concessions. C'est ce que les communautés mexicaines refusent de faire.
- 3) L'importance d'envisager un problème à partir de la perspective propre à chacun. Les communautés du Mexique ont passé beaucoup de temps dans les premiers ateliers à débattre de spiritualité et de leurs approches des divinités et de la création. Elles ont discuté des rituels qui pourraient protéger le maïs. Les intervenants extérieurs qui ont été invités à participer ont eu beaucoup de mal à expliquer les aspects techniques du génie génétique parce que le concept apparaissait vraiment absurde. Mais, à la fin, les communautés sont arrivées à une compréhension de base du génie génétique sous forme d'une méthode de prise de contrôle de leurs moyens de subsistance agricoles, et cette compréhension de base a été beaucoup plus importante que l'information technique.
- 4) La nécessité que les communautés maîtrisent le processus. Au Mexique, les communautés ont pu conserver la maîtrise des processus parce qu'il s'agissait de leurs propres processus depuis le tout début. Lorsqu'elles ont pris en main les tests initiaux, elles ont gardé les résultats pour elles-mêmes pendant longtemps parce qu'elles voulaient discuter d'abord entre elles des mesures à prendre. Et le fait que les décisions étaient prises collectivement, par beaucoup de gens, a permis d'éviter que d'importantes erreurs soient commises. Des erreurs seront commises dans tous les cas, mais quand beaucoup de gens participent il y a beaucoup moins de risques d'erreurs fondamentales. Quand la contamination a été découverte par des chercheurs universitaires, les processus suivis ont été totalement différents.
- 5) La nécessité de privilégier les luttes sociales par rapport aux luttes juridiques. Au sein des communautés mexicaines, il y a eu beaucoup de discussions sur les lois sur la biosécurité, les lois sur les semences et les autres lois concernées. Au cours d'un récent atelier consacré aux questions juridiques, un tableau chronologique a été présenté de toutes les différentes lois promulguées par le gouvernement mexicain au cours des 15-20 dernières années. À partir de ce tableau, les communautés sont arrivées à la conclusion très claire que la piste juridique n'était pas importante pour leur lutte. On peut perdre une action juridique, mais si la pression sociale est suffisante, on peut gagner d'autres manières. Pour eux, les options juridiques ne sont efficaces que lorsqu'il y a une pression sociale suffisante exercée sur les autorités. La tactique juridique n'est donc pas rejetée, mais elle n'est pas centrale.

Une invasion d'OGM illégaux dans les fermes thaïlandaises

C'est en Thaïlande, en 1999, qu'une contamination par des OGM a été signalée pour la première fois, après la découverte de la contamination d'échantillons de coton, issus de travaux de recherche sur le terrain menés par BIOTHAI et le Réseau agricole alternatif (AAN), par du coton Bt, une variété de coton génétiquement modifiée produite par Monsanto. En 2004, des tests effectués par Greenpeace ont révélé qu'une plantation d'un agriculteur local, dans la province de Khon Kaen, était contaminée par de la papaye GM. Cet agriculteur figurait parmi les 2 600 qui avaient acheté des plants de papayes auprès d'une station de recherche du Département de l'Agriculture où l'on procédait à des essais en champ sur une papaye GM. Au début, le gouvernement a nié l'existence de cultures OGM en Thaïlande, mais la contamination était si étendue qu'elle avait atteint une autre province, Ubol Ratchatani, où au moins 90 exploitations avaient aussi reçu des plants de papaye. Plus récemment, en 2007, la Faculté des sciences de l'Université de Chulalongkorn et BIOTHAI ont trouvé une contamination par les OGM dans des échantillons testés de maïs, de soja et de coton en provenance de différentes provinces du pays.

Les Thaïlandais pensent qu'une double approche est nécessaire pour résoudre cette situation. D'un côté, il faut mettre la pression sur le gouvernement pour mettre en œuvre des politiques qui préservent le pays d'une contamination par les OGM. Le Groupe de travail thaïlandais contre les OGM, coordonné par BIOTHAI, a organisé de nombreuses activités pour maintenir en vigueur le moratoire national sur les OGM. Il a envoyé des lettres-pétitions, organisé des manifestations devant des bureaux gouvernementaux, et poussé à un dialogue avec des responsables de haut niveau, notamment avec le Vice-premier ministre et les Secrétaires à la Santé et à l'Agriculture. Ces efforts ont eu un impact : le 25 décembre 2007, le gouvernement thaïlandais a annoncé ses réglementations sur les OGM qui comprennent, entre autres, des auditions publiques obligatoires avant les essais en champ, et une recommandation préconisant d'obtenir l'accord des habitants de la zone d'essai ainsi que celui des ONG indépendantes et des milieux universitaires. Du point de vue de BIOTHAI, qui mène actuellement une campagne pour élaborer une « Loi populaire sur la biosécurité », c'est une victoire importante.

D'autre part, les Thaïlandais travaillent actuellement à renforcer les capacités locales pour développer des systèmes visant à détecter la contamination et réagir à ses impacts. La fondation Khao Kwan (KKF), l'une des organisations fondatrices de l'AAN, part de la mobilisation des connaissances des agriculteurs pour identifier les semences contaminées et pour les contrôler ou les éliminer. La KKF organise des formations et des ateliers sur l'amélioration génétique et la sélection des semences, qui répondent indirectement à la contamination.

La KKF pense que les agriculteurs sont capables de remarquer quelque chose d'anormal dans leurs cultures du fait de leurs connaissances approfondies des semences et de leurs compétences pour la sélection. Qu'il s'agisse de la couleur, de la dureté ou de l'odeur, chaque variété a des particularités que les agriculteurs qui travaillent sur les semences connaissent en détail. Toute altération sera ainsi facilement détectée, même avant le début de la floraison de la plante.

« C'est le principe de l'adaptabilité locale », estime Daycha Siripatra, fondateur de la KKF. « Nous avons amené nos semences à reconnaître leur environnement et à utiliser cet environnement pour exprimer leur potentiel. Une semence étrangère, comme un OGM, ne va pas automatiquement prospérer dans notre région et, même si elle pousse, les agriculteurs pourront la remarquer immédiatement, simplement à partir de son aspect extérieur. »

Les agriculteurs philippins ripostent à la contamination

En 2002, les Philippines ont eu l'honneur et le déshonneur d'être le premier pays d'Asie à autoriser la commercialisation des OGM en approuvant la dissémination du maïs Bt de Monsanto alors que des

manifestations d'opposition étaient organisées dans tout le pays. Depuis, une contamination génétique a été signalée dans les zones de culture du maïs de l'ensemble du pays.

Dans la province nord-ouest d'Isabela, une variété locale de maïs glutineux blanc, que les agriculteurs cultivent pour leur alimentation, aurait été contaminée par du maïs GM. Aucun test génétique n'a été effectué, mais les agriculteurs identifient la contamination par les grains jaunes qui apparaissent dans ce maïs normalement blanc. À Bayambang, dans le Pangasinan, les agriculteurs sèment généralement le maïs après le riz. Mais ils se plaignent maintenant d'avoir perdu pratiquement toutes les variétés de maïs traditionnelles dans la province, en raison de la contamination par le maïs hybride et GM. Ils craignent également pour leur santé, après des incidents à l'occasion desquels des enfants ont été emmenés à l'hôpital du fait de vomissements incessants après avoir accidentellement mangé du maïs GM. Il a également été signalé que la vache d'un agriculteur est tombée malade et est finalement morte après avoir été alimentée avec du maïs Bt.

Dans le Bukidnon, dans le sud des Philippines, certaines communautés réagissent à la contamination en séparant les grains jaunes à bas prix des grains blancs à prix plus élevés avant de les vendre sur le marché. Dans le Capiz, une autre importante province productrice de maïs dans les Philippines centrales, des agriculteurs disent que la presque totalité des surfaces agricoles de la province cultivées en maïs est contaminée par le maïs GM et qu'ils ne peuvent plus trouver de variétés traditionnelles pour leurs cultures.

Le MASIPAG est un réseau national d'agriculteurs doté d'un programme sur le maïs qui collecte et améliore les variétés traditionnelles dans l'ensemble du pays. Récemment, la ferme conservatoire du groupe de San Dionisio, dans l'Iloilo (non loin du Capiz), a été contaminée. Il s'agit d'une importante région productrice de maïs hybride et, environ trois ans plus tôt, la culture massive du maïs GM a commencé par le biais d'un dispositif de culture contractuelle géré par les élites locales.

Au moins trois des variétés indigènes utilisées pour la sélection par les agriculteurs dans la ferme conservatoire ont été immédiatement contaminées par le maïs GM. Au moment de la récolte, on a observé qu'il y avait des grains jaunes mélangés avec des épis de maïs de pilit-puti et de mimis, des variétés traditionnelles utilisées par les agriculteurs pour leur alimentation. La zone cultivée en maïs dans la ferme conservatoire n'était distante que de 50 à 100 mètres des exploitations de maïs les plus proches. Des bambous plantés le long d'un ruisseau servent de barrière naturelle, mais comme les champs voisins sont en pente, le réseau MASIPAG pense que du pollen provenant du maïs GM a néanmoins pu être emporté par le vent jusqu'à ces champs.

Les chercheurs de cette ferme ont indiqué qu'au cours de la première année qui a suivi l'introduction du maïs GM, ils avaient trouvé de 7 à 12 grains jaunes dans chaque épi de maïs. L'année suivante, aucun maïs n'a été semé. Cette année une petite partie de la ferme, adjacente à une autre exploitation cultivée en maïs GM, a été à nouveau semée en maïs blanc. Sur les 50 grains dénombrés dans un épi moyen, seulement 18 étaient blancs et les 32 autres étaient jaunes. Le MASIPAG a essayé d'expliquer la situation aux agriculteurs voisins, mais ceux-ci sont confrontés à des problèmes d'endettement liés au système de culture contractuelle et ils ne peuvent cesser de cultiver du maïs GM.

En 2008, le MASIPAG a organisé une réunion nationale d'évaluation sur le maïs qui a réuni des agriculteurs de tout le pays. Ils ont convenu qu'il semblait impossible de stopper la contamination et que, même si de nombreux aspects n'étaient pas encore connus, il était crucial de gérer la situation après contamination. Ils croient qu'une série d'approches est nécessaire pour préserver leurs semences. Une des propositions consiste à élaborer des indicateurs visuels pour détecter la contamination. Les indicateurs identifiés au départ sont notamment les anomalies de couleur, de taille et d'aspect des épis de maïs et les difformités dans la formation des feuilles.

Une autre idée est de d'assurer un suivi collectif au niveau des communautés. Chaque agriculteur pourrait aider à déterminer qui sème du maïs GM et où. La carte serait communiquée à la communauté et permettrait aux agriculteurs de programmer leur plantation de façon à éviter la contamination. Les agriculteurs pensent qu'une isolation temporaire peut potentiellement réduire, sinon totalement éviter, une contamination par pollinisation croisée. Ils considèrent aussi que des liens plus forts entre les producteurs de maïs (et un partage des sources de semences non contaminées) de différentes provinces aideront grandement à réduire les impacts de la contamination.

Au niveau gouvernemental, toutefois, l'offensive en faveur des OGM se poursuit. Lors de la « Semaine nationale des biotechnologies 2008 », qui s'est tenue récemment, deux ministres ont souligné la nécessité d'exploiter les biotechnologies « pour donner une impulsion à la production alimentaire du pays, développer des médicaments meilleur marché mais efficaces, et moderniser la production des produits de base en utilisant des cultures à rendement plus élevé et offrant un meilleur contenu nutritionnel ». Le Secrétaire à l'Environnement, Lito Atienza, a été jusqu'à exprimer sa confiance dans les « avantages incommensurables » de l'utilisation des biotechnologies pour protéger l'environnement et résoudre les problèmes d'insuffisance alimentaire.

Pourtant, une semaine auparavant seulement, RESIST (un réseau national d'agriculteurs, d'ONG et d'universitaires) a tenu un forum pour présenter et discuter les premiers résultats de ses études de cas sur l'expérience des agriculteurs vis-à-vis des maïs Bt et Round-up Ready, dans trois provinces des principales régions agricoles du pays. Les résultats initiaux font apparaître une tendance préoccupante : le rendement et les revenus pour ces deux variétés de maïs ne se sont pas améliorés significativement (dans la plupart des cas ils étaient les mêmes qu'avec les hybrides ordinaires), mais en même temps on a observé une augmentation récurrente de l'incidence des ravageurs, de l'utilisation des produits chimiques et de l'endettement. On a également rapporté une perte de diversité génétique due à la contamination, du fait d'une plantation inconsidérée de ces maïs GM, parfois avec des subventions du programme gouvernemental pour le maïs.

Contamination des prairies canadiennes [3]

La province du Saskatchewan, dans l'Ouest du Canada, est l'une des plus principales régions du pays pour la production de blé et de canola (variété de colza), qui sont les plus importantes cultures d'exportation du Canada. Comparée aux autres provinces, elle accueille aussi un grand nombre d'agriculteurs biologiques, dont beaucoup produisent des céréales et de la canola pour les marchés d'exportation. Mais l'introduction à grande échelle des cultures GM menace leur capacité même à cultiver des produits certifiés biologiques.

Peu après l'introduction de la canola GM par Monsanto dans la province en 1996, des agriculteurs biologiques ont commencé à voir leurs produits rejetés par des acheteurs de produits biologiques parce que des tests montraient une contamination par des OGM. Aujourd'hui, avec un approvisionnement en semences conventionnelles lui-même complètement contaminé par les OGM, il est quasiment impossible de cultiver de la canola certifiée biologique dans la province. Ceci a représenté une lourde perte pour les agriculteurs biologiques, pour lesquels la canola représente une culture importante dans la rotation des cultures. Toutefois l'importance de la canola est négligeable en comparaison de celle du blé, qui est cultivé par presque tous les agriculteurs biologiques de la province. Aussi, quand en 2001 Monsanto est venu déposer une demande d'introduction d'un blé GM, les agriculteurs biologiques du Saskatchewan ont décidé de s'y opposer. Ils ont prévenu que la contamination qui résulterait certainement de la dissémination du blé GM allait faire disparaître l'agriculture biologique dans la province.

Au Canada, il n'existe aucune réglementation qui oblige les entreprises qui profitent des semences GM à rendre compte des dommages causés à autrui par leur introduction. La seule voie possible est de demander des dommages et intérêts devant les tribunaux. En 2001, le SOD (Saskatchewan Organic Directorate), le groupe de coordination des agriculteurs biologiques du Saskatchewan, a décidé d'engager

une action en référé contre l'introduction du blé GM et pour obtenir indemnisation pour les pertes occasionnées par l'introduction de la canola GM. Début 2002, le SOD a officiellement lancé un recours collectif en justice (class action) contre Monsanto et Bayer. Une « class action » est une action juridique engagée par un groupe de gens, dans le cas présent tous les producteurs de céréales biologiques certifiés au Saskatchewan, contre une entité comme une entreprise. Cette action est censée faciliter l'accès à la justice pour les gens ordinaires, pour leur offrir le moyen d'être entendus par un tribunal même s'ils ne disposent pas des moyens d'une grande entreprise. Elle permet aux gens de mutualiser leurs moyens mais aussi de réduire les risques parce que, si on perd un recours collectif, on ne peut pas être condamné aux dépens, ce qui veut dire que l'on n'a pas à payer les frais de justice de la partie adverse, qui peuvent s'élever à plusieurs millions de dollars.

Pendant que sa plainte était examinée par les tribunaux, le SOD agissait également avec une large coalition de groupes aux niveaux local et national pour lutter contre l'introduction du blé GM. Ensemble, ils ont pu exercer une pression importante du public, au point que, en mai 2004, Monsanto a retiré sa demande. Le SOD a renoncé à ce moment-là à l'action en référé de son recours collectif contre le blé GM mais il a continué à demander une indemnisation pour la contamination provoquée par la canola GM.

Au Saskatchewan, un recours collectif en justice doit d'abord passer une audition pour déterminer sa légitimité, avant de pouvoir aller devant les tribunaux. Dans le cas du SOD, le juge a décidé à l'audition que le recours collectif n'était pas valable. Le SOD a ensuite fait appel de ce jugement, à la fois au niveau provincial et devant la Cour suprême du Canada, mais les deux appels ont été rejetés. La seule option juridique restante était de porter plainte par le biais d'une action individuelle, mais il a semblé que les risques étaient trop élevés et que les chances de victoire étaient trop faibles, étant donné ce qui s'était passé avec le recours collectif.

« Nous n'avons pas l'impression d'avoir complètement perdu » estime la directrice du SOD, Cathy Holtslander. « Nous avons fait beaucoup de bon travail pendant la période où l'action juridique était en cours. L'incertitude que notre affaire a créée dans le secteur industriel a peut-être amené des sociétés d'OGM à ne pas présenter de nouvelles demandes d'introduction. Les gens ont beaucoup appris sur la question de la contamination et sur la question de la responsabilité. Dans la situation actuelle, personne n'est responsable et ce sont les maillons les plus faibles de la chaîne – les agriculteurs – qui supportent les coûts. »

Actuellement, les industriels font campagne pour l'introduction d'une luzerne GM, une autre culture essentielle pour l'agriculture biologique au Saskatchewan, et le blé GM est revenu sur la scène avec l'essor des biocarburants. Le SOD et ses alliés se préparent à un autre round de la lutte.

1 – Voir l'interview vidéo réalisé par GRAIN avec Meriem Louanchi en novembre 2008 sur la situation concernant la contamination par les OGM en Algérie, grain.org/videos/?id=195

2 - GM Contamination Register Annual Report, 2008, <http://tinyurl.com/79osjp>

3 – La partie sur le Canada est basée sur une interview réalisée par GRAIN avec Cathy Holtslander en novembre 2008. Cet interview vidéo peut être visionnée sur le site web de GRAIN, grain.org/videos/?id=195

Source: <http://www.grain.org/seedling/?id=587>

L'affaire Schmeiser Vs. Monsanto

Le 26 Mars 2008

Percy Schmeiser est un agriculteur canadien vivant à Bruno, dans la province du Saskatchewan, qui cultive une exploitation familiale de 600 hectares depuis cinquante ans. En marge de ses activités de fermier, M. Schmeiser est aussi un homme d'action et de convictions : il a été maire de sa commune pendant un quart de siècle, puis député à l'assemblée provinciale de 1967 à 1971, et il a multiplié les voyages humanitaires en Afrique et en Asie avec sa femme. Cependant son histoire a basculé en 1997, et du jour au lendemain il est devenu le « david » du monde rural devant affronter le « goliath » des OGM, ou pour reprendre les termes du journaliste du Monde Hervé Kempf [1] : « la bête noire de Monsanto, le caillou dans sa chaussure. »

En 1997, M. Schmeiser découvre aux abords de ses champs des plants de colza qui résistent à l'herbicide Roundup, surpris de sa découverte il prévient la coopérative locale qui lui indique qu'il s'agit vraisemblablement de Colza Roundup Ready commercialisé par Monsanto. La saison suivante en 1998, le cultivateur replante une partie de sa récolte antérieure selon la pratique traditionnelle des sélectionneurs répandue dans le monde entier. Au mois d'août, alors qu'il s'appête à moissonner, il est contacté par un représentant de Monsanto Canada, qui l'informe que des inspecteurs ont détecté du colza transgénique dans ses champs et lui propose un arrangement à l'amiable, sous peine de porter l'affaire en justice. Surpris de ces menaces, M. Schmeiser fait analyser sa récolte, et découvre qu'effectivement une partie des ses champs a été contaminée à son insu par du Colza RR de Monsanto. La contamination s'étend sur 320 des 600 hectares de son exploitation dans des proportions de 0% à 68% selon la parcelle. Constatant que la présence du colza transgénique est surtout effective aux abords de ses champs, il en conclut que ceux-ci ont dû être contaminés par les cultures de ses voisins convertis aux OGM ou par des camions de grains qui sont passés sur la route.

La tension monte en Août 1998 entre l'exploitant agricole et le semencier Monsanto qui accuse M. Schmeiser d'avoir cultivé illégalement du colza transgénique résistant à l'herbicide Roundup (Roundup Ready Canola, RRC) sans payer la redevance de \$37 dollars par hectare. Monsanto propose de régler cette histoire à l'amiable en lui proposant de payer les « droits de propriété intellectuelle » sur ses cultures, soit un montant de 15.000\$, sans quoi il s'exposerait à des poursuites judiciaires qui lui seraient beaucoup plus coûteuses. Contrairement à de nombreux agriculteurs nord-américains accusés de façon similaire mais qui ont conclu des arrangements hors tribunaux avec Monsanto, M. Schmeiser a répliqué et décidé de s'expliquer devant la justice canadienne. Il se plaint notamment des pratiques intimidantes de la firme qui envoie des enquêteurs privés afin de pénétrer sur ses terres sans autorisation et y faire des prélèvements d'échantillons. De plus la multinationale décide de maintenir la pression sur Schmeiser pour qu'il accepte de transiger. « 1999 a vraiment été l'année terrible, raconte Percy à Hervé Kempf. On était souvent surveillés par des hommes dans une voiture, qui ne disaient rien, ne faisaient rien, ils étaient là, à regarder. Une fois, ils sont restés trois jours d'affilée. Quand on allait vers eux, ils partaient en trombe. On recevait aussi des coups de fil anonymes, des gens qui disaient : "On va vous avoir." On avait si peur que j'ai acheté une carabine, que je gardais dans le tracteur quand je travaillais au champ [2]. »

Le procès qui s'est déroulé du 5 au 20 juin 2000 au Tribunal fédéral du Canada a eu une audience internationale car Schmeiser est devenu l'« homme qui s'est rebellé contre

Monsanto » et le représentant de tous les paysans victimes des pratiques intimidantes de la firme. Au procès Monsanto réplique et brandit devant la cour les analyses des échantillons qu'elle prétend avoir prélevés (à son insu, donc illégalement) sur la ferme de Percy Schmeiser, et qui révèlent un taux de « contamination » de plus de 90% [3] de colza transgénique. Monsanto n'a pas mandaté d'analyses indépendantes, toutes ses analyses ont été réalisées par des experts mandatés par la compagnie. Dans sa défense, M. Schmeiser a démontré que ses propres analyses faisaient état de 0% à 68% de colza transgénique dans ses champs. Ces analyses ont été confirmées par des analyses indépendantes faites par des chercheurs de l'université du Manitoba à Winnipeg. La défense de M. Schmeiser apportait aussi la preuve qu'il n'avait jamais acquis délibérément des produits de Monsanto, séparé les semences contaminées pour un usage futur ou traité son colza avec du Roundup. Cependant le juge n'a pas voulu tenir compte de l'argument de la défense selon lequel l'intérêt d'utiliser l'« essence » des OGM de Monsanto est de pouvoir appliquer du Roundup sur les cultures, ce que Percy Schmeiser n'a pas fait, ainsi que le révèlent ses factures d'herbicides... Le juge Andrew McKay rend sa décision, le 29 mars 2001, provoquant la stupéfaction chez tous ceux qui soutiennent l'agriculteur de Bruno. En effet, le magistrat estime qu'en emblavant ses champs avec des graines récoltées en 1997 « qu'il savait ou aurait dû savoir résistantes au Roundup », Percy Schmeiser a enfreint le brevet de Monsanto. Il précise que la « source du colza résistant au Roundup ne change rien au fond de l'affaire » et qu'« un fermier dont le champ contient des semences ou des plantes provenant de semences versées dedans, ou apportées par le vent du champ d'un voisin ou même germant par du pollen apporté par des insectes, des oiseaux ou par le vent, peut posséder ces semences ou plantes même s'il n'avait pas l'intention de les planter. Il ne possède pas, cependant, le droit d'utiliser le gène breveté, ou la semence ou la plante contenant ce gène ou cette cellule brevetée », car cela « revient à s'emparer de l'essence de l'invention des plaignants en l'utilisant sans sa permission [4] ».

Le juge déclare M. Schmeiser coupable d'avoir violé le brevet de Monsanto et le condamne à verser des dommages et intérêts qui s'élèvent à 15 450 dollars canadiens, soit 15 dollars par acre récoltée en 1998, alors que seule une partie de la récolte était contaminée... S'y ajoutent les frais de justice engagés par Monsanto soit \$250 000 de frais d'avocat. De son côté M. Schmeiser dit avoir dépensé \$160 000 en honoraires d'avocat et encore l'équivalent de \$40 000 pour voyager et payer une personne pour le travail qu'il ne pouvait pas faire lui-même lorsqu'il était loin de sa ferme. M. Schmeiser a déclaré avoir reçu des dons totalisant \$12 000 pour l'aider à payer ses frais. Ces sommes importantes expliquent pourquoi de nombreux agriculteurs préfèrent plier face à Monsanto et payer les « droits de propriété intellectuelle » même s'ils n'ont pas volontairement cultivé des OGM.

Percy Schmeiser fait appel contre le verdict. Le recours porte sur le droit de l'agriculteur de garder et de réutiliser ses propres semences, il revient sur le fait que Monsanto a retiré son affirmation que M. Schmeiser a illégalement obtenu des semences de colza. Mais le 4 septembre 2002, la décision du juge McKay est confirmée. Cependant le fermier ne cède pas car pour lui « ce n'est plus l'affaire Schmeiser, affirme-t-il, c'est l'affaire de tous les paysans à travers le monde. [5] » Il se tourne donc vers la Cour Suprême du Canada, qui, le 21 mai 2004, rend un jugement très attendu par tous ceux qu'inquiète la progression des OGM : par cinq voix contre quatre, les juges confirment les deux décisions antérieures mais, curieusement, exemptent le fermier de payer des dommages et intérêts ainsi que les frais de justice engagés par le groupe américain.

Cette ultime décision de justice est dramatique sur le fond, puisqu'elle affirme que les paysans sont responsables de la contamination transgénique de leurs champs. Cependant le jugement, qui fut très serré, prouve aussi que les magistrats sont gênés aux entournures : « Ils donnent d'une main ce qu'ils enlèvent de l'autre [6] », note Richard Gold, un spécialiste de la propriété intellectuelle de l'université McGill de Montréal. Mais pour Monsanto c'est une victoire : « La décision conforte notre manière de faire des affaires [7] », commente Trish Jordan, sa représentante au Canada...

Cependant Schmeiser n'est pas homme à baisser les bras et en 2006, lors d'une nouvelle contamination de ses champs, Schmeiser a décidé d'adopter une autre stratégie juridique : il a demandé à Monsanto de retirer les plants de colza GM de son champ. Monsanto a accepté à condition que Percy Schmeiser signe un accord de confidentialité et de renoncement à toutes poursuites futures dans des cas similaires de dissémination d'OGM dans ses cultures. Ce dernier a refusé et traîné de nouveau Monsanto devant les tribunaux pour réparation de la contamination. Finalement, l'agriculteur a gagné gain de cause le 19 Mars 2008 en signant un accord avec Monsanto afin de se faire rembourser le coût de la décontamination de son champs, soit 660\$ canadiens. De plus Schmeiser a obtenu la rupture de la clause de confidentialité (« gag-order ») et la possibilité de poursuivre de nouveau Monsanto en cas de récurrence de pollution génétique. Cette décision devrait aider à briser la loi du silence entourant les cas de dissémination incontrôlée des plantes OGM et permettre aux agriculteurs de se faire rembourser les dégâts en cas de contamination de leurs cultures.

Depuis 2004, Percy Schmeiser a reçu plusieurs prix, dont celui du Mahatma Gandhi en Inde et le Right Livelihood Award au parlement suédois en décembre 2007, récompense aussi connue comme le prix Nobel alternatif.

[1] Hervé KEMPF, « Percy Schmeiser, un rebelle contre les OGM », Le Monde, 17 octobre 2002.

[2] Hervé KEMPF, « Percy Schmeiser, un rebelle contre les OGM », loc. cit.

[3] Hervé KEMPF, « Percy Schmeiser, un rebelle contre les OGM », loc. cit.

[4] « Monsanto Canada Inc. v. Percy Schmeiser », 29 mars 2001, p. 51-55 (Star Phenix, 30 mars 2001).

[5] « Monsanto Canada Inc. v. Percy Schmeiser », 29 mars 2001, p. 51-55 (Star Phenix, 30 mars 2001).

[6] The Sacramento Bee, 22 mai 2004

[7] The Sacramento Bee, 22 mai 2004

Article III : RAPPEL Critère de déclenchement de la garantie Responsabilité civile /modification en lien avec l'article 80 de la Loi du 1^{er} août 2003 relatif à l'assurance de la responsabilité civile

La garantie de Responsabilité Civile Professionnelle est déclenchée par la Réclamation d'une victime ou d'un ayant droit.

La fiche d'information référencée OC1110 jointe en annexe, décrit le fonctionnement dans le temps des garanties de Responsabilité civile, ainsi que les conséquences de la succession de contrats ayant des modes de déclenchement différents.

Fait en deux exemplaires, à Toulouse, le 03/11/2010
dont un exemplaire doit être retourné signé, avant le 14/11/2010 à l'aide de l'enveloppe pré affranchie jointe.

Pour la Caisse Régionale et par délégation
de la Caisse Locale, le Directeur

Date et Signature du souscripteur



EXEMPLAIRE A CONSERVER

RC



*316770852006001CP *

L'extrême réserve du Crédit agricole

Pour Michel Clavé, directeur de l'agriculture et de l'agroalimentaire au groupe Crédit agricole, les risques liés aux OGM ne sont ni connus ni quantifiables à ce jour. S'exprimant le 22 novembre lors d'un colloque au siège de la Société des agriculteurs de France (SAF), le représentant de la banque verte a regretté l'absence d'un fonds d'indemnisation en France et le manque de volonté politique à mener davantage de tests et d'expérimentations. Hervé Morize, le président de la SAF, estime pour sa part que les OGM sont une piste de croissance pour l'agriculture.

« *J*e suis effaré ». A l'image de la réaction d'Alain Toppan, directeur de recherche en génétique végétale, la position du Crédit agricole sur le dossier OGM n'a pas laissé indifférents les participants au colloque OGM organisé par la Société des agriculteurs de France et la Société française de droit rural (AFDR). De fait, Michel Clavé, le directeur de l'agriculture et de l'agroalimentaire au groupe Crédit agricole, n'a pas pratiqué la langue de bois face à un auditoire en partie acquis aux biotechnologies agricoles.

Climat d'incertitudes

« *Les risques (liés aux OGM, ndr) ne sont pas connus et pas quantifiables à ce jour* », a lancé le représentant de la banque verte en commençant son propos. Dès lors que les sociétés de réassurance excluent les OGM de leur champ d'activité, « *le système se bloque* », suscitant dans son sillage la frilosité de la fédération française des sociétés d'assurance, a-t-il poursuivi. Par effet de ricochet, le Crédit agricole n'entend donc manifester aucune velléité d'action particulière en matière d'OGM, aucune visibilité sur les éventuels sinistres liés aux cultures OGM n'étant par ailleurs disponible à l'heure actuelle. Sur cette question assurantielle, le fonds d'indemnisation

Directive 2001/18 : transposée ou pas transposée ?

Sous la menace d'une amende européenne, la France s'est décidée à transposer en mars 2007 la directive européenne 2001/18 sur la dissémination volontaire des OGM dans l'environnement. Pressé par le temps, le gouvernement a recouru à l'époque à des décrets pour transcrire le texte européen dans le droit français. Or, a entendu les

juristes présents lors des Rencontres du droit rural, le 22 novembre, il n'est pas certain que le recours à cette procédure réglementaire (et non législative) ait permis une transposition fidèle de la directive. La représentante du ministère de l'Agriculture - Anne Grevet (DGAL) - eut beau insister pour expliquer que « *la directive 2001/18 est bien transposée* », le professeur

Jean-Christophe Galloux (Faculté de droit Pantheon-Assas) et l'avocat Bernard Peignol (secrétaire général de l'AFDR) sont restés sceptiques. « *Les décrets de 2007 ne peuvent être assimilés à une transposition. Quelques dispositions ont été transposées, mais le reste du texte (de la directive, ndr) reste largement en jachère* », a déclaré le Pr Galloux.

prévu dans le projet de loi sur les OGM adopté en première lecture au Sénat en mars 2006 « *était une bonne idée* », note Michel Clavé, car il aurait pu permettre d'observer les remontées du terrain. L'abandon du projet de loi a scellé - pour l'instant - son sort. En l'absence de nouvelle initiative, le monde bancaire n'entend pas quitter sa position d'observateur. « *Quand il n'y a pas de filet de réassurance, ça rend frileux* », ajoute Michel Clavé qui note également « *un manque de volonté de faire des tests et des expérimentations* » en matière OGM. Et de conclure : « *Le Crédit agricole ne garantit jamais les dommages OGM* ».

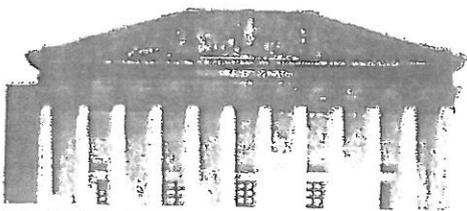
« L'agriculture doit être lisible »

Le climat d'incertitude évoqué n'est qu'un des éléments d'un flou plus global, note le représentant de la banque verte, évoquant la situation économique actuelle (prix volatils notamment), la virulence des débats scientifiques, les prises de position de la société civile. En outre, les propos de Nicolas Sarkozy sur la responsabilité environnementale des entreprises, en clôture du Grenelle de l'environnement, ont été écoutés d'une oreille attentive par les acteurs financiers. Pour le représentant du Crédit agricole, la question de la responsabilité en matière de risques OGM est devenue une « patate chaude » dont chacun essaye de se débarrasser, alors qu'il faudrait, selon lui, que les différents maillons de la filière se partagent sa prise en charge. Surtout, il est primordial que le monde agricole réalise que les rapports de force ont changé, insiste Michel Clavé : « Les agriculteurs représentent 2 % de la population, face à quelques dizaines de millions de consommateurs ». « Plus que jamais, le monde agricole doit offrir une lisibilité vis-à-vis de l'extérieur (...), se fixer des objectifs de progrès en matière environnementale ou d'énergie ». À défaut de quoi, il sera de plus en plus « le maillon faible de ces filières », conclut-il.

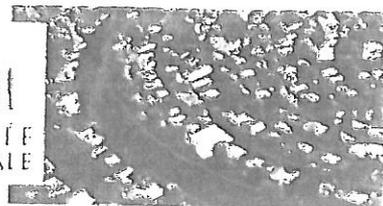
Un « plan d'occupation des champs » ?

Lors des débats, Hervé Morize, le président de la SAF, n'a pas caché pour sa part sa foi dans les OGM. « Les OGM sont une des pistes de croissance dans le domaine végétal, notamment face à la fameuse réduction de 50 % des pesticides », estime-t-il, invitant à « passer de la défiance à la confiance » en matière d'OGM. « Tout ce qui est nouveau fait peur », ajoute Hervé Morize. Au chapitre des propositions intervenues lors des débats, on notera celle de Bernard Peignot, avocat et secrétaire général de l'Association française de droit rural, en faveur de la création d'un « plan d'occupation des champs » ou « POC », susceptible de permettre d'anticiper des « difficultés de voisinage ». Frédérique Angevin, chargée de mission à l'Inra, suggère pour sa part d'être « flexible », selon les régions agricoles, dans la mise en œuvre des règles de coexistence des cultures OGM et non-OGM. Actuellement, remarque-t-elle, la distance d'éloignement entre cultures OGM et non-OGM varie de 25 mètres à 800 mètres, selon les États européens, et peut même dans certains cas aller jusqu'à 5000 mètres en présence de ruches. Pour la représentante de l'Inra, les conditions environnementales sont tellement variables d'une région à une autre (vent, agronomie ...) qu'il serait préférable d'adapter les distances d'éloignement des cultures, en privilégiant un cadre

flexible plutôt que rigide. Charles Pemin, le représentant d'une association de consommateurs (CLCV) suscita pour sa part quelques remous en se déclarant favorable à la présence d'un logo sur les produits comprenant des OGM, en exigeant un étiquetage des produits issus d'animaux ayant consommé des OGM, et en proposant de fournir à une autorité indépendante les moyens financiers de mener d'éventuelles contre-expertises sur les dossiers OGM présentés par les firmes agro-chimiques. Côté agricole, Pascal Metge, agriculteur en Haute-Garonne, expliqua pour sa part les bénéfices qu'il tire de la culture de maïs transgénique depuis 5 ans sur son exploitation. « Pour moi, la technologie Bt est une assurance », explique-t-il, évoquant les gains de rendement engendrés (+15 quintaux/ha) et la baisse de sa facture d'intrants. (01B)



ASSEMBLÉE
NATIONALE



13^{ème} législature

Question N° :
126686

de Mme Poursinoff Anny (Députés n'appartenant à aucun groupe -
Yvelines)

Question
écrite

Ministère interrogé > Agriculture, alimentation, pêche,
ruralité et aménagement du territoire

Ministère attributaire > Agriculture, alimentation, pêche,
ruralité et aménagement du territoire

Rubrique > environnement

Tête d'analyse > agriculture

Analyse > OGM. dissémination

Question publiée au JO le : 24/01/2012 page : 764

Texte de la question

Mme Anny Poursinoff alerte M. le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire sur le risque de contamination des OGM. En parallèle des conséquences pour la biodiversité et sur la santé publique, ce risque constitue également un danger pour les activités des agriculteurs. É cet égard, la production non OGM contaminée à l'insu du plein gré des paysans peut elle aussi générer des dommages économiques, sanitaires ou environnementaux. Les compagnies d'assurances reconnaissent elles-mêmes le risque de contamination de cultures traditionnelles par les OGM puisqu'elles refusent de s'engager et demandent aux paysans de signer un avenant excluant ce risque de leur assurance responsabilité civile. Cette attitude témoigne de l'impossibilité d'assurer le risque OGM : c'est donc une reconnaissance supplémentaire de leur dangerosité. C'est pourquoi, tout en réitérant la nécessité d'interdire toute utilisation d'OGM en plein champ, elle souhaite attirer son attention sur l'importance de réaffirmer le droit des agriculteurs d'être assurés contre la contamination par des OGM.

Les assureurs ne veulent pas prendre en charge le risque lié aux OGM

Les Echos n° 20146 du 07 Avril 2008 • page 19

Après des heures de débat sur la coexistence des cultures traditionnelles et OGM, les questions de responsabilité et de dédommagement devraient à nouveau semer la zizanie à l'Assemblée. Le texte adopté par le Sénat prévoit que tout exploitant mettant en culture un OGM est responsable de plein droit du préjudice économique provoqué chez son voisin en cas de contamination. Il doit donc disposer d'une garantie financière couvrant sa responsabilité.

Problème : la Fédération française des sociétés d'assurances (FFSA) a envoyé un courrier officiel au gouvernement expliquant que ses adhérents ne pourront pas supporter un tel risque économique. « *Quand nous élaborons un produit d'assurance, nous établissons d'abord la fréquence du risque et l'ampleur des conséquences financières. Nous construisons un modèle économique, les tarifs sont fixés en conséquence de même que les modalités de prise en charge du dossier auprès des clients. Nous ne disposons pas aujourd'hui du modèle économique qui puisse nous permettre de prendre en charge un tel risque dans le bilan de nos entreprises* », affirme Stéphane Gin, président du comité agriculture à la FFSA.

Les assureurs estiment ne pas avoir de recul statistique suffisant pour évaluer le risque de dissémination. A leurs yeux, trop de questions restent en suspens. Et les mécanismes d'échange de graines par le biais des coopératives, prévus par le gouvernement, leur semblent insuffisants. A quel moment déclare-t-on le sinistre ? Après analyse dans les champs ou au niveau de la coopérative, ce qui permet de diluer les concentrations de pollution ? Le projet de loi ne répond pas.

Projet de création d'un fonds

« *L'avis du comité de préfiguration de la haute autorité a évoqué des contaminations fort éloignées pour justifier l'interdiction du Monsanto 810. Comment allons-nous faire si trois agriculteurs OGM cultivent sur une même zone pour savoir lequel est responsable en cas de contamination ?* », ajoute un professionnel.

Excédés par la réticence des assureurs, et craignant d'être placés dans la situation de ne pouvoir semer en l'absence de tout mécanisme d'assurance, les agriculteurs se préparent déjà à créer un fonds. Celui-ci serait alimenté par ceux qui sèment des OGM, mais aussi par les fabricants et les distributeurs de semences.

« *Les assureurs ne veulent pas prendre en charge le risque OGM. Ils attendent également la transposition de la directive européenne sur la responsabilité environnementale sur laquelle le gouvernement français est en retard* », explique Pascal Ferey, vice-président et responsable de la commission environnement de la FNSEA.

JULIE CHAUVEAU

source : <http://archives.lesechos.fr/archives/2008/LesEchos/20146-83-ECH.htm>

L'avis des assureurs - Muets face à la prise en charge du risque lié aux Ogm

D'après le projet de loi adopté au Sénat, les producteurs d'Ogm seront responsables des risques de dissémination accidentelle. Se pose donc la question de l'assurance de ce risque et elle embarrasse les assureurs.

Explications.

Il n'existe pour l'instant pas d'assurance pour couvrir le risque de dissémination accidentelle de culture génétiquement modifiée. Même s'ils disent suivre le sujet de près, les assureurs sont peu loquaces sur le sujet. Pourtant, les producteurs devront bien trouver un moyen de s'assurer s'ils veulent cultiver des Ogm. Le projet de loi adopté au Sénat stipule que les producteurs autorisés à cultiver et à mettre sur le marché un Ogm sont responsables du préjudice économique qui résulterait de la présence accidentelle d'Ogm dans la production d'un autre agriculteur, y compris un apiculteur.

Les 5 compagnies d'assurance contactées et la Ffsa (Fédération française des sociétés d'assurances) n'ont pas souhaité répondre à l'enquête que la rédaction de Terre-net leur a adressée (cf encadré ci-contre). Motif avancé par Prédica, la filiale assurances du Crédit agricole : la complexité des questions posées. Une enquête qui interviendrait trop prématurément dit-on chez Prédica... « Nous suivons ce dossier de très près et avec une réelle volonté de trouver des solutions, que ces solutions passent par l'assurance ou non » a toutefois répondu Agnès Miclos, attachée de presse pour Agf.

Un tel risque économique

Un article du quotidien "Les Echos" daté du 7 avril explique que la Ffsa « a envoyé un courrier officiel au gouvernement expliquant que ses adhérents ne pourront pas supporter un tel risque économique ». Stéphane Gin, président du comité agriculture de la Ffsa, y explique: « Quand nous élaborons un produit d'assurance, nous établissons d'abord la fréquence du risque et l'ampleur des conséquences financières. [...] Nous ne disposons pas aujourd'hui du modèle économique qui puisse nous permettre de prendre en charge un tel risque dans le bilan de nos entreprises. » La Ffsa nous l'a confirmé : « En l'état actuel des choses, ça sera difficile de nous engager ». La fédération attend que la loi soit votée pour organiser des groupes de travail sur le sujet. Elle souligne la nécessité d'avoir un cadre juridique et de pouvoir prévoir le risque pour pourvoir l'assurer.

Bénédicte Normand - Terre-net

L'enquête soumise par la rédaction aux compagnies d'assurances et à la Ffsa:

- Envisagez-vous d'assurer les agriculteurs contre les risques des cultures Ogm ? Oui ou non ? Pourquoi ?
- Si oui, dans quel délai et quelles en seraient les conditions et le coût ?
- Quels problèmes le fait d'assurer les risques liés aux Ogm pose-t-il aux compagnies d'assurance ?
- Si vous choisissez de ne pas couvrir le risque OGM, cela signifie-t-il que vous estimez que l'agriculteur prend des risques inconsidérés en ayant recours à des biotechnologies qui manquent encore de recul, le risque est-il à ce point déraisonnable ?
- Le projet de loi sur les Ogm demande aux agriculteurs de s'assurer contre le risque de dissémination des cultures génétiquement modifiées. Quelle est, selon vous, la place des assurances dans ce dispositif ?
- Si les Ogm sont à nouveau autorisés, quelle solution serait envisageable si aucune compagnie d'assurance n'accepte d'assurer ce risque ?

DuDay
ExpressSun

PRINCIPALES

relatives aux bonnes pratiques

SELARL Cabinet TUMERELLE

Avocats au barreau de VALENCE

18 rue de la Vendarmérie

26200 MONTEILIMAR

Tél. : 04.75.01.00.65

Fax : 04.75.51.98.89

E-mail : cabinet.tumerelle@wanadoo.fr

Qu'est-ce que la solution ExpressSun™ ?

ExpressSun™ est une solution inédite de lutte contre les mauvaises herbes en post-levée de la culture. ExpressSun™ associe les hybrides de tournesols oléiques et linoliques ExpressSun™ de Pioneer avec l'herbicide anti-dicotylédones à large spectre Express® SX®. Il s'agit d'hybrides de tournesols sur lesquels un travail de sélection classique a permis d'obtenir un niveau de tolérance suffisant pour supporter un traitement des mauvaises herbes à base d'Express® SX®.

Comment utiliser ExpressSun™ ?

Comment utiliser ExpressSun™ :

ExpressSun™ est une solution inédite de lutte contre les mauvaises herbes en post-levée de la culture. ExpressSun™ adapté à la

- à l'automne
 - au printemps
 - en été
- Bourses de conseil
• Bourses de conseil
de tournesols

Suivre les recommandations
la gestion des risques

Comment gérer les besoins ExpressSun™

Respecter les recommandations

production sy...

Cette variété permet de mettre en place le système de production CLEARFIELD®.
Cette variété est qualifiée par BASF comme tolérante à l'herbicide PULSAR 40®. Le caractère
de tolérance à PULSAR 40® des variétés est issu des méthodes de sélection classiques.

PULSAR®, l'herbicide de la technologie CLEARFIELD® -
suivre les recommandations et préconisations techniques indiquées dans le plan
d'accompagnement développé par BASF, disponible sur l'étiquette de PULSAR 40®.

Le SYMBOLE UNIQUE CLEARFIELD® est une marque déposée par BASF® 2009 BASF SE. Tous droits réservés.
PULSAR 40®. Marque déposée BASF.



EURALLIS

JORF n°0063 du 15 mars 2014 page 5340
texte n° 29

ARRETE

Arrêté du 14 mars 2014 interdisant la commercialisation, l'utilisation et la culture des variétés de semences de maïs génétiquement modifié (Zea mays L. lignée MON 810)

NOR: AGRG1405497A

CABINET MERCELLE LUMERELLE
SLLAKI Cabinet d'Avocats
Avocats au barreau de VALENCE
8 rue de la Gendarmerie
26200 MONTELEIMAR
Tél : 04.75.51.98.89
Fax : 04.75.51.98.89
E-mail : cabinet.lumerelle@wanadoo.fr
E-mail : cabinet.lumerelle@wanadoo.fr

Le ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt,
Vu la charte de l'environnement, notamment ses articles 1er et 5 ;
Vu le traité sur le fonctionnement de l'Union européenne, notamment son article 191 ;
Vu le règlement (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires ;
Vu le règlement (CE) n° 1829/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 concernant les denrées alimentaires et les aliments pour animaux génétiquement modifiés ;
Vu la directive 2002/53/CE du Conseil du 13 juin 2002 concernant le catalogue commun des variétés des espèces de plantes agricoles ;
Vu la décision de la Commission des Communautés européennes n° 98/294/CE du 22 avril 1998 concernant la mise sur le marché de maïs génétiquement modifié (Zea mays L. lignée MON 810), conformément à la directive 90/220/CEE du Conseil ;
Vu le code de l'environnement, notamment son article L. 533-8 ;
Vu l'arrêté du 3 août 1998 portant consentement écrit au titre de l'article 13, paragraphe 4, de la directive 90/220/CE du 23 avril 1990, des décisions 98/293 et 98/294 du 22 avril 1998 concernant la mise sur le marché de maïs génétiquement modifié (Zea mays L. T 25 et MON 810) ;
Vu le catalogue officiel des variétés des espèces agricoles ;
Vu la note du 17 février 2014 par laquelle les autorités françaises ont informé la Commission européenne, au titre de l'article 34 du règlement (CE) n° 1829/2003, de la nécessité de prendre des mesures d'urgence conformément à la procédure fixée à l'article 53 du règlement (CE) n° 178/2002 ;
Vu les observations recueillies lors de la consultation du public organisée du 17 février au 9 mars 2014 en application de l'article L. 120-1 du code de l'environnement ;
1. Considérant qu'en application des articles 1er et 5 de la Charte de l'environnement, lorsqu'il existe des éléments circonstanciés de nature à accréditer l'hypothèse d'un risque de dommage grave et irréversible pour l'environnement, qui justifierait, en dépit des incertitudes subsistant quant à sa réalité et à sa portée en l'état des connaissances scientifiques, l'application du principe de précaution, il incombe à l'autorité compétente de l'Etat de prendre, eu égard à la plausibilité et à la gravité du risque, les mesures appropriées à sa prévention ;
2. Considérant, en premier lieu, que le maïs MON 810 a été autorisé en 1998 sur la base de la directive 90/220, dont les exigences en matière d'évaluation du risque sont beaucoup plus faibles que celles mises en place actuellement en application de la directive 2001/18 qui l'abroge et la remplace ;
3. Considérant que 232 variétés de semences de maïs génétiquement modifié (Zea mays L. lignée MON 810) sont inscrites au catalogue commun des variétés des espèces agricoles ;
4. Considérant que le Conseil, par l'adoption unanime des conclusions du 4 décembre 2008, a déclaré que les procédures d'évaluation du risque environnemental lié aux OGM devaient faire l'objet d'un renforcement, notamment sur les aspects liés aux impacts sur les insectes non cibles, à la définition des milieux récepteurs et aux impacts à long terme ;
5. Considérant que de nouvelles lignes directrices ont été publiées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) en 2010 et que la Commission européenne prépare une modification des annexes de la directive 2001/18/CE, qui, avant sa publication, doit faire l'objet d'échanges entre elle et les Etats membres ;
6. Considérant que, dans ses avis du 8 décembre 2011 et du 6 décembre 2012 relatifs au maïs MON 810, l'AESA conclut que la culture de ce maïs présente des impacts sur l'acquisition de résistances par les insectes ravageurs ainsi que sur la mortalité des populations de lépidoptères sensibles et qu'elle recommande en conséquence des mesures de gestion et un renforcement des mesures de surveillance ;
7. Considérant, en second lieu, que des publications récentes apportent des éléments scientifiques nouveaux mettant en évidence des risques liés au maïs MON 810 ; qu'ainsi la publication Campagne et al. (2 juillet 2013) met en évidence un mécanisme de résistance dominante à la toxine Cry1Ab chez l'insecte ravageur *Busseola fusca* qui a conduit à un développement rapide de cette résistance et a rendu inefficaces les stratégies de gestion appliquées ; que la publication Mezzomo et al. (16 mars 2013) démontre que les toxines Cry1 ont un effet toxique sur les cellules, nécessitant des clarifications afin d'en évaluer le risque toxicologique pour les organismes non cibles ; que la publication Zhou et al. (13 janvier 2014) montre que la toxine Cry1Ab peut être transmise à des prédateurs auxiliaires tels que les araignées et peut avoir des effets négatifs sur ces arthropodes ; que la publication Holst et al. (10 février 2013) établit que le pollen de maïs MON 810 peut conduire à une mortalité accrue des larves d'une espèce de papillon, *Inachis io*, en France ;
8. Considérant qu'il ressort ainsi des avis de l'AESA et de ces publications scientifiques récentes que la culture

des variétés de semences du maïs MON 810 est susceptible de présenter un risque important mettant en péril de façon manifeste l'environnement, ainsi qu'un danger de propagation d'organismes nuisibles devenus résistants, en l'absence de mise en œuvre de mesures de gestion susceptibles de limiter ces risques ;

9. Considérant, en troisième lieu, qu'aucune mesure de gestion de la culture des variétés de semences de maïs MON 810, destinée à limiter les risques importants pour l'environnement identifiés par les conclusions de l'AESA du 8 décembre 2011 et du 6 décembre 2012, n'est imposée par la décision d'autorisation n° 98/294/CE délivrée au titre de la directive 90/220/CEE abrogée dont le renouvellement est toujours en cours d'examen ; que cette autorisation n'impose pas non plus de mesures de surveillance ; que les mesures de gestion recommandées par l'AESA pourraient être insuffisantes pour prévenir le risque au regard des nouveaux éléments disponibles ;

10. Considérant que la Commission européenne n'a adopté, suite à la demande des autorités françaises, ni les mesures de gestion nécessaires à la protection de l'environnement, ni la suspension de la commercialisation et de l'utilisation des variétés de semences de maïs MON 810 pour protéger l'environnement, conformément à la procédure fixée à l'article 53 du règlement (CE) n° 178/2002 ;

11. Considérant que pour les raisons ci-dessus exposées, au vu de ces données scientifiques fiables et de ces résultats très récents de la recherche internationale, la mise en culture de variétés de semences de maïs MON 810 sans mesures de gestion adéquates présenterait des risques graves pour l'environnement ainsi qu'un danger de propagation d'organismes nuisibles devenus résistants ; que, par suite, le principe de précaution justifie l'adoption de mesures restrictives ;

12. Considérant qu'il y a urgence, eu égard à la proximité du début de la période de semis, à établir une interdiction de commercialisation et d'utilisation des variétés de semences de maïs MON 810 au titre de l'article 18 de la directive 2002/53/CE et à prendre des mesures conservatoires au titre de l'article 34 du règlement (CE) n° 1829/2003, conformément à la procédure fixée à l'article 54 du règlement (CE) n° 178/2002,

Arrête :

Article 1

La commercialisation, l'utilisation et la culture des variétés de semences de maïs issues de la lignée de maïs génétiquement modifié MON 810 mentionnée dans l'arrêté du 3 août 1998 susvisé sont interdites sur le territoire national jusqu'à l'adoption, d'une part, d'une décision définitive en application de l'article 18 de la directive 2002/53/CE du 13 juin 2002 susvisé et, d'autre part, des mesures communautaires mentionnées au 3 de l'article 54 du règlement (CE) n° 178/2002 du 28 janvier 2002 susvisé.

Article 2

Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait le 14 mars 2014.

Stéphane Le Foll