

Comité de Surveillance Biologique du Territoire

**Avis du Comité de Surveillance Biologique du Territoire sur
la mise en place d'un suivi des effets non intentionnels de
la culture de maïs tolérants au glufosinate-ammonium
(1507)**

Janvier 2012

Sommaire

1. PRÉAMBULE	3
2. OBJECTIFS DU PLAN DE SURVEILLANCE	3
3. DÉTECTION DE L'APPARITION D'ADVENTICES TOLÉRANTES AU GLUFOSINATE-AMMONIUM.....	4
3.1 Contexte.....	4
3.2 Espèces cibles	4
3.3 Configuration du réseau	5
4. IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ	6
4.1 Contexte.....	6
4.2 Champs de la surveillance	6
5. IMPACT SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES.....	8
5.1 Eaux souterraines	8
5.2 Eaux superficielles	8
5.3 Plan de surveillance	9

1. PRÉAMBULE

Pioneer Hi-Bred International Inc. et Mycogen Seeds ont déposé en 2001 auprès de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESa) un dossier de demande d'autorisation de mise en culture de la variété de maïs génétiquement modifié (GM) 1507 tolérant à l'herbicide glufosinate-ammonium, substance active apparue sur le marché des herbicides totaux au milieu des années 80 soit une dizaine d'année après le glyphosate qu'il remplace ou complète selon les cas.

Le constituant actif de cet herbicide est la phosphinotricine, une molécule dont la structure s'apparente à celle de l'acide aminé glutamine. Cette similitude de structure est à la base de l'effet herbicide : le glufosinate entre en compétition avec la glutamine pour l'enzyme glutamine synthase (GS). Il agit comme inhibiteur compétitif se fixant au même site dans la protéine enzymatique, bloquant ainsi son action.

L'enzyme GS intervient dans la synthèse de l'histidine, du tryptophane, de l'asparagine, etc, mais est surtout indispensable à la plante pour métaboliser l'ammoniac (ion ammonium NH_3), produit du métabolisme dont l'accumulation est toxique.

Pour produire des plantes résistantes au glufosinate-ammonium, on introduit par transgénèse une enzyme appelée phosphinotricine-acétyl-transférase (PAT) provenant d'une bactérie du genre *Streptomyces* (*S. viridochromogenes*) qui modifie par acétylation la phosphinotricine en la rendant incapable de se fixer à la GS, donc non toxique pour les cellules des végétaux GM.

Le Comité scientifique (CS) du Haut conseil des biotechnologies (HCB) réuni le 06/04/2010 a procédé à l'évaluation de la partie culture de ce dossier.

De cette évaluation qui a fait l'objet d'un avis publié le 06/05/2010, il ressort notamment que la culture du maïs 1507, si elle était autorisée, soit accompagnée de mesures propres à :

- répondre au risque de sélection de plantes adventices tolérantes au glufosinate-ammonium,
- mesurer l'impact sur l'environnement par la mise en place de plans de surveillance.

Dans le développement qui suit le terme « maïs 1507 » désigne toute variété de maïs portant l'événement 1507 conférant la tolérance au glufosinate-ammonium.

2. OBJECTIFS DU PLAN DE SURVEILLANCE

Partant de l'analyse faite par le CS du HCB l'objectif du plan de surveillance est de:

- détecter l'apparition d'adventices tolérantes au glufosinate-ammonium,
- évaluer l'impact des pratiques culturales induites par la culture du maïs 1507 sur la biodiversité et leur durabilité,

3. DÉTECTION DE L'APPARITION D'ADVENTICES TOLÉRANTES AU GLUFOSINATE-AMMONIUM

3.1 Contexte

Compte tenu des caractéristiques biologiques du maïs qui éliminent tout risque de transfert de gène vers les espèces sauvages ou cultivées autres que le maïs, seule la pression de sélection générée par l'usage répété d'un même herbicide est susceptible de créer des conditions favorisant l'émergence d'une résistance chez les adventices comme cela a été le cas pour différentes familles d'herbicides auparavant.

Il convient de noter que, en l'état actuel de la réglementation, l'utilisation d'herbicide à base de glufosinate-ammonium n'est autorisée en pulvérisation directe sur les grandes cultures que dans l'inter-rang avec des dispositifs de cache évitant de toucher la végétation, sauf comme défanant de la pomme de terre en plein sur la culture même. Par contre le glufosinate-ammonium peut être appliqué soit sur les bordures de parcelles soit en intercultures soit pour aider la destruction des cultures intermédiaires destinées à protéger le sol contre l'érosion ou à fixer les nitrates.

Il existe donc une pression de sélection significative sur la flore présente dans les parcelles de grandes cultures mais la flore d'une parcelle observée à un temps *t* étant essentiellement dépendante de la date de travail du sol, la flore du maïs peut être considérée comme peu sélectionnée par cet herbicide.

3.2 Espèces cibles

Le dossier de demande d'autorisation du maïs 1507 GM *Herbicide Tolerant* (HT) déposé par Pioneer Hi-Bred International Inc. et Mycogen Seeds ne donne pas d'indication sur les adventices méritant d'être *a priori* surveillées lors de la mise en culture de ce maïs.

Sur la trentaine d'espèces génétiquement modifiées pour la tolérance au glufosinate-ammonium, le maïs, le colza et le coton sont les plus fréquemment utilisées mais elles ne représentent qu'une très faible part des surfaces en cultures transgéniques.

Hors du contexte de la culture de PGM HT, dans les régions où l'usage du glufosinate-ammonium dans les agro écosystèmes est fréquent et répété, des cas de résistance ont été signalés dans certaines populations des espèces suivantes :

Espèce	Pays	Année de signalement
<i>Eleusine indica</i> (éleusine des Indes)	Malaisie	2009 dans des vergers
<i>Lolium multiflorum</i> (lvraie multiflore, Ray-grass d'Italie)	USA(Oregon)	2010 dans des vergers

Par ailleurs et sans qu'il s'agisse de cas de résistance confirmée, le contrôle de certaines plantes annuelles fréquentes peut nécessiter des doses de 1 500 g/ha de matière active de glufosinate-ammonium même à un stade jeune. Il s'agit des espèces suivantes : *Amaranthus retroflexus* (amarante réfkéchie), *Fumaria officinalis* (fumeterre officinal), *Galium aparine* (gaillet grateron), *Malva sylvestris* (mauve sauvage), *Matricaria chamomilla* (matricaire inodore) et *Viola* sp. (pensée) parmi les dicotylédones ; *Alopecurus myosuroides* (vulpin des champs), *Lolium* sp. (ray-grass) et *Poa pratensis* (pâturin des prés) parmi les graminées. La

dose recommandée par le pétitionnaire pour le désherbage des maïs 1507 est de 1 600 g/ha de matière active.

En Europe, aucun cas de résistance n'a actuellement été signalé.

Les données internationales ne permettent pas d'établir avec certitude la liste des espèces cibles du plan de surveillance à cause de difficultés d'extrapolation liées à la diversité des rotations, des gammes d'herbicides complémentaires ou des pratiques associées, labour par exemple.

Sur la base de l'ensemble des observations rapportées ci-dessus, il est néanmoins possible de proposer **un plan de surveillance générale** permettant de détecter l'apparition d'adventices résistantes, une attention particulière étant réservée aux espèces citées ci-dessus.

Le nombre d'espèces concerné pourra faire l'objet d'une adaptation régionale, leur répartition n'étant pas uniforme sur l'ensemble du territoire. Des informations sur la présence des différentes espèces sont disponibles sur le site : <http://www.tela-botanica.org/site:accueil>

3.3 Configuration du réseau

Pour mettre en évidence une éventuelle modification de flore consécutive à la mise en culture du maïs 1507, le réseau de surveillance doit comporter :

- dans le champ ensemencé en maïs 1507 un carré témoin indemne de toute application de glufosinate-ammonium et un carré traité, sachant que ce caractère GM ne déterminera pas la flore en présence mais que seule l'application de l'herbicide le fera,
- dans un champ « voisin » ensemencé en maïs conventionnel, en situation agronomique la plus similaire possible, un carré témoin indemne de toute application du programme herbicide retenu et un carré traité.

Dans chacun de ces quatre carrés et dans leur environnement (bord de champ selon une nomenclature à définir), un relevé précis de la flore présente devra être effectué à deux périodes de la culture (début et fin de cycle végétatif) . Le protocole retenu (quadrat, suivi malherbologique) est celui recommandé par le groupe de travail du CSBT chargé d'étudier la mise en place d'un réseau de surveillance des effets non intentionnels (ENI) des pratiques agricoles sur l'environnement.

Ce relevé doit permettre de vérifier la présence et le comportement des espèces cibles vis-à-vis du glufosinate-ammonium et d'autres herbicides sélectifs du maïs conventionnel .

Autant que possible les sites d'observation seront ceux du réseau de surveillance des ENI, le maïs faisant partie des cultures à surveiller en priorité par ce réseau, avec les nuances suivantes :

- la répartition régionale des parcelles dépendra de la part des superficies en maïs GM HT dans la sole consacrée au maïs,
- le nombre de parcelles à retenir ne peut pas être fixé *a priori* et dépend du mode d'échantillonnage qui aura été retenu entre :

- un échantillonnage pragmatique consistant à se caler sur le réseau de surveillance des ENI, corrigé d'une dose d'échantillonnage sélectif selon la recommandation ci-dessous concernant le nombre de parcelles en situation extrême.

Cette méthode peut être d'autant plus utilisée que les données collectées par le pétitionnaire au travers du questionnaire qu'il lui est imposé de distribuer aux agriculteurs et d'analyser, seront fiables,

- un échantillonnage statistique permettant de calculer le nombre de parcelles sur la base d'une loi de distribution adaptée. La norme internationale de mesures phytosanitaire (NIMPP) n° 31 fournit un exemple de cette méthode appliquée à la détection d'organismes nuisibles aux végétaux.

Avec une telle méthode, le nombre de parcelles à suivre est directement corrélé au niveau de confiance et au niveau de détection choisis.

Il est recommandé qu'une proportion de ces parcelles (20 à 30%) soit représentative de situations « extrêmes » susceptibles de favoriser l'apparition de cas de perte d'efficacité du glufosinate-ammonium ou de résistance à l'herbicide : monoculture du maïs ou retour fréquent dans la rotation, mise en œuvre de techniques culturales simplifiées sur le maïs et les autres cultures de la rotation, destruction au glufosinate-ammonium des couverts végétaux pièges à nitrates précédant la culture du maïs.

4. IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ

Le terme biodiversité recouvre la biodiversité fonctionnelle propre à la parcelle et incluant les différents bio-agresseurs de la culture, et la biodiversité patrimoniale qui fait référence à des espèces plus remarquables. Le développement qui suit concerne la première des deux acceptions.

4.1 Contexte

L'analyse de risque environnemental développée par Pioneer Hi-Bred International Inc. et Mycogen Seeds dans le dossier de demande d'autorisation de mise en culture de la variété de maïs 1507 traite exclusivement de l'action de l'enzyme phosphinothricine-acétyl-transférase, exprimée par le gène PAT et responsable de la tolérance au glufosinate-ammonium, sur les organismes non cibles présents dans l'environnement de la culture.

L'analyse de risque ne met en évidence aucune toxicité ni écotoxicité de la protéine sur les organismes non cibles. Elle conclut à l'absence de risque pour l'environnement.

Cette approche fait abstraction des conséquences que peut avoir la modification des pratiques culturales qui accompagne la mise en culture du maïs 1507 sur la flore des champs et indirectement sur les populations associées ainsi que sur les organismes présents dans et sur le sol, du fait d'une application répétée d'un même herbicide.

4.2 Champs de la surveillance

L'étude la plus complète consacrée aux effets des plantes GM HT a été menée au Royaume-Uni dans le cadre du programme *Farm Scale Evaluations* (FSE) dont le but était d'examiner l'impact de la culture de PGM tolérantes au glufosinate-ammonium (maïs, colza

d'hiver et de printemps) et de betterave sucrière tolérante au glyphosate, sur la biodiversité et l'agro-écosystème des terres arables.

D'après cette étude, les programmes herbicides à base de glufosinate-ammonium avaient moins d'impact sur la biodiversité que les programmes utilisés sur maïs conventionnels ou un impact moins défavorable, qu'il s'agisse de l'atrazine ou des substances actives utilisées en substitution.

Un résumé très abrégé de cette étude fournit les enseignements suivants :

- les différences observées entre les cultures GM HT et traditionnelles ne peuvent pas être attribuées aux modifications génétiques. Elles sont dues au contraste des régimes herbicides appliqués à l'un et l'autre cas,
- les adventices et les graines qu'elles produisent étaient plus abondantes dans les maïs GM HT : l'effet de l'herbicide total n'a pas été d'une efficacité égale sur toutes les plantes présentes. Cela pourrait favoriser les oiseaux granivores fréquentant les espaces cultivés,
- les bourdons, les abeilles et les papillons étaient marginalement plus nombreux dans les maïs GM HT tout en restant à un niveau faible, le maïs étant une plante peu attractive pour ces insectes contrairement au colza. Aucune différence n'a pu être observée en ce qui concerne les autres insectes,
- du fait de l'importance relative de la biomasse d'adventices, conséquence de l'application de l'herbicide en « post-émergence », les collemboles et de leurs prédateurs, coléoptères et araignées, étaient significativement plus abondants.

La conclusion rapide de l'étude menée par DEFRA au Royaume-Uni de 2002 à 2006 mettait clairement en évidence les bénéfices des plantes génétiquement modifiées tolérantes au glufosinate-ammonium pour la biodiversité, ce qui n'était pas le cas des PGM tolérantes au glyphosate.

L'explication tenait à un désherbage plus tardif, pour partie sur des plantes déjà fleuries et un peu moins performant que celui permis par les herbicides résiduels utilisés sur les parcelles en comparaison.

L'explication inverse était à l'origine de la moindre diversité biologique dans les parcelles de betterave désherbées avec le glyphosate par rapport aux parcelles conventionnelles utilisées comme comparateur.

Ces observations ont été largement diffusées à la fin de l'étude dont le résumé est consultable sur le site :

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080306073937/http://www.defra.gov.uk/environment/gm/fse/>.

Le devenir environnemental et le risque écotoxicologique du glufosinate-ammonium et de ses deux métabolites connus peuvent être caractérisés ainsi :

- non persistant dans le sol (demi-vie comprise entre 3 et 42 jours selon la nature du sol et sa teneur en matière organique),
- toxicité aiguë modérée pour les lombrics ($CL_{50} > 1\ 000$ mg/kg) et les oiseaux ($DL_{50} > 2\ 000$ mg/kg),
- faible pour les abeilles ($DL_{50} > 345$ µg/abeille),
- nocif pour certains acariens (*Typhlodromus pyri*) et hyménoptères prédateurs (*Chrysopa* sp.),

- potentiel de bioaccumulation faible et pas d'effet significatif sur la minéralisation de l'azote et du carbone.

Il n'est pas proposé de plan de surveillance générale complémentaire de celui qui sera retenu pour l'évaluation de l'impact de la toxine Cry1F produite par le maïs 1507. Sauf en ce qui concerne les oiseaux rencontrés en milieu agricole et les lombrics, s'ils n'étaient pas pris en compte par ce plan. Auquel cas un dispositif analogue à celui proposé pour la surveillance du maïs NK 603 tolérant au glyphosate devrait être adopté. En effet l'éventuelle modification de la flore et des pratiques culturales consécutive à la culture du maïs 1507, risque d'atteindre en priorité de façon adverse ou favorable ces groupes d'espèces.

5. IMPACT SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES

5.1 Eaux souterraines

D'après les données disponibles auprès de *Pesticides Properties Data Base* (PPDB : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm>):

- le potentiel de transport colloïdal du glufosinate-ammonium est faible par combinaison d'une mobilité légère ($K_{oc} = 600$) et d'une persistance dans le sol faible,
- le potentiel de lixiviation du glufosinate-ammonium est faible : indice *Groundwater Ubiquity Score* (GUS) $< 1,8$,
- les deux principaux métabolites du glufosinate-ammonium, le 3-méthyl-phosphinico-propionique acid et le 2-méthylphosphinico-acétique acid ont des propriétés identiques.

Le risque qu'un usage accru du glufosinate-ammonium entraîne une contamination des eaux souterraines est donc très limité sauf en présence d'aquifère vulnérable peu profond ou surmonté de terrain de texture sableuse. Utilisé par l'agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) pour estimer le potentiel de contamination en pesticide d'un aquifère vulnérable, le modèle SCI-GROW (*Screening-GROundWater*) indique une concentration de 0,0982 µg/l lorsque la dose appliquée est de 1 kg de matière active/ha.

Dans la revue Etudes et Documents de juillet 2010, le commissariat général au développement durable du ministère chargé de l'environnement (CGDD antérieurement IFEN) a dressé l'état de la contamination des cours d'eau et des eaux souterraines en 2007 à partir des données produites par les services de l'État et les agences de l'eau, et traitées par le service de l'observation et des statistiques (SOeS). Le glufosinate-ammonium n'a pas été détecté dans les eaux souterraines, situation identique à celle décrite par les bilans annuels des années 2001 et 2002 publiés par l'IFEN. Une publication du GRAP Poitou-Charentes mentionne une fréquence de détection du glufosinate-ammonium de 1,6% dans la période 2001-2003.

5.2 Eaux superficielles

Une solubilité dans l'eau élevée associée à une demi-vie par photolyse (7 j) et hydrolyse (300 j) importante rendent le glufosinate-ammonium persistant une fois en solution dans l'eau, favorisant ainsi sa présence dans les eaux de surface. Pourtant la présence de glufosinate-ammonium n'a pas été mise en évidence lors de la campagne d'analyses 2007 citée ci-dessus, le GRAP Poitou-Charentes ayant observé une fréquence de détection de 4% en 2001-2003. Il est intéressant de noter que l'autorisation de certaines spécialités commerciales à base de glufosinate-ammonium est assortie d'une zone non traitée de 5 m au voisinage des eaux de surface.

Sur le plan écotoxicologique les propriétés du glufosinate-ammonium sont les suivantes :

Espèce	Glufosinate-ammonium
<i>Onchorhynchus mykiss</i> , truite arc-en-ciel	Toxicité aiguë faible CL ₅₀ = 710 mg/l
<i>Daphnia magna</i> , puce d'eau	Toxicité aiguë faible CE ₅₀ = 668 mg/l
<i>Americamysis bahia</i> , crevette mysis	Toxicité aiguë modérée CL ₅₀ = 7,5 mg/l
<i>Lemna gibba</i> , lentille d'eau bossue	Toxicité aiguë modérée CE ₅₀ = 1,47 mg/l (1)
<i>Scenedesmus quadricauda</i> , algue verte d'eau douce	Toxicité aiguë faible CE ₅₀ = 46,5 mg/l (2)

(1) : CE₅₀ biomasse ; (2) : CE₅₀ croissance

Son potentiel calculé de bioaccumulation est faible. L'effet écotoxicologique de ses deux métabolites est voisin.

5.3 Plan de surveillance

Compte tenu des caractéristiques ci-dessus, le plan de surveillance se limitera à inclure systématiquement la recherche du glufosinate-ammonium dans toutes les stations d'eau superficielle du réseau de contrôle et de surveillance (RCS) mis en place en 2007 par le commissariat général au développement durable du ministère chargé de l'environnement.

Dans l'hypothèse où ce réseau mettrait en évidence une augmentation de la fréquence de détection et de son intensité, cette augmentation pourrait être attribuée à la mise en culture du maïs GM 1507, et un dispositif de surveillance envisagé.

Remarque :

Dans un courrier du 10 mai 2010 adressé au CEES du HCB, le pétitionnaire a indiqué son intention de ne pas revendiquer le caractère de tolérance à la phosphinothricine pour la culture du maïs 1507.

Dans ce cas **le plan de surveillance** consistera à vérifier l'absence d'utilisation du glufosinate-ammonium après semis du maïs, vérification envisageable à l'occasion des contrôles d'écoconditionnalité réalisés annuellement par les services du ministère chargé de l'agriculture.

Une telle surveillance vaut également pour **le maïs Bt11** pour lequel le caractère de tolérance à la phosphinothricine utilisé comme marqueur, n'a pas été revendiqué.