

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 génétiquement modifiés tolérants au
glyphosate (NK603)**

Décembre 2011

Sommaire

1. PRÉAMBULE	3
2. OBJECTIFS DU PLAN DE SURVEILLANCE	4
3. DÉTECTION DE L'APPARITION D'ADVENTICES TOLÉRANTES AU GLYPHOSATE...4	
3.1 Contexte	4
3.2 Espèces cibles.....	5
3.3 Plan de surveillance.....	7
3.4 Configuration du réseau.....	7
4. IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ	8
4.1 Contexte	9
4.2 Champs de la surveillance	9
4.3 Plan de surveillance.....	10
4.4 Configuration du réseau.....	11
5. APPARITION DE PLANTES DE MAÏS GM HT	12
6. IMPACT SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES	12
6.1 Eaux souterraines	12
6.2 Eaux superficielles	13
6.3 Plan de surveillance.....	14
7. QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX AGRICULTEURS	15

1. PRÉAMBULE

Monsanto Europe SA a déposé en 2005 auprès de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) un dossier de demande d'autorisation de mise en culture de la variété NK 603 de maïs génétiquement modifié (GM) tolérant à l'herbicide glyphosate, dossier mis à jour en 2006.

Le glyphosate fait partie des inhibiteurs de la 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS), enzyme chloroplastique codée par le génome nucléaire qui intervient dans la synthèse des acides aminés aromatiques comme la tyrosine, la phénylalanine et le tryptophane. Cette enzyme est présente dans tous les végétaux, bactéries et champignons, mais non chez les animaux, incapables de synthétiser leurs propres acides aminés aromatiques, d'où leur qualification d'acides aminés indispensables que les animaux doivent trouver dans leur alimentation.

Le glyphosate appartient au groupe d'herbicides des glycines qui se diffusent le plus dans la plante via le phloème. Le feuillage commence par jaunir, les jeunes feuilles en premier, puis vire au brun et meurt dans les 10-14 jours qui suivent le traitement.

La tolérance au glyphosate peut être obtenue par une EPSPS mutante, non sujette à l'inhibition par le glyphosate et ayant donc conservé sa fonction enzymatique même en présence de glyphosate. La lignée NK 603 contient un gène CP4 EPSPS, dérivé de la lignée CP4 insensible au glyphosate issue de l'espèce *Agrobacterium tumefaciens*, bactérie répandue dans le sol et agent de la galle du collet de nombreux végétaux.

Le Comité scientifique (CS) du Haut conseil des biotechnologies (HCB) réuni le 29/09/2009 a examiné ce dossier et discuté l'analyse des risques pour l'environnement menée par l'AESA.

De cette analyse qui a fait l'objet d'un avis publié le 12/10/2009, il ressort notamment que :

- le maïs GM NK 603 n'a pas de capacités à survivre différentes de celles des maïs conventionnels,
- il n'existe pas en Europe d'espèces sauvages sexuellement compatibles avec le maïs,
- les graines échappées accidentellement des abords des lieux de transport et de stockage de maïs GM peuvent être à l'origine de l'établissement transitoire de petites populations,
- il n'y a pas de risque de transfert de gènes aux microorganismes du sol,
- le changement dans le programme herbicide induit par la culture du maïs NK 603 peut entraîner une modification de la flore présente dans les champs, susceptible d'affecter les populations non cibles et la biodiversité,
- l'éventuelle autorisation de mise sur le marché de spécialités à base de glyphosate sur maïs GM devrait s'accompagner de mesures de gestion des applications de l'herbicide permettant de limiter la pression de sélection sur les adventices du maïs.

Dans le développement qui suit, le terme « maïs NK 603 » désigne toute variété de maïs portant l'événement NK 603 conférant la tolérance au glyphosate.

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 glyphosate,
- évaluer l'impact des pratiques culturales induites par la culture du maïs GM NK 603 sur la biodiversité et leur durabilité,
- vérifier la réalité du risque d'apparition de populations de maïs GM aux abords des lieux de transport et de stockage des semences.

3. DÉTECTION DE L'APPARITION D'ADVENTICES TOLÉRANTES AU GLYPHOSATE

3.1 Contexte

Les caractéristiques biologiques du maïs soulignées dans l'analyse du CS du HCB, en particulier son origine extérieure au continent européen et l'absence d'autres espèces végétales compatibles que le maïs conventionnel, font que le risque d'apparition d'adventices résistantes au glyphosate par transfert de gènes du maïs GM tolérant au glyphosate (dit HT pour *Herbicide Tolerant* par convention) vers les espèces sauvages ou cultivées autres que le maïs, est inexistant.

De même la faible capacité de l'espèce *Zea mays* à survivre d'une année sur l'autre rend quasi nul le risque d'implantation de population adventice de maïs GM HT dans les autres cultures de la rotation.

Par contre 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. La résistance à l'herbicide est alors bien un effet indirect de la culture de la plante GM HT (PGM HT) dans la mesure où c'est l'utilisation de l'herbicide dans des conditions différentes de son emploi classique qui est en cause.

Il convient de noter que :

- l'utilisation du glyphosate est par ailleurs autorisée sur la culture de plantes sarclées avec des dispositifs de caches qui évitent la pulvérisation sur la plante selon une forme de binage chimique par laquelle l'effet d'un produit systémique est recherché sur des vivaces ou des plantes trop développées pour l'utilisation de la bineuse,
- les évolutions et les inversions de flore comme le phénomène de résistance sont des phénomènes largement documentés, en lien avec des pratiques usuelles de l'agriculture.

Le risque que représentent ces phénomènes n'est donc pas spécifique de la culture de plantes génétiquement modifiées tolérantes aux herbicides. Néanmoins, la probabilité d'apparition d'adventices résistantes peut être amplifiée, du fait de l'utilisation accrue des herbicides concernés.

3.2 Espèces cibles

Le dossier de demande d'autorisation du maïs NK 603 déposé par Monsanto Europe SA ne donne pas d'indication sur les espèces méritant d'être *a priori* surveillées lors de la mise en culture de ce maïs. Le paragraphe de l'analyse de risque environnemental (ERA : *environmental risk assessment*) évoquant ce sujet se réfère au dossier de demande d'inscription du glyphosate dans la liste des substances actives autorisées, constitué conformément à la directive 91/414/CEE concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, abrogée depuis et remplacée par le règlement CE n°1107/2009 du 21 octobre 2009. Selon l'ERA, les données contenues dans l'annexe III du dossier relatif au glyphosate indiquent que le risque de développement de résistance est faible, et proposent un plan de gestion permettant de minimiser ce risque et de le traiter s'il apparaît.

Cependant dans les régions du monde où la culture de maïs NK 603 est pratiquée, et dans celles où l'usage du glyphosate dans les agro écosystèmes est fréquent et répété, des cas de résistance ont été signalés dans certaines populations appartenant aux espèces suivantes :

Espèce	Pays	Année de signalement
<i>Amaranthus palmeri</i> * Amarante de Palmer	USA	2005, 2006,2007, 2008, 2010
<i>Amaranthus tuberculatus(rudis)</i> * Amaranthe rugueuse	USA	2005, 2006,2007, 2009, 2010
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> Ambroisie à feuille d'armoise	USA	2004, 2006,2007, 2008
<i>Ambrosia trifida</i> Ambroisie trifide	USA, Canada	2004, 2005, 2006,2007, 2009, 2010
<i>Chloris truncata</i> *	Australie	2010
<i>Conyza bonariensis</i> Vergerette de Buenos-Aires	ZA, ES, BR, IL, CO, USA, AU, PT	2003-07, 2009-10
<i>Conyza canadensis</i> Vergerette du Canada	USA, BR, CN, CZ, ES	2000-2003, 2005-2007,2009
<i>Conyza sumatrensis</i> (protégée) Vergerette de Sumatra	Espagne	2009
<i>Digitaria insularis</i> *	Brésil, Paraguay	2006, 2008, 2010
<i>Echinochloa colona</i> Panic des cultures	Australie	2007 2009
<i>Eleusine indica</i>	Malaisie, Colombie, USA	1997, 2006, 2010

Éleusine des Indes		
<i>Euphorbia heterophylla</i> *	Brésil	2006
<i>Kochia scoparia</i>	USA	2007
Bassie à balais		
<i>Lolium multiflorum</i>	Chili, Brésil, USA, Espagne	2001 à 2008
Ivraie multiflore, Ray-grass d'It.		
<i>Lolium perenne</i>	Argentine	2008
Ray-grass commun, R-g. anglais		
<i>Lolium rigidum</i>	AU, USA, ZA, FR, ES, Italie	1996-99, 2001, 2003, 2005-2008, 2010
Ivraie raide, l. à épis serrés		
<i>Parthenium hysterophorus</i> *	Colombie	2004
<i>Plantago lanceolata</i>	Afrique du sud	2003
Plantain lancéolé, P. étroit		
<i>Poa annua</i>	USA	2010
Pâturin annuel		
<i>Sorghum halepense</i>	Argentine, USA	2005-07, 2010
Sorgho d'Alep		
<i>Urochloa panicoides</i> *	Australie	2008

ZA:Afrique du S, ES:Espagne, BR:Brésil, IL:Israël, CO:Colombie, AU:Australie, PT:Portugal, CN:Chine, CZ:Tchéquie

*: espèce absente de France d'après Tela Botanica <http://www.tela-botanica.org/site/accueil>

Les données ci-dessus ont été collectées sur le site suivant :

<http://www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asplstMOAID=12&FmHRACGroup=Go>

Par ailleurs et sans qu'il s'agisse de cas de résistance confirmée, des populations de certaines espèces manifestent une moindre sensibilité au glyphosate par exemple : *Chenopodium album* (chénopode blanc, ansérine blanche), *Commelina communis* (commeline commune, misère asiatique), *Polygonum convolvulus* (renouée faux-liseron, vrillée faux-liseron).

En Europe d'où sont absentes sept des vingt-et-une espèces du tableau ci-dessus, le phénomène de résistance apparu sans mise en culture de PGM HT serait limité à des populations de quatre espèces (communication au XIII^{ème} colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon 08-10/09/2009) : *Conyza canadensis* (vergerette du Canada), *C. bonariensis* (vergerette de Buenos-Aires), *Lolium rigidum* (ivraie raide) et *L.*

multiflorum (ray-grass d'Italie) auxquelles peut être ajoutée *Conyza sumatrensis* (vergerette de Sumatra) signalée résistante en 2009 en Espagne.

En France, le premier cas de résistance, suspecté en 2005 et confirmé en 2007, concerne des populations de *Lolium rigidum* (ivraie raide) en cultures pérennes (asperge, vigne et verger) indépendamment de la culture de PGM HT.

3.3 Plan de surveillance

Les données internationales ne permettent pas d'établir avec certitude la liste des espèces cibles du plan de surveillance. En effet les pressions de sélection sont différentes sur les mêmes cultures dans l'ensemble des continents du fait des rotations, des gammes d'herbicides complémentaires ou des pratiques associées, labour par exemple, ce qui limite la faisabilité d'une extrapolation.

Sur la base de l'ensemble des observations rapportées ci-dessus, il est néanmoins possible de proposer :

- **Un plan de surveillance spécifique** bien que l'ERA réalisée par Monsanto n'ait pas mis en évidence de risque d'apparition d'adventices résistantes. Ce plan concernera les espèces parmi lesquelles certaines populations ont déjà exprimé une résistance au glyphosate en France et en Europe : *Conyza canadensis* (vergerette du Canada), *C. bonariensis* (vergerette de Buenos-Aires), *C. sumatrensis* (vergerette de Sumatra), *Lolium rigidum* (ivraie raide) et *L. multiflorum* (ray-grass d'Italie),
- **Un plan de surveillance générale** permettant de détecter l'apparition d'une inversion de flore ou celle d'adventices résistantes. Dans ce cadre peut être proposée une liste d'espèces méritant une attention particulière comprenant :
 - les espèces du tableau ci-dessus présentes en France à l'exception des espèces objet d'un plan de surveillance spécifique : *Ambrosia artemisiifolia* (ambrosie à feuille d'armoise), *A. trifida* (ambrosie trifide), *Echinochloa colona* (panic des cultures), *Eleusine indica* (éleusine des Indes), *Kochia scoparia* (bassie à balais), *Plantago lanceolata* (plantain lancéolé), *Poa annua* (pâturin annuel) et *Sorghum halepense* (sorgho d'Alep).
 - les espèces appartenant au même genre que les espèces du tableau ci-dessus non présentes en France : *Amaranthus* spp. et *Euphorbia* spp.
 - accessoirement les espèces ayant manifesté une moindre sensibilité au glyphosate : *Chenopodium album* (chénopode blanc), *Commelina communis* (comméline commune) et *Polygonum convolvulus* (renouée faux-liseron).

Ces listes pourront faire l'objet d'une adaptation régionale, la répartition des espèces ci-dessus 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>

3.4 Configuration du réseau

Pour mettre en évidence une éventuelle modification de flore consécutive à la mise en culture du maïs NK 603, le réseau de surveillance doit comporter :

- dans le champ enssemencé en maïs GM HT un carré témoin indemne de toute application de glyphosate et un carré traité,

- 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 glyphosate et d'autres herbicides sélectifs du maïs conventionnel selon qu'elles relèvent du plan de surveillance spécifique ou du plan de surveillance générale proposé ci-dessus.

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.

Quel que soit le choix, 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 glyphosate 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 glyphosate 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 Monsanto Europe SA dans le dossier de demande d'autorisation de mise en culture de la variété de maïs NK 603 traite exclusivement de l'action des protéines EPSPS, exprimées par le transgène CP4 EPSPS et responsables de la tolérance au glyphosate, sur les organismes non cibles présents dans l'environnement de la culture.

L'analyse de risque se réfère à diverses études conduites en laboratoire et sous serre sur différentes cultures (maïs en Roumanie, soja au Japon et aux USA) pour mesurer l'effet de l'exposition de plusieurs organismes aux protéines transgéniques du maïs NK 603. Ces études ne révèlent aucun effet dommageable direct sur vers de terre, collemboles et autres décomposeurs et détritivores, pucerons, ravageurs divers, chrysopes et abeille mais ne mentionnent pas certains invertébrés tels les staphylinidés, carabidés, aranéides, hétéroptères, gastéropodes. L'ERA du pétitionnaire estime négligeable le risque présenté par le maïs NK 603 sur les organismes non cibles.

Cette approche fait abstraction des conséquences que peut avoir la modification des pratiques culturales qui accompagne la mise en culture du maïs NK 603 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. 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 utilisé (glufosinate-ammonium) 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 leurs prédateurs, coléoptères et araignées, étaient significativement plus abondants.

Le résumé est consultable sur le site : <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080306073937/http://www.defra.gov.uk/environment/gm/fse/>

Les limites à une extrapolation des résultats de cette étude sont les suivantes :

- les surfaces complantées en maïs au Royaume-Uni sont relativement faibles (100 000 ha) en comparaison de la situation française. Il s'agit de plus essentiellement de maïs destiné à l'ensilage produisant des résidus de culture moins abondants,
- depuis l'interdiction des triazines, les herbicides utilisés pour le désherbage des maïs conventionnels sont moins rémanents ce qui peut réduire l'écart entre la biomasse d'adventices observée en maïs GM HT et celle constatée en conventionnel,
- l'évaluation a été faite sur un maïs tolérant au glufosinate-ammonium,
- l'effet moyen et long terme n'a pas été mesuré.

Par ailleurs plusieurs auteurs ont rapporté que le glyphosate peut avoir un effet négatif sur les communautés microbiennes et les champignons mycorrhiziens, et être toxique pour certains rhizobiums intervenant dans la fixation de l'azote.

L'analyse de risque environnemental prévue par la directive 91/414/EEC relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, abrogée depuis et remplacée par le règlement CE n°1107/2009 du 21 octobre 2009, fournit les informations suivantes sur les caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques du glyphosate :

- demi-vie dans le sol faible (12 jours), non persistant,
- potentiels de bioconcentration et de bioaccumulation faibles,
- toxicité aiguë (DL₅₀ □ 2 000 mg/kg) pour les oiseaux modérée,
- toxicité aiguë (100 µg/abeille) pour les abeilles modérée,
- toxicité aiguë (CL₅₀ □ 480 mg/kg) et chronique (NOEC □ 28,8 mg/kg) pour les lombrics modérée,
- pas d'effet significatif sur la minéralisation de l'azote et du carbone.

Calculés sur la base des caractéristiques ci-dessus, les quotients d'index environnemental (EIQ) du glyphosate sont meilleurs que ceux des herbicides conventionnels utilisés sur maïs.

4.3 Plan de surveillance

Les constats ci-dessus peuvent être pris en compte pour proposer les domaines d'investigation à retenir afin d'apprécier l'impact des pratiques culturales induites par la culture du maïs NK 603 sur la biodiversité.

Pour ce faire et considérant que l'ERA réalisée par Monsanto n'a pas mis en évidence d'effet négatif de l'évènement génique responsable de la résistance à l'herbicide et ne s'est pas intéressée à l'effet éventuel du glyphosate, il est proposé un **plan de surveillance générale** concernant :

- Les organismes non cibles aériens

Parmi les organismes présents dans la partie supérieure de la PGM HT, sont à retenir : les oiseaux rencontrés en milieux agricoles, les pollinisateurs (bourdons et abeille) et les papillons. L'éventuelle modification de la flore consécutive à la culture du maïs GM HT risque d'atteindre en priorité de façon adverse ou favorable ces groupes d'espèces.

- La faune du sol

Les organismes non cibles à surveiller présents dans et sur le sol sont à choisir parmi :

- ceux qui interviennent dans la décomposition de la matière organique : collemboles et leurs prédateurs (araignées), ver de terre et nématodes,
- ceux qui peuvent être nuisibles à la culture elle-même : gastéropodes (limaces) et leurs coléoptères prédateurs ainsi que les scutigérelles.

La modification de la biomasse végétale et de sa répartition verticale liées à l'action incomplète de l'herbicide et au changement de pratique (non labour) peuvent avoir un effet sur ces groupes d'espèces.

L'aspect touchant aux vers de terre est à souligner et nécessite une prise en compte spécifique et prioritaire. L'utilisation du glyphosate dont l'écotoxicité reste une hypothèse de travail, associée aux techniques culturales simplifiées est *a priori* susceptible de les favoriser du fait de l'abandon du labour. La présence de vers de terre constitue un indicateur prioritaire permettant de mesurer la résultante de deux impacts antagonistes : fort effet réducteur du labour ou favorisant lié à des apports de matière organique sur les populations à biomasse végétale équivalente, et effet adverse hypothétique du glyphosate.

- La flore microbienne : les applications de glyphosate pourraient entraîner une réduction des populations de *rhizobiums* et du phénomène de fixation d'azote. Il en résulterait de façon directe une moins bonne décomposition des résidus de récolte et de façon indirecte un accroissement de l'usage des engrais azotés de synthèse.

4.4 Configuration du réseau

Afin d'évaluer l'impact sur la faune du sol, vers de terre en particulier, le réseau de surveillance doit permettre de comparer les couples : labour + glyphosate, labour sans glyphosate, non labour + glyphosate et non labour sans glyphosate. Il serait préférable que l'ensemble des parcelles soit conduit de façon identique au regard de l'apport de matières organiques, notamment d'effluents d'élevage qui modifient les populations de vers de terre.

Les observations pourront être réalisées sur les mêmes carrés que ceux proposés dans le cadre de la surveillance des éventuelles modifications de la flore, le traitement non labour correspondant aux situations dites extrêmes dans cette rubrique. Il sera également utile de retenir la dualité « champ ensemencé en maïs GM HT » et « champ voisin ensemencé en maïs conventionnel » afin de comparer l'effet du glyphosate sur la faune du sol à celui du programme herbicide traditionnel.

Dans chacun des carrés correspondant aux situations labour et non labour, une estimation des populations de vers de terre sera effectuée à deux périodes de la culture (début et fin de cycle végétatif) selon le protocole mis au point par l'INRA et 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.

Pour ce qui concerne les microorganismes telluriques, flore et faune, un partenariat doit être recherché avec le réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) qui suit la biomasse microbienne.

Dans le cas des organismes aériens, oiseaux et coléoptères, la démarche à adopter est celle mise en œuvre par le Muséum national d'histoire naturelle.

5. APPARITION DE PLANTES DE MAÏS GM HT

Ce risque étant limité aux abords des lieux de transport et de stockage des semences, la surveillance d'une éventuelle implantation de plantes de maïs NK 603 s'exercera au voisinage immédiat de ces zones dont un inventaire préalable sera effectué en utilisant les déclarations prévues.

Par simplification la destruction de toute levée de maïs observée pourrait être ordonnée et ou réalisée par les services de l'Etat.

6. IMPACT SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES

6.1 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 coefficient d'adsorption ($K_{oc} = 1\,435$) du glyphosate lui confère une légère mobilité,
- sa dégradation dans le sol est rapide (demi-vie = 12 jours),
- son potentiel calculé de lixiviation est faible : indice *Groundwater Ubiquity Score* (GUS) < 1,8,
- son potentiel calculé de transport colloïdal est moyen.

Le risque qu'un usage accru du glyphosate 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 ou de structure fissurée. 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*) donne une concentration de 0,0535 µg/l lorsque la dose appliquée est de 1 kg de matière active/ha.

Le potentiel de lixiviation du principal métabolite du glyphosate, l'aminométhylphosphonic acid (AMPA) étant également faible, la même observation vaut pour le risque de contamination qu'il présente vis-à-vis des eaux souterraines (concentration donnée par le modèle SCI-GROW égale à 0,0684 µg/l).

Dans la revue Etudes et Documents de juillet 2010 (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/collection/etudes-documents.html>) le commissariat général au développement durable du ministère chargé de l'environnement (GGDD 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) :

- la fréquence de détection du glyphosate était de 0,9 % , le glyphosate représentant 1,3% des points non conformes sur un total de 1 599,
- la fréquence de détection de l'AMPA était de 1,3 % , l'AMPA représentant 1,3% des points non conformes sur un total de 1 582,

Ces résultats sont légèrement en retrait de ceux de l'année 2005 au cours de laquelle la fréquence de détection du glyphosate était de 2 % et celle de l'AMPA de 1,5 %.

Le tableau ci-dessous récapitule les fréquences de détection constatées entre 1999 et 2007.

Année	Glyphosate	AMPA
1999-2000 (IFEN)		
2002 (IFEN)	2,00%	
2003-2004 (IFEN)		3,00%
2003-2005 (Agence de l'eau S-N)	2,00%	2,00%
2005 (IFEN)	2,00%	1,50%
2007 (CGDD)	0,90%	1,30%

La limite de quantification du glyphosate était de 0,05µg/l ou 0,1µg/l selon les stations.

6.2 Eaux superficielles

En complément du potentiel de transport colloïdal moyen indiqué ci-dessus, le glyphosate possède une solubilité dans l'eau élevée, une demi-vie par photolyse importante (69 j) et une forte stabilité à l'hydrolyse. Cette combinaison favorise *a priori* sa présence dans les eaux de surface.

Son métabolite, l'AMPA, est caractérisé par une très faible mobilité ($K_{foc} = 8\ 027$, élevé), une forte persistance dans le sol (demi-vie = 151 j) et un potentiel calculé de transport colloïdal élevé.

Le tableau ci-dessous récapitule les fréquences de détection constatées entre 1999 et 2007.

Année	Glyphosate	AMPA
1999-2000 (IFEN)	32,00%	32,00%
2002 (IFEN)	35,00%	51,00%
2003-2004 (IFEN)	35,00%	55,00%
2003-2005 (Agence de l'eau S-N)	24,00%	59,00%
2005 (IFEN)	32,00%	56,00%
2007 (CGDD)	22,00%	43,00%

Il apparaît donc que le glyphosate et son métabolite sont très présents dans les cours d'eau : ce sont les deux premières substances les plus quantifiées. Souvent dosés à des concentrations moyennes annuelles supérieures à 1 µg/l, ils constituent la troisième cause de déclassement. La tendance à la baisse constatée en 2007 est vraisemblablement davantage due à la baisse du nombre de stations consécutive à la réorganisation du réseau qu'à une amélioration de la situation. Cependant à partir de septembre 2006, l'autorisation d'utiliser les spécialités à base de glyphosate a été assortie d'une zone non traitée de 5 m à 20 m au voisinage des « points d'eau ».

Bien que la fraction estimée de glyphosate susceptible d'être métabolisée en AMPA soit de 0,29, il faut souligner que d'autres molécules mères, les détergents notamment, sont précurseurs de l'AMPA.

Sur le plan écotoxicologique, les propriétés du glyphosate et de son métabolite sont les suivantes :

Espèce	Glyphosate	AMPA
<i>Onchorhynchus mykiss</i> , truite arc-en-ciel	Toxicité aiguë modérée CL ₅₀ = 38 mg/l	Toxicité aiguë modérée CL ₅₀ = 38 mg/l
<i>Daphnia magna</i> , puce d'eau	Toxicité aiguë modérée CE ₅₀ = 40 mg/l	Toxicité aiguë modérée CE ₅₀ = 40 mg/l
<i>Americamysis bahia</i> , crevette mysis	Toxicité aiguë modérée CL ₅₀ = 40 mg/l	?
<i>Lemna gibba</i> , lentille d'eau bossue	Toxicité aiguë faible CE ₅₀ = 12 mg/l (1)	Toxicité aiguë faible CE ₅₀ = 12 mg/l (1)
<i>Scenedesmus quadricauda</i> , algue verte d'eau douce	Toxicité aiguë modérée CE ₅₀ = 4,4 mg/l (2)	Toxicité aiguë modérée CE ₅₀ = 0,64 mg/l (2)
Potentiel de bioaccumulation et	Faible	Faible

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

L'autorisation d'utiliser les spécialités commerciales à base de glyphosate mentionne la phrase de risque « toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ».

6.3 Plan de surveillance

Tout en restant contrainte par l'avis (JO n°235 du 8 octobre 2004) qui redéfinit les doses maximales autorisées, 2 880 g/ha/an de substance active tous usages cumulés, et incite aux bonnes pratiques d'utilisation ainsi que par la fixation d'une zone non traitée, l'utilisation du glyphosate en culture de maïs NK 603 est susceptible de devenir plus fréquente dans le temps et dans l'espace ainsi que son impact environnemental, tout au moins dans certains milieux caractérisés par des surfaces importantes en maïs. En effet le modèle « *Pesticide root zone model* (PRZM) » utilisé par des chercheurs de l'INRA (Courrier de l'environnement n°60, mai 2011) montre que plus la fréquence de retour des cultures GM HT augmente, plus la contamination de l'environnement par l'itinéraire de désherbage associé risque d'être importante. Dans cette hypothèse, du fait des phénomènes de dérive et principalement de

ruissellement, le niveau de pollution des eaux superficielles en glyphosate et en AMPA pourrait s'élever et avoir un effet défavorable sur les organismes aquatiques.

Le plan de surveillance proposé porte sur :

- le suivi systématique de la teneur en glyphosate et en AMPA des eaux superficielles en un point d'eau, fossé toujours en eau, marre, cours d'eau, au voisinage immédiat des deux parcelles de maïs NK 603 et conventionnels, support des analyses floristiques,
- le suivi au même lieu de l'évolution des populations d'organismes aquatiques en prenant par exemple comme espèces témoins *Daphnia magna*, puce d'eau et *Scenedesmus quadricauda*, algue verte d'eau douce.

7. QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX AGRICULTEURS

Parmi les lignes directrices soumises à consultation publique, du monitoring post commercialisation des OGM proposées par le panel de l'AESA sur les OGM, figure la réalisation d'un questionnaire devant être renseigné par les producteurs de maïs GM. Le but du questionnaire est de relever les différences qu'aurait pu noter l'agriculteur entre la culture de plantes GM et ses modalités, et celles de la même plante non-GM cultivée sur la ferme, à son voisinage ou les années précédentes.

Ce questionnaire doit permettre de collecter un certain nombre d'information incluant en particulier :

- des données sur la localisation, l'environnement, l'historique et les caractéristiques agronomiques de chaque site,
- des données indiquant un possible changement dans le comportement et la performance de la plante GM : nombre d'années de culture de PGM, travail du sol et itinéraires de culture, état sanitaire, rendement,
- des données sur l'impact environnemental de la PGM : adventices, organismes nuisibles, flore et faune, pollinisateurs,
- mise en place de plan de gestion spécifique : zone refuge, isolement, protection contre les organismes nuisibles, bonnes pratiques agricoles.

D'accès public et consultable sur le site :

http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/docs/2009_Farmer_Questionnaire.pdf

le questionnaire utilisé par Monsanto à l'appui de sa demande d'autorisation de mise en culture du maïs GM MON 810 est en cours d'évaluation par l'AESA qui recommande que l'analyse des réponses au questionnaire soit à la charge exclusive du pétitionnaire.

Afin de compléter les observations prévues dans le présent plan de surveillance, il serait utile d'introduire dans la fiche de données paysagères et culturelles conçue 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, quelques uns des thèmes développés dans ce questionnaire.