

# HAUT CONSEIL DES BIOTECHNOLOGIES

---

## COMITE SCIENTIFIQUE

Paris, le 15 décembre 2011

### AVIS

en réponse à la saisine 100506-projet saisine HCB-coexistence<sup>1</sup>  
sur la définition des conditions techniques relatives à la mise en culture, la  
récolte, le stockage et le transport des végétaux génétiquement modifiés

Le Haut Conseil des biotechnologies (HCB) a été saisi le 23 septembre 2010 par les Autorités compétentes françaises (le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche) d'une demande d'avis sur la définition des conditions techniques relatives à la mise en culture, la récolte, le stockage et le transport des végétaux génétiquement modifiés visant à éviter la présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions.

Le Comité scientifique (CS)<sup>2</sup> du HCB a procédé à l'élaboration de son avis sur la coexistence en plusieurs étapes, sous la présidence de Jean-Christophe Pagès. Dans un premier temps, un groupe de travail a été mis en place et a rendu son rapport le 7 juin 2011. Dans un deuxième temps, un projet d'avis a été élaboré et discuté en séance les 4, 10 et 17 octobre 2011. Dans un dernier temps, l'avis du CS a été finalisé et adopté en séance du 8 novembre 2011. Le présent document comporte, de plus, quelques éléments de clarification supplémentaires.

---

<sup>1</sup> La saisine 100506-projet saisine HCB-coexistence est reproduite dans l'Annexe 1.

<sup>2</sup> La composition du CS est indiquée dans l'Annexe 2.



## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
1.1 SAISINE.....	4
1.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	4
1.3 CADRAGE ET OBJECTIFS DE L'AVIS DU CS.....	5
<b>2. ELABORATION D'UNE STRATEGIE DE COEXISTENCE.....</b>	<b>8</b>
2.1 IDENTIFICATION DES SOURCES DE PRESENCE FORTUITE D'OGM .....	8
2.2 FACTEURS CONDITIONNANT LA MISE EN ŒUVRE DES SEUILS DE TOLERANCE D'OGM .....	10
2.3 ORGANISATION SPATIALE INDIVIDUELLE VERSUS COLLECTIVE DE LA COEXISTENCE .....	13
2.4 METHODOLOGIES EXISTANTES DE COEXISTENCE .....	14
2.5 DEFINITION D'UNE STRATEGIE DE COEXISTENCE .....	15
<b>3. CONDITIONS TECHNIQUES DE COEXISTENCE POUR CHAQUE CULTURE .....</b>	<b>17</b>
3.1 POMME DE TERRE.....	17
3.2 SOJA .....	18
3.3 BETTERAVE SUCRIERE .....	20
3.4 MAÏS.....	22
3.5 LE CAS PARTICULIER DE LA PRODUCTION DES SEMENCES.....	26
<b>4. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS GENERALES.....</b>	<b>27</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>28</b>
<b>ANNEXE 1 : SAISINE .....</b>	<b>33</b>
<b>ANNEXE 2 : ELABORATION DE L'AVIS.....</b>	<b>35</b>
<b>ANNEXE 3 : EXTRAITS DE LA LOI DU 25 JUIN 2008 RELATIVE AUX OGM .....</b>	<b>37</b>
<b>ANNEXE 4 : TABLES DE DECISION POUR LA DETERMINATION DE MESURES DE COEXISTENCE ENTRE DEUX CHAMPS DE MAÏS .....</b>	<b>38</b>
ANNEXE 4.1 : EXEMPLE 1 .....	40
ANNEXE 4.2 : EXEMPLE 2.....	42
ANNEXE 4.3 : EXEMPLE 3.....	44
<b>ANNEXE 5. IMPACT DU NOMBRE D'INSERTS TRANSGENIQUES SUR DES MESURES DE COEXISTENCE BASEES SUR L'UNITE HGE.....</b>	<b>46</b>

# 1. Introduction

## 1.1 Saisine

Par la saisine « 100506-projet saisine HCB coexistence » du 23 septembre 2010, le Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche a demandé au Haut Conseil des biotechnologies (HCB) de rendre un avis sur les conditions techniques relatives à la mise en culture, la récolte, le stockage et le transport de végétaux génétiquement modifiés (autorisés au titre des réglementations nationale et/ou communautaire) qui permettraient de minimiser leur présence fortuite dans d'autres productions. Plus précisément, le HCB est chargé de :

« déterminer les conditions techniques qui devraient être mises en œuvre pour chacun des deux scénarios suivants :

- le niveau de présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions est inférieur au seuil d'étiquetage de 0,9 % établi par la réglementation communautaire ;
- le niveau de présence accidentelle d'OGM est inférieur au seuil de 0,1 % recommandé par le HCB<sup>3</sup> pour la définition des filières "sans OGM" .»

## 1.2 Contexte réglementaire

Cette demande s'inscrit dans le cadre réglementaire européen [Directive 2001/18/CE<sup>4</sup>, Règlements (CE) n° 1829/2003<sup>5</sup>, n° 1830/2003<sup>6</sup>, Recommandation du 13 juillet 2010 établissant des lignes directrices relatives à la coexistence<sup>7</sup> (EC, 2001, 2003a, b, 2010b)] et national [Loi n° 2008-595 du 25 juin 2008 relative aux OGM<sup>8</sup> (RF, 2008) et ses décrets d'application relatifs à l'étiquetage de denrées alimentaires issues de filières qualifiées « sans OGM »<sup>9</sup>, et à la déclaration de mise en culture de végétaux génétiquement modifiés<sup>10</sup>].

La Recommandation de la Commission européenne du 13 juillet 2010 énonce les principes généraux suivants pour l'élaboration de mesures nationales de coexistence :

### 1) Transparence, coopération transfrontalière et implication des parties concernées

Les mesures nationales de coexistence doivent être élaborées en concertation avec toutes les parties concernées et dans un esprit de transparence ; les Etats membres devront veiller à une coopération transfrontalière avec les pays voisins.

---

<sup>3</sup> Le seuil de 0,1 % pour les filières « sans OGM » mentionné dans la saisine provient d'une recommandation du CEES (Comité économique éthique et social) du HCB.

<sup>4</sup> Directive 2001/18/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 mars 2001 relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement et abrogeant la directive 90/220/CEE du Conseil. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0018:FR:HTML>.

<sup>5</sup> 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. (Plus précisément, pour clarifier une confusion inhérente à la traduction française de ce titre, ce règlement concerne les denrées alimentaires et les aliments pour animaux, ces denrées alimentaires ou aliments pouvant consister en des OGM, contenir des OGM, ou être issus d'OGM.) : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1829:FR:HTML>.

<sup>6</sup> Règlement (CE) n° 1830/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 concernant la traçabilité et l'étiquetage des organismes génétiquement modifiés et la traçabilité des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale produits à partir d'organismes génétiquement modifiés, et modifiant la Directive 2001/18/CE. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1830:FR:HTML>.

<sup>7</sup> Recommandation de la Commission du 13 juillet 2010 établissant des lignes directrices pour l'élaboration de mesures nationales de coexistence visant à éviter la présence accidentelle d'OGM dans les cultures conventionnelles et biologiques, abrogeant la recommandation 2003/556/CE.

<sup>8</sup> Loi n° 2008-595 du 25 juin 2008 relative aux organismes génétiquement modifiés. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000019066077&dateTexte>. Extraits en annexe.

<sup>9</sup> Décret relatif à l'étiquetage de denrées alimentaires issues de filières qualifiées « sans OGM » en cours de préparation.

<sup>10</sup> Décret n° 2011-841 du 13 juillet 2011 relatif à la déclaration de mise en culture de végétaux génétiquement modifiés.

## 2) Proportionnalité

Les mesures destinées à assurer la coexistence doivent être proportionnées à l'objectif poursuivi ; toute charge inutile devrait être évitée.

## 3) Taux de présence fortuite à atteindre grâce aux mesures nationales de coexistence visant à éviter la présence accidentelle d'OGM dans les cultures conventionnelles et biologiques

Les mesures nationales devraient tenir compte des connaissances disponibles sur la probabilité de mélange entre les différents types de cultures GM et non GM ainsi que sur les sources de mélanges accidentels.

Les seuils sont à établir en fonction du contexte de production national et des besoins locaux particuliers. Dans ce cadre, il est possible de viser des seuils de présence fortuite inférieurs à 0,9 %.

Dans certains cas, la présence de traces d'OGM dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux n'a de conséquences économiques que si ces traces dépassent le seuil d'étiquetage de 0,9 %. Dans ces cas de figure, les États membres doivent considérer que des mesures permettant de garantir le respect de ce seuil seront suffisantes<sup>11</sup>.

## 4) Mesures visant à exclure la culture d'OGM de vastes zones (« zones sans OGM »)

Dans certaines conditions économiques et physiques, il est possible d'envisager l'interdiction de la culture d'OGM dans de vastes zones, dites « zones dédiées », à condition que l'Etat membre démontre qu'aucune autre mesure ne permettrait d'atteindre les niveaux de pureté visés, et que cette mesure d'exclusion reste proportionnée à l'objectif.

## 5) Règles en matière de responsabilité

Toute question relative à l'indemnisation financière ou à la responsabilité en cas de dommages économiques relève de la compétence exclusive des Etats membres<sup>12</sup>.

### 1.3 ***Cadrage et objectifs de l'avis du CS***

#### 1) Distinction entre mesures de coexistence et évaluation des risques

Le CS du HCB rappelle, comme le fait la Recommandation du 13 juillet 2010, que les règles associées à la coexistence doivent être clairement distinguées des aspects liés à l'évaluation des risques pour l'environnement ou la santé, régis dans le cadre des procédures d'autorisation prévues par la Directive 2001/18/CE et par le Règlement (CE) n° 1829/2003. L'autorisation de disséminer des OGM dans l'environnement est subordonnée à une évaluation exhaustive des risques pour la santé et l'environnement. Seules sont autorisées les cultures de végétaux génétiquement modifiés dont l'évaluation n'a pas mis en évidence d'effets négatifs sur la santé et l'environnement<sup>13</sup>. Des plans de surveillance sont par ailleurs mis en œuvre pour permettre de détecter d'éventuels effets inattendus sur la santé et l'environnement. Dans le cadre de la coexistence, **la présence fortuite, dans des productions conventionnelles ou biologiques, de végétaux génétiquement modifiés bénéficiant d'une autorisation, n'est donc pas à considérer comme un risque pour la santé ou l'environnement, mais uniquement pour ses impacts économiques.**

Les modalités de gestion du risque de développement de résistance chez des insectes cibles de maïs Bt ou de gestion du risque environnemental de cultures génétiquement modifiées qui peuvent être préconisées pour certains traits ne sont pas considérées en tant que telles dans cet avis. D'une part, le CS aborde régulièrement ces questions dans ces avis, en particulier,

---

<sup>11</sup> Les considérations socio-économiques sont du ressort du CEES du HCB, qui aborde ces questions dans une recommandation publiée en complément à l'avis du CS sur la coexistence.

<sup>12</sup> Les considérations socio-économiques sont du ressort du CEES du HCB, qui aborde ces questions dans une recommandation publiée en complément à l'avis du CS sur la coexistence.

<sup>13</sup> Certains végétaux GM pour lesquels des risques seraient identifiés, comme par exemple les plantes à finalité pharmacologique, peuvent bénéficier d'une autorisation conditionnée par une obligation de mettre en œuvre des mesures de gestion de ces risques.

dans ses récents commentaires sur le rapport de surveillance du maïs MON 810 et continuera à le faire. D'autre part, les mesures de coexistence sont définies à l'échelle de la culture et ne dépendent pas du ou des caractères introduits. Néanmoins, lorsque cela est pertinent, cet avis considère l'articulation possible entre mesures de coexistence et gestion du risque environnemental.

## 2) Eléments scientifiques et techniques versus socio-économiques pour la mise en œuvre de la coexistence

Le CS du HCB prend acte du fait que la présence fortuite de végétaux génétiquement modifiés est un facteur pris en compte dans les transactions commerciales entre opérateurs et qu'elle peut influencer sur la mise en place de filières segmentées. Il est donc important de fournir les éléments scientifiques et techniques qui permettent aux opérateurs de respecter les réglementations en vigueur. Les aspects socio-économiques seront abordés par le CEES du HCB<sup>14</sup>.

## 3) Impossibilité de formuler des conditions techniques applicables à toute situation

Compte tenu de la diversité des situations pédo-climatiques, de la structure des paysages agricoles en France, des pratiques agronomiques et des modes de commercialisation des productions agricoles, le CS du HCB considère qu'il est impossible de formuler des conditions techniques uniformes qui seraient applicables à toute situation et sur l'ensemble du territoire y compris les DROM-COM<sup>15</sup>, sans porter atteinte au principe de proportionnalité édicté dans la recommandation européenne (EC, 2010b). A ce titre, le CS du HCB rappelle que la définition de la nature des seuils à respecter est complexe et que les méthodes appliquées au niveau des contrôles (échantillonnage, mesures et interprétation des résultats) pourraient avoir un impact important sur les capacités de mise en œuvre de la coexistence.

## 4) Prise en charge des mesures de coexistence

La réglementation tant européenne que française précise explicitement que c'est au producteur de végétaux génétiquement modifiés de prendre les mesures nécessaires pour assurer le respect du seuil de 0,9 % dans les autres productions. En ce qui concerne les filières « sans OGM », les lignes directrices européennes indiquent qu'il est possible de viser des seuils de présence fortuite inférieurs à 0,9 % sans plus de précision (EC, 2010b). La loi française affiche comme principe que « les organismes génétiquement modifiés ne peuvent être cultivés, commercialisés ou utilisés que dans le respect de l'environnement et de la santé publique, des structures agricoles, des écosystèmes locaux et des filières de production et commerciales qualifiées "sans organismes génétiquement modifiés" » (RF, 2008).

Le présent avis aborde essentiellement les mesures techniques que peut prendre l'agriculteur cultivant des variétés GM. La prise des mesures supplémentaires nécessaires pour respecter le seuil de 0,1 % mérite une clarification. Or, ce choix pourrait induire des mesures techniques de cultures différentes dont l'impact est important, dans le cadre du présent avis. Ainsi, certaines mesures techniques concernant les agriculteurs conventionnels sont également discutées en raison de leur efficacité et de leur potentiel à contribuer à garantir la liberté de consommer et de produire avec ou sans organismes génétiquement modifiés. Les aspects socio-économiques des mesures proposées ne sont pas traités ici et devront faire l'objet d'études ultérieures qui devraient bénéficier de l'éclairage du CEES au travers de ses travaux.

## 5) Périmètre considéré

En plus des phases de mise en culture, récolte, transport et stockage, le CS du HCB juge nécessaire de considérer le cas de la production de semences qui, bien que ne faisant pas l'objet de la présente saisine, lui est apparu un élément incontournable à traiter pour éclairer la prise de décision publique sur les mesures de coexistence des cultures.

---

<sup>14</sup> Les considérations socio-économiques sont du ressort du CEES du HCB, qui aborde ces questions dans une recommandation publiée en complément à l'avis du CS sur la coexistence.

<sup>15</sup> Départements et régions d'outremer – Collectivités d'outremer.

La question des « impuretés botaniques », c'est-à-dire concernant la présence accidentelle de grains GM d'une espèce dans des grains non GM d'une autre espèce, notamment liées à des mélanges dans les équipements agricoles, n'est pas traitée. De façon générale, les mesures de coexistence peuvent avoir elles-mêmes des impacts économiques et environnementaux qui sont clairement hors de la saisine.

En ce qui concerne l'apiculture, le CS rappelle qu'il s'était déjà exprimé sur les possibles conditions techniques déterminant l'étiquetage « sans OGM » des produits de l'apiculture (Avis du HCB du 1<sup>er</sup> février 2011 relatif à l'étiquetage des denrées alimentaires issues de filières qualifiées « sans OGM»). Le projet de décret relatif à l'étiquetage des denrées alimentaires issues de filières qualifiées « sans OGM » notifié par la suite à la Commission européenne fixe une distance des ruchers aux OGM pour la qualification « sans OGM » des produits issus de l'apiculture (« sans OGM dans un rayon de 3 km »). La question ne sera donc pas abordée à nouveau dans cet avis. Toutefois, le CS rappelle que pour que la qualification « sans OGM » des produits de l'apiculture basée sur le principe de distance mentionné ci-dessus fonctionne, l'information de culture de PGM devra être rendue disponible aux apiculteurs.

Enfin, de façon générale, les mesures de coexistence peuvent avoir elles-mêmes des impacts économiques et environnementaux qui sont clairement hors du champ de la saisine.

#### 6) Cultures considérées

A la date de rédaction de cet avis, les végétaux génétiquement modifiés disposant d'une autorisation de culture au niveau communautaire sont le maïs MON 810, le maïs T25 et la pomme de terre Amflora. Les dossiers en cours d'évaluation pour une demande d'autorisation de culture concernent différents dossiers de maïs, soja, pomme de terre et betterave sucrière. L'avis du CS du HCB concerne donc quatre cultures : le maïs, le soja, la pomme de terre et la betterave sucrière. Toutefois, les principes généraux édictés dans cet avis sont applicables à d'autres cultures comme le colza mais les mesures techniques spécifiques restent à étudier.

Le présent avis du CS du HCB a donc pour objet :

- i. de faire un état des lieux des connaissances scientifiques et techniques sur les différents facteurs affectant la présence fortuite de végétaux génétiquement modifiés dans d'autres productions ;
- ii. de souligner un certain nombre de limites et difficultés techniques affectant le respect des seuils considérés pour la coexistence des cultures ;
- iii. d'identifier un ensemble de conditions techniques permettant d'atteindre les objectifs énoncés ci-dessus pour les phases de production de semences, mise en culture, récolte, transport et stockage, pour les cultures de maïs, soja, pomme de terre et betterave sucrière ;
- iv. de formuler des préconisations générales utiles aux pouvoirs publics pour encadrer la coexistence des cultures.

Cet avis prend en compte les travaux conduits ces dix dernières années au niveau européen et français et qui ont fait l'objet d'une synthèse dans le cadre d'une étude commanditée par le CS du HCB<sup>16</sup> et disponible auprès du HCB.

S'il donne des principes applicables aux événements simples comme aux empilages, la complexité des éléments à prendre en compte nécessite une application de ces principes au cas par cas. Le CS pourra préciser ces principes pour chaque OGM au moment de leur évaluation.

---

<sup>16</sup> Rapport du groupe de travail Coexistence, F Le NY, FC Coléno, J Lecomte, A Messean et F Angevin.

## 2. Elaboration d'une stratégie de coexistence

### 2.1 *Identification des sources de présence fortuite d'OGM*

Les sources de présence fortuite de végétaux génétiquement modifiés dans des récoltes conventionnelles et biologiques, ainsi que les facteurs qui affectent ou permettent de limiter ces sources ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche au cours des dix dernières années, et notamment au travers des projets de recherche européens SIGMEA (EC, 2010a; Messéan et al., 2009) et Co-Extra (Bertheau, 2009, in press; EC, 2010a). Le Tableau 1 synthétise ces sources et facteurs et précise leur importance relative pour les cultures concernées par cet avis. Les présences fortuites peuvent résulter de la dispersion de pollen et/ou de graines et/ou d'organes de multiplication végétative, dans le temps et dans l'espace, mais également des opérations de manutention des productions lors des opérations de transport ou de stockage pendant lesquelles des productions de végétaux génétiquement modifiés peuvent se mélanger avec des productions conventionnelles ou biologiques, si les filières ne sont pas suffisamment séparées et les pratiques nécessaires suffisamment maîtrisées et contrôlées.

#### 1) Pureté variétale

La première source de présence fortuite d'OGM est l'altération de la pureté variétale des semences. Il s'agit d'un facteur essentiel à prendre en compte dans la mesure où le niveau de présence fortuite d'OGM dans les semences conventionnelles doit être compatible avec le scénario envisagé pour la culture, autrement dit, suffisamment faible pour permettre de prendre en compte les autres sources de présence fortuite dans les phases ultérieures de production.

#### 2) Repousses

Des plantes GM de la même espèce, qui seraient déjà présentes dans les champs sous forme de repousses de cultures précédentes, peuvent être récoltées en même temps que la culture principale. Si ce facteur est particulièrement important pour des cultures comme le colza, où les repousses peuvent être nombreuses, persistantes et contribuer significativement à la récolte (Lutman et al., 2005), dans le cas des cultures concernées par la saisine, la présence de repousses est aujourd'hui cantonnée à certaines situations géoclimatiques et limitée dans le temps. Il est toutefois prévisible que le potentiel de repousses en Europe évolue avec le changement climatique (van de Wiel et al., 2011). Des pratiques agricoles adaptées (précautions de récolte, rotations allongées, destructions des repousses) permettent actuellement de contrôler ce facteur de présence fortuite.

#### 3) Pollinisation croisée

La pollinisation croisée entre donneurs et récepteurs est une source supplémentaire de présence fortuite d'OGM. Les plantes émettrices peuvent être :

- des plantes GM cultivées dans un champ voisin d'une culture réceptrice de la même espèce ;
- des repousses GM réparties dans des champs d'autres cultures, et qui peuvent polliniser les plantes conventionnelles de champs voisins de la même espèce ;
- des plantes férales GM présentes dans les zones non cultivées avoisinant un champ cultivé de plantes non GM de la même espèce (bordures de champ, jachères, friches, etc.) ;
- des plantes sauvages ou d'autres espèces partiellement compatibles avec l'espèce cultivée et qui auraient préalablement fait l'objet de croisement interspécifique.

#### 4) Mélanges liés aux équipements agricoles

Cette source de présence fortuite d'OGM résulte de l'utilisation d'équipements agricoles de façon non dédiée à une culture spécifique (semoir, matériels de récolte et de transport), équipements utilisés dans des productions conventionnelles qui seraient insuffisamment nettoyés après leur utilisation pour des cultures d'OGM.

Sources de présence fortuite d'OGM (Ordre chronologique)	Principaux facteurs influençant les risques de mélange	Cultures			
		Soja	Maïs	Betterave sucrière	Pomme de terre
<b>Semences/Plants</b> <b>Pureté variétale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux d'autogamie de l'espèce</li> <li>Semences hybrides ou non</li> <li>Semences de ferme / semences certifiées</li> <li>Taille des graines</li> </ul>	++	++	++	+
<b>Semis/plantation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipement partagé ou non</li> <li>Organisation du travail</li> <li>Taille des semences / tubercules</li> </ul>	+	+	+	-
<b>Pollinisation croisée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taux d'autogamie</li> <li>Type de pollinisation (entomophile ou anémophile)</li> <li>Présence d'insectes pollinisateurs efficaces (en cas de pollinisation entomophile)</li> <li>Viabilité et taille du pollen</li> <li>Quantité de pollen produite par les variétés</li> <li>Structuration du paysage</li> <li>Dynamique de floraison</li> </ul>	+	+++	-	(+)
<b>Repousses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologie de l'espèce et particularités des variétés (Ex : Persistance des graines, résistance à des stress)</li> <li>Génotype des repousses</li> <li>Systèmes de culture (longueur des rotations)</li> <li>Travail du sol et gestion des adventices</li> </ul>	-	(+) Dans les zones à hiver doux	+	++
<b>Plantes férales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologie de l'espèce et particularités des variétés (Ex : (Persistance des graines, résistance à des stress)</li> <li>Valeur sélective</li> <li>Gestion des zones non-cultivées (dont bords de champs)</li> </ul>	-	-	+	-
<b>Plantes sauvages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compatibilité sexuelle</li> <li>Biologie de l'espèce</li> </ul>	-	-	+	-
<b>Récolte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipement partagé ou non</li> <li>Organisation du travail</li> <li>Taille des semences / tubercules</li> </ul>	+	+	-	+
<b>Transport au silo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipement partagé ou non</li> <li>Organisation du travail</li> <li>Taille des semences / tubercules</li> </ul>	+	+	-	-
<b>Séchage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériel dédié ou non</li> </ul>	+	+		
<b>Stockage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A la ferme / dans une coopérative ou un négoce</li> <li>Equipement dédié ou non</li> <li>Nombre d'étapes entre le champ et le silo</li> </ul>	+	+	-	-

**Tableau 1.** Sources de présence fortuite d'OGM lors de la phase de culture et importance relative des différents facteurs influençant les risques de mélange au sein de chaque culture concernée (N.B. Le tableau est à lire en colonnes pour chaque culture. Les signes n'ont pas de valeur comparative entre cultures).

L'importance relative de ces différentes sources dépend de la culture considérée (en particulier de sa biologie florale et des capacités de persistance des graines ou autres formes de propagation) et des pratiques agricoles qui peuvent grandement différer selon les régions et les exploitations. Il ressort du Tableau 1 que la phase de production de semences ou de plants est stratégique pour la maîtrise ultérieure des taux de présence de végétaux génétiquement modifiés dans les productions.

## 2.2 Facteurs conditionnant la mise en œuvre des seuils de tolérance d'OGM

### 1) Rappel des seuils de tolérance d'OGM considérés

Les dispositions réglementaires actuelles précisent le seuil de présence fortuite ou techniquement inévitable en OGM au-delà duquel l'étiquetage OGM s'impose au niveau européen : 0,9 % (EC, 2003a), ainsi que le plafond en deçà duquel l'étiquetage « sans OGM » serait autorisé au niveau national : 0,1 % (Décret « sans OGM » en préparation).

La saisine demande au HCB de considérer deux scénarios de coexistence, l'un permettant d'assurer que la teneur en OGM dans les autres productions est inférieure à 0,9 %, le seuil communautaire, et l'autre, que cette teneur est inférieure à 0,1 %, le seuil proposé pour le « sans OGM » en France.

### 2) Paramètres de mesure de la coexistence

La réglementation française et la présente saisine ne proposent pas de définition ou d'unité de mesure pour la teneur en OGM à considérer spécifiquement pour la coexistence. C'est également le cas des teneurs en OGM mentionnées dans la Directive 2001/18/CE et les Règlements (CE) n° 1829/2003 et n° 1830/2003.

Dans le cadre de cette saisine sur la coexistence des cultures, la teneur en OGM est entendue par le CS comme **une mesure de la présence relative de graines, racines ou tubercules GM dans d'autres productions, quelle que soit la nature de la modification génétique de ces produits**. Ces produits sont en effet soit GM, soit non GM ; la nature de leur modification génétique (notamment le nombre d'inserts transgéniques) ne les rendra pas plus ou moins GM.

Le choix du lot, pour lequel le seuil visé de teneur en OGM devrait être respecté, affecte également la définition du paramètre de teneur en OGM et devrait être fixé. En effet, la mesure de la teneur en OGM variera selon que le lot considéré sera la parcelle, la remorque, le silo, ou le sac de vente aux consommateurs. Dans le cas du maïs en particulier, la variabilité importante de composition génétique des grains au sein du même épi ou entre différents épis<sup>17</sup>, au sein d'une parcelle de production ou entre les parcelles, impliquerait des propositions de conditions techniques différentes selon le lot considéré. **De ce fait, le CS a retenu la parcelle agricole comme unité de lot pour déterminer les conditions techniques de coexistence présentées dans cet avis.**

Il est important de noter que les mesures techniques destinées à assurer le respect d'un seuil donné à l'échelle de la parcelle, (i) ne garantiront pas que le seuil sera respecté pour chaque sous-lot de cette parcelle (trémie, remorque ou toute autre unité de commercialisation provenant d'une même parcelle) et (ii) pourraient s'avérer plus contraignantes que celles qui viseraient à respecter le seuil à l'échelle d'un silo dans lequel seraient rassemblées les collectes de nombreuses parcelles agricoles.

### 3) Limites de sens de l'unité de mesure en vigueur : variations selon la structure génétique de l'OGM

Bien que le CS du HCB considère que dans le cadre de la coexistence des cultures, la teneur en OGM devrait être entendue comme une mesure de la présence relative de graines/racines/tubercules GM dans d'autres productions, l'unité de mesure recommandée

---

<sup>17</sup> Le coefficient de variation inter-épis est supérieur à 100 % dans le cas du maïs.

pour la teneur en OGM a été précédemment définie dans la Recommandation 2004/787/CE<sup>18</sup> de la Commission européenne du 4 octobre 2004 (EC, 2004) dans le texte suivant :

« Les résultats de l'analyse quantitative doivent être exprimés sous forme du nombre de copies d'ADN génétiquement modifié rapporté au nombre de copies d'ADN spécifique du taxon cible, exprimé en pourcentage et calculé sur la base des génomes haploïdes. »

Il est par ailleurs indiqué dans les définitions de cette recommandation :

« Pourcentage d'ADN génétiquement modifié : nombre de copies d'ADN génétiquement modifié rapporté au nombre de copies d'ADN spécifique du taxon cible, exprimé en pourcentage et calculé sur la base des génomes haploïdes. »

Si cette unité de mesure s'impose pour le contrôle de la teneur en OGM, le CS du HCB souhaite en signaler les conséquences et les contraintes si elle était utilisée dans le cadre de la coexistence des cultures, du fait de l'influence de la composition de la structure génétique des OGM sur le résultat mesuré. En effet :

- cette unité de mesure, basée sur le nombre de génomes haploïdes (HGE ou *haploid genome equivalent*), est affectée par le niveau de ploïdie des tissus considérés, leur proportion relative, le niveau de zygotie du locus transgénique, et l'origine parentale de l'allèle transgénique. Or, certains matériels biologiques ont, par nature, une composition génétique hétérogène. En particulier, les graines sont composées de tissus hétérogènes, dont la composition génétique et les proportions relatives varient d'une culture à l'autre<sup>19</sup>. Dans le cadre de la quantification de teneur en OGM, des facteurs de correction ont été proposés pour obtenir un nombre de génomes haploïdes génétiquement modifiés reflétant la complexité de la composition génétique spécifique des grains de maïs (Zhang et al., 2008) ;
- la définition de cette unité peut prêter à confusion selon que l'on considère le génome haploïde comme le génome monoploïde ou holoploïde d'une espèce, définitions variant selon le niveau de ploïdie des espèces considérées<sup>20</sup> (Greilhuber et al., 2005; Holst-Jensen et al., 2006) ;
- cette unité de mesure fait dépendre la teneur en OGM (calculée en HGE) du nombre d'événements indépendants insérés dans le génome. Par exemple, 1 % de grains d'OGM correspond à environ 0,5 % HGE s'il contient un insert transgénique (pouvant contenir plusieurs transgènes) par génome. Mais 1 % de grains d'OGM peut aussi correspondre à environ 2 % HGE s'il contient un empilage de quatre inserts transgéniques (empilage obtenu par croisements conventionnels entre 4 événements de transformation simples, c'est-à-dire contenant chacun un insert). Il en découle qu'un maïs contenant un tel empilage de quatre inserts aura une teneur en OGM estimée en HGE 4 fois supérieure à un maïs OGM contenant les mêmes transgènes des 4 inserts intégrés dans un seul insert d'une même cassette multigénique.
- par ailleurs, pour un même nombre d'inserts transgéniques (un insert pouvant contenir plus d'un transgène), la structure génétique de l'OGM elle-même (localisation des inserts dans le génome) peut affecter la mesure de présence fortuite. Ainsi, pour un même niveau de présence fortuite en masse et un même nombre d'inserts transgéniques, la teneur en OGM estimée en HGE variera selon la répartition des inserts dans le génome,

---

<sup>18</sup> Recommandation 2004/787/CE de la Commission européenne du 4 octobre 2004, concernant des lignes directrices techniques en matière d'échantillonnage et de détection des organismes génétiquement modifiés et des matières produites à partir d'organismes génétiquement modifiés en tant que produits ou ingrédients de produits, dans le cadre du Règlement (CE) n° 1830/2003.

<sup>19</sup> Exemple d'hétérogénéité des tissus de graine : un grain de maïs est composé d'un endosperme triploïde provenant de la fusion de deux noyaux maternels et d'un noyau paternel, d'un embryon diploïde provenant de la fusion d'un noyau haploïde maternel et d'un noyau haploïde paternel, et d'un tégument diploïde d'origine maternelle. Cette composition est différente pour d'autres graines : par exemple, les graines de betterave ont un endosperme diploïde d'origine exclusivement maternelle, tandis que les graines de soja sont dépourvues d'endosperme.

<sup>20</sup> Le génome holoploïde considère le complément entier de chromosomes  $n$ , quel que soit le degré de ploïdie, tandis que le génome monoploïde est un jeu de chromosomes  $x$ .  $x$  est présent en autant d'exemplaires que de degrés de ploïdie ( $n = 2x$  dans un organisme diploïde). Par exemple, le génome holoploïde du blé est de  $n = 3x = 21$ , alors que son génome monoploïde est de  $x = 7$ .

au sein des chromosomes et entre chromosomes, du fait de son impact dans la ségrégation des inserts transgéniques au cours de la méiose (Paul et al., 2011).

En conséquence, si les conditions techniques de coexistence devaient respecter des teneurs en OGM telles que définies par cette unité de mesure, cela impliquerait qu'elles devraient être adaptées selon le nombre d'inserts transgéniques indépendants ou leur répartition dans le génome (voir par exemple l'annexe 5 qui illustre le cas de l'empilage chez le maïs).

Le CS du HCB considère que faire dépendre les conditions techniques de coexistence du nombre d'inserts transgéniques ou de leur répartition dans le génome prête à confusion et rend l'élaboration de mesures de coexistence extrêmement complexe.

En l'absence d'implémentation de technologies de mesure qui permettraient de caractériser une production graine à graine et non par rapport au pourcentage d'ADN génétiquement modifié défini en HGE, **le CS du HCB propose d'utiliser une mesure de la présence relative de grains/racines/tubercules GM dans d'autres productions, calculée en utilisant l'unité de mesure en vigueur affectée d'un facteur de correction qui prendrait en compte l'identité des OGM cultivés dans le voisinage de la parcelle testée<sup>21</sup>.**

Cette identité devrait en effet être connue du fait de la déclaration obligatoire de culture de végétaux génétiquement modifiés conformément au Décret n° 2011-841 du 13 juillet 2011 relatif à la déclaration de mise en culture de végétaux génétiquement modifiés. Ainsi, une teneur en OGM en graines/racines/tubercules pourrait être systématiquement déduite de la valeur mesurée en HGE corrigée par un facteur adapté. **De cette manière, les conditions techniques de coexistence n'auront pas à dépendre du nombre ou de la répartition des inserts transgéniques dans le génome pour respecter les seuils de teneur en OGM visés.**

Toutefois, comme la réglementation impose aux filières l'usage de l'unité HGE dans les transactions commerciales, cet avis décrit les règles et les éléments techniques à prendre en compte afin de raisonner les mesures de coexistence pour les deux scénarios de choix d'unité de mesure. Ainsi, les conditions locales de coexistence pourront éventuellement être adaptées par les pouvoirs publics et/ou opérateurs à partir de ces éléments et d'outils d'aide à la décision.

#### 4) Faisabilité technique et incertitudes de mesure

Considérant que le seuil de 0,1 % constitue à l'heure actuelle la limite de quantification d'ADN par les techniques de PCR quantitatives de routine (ISO, 2005)<sup>22</sup> – techniques de base de quantification d'ADN communément utilisées pour obtenir les mesures en ADN recommandées par la CE –, il est légitime de s'interroger sur la faisabilité technique de la détermination de la teneur en OGM autour d'un seuil de 0,1 %.

Compte tenu des incertitudes de mesure, les opérateurs prennent des marges de sécurité pour réduire l'impact des erreurs et incertitudes<sup>23</sup> lors des transactions. Ces incertitudes de mesure, qui ne sont pas spécifiques aux OGM, sont liées d'une part aux erreurs d'échantillonnage, et d'autre part aux erreurs de reproductibilité inter-laboratoires des mesures de PCR quantitatives. A titre d'exemple, ces erreurs de reproductibilité ont été évaluées à un facteur 2 pour un taux de dilution de molécules d'ADN avoisinant 0,9 % (Macarthur et al., 2010). Cette erreur de reproductibilité a été évaluée à un facteur 3 dans des

---

<sup>21</sup> Le voisinage à prendre en compte se définit comme l'ensemble des parcelles pouvant contribuer à affecter le respect du seuil. Il dépend donc de la culture considérée, des conditions agro-climatiques et du seuil visé.

<sup>22</sup> Les limites de quantification et de détection des méthodes PCR pour l'analyse des teneurs en OGM sont complexes à déterminer et dépendent de plusieurs facteurs, variables selon les événements de transformation et les échantillons considérés (Holst-Jensen, A., Ronning, S.B., Lovseth, A., and Berdal, K.G. (2003). PCR technology for screening and quantification of genetically modified organisms (GMOs). *Anal Bioanal Chem* 375, 985-993.). On peut toutefois noter que la limite inférieure des teneurs en OGM pour lesquelles les méthodes de quantification d'OGM sont validées par l'EURL-GMFF (laboratoire communautaire de référence pour les aliments génétiquement modifiés) est en général 0,09 %, valeur minimale pour laquelle les critères de performance minimum des méthodes d'analyse d'OGM (définis par l'ENGL, le réseau européen des laboratoires OGM. (ENGL (2008). Definition of minimum performance requirements for analytical methods of GMO testing (European Network of GMO Laboratories, Community Reference Laboratory GM Food and Feed), pp. 8.) sont encore respectés. Les rapports de l'EURL-GMFF de validation des méthodes d'analyse d'OGM sont disponibles sur <http://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/statusofdoc.htm>.

<sup>23</sup> Résultats contraires à la réalité de type faux négatif (résultat négatif à tort) ou faux positif (résultat positif à tort).

tests d'aptitude (Thompson et al., 2006). Ainsi, pour garantir un seuil de teneur en OGM de 0,9 % avec une probabilité de 95 %, les opérateurs devraient considérer une limite inférieure de 0,45 % (Macarthur et al., 2010) ou de 0,30 % selon Thompson et collaborateurs.

A ces erreurs s'ajoutent les erreurs d'échantillonnage – généralement considérées comme supérieures aux erreurs de reproductibilité inter-laboratoire (Gy, 1998) – ce qui explique que les marges de sécurité effectivement utilisées par les opérateurs sont supérieures aux marges calculées avec le seul facteur d'erreur de reproductibilité inter-laboratoires. Ainsi, pour un seuil réglementaire de 0,9 %, le seuil contractuel utilisé dans les filières est généralement de 0,1 %<sup>24</sup>, c'est-à-dire environ un dixième du seuil réglementaire.

Il est à noter que les erreurs de reproductibilité des mesures de PCR, évaluées à environ un facteur 2 pour des teneurs proches de 0,9 %, s'accroissent de façon significative pour des valeurs inférieures à 0,9 % (Macarthur et al., 2010), phénomène habituel à l'approche de la limite de quantification d'une méthode et aux extrémités d'une courbe de calibration (Finney, 1947). Si l'on se contente d'une simple extrapolation de ces données à un seuil de présence fortuite d'OGM de 0,1 %, comme envisagé dans le projet de décret pour l'étiquetage « sans OGM », la teneur maximale en OGM demandée par les opérateurs pourrait être inférieure à 0,05 %, ceci sans tenir compte des erreurs d'échantillonnage. Le seuil de 0,1 % constituant à l'heure actuelle la limite technique de quantification des méthodes PCR quantitatives de routine, ces méthodes seraient alors inopérantes pour implémenter quantitativement un seuil de teneur en OGM de 0,1 %. A moins d'une amélioration de ces méthodes quantitatives, les opérateurs seraient alors contraints d'utiliser des méthodes qualitatives<sup>25</sup>. Dès lors, en extrapolant au seuil de 0,1 % ce qui est observé pour le seuil de 0,9 %, les opérateurs demanderaient un seuil contractuel à un dixième du seuil réglementaire, soit un seuil de 0,01 %, qui se trouve être la limite de détection des techniques PCR de routine actuelles (Holst-Jensen et al., 2003; ISO, 2005). Seuls les échantillons pour lesquels les résultats de PCR seraient négatifs (*i.e.* pas de signal d'amplification de la séquence cible) pourraient être classés sous le seuil de 0,1 % de teneur en OGM.

#### 5) Facteurs d'incertitudes supplémentaires de la semence au silo

Comme mentionnés plus tôt, plusieurs facteurs affectent la présence fortuite d'OGM dans les productions conventionnelles pendant les phases de production, de récolte, de transport et de stockage :

- le taux d'OGM déjà présent dans les semences conventionnelles (voir production de semences) ;
- les facteurs biologiques, climatiques et agronomiques qui déterminent le flux de gènes entre productions au champ ;
- la nature des équipements utilisés et leur gestion.

Ces facteurs dépendent des cultures considérées. Certains d'entre eux sont maîtrisables dans le cadre de la mise en place de conditions techniques appropriées (ex : le contrôle du niveau de présence fortuite dans les semences). En revanche, d'autres facteurs ne sont pas maîtrisables, comme la direction ou la puissance des vents qui affectent la dispersion des gènes *via* les flux de pollen dans les paysages agricoles.

### **2.3 Organisation spatiale individuelle versus collective de la coexistence**

L'ensemble des résultats expérimentaux et de modélisation montre que la présente fortuite liée à la pollinisation croisée pour les plantes partiellement ou entièrement allogames dépend, entre autres facteurs, de la pression pollinique relative et de sa distribution spatiale. La pression pollinique relative est le rapport entre pollen GM et non GM présent dans les nuages polliniques qui circulent au-dessus des parcelles. Cette pression dépend de la proportion

---

<sup>24</sup> Les seuils mentionnés dans les contrats des opérateurs dans le cadre d'un seuil réglementaire à 0,9 % sont effectivement de 0,1 %, voire même de 0,01 %, seuil de détection des techniques de PCR actuelles, ce qui revient à rechercher un résultat « PCR négatif ».

<sup>25</sup> Réponse binaire de type PCR positive ou PCR négative.

relative de végétaux génétiquement modifiés dans le territoire, de leur répartition, du mode de dissémination du pollen et des conduites de cultures.

Dans un paysage agricole, il convient donc de considérer les sources de pollen pour l'établissement de conditions techniques adéquates. Ce qui signifie que les mesures de coexistence à mettre en œuvre par un producteur de végétaux GM pour limiter la présence fortuite de végétaux GM dans les productions non GM alentour dépendent, d'une part, de la proportion de végétaux GM dans le voisinage (qu'il ne maîtrise pas) et, d'autre part, des possibilités de coordination de l'allocation des cultures avec ses voisins. Dans ce cas, même s'il s'agit d'organisation individuelle, il convient de prendre en compte l'hypothèse d'autres sources possibles de pollen GM dans le voisinage (Brunet et al., in press; Lavigne et al., 2008). En pratique, cela suppose que l'agriculteur connaisse les intentions de mises en culture de l'ensemble du voisinage. Ceci est assuré par l'application du décret relatif à la déclaration de mise en culture des végétaux GM. Il sera toutefois difficile, par exemple pour le maïs, de faire des prévisions sans modélisation ni concertation.

Alternativement, on pourrait « se contenter » d'estimer une distance d'isolement au-delà de laquelle le seuil visé serait respecté, quelle que soit la densité de végétaux GM de la même espèce dans le voisinage, et ceci en tenant compte de la taille de la parcelle réceptrice. Cette distance devrait alors être respectée par chaque agriculteur d'OGM, indépendamment de ses voisins. Néanmoins, une telle distance ne respecterait pas le principe de proportionnalité au regard du risque de présence fortuite encouru.

Il apparaît souhaitable d'encourager la mise en place d'une stratégie collective qui permette de négocier les mesures de coexistence nécessaires. La combinaison de systèmes d'information géographique décrivant les intentions de cultures et de modèles simples d'estimation de la présence fortuite à l'échelle spatiale permettrait d'identifier les situations critiques et d'adapter les mesures de coexistence à chaque situation locale.

## **2.4 Méthodologies existantes de coexistence**

De façon à respecter le principe de proportionnalité et la liberté de choix des agriculteurs, il est essentiel d'adapter les conditions techniques aux situations locales et aux objectifs recherchés. Ceci est particulièrement important pour les espèces allogames comme le maïs pour lesquelles les facteurs pouvant affecter la présence fortuite d'OGM dans d'autres productions sont nombreux.

### Distances d'isolement

En pratique, plusieurs études fournissent des recommandations en termes de distances d'isolement pour les grandes cultures comme le maïs. Elles s'appuient soit sur des dires d'experts (Czarnak-Kłos and Rodriguez-Cerezo, 2010) soit sur des approches de méta-analyse (Riesgo et al., 2010; Sanvido et al., 2008). Ces études considèrent essentiellement les distances d'isolement comme mesures de coexistence au champ et rendent compte de la variabilité précédemment évoquée en fournissant des intervalles de mesures très larges sans indiquer comment sélectionner les valeurs adaptées à chaque situation locale.

### Modèles

A cette fin, il existe des modèles qui reproduisent les processus de flux de gènes, liés au pollen et /ou aux graines à l'échelle des paysages : par exemple GeneSys-Colza (Colbach et al., 2001), MAPOD pour le maïs (Angevin et al., 2008), GeneSys-Betterave (Sester et al., 2008). Ces modèles, qui ont été évalués à partir de différents jeux de données, permettent d'estimer un taux de présence fortuite de végétaux génétiquement modifiés dans des productions conventionnelles en tenant compte :

- de la structure des paysages agricoles ;
- des conditions climatiques ;
- des pratiques agricoles (semis, densité, etc.) ;
- des scénarios de déploiement des OGM (taux, répartition).

Malgré leurs limites, notamment pour prédire correctement des taux de présence très faibles, ces modèles permettent d'aider au raisonnement des mesures de coexistence spécifiques à chaque situation. Ils ont donné lieu au développement d'outils d'aide à la décision (Bohanec et al., 2007; Messeguer et al., 2007). Développés en prenant en compte l'unité de mesure grains, leurs résultats sont aisément extrapolables aux mesures en unité HGE comme illustré en annexe 4.

Par ailleurs, le CS du HCB note que la Commission européenne soutient un nouveau projet de recherche<sup>26</sup> visant notamment à développer un prototype de système d'aide à la gestion de la coexistence qui sera composé :

- d'un système d'information géographique décrivant les paysages agricoles, les systèmes de culture et les données météorologiques ;
- d'une interface avec les registres officiels de déclaration de culture, permettant ainsi de géo-localiser les cultures OGM et non OGM ;
- de modules permettant d'estimer le niveau de présence fortuite d'OGM et sa variabilité pour chaque parcelle conventionnelle ;
- d'une interface permettant de tester l'efficacité d'une combinaison de mesures de coexistence afin de réduire le niveau de présence fortuite sous un seuil donné.

Un tel système devrait permettre de faciliter et généraliser la mise en œuvre de modèles de détermination de mesures de coexistence adaptées aux situations locales, et pourrait être mis à la disposition des pouvoirs publics et des opérateurs économiques.

## **2.5 Définition d'une stratégie de coexistence**

Le CS du HCB suggère que les pouvoirs publics fixent des recommandations générales et encouragent les opérateurs à utiliser des outils d'aide à la décision permettant d'accompagner la concertation locale.

En tenant compte des incertitudes d'échantillonnage et de mesure, de la diversité des conditions agronomiques, des différences biologiques entre OGM possibles tout en respectant la proportionnalité des mesures pour atteindre l'objectif poursuivi, le CS du HCB considère qu'il est impossible de préciser des conditions techniques uniformes permettant de respecter les seuils considérés pour chaque type de lot possible. Avec la diversité des agrosystèmes français et des unités de commercialisation, cela supposerait de spécifier des conditions techniques pour une multitude de situations qui rendraient leur mise en œuvre inopérante dans un grand nombre de situations, sans apporter de garanties supplémentaires quant à leur efficacité réelle. Si l'intégralité de la distribution des aléas devait être prise en compte comme contributive à la présence fortuite et si les conditions techniques devaient ne considérer que le cas le plus défavorable pour se protéger de cette présence, la coexistence serait alors difficilement praticable :

- les conditions techniques pourraient devenir inapplicables en pratique, en particulier du fait de l'effet domino<sup>27</sup> dans le cas de la mise en œuvre de distances d'isolement (Demont et al., 2008) ;
- de par la nature des incertitudes techniques, il n'est pas à exclure qu'une analyse PCR donne un résultat positif alors que le lot considéré respecte en réalité le seuil réglementaire.

---

<sup>26</sup> Projet EU FP7 PRICE 2012-2014 coordonné par la Technical University of Munich (TUM).

<sup>27</sup> L'effet « domino » est une réaction en chaîne qui découle des décisions induites par la mise en œuvre de larges distances d'isolement par les agriculteurs adoptant des variétés GM. Chaque fois que l'on modifie des intentions pour respecter des distances d'isolement (variétés conventionnelles à la place de variétés GM), d'autres parcelles OGM pourraient alors ne plus respecter les distances requise. Il s'ensuit un processus itératif qui aboutit au final à réduire les choix possibles d'emblavement pour les voisins (Demont *et al.*, 2008).

Compte tenu de ces remarques, le CS du HCB a forgé ses propositions de conditions techniques de coexistence sur les bases suivantes :

- considérer la parcelle agricole comme unité de lot ;
- déterminer les conditions techniques de telle façon que le seuil soit respecté en moyenne sur la parcelle, en termes de pourcentage de ce qui est produit (grains ou graines pour maïs, soja et semences de betterave, tubercules pour la pomme de terre et racines pour la betterave sucrière) ;
- ne pas prendre en compte les incertitudes de mesure liées aux opérations de contrôle, car elles dépendent de choix méthodologiques et de l'interprétation des tests qui ne sont pas directement liés aux facteurs affectant directement la présence fortuite ;
- considérer des valeurs pédo-climatiques moyennes pour tous les facteurs qui peuvent affecter la présence fortuite : par exemple, considérer les vents moyens dans une petite région agricole ;
- fournir aux opérateurs des outils de décision leur permettant d'adapter les conditions de coexistence aux situations locales.

Les recommandations qui suivent concernent les végétaux génétiquement modifiés quels que soient le nombre et la répartition des inserts transgéniques dans leur génome. Elles ont été préparées à partir d'une valeur HGE de teneur en ADN correspondant à la présence d'un seul insert transgénique (voir Annexe 4), les variations liées au nombre et à la répartition des inserts transgéniques pouvant être prises en compte par les coefficients de conversion reliant unité HGE et masse ou nombre de grains. Ces coefficients pourront être déduits à partir des déclarations obligatoires de culture, qui indiqueront l'identité des végétaux génétiquement modifiés cultivés, avec la nature, le nombre et la répartition des inserts transgéniques dans le génome. Les règles de conversion sont présentées dans le rapport du groupe de travail du CS.

Par ailleurs, de par l'effet « paysage », c'est-à-dire la présence possible d'autres parcelles OGM dans le voisinage, une gestion individuelle est difficilement envisageable en pratique. **On ne peut ignorer que d'autres champs OGM pourront interférer, la concertation entre agriculteurs et/ou la mise en place d'un système de coordination sous l'égide des pouvoirs publics est nécessaire**, comme la Recommandation de la Commission de 2010 et la Loi n° 2008-595 le prévoient, en particulier au travers du registre des cultures, que ce soit par choix individuels ou îlots de production dédiés.

Le CS du HCB reconnaît que la coexistence implique *per se* l'idée de la présence fortuite d'OGM en fonction des conditions locales (paysage, météorologie, climat). Le CS du HCB propose en conséquence de s'appuyer sur la loi, qui met en avant la liberté de produire et consommer avec ou sans OGM. Dans la mesure où cette liberté est "garantie" dans le respect des principes inscrits dans la Charte de l'environnement et dans le respect des dispositions communautaires, ce ne peut être qu'à l'Etat qu'il incombe de prévoir ces garanties par voie législative ou réglementaire. Les conditions météorologiques exceptionnelles, coup de vent ou tempêtes, qui perturberont les prévisions pourraient ainsi faire l'objet de clauses particulières. Il sera donc du ressort de l'Etat de mettre en œuvre des mesures d'encadrement adaptées<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Le CEES dans son autosaisine abordera ces questions.

### 3. Conditions techniques de coexistence pour chaque culture

Les caractéristiques biologiques des cultures, leurs modes de production actuels ainsi que l'analyse approfondie des facteurs affectant la présence fortuite d'OGM, sont détaillés dans le rapport du groupe de travail du CS et qui est disponible auprès du HCB.

Les recommandations ci-dessous sont fournies en prenant en compte une mesure de la coexistence en pourcentage de grains/racines/tubercules. Les mesures pourront être adaptées par les opérateurs à l'unité de mesure HGE en utilisant les facteurs de conversion.

#### 3.1 *Pomme de terre*

La pomme de terre est une espèce à multiplication végétative préférentielle, les tubercules qu'elle produit constituant son moyen essentiel de reproduction. Laissés en terre et en l'absence de gel, les tubercules germent quand les conditions climatiques deviennent favorables. Le problème des repousses se limite néanmoins aux parcelles cultivées en raison du faible pouvoir de colonisation de la plante.

La reproduction sexuée existe chez la pomme de terre mais ne constitue pas le mode courant de multiplication. La floraison n'est pas systématique, et les plantes sont auto-compatibles avec une reproduction sexuée majoritairement autogame (taux d'allogamie compris entre 0 et 20 %), et souvent stériles (70 % des cultivars sont mâle stérile, et la dégénérescence des ovules est courante). La plante est strictement entomophile et la dispersion du pollen s'effectue généralement sur de courtes distances inférieures à 20 m (Conner and Dale, 1996; Petti et al., 2007; Tynan et al., 1990). Des coups de vent peuvent bien évidemment porter le pollen sur des distances plus importantes mais de telles conditions ne sont pas propices à la pollinisation. En tout état de cause, et contrairement aux cultures destinées à la production graines (ex : maïs), l'éventuelle pollinisation à partir de parcelles de pomme de terre GM, même facilitée par certains insectes pollinisateurs, n'affecterait pas la nature des tubercules produits par les parcelles conventionnelles ou biologiques durant la même saison.

L'impact potentiel sur la coexistence ne pourra avoir lieu que dans la durée, si la pollinisation débouche sur la production de graines, donnant lieu à des plantules qui survivent et développent des tubercules. Compte tenu des caractéristiques mentionnées plus haut, la fructification apparaît aléatoire et dépend surtout du génotype considéré (aptitude à fleurir et fertilité pollinique sont variables). Par ailleurs, les plantules qui peuvent résulter d'une germination des graines disposent de peu de réserves et sont soumises à une forte compétition due à une germination en bouquet, elles sont beaucoup moins vigoureuses et sont en général éliminées par un hiver froid, le mildiou ou le travail du sol.

Compte tenu du mode de multiplication de la pomme de terre et de la probabilité très faible de voir se produire des pollinisations croisées, le facteur principal à prendre en compte dans la phase de production de tubercules concerne le potentiel de repousses dû aux tubercules non récoltés. Ces repousses peuvent affecter la présence fortuite de pomme de terre GM dans les productions conventionnelles ou biologiques dans le cas de rotations de cultures incluant à la fois des pommes de terre GM et non GM, confinant ainsi le problème à l'échelle de la parcelle agricole, et donc en général de l'exploitation agricole<sup>29</sup>.

Outre les repousses, les autres sources de présence fortuite à considérer concernent les plants de pomme de terre ainsi que les mélanges dans les opérations de plantation, récolte, transport et stockage. La taille des tubercules (comparativement à celle de la plupart des graines) et le fait que les agriculteurs disposent en général de leur matériel sont de nature à faciliter le nettoyage du matériel et des locaux.

---

<sup>29</sup> Dans le cas où des producteurs louent des terres à leurs voisins pour la production de pomme de terre, il importe que ces voisins soient clairement informés de la culture éventuelle de pomme de terre OGM sur leurs terres et des conséquences possibles en termes de coexistence.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,9 % :

L'organisation actuelle de la filière pomme de terre, de la production de plants jusqu'à la livraison de la récolte par l'agriculteur au collecteur permet de garantir des taux de mélanges fortuits très inférieurs à 0,9 % pour les producteurs conventionnels.

En effet, la production de plants obéit déjà à des seuils de pureté variétale compatibles avec le seuil de 0,9 % (0,2 % d'impuretés variétales toléré en plants certifiés). Au sein d'une exploitation agricole pratiquant les deux types de culture de tubercules ou de plants, les règles en vigueur de bonne séparation des installations de stockage et de nettoyage des équipements utilisés pour chaque type de variétés permettent de limiter les risques de mélange à des niveaux très faibles. Au champ, il est recommandé, de pratiquer des rotations suffisamment longues entre cultures de pomme de terre GM et pomme de terre non GM (au moins 4 ans) et de maintenir une distance d'environ 5 m entre parcelles de pomme de terre GM et non GM afin d'éviter tout mélange accidentel lors des opérations de récolte.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,1 % :

L'organisation actuelle de la filière pomme de terre, de la production de plants jusqu'à la livraison de la récolte par l'agriculteur au collecteur ne permet pas le respect d'un seuil de 0,1 % dans toutes les situations. La production de plants, peu sujette aux mélanges variétaux, obéit actuellement à des normes de certification à 0,2 % d'impuretés variétales. En réalité, les niveaux d'impureté des plants de base sont souvent bien inférieurs à 0,1 % dans la mesure où les pieds étrangers se distinguent au champ et sont arrachés. La difficulté à distinguer au champ deux variétés, l'une GM et l'autre non GM se posera en majorité dans le cas d'une variété conventionnelle et de sa contrepartie transgénique. En outre, le mode de production des plants de base à partir de microtubercules devrait permettre de garantir facilement le caractère non GM des plants.

Compte tenu que, dans le cas d'exploitations ne cultivant pas de pomme de terre GM, la source principale de présence fortuite concernerait les plants utilisés, il est impératif, pour les filières sans OGM, de disposer de plants exempts d'OGM. A cette fin, **le CS du HCB recommande de ne pas produire de plants de pommes de terre GM et non GM dans les mêmes exploitations agricoles, et de spécialiser les îlots de production au champ.**

#### Production de tubercules dans le cadre du seuil à 0,1 % :

Afin d'éviter le mélange accidentel de tubercules entre parcelles voisines, le CS du HCB considère qu'une distance de 10 mètres entre les parcelles de pomme de terre GM et toute autre parcelle de pomme de terre est généralement suffisante. Afin de prévenir tout risque de présence de plantules GM résultant d'une pollinisation croisée (variétés GM mâles fertiles), cette distance pourra être portée à 20 mètres.

De façon générale, il est recommandé à tout producteur de pomme de terre de limiter la présence de repousses de tubercules. Cela est obtenu en adaptant la maille des arracheuses de pomme de terre au calibre des variétés, en favorisant la levée puis la destruction des repousses après récolte, et en adoptant des rotations favorisant le contrôle des repousses. En outre, considérant que l'utilisation de la méthode PCR pour effectuer les contrôles de teneurs en OGM, au champ ou en sortie de champ, sur les tubercules ou sur les feuilles de pomme de terre, serait extrêmement lourde, et à l'encontre du principe de proportionnalité, le CS du HCB recommande de favoriser la mise en place d'une traçabilité documentaire.

### **3.2 Soja**

Plante à reproduction exclusivement sexuée et dont de nombreuses variétés ont une proportion très importante de fleurs cléistogames (Ortiz-Perez et al., 2006), le soja [*Glycine max* (L.) Merr.] est généralement considéré comme autogame à plus de 99 % (Andersson and de Vicente, 2010). Outre la variabilité génotypique existant entre les variétés, les conditions climatiques (température/humidité) ainsi que l'abondance d'insectes pollinisateurs peuvent faire varier le taux d'allogamie. Outre le très faible niveau de pollinisation croisée, la dispersion du pollen se fait sur de courtes distances (Abud et al., 2007; Yoshimura, 2011) et

la plupart des études indiquent une absence de pollinisation croisée à une distance de 10 mètres (da Silva and Maciel, 2010; Ray et al., 2003; Yoshimura et al., 2006).

Les graines de soja ne présentent pas de caractère de dormance et germent dès que la température du sol dépasse 10°C. Compte tenu du fait que le soja est une plante intolérante au froid, les éventuelles repousses issues de graines laissées au champ sont éliminées durant l'automne ou le début de l'hiver suivant la culture (Andersson and de Vicente, 2010). Le soja cultivé ne présente pas de caractère invasif et s'avère peu compétitif vis-à-vis d'autres plantes cultivées ou sauvages.

Le soja cultivé n'a pas de plantes sauvages apparentées en France (OECD, 2000).

Compte tenu de ces éléments, les risques de mélanges fortuits se situent à la production de semences, au semis, à la récolte, et lors des étapes de manipulation et de transport se déroulant hors du champ. Le stockage, lorsqu'il est réalisé à la ferme, constitue un point critique supplémentaire dans le cas d'exploitations produisant à la fois du soja conventionnel et du soja transgénique. Dans ce contexte, la production de semences constitue un maillon stratégique pour le maintien de filières exemptes d'OGM, particulièrement quand les semences de prébase et/ou base sont importées de pays tiers. Les points critiques en culture (mélange de graines dans les machines, pollinisation croisée) sont similaires à ceux de la production de consommation et font déjà l'objet de règles imposées par les établissements semenciers. C'est le « **mélange en usine** » se produisant au cours de la préparation des lots de semences qui apparaît comme le point critique majeur (Meynard and Le Bail, 2001). Le nettoyage des chaînes de préparation n'étant jamais efficace à 100 %, la mise en place de chaînes dédiées est recommandée pour produire des semences pour les filières « sans OGM » (à 0,1 %).

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,9% :

Compte tenu des risques identifiés ci-dessus, de la production de semences à la récolte en consommation, l'organisation actuelle de la filière soja permet de respecter le seuil de 0,9 % à condition de renforcer le contrôle des mélanges en production de semences. Les règles d'isolement au champ sont compatibles avec le seuil de 0,9 % (voir rapport du groupe de travail du CS). Dans le cas d'exploitations agricoles produisant à la fois du soja conventionnel et du soja transgénique ou partageant du matériel avec des exploitations en cultivant, il est recommandé de procéder à un nettoyage minutieux des équipements et des unités de stockage.

En production, il doit être procédé à une délimitation claire entre parcelles de soja conventionnel et soja transgénique afin de prévenir tout risque de mélange à la récolte.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,1 % :

Le respect d'un seuil de 0,1 % ne peut être formellement garanti dans le cadre actuel de la production de semences, compte tenu des seuils de pureté variétale admis (impuretés variétales dans les semences certifiées tolérées à hauteur de 1 %). La garantie d'un seuil à 0,1 % nécessite l'application de règles de coexistence supplémentaires :

##### 1) Pour la production de semences :

- Concernant les distances d'isolement, aucun changement ne s'applique à la production de semences de prébase et base, pour laquelle une distance de 10 mètres entre deux variétés est déjà imposée. En revanche, pour la production de **semences certifiées**, le CS recommande de porter à 10 mètres la distance d'isolement actuellement fixée à 5 mètres.
- Les agriculteurs multiplicateurs doivent, avant toute utilisation, et à défaut de matériel dédié, s'assurer de la vidange complète du semoir et de la moissonneuse-batteuse ainsi que des remorques et contrôler le contenu des sacs de semences (variété, génération dans le cas de semences de base).
- Outre un contrôle strict des semences importées, les mélanges doivent être évités dans les phases de tri/traitement en usine, de préférence par la mise en place de chaînes dédiées ; à défaut, la séparation temporelle des flux de conditionnement

des semences OGM et non OGM doit faire l'objet d'un contrôle strict et les chaînes de nettoyage minutieux.

- De façon générale, il est recommandé de dédier les îlots et chaînes de production de semences.

## 2) Pour la production de consommation :

- Le CS recommande la mise en place d'une distance d'isolement de 10 mètres entre les parcelles de soja transgénique et toute parcelle de culture conventionnelle de soja.
- Dans le cas d'agriculteurs cultivant les deux types de culture ou partageant du matériel, il est nécessaire de vérifier la propreté du semoir avant le semis et de nettoyer avec soin les engins de récolte et de transport utilisés, ce qui, compte tenu de la taille de la graine, est possible.
- En revanche, en raison des risques qu'il présente, le stockage à la ferme ne peut s'envisager que dans des installations (séchoir, silo) dédiées à chaque type de production (GM et non GM).
- Pour les agriculteurs réutilisant leurs graines comme semences, il est impératif de ne pas cultiver les deux types de soja afin d'éviter tout mélange accidentel.

### 3.3 **Betterave sucrière**

La betterave cultivée (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *altissima* L.) est une plante bisannuelle qui développe sa racine la première année puis fleurit l'année suivante, après vernalisation. La forme végétative de la betterave (la racine) est exploitée, récoltée en fin de première année avant la montée à graine. Néanmoins, certaines graines effectuent un cycle complet en une année (betteraves « annuelles »), des plantes produisant alors du pollen et des graines (« montées à graines »). Le pollen, anémophile et produit en abondance pendant une période de floraison relativement longue, constitue la voie privilégiée de dispersion des gènes. La betterave étant une espèce auto-incompatible, l'allogamie est totale (OECD, 2001). Le pollen de betterave est connu pour être capable de dispersion à très longue distance (plusieurs km voire plusieurs dizaines de km) (Darmency et al., 2009). La graine n'est pas adaptée à une dispersion par le vent ou par les animaux. Elle présente en revanche une bonne adaptation à la dispersion par l'eau, à l'origine de la dynamique de peuplement de la forme littorale (ssp. *maritima*) dont elle serait originaire. Dans certaines régions, les opérateurs devront donc mettre en œuvre des mesures propres à assurer la protection de la forme littorale *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *maritima*. afin de ne pas altérer les ressources génétiques de l'espèce.

En milieu continental, la dissémination naturelle de l'espèce par les graines est faible, mais les graines peuvent en revanche survivre dans le sol plusieurs années, voire plusieurs dizaines d'années (Sester, 2004).

Par ailleurs, des repousses appelées betteraves traînantes peuvent apparaître à partir de la racine ou simplement du collet, quand ceux-ci restent en terre après la récolte. Les plantes qui se développent à partir de ces organes sont alors dans leur deuxième année de développement : si ces repousses ne sont pas éliminées, elles fleurissent et produisent des graines dans la culture suivant la betterave.

Dans un champ de production de racines non GM, trois sources de présence fortuite d'OGM sont possibles :

- 1) Les lots de semences contiennent des semences GM ;
- 2) Le semoir contient de façon résiduelle des semences GM lorsque les équipements sont partagés et/ou utilisés pour les différents types de filières ;
- 3) Des betteraves « montées à graines » ont pu être pollinisées par des « montées à graines » de champs GM avoisinants les années précédentes et conduire à l'apparition de betteraves adventices porteuses de transgènes l'année de la culture de la betterave. Toutefois, la probabilité que de telles betteraves adventices occasionnent des

mélanges dans les futures récoltes de racines est négligeable, compte tenu des pratiques agronomiques actuelles (contrôle des montées) et de leur faible probabilité d'être récoltées. Par conséquent, la survenue de betteraves montées mal contrôlées et la pollinisation croisée peuvent être à l'origine de la présence de betteraves adventices GM dans des champs non GM sans pour autant compromettre la pureté de la récolte conventionnelle.

Compte tenu du mode de reproduction de la betterave et des risques liés aux flux de gènes, **le point critique réside en la maîtrise de la pollinisation croisée en zone de production de semences**. Les flux de gènes sont possibles entre les cultures de champs voisins, entre la culture implantée et les repousses d'une précédente culture sur la même parcelle ou sur une parcelle voisine, ou encore entre la culture et les populations de betteraves rudérales à proximité du champ ou dans des jardins avoisinants. La production de semences de betterave est majoritairement géographiquement séparée des zones de production de racines<sup>30</sup> et obéit déjà à un certain nombre de règles permettant de gérer la coexistence entre types de betteraves au moyen de distances d'isolement séparant des zones protégées (Sicard and Nardi, 2003). Mises en place en application de la Loi n°72-1140 du 22 décembre 1972 (RF, 1972) relative à la création des zones protégées pour la production de semences ou plants, elles prévoient l'aménagement de zones tampon vides de toute production de semences de betterave entre zones dédiées à chaque type de production : betterave sucrière, betterave rouge, betterave fourragère.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,9 % :

Compte tenu des risques identifiés, la production de betterave sucrière dans le respect du seuil réglementaire fixé à 0,9 % de présence de végétaux génétiquement modifiés est possible en l'état actuel des pratiques de la filière.

En effet, le taux d'impuretés admis pour les semences de betteraves est actuellement de 0,2 % avec une présence maximale autorisée de 0,1 % d'annuelles et de 0,1 % de betteraves rouge et fourragère (EC, 2002). Des règles strictes d'isolement spatial, d'éradication des plantes de la même espèce, de maîtrise des mélanges le long de la filière et de concertation entre opérateurs sont déjà en place (voir rapport du groupe de travail du CS).

En production de racines, il est recommandé de procéder à une destruction soignée des montées à graines dans tout champ de betteraves comme cela est déjà pratiqué en raison des inconvénients que ces montées ont pour les agriculteurs.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,1 % :

Le respect d'un seuil de 0,1 % de présence fortuite de betterave GM nécessite un renforcement des règles actuelles, tant en production de racines pour prévenir la présence fortuite qu'en production de semences afin de garantir des niveaux de pureté plus élevés. De telles mesures doivent s'envisager dans le cadre de la mise en place de zones agricoles spécifiquement dédiées à la production de semences de betterave transgénique, sur le modèle des zones protégées déjà mises en place pour les betteraves conventionnelles (betterave sucrière, betterave rouge, betterave fourragère).

##### 1) Pour la production de racines :

- les betteraves « montées à graines » des parcelles OGM doivent être systématiquement arrachées<sup>31</sup> ;
- à défaut de matériel dédié, le nettoyage des équipements de semis doit être minutieux ;
- à défaut de matériel dédié, le nettoyage des machines de récolte est crucial mais potentiellement difficile à réaliser, la période de récolte étant chargée et les interventions dépendantes des conditions climatiques. Planifier les chantiers

---

<sup>30</sup> En région Centre, les deux types de production sont présentes.

<sup>31</sup> Cette mesure est déjà actuellement recommandée et largement pratiquée pour toute production de betterave, dans l'intérêt propre de l'agriculteur ;

d'arrachage autour de la sucrerie par séquences, récoltes non OGM puis récoltes OGM, peut constituer une alternative efficace ;

- il est nécessaire d'assurer l'identification et la traçabilité des lots de betteraves sortis du champ, les mélanges accidentels sont peu probables compte tenu de la taille des racines, à condition que les tas ne soient pas adjacents.

Les exigences de traçabilité et de contrôle que nécessite la coexistence peuvent être aisément satisfaites pour la betterave sucrière. La production se fait par contrat avec les sucreries qui encadrent la culture à travers le conseil technique aux agriculteurs et la programmation des dates de récolte notamment.

## 2) Pour la production de semences :

Des recommandations renforçant les pratiques actuelles ont été formulées par un travail collectif engagé par le GNIS, la FNAMS, l'ITB et le SGPB (Collectif, 2002) synthétisé dans l'étude sur la coexistence parue en 2006 (Messéan et al., 2006). Ces recommandations portent principalement sur un contrôle et une traçabilité accrues de chaque opération ainsi que sur le renforcement de certaines mesures :

- nettoyage minutieux du semoir entre chaque lot ainsi qu'en fin de pépinière ;
- stockage des plançons dans des containers identifiés afin d'éviter toute perte durant le transport ;
- surveillance accrue des parcelles pendant plusieurs années suivant la récolte, dans le but de déceler et de détruire d'éventuelles repousses (arrachage manuel et application d'herbicide sélectif) ;
- mise en place de zones spécifiquement dédiées à la production de semences de betterave transgénique, sur le modèle des zones protégées déjà mises en place par grand type de betterave conventionnelle ;
- Distance d'isolement minimal portée à 1000 mètres, en particulier dans le cas où le transgène d'intérêt est porté par le mâle pollinisateur ;
- éradication des betteraves rudérales fourragères et potagères dans un rayon de 1000 mètres autour de la zone de production, par désherbage mécanique, manuel ou chimique ;
- réalisation de deux faux semis recommandée pour accélérer la levée des graines formées sur les mâles, le premier intervenant juste après la récolte ;
- organisation du chantier de récolte spécifique à chaque variété transgénique ;
- contrôle systématique de la propreté des récolteuses; avant de quitter la parcelle, dans le but d'éviter les pertes au cours du trajet, puis un second nettoyage plus approfondi à la ferme, afin d'éviter les mélanges avec d'autres champs ;
- vérification de l'absence de repousses pendant 3 ans minimum (2 à 3 interventions par an).

Ces mesures seront d'autant plus faciles à respecter que les zones de production de semences GM et non-OGM seront géographiquement séparées.

Comme pour la pomme de terre, le CS du HCB souhaite alerter les pouvoirs publics sur la difficulté matérielle de mettre en œuvre des méthodes de contrôle des seuils sur les racines par les méthodes analytiques (PCR ou immunologiques) et recommande la mise en place d'une traçabilité documentaire.

## 3.4 **Maïs**

Le maïs cultivé (*Zea mays* ssp. *mays*) est une plante allogame pourvu d'un pollen anémophile (OECD, 2003). Par ailleurs, c'est une espèce majoritairement protandre, ce qui favorise l'allogamie. Le maïs est donc particulièrement sujet à la pollinisation croisée. La plupart du pollen est dispersé à proximité de la plante émettrice (Bateman, 1947a, b; Raynor et al., 1972) et, bien que les fécondations diminuent avec la distance, des pollinisations à longue

distance sont possibles (Bannert and Stamp, 2007; Brunet et al., 2011; Byrne and Fromherz, 2003; Jones and Brooks, 1950).

L'hybridation est possible avec d'autres espèces du genre *Zea*, dont il n'existe pas de représentant sauvage ou cultivé en Europe (Goodman, 1976). Les possibilités de croisement avec des plantes sauvages apparentées sont donc nulles en Europe.

En raison de sa sensibilité au froid, le problème des repousses ne se pose pas en général en France métropolitaine. Il est toutefois prévisible que le potentiel de repousses en Europe évolue avec le changement climatique. Néanmoins, les plantes de maïs ainsi issues de grains tombés au sol lors de la récolte précédente présentent un développement médiocre et une fertilité déficiente qui minimisent la conséquence de leur présence sur la pollinisation croisée. Le travail du sol ou l'arrachage manuel constituent des moyens de s'en prémunir.

Les flux de gènes chez le maïs ont fait l'objet de nombreux travaux visant à caractériser et à décrire la dispersion du pollen selon différentes configurations paysagères et sous différentes conditions climatiques. Les travaux menés dans le cadre du projet SIGMEA et Co-Extra ont permis de rassembler un ensemble de résultats d'essais menés à l'échelle européenne.

Ces études ont permis de tirer les enseignements suivants pour la pollinisation croisée du maïs :

- une forte décroissance de la dispersion de pollen avec la distance (ordre de grandeur de 1 pour 1000 à une distance de 100 mètres de la bordure du champ donneur) (Messéan et al., 2009) ;
- une très grande variabilité des taux en fonction des conditions environnementales et expérimentales ;
- le maintien d'une pollinisation croisée à très longue distance à des taux faibles mais non nuls ;
- un effet sensible de la densité de culture de maïs GM dans le paysage agricole (résultats obtenus à partir des cultures commerciales en Espagne) ;
- un effet très marqué de la direction du vent et donc des positions relatives des champs émetteurs et récepteurs de pollen.

L'effet des mélanges lors des opérations de semis et de récolte, lorsque les équipements ne sont pas dédiés, est difficile à évaluer. Il est important de préserver le plus haut niveau de pureté des semences et les semoirs doivent être minutieusement nettoyés. En ce qui concerne la récolte, l'impact du nettoyage affecte essentiellement les premières trémies ou la première remorque (Messéan et al., 2006).

Compte tenu de l'importance de la pollinisation croisée comme source de présence fortuite d'OGM chez le maïs, la variabilité des taux de pollinisation observés doit être prise en compte dans la détermination des conditions techniques. Le risque de présence fortuite diffère en fonction de certaines variables structurales (tailles et formes des parcelles, pourcentage de variétés GM dans la sole de maïs (Le Bail et al., 2010).

Outre les mesures générales portant sur les équipements agricoles (nettoyage des équipements, spécialisation des installations), les mesures de coexistence proposées pour réduire les mélanges fortuits au champ portent sur la maîtrise de la pollinisation croisée entre champs GM et champs non GM. Elles correspondent à des stratégies d'isolement visant à limiter l'occurrence d'évènements de pollinisation croisée ainsi qu'à des stratégies de récolte adaptées :

#### 1. Isolement spatial :

Il s'agit de séparer les cultures transgéniques des cultures conventionnelles par une distance d'isolement. Compte tenu des caractéristiques de la dispersion du pollen de maïs, les distances d'isolement constituent un moyen efficace et *a priori* simple à mettre en œuvre de réduire la pollinisation croisée. Néanmoins, son efficacité pour réduire la pollinisation croisée à des taux faibles est limitée et sa faisabilité doit être évaluée au cas par cas et tenir compte du parcellaire, du paysage environnant et des conditions météorologiques.

## 2. Isolement temporel :

Cette stratégie consiste à décaler les périodes de floraison entre parcelles de maïs GM et parcelles conventionnelles, soit par exploitation des différences de précocité de floraison qui existent entre variétés, soit par décalage des dates de semis. Compte tenu de la protandrie du maïs, l'isolement temporel est plus efficace si la variété GM fleurit avant la variété non GM. Cet isolement temporel est très efficace lorsque l'on peut garantir des périodes de floraison ne se chevauchant pas, car on peut ainsi éviter toute pollinisation croisée. Toutefois, il n'est pas toujours aisé de décaler les dates de floraison de plusieurs semaines, compte tenu des contraintes climatiques pouvant affecter les semis au printemps et de l'éventail des précocités des variétés disponibles chez le maïs.

## 3. Zone tampon :

La mesure consiste à implanter une bande de maïs non GM en bordure des parcelles de culture GM. Mise en place par l'agriculteur décidant de cultiver des OGM, cette méthode permet (i) de diminuer les distances entre parcelles GM et non GM pour un même taux de pollinisation croisée et (ii) en théorie de diluer le flux de gènes quittant la parcelle OGM mais son efficacité est limitée (Rühl et al., 2011). En pratique, l'effet « dilution » n'est réel que lorsque les parcelles GM et non-GM sont très proches (quelques mètres). Outre sa faculté à lever en partie des contraintes de distances, cette bande de maïs non GM peut être considérée, dans le cas du maïs Bt, comme une zone refuge réduisant le développement de résistances chez les insectes foreurs.

## 4. Détourage des parcelles non GM :

Le détourage consiste à récolter séparément le contour de la parcelle non OGM sur une profondeur variable. La mise en œuvre de déclassement de bordures dans des parcelles conventionnelles afin de respecter les seuils abaissés est plus efficace que l'augmentation des distances d'isolement ou la mise en place de bordures sans OGM dans les parcelles OGM en raison des taux de pollinisation croisée plus élevés en bordure de parcelle (Rühl et al., 2011). Les taux de pollinisation croisée observées étant les plus importants en bordure de parcelle (quelle que soit les distances d'isolement), la pratique du détourage est très efficace pour réduire les taux de pollinisation croisée à des taux très faibles, la partie centrale de la parcelle étant moins exposée aux risques de fécondation par du pollen extérieur. Toutefois, cette mesure suppose que les parcelles conventionnelles soient de taille suffisante, et qu'un accord contractuel soit mis en place entre producteurs précisant les modalités de compensation d'éventuelles pertes économiques.

Ces quatre mesures peuvent être combinées pour adapter au mieux les conditions techniques aux contraintes environnementales (paysage agricole, climat, taille des parcelles) et agronomiques (rotations, densité de maïs, niveau d'adoption de maïs OGM). Les annexes 4 et 5 ainsi que le rapport du groupe de travail du CS sur la coexistence, disponible auprès du HCB, donnent des exemples de combinaison de ces mesures qui permettent d'atteindre un seuil donné de présence fortuite.

Compte tenu de la diversité des situations rencontrées et des scénarios d'adoption, le CS considère qu'une certaine flexibilité doit être laissée aux acteurs de terrain pour combiner ces mesures. Des modèles de simulation de la pollinisation croisée à l'échelle des territoires agricoles ont été mis au point et évalués quant à leur pouvoir prédictif (Angevin et al., 2008). Les outils d'aide à la décision qui peuvent en être dérivés (arbre de décision, abaques) permettraient d'accompagner, le cas échéant, les opérateurs sur la nature et le niveau des mesures à mettre en œuvre dans chaque situation.

D'autres mesures comme le développement d'associations de variétés hybrides mâle stérile et fertile qui permettent de réduire partiellement ou totalement la production de pollen transgénique peuvent compléter l'éventail de « la boîte à outils » mais ne sont pas considérés dans cet avis, leur usage dépendant de la disponibilité de variétés accessibles aux agriculteurs.

Les conditions techniques ci-dessous ont été établies pour le cas de maïs grain. Dans le cas de maïs fourrage, pour lequel la plante entière est utilisée, les mêmes conditions peuvent s'appliquer : pour un même ensemble de mesures, les taux de présence fortuite seront

environ moitié moindre, la pollinisation croisée affectant seulement la composition génétique des grains, pas celle de la plante récoltée<sup>32</sup>.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,9 % :

Les résultats des travaux conduits ces dernières années et du suivi réalisé en production commerciale montrent que le seuil de 0,9 % peut être respecté au travers de la combinaison de mesures prises à l'échelle individuelle tout en tenant compte de la possibilité d'avoir de multiples parcelles émettrices de pollen dans un paysage agricole (Messeguer et al., 2007; Messeguer et al., 2006). Dans certaines situations, des distances d'isolement, la mise en œuvre de zones tampons dans les parcelles d'OGM ou des mesures agronomiques comme des décalages de semis sont nécessaires et l'annexe 4 fournit des exemples d'abaques, issues du programme MAPOD (Angevin et al., 2008). Ce type d'outil permet d'aider les opérateurs et/ou les pouvoirs publics à formuler des recommandations adaptées à chaque situation.

Ces abaques font apparaître qu'il n'y a pas de conditions techniques minimales générales à respecter pour maîtriser l'effet de la pollinisation croisée. Le CS du HCB ne préconise donc pas de mesure minimale à respecter, du type distance d'isolement fixe par exemple.

Dans des situations de forte densité de maïs dans un territoire (supérieure à 50 %) et avec un taux très élevé de variétés GM (supérieur à 50 %), une coordination entre agriculteurs à l'échelle de ce territoire est recommandée afin de déterminer des distances d'isolement suffisantes ou d'organiser des mesures alternatives ou supplémentaires de coexistence entre cultures GM et non GM (décalages de floraison, zone tampon ou détournages de parcelles par exemple).

Le respect du seuil nécessite par ailleurs un nettoyage minutieux du matériel, à défaut que celui-ci soit dédié, ainsi que de fixer un seuil de présence maximal d'OGM dans les lots de semences qui soit compatible avec le seuil de 0,9 %.

#### Conditions techniques pour un seuil à 0,1 % :

En préalable, le CS du HCB note que pour garantir la distribution d'un produit final contenant moins de 0,9 % d'OGM, les industries de transformation à l'aval de la filière imposent actuellement le plus souvent non pas 0,9 % mais près de 0,1 % de mélanges en sortie de champ (Coléno, 2007; EC, 2010a). Le CS tient à souligner que l'on ne peut en rien conclure de cette situation que le respect actuel d'un seuil contractuel de 0,1 % est techniquement faisable étant donné l'absence de cultures GM en France aujourd'hui. Il en serait autrement en régime réel de coexistence, avec la mise en place de surfaces significatives de végétaux génétiquement modifiés.

Le seuil de 0,1 % apparaît extrêmement complexe à mettre en œuvre dans le cadre d'une coexistence à l'échelle d'un territoire agricole. Outre les précautions beaucoup plus sévères à prendre en matière de mesures de coexistence en production de consommation (voir exemples d'abaques en Annexe 4), il nécessite, du fait de l'additivité des sources de mélange et de la sensibilité de la méthode de détection par PCR (dont la limite de quantification est d'environ 0,1 %), l'utilisation de semences dépourvues d'OGM et de matériel dédié à chaque type de production. Or, la production de semences de maïs est très sensible à la pollinisation croisée en raison d'une « protection » pollinique locale moindre (castration des lignées femelles destinées à la production de semences F1, distance entre plants mâles et femelles accrue par rapport à une production de graines, production de pollen des lignées mâles plus faible que celle d'hybrides).

---

<sup>32</sup> Le rapport de matière sèche entre les épis et la plante entière dépend des conditions environnementales [Ingram, J. (2000). The separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. *Plant Var Seeds* 13, 181-199.

Concernant les semences, le CS préconise le renforcement des pratiques actuelles (EEC, 1966) :

- La production des semences de pré-base, de base et certifiées doit être réalisée dans des zones dédiées dans lesquelles il n'y a pas de culture de maïs OGM dans un rayon de l'ordre d'un kilomètre ;
- Les chaînes de tri, traitement et conditionnement des semences doivent être dédiées.

Concernant la production de graines, moyennant des semences dépourvues d'OGM et en tenant compte des règles de raisonnement proposées par le CS plus haut (voir section 2.5), les conditions techniques suivantes peuvent être recommandées :

- Afin d'éviter tout risque de mélanges dans les opérations de semis, récolte, transport et stockage, il est recommandé de ne pas pratiquer les deux types de cultures (maïs GM et maïs non GM) sur une même exploitation agricole ou au sein de groupes d'agriculteurs partageant leurs équipements et/ou installations (e.g., CUMA<sup>33</sup>) ;
- Une combinaison de plusieurs mesures permettant de limiter la pollinisation croisée doit être utilisée : distance d'isolement/zone tampon, décalage de floraison, détourage ; le niveau précis est à adapter au cas par cas (voir abaques, Annexe 4).

En pratique, la mise en place d'une concertation entre agriculteurs d'un même territoire faciliterait grandement la définition et la mise en place de mesures flexibles et adaptées à chaque situation. Un zonage souple et négocié entre producteurs cultivant des OGM et producteurs insérés dans des filières sans OGM, est nécessaire pour préserver la liberté de choix de produire avec ou sans OGM. Des dispositifs de concertation existent déjà au sein de la profession et ils peuvent accompagner, sous le contrôle des pouvoirs publics, ce processus de négociation et de concertation.

### 3.5 *Le cas particulier de la production des semences*

En plus des recommandations indiquées précédemment pour chacune des espèces, le CS du HCB note que :

- les facteurs qui gouvernent la présence fortuite d'OGM en production de semences sont les mêmes que pour la production au champ. **En revanche, il existe déjà un cadre contractuel et des conditions techniques spécifiques mises en œuvre pour garantir des niveaux de pureté variétale suffisants compatibles avec les normes de certification édictées par les pouvoirs publics.** Par ailleurs, une organisation est en place pour adapter continuellement les règles de production de semences aux innovations techniques ou aux exigences du marché.
- une gestion de la production de semences sur le territoire a été formalisée par la création des zones protégées en 1972 (Sicard and Nardi, 2003). Dans ce cadre, les établissements semenciers, le GNIS et les représentants des agriculteurs multiplicateurs fixent la localisation des parcelles de multiplication dans le respect des règles d'isolement. Ce cadre est proposé mais pas obligatoire, la majeure partie de la production de semences de maïs se fait ainsi en dehors du cadre formel des zones protégées, au travers d'une communication et coordination entre agriculteurs.
- cette filière des semences organisée de façon paritaire pourrait être le cadre approprié pour proposer, débattre, et mettre en œuvre les dispositions techniques nécessaires pour la coexistence. **En tout état de cause, la coexistence entre production de semences GM et non GM dans de mêmes îlots de production n'est pas souhaitable.**
- la production de graines de betterave et la production de racines sont en général géographiquement séparées sur le territoire, ce n'est pas le cas pour les trois autres cultures considérées dans cet avis. La production de semences conventionnelles exemptes de végétaux génétiquement modifiés sera donc d'autant plus aisée si elle se

---

<sup>33</sup> Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole.

fait dans des zones où l'adoption de variétés GM est limitée, voire nulle, et si elle est mise en œuvre par des exploitations agricoles ne pratiquant qu'une seule filière (pour éviter les mélanges fortuits dans les opérations de manutention).

#### Le cas particulier des semences paysannes en maïs

A la différence des hybrides de maïs, pour lesquels les agriculteurs achètent de nouvelles semences chaque année, les semences paysannes consistent en des variétés-populations dont les graines produites sont réutilisées comme semences d'une année sur l'autre ; leur sélection se fait *in situ*, dans des conditions proches de la production. La thématique de la coexistence avec des variétés GM ne peut plus seulement être considérée à l'échelle annuelle, mais les effets cumulatifs au cours du temps doivent être envisagés, tels ceux déjà montrés pour d'autres espèces (Bock et al., 2002). Par ailleurs, les variétés sélectionnées sont des populations qui ont des caractéristiques architecturales et phénologiques<sup>34</sup> qui diffèrent de celles des hybrides et dont certaines peuvent modifier l'aptitude à la pollinisation croisée. Ainsi peuvent varier la quantité totale de pollen produite par panicule, la période de pollinisation et sa durée.

Compte tenu que ces populations sont sélectionnées « *in situ* » et qu'elles sont continuellement ressemées, il est probable que le taux de présence fortuite augmenterait au cours du temps si elles étaient situées sous le vent de nuages polliniques de cultures GM.

Cette augmentation dépendra de plusieurs facteurs et notamment :

- de la valeur sélective des caractères introduits : pour un caractère à valeur sélective accrue (cas d'un maïs Bt en présence de pyrale), l'accumulation sera supérieure ; dans le cas d'un caractère qui diminue la valeur sélective (cas de la pomme de terre à amidon modifié par exemple), il est difficile de prédire *a priori* l'évolution ;
- des mesures prises pour limiter au minimum la pollinisation croisée avec des variétés GM ; ceci concerne bien sûr les distances d'isolement ou autres mesures de coexistence, mais aussi les modalités de sélection des épis qui sont ressemés l'année suivante en évitant par exemple de prélever des épis dans les bordures où les taux de pollinisation croisée observés sont les plus élevés.

Dans ce cas, il apparaît impossible de formuler des conditions techniques qui permettent d'assurer la coexistence entre maïs GM et variétés populations exemptes d'OGM sur un même territoire. **Le zonage recommandé dans le cas de filières « sans OGM » à 0,1 % s'impose à nouveau ici.**

## **4. Conclusions – recommandations générales**

En ce qui concerne le seuil de 0,9 %, le CS du HCB considère qu'il est possible de le respecter par la mise en œuvre de mesures techniques à l'échelle individuelle de l'agriculteur. Ces mesures techniques ne diffèrent pas ou peu des conditions actuelles de production selon les espèces à condition que les conditions actuelles de production de semences/plants soient scrupuleusement respectées. Compte tenu de la diversité des situations pédo-climatiques, des paysages agricoles et des pratiques, le CS du HCB recommande de diffuser des règles de décision pour faciliter la détermination des mesures techniques applicables (e.g., abaques pour le maïs) plutôt que de proposer des mesures uniformes qui ne seront pas proportionnelles au risque réel spécifique de chaque situation.

En ce qui concerne le seuil de 0,1 %, le CS du HCB tient à souligner la nécessité de réviser les normes et les conditions de production de semences et plants. En effet, le respect du « sans OGM » en production suppose que les semences conventionnelles soient exemptes d'OGM, ce que les normes actuelles ne garantiraient pas en cas d'adoption significative de cultures GM dans des régions de production de semences.

---

<sup>34</sup> Qui se rapporte aux données de phénologie, telles que l'influence des variations climatiques sur certains phénomènes périodiques de la vie des plantes (germination, floraison), et des animaux (migration, hibernation).

Par ailleurs, même dans le cas de semences exemptes d'OGM, s'il apparaît que des conditions techniques permettraient le respect du seuil de 0,1 % (respect défini dans les limites précisées par le CS du HCB dans sa proposition de stratégie de coexistence) en production végétale, leur mise en œuvre serait extrêmement contraignante pour tous les opérateurs.

Le CS du HCB note que le zonage en production, dans l'espace et le temps, faciliterait grandement le respect de ce seuil.

Le CS souligne que la notion de zonage qui nécessite une concertation régulière entre les acteurs du monde agricole est différente du concept de territoires/zones dédiés. Le zonage, tel que le CS le conçoit, est dynamique et doit prendre en compte les paysages et les scénarios de déploiement des cultures génétiquement modifiées. Il est soumis à des révisions régulières dressant le bilan des actions engagées en termes de productions, d'environnement et de résultats économiques alors que la mise en place des territoires/zones dédiés est plus contraignante.

La dimension du zonage optimum est fonction des paysages et de la structuration des exploitations agricoles au sein d'un territoire. **Le CS du HCB considère que les accords entre parties prenantes (agriculteurs, producteurs de semences, autres opérateurs économiques par exemple) sous l'égide des pouvoirs publics sont probablement la voie la plus pertinente pour aboutir à un maillage optimal.**

Afin de déterminer si les pratiques mises en place sur le terrain sont efficaces pour permettre, au niveau de la parcelle, la production au taux légal de moins de 0,9 % ou de 0,1 %, le CS du HCB propose, pour chacune des espèces considérées, que, sur quelques zones agricoles sélectionnées représentatives de la coexistence de productions GM et non GM, soit effectué un suivi dans les parcelles non GM afin de pouvoir détecter les flux éventuels. Ces zones seraient définies grâce à des accords entre opérateurs. Le suivi, réalisé selon un protocole scientifique, serait piloté par un comité scientifique indépendant des parties prenantes. Ce suivi sera réalisé sur un nombre d'années suffisant (5 ans) pour en tirer un enseignement pratique et permettre d'adapter, si nécessaire, les mesures de coexistence préconisées entre cultures GM et non GM.

## 5. Bibliographie

Abud, S., de Souza, P.I.M., Vianna, G.R., Leonardecz, E., Moreira, C.T., Faleiro, F.G., Junior, J.N., Monteiro, P., Rech, E.L., and Aragao, F.J.L. (2007). Gene flow from transgenic to nontransgenic soybean plants in the Cerrado region of Brazil. *Gen Mol Res* 6, 445-452.

Andersson, M.S., and de Vicente, M.C. (2010). *Gene flow between crops and their wild relatives* (Johns Hopkins University Press).

Angevin, F., Klein, E.K., Choimet, C., Gauffreteau, A., Lavigne, C., Messean, A., and Meynard, J.M. (2008). Modelling impacts of cropping systems and climate on maize cross-pollination in agricultural landscapes: The MAPOD model. *Eur J Agron* 28, 471-484.

Bannert, M., and Stamp, P. (2007). Cross-pollination of maize at long distance. *Eur J Agron* 27, 44-51.

Bateman, A.J. (1947a). Contamination of seed crops. I. Insect pollination. *Journal of Genetics* 48, 257-275.

Bateman, A.J. (1947b). Contamination of seed crops. II. Wind pollination. *Heredity* 1, 235-246.

Bertheau, Y. (2009). Summary of main Co<sup>2</sup>Extra deliverables & results, perspectives, information dissemination & application. In Co<sup>2</sup>Extra International Conference (Paris, France), pp. 79-95.

Bertheau, Y., ed. (in press). *GM and non-GM supply chains coexistence and traceability* (Blackwell Publishing).

- Bock, A.-K., Lheureux, K., Libeau-Dulos, M., Nilsagard, H., and Rodriguez-Cerezo, E. (2002). Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture. Report EUR 20394EN (Institute for Prospective Technological Studies / Joint Research Centre - European Commission), pp. 146.
- Bohanec, M., Messéan, A., Angevin, F., and Žnidaršič, M. (2007). SMAC Advisor: a decision-support tool on coexistence of genetically-modified and conventional maize. Paper presented at: Third international conference on Coexistence between Genetically Modified and non GM based supply chains (Seville).
- Brunet, Y., Dupont, S., Delage, S., Garrigou, D., Guyon, D., Tulet, P., Pinty, J.P., Lac, C., Escobar, J., and Foueillassar, X. (2011). Long-distance pollen flow in large fragmented landscapes. In GM and non-GM supply chains: coexistence and traceability, Y. Bertheau, ed. (Oxford, UK, Wiley-Blackwell), p. In press.
- Brunet, Y., Dupont, S., Delage, S., Garrigou, D., Guyon, D., Tulet, P., Pinty, J.P., Lac, C., Escobar, J., and Foueillassar, X. (in press). Long-distance pollen flow in large fragmented landscapes. In GM and non-GM supply chains: coexistence and traceability, Y. Bertheau, ed. (Oxford, UK, Wiley-Blackwell).
- Byrne, P.F., and Fromherz, S. (2003). Can GM and non-GM crops coexist? Setting a precedent in Boulder County, Colorado, USA. *Food, Agriculture & Environment* 1, 258-261.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., and Meynard, J.M. (2001). GeneSys: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers - II. Genetic exchanges among volunteer and cropped populations in a small region. *Agric Ecosyst Environ* 83, 255-270.
- Coléno, F.C. (2007). Rapport scientifique du Programme ACI IMPACT des OGM 2004-2007: "Evaluer la relation entre modes de contrôle de gestion inter-firmes et organisation de la chaîne logistique amont dans les stratégies de séparation des filières OGM et non OGM.
- Collectif (2002). Étude en vue de la multiplication de betteraves OGM résistantes à un herbicide non sélectif (GNIS, FNAMS, SPFGB, ITB), pp. 53 and annexes.
- Conner, A.J., and Dale, P.J. (1996). Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes. *Theor Appl Genet* 92, 505-508.
- Czarnak-Kłós, M., and Rodriguez-Cerezo, E. (2010). Best Practice Documents for coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. 1. Maize crop production. EUR 24509 EN In JRC scientific and technical reports European Coexistence Bureau EcoB, ed. (Spain, JRC-IPTS), pp. 72.
- da Silva, E.C., and Maciel, G.M. (2010). Soybean gene flow in the south region of Minas Gerais State, Brazil. *Biosci J* 26, 544-549.
- Darmency, H., Klein, E.K., De Garanbe, T.G., Gouyon, P.H., Richard-Molard, M., and Muchembled, C. (2009). Pollen dispersal in sugar beet production fields. *Theor Appl Genet* 118, 1083-1092.
- Demont, M., Daems, W., Dillen, K., Mathijs, E., Sausse, C., and Tollens, E. (2008). Regulating coexistence in Europe: Beware of the domino-effect! *Ecol Econ* 64, 683-689.
- EC (2001). Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. *Official Journal of the European Communities L106*, 1-36.
- EC (2002). Council Directive 2002/54/EC of 13 June 2002 on the marketing of beet seed. *Official Journal of the European Union L 193*, 12-32.
- EC (2003a). Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on genetically modified food and feed. *Official Journal of the European Union L268*, 1-23.
- EC (2003b). Regulation (EC) No 1830/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 concerning the traceability and labelling of genetically modified organisms

and the traceability of food and feed products produced from genetically modified organisms and amending Directive 2001/18/EC. Official Journal of the European Union *L268*, 24-28.

EC (2004). Commission recommendation of 4 October 2004 on technical guidance for sampling and detection of genetically modified organisms and material produced from genetically modified organisms as or in products in the context of Regulation (EC) N° 1830/2003. Official Journal of the European Union *L 348*, 18-26.

EC (2010a). A decade of EU-funded GMO research (2001 - 2010). EUR 24473 EN, pp. 268.

EC (2010b). Commission recommendation of 13 July 2010 on guidelines for the development of national co-existence measures to avoid the unintended presence of GMOs in conventional and organic crops. Official Journal of the European Union *2010/C 200/01*, 1-5.

EEC (1966). Council Directive 66/402/EEC of 14 June 1966 on the marketing of cereal seed. Official Journal *125*, 2309-2319.

ENGL (2008). Definition of minimum performance requirements for analytical methods of GMO testing (European Network of GMO Laboratories, Community Reference Laboratory GM Food and Feed), pp. 8.

Finney, D.J. (1947). The principles of biological assay. Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society *9*, 46-91.

Goodman, M.M. (1976). Maize: *Zea mays* L. In Evolution of crop plants, N.W. Simmonds, ed. (London, Longman), pp. 128-136.

Greilhuber, J., Dolezel, J., Lysak, M.A., and Bennett, M.D. (2005). The origin, evolution and proposed stabilization of the terms 'genome size' and 'C-value' to describe nuclear DNA contents. *Ann Bot* *95*, 255-260.

Gy, P. (1998). Sampling for analytical purposes (Wiley).

Holst-Jensen, A., De Loose, M., and Van den Eede, G. (2006). Coherence between legal requirements and approaches for detection of genetically modified organisms (GMOs) and their derived products. *J Agric Food Chem* *54*, 2799-2809.

Holst-Jensen, A., Ronning, S.B., Lovseth, A., and Berdal, K.G. (2003). PCR technology for screening and quantification of genetically modified organisms (GMOs). *Anal Bioanal Chem* *375*, 985-993.

Ingram, J. (2000). The separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. *Plant Var Seeds* *13*, 181-199.

ISO (2005). ISO 21570:2005. Foodstuffs -- Methods of analysis for the detection of genetically modified organisms and derived products -- Quantitative nucleic acid based methods. (Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization ).

Jones, M.D., and Brooks, J.S. (1950). Effectiveness of distance and border rows in preventing outcrossing in corn. Oklahoma Agricultural Experimental Station Technical Bulletin *38*, 18.

Lavigne, C., Klein, E.K., Mari, J.F., Le Ber, F., Adamczyk, K., Monod, H., and Angevin, F. (2008). How do genetically modified (GM) crops contribute to background levels of GM pollen in an agricultural landscape? *J Appl Ecol* *45*, 1104-1113.

Le Bail, M., Lecroart, B., Gauffreteau, A., Angevin, F., and Messean, A. (2010). Effect of the structural variables of landscapes on the risks of spatial dissemination between GM and non-GM maize. *Eur J Agron* *33*, 12-23.

Lutman, P.J.W., Berry, K., Payne, R.W., Simpson, E., Sweet, J.B., Champion, G.T., May, M.J., Wightman, P., Walker, K., and Lainsbury, M. (2005). Persistence of seeds from crops of conventional and herbicide tolerant oilseed rape (*Brassica napus*). Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences *272*, 1909-1915.

Macarthur, R., Feinberg, M., and Bertheau, Y. (2010). Construction of measurement uncertainty profiles for quantitative analysis of genetically modified organisms based on interlaboratory validation data. *J AOAC Int* *93*, 1046-1056.

- Messéan, A., Angevin, F., Gomez-Barbero, M., Menrad, K., and Rodriguez-Cerezo, E. (2006). New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. Technical report EUR 22102 EN. In Technical Report Series of the Joint Research Center of the European Commission, pp. 116.
- Messéan, A., Squire, G., Perry, J., Angevin, F., Gomez, M., Townend, P., Sausse, C., Breckling, B., Langrell, S., Dzeroski, S., *et al.* (2009). Sustainable introduction of GM crops into European agriculture: a summary report of the FP6 SIGMEA research project. OCL 16, 37-51.
- Messeguer, J., Palauelmas, M., Penas, G., Serra, J., Salvia, J., Ballester, J., Bas, M., Pla, M., Nadal, A., and Mele, E. (2007). Three year study of a real situation on coexistence in maize. Paper presented at: Third International Conference on coexistence between Genetically Modified (GM) and non-GM based agricultural supply chains (Sevilla, Spain).
- Messeguer, J., Penas, G., Ballester, J., Bas, M., Serra, J., Salvia, J., Palauelmas, M., and Mele, E. (2006). Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. Plant Biotechnol J 4, 633-645.
- Meynard, J.M., and Le Bail, M. (2001). Rapport du programme 3: Isolement des collectes et maîtrise des disséminations au champ. In Projet Pertinence et faisabilité d'une filière "non OGM" en maïs et soja (INRA-INAPG), pp. 56.
- Njontie, C., Foueillassar, X., Christov, N.K., and Husken, A. (2011). The impact of GM seed admixture on the non-GM harvest product in maize (*Zea mays* L.). Euphytica 180, 163-172.
- OECD (2000). Consensus document on the biology of *Glycine max* (L.) Merr. (soybean). ENV/JM/MONO(2000)9. In Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No 15.
- OECD (2001). Consensus document on the biology of *Beta vulgaris* L. (sugar beet). ENV/JM/MONO(2001)11. In Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No 18.
- OECD (2003). Consensus document on the biology of *Zea Mays* subsp. *mays* (maize). ENV/JM/MONO(2003)11. In Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, No 27.
- Ortiz-Perez, E., Horner, H.T., Hanlin, S.J., and Palmer, R.G. (2006). Evaluation of insect-mediated seed set among soybean lines segregating for male sterility at the *ms6* locus. Field Crops Res 97, 353-362.
- Paul, L., Angevin, F., Collonnier, C., and Messéan, A. (2011). Impact of gene stacking on gene flow: the case of maize. Transgenic Res, 1-14.
- Petti, C., Meade, C., Downes, M., and Mullins, E. (2007). Facilitating co-existence by tracking gene dispersal in conventional potato systems with microsatellite markers. Environ Biosafety Res 6, 223-235.
- Ray, J., Kilen, T.C., Abel, C.A., and Paris, R.L. (2003). Soybean natural cross-pollination rates under field conditions. Environ Biosafety Res 2, 133-138.
- Raynor, G.S., Ogden, E.C., and Hayes, J.V. (1972). Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. Agron J 64, 420-427.
- RF (1972). Loi n°72-1140 du 22 décembre 1972 relative à la création de zones protégées pour la production de semences ou plants. Journal officiel de la République française, 13350-13351.
- RF (2008). Loi n° 2008-595 du 25 juin 2008 relative aux organismes génétiquement modifiés. NOR : DEVX0771876L. Journal officiel de la République française, 11.
- Riesgo, L., Areal, F.J., Sanvido, O., and Rodriguez-Cerezo, E. (2010). Distances needed to limit cross-fertilization between GM and conventional maize in Europe. Nat Biotech 28, 780-782.

- Rühl, G., Hommel, B., Hüsken, A., Mastel, K., Schiemann, J., Wehling, P., and Langhof, M. (2011). Coexistence in maize: effect on pollen-mediated gene flow by conventional maize border rows edging genetically modified maize fields. *Crop Sci* 51, 1748-1756.
- Sanvido, O., Widmer, F., Winzeler, M., Streit, B., Szerencsits, E., and Bigler, F. (2008). Definition and feasibility of isolation distances for transgenic maize cultivation. *Transgenic Res* 17, 317-335.
- Sester, M. (2004). Modélisation de l'effet des systèmes de cultures sur les flux de gènes entre culture transgénique et adventice apparentée. Cas de la betterave sucrière (*Beta vulgaris* L.) (Université de Bourgogne).
- Sester, M., Tricault, Y., Darmency, H., and Colbach, N. (2008). GeneSys-Beet: A model of the effects of cropping systems on gene flow between sugar beet and weed beet. *Field Crops Res* 107, 245-256.
- Sicard, G., and Nardi, L. (2003). Definition of specific rules for GM sugar beet seed growing. Paper presented at: First European Conference on the Coexistence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic Crops GMCC-03.
- Thompson, M., Ellison, S.L.R., Owen, L., Mathieson, K., Powell, J., Key, P., Wood, R., and Damant, A.P. (2006). Scoring in genetically modified organism proficiency tests based on log-transformed results. *J AOAC Int* 89, 232-239.
- Tynan, J.L., Williams, M.K., and Conner, A.J. (1990). Low frequency of pollen dispersal from a field trial of transgenic potatoes. *Journal of Genetics and Breeding* 44, 303-306.
- van de Wiel, C.C.M., van den Brink, L., Bus, C.B., Riemens, M.M., Lotz, L.A.P., and Smulders, M.J.M. (2011). Crop volunteers and climate change: Effects of future climate change on the occurrence of maize, sugar beet and potato volunteers in the Netherlands (Report commissioned by COGEM. Research carried out by Plant Research International B.V. and Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. (Applied Plant Research).), pp. 52.
- Yoshimura, Y. (2011). Wind tunnel and field assessment of pollen dispersal in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J Plant Res* 124, 109-114.
- Yoshimura, Y., Matsuo, K., and Yasuda, K. (2006). Gene flow from GM glyphosate-tolerant to conventional soybeans under field conditions in Japan. *Environ Biosafety Res* 5, 169-173.
- Zhang, D., Corlet, A., and Fouilloux, S. (2008). Impact of genetic structures on haploid genome-based quantification of genetically modified DNA: theoretical considerations, experimental data in MON 810 maize kernels (*Zea mays* L.) and some practical applications. *Transgenic Res* 17, 393-402.

## Annexe 1 : Saisine



### MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE

Direction générale de  
l'alimentation

Service de la prévention  
des risques sanitaires de  
la production primaire

Sous direction de la  
qualité et de la protection  
des végétaux

Bureau de la  
biovigilance, des  
biotechnologies et de la  
qualité des végétaux

251, rue de Vaugirard  
75732 Paris cedex 15

Madame BRECHIGNAC  
Présidente du Haut conseil des  
biotechnologies  
à l'attention de Monsieur Hamid Ouahioune  
3 place de Fontenoy  
75007 PARIS

Paris, le **23 SEP. 2010**

**Objet :** Définition des conditions techniques relatives à la mise en culture, la récolte, le stockage et le transport des végétaux génétiquement modifiés

**Références :** 100506-projet saisine HCB-coexistence

**Affaire suivie par :** Anne Grevet

tél. : 01 49 55 58 25 fax : 01 49 55 59 49  
courriel : anne.grevet@agriculture.gouv.fr

Madame la Présidente,

La loi n°2008-595 relative aux organismes génétiquement modifiés prévoit dans son article 6, en application de l'article 26 bis de la directive 2001/18/CE, que la mise en culture, la récolte, le stockage et le transport des végétaux génétiquement modifiés, autorisés au titre de la réglementation nationale ou communautaire, sont soumis au respect de conditions techniques notamment relatives aux distances entre cultures ou à leur isolement, visant à éviter la présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions.

La loi précise que les conditions techniques relatives aux distances sont fixées par nature de culture et qu'elles définissent les périmètres au sein desquels ne sont pas pratiquées de cultures d'OGM. Elles doivent permettre que la présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions soit inférieure au seuil établi par la réglementation communautaire.

Ces conditions techniques doivent être fixées par arrêté du ministre chargé de l'agriculture, pris après avis du comité scientifique du Haut Conseil des biotechnologies et du ministre chargé de l'environnement.

Le règlement 1829/2003/CE fixe le seuil en deçà duquel les présences d'OGM dans les denrées alimentaires destinées au consommateur final n'ont pas à être étiquetées, à condition que ces présences soient fortuites ou techniquement inévitables. Ce seuil est fixé à 0,9%.

Par ailleurs, la loi prévoit dans son article 2, que « les organismes génétiquement modifiés ne peuvent être cultivés, commercialisés ou utilisés dans le respect de l'environnement et de la santé publique, des structures agricoles, des écosystèmes locaux et des filières de production et commerciales qualifiées sans organismes génétiquement modifiés ». Elle précise que « la définition du sans organismes génétiquement modifiés se comprend nécessairement par référence à la définition communautaire. Dans l'attente d'une définition au niveau européen, le seuil correspondant est fixé par voie réglementaire, sur avis du Haut Conseil des biotechnologies (...). »

Conformément à cet article 2, le Gouvernement a saisi le HCB, qui a recommandé un seuil de 0,1% pour la définition des filières « sans organismes génétiquement modifiés » dans son avis du 3 novembre 2009.

L'article 2 de la loi prévoit également que « la liberté de consommer et de produire avec ou sans organismes génétiquement modifiés, sans que cela nuise à l'intégrité de l'environnement et à la spécificité des cultures traditionnelles et de qualité, est garantie dans le respect des principes de précaution, de prévention, d'information, de participation et de responsabilité inscrits dans la Charte de l'environnement de 2004 et dans le respect des dispositions communautaires. »

Dans ce contexte, il est demandé au HCB de déterminer les conditions techniques qui devraient être mises en oeuvre pour chacun des deux scénarios suivants :

- le niveau de présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions est inférieur au seuil d'étiquetage de 0,9% établi par la réglementation communautaire ;
- le niveau de présence accidentelle d'OGM dans d'autres productions est inférieur au seuil de 0,1% recommandé par le HCB pour la définition des filières « sans OGM ».

Le travail du HCB portera sur les stades de mise en place de la culture, récolte, transport et stockage, prenant en compte les caractéristiques locales des paysages agricoles. Les autres mesures techniques destinées notamment à prévenir l'apparition de résistances chez les ravageurs ou les plantes sauvages seront également prises en compte.

Le travail portera en priorité sur les OGM disposant actuellement d'une autorisation de mise en culture au niveau communautaire. Les OGM pour lesquels des demandes d'autorisation de mise en culture sont en cours d'examen au niveau communautaire, pourront, le cas échéant, être également considérés.

Il prendra en compte toute étude ou publication disponible pertinente.

A titre d'information, vous trouverez ci-joint les documents suivants :

- un tableau des OGM autorisés à la culture ou en cours d'autorisation au niveau communautaire ;
- la définition du seuil communautaire d'étiquetage des produits à destination des consommateurs finaux par le règlement 1829/2003/CE ;
- la recommandation de la Commission européenne du 13 juillet 2010 sur les lignes directrices de la coexistence ;
- un document de travail élaboré par la DGAL dans le cadre d'un groupe de travail mis en place en 2008.

Je vous saurai gré de bien vouloir me rendre un avis au plus tard le **15 décembre 2010**.

Le HCB sera ensuite consulté à nouveau sur un projet d'arrêté élaboré en tenant compte de l'avis du HCB et des objectifs fixés par la loi.

Je vous prie de croire, Madame la Présidente, à l'assurance de ma considération distinguée.

La Directrice Générale de l'Alimentation

  
Pascale BRIAND

## Annexe 2 : Elaboration de l'avis

L'avis a été élaboré par le CS du HCB, composé de :

Jean-Christophe Pagès, Président, Jean-Jacques Leguay, Vice-Président,

et par ordre alphabétique des noms de famille : Yves Bertheau, Pascal Boireau, Denis Bourguet, Florence Coignard, François-Christophe Coléno, Jean-Luc Darlix, Elie Dassa, Maryse Deguergue, Hubert de Verneuil, Robert Drillien, Anne Dubart-Kupperchmitt, Nicolas Ferry, Claudine Franche, Philippe Guerche, Joël Guillemain, Mireille Jacquemond, André Jestin, Bernard Klonjowski, Marc Lavielle, Jane Lecomte, Olivier Le Gall, Yvon Le Maho, Stéphane Lemarié, Didier Lereclus, Rémy Maximilien, Antoine Messéan, Bertrand Ney, Jacques Pagès, Daniel Parzy, Catherine Regnault-Roger, Pierre Rougé, Patrick Saindrenan, Pascal Simonet, Virginie Tournay, Bernard Vaissière, Jean-Luc Vilotte.

Aucun membre du CS n'a déclaré avoir de conflits d'intérêts qui auraient pu interférer avec l'élaboration de cet avis.

La participation à l'élaboration des commentaires n'implique pas que l'avis adopté ait reçu l'assentiment plein et entier de tous les participants mais indique qu'une majorité s'est dégagée en sa faveur, dans la limite des compétences des experts et après exposé de l'ensemble des points de vue.

Un membre du CS a émis une position divergente selon les termes suivants, présentés ici après un paragraphe rappelant les propositions du CS du HCB sur les points soulevés :

Ce que le CS du HCB dit dans son avis :

*« Dans le cadre de cette saisine sur la coexistence des cultures, la teneur en OGM est entendue par le CS comme mesure de la présence relative de graines, racines ou tubercules GM dans d'autres productions, quelle que soit la nature de la modification génétique de ces produits. »*

Le CS ajoute : *« En l'absence d'implémentation de technologies de mesure qui permettraient de caractériser une production graine à graine et non par rapport au pourcentage d'ADN génétiquement modifié défini en HGE, le CS propose d'utiliser une mesure de la présence relative grains/racines/tubercules GM calculée en utilisant l'unité de mesure en vigueur affectée d'un facteur de correction qui prendrait en compte l'identité des OGM cultivés dans le voisinage de la parcelle testée. »*

Puis *« Toutefois, comme la réglementation impose aux filières l'usage de l'unité HGE dans les transactions commerciales, cet avis fournit les éléments techniques permettant aux opérateurs de raisonner les mesures de coexistence pour les deux scénarios de choix d'unité de mesure. »*

Position divergente :

Toutefois, un membre du CS considère que l'unité HGE de quantification des événements de transformation recommandée par les instances communautaires doit constituer la base de la mesure de la teneur en OGM au champ. En effet, les conditions scientifiques de coexistence des cultures liées à la définition communautaire varient, entre autres, avec le nombre d'événements de transformation présents. Si la quantification en grain / racine / tubercule facilite les conditions de coexistence au champ et en sortie, les acheteurs, et toute la chaîne de production en aval, seront néanmoins contraints d'utiliser cette unité HGE. Pour assurer la loyauté des transactions dans le cadre du marché unique européen, il est nécessaire d'utiliser les mêmes unités lors d'une transaction. Enfin l'emploi d'unités différentes entre le champ et les opérateurs de l'aval change les règles de dédommagement de pertes économiques des producteurs de conventionnel ou « sans OGM ».

Pour ce membre du CS, divers autres points ne permettent pas de définir précisément les conditions locales de coexistence. Ainsi, par exemple, les intervalles de confiance (généralement fournis comme quantiles) des chiffres fournis dans les abaques devraient être précisés. L'état de « validation » (appelé aussi « évaluation ») du modèle retenu, dans le cas

du maïs, sur des données expérimentales indépendantes devrait être formellement connu. Des notions comme le « voisinage » de champs avec empilages de gènes ou le « vent moyen » sur de « petites régions » demeurent trop imprécises.

Ce membre du CS remarque également que l'avis s'appuie sur une étude commanditée par le CS du HCB dans laquelle les facteurs de conversion fournis ne sont pas ceux utilisés au niveau communautaire pour les événements de transformation simples et non fournis pour les empilages de gènes.

Il souhaite souligner en sus que les questions de l'apiculture et de la gestion des plantes ou insectes résistants ne sont pas abordées au fond.

Finalement, il ajoute que la considération des résultats d'analyse de sous-lots non représentatifs peut induire le lecteur en erreur.

### **Annexe 3 : Extraits de la Loi du 25 juin 2008 relative aux OGM**

La mise en culture, la récolte, le stockage et le transport des végétaux autorisés au titre de [l'article L. 533-5](#) du code de l'environnement ou en vertu de la réglementation communautaire sont soumis au respect de conditions techniques notamment relatives aux distances entre cultures ou à leur isolement, visant à éviter la présence fortuite d'organismes génétiquement modifiés dans d'autres productions.

Ces conditions techniques sont fixées par arrêté du ministre chargé de l'agriculture, pris après avis du comité scientifique du haut conseil institué à [l'article L. 531-3](#) du code de l'environnement et du ministre chargé de l'environnement. Leur révision régulière se fait sur la base de travaux scientifiques et des données de la surveillance biologique du territoire définie à [l'article L. 251-1](#) du présent code.

Les conditions techniques relatives aux distances sont fixées par nature de culture. Elles définissent les périmètres au sein desquels ne sont pas pratiquées de cultures d'organismes génétiquement modifiés. Elles doivent permettre que la présence fortuite d'organismes génétiquement modifiés dans d'autres productions soit inférieure au seuil établi par la réglementation communautaire.

*Article L663-3 Modifié par [LOI n°2008-595 du 25 juin 2008 - art. 6](#)*

Le respect des conditions techniques prévues à [l'article L. 663-2](#) est contrôlé par les agents mentionnés au I de [l'article L. 251-18](#). Ces agents sont habilités à procéder ou à faire procéder, dans les conditions fixées par arrêté du ministre chargé de l'agriculture, à tous prélèvements et analyses nécessaires à l'exercice de cette mission.

En cas de non-respect de ces conditions, l'autorité administrative peut ordonner la destruction totale ou partielle des cultures.

Les frais entraînés par ces sanctions sont à la charge de l'exploitant.

## Annexe 4 : Tables de décision pour la détermination de mesures de coexistence entre deux champs de maïs

(Messéan et al., 2006)

Les tables ci-dessous résultent d'une étude menée avec le modèle MAPOD (Angevin et al., 2008) afin d'estimer les pollinisations croisées entre parcelles de maïs GM et maïs conventionnel pour un série de scénarios prenant en compte différentes conditions pédo-climatiques et agronomiques. Ces simulations reposent par ailleurs sur les hypothèses de travail suivantes :

- Les variétés GM et non GM produisent la même quantité de pollen par plante ;
- La fertilité pollinique entre OGM et non OGM est équivalente ;
- Les variétés GM sont hétérozygotes (cas du maïs MON 810, seule la moitié du pollen porte le transgène d'intérêt) ;
- Il n'y a pas d'obstacles physiques entre les parcelles OGM et non OGM ;
- La vitesse moyenne du vent est de 3m/s.

A partir de cet ensemble de simulations, des abaques ont été établies et sont présentées à titre d'exemple ci-dessous pour trois scénarios de vent : parcelle non OGM sous le vent de la parcelle OGM, parcelle OGM sous le vent de la parcelle non OGM, vent perpendiculaire à l'axe entre les deux parcelles.

### Lecture des tables de décision

Les tableaux suivants présentent de façon synthétique l'effet de différentes mesures de coexistence et les possibilités de les combiner afin d'atteindre un niveau de présence fortuite de végétaux génétiquement modifiés donné. La gamme de pourcentages d'OGM proposée, qui varie de « 0 » à 0,9 %, permet ainsi de prendre en compte différentes hypothèses relatives aux deux autres grandes sources de mélanges identifiées : le matériel et le taux d'impuretés dans les semences. On procède ainsi de façon additive pour déterminer le niveau de mélange cumulé toutes sources confondues (semences, matériel, pollinisation croisée). Les travaux de Njontie et al. (2011) visant à évaluer les conséquences chez le maïs de l'introduction de grains OGM dans la parcelle au moment du semis justifient cette démarche en montrant que le taux de mélange final dans la récolte équivaut au niveau d'impureté dans les semences (Njontie et al., 2011).

Par exemple, l'annexe 4.1 traite le cas d'une parcelle non OGM située sous le vent d'une parcelle OGM (cas critique), l'OGM étant hétérozygote pour le transgène d'intérêt.

En supposant que le matériel est dédié (0 % de mélanges dus au matériel) et que les semences contiennent 0,3 % de grains GM (soit environ 0,121 % d'ADN), on considère que pour respecter un seuil de 0,9 % en ADN transgénique, la présence fortuite maximale due à la pollinisation croisée doit être inférieure à 0,78 % en ADN (0,9 %-0,121 %), soit 0,7 % dans le tableau ci-dessous. Le premier tableau montre qu'avec une parcelle non OGM d'une surface inférieure à 5 ha, ceci est possible sans décalage de floraison ni mise en place de zone tampon : une distance d'isolement de 20 mètres entre les deux parcelles est suffisante. Dans le cas de deux parcelles adjacentes, on peut implanter une zone tampon de 9 mètres autour de la parcelle OGM, et un décalage de floraison de 30<sup>o</sup>jour (soit environ 2 jours pour une température de 15°C).

Si maintenant on considère que les seuils sont exprimés en grain, un seuil de 0,9 % en grains GM contenant un insert transgénique à l'état hétérozygote correspond à un seuil de 0,36 % en ADN transgénique. Dans les hypothèses développées ci-dessus, le respect de ce seuil nécessite que la présence fortuite maximale due à la pollinisation croisée soit d'environ 0,24 % en ADN (0,36 %-0,121 %). Ce même tableau indique, pour un taux de 0,2 % (arrondi de 0,24 %), qu'avec une parcelle non OGM d'une surface inférieure à 5 ha, ceci est possible sans décalage de floraison ni mise en place de zone tampon, avec une distance d'isolement de 100 mètres entre les deux parcelles. Pour deux parcelles adjacentes, seul un décalage de floraison de 60<sup>o</sup>jour est nécessaire.

Les résultats sont également présentés directement en pourcentage de grains et non plus en ADN transgénique (tableaux en regard). Dans le cas de l'exemple développé ci-dessus avec 0,3 % de grains GM dans les semences, respecter le seuil de 0,9 % en grains GM revient à respecter une présence fortuite maximale due à la pollinisation croisée de 0,6 % (en grains). D'après le tableau p. 41, pour une parcelle non OGM d'une surface inférieure à 5 ha, ceci est possible sans décalage de floraison ni mise en place de zone tampon, avec une distance d'isolement de 100 mètres entre les deux parcelles. L'équivalence est donc correctement assurée avec le premier tableau grâce aux facteurs de conversion appliqués. Dans le cas de deux parcelles adjacentes, un décalage de floraison de 4 jours (60 jours) peut aussi permettre de respecter ce taux d'impuretés variétales sans distance ni zone tampon.

Ces tables peuvent également être utilisées pour éclairer la prise de décision pour le respect d'un seuil de 0,1 %. Toutefois, il faut souligner les limites du modèle MAPOD pour la prédiction de taux aussi faibles. Par ailleurs, dans ce cas, aucune tolérance n'est possible en pratique pour les autres sources de présence (par exemple, les semences doivent être quasi exemptes d'OGM comme indiqué dans l'avis).

### Annexe 4.1 : Exemple 1

Table de décision déterminant les distances d'isolement nécessaires pour garantir un taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini, dans les conditions suivantes : parcelle non OGM sous le vent de la parcelle OGM (cas critique), parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt [adaptée de (Messéan et al., 2006)].

Surface de la parcelle non OGM	Décalage de floraison	Zone tampon	Taux de pollinisation croisée (exprimé en % d'ADN transgénique)									
			0,9%	0,8%	0,7%	0,6%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%	PCR+
< 5 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	20	20	20	20	50	50	100	150	x
		9 m	0	0	0	0	20	20	50	100	150	x
		12 m	0	0	0	0	20	20	50	100	150	x
		18 m	0	0	0	0	0	20	50	100	150	x
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	20	20	50	100	x
		9 m	0	0	0	0	0	0	20	50	100	x
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	x
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	x
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
5 ha ≤ x < 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	20	20	50	50	150	x
		9 m	0	0	0	0	0	0	20	50	150	x
		12 m	0	0	0	0	0	0	20	50	150	x
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	50	100	x
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	20	20	100	x
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	x
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	x
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	x
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
≥ 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	20	20	50	100	x
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	x
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	x
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	x
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	x
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	x
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	x
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	400
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	

NB : Les croix indiquent que le seuil ne peut être atteint (dans les limites de validité de l'utilisation du modèle).

**Exemple 1 repris en pourcentage de grains GM**

Table de décision déterminant les distances d'isolement (en m) nécessaires pour garder le taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini (en % de grains). Parcelle non OGM sous le vent de la parcelle OGM (cas critique). Parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt.

Surface du champ non-OGM	Décalage de floraison	zone tampon non-OGM	Taux de pollinisation croisée (en % de grains)											
			0.9%	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.05%	0.01%	
< 5 ha	0 jours	0 m				100								
		9 m	50	50	50	50	100	150	200	300	X	X		
		12 m	20	20	50	50	50	100	150	200	300	X	X	
		18 m	20	20	50	50	50	100	150	200	300	X	X	
	30 jours	0 m	20	20	20	20	50	100	150	200	300	400	X	
		9 m	0	0	0	20	20	50	100	100	200	300	X	
		12 m	0	0	0	0	20	50	100	100	200	300	X	
		18 m	0	0	0	0	0	50	100	100	200	300	X	
	60 jours	0 m						20	20	50	100	200	X	
		9 m	0	0	0	0	0	0	20	50	100	150	X	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	150	X	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	100	150	X	
90 jours	0 m									20	50	200		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150		
5 ha < x < 10 ha	0 jours	0 m	20	20	50	50	50	100	100	150	300	X	X	
		9 m		20	20	20	50	100	100	150	300	400	X	
		12 m	0	0	20	20	20	50	100	150	300	400	X	
		18 m	0	0	20	20	20	50	100	150	300	400	X	
	30 jours	0 m			20	20	20	50	50	100	200	300	X	
		9 m	0	0	0	0	0	20	50	100	150	300	X	
		12 m	0	0	0	0	0	0	20	100	150	300	X	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	100	150	300	X	
	60 jours	0 m								20	100	150	X	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	150	400	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	150	400	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	150	400	
90 jours	0 m										20	150		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150		
> 10 ha	0 jours	0 m	20	20	20	20	50	50	100	150	300	400	X	
		9 m				20	20	50	100	100	200	400	X	
		12 m	0	0	0	0	0	20	50	100	200	400	X	
		18 m	0	0	0	0	0	0	20	50	100	200	X	
	30 jours	0 m					20	20	20	50	150	300	X	
		9 m	0	0	0	0	0	0	20	50	150	300	X	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	50	150	300	X	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	100	200	X	
	60 jours	0 m								20	50	100	400	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100	400	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100	400	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100	400	
90 jours	0 m											150		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100		

NB: Les décalages de floraison sont exprimés en degrés-jours (° jours dans le tableau). Dans les cas étudiés, un jour durant la période de floraison représente environ 15° jours.

### Annexe 4.2 : Exemple 2

Table de décision déterminant les distances d'isolement nécessaires pour garantir un taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini, dans les conditions suivantes : parcelle non OGM contre le vent de la parcelle OGM (cas favorable), parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt [adaptée de (Messéan et al., 2006)].

Surface de la parcelle non OGM	Décalage de floraison	Zone tampon	Taux de pollinisation croisée (exprimé en % d'ADN transgénique)										
			0,9%	0,8%	0,7%	0,6%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%	PCR+	
< 5 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	200
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5 ha ≤ x < 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
≥ 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

NB : Les croix indiquent que le seuil ne peut être atteint (dans les limites de validité de l'utilisation du modèle).

**Exemple 2 repris en pourcentage de grains GM**

Table de décision déterminant les distances d'isolement (en m) nécessaires pour garder le taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini (en % de grains). Parcelle non OGM contre le vent de la parcelle OGM (cas favorable). Parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt.

Surface du champ non-OGM	Décalage de floraison	zone tampon non-OGM	Taux de pollinisation croisée (en % de grains)										
			0.9%	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.05%	0.01%
< 5 ha	0°jour	0 m						20	20	20	50		
		9 m	0	0	0	0	0			20	20	100	300
		12 m						0	0	0	20		
		18 m											
	30°jours	0 m								20	20	50	
		9 m	0	0	0	0	0			0	0	20	200
		12 m										20	
		18 m											
	60°jours	0 m										20	20
		9 m	0	0	0	0	0					0	0
		12 m											
		18 m											100
90°jours	0 m												
	9 m	0	0	0	0	0						20	
	12 m											0	
	18 m												
5 ha < x < 10 ha	0°jour	0 m						20	20	20	50	100	
		9 m	0	0	0	0	0			0	0	20	300
		12 m										0	
		18 m											
	30°jours	0 m										20	20
		9 m	0	0	0	0	0					0	20
		12 m										0	150
		18 m											0
	60°jours	0 m										20	100
		9 m	0	0	0	0	0					0	50
		12 m											
		18 m											
90°jours	0 m											20	
	9 m	0	0	0	0	0					0	0	
	12 m												
	18 m												
> 10 ha	0°jour	0 m								20	20	50	
		9 m	0	0	0	0	0			0	0	20	200
		12 m											
		18 m											
	30°jours	0 m										20	20
		9 m	0	0	0	0	0					0	0
		12 m											150
		18 m											100
	60°jours	0 m											50
		9 m	0	0	0	0	0						20
		12 m											
		18 m											
90°jours	0 m											20	
	9 m	0	0	0	0	0					0	0	
	12 m												
	18 m												

NB: Les décalages de floraison sont exprimés en degrés-jours (° jours dans le tableau). Dans les cas étudiés, un jour durant la période de floraison représente environ 15° jours.

### Annexe 4.3 : Exemple 3

Table de décision déterminant les distances d'isolement nécessaires pour garantir un taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini, dans les conditions suivantes : le vent est perpendiculaire aux deux parcelles, parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt [adaptée de (Messéan et al., 2006)].

Surface de la parcelle non OGM	Décalage de floraison	Zone tampon	Taux de pollinisation croisée (exprimé en % d'ADN transgénique)										
			0,9%	0,8%	0,7%	0,6%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%	0,1%	PCR+	
< 5 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	20	20	50	100	x	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	20	100	400	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	400	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	400	
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	300	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	150	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
5 ha ≤ x < 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	0	20	20	50	400	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	400	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	50	400	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	400	
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
≥ 10 ha	0 jour (0 jour)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	20	50	400	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	
	30 jours (2 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	200	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
	60 jours (4 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
		9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
		12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
		18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
90 jours (6 jours)	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
	9 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	18 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

NB : Les croix indiquent que le seuil ne peut être atteint (dans les limites de validité de l'utilisation du modèle).

**Exemple 3 repris en pourcentage de grains GM**

Table de décision déterminant les distances d'isolement (en m) nécessaires pour garder le taux de présence fortuite d'OGM dû à la pollinisation croisée en deçà d'un seuil défini (en % de grains). Le vent est perpendiculaire aux deux parcelles. Parcelle OGM de 15 ha, semée avec une variété hétérozygote pour le transgène d'intérêt.

Surface du champ non-OGM	Décalage de floraison	zone tampon non-OGM	Taux de pollinisation croisée (en % de grains)																													
			0.9%	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.05%	0.01%																			
< 5 ha	0 jours	0 m	20	20	20	20	20	50	50	100	150	300	X																			
		9 m	0	0	0	20	20	20	50	100	150	200																				
		12 m				0	0	0																								
		18 m				0	0	0																								
	30 jours	0 m	0	0	0	20	20	20	20	50	100	150	X																			
		9 m				0	0	0						0	0	0	20	400														
		12 m																	0	0	0	0	20	50								
		18 m																							0	0	0	0	0	0		
	60 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300																			
		9 m												0	0	0	0	0	0	0	20	200										
		12 m																					0	0	0	0	0	0	0	0		
		18 m																													0	0
90 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100																				
	9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	12 m																					0	0	0	0	0	0	0	0			
	18 m																													0	0	0
5 ha < x < 10 ha	0 jours	0 m	0	0	20	20	20	20	50	50	150	200	X																			
		9 m			0	0	0	0	0	0	20	50		100	X																	
		12 m														0	0	0	0	0	0	20	150									
		18 m																						0	0	0	0	0	0			
	30 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	X																			
		9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	50	400									
		12 m																						0	0	0	0	0	0	0	0	
		18 m																														0
	60 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	300																			
		9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0	200									
		12 m																						0	0	0	0	0	0	0	0	0
		18 m																														
90 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50																				
	9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	12 m																					0	0	0	0	0	0	0	0			
	18 m																													0	0	0
> 10 ha	0 jours	0 m	0	0	0	0	20	20	20	50	100	200	X																			
		9 m					0	0	0	0	0	0		0	0	20	150															
		12 m																0	0	0	0	0	0	0	0							
		18 m																								0	0	0	0	0	0	
	30 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	400																			
		9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0	100									
		12 m																						0	0	0	0	0	0	0	0	
		18 m																														0
	60 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	200																			
		9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0	150									
		12 m																						0	0	0	0	0	0	0	0	
		18 m																														0
90 jours	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50																				
	9 m												0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	12 m																					0	0	0	0	0	0	0	0			
	18 m																													0	0	0

NB: Les décalages de floraison sont exprimés en degrés-jours (° jours dans le tableau). Dans les cas étudiés, un jour durant la période de floraison représente environ 15° jours.

## Annexe 5. Impact du nombre d'inserts transgéniques sur des mesures de coexistence basées sur l'unité HGE.

Mesures possibles pour garantir le respect d'un seuil à 0,9 % ou 0,1 % (en unité HGE) pour le maïs dans le cas de semences exemptes d'OGM et de filières dédiées.

Cas d'une parcelle de maïs OGM de 15 ha face à une parcelle non OGM de taille similaire ou de plus petite taille (5 ha, cas Conv<OGM).

Exemple : Mesures pour le maïs - Cas d'un vent défavorable de 3m/s			
Nombre d'inserts transgéniques	Tailles de parcelles	Seuil 0,9 %	Seuil 0,1 %
1	Similaire	Aucune mesure nécessaire	100 m ou 50 m et 2 jours de décalage ou 20 m et zone tampon de 12 m et 2 jours de décalage
	Conv<OGM	Zone tampon 12 m	150 m ou décalage de 6 jours plus zone de 12 m
2	Similaire	20 m ou zone tampon de 12 m	50 m + 6 jours 300 m et 4 jours de décalage Ou 200 m et 6 jours de décalage et 12 m de zone tampon
	Conv<OGM	50 m ou décalage de 4 jours plus zone tampon de 12 m	100 m + 6 jours
4	Similaire	50 m ou 20 m plus zone tampon de 12 m ou décalage de 4 jours plus zone tampon de 12 m	NA
	Conv<OGM	100 m ou 50 m plus zone tampon de 12 m et décalage de 2 jours ou décalage de 6 jours + zone tampon de 12 m	NA