



Fiche d'information

Création d'une variété de chicorée à inuline tolérante à un herbicide : le glufosinate ammonium - Expérimentation en champs

Centre de recherches de *Chicoline*
Notification B/BE/02/WSP6

La dissémination d'organismes génétiquement modifiés (OGMs) dans l'environnement est strictement réglementée au niveau européen par la directive 90/220/CEE (récemment remplacée par la directive 2001/18/CE du 12 mars 2001) et au niveau belge par l'Arrêté Royal (AR) de 18 décembre 1998 «relatif à la réglementation de l'introduction volontaire dans l'environnement ainsi que la mise sur le marché des OGMs ou des produits en contenant». Pour garantir l'utilisation sans risque des OGMs, les deux textes de loi stipulent entre autres que la dissémination d'OGMs à titre expérimental est interdite sans l'autorisation préalable écrite du ministre compétent. L'octroi d'un accord dépend d'une évaluation minutieuse de la biosécurité de la dissémination projetée (évaluation de risque) à faire par le Conseil de Biosécurité.

Afin d'obtenir l'autorisation nécessaire du ministre compétent, le centre de recherches *Chicoline* a introduit un dossier de demande d'autorisation auprès du service compétent à savoir l'Inspection générale des Matières premières et des Produits transformés du Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture.

Après avis positif du Conseil de Biosécurité, le ministre compétent décide d'accorder l'autorisation au centre de recherches *Chicoline* pour la mise en place d'expérimentations avec des chicorées transgéniques dans les années 2002 à 2006, comme décrites dans la demande B/BE/02/WSP6.

Pour l'année 2002, la dissémination est prévue sur un site d'essais en Wallonie situé sur le territoire des municipalités de Warcoing et de Hérinnes et suivra la période culturale normale de la chicorée qui s'étend du mois de mars au mois de décembre.

Plus d'info ?

Centre de recherches de Chicoline
contact : Jean-Claude Van Herck
rue de la sucrerie, 1 à B-7740 Pecq
00 32 69 55 32 11

0. TABLE DES MATIERES :

0.	TABLE DES MATIERES :	2
1.	DESCRIPTION DES PLANTES GENETIQUEMENT MODIFIEES :	3
2.	BUT DES ESSAIS 2002 :	4
3.	COMPTE-RENDU DES ACTIVITES ANTERIEURES ET FUTURES :	5
4.	AVANTAGES POUR L'ENVIRONNEMENT, L'AGRICULTEUR ET LE CONSOMMATEUR :	6
5.	BIOLOGIE ET CYCLE DE VIE DE LA PLANTE UTILISEE :	7
	5.1. BIOLOGIE GENERALE DE LA CHICOREE :	7
	5.2 BIOLOGIE REPRODUCTIVE DE LA CHICOREE :	7
6.	EFFETS OU RISQUES EVENTUELS POUR L'ENVIRONNEMENT :	8
	6.1. LA FECONDATION CROISEE ET LA DIFFUSION DANS LES ECOSYSTEMES NATURELS :	8
	6.1.1. Dissémination par le pollen transgénique :	8
	6.1.2. Dissémination par les repousses :	9
	6.1.3. Dissémination par les semences transgéniques :	10
	6.1.4. Avantage sélectif :	10
	6.2. INTERACTIONS AVEC LES ORGANISMES CIBLES :	11
	6.3. INTERACTIONS AVEC DES ORGANISMES NON-CIBLES :	11
	6.3.1. Transfert vers les micro-organismes du sol :	11
	6.3.2. Impact de la présence du gène de tolérance sur les pollinisateurs :	12
7.	DES MESURES DE CONFINEMENT, DE CONTROLE ET DE SUIVI :	12
	7.1. CONTROLE DE LA DISSEMINATION DU POLLEN :	12
	7.2. CONTROLE DE LA DISSEMINATION DES SEMENCES TRANSGENIQUES :	13
	7.3. CONTROLE DE LA DISSEMINATION PAR LES REPOUSSES :	13
8.	DESTRUCTION DU MATERIEL TRANSGENIQUE :	14
9.	SITUATION D'URGENCE :	15
10.	INSPECTION :	15
11.	RAPPORT D'ACTIVITES :	15
12.	ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES :	16
13.	LISTE DE REFERENCES :	16
14.	LIENS INTERESSANTS :	18
15.	GLOSSAIRE EXPLICATIF :	18

1. DESCRIPTION DES PLANTES GENETIQUEMENT MODIFIEES :

Une plante transgénique est une plante dont on a modifié le patrimoine génétique par transgénèse, c'est-à-dire que l'on a transféré dans le génome de cette plante un gène qui lui est étranger (un transgène). L'introduction de ce transgène confère à la plante un caractère nouveau (par exemple : une tolérance aux herbicides, une tolérance aux insectes, une résistance au stress ou aux maladies, ...). Ce transgène devient partie intégrante du patrimoine génétique de la plante ; il sera alors transmissible à ses descendants, en suivant les lois de la génétique (lois de Mendel).

La transgénèse autorise donc l'apport de caractères d'intérêt, jusque là inaccessibles à certaines espèces, et ce, avec une grande précision.

Quelles sont les caractéristiques des chicorées génétiquement modifiées utilisées dans la présente expérimentation ?

- ✓ La plante modifiée est **la chicorée à inuline**, genre *cichorium* espèce *intybus*, *L.*
- ✓ Le caractère nouveau acquis est **la tolérance à un herbicide**, dont la substance active est le glufosinate-ammonium ou phosphinotricine.
- ✓ Quel rôle pour cette chicorée transgénique ?
 - Apporter une **solution à la problématique du désherbage** de la culture de la chicorée :
 - Peu de produits de désherbage sont actuellement disponibles.
 - Les produits agréés existants sont peu sélectifs : ils sont toxiques pour la chicorée et freinent sa croissance.
 - Les produits existants sont peu efficaces : leur spectre d'action est trop étroit, de ce fait beaucoup d'adventices échappent au désherbage.
 - Peu d'espoirs existent d'une amélioration de la situation. En effet, à l'inverse des cultures principales telles que la betterave, le maïs ou le colza, la chicorée à inuline est une petite espèce (une espèce secondaire) c'est à dire qu'elle est peu cultivée, au niveau européen et mondial. Comme les coûts financiers pour la mise au point de nouvelles molécules de désherbage sont très élevés, les grandes firmes phyto-pharmaceutiques préfèrent développer des programmes de recherches pour les cultures principales à forte emblavure. Peu est donc fait pour la chicorée.

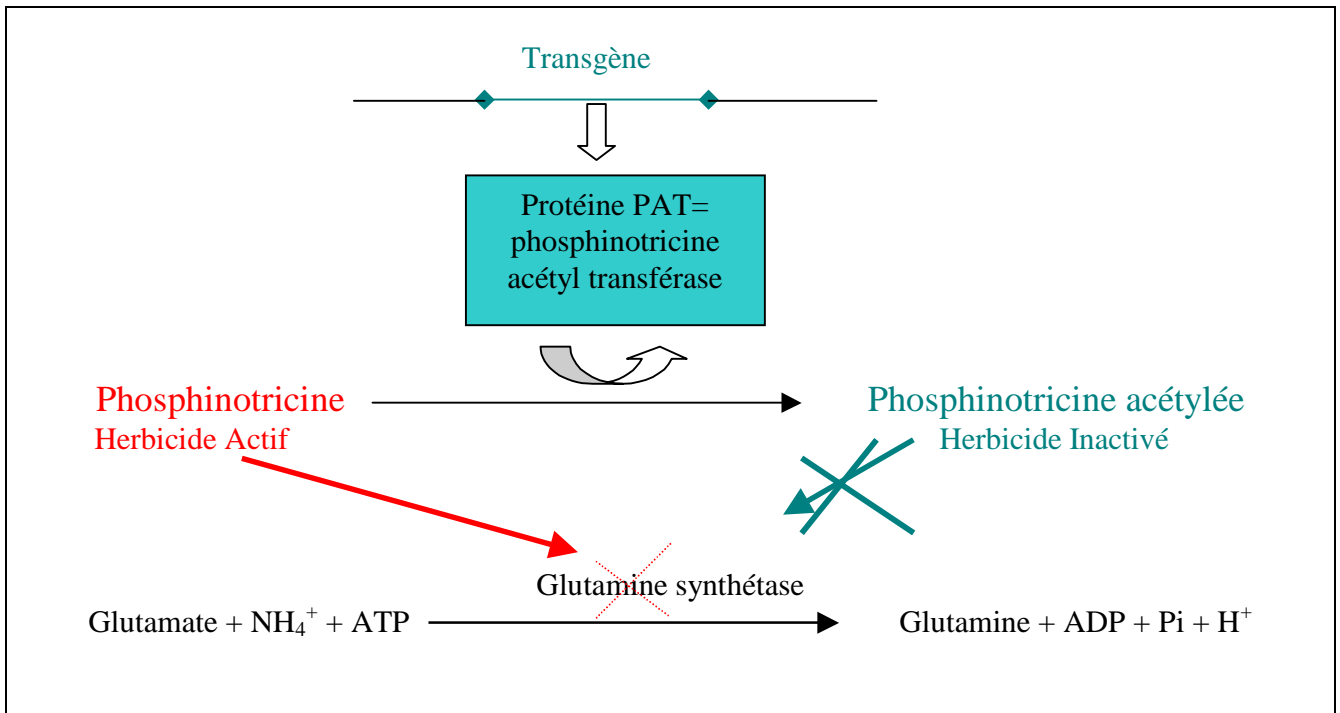
Conférer à la chicorée la tolérance vis à vis d'un herbicide à large spectre d'action suite à l'intégration d'un transgène est une des solutions pour résoudre la problématique du désherbage et re-dynamiser le secteur agricole découragé par cette culture difficile.

✓ Comment fonctionne l'herbicide ?

L'herbicide, le glufosinate d'ammonium (également appelé phosphinotricine), inhibe le fonctionnement d'une enzyme (la glutamine synthétase) qui est très importante pour les plantes. Sans cette enzyme, les plantes ne peuvent plus synthétiser la glutamine (un acide aminé essentiel à la croissance des plantes). Au lieu de synthétiser la glutamine, les plantes traitées avec l'herbicide accumulent de l'ammoniaque et finissent par mourir. Les herbicides à base de phosphinotricine sont très efficaces contre les plantes adventices mais ils sont sans danger pour les humains et les animaux. Ils ne présentent pas de risques pour l'environnement car ils sont très rapidement biodégradés.

✓ **Comment fonctionnent les plantes tolérantes à l'herbicide ?**

Le transgène (gène *pat*), intégré dans la plante, code pour une protéine : la phosphinotricine acétyltransférase (protéine PAT). Grâce à cette protéine, le composé actif de l'herbicide (la phosphinotricine) est désactivé. Il est en effet métabolisé en un dérivé acétylé inactif.



2. BUT DES ESSAIS 2002 :

La présente expérimentation vise l'évaluation de notre matériel transgénique. En effet si la transformation génétique a conféré la résistance à un herbicide aux chicorées, elle n'a entraîné aucune autre amélioration dans les plantes. Pour améliorer les chicorées transformées et créer de nouvelles variétés, il est nécessaire d'utiliser les outils classiques de l'amélioration des plantes cultivées en agriculture. Ces outils sont : la réalisation de nombreux croisements successifs et le choix, après test en champ, du meilleur matériel obtenu.

A. Croisements :

Les croisements menés en 2002 nous permettront de produire des lignées, des familles et des variétés dont le test en champ sera réalisé ultérieurement. Ces productions de semences sont faites en milieu strictement confiné dans des serres ou des cages isolées situées au sein de notre centre de recherche. Il ne s'agit donc pas d'une expérimentation de plein champ ou d'une dissémination volontaire d'OGMs dans l'environnement.

B. Essais en plein champ :

Dans ces essais, nous évaluons les prestations agronomiques de lignées, familles et hybrides par comparaison avec des variétés de référence non transgéniques. Sont observés et comparés, les critères suivant :

- Résistance à un stress abiotique : le froid (en corollaire, la résistance à la montaison),
- Capacité de germination au champ,
- Développement juvénile des plantes,
- Développement foliaire,
- Résistances aux maladies foliaires,
- Paramètres du rendement :
 - ✓ Forme des racines et capacité d'arrachage,
 - ✓ Rendement en poids,
 - ✓ Teneur en inuline,
- Qualité de l'inuline produite,
- Comportement général du matériel transgénique.

Le meilleur matériel sera conservé et utilisé pour un nouveau cycle de sélection. Ce n'est qu'après plusieurs cycles de croisements et d'essais, que peut être créée une nouvelle variété présentant des caractéristiques intéressantes pour l'agriculture et le secteur de transformation.

3. COMPTE-RENDU DES ACTIVITES ANTERIEURES ET FUTURES :

Les recherches pour la mise au point d'une variété de chicorées tolérantes au glufosinate-ammonium ont été entreprises par notre société voici 10 ans.

La 1^{ère} étape a consisté à introduire le gène d'intérêt dans des plantes de chicorée. Cette étape a été réalisée en laboratoire. Puis il a fallu, toujours en laboratoire, réaliser la caractérisation moléculaire des plantes obtenues : étudier leur ADN, comparer celui-ci avec celui de chicorées non transgéniques, nous assurer que seul le gène désiré a été introduit, qu'il a été intégré une seule fois (copy number = 1) et dans une région propice du génome de la plante, identifier avec précision la zone de l'insertion et enfin vérifier que l'insert n'a subi aucune modification néfaste à son fonctionnement. En bref, nous avons caractérisé les plantes modifiées au niveau de leur génome, leur ADN.

Dans une 2^{de} étape, nous avons étudié les plantes modifiées et leur cycle biologique (autorisation B/BE/95/WSP5). Les plantes exprimant mal le gène ont été éliminées de même que celles présentant des caractères aberrants. Nous avons étudié la stabilité des plantes au cours du temps et au cours des générations. Nous avons observé le comportement des plantes modifiées, leur capacité de reproduction, de dissémination et de survie. Enfin, nous avons entrepris l'étude des risques de transfert horizontal du gène c'est à dire les risques de « fuite » du gène de tolérance vers le génome d'une autre espèce.

Mais le génie génétique et le travail en laboratoire ou en serre ne suffisent pas à eux seuls pour créer une nouvelle variété. Le contrôle en conditions réelles de culture, la sélection et l'amélioration du matériel transgénique s'imposent. Comme déjà expliqué au point 2, ceci implique, pendant plusieurs années, la réalisation successive de croisements et l'évaluation des performances agronomiques du matériel, au champ.

Nos recherches ont également porté sur la phytotechnie et la phytopharmacie de la variété transgénique : Comment l'utiliser, quelles doses optimales d'herbicide pulvériser, quelle efficacité attendre du traitement désherbant, quels conseils et limites d'utilisation fixer, quels sont les risques de résidus après traitements ? Ces études ont été menées selon les normes GLP (bonne pratique de laboratoires) de l'OECD, grâce à la collaboration du département de phytopharmacie du centre de recherches agronomiques de Gembloux et avec l'aide du fond phytopharmaceutique du Ministère de l'Agriculture.

Parallèlement au travail d'amélioration variétale, nos travaux portent maintenant sur la traçabilité de notre matériel transgénique, sur les risques allergisants et de toxicité et sur les aspects nutritionnels des plantes transgéniques et de leurs dérivés.

Si tous les résultats sont concluants, et à cette seule condition, la dernière phase consistera en l'agrégation de la variété et sa mise sur le marché.

4. AVANTAGES POUR L'ENVIRONNEMENT, L'AGRICULTEUR ET LE CONSOMMATEUR :

La chicorée est une culture difficile à conduire, bien plus que la betterave, le maïs ou le froment. Elle présente beaucoup d'aléas pour le cultivateur. Trois étapes sont cruciales et déterminantes pour la rentabilité de la culture : le semis, le désherbage et la récolte. L'avantage le plus évident lié à l'utilisation d'une variété de chicorée résistante à un herbicide réside dans la solution apportée aux problèmes du désherbage. D'une part, les risques d'échec sont pratiquement nuls : « *Quel que soit le schéma de traitement (2 passages ou 3 passages) appliqué en post-émergence, le désherbage est excellent.* » (Extrait des études d'efficacité réalisées par le département de phytopharmacie projet FF 99/17 (318)). D'autre part les dépenses énergétiques et les coûts du désherbage peuvent être réduits de 40 à 50% d'où un gain fort précieux pour les agriculteurs.

Au-delà du gain d'efficacité exposé ci-dessus, le principal intérêt technique de l'emploi d'une chicorée résistante à un herbicide réside dans la possibilité qu'elle offre de désherber en post-levée, et de permettre ainsi d'intervenir en fonction de la flore effectivement présente sur la parcelle de chicorée. Actuellement, la plus part des produits utilisés en chicorée sont des herbicides de pré-émergence c'est à dire à appliquer juste après le semis, avant la germination des chicorées et par voie de conséquence des mauvaises herbes. On réalise en quelque sorte des traitements aveugles. L'agriculteur ne sait pas si son champ sera indemne ou couvert d'adventices. Cependant il pulvérise. Il n'a pas d'autre choix ! En post-émergence, 4 herbicides sont agréés en Belgique. Ici, la réussite des traitements est conditionnée par la rapidité de l'intervention, la précocité des applications et la nécessité de traiter en plusieurs fois. Dès l'apparition des cotylédons des premières mauvaises herbes, un programme systématique est mis en place. Même si les doses de produits sont faibles à chaque application, l'agriculteur est obligé de passer trois, quatre voire cinq fois sur sa terre et de nettoyer son pulvérisateur entre deux pour ses autres travaux de désherbage. S'il fait trop sec, les produits seront inefficaces s'il fait trop humide les produits seront lessivés dans le sol.

Quels sont les avantages pour l'environnement en utilisant une variété de chicorée tolérante à un herbicide ? Le glufosinate d'ammonium est un herbicide à large spectre d'action. C'est un herbicide de contact. Il n'agit que sur les parties foliaires atteintes. Il n'est pas véhiculé dans les racines et n'agit pas dans le sol. Ce mode d'action l'inscrit dans un schéma de désherbage raisonné. Le cultivateur traite a posteriori, uniquement s'il y a des mauvaises herbes dans la parcelle et lorsqu'elles ont atteint un stade de développement suffisant. Le traitement est répété au besoin.

Généralement, l'impact du glufosinate-ammonium sur l'environnement est considéré moindre que celui joué par les cocktails d'herbicides couramment utilisés (Metz *et al*, 1998). Dans le sol, il est rapidement biodégradé. Grâce à sa grande solubilité, il ne s'accumulera pas dans la chaîne alimentaire. Il est considéré comme respectueux de la vie du sol et de l'eau. Aucune mortalité des larves du sol et des abeilles mellifères n'aurait été observée (Lindhoud, 1984). Au printemps, le glufosinate-ammonium n'est pas lessivé jusqu'aux réserves d'eau souterraine (van Rijn *et al*, 1995) et il n'a pas été détecté à des profondeurs supérieures à 15 cm dans les expérimentations en champ (WSSA, 1994). L'utilisation du glufosinate-ammonium s'inscrit donc mieux que les herbicides actuels dans un schéma de lutte contre les adventices de la chicorée, plus respectueux de l'environnement et indirectement du consommateur.

5. BIOLOGIE ET CYCLE DE VIE DE LA PLANTE UTILISEE :

5.1. BIOLOGIE GENERALE DE LA CHICOREE :

Cichorium intybus appartient à la famille des astéracées. Elle serait originaire d'Eurasie ou d'Europe, d'où elle a été introduite en Amérique du Nord (Cichan and Palser, 1982) principalement à partir de la région méditerranéenne (Cronquist, 1955).

Les besoins écoclimatiques de la chicorée déterminent à eux seuls une grande part de l'aire de distribution de l'espèce. La chicorée exige en effet un climat humide et doux. Des débuts d'été froids et des fins d'été humides lui sont néfastes. C'est une plante de jours longs. De ce fait, la chicorée est commune dans les régions tempérées du monde. Elle a été introduite dans de nombreux pays et est considérée comme cosmopolite (Hitchcock and Cronquist, 1973).

La culture de chicorée industrielle est, quant à elle, principalement concentrée en Europe. La Belgique, la Hollande et le Nord-Ouest de la France sont les principaux producteurs. Une production de plus faible ampleur existe également dans des régions plus continentales : Allemagne, Pologne et C.E.I.. Au niveau mondial, quelques zones existent en Inde, Afrique du Sud et aux Etats-Unis. En Belgique, les zones de cultures se limitent aux Flandres, au Tournaisis, à la région montoise et à la Hesbaye.

La chicorée industrielle est une plante bisannuelle, bien que sa forme sauvage soit vivace. La première année de culture est une phase végétative destinée à la production de sucre de réserve (l'inuline) dans la racine. Si les racines sont laissées en terre, la seconde année, lorsque les jours sont assez longs et après une exposition au froid (vernalisation), on observe le phénomène de montaison de la hampe florale et après fécondation, la production de semences.

5.2 BIOLOGIE REPRODUCTIVE DE LA CHICOREE :

La chicorée se reproduit de façon générative et sexuée. C'est une plante allogame auto-incompatible (non stricte). Elle doit être croisée avec d'autres chicorées pour pouvoir produire des graines. Comme la plupart des espèces allogames, la chicorée est entomophile : les insectes (abeilles, bourdons et syrphes) assurent le transport du pollen d'une plante à l'autre (Coppens d'Eeckenbrugge *et al*, 1987). La chicorée n'est pas anémophile : des lames couvertes de glycérine, placées aux alentours d'une parcelle de porte-graines ont indiqué qu'aucun grain de pollen ne peut être récolté à plus de 30 mètres sur un terrain battu

par les vents (Plumier, 1960). Le pollen de chicorée est sensible à l'humidité, il éclate au contact de l'eau.

Les fruits de la chicorée sont des akènes (fruits secs à une seule graine non déhiscents). La chicorée dispose d'un potentiel de reproduction assez important, un seul plant peut porter plusieurs centaines ou milliers d'akènes. A maturité (septembre), s'ils ne sont pas récoltés, les akènes tombent au sol au pied de la plante-mère. Ils ne sont pas ou peu véhiculés par le vent. Si les conditions sont favorables (température et humidité) ces semences peuvent germer et entamer un nouveau cycle de vie.

En condition favorable, la chicorée peut être multipliée végétativement. Des boutures faites à partir de la racine permettent de donner naissance à un clone de la plante-mère.

Nos observations réalisées depuis 10 ans ont montré que la biologie générale et reproductive de la chicorée sont identiques, que les chicorées soient ou non génétiquement modifiées. L'acquisition du transgène ne confère à la chicorée aucun avantage sélectif autre que la résistance à l'herbicide.

6. EFFETS OU RISQUES EVENTUELS POUR L'ENVIRONNEMENT :

6.1. LA FECONDATION CROISEE ET LA DIFFUSION DANS LES ECOSYSTEMES NATURELS :

6.1.1. Dissémination par le pollen transgénique :

Du fait de son caractère entomophile et allogame, le transfert du pollen vers des plants voisins est important et peut s'effectuer dans une moindre mesure à grande distance. Eckert (1933 : cité par Scheffler, 1995) a déjà observé que les abeilles pouvaient parcourir des distances variant entre 1 et 2 km pour récolter le nectar des fleurs. Cependant, dans leur essai destiné à apprécier la fréquence de dissémination du pollen de colza (plante entomophile et anémophile), Scheffler et *al* (1993) ont observé une diminution rapide des fréquences de pollinisations croisées autour de la parcelle donneuse de pollen. Ils ont aussi observé que la fréquence d'hybridation atteignait 0.0003% à 47 mètres d'une parcelle de plants donneurs de 9 mètres de diamètre entourée d'un champ d'un ha de colza. (Voir aussi la synthèse d'études menées par l'INRA <http://www.ogm.cetiom.fr>). Le résultat d'études menées sur la diffusion efficace du pollen de la betterave (plante anémophile) montre que le taux d'hybridation baisse lui aussi très rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des plants pollinisateurs : ce taux égale 10% à 3m et seulement 1% à partir de 9m (Vigouroux et *al.*, 1999).

En chicorée, peu de données sont disponibles. Pour cette raison, une étude sur les flux de pollen a été entamée en 2000 avec la collaboration de chercheurs de l'Université de Gembloux (Unité de Biologie végétale dirigée par le professeur Patrick du Jardin).

Selon de Vries et *al.* (1992), la chicorée serait capable de s'hybrider avec *Cichorium endivia* L. (chicorée scarole) et les différentes variétés appartenant à la même espèce (*Cichorium intybus* L.), c'est à dire *C. i. var. foliosum* (la witloof et toutes les chicorées à anthocyane) *C. i. var. sativum* (les chicorées à café et à inuline) et la chicorée sauvage.

Les études de out-crossing que nous avons réalisées ces dernières années confirment ces capacités d'hybridation (Gastiny, 2000 ; rapport d'activité 1999). Par contre, nous n'avons pas observé de croisements interspécifiques entre *Cichorium intybus* L. et les quelques 28 astéracées testées n'appartenant pas au genre *Cichorium*. Ces études devraient encore être complétées mais l'on peut déjà

avancer que le risque de «fuite» du gène de tolérance via le pollen vers les populations d'adventices de la chicorée est extrêmement faible voire nulle.

En Belgique et en particulier en Wallonie (où les essais sont réalisés), les risques de croisements entre chicorées cultivées et chicorées sauvages sont réduits car l'aire de dispersion des chicorées sauvages ne correspond pas aux zones de culture de chicorée. Les risques de croisements avec *Cichorium endivia* sont plus importants car cette plante est souvent cultivée en potager et possède des formes annuelles. Pour limiter ce risque, nous choisissons notre site d'expérimentation dans des zones rurales peu peuplées.

Restent les risques de croisements avec les chicorées à inuline conventionnelles éventuellement cultivées sur des parcelles proches de l'essai. Ces croisements sont biologiquement possibles mais physiquement impossibles. En effet, l'expérimentation en plein champ pour laquelle nous demandons une autorisation ne concerne pas la phase générative de la chicorée. Tout plant montant prématurément dans le champ d'essai est arraché et détruit avant de parvenir à la phase de floraison.

6.1.2. Dissémination par les repousses :

Comme pour la betterave, des repousses peuvent apparaître l'année suivant la culture. Les repousses émergent le plus régulièrement des extrémités racinaires restées dans le sol après la récolte. En effet, la racine de chicorée étant relativement effilée, plus que celle de la betterave, il est facile d'en sectionner sa pointe lors de l'arrachage. Le nombre de repousses varie principalement en fonction de la qualité de la réalisation de la récolte, mais aussi en fonction de la densité de semis, du type de sol et des conditions climatiques.

La présence de repousses sur une ancienne sole de chicorée est un phénomène bien connu des agriculteurs. Ils contrôlent aujourd'hui ces repousses, par voie mécanique ou chimique dans les périodes d'interculture, puis par le désherbage (voie chimique) dans les cultures suivantes de la rotation. Le développement de repousses tolérantes dans la rotation après une culture de variété génétiquement modifiée tolérante présente toutefois un impact spécifique :

Ces repousses ne pourront pas être contrôlées par les herbicides auxquels elles sont tolérantes. Ceci n'est pas un problème pour la chicorée car dans la pratique, le glufosinate d'ammonium n'est jamais utilisé pour éliminer les repousses (du fait de son mode d'action, il est inefficace pour cette utilisation). Par contre, les nombreux herbicides anti-dicotylédones utilisés dans les cultures actuelles de la rotation culturale de même que les herbicides contenant du glyphosate (tel le Round up) restent efficaces sur ces repousses.

Dans le cadre de nos expérimentations, nous travaillons toujours sur des terres légères : d'une part, celles-ci peuvent être abordées plus rapidement en début de saison, ce qui conditionne la réussite des essais, d'autre part ces terres souffrent moins de conditions climatiques défavorables et permettent la réalisation d'un arrachage soigné. Comme les chicorées transgéniques sont détruites après récolte, nous ne sommes pas tenus par un planning de livraison auprès d'une industrie transformatrice. L'élimination de l'essai est donc programmée au moment où les conditions d'arrachage sont les mieux appropriées. Dans les essais, les densités de population sont systématiquement ajustées. La population de plantes y est très régulière. Cette régularité conditionne la régularité des racines, ce qui limite encore le risque de perte de petites racines sur le champ. Toujours par mesure de biosécurité, nous faisons suivre la sole chicorée par une culture de céréale, le désherbage de cette dernière permettant la lutte contre les repousses de chicorée. En interculture, un désherbage au Round up ou avec une association de matières

actives est effectué. Enfin, le suivi de la parcelle d'essai est assuré durant minimum deux ans après l'expérimentation.

6.1.3. Dissémination par les semences transgéniques :

La dissémination des graines de chicorées dans l'environnement peut avoir pour origine soit des graines issues de repousses ou de plants montés pendant la culture, soit des graines tombées accidentellement sur le sol au moment des semis. Dans le premier cas, la dissémination spatiale restera très limitée, les semences tombant au pied des plantes en fleurs au sein de la terre de culture. Si ces semences devaient germer, elles seront détruites par voie mécanique ou chimique (confer 6.1.2. Dissémination par les repousses :).

La dispersion de graines sur de plus longues distances via les machines agricoles peut entraîner un flux de gènes notamment vers les espaces non agricoles situés à proximité des parcelles (fossés, bords de chemins et de routes). Dans la pratique, bien que le potentiel de reproduction et la fertilité de la chicorée soient grands, on n'observe pas de chicorées échappées en bordure de champs comme on peut l'observer pour le colza (rappelons que ce dernier est cultivé pour sa semence, les risques de dispersion des graines sont donc nettement supérieurs pour cette espèce). La faible viabilité des plantules, qui supportent mal les conditions extra agricoles et la concurrence des adventices, de même que les pratiques visant à entretenir les bordures des champs et des routes défavorisent certainement la dissémination de la chicorée. La vidange systématique des semoirs au sein du champ après semis pourrait limiter encore ce risque.

Jusqu'à présent nous n'avons pas eu connaissance de semences de chicorée en dormance dans le sol qui y survivent pendant des années. Des essais spécifiques devraient être entrepris pour confirmer ces observations.

6.1.4. Avantage sélectif :

L'avantage sélectif d'une plante tolérante au glufosinate dépend largement de l'interaction entre les caractères intrinsèques de la plante, combinée avec l'habitat spécifique que la plante occupe. Pulvériser avec du glufosinate confère un avantage sélectif évident aux plantes tolérantes à cette substance, lorsqu'elles sont cultivées en champs de production. Excepté peut-être occasionnellement sur des surfaces adjacentes à ces champs, il est improbable que de telles conditions sélectives soient trouvées en dehors des zones de production agricole. En absence de pulvérisations au glufosinate, la tolérance au glufosinate ne confère aucun avantage sélectif à la plante (Metz, 1998). Crawley et al (2001) ont réalisé le monitoring durant dix années, de colzas, maïs, betteraves sucrières et pommes de terre, transgéniques et non transgéniques, suite à leur culture dans 12 habitats naturels différents. Les traits génétiques modifiés concernaient une résistance soit à un herbicide (glufosinate ou glyphosate) soit à un insecte. Dans aucun des cas, les plantes génétiquement modifiées ne se montrèrent plus envahissantes ou plus persistantes que leurs homologues conventionnels. Dans les différents écosystèmes, les populations des cultures testées diminuèrent au cours des années (endéans les 3 ans) à cause de la concurrence des plantes pérennes des sites.

Les études réalisées par notre centre de recherches sur les chicorées transgéniques ont permis d'observer que l'intégration du transgène n'avait affecté ni le mode ni la vitesse de reproduction des chicorées. Celles-ci se comportent de façon comparable à leurs analogues non GM. Elles ne manifestent donc pas

un comportement plus «invasif» leur permettant de s'accroître plus vite ou en plus grand nombre que l'espèce cultivée conventionnelle.

6.2. INTERACTIONS AVEC LES ORGANISMES CIBLES :

A cause de la lente croissance juvénile de la chicorée, il est indispensable qu'elle ne subisse aucune concurrence de plantes adventices (Guldentops, 1994). En absence de tout traitement désherbant, les pertes en rendements peuvent être conséquentes (jusqu'à 30% voire plus, de pertes !). La lutte est donc indispensable. L'introduction de variétés de chicorées tolérantes à un herbicide dans le système de l'agriculture belge apporterait un élément d'amélioration significative du désherbage par rapport aux pratiques actuelles.

Cependant, afin d'empêcher l'apparition de résistances (suite à l'échappée éventuelle du transgène vers des espèces sauvages apparentées) qui provoqueraient la perte d'efficacité de l'herbicide, il est nécessaire de pratiquer une bonne gestion agricole :

- ✓ Renforcer les pratiques de contrôle des repousses dans la rotation par rapport à la pratique actuelle. Cette gestion sera d'autant plus facile que la rotation est longue ;
- ✓ Eviter la présence de cultures tolérantes au même herbicide dans la rotation et en particulier d'éventuelles variétés de céréales tolérantes aux herbicides) afin de limiter la sélection des repousses tolérantes lors de l'application de l'herbicide seul ;
- ✓ Proscrire les usages des herbicides à large spectre en dehors des cultures tolérantes dans le cas de formulations ne contenant qu'une seule matière active (glyphosate ou glufosinate) au profit d'associations de matières actives.

6.3. INTERACTIONS AVEC DES ORGANISMES NON-CIBLES :

6.3.1. Transfert vers les micro-organismes du sol :

La question d'un transfert de gènes à partir des plantes génétiquement modifiées vers les micro-organismes du sol peut être abordée de façon générique à partir des travaux menés au plan international. Il en ressort que le transfert pourrait avoir lieu, soit dans le sol (y compris dans le tube digestif des insectes qui y résident), soit dans les plantes elles-mêmes vers les micro-organismes pathogènes, symbiotiques ou commensaux. De tel transfert implique la réalisation d'un grand nombre de conditions chimiques et géographiques. A priori, les fréquences de tels transferts demeureront très faibles (par rapport aux échanges classiques d'informations génétiques entre bactéries) mais ne seront pas nulles dans le cas des transgènes qui ont une origine procaryotique.

Pour la plupart des transgènes, un transfert vers une bactérie n'aura qu'une incidence mineure sur la structure de la communauté bactérienne indigène. Les micro-organismes du sol présentent en général une faible mobilité. Leur dispersion sera fonction de la profondeur d'enracinement des plantes cultivées ainsi que des transports mécaniques lors du travail du sol. L'impact dépendra en fait de la présence du facteur sélectif dans l'environnement (dans notre cas, l'herbicide), de sa plus ou moins grande disponibilité pour les bactéries (le glufosinate est rapidement biodégradé), de la redondance des gènes impliqués parmi la microflore, et potentiellement de leur localisation dans le génome des micro-organismes.

En ce qui concerne la chicorée tolérante au glufosinate, il importe de souligner que la séquence d'ADN introduite dans la plante ne contient aucun gène de résistance à des antibiotiques. Ceci limite fortement les risques que pourrait occasionner un transfert éventuel entre la plante transformée et les micro-organismes du sol.

Une étude est actuellement en cours au CERVA (Département de biotechnologie et analyses organiques) pour déterminer la durée de persistance de l'ADN transgénique dans le sol après arrachage des plantes de chicorées transformées. Ceci doit contribuer à évaluer les risques de dispersion du gène dans la nature et plus précisément de l'éventuelle modification de l'environnement tellurique.

6.3.2. Impact de la présence du gène de tolérance sur les pollinisateurs :

Une étude a été menée en 1999 et en 2000 par l'INRA avec la collaboration du CETIOM afin de comparer le comportement et la croissance de colonies d'abeilles mises en présence de deux variétés de colza, l'une conventionnelle, l'autre tolérante au glufosinate-ammonium. Aucune différence au niveau du comportement de l'abeille n'a été montrée (préférence variétale, mortalité). Aucun résidu d'herbicides, ni la protéine PAT n'ont été retrouvés dans les différents produits testés (miel, pollen, abeilles mortes, larves). L'étude conclut qu'à ce jour, aucun impact sur la faune auxiliaire de la mise en culture de variétés de colza tolérantes à différents herbicides n'a été identifié.

A priori, les résultats devraient être identiques pour la chicorée tolérante au glufosinate-ammonium, cette dernière possédant le même transgène (gène *pat*). Les études réalisées par notre centre de recherche dans des cages d'isolation avec des colonies de bourdons ou d'abeilles ont montré un comportement identique des pollinisateurs mis en présence de chicorées GM et non GM.

7. DES MESURES DE CONFINEMENT, DE CONTROLE ET DE SUIVI :

Selon le principe de précaution, un protocole d'expérimentation spécifique aux chicorées transgéniques a été élaboré pour la Belgique par l'Inspection générale des Matières premières et des Produits transformés, avec la collaboration d'experts et de notre centre de recherche. Ce protocole est repris intégralement sur Internet : <http://biosafety.ihe.be/TP/partB/protocols.htm>.

Nous reprenons ci-dessous quelques-unes des mesures importantes qui sont prises pour une bonne gestion des essais impliquant des chicorées GM.

7.1. CONTROLE DE LA DISSEMINATION DU POLLEN :

A. Croisements :

- ✓ Toutes les productions semencières ayant trait aux chicorées transgéniques sont réalisées en milieu confiné : en serres isolées ou en cages d'isolation. Il y a donc une barrière physique empêchant le flux d'insectes (entrant et sortant).
- ✓ La pollinisation est réalisée au moyen de colonies de bourdons qui sont détruits en fin de saison.
- ✓ Durant la période d'émission de pollen (la floraison), des contrôles journaliers sont effectués.

B. Expérimentation en champ :

- ✓ L'expérimentation en plein champ ne concerne pas la phase générative de la chicorée. Seule la production de racines est visée.
- ✓ Les plants montant à graines prématurément dans le champ d'essai sont arrachés et détruits avant de parvenir à la phase de floraison : il n'y a donc ni formation de pollen, ni formation de graines.
- ✓ A cette fin, un contrôle hebdomadaire est effectué dans la parcelle d'essais.

7.2. CONTROLE DE LA DISSEMINATION DES SEMENCES TRANSGENIQUES :

A. Croisements :

- ✓ Les hampes florales sont récoltées manuellement (ce qui limite les pertes de graines au sol), séchées et traitées dans une filière séparée des productions conventionnelles.
- ✓ Les semences GM sont conditionnées dans des récipients scellés, étiquetés de façon spécifique, catalogués puis stockés dans un local séparé dont l'accès est contrôlé.

B. Expérimentation en champ :

- ✓ Les lots de semences à tester sont préparés en laboratoire. Ils sont conditionnés dans des tubes scellés étiquetés de façon claire et distincte.
- ✓ Leur transport jusqu'au site d'essai est effectué par le responsable des essais dont la présence est assurée durant toute la durée du semis.
- ✓ Le semis terminé, le semoir (semoir de recherche habilité uniquement au semis des essais en chicorée) est complètement vidangé sur le champ.
- ✓ Les résidus de semences suivent la filière de destruction des déchets GM. Ils sont détruits par incinération.

7.3. CONTROLE DE LA DISSEMINATION PAR LES REPOUSSES :

A. Croisements :

- ✓ Après la récolte des semences, les racines des porte-graines sont extraites manuellement du sol et détruites. Par cette mesure, la subsistance de morceaux de racines est limitée.
- ✓ Avant l'implantation de la culture suivante, nous favorisons la levée des semences qui seraient tombées dans la parcelle. Un traitement chimique est appliqué quelques semaines plus tard pour éliminer les plantules qui auraient germé.
- ✓ La parcelle est suivie durant deux ans afin de contrôler la non-émergence de repousses.

B. Expérimentation en champ :

- ✓ Afin de garantir un arrachage soigné et de limiter ainsi la perte de morceaux ou de petites racines susceptibles d'entraîner la formation de repousses, plusieurs mesures sont appliquées :
 - Choix de terres légères favorables à un arrachage de qualité.
 - Ajustement, après le semis, de la densité de la population afin notamment d'assurer la régularité des racines.
 - Choix de la date d'arrachage et d'élimination des essais en fonction des conditions environnementales (climatiques et culturales).
 - Ramassage des racines tombées lors de la récolte (dans et au bord de la parcelle transgénique).

- Epannage après déchetage des feuilles et collets, sur la parcelle transgénique.
- Présence du responsable lors de l'arrachage
- ✓ Afin d'éviter la perte accidentelle de racines en dehors de la parcelle d'essais, les précautions suivantes sont prises :
 - Transport des racines jusqu'à leur lieu d'analyse en sacs fermés et jusqu'à leur lieu de destruction en véhicules couverts
 - Nettoyage méticuleux des machines agricoles et véhicules de transport
- ✓ Afin de faciliter le contrôle et la destruction des repousses, la sole chicorée est suivie par une culture de céréales : le désherbage de cette dernière permet la lutte contre les repousses de chicorée. Si le nombre de repousses est peu important, elles sont arrachées manuellement.
- ✓ Réalisation au besoin d'un désherbage en interculture au moyen d'un herbicide total ou d'une association de matières actives.
- ✓ Un suivi de deux ans est assuré après l'expérimentation afin de contrôler et détruire au besoin les repousses éventuelles (passage bi- à trimestriel).

8. DESTRUCTION DU MATERIEL TRANSGENIQUE :

D'une façon générale, tout matériel végétal de nature transgénique est détruit dès qu'il n'est plus utile à nos travaux. Ceci implique :

- La collecte et la destruction des résidus de semences (restes de semences, déchets de nettoyage) des résidus de cultures (plantules, porte-graines, montées à graines, repousses...), des résidus de culture in vitro et des résidus d'analyses (échantillons de racines, produits d'extractions,...).
- La destruction intégrale de tout essai terminé, comportant en tout ou partie du matériel transgénique.

Aucune chicorée transgénique ou l'un de ses constituants (racines, feuilles, pulpes, hampes florales, inuline, fructose, miel) ne sont utilisés dans la chaîne alimentaire (humaine ou animale).

Dans cette optique, des mesures visant à prévenir tout risque de contamination des chicorées conventionnelles sont prises : formation du personnel, présence du responsable, utilisation de filières de travail séparées dans le temps ou dans l'espace (outils, transport, conditionnements, locaux, ...), identifications claires du matériel transgénique (traçabilité, étiquetage, documents d'accompagnement, signalisation des sites), instauration de périmètres de sécurité (bordures et distances d'isolement entre parcelles d'essais transgéniques et chicorées cultivées conventionnelles, accessibilité des installations), gestion des déchets.

Après collecte et regroupement, tous les déchets transgéniques sont incinérés via un organisme agréé.

9. SITUATION D'URGENCE :

Les filières «expérimentation en champ», «production expérimentale de semences» et «gestion des déchets» ont fait l'objet, au sein de notre centre de recherche, d'une étude permettant d'en évaluer les risques (risk assessment). Sur cette base, des instructions de travail sont établies (protocoles, consignes, collecte des données, tenue de carnets de bord, désignation et présence de responsables, procédures internes de contrôle, fréquences des contrôles, ...). Ces instructions concernent également les procédures à appliquer en cas d'urgence (évaluation du danger, mesures à prendre, consignes de sécurité, responsables à contacter, etc....).

Seul le personnel permanent et compétent est impliqué dans la filière OGM. Ceci permet d'identifier et de juguler rapidement tout événement imprévu.

Les chicorées transgéniques au même titre que leurs homologues conventionnelles restent à tout moment contrôlables. Ceci signifie qu'à n'importe quel moment, en cas de nécessité et sur base d'une décision interne ou émanant de l'inspection générale des Matières premières et des Produits transformés, les essais peuvent être détruits.

10. INSPECTION :

L'Inspection générale des Matières premières et des Produits transformés en Belgique est chargée du contrôle des essais sur le terrain des plantes transgéniques. Afin de planifier ses contrôles, le notifiant est tenu d'informer préalablement le service compétent de la date de semis et de récolte. Sur le terrain, des contrôleurs veillent à ce que les activités de semis et de récolte soient exécutées conformément à l'autorisation ministérielle et aux différents protocoles. En outre, les contrôleurs prennent des échantillons du matériel végétal, lesquels sont analysés par les laboratoires officiels.

11. RAPPORT D'ACTIVITES :

A l'issue de la saison culturale, un rapport d'activités rédigé par le détenteur sera remis au service compétent, c'est à dire l'Inspection générale des Matières premières et des Produits transformés, selon les directives qu'elle a établies et cela au plus tard le 31/12/2002, sauf en cas de dérogation. Ce rapport d'activités comprendra au minimum les données suivantes :

- une copie du carnet de bord,
- le lieu et la période de la dissémination,
- la nature précise des transformants effectivement disséminés,
- la surface effective des différentes parcelles et le nombre de sites utilisés,
- les objectifs ou l'objectif des expérimentations,
- la fréquence et la nature des observations faites sur les parcelles,
- les mesures étant prises pour éviter la dissémination involontaire du matériel transgénique hors des parcelles d'essais,

- la méthode employée pour la destruction de la récolte et son efficacité,
- les résultats obtenus lors des différents essais,
- Un résumé de la surveillance réalisée sur la parcelle d'expérimentation (nombre de visites effectuées en vue de l'arrachage des montées par ex.).

12. ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES :

Il existe une forte demande émanant de l'Agriculture d'avoir à disposition des produits phytopharmaceutiques sélectifs pour le désherbage de la culture de la chicorée. Or aucune société phytopharmaceutique n'investit dans le développement de ce type de molécule sélective pour la chicorée. Une alternative, si la culture en a besoin, est de développer des variétés tolérantes à un herbicide total. Qui peut mieux le faire que le semencier car la semence est le moyen idéal et moderne de répondre à cette problématique !

Les avantages tirés par l'agriculteur sont une diminution des aléas de la culture de la chicorée, une augmentation de la production racinaire, la possibilité de raisonner à vue, un gain de souplesse dans le calendrier de travail, une diminution des intrants (produits phytopharmaceutiques) pour la culture et donc une réduction des coûts de la culture. Sur le plan environnemental, l'introduction de chicorées tolérantes au glufosinate-ammonium permettrait de réduire la quantité de matière active épandue selon le programme substitué, au bénéfice d'une molécule à profil toxicologique plutôt plus favorable (biodégradation rapide et contamination moindre des eaux profondes et superficielles et de l'air).

La chicorée industrielle est une culture récente qui n'a bénéficié d'aucun effort de recherches dans les produits herbicides et phytosanitaires. L'industrie chimique n'investira pas de développement vu la taille réduite de ses embléments au niveau national et européen.

Pour cette culture, il est de première importance, tant pour le producteur de racines que pour l'industrie transformatrice, d'apporter un progrès significatif dans la résolution de cette problématique.

Il s'agit d'une question de survie de cette filière et donc d'une des dernières diversifications de l'agriculture nationale et européenne.

L'intérêt du consommateur est de voir apparaître sur le marché de nouveaux ingrédients naturels tels que l'inuline, le fructose ou les oligofructoses (fibres solubles) qui sont de nouveaux produits à très haute valeur nutritive et à effet bénéfique sur la santé.

13. LISTE DE REFERENCES :

Astoin, Champolivier, Messean, et al. (2000). Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides dans le système de l'agriculture française : Evaluation des impacts agro-environnementaux et élaboration de scénarios de gestion. CETIOM, Rapport complet. France. 193 p.

Cichan, M. A., and Palser, B. F. (1982). Development of normal and seedless achenes in *Cichorium intybus* (*Compositae*). *Amer. J. Bot.* **69**, 885-895.

- Chicoline, (2000). Etude des croisements intra- et interspécifiques et de la dissémination du pollen chez *Cichorium intybus* L.. In "Rapport d'activités pour l'année 1999", 22 p.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Gobbe, J., and Evrard, B. (1987). Systèmes de reproduction : Fertilité. In "Mécanisme de la reproduction chez la chicorée de Bruxelles : fondements et applications à la sélection" (B. Longly and B. P. Louant, eds.), pp. 21-26.
- Crawley, M. J., Brown, S. L., Hails, R. S., Kohn, D. D. and Rees, M. (2001). Transgenic crop in natural habitats. *Nature* **409**, 682-683.
- Cronquist, A. (1955). "Vascular Plants of the Pacific Northwest Part 5 : *Compositae*," University of Washington Press, Seattle.
- de Vries, F. T., van der Meijden, R., and Brandenburg, W. A. (1992). "Botanical files," Offsetdrukkerij Kanters BV, Alblasserdam.
- Gastiny, R. (2000). Contribution à l'étude des flux géniques chez *cichorium intybus*. Mémoire de fin d'études. FUSAGX. Gembloux. 68 p.
- Guldentops, R. (1994). La culture de la chicorée industrielle. Ministère de l'Agriculture : Administration de l'agriculture et de l'horticulture (service information).
- Hitchcock, C. L., and Cronquist, A. (1973). "Flora of the Pacific Northwest," University of Washington Press, Seattle.
- Linhoud, W. M. (1984). HOE 39866 (Glufosinate-ammonium) : state of development and prospects for the Netherlands. *Med. Fac. Landbouwwet. Rijkuniv. Gent* **49**, 1085-1090.
- Metz, P. L. J., Stiekema, W. J., and Nap, J.-P. (1998). A transgene-centered approach to the biosafety of transgenic phosphinothricin-tolerant plants. *Molecular Breeding* **4**, 335-341.
- Plumier (1960). Biologie florale et fécondation. In "Annales de Gembloux", Vol. 66 (2), pp. 151.
- Scheffler, J. A., Parkinson, R., and Dale, P. J. (1993). Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*). *Transgenic Research* **2**, 356-364.
- Scheffler, J. A., Parkinson, R., and Dale, P. J. (1995). Evaluating the effectiveness of isolation distance for field plots of oilseed rape (*Brassica napus*) using a herbicide-resistance transgene as selectable marker. *Plant Breeding* **114**, 317-321.
- van Rijn, J. P., van Straalen, N. M., and Willems, J. (1995). "Handboek bestrijdingsmiddelen: gebruik en milieueffecten," VU Uitgeverij, Amsterdam.
- Vigouroux, Y., Gestat de Garmbe, T., Richard-Molard, M., and Daemency, H. (1999). Gene flow between sugar beet and weed beet. In "Gene flow in agriculture : relevance for transgenic crops" (P. J. W. Lutman, ed.), Vol. 72, pp. 83-88.
- WSSA (1994). In "Herbicide Handbook", pp. 147-149.

14. LIENS INTERESSANTS :

<http://www.ogm.org/>

Trois fédérations professionnelles se sont réunies pour produire un site à propos des Organismes Génétiquement Modifiés. Divisé en plusieurs parties, ce service présente les techniques sur lesquelles reposent les biotechnologies ainsi que les principaux acteurs intéressés : consommateurs, politiques, industriels et chercheurs.

http://www.ogm.cetiom.fr/OGM/OGMSite/pages/00_outils/actua.htm

Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides dans le système de l'agriculture française : Evaluation des impacts agro-environnementaux et élaboration de scénarios de gestion. Résumé du rapport OGM 2000 réalisé dans le cadre du dossier Moratoire - novembre 2000.

http://www.inapg.inra.fr/ens_rech/bio/biotech/textes/applicat/agricult/ogmenv/sommaire-impacts.htm
OGM et impacts sur l'environnement

<http://www.ogm.cetiom.fr/OGM/OGMSite/index.html>

15. GLOSSAIRE EXPLICATIF :

Activité enzymatique : La principale fonction d'une enzyme est de catalyser une réaction chimique, c'est-à-dire d'accélérer la vitesse de la réaction. L'enzyme n'est pas modifiée au cours de cette réaction. Le substrat se fixe sur le site actif de façon spécifique. Cette partie de l'enzyme permet le déroulement de la réaction chimique.

Il existe des molécules capables de perturber l'activité enzymatique de différentes manières. On appelle inhibiteur compétitif, une molécule se liant avec le site actif de l'enzyme, mais ne subissant pas de réaction chimique. Cette liaison peut être permanente ou temporaire. Quand elle est permanente, l'enzyme est alors inutilisable pour sa fonction initiale.

ADN (acide désoxyribonucléique) : cet acide est le dépositaire de l'information génétique héréditaire chez de nombreux êtres vivants. La molécule d'ADN se trouve dans le noyau de chaque cellule. Elle est constituée de deux chaînes qui s'enroulent l'une autour de l'autre pour adopter la structure d'une double hélice. Elle a des bases azotées (A, T, C, et G) qui se répètent tout au long de la molécule et elles forment ainsi la séquence propre du génome de l'organisme.

Adventice : toute plante d'une parcelle qui n'est pas l'espèce cultivée, et dont la présence n'est pas souhaitée. Synonyme : mauvaise herbe.

Anthocyane : molécule complexe d'origine végétale responsable de la couleur de la plupart des fruits et des fleurs allant du rose au violet, en passant par le rouge et le bleu.

Bactéries : A la différence des virus, les bactéries sont des organismes unicellulaires, capables de se reproduire. Elles sont aussi 10 fois plus grandes et la plupart ne présentent aucun danger pour l'homme.

Biotechnologies : L'ensemble de techniques qui utilisent des micro-organismes, des cellules animales, végétales ou leurs constituants pour produire des substances utiles à l'homme.

Cotylédon : feuille qui naît sur l'axe de l'embryon (réserve nutritive de la plantule).

Ecosystème : ensemble de populations animales et végétales interagissant entre elles au sein d'un biotope.

Entomophile : se dit du transport du pollen par les insectes chez de nombreuses plantes allogames.

Expression d'un gène : Ensemble des étapes qui permettent à un gène de devenir opérationnel, c'est à dire de déclencher la production de la protéine qu'il code. L'expression d'un gène intègre donc régulation, transcription et traduction du gène.

Flux de gènes : diffusion de gènes par le pollen.

Gène : unité d'information constituée d'ADN (acide désoxyribonucléique), qui, portée par les chromosomes, conserve et transmet les propriétés héréditaires des êtres vivants. Un gène code pour une protéine.

Génie génétique : L'ensemble des procédés au moyen desquels il est possible de modifier le patrimoine génétique d'un être vivant.

Génome : ensemble des caractères héréditaires contenus dans l'ADN d'une espèce.

Herbicide : produit d'origine chimique qui détruit une ou plusieurs mauvaises herbes. Exemples : l'atrazine, le glyphosate.

Herbicide de pré-émergence : herbicide utilisé avant que la culture ne soit levée.

Herbicide de post-émergence : herbicide utilisé après que la culture soit levée. Synonyme : herbicide de post-levée.

Herbicide total : herbicide à large spectre d'action utilisé pour détruire ou empêcher totalement le développement de la végétation en terrain non cultivé.

Interspécifique : entre des individus appartenant à 2 espèces au sein d'un peuplement.

Intraspécifique : entre deux individus d'une même espèce au sein d'une population.

Lignée : C'est un ensemble d'individus tous semblables, disposant du même patrimoine génétique à l'état homozygote.

Organisme : tout être vivant doté ou non d'organes. Exemples : une bactérie, un animal, une plante.

OGM : Organisme Génétiquement Modifié, organisme issu des techniques du génie génétique, c'est-à-dire dans lequel l'homme a introduit des gènes porteurs d'un caractère d'intérêt, gènes provenant d'un autre organisme. Les cellules de cet organisme sont dès lors dotées de ce gène nouveau (dit transgène), et peuvent produire une protéine spécifique.

Tel que défini dans la directive européenne 2001/18/CE, un OGM est un organisme, à l'exception des êtres humains, dont le matériel génétique a été modifié d'une manière qui ne se produit pas naturellement par multiplication et/ou par recombinaison naturelle.

Population : Au sens large du terme, une population rassemble des individus non semblables, bien que présentant des caractéristiques générales proches, et se reproduisant en inter-croisement.

Principe de précaution : " L'absence de certitudes, compte-tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'absence de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable."

Procaryote : se dit de cellules dépourvues de noyau. Les êtres vivants procaryotes sont généralement unicellulaires, comme les bactéries, les cyanobactéries, les archéobactéries.

Protéines : Ces molécules forment la matière première dont les êtres vivants sont constitués. Elles sont codées par les gènes (un gène code une protéine).

Protéine PAT : Protéine **P**hosphinotricine **A**cétyl-**T**ransférase produite par le gène qui confère la tolérance au glufosinate-ammonium.

Stress : ensemble des perturbations physiologiques, métaboliques ou pathologiques provoquées dans un organisme par des agents agresseurs variés (température, humidité, etc.). Exemples : stress thermique, stress hydrique.

Transgène : gène d'intérêt transféré dans le génome d'un organisme.

Transgénèse : intégration stable d'un gène dans un génome hôte.

Transgénique : qualificatif désignant une plante ou un animal chez lequel on a transféré un gène émanant d'une espèce différente.

