

**HAYOTTE
Florent**

**BTSA « Gestion et Maîtrise de l'eau
en agriculture et en aménagement »**



**Quelles sont les solutions
permettant de lutter contre la
chrysomèle du maïs en Alsace ?**

**Quels sont leurs impacts sur les
ressources en eau ?**

Promotion 2003 / 2004

RAPPORT DE STAGE
Pour l'épreuve n°3 du premier groupe et l'obtention du diplôme de
BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR AGRICOLE
Option " Gestion et Maîtrise de l'eau"

SESSION 2003/2004

AUTEUR

HAYOTTE Florent

LIEU ET DATE DU STAGE

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Stage réalisé du 1^{er} décembre au 19 décembre
2003 et du 1^{er} février au 5 mars 2004

TITRE DE L'ETUDE

Quelles sont les solutions permettant de lutter contre la chrysomèle du maïs en Alsace ?

Quels sont leurs impacts sur les ressources en eau ?

MOTS CLEFS : Monoculture du maïs
Chrysomèle du maïs
Nappe d'Alsace
Rotation des cultures

Nombre de pages (sans les annexes) : 37

Nombre des annexes : 5

Nombre de pages des annexes : 7

Généralités

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Serge RAMON, chargé de mission « prospective et agriculture », qui m'a accepté au sein de son équipe pour que je puisse réaliser mon stage. Malgré des contraintes professionnelles liées à son statut, ce stage s'est déroulé dans d'excellentes conditions de travail grâce à son attention, ses conseils et son expérience dans le domaine de la gestion et maîtrise de l'eau en agriculture.

Je veux aussi remercier l'ensemble des agents pour leur collaboration et leur disponibilité lors du déroulement de mon stage ainsi que mon « collègue stagiaire » pour ses connaissances approfondies en informatique.

Localisation de la zone d'étude



Présentation de l'organisme d'accueil

1) L'agence de l'eau Rhin-Meuse

L'agence de l'eau Rhin-Meuse est un établissement public de l'Etat à caractère administratif, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, créé par la loi sur l'eau de 1964.

Sa mission principale est d'aider financièrement et techniquement les opérations d'intérêt général au service de l'eau et de l'environnement du bassin : la lutte contre la pollution des eaux, protection et restauration des ressources en eau (rivières et nappes) et des milieux aquatiques naturels. Elle est chargée de faciliter les actions d'intérêt commun au bassin (études, recherches, ouvrages...).

2) Le bassin Rhin-Meuse

Le bassin Rhin-Meuse est constitué de trois régions : l'Alsace, la Lorraine et une partie de la Champagne-Ardenne, soit un total de huit départements. Cela représente une superficie d'environ 32 700 km² où vivent près de quatre millions d'habitants.



Localisation du Bassin Rhin-Meuse
Source : Agence de l'Eau Rhin-Meuse



Carte détaillée du bassin Rhin-Meuse.
Source : Agence de l'Eau

Le réseau hydrographique est composé des bassins versants du Rhin, de la Moselle, de la Meuse ainsi que d'une petite partie des bassins de la Seine et de la Saône. La longueur totale des cours d'eau avoisine les 7 100 km : 1 900 km de grands fleuves et rivières et 5 200 km de petits cours d'eau. A ceci, il faut ajouter deux milliards de m³ de renouvellement annuel en eaux souterraines, dont 1,3 milliards pour la nappe d'Alsace, la plus importante d'Europe.

L'ensemble de ce bassin se situe sur l'arc central de l'Europe dans une zone de très forte activité économique, issue des ressources du sous-sol (fer, charbon, sel) mais aussi d'une agriculture intensive, problématique de l'étude.

Journal de stage

Ce journal de stage caractérise l'ensemble des contacts et démarches que j'ai pu prendre ainsi que les réunions auxquelles j'ai pu participé durant mon stage. Ceux-ci ont permis de faire progresser cette étude directement (apport d'informations) ou indirectement (réflexion sur un sujet, point de vue de professionnels) :

❖ 1^{er} au 5 décembre 2003 :

Travail de recherche sur la chrysomèle des racines du maïs (anatomie, origine, déplacements, moyens de lutte...)

❖ Lundi 8 décembre 2003 :

Objet : Réunion Technique « Grandes Cultures » au Biopôle de Colmar (68)

Thème (d'une partie du programme) : La chrysomèle des racines du maïs ⇒ Découverte d'un foyer en Alsace et ses conséquences

❖ Jeudi 11 décembre 2003 :

Objet : Réunion avec Marc BENOIT (INRA Nancy) au SRPV de Nancy (54)

Thème : Discussion sur la rotation des cultures

❖ Mardi 16 décembre 2003 :

Objet : Réunion avec Pascal SIMONIN (CETIOM) à la Chambre d'Agriculture à Laxou (54)

Thème : Discussion sur la chrysomèle du maïs ; Présentation des cultures oléagineuses (tournesol, colza et soja) susceptibles d'intégrer une possible rotation

❖ Jeudi 18 décembre 2003 (matin + après-midi) :

Objet : Réunion avec Benoît GASSMANN (Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin) à Sainte Croix en plaine (68)

Thème : Discussion générale sur la chrysomèle du maïs ; Présentation des moyens de lutte mis en place, en particulier la rotation des cultures.

Objet : Rencontre avec M. Weiss, un agriculteur alsacien, à Sainte Croix en Plaine (68)

Thème : Connaître le point de vue de l'agriculteur sur la rotation des cultures en Alsace ; Avoir plus de précisions sur sa production de luzerne (matériel, débouchés, marché local...)

❖ **Mardi 3 février 2004:**

Objet : Colloque national sur la chrysomèle du maïs au palais des congrès à Colmar (68)

Thème : « Comment contenir *Diabrotica* » : Présentation générale problème et enjeux pour la filière ; Biologie de l'insecte et plan de surveillance ; Gestion des foyers en France ; Incidences économiques et réglementaires ; La situation en Italie ; La situation en Hongrie ; Vivre avec *Diabrotica* depuis 20 ans aux USA ; Quelques pistes pour des stratégies de lutte ; La recherche sur *Diabrotica* à l'INRA

❖ **Jeudi 12 février 2004 :**

Objet : Réunion avec Mme PIERSON d'ARVALIS – Institut du végétal à Saint-Hilaire en Woëvre (55)

Thème : Collecte de renseignements sur la conduite culturale du maïs en Lorraine (semis, traitements...) ⇒ différences avec le maïs en Alsace

❖ **Du 16 février au 5 mars 2003 :**

Travail de synthèse + élaboration du rapport de stage

Des contacts ont aussi été pris, par mail ou par téléphone, avec des partenaires susceptibles de faire avancer le projet :

- Didier LASSERRE, ARVALIS – Institut du végétal (membre de la cellule de veille chrysomèle et « responsable » de la filière maïs en Alsace).
- INRA de RENNES « service écotoxicologie »
- Conseil Supérieur de la Pêche à MARLY
- INRA de BORDEAUX
- M. VILLARD de la Chambre d'Agriculture de Saône et Loire
- Enseignants de l'Université de METZ spécialistes en Ecotoxicologie

Enfin, j'ai pu compter sur la disponibilité de personnes de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse comme M. RAMON (maître de stage et chargé de mission « perspective et agriculture »), M. FLUTSH (spécialiste en agriculture biologique), Mme RIOU (spécialiste en écotoxicologie) ou les membres du service DPEM pour l'avancement et la finalisation de l'étude.

Résumé

Plusieurs millions de dollars de pertes par an aux Etats-Unis, près de 80 % des rendements détruits en Europe Centrale au bout de cinq années de colonisation : voilà quelques exemples qui illustrent l'ampleur des dégâts de la chrysomèle du maïs sur un territoire donné. Si celle-ci n'est pas parue comme un fait catastrophique lorsqu'elle a été signalée pour la première fois aux abords de Paris (2002), les inquiétudes se sont immédiatement portées vers l'Alsace où le maïs constitue le pilier de l'agriculture avec près de 75 % des surfaces céréalières. Fruit d'un hasard plutôt malchanceux ou comportement naturel de l'insecte, ce qui avait été tant redouté est arrivé, au grand désespoir de toute une filière, puisque la chrysomèle est apparue dans le Haut-Rhin au beau milieu de l'été 2003.

Pour faire face à ce problème déterminant, les autorités alsaciennes se sont basées sur les directives de l'arrêté national d'éradication imposant des traitements chimiques et la mise en place d'une rotation des cultures. Compte tenu de la proportion importante des terres cultivées en monoculture que ce soit en sol profond ou superficiel, l'Alsace peut véritablement être considérée comme un territoire d'expérimentation. Elle pourrait l'être d'autant plus d'ici quelques mois voire quelques années (si l'insecte continue à se propager) car d'autres méthodes de lutte sont à l'étude comme la lutte biologique, culturale ou génétique.

L'agence de l'Eau Rhin-Meuse, déjà très préoccupée par les impacts de cette monoculture sur la nappe d'Alsace (pollution par les nitrates), prend le « phénomène chrysomèle » très au sérieux. Si les conséquences financières de cet insecte sont dramatiques, une carte est à jouer au niveau environnemental avec une possible généralisation de la rotation des cultures. Ces réflexions se situent dans l'hypothèse où l'éradication ne serait pas totale et durable. Dans l'état actuel des connaissances, si aucun moyen de maîtrise de l'insecte n'est suffisant, il s'avère que ce sont les rotations culturales qui ont la meilleure efficacité. Ces dernières constituent une méthode de lutte respectueuse de l'environnement voire même rentable puisqu'elles apporteraient plus de profits qu'une monoculture en maïs en sol profond.

Sommaire

Pages

Introduction	1
Contexte général de l'étude	2 à 11
Le maïs en Alsace	2 à 5
Un climat favorable	<i>2 et 3</i>
Des conditions physiques propices	<i>3 et 4</i>
Différentes régions agricoles	
La nappe phréatique alsacienne	
Une agriculture développée	<i>4 et 5</i>
Une production de maïs performante	
Les autres filières en retrait	
La chrysomèle du maïs	6 à 9
Un ravageur nouveau	<i>6 et 7</i>
Description générale	
Cycle de vie	
Dégâts occasionnés	
Une invasion en cours	<i>7 à 9</i>
Un constat alarmant	
Un réseau de surveillance performant	
L'action d'éradication en cours	9 à 11
Arrêtés national et préfectoral	<i>9 et 10</i>
Mise en place d'une cellule de veille chrysomèle	<i>10 et 11</i>
Réactions de la population	<i>11</i>
Méthodes de lutte contre la chrysomèle du maïs	12 à 22
La lutte chimique	12 à 15
Evolution des micro-polluants dans le milieu naturel	<i>12 et 13</i>

Dangers des substances chimiques utilisées	<i>13 à 15</i>
<u>Conséquences possibles au niveau de la faune piscicole</u> <u>Conséquences sur les invertébrés aquatiques</u>	
La lutte génétique	15 à 17
Présentation	<i>15 et 16</i>
<u>Définition générale</u> <u>La lutte contre les ravageurs nuisibles</u>	
Application des OGM contre la chrysomèle	<i>16 et 17</i>
La lutte culturale	18 à 22
La lutte biologique	<i>18 et 19</i>
La lutte agronomique	<i>19 et 20</i>
La rotation des cultures	<i>20 à 22</i>
<u>Rappels</u> <u>La rotation des cultures : un moyen de lutte efficace</u>	
Propositions personnelles	23 à 33
Particularités de la zone chrysomèle	23 et 24
Critères de sélection	24 à 28
Le sol et ses capacités de rétention en eau	<i>24</i>
Spécificités des cultures	<i>24 à 28</i>
<u>Caractéristiques financières</u> <u>Caractéristiques culturelles et environnementales</u>	
Mise en place de rotations-type	28 à 30
Impacts des rotations : aspects humains et financiers	30 à 32
Bilan critique	33
Conclusion	34
Glossaire	35

Bibliographie

36 et 37

Annexes

38 à 44

« Le maïs est en danger ! ». Il ne suffisait que d'une courte phrase comme celle de Jean-Marie PELT, président de l'Institut Européen d'Ecologie, pour éveiller l'inquiétude de toute une filière. Malheureusement, cette crainte est devenue effective puisque *Diabrotica Virgifera*, principal ravageur du maïs aux Etats-Unis, fait trembler depuis juillet dernier les producteurs de maïs alsaciens.

Bien que cet insecte soit perçu comme un ravageur ou plutôt « un destructeur » aux yeux de ceux qui pratiquaient jusqu'alors la monoculture de maïs, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ne le voit pas du même œil. En effet, force est de

constater que la culture de maïs n'est pas sans conséquence sur la nappe d'Alsace, l'apparition de la chrysomèle peut être l'occasion de sortir l'Alsace d'une monoculture dominante. Dans cette optique, j'ai effectué un stage d'une durée de huit semaines où il m'a été demandé d'étudier les solutions permettant de lutter contre la chrysomèle ainsi que les conséquences que celles-ci pourraient avoir sur les ressources en eau.

Au cours de ce rapport, nous aborderons tout d'abord le contexte général de l'étude au travers d'une partie descriptive. Celle-ci nous permettra notamment de mieux connaître l'agriculture alsacienne ainsi que l'insecte qui pose tant de problèmes en Europe et plus récemment en Alsace. Nous examinerons ensuite les différents moyens de lutte contre la chrysomèle pour aboutir enfin sur une proposition appropriée à la protection de la qualité des ressources en eau.

II Contexte général

Cette partie descriptive nous amène progressivement à la problématique actuelle. Après une présentation de ce qui fait la fierté de l'agriculture alsacienne, il vous est dévoilé la chrysomèle du maïs, insecte ravageur originaire des Etats-Unis et dont les conséquences sont considérées en Europe comme dramatiques.

1) Le maïs en Alsace

Avant de développer cette partie, il faut savoir que le maïs grain couvre environ 1,7 à 1,8 millions d'hectares en France. Cette surface, à peu près stable depuis plusieurs années, est composée de zones traditionnelles (le grand Sud-Ouest, l'Alsace, les Charentes ou Rhône-Alpes), de régions où le maïs est une culture assolée parmi d'autres ou encore de zones où le maïs grain est, selon les années, un supplément épisodique du maïs fourrage ([voir carte et graphique page de gauche](#)).

A) Un climat favorable

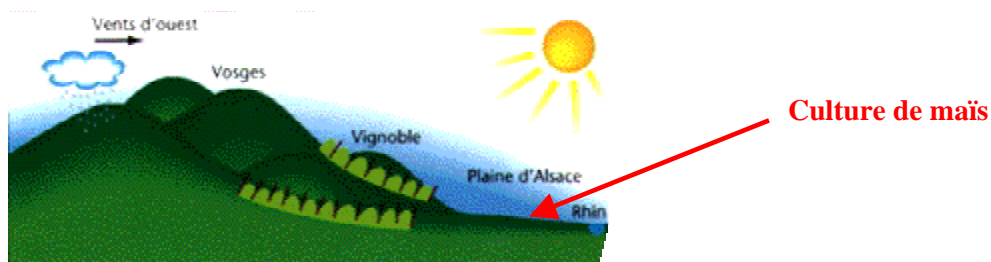
Le climat alsacien est de type semi-continental et se caractérise par sa forte amplitude thermique annuelle (environ 25 °C). Grâce à la structure du relief vosgien, les intempéries apportées par les vents d'ouest sont considérablement modérées et laissent souvent la place à un ensoleillement généreux. Des printemps tardifs et des automnes précoces, des étés très chauds et des hivers souvent rudes (60 à 70 jours de gelée par an) contrastent avec le climat du Bassin parisien. La température moyenne annuelle est de 10° C en plaine et de 7° C en altitude. Les étés connaissent d'abondantes précipitations du fait de fréquents orages, apportant ainsi suffisamment d'humidité pour permettre la culture du maïs en plaine.

Relativement sèche et abritée par l'écran montagneux, la plaine tranche avec le massif vosgien (quatre fois plus arrosé) alors que l'Alsace enregistre en moyenne moins de 580 mm de précipitations par an. Colmar est d'ailleurs considérée comme la ville la « plus sèche de France » avec seulement 500 mm de précipitations.

	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
mm	24.5	21.4	29.1	37.3	55.5	62.2	61.1	56.7	49.6	42.2	39.9	27.0	507.0

Moyenne des précipitations de la ville de Colmar (période 1802/1990)

Source : WorldClimate Data Source



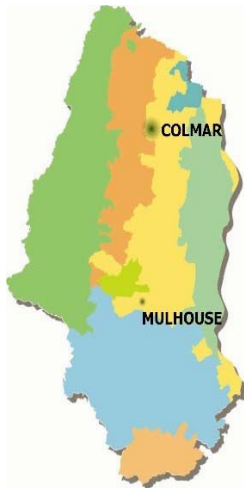
Les conditions climatiques alsaciennes, au travers de l'ensoleillement et des précipitations, conviennent relativement bien à l'implantation et à la culture du maïs. En effet, le soleil est présent une bonne partie de l'année, favorisant ainsi le développement et la maturation des plants de maïs. Quant aux précipitations, elles sont essentiellement concentrées en automne et surtout en été, période durant laquelle le maïs a besoin d'un apport conséquent en eau pour le remplissage des grains. Néanmoins, des apports supplémentaires









peuvent être fournis sous forme d'irrigation lorsque de fortes variations du climat sont observables ou bien lorsque les caractéristiques pédologiques¹ ne sont pas optimales.

B) Des conditions physiques propices

a. Différentes régions agricoles

Sachant que la majeure partie des réflexions à venir au niveau pédologique portera sur le Haut-Rhin, seule la carte concernée a été représentée.



-  Montagne
-  Collines sous-
-  Plaine d'Alsace
-  Ried
-  Hardt
-  Ochsenfeld
-  Sundgau
-  Jura

La production de maïs couvre toute la plaine alsacienne avec une intensification de la production sur la partie Est de la région (Hardt + Est du Sundgau + Ried, surtout représenté dans le Bas-Rhin). Ces portions de terre très pauvres (sols superficiels sableux) ont pu être valorisées grâce à l'irrigation.

Photo irrigation
Source : chambre
agriculture Haut-
Rhin



Les petites agricoles du Haut-Rhin
Source : chambre agriculture Haut-Rhin

Quant aux autres petites régions agricoles (centre et ouest de l'Alsace), elles sont nettement plus diversifiées

¹ Caractéristiques pédologiques = rétention en eau, pH, profondeur, texture, structure et activité biologique

du fait de concentrations plus importantes en argiles et en limons ainsi qu'à des sols plus profonds. La culture dominante reste le maïs mais d'autres cultures entrent en concurrence directe comme le blé par exemple.

Si le maïs est devenu en quelque sorte l'emblème de l'agriculture alsacienne, on le doit d'abord à l'irrigation et à la présence de la nappe d'Alsace. Celle-ci a permis un développement considérable de la plante (et des revenus) dans les zones considérées jusqu'alors comme très pauvres.

b. La nappe phréatique alsacienne



Née de la présence d'alluvions² très perméables déposés par le Rhin, la nappe phréatique rhénane est l'une des plus importantes réserves en eau souterraine d'Europe. La quantité d'eau stockée, pour sa seule partie alsacienne, est estimée à environ 35 milliards de m³. Située à quelques mètres de profondeur, la nappe est facilement exploitable et assure ainsi les $\frac{3}{4}$ des besoins en eau potable en Alsace.

Localisation de la nappe rhénane
Source : Région Alsace 1998

Elle permet l'irrigation indispensable à l'agriculture, notamment pour les cultures de maïs, et alimente une grande partie des industries de la région (brasseries, industries agro-alimentaires...). La quantité d'eau prélevée dans la nappe phréatique alsacienne est estimée à près de 400 millions de m³ chaque année³.

Cette nappe est considérée à l'heure actuelle comme un « trésor fragile ». En effet, s'il est vrai que les problèmes de quantité ne se posent pas aujourd'hui, les inquiétudes sont essentiellement basées sur la qualité de l'eau. Peu protégée par des terrains perméables et située à faible profondeur, la nappe subit des dégradations du fait de pollutions multiples, diffuses ou ponctuelles, d'origine industrielle, agricole ou domestique. Face à ce constat plutôt inquiétant, les acteurs du monde de l'eau (Agence de l'eau, région Alsace) ont décidé de réagir en créant les contrats de nappe (premier contrat signé en 1990) ou encore l'APRONA⁴ en 1995 dans l'optique d'une protection accrue des eaux souterraines. Malgré toutes ces actions, un rapport de l'APRONA datant de 1997 nous indique que la qualité de l'eau s'est nettement dégradée : près de 8 % de la nappe n'est plus potable par un excès de nitrates provenant essentiellement de l'agriculture.

C) Une agriculture développée

a. Une production de maïs performante

La production céréalière alsacienne arrive en 4^{ème} position de collecte de maïs à l'échelle nationale avec environ 133 000 hectares. Cette culture s'est imposée au fil du temps dans les deux départements alsaciens et occupe aujourd'hui les $\frac{3}{4}$ des surfaces céréalières alsaciennes.

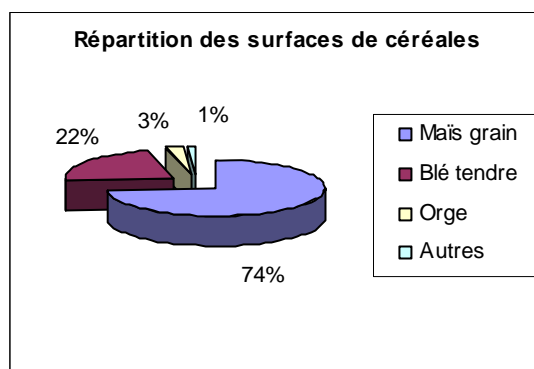
² Alluvions = limon, sable, argile, gravier ou autre matière meuble similaire déposée par un cours d'eau

³ Source : APRONA

⁴ Association pour la Protection de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace

Cette prépondérance incontestable de la production de maïs est due essentiellement aux paramètres suivants :

- Un territoire adapté à la production de maïs (climat, ressources en eau, sols)
- Une marge brute très supérieure aux autres céréales
- Une production confortable pour l'agriculteur (temps de travail faible, facilités au niveau de la conduite culturale, soutien de l'ensemble d'une filière avec un important réseau technique)
- Une production qui s'impose dans certaines zones (exemple : la Hardt et ses sols peu profonds)
- Une production glorifiante (rendements parmi les plus hauts en France, de plus en plus spécialisée, techniques de pointe)
- Un positionnement sur des marchés puissants avec des opérateurs de dimension internationale



Source : C.R.A.A⁵

Néanmoins, connaissant la fragilité des monocultures, notamment face aux ravageurs, il n'est pas inintéressant de se préoccuper des autres cultures de la région.

b. Les autres filières en retrait

La production de blé, moins bien adaptée au territoire et générant a priori des marges brutes à l'hectare inférieures à celles du maïs, bénéficie

⁵ Chambre Régionale d'Agriculture d'Alsace

d'un potentiel d'évolution plus important que le maïs (augmentations potentielles de rendements) et permettrait notamment de répondre à la forte demande des industriels locaux.

Quant aux autres productions, céréalières ou non, elles ont des perspectives de développement plus limitées (marché alsacien, quotas, productions non compétitives) et souffrent du manque de filières organisées et structurées. En effet, les marchés se limitent essentiellement à la consommation alsacienne à cause des investissements lourds que ceux-ci engendreraient (élevage, pomme de terre et légumes...) ou bien des quotas en vigueur à l'heure actuelle (cultures spéciales comme la betterave, le houblon, le tabac...).

Même si la production de maïs constitue le « pilier » de l'agriculture alsacienne, il faut savoir que sa conduite culturale (apports en produits phytosanitaires⁶ et azote) n'est pas sans conséquences sur les ressources en eau. L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse n'est pas insensible au problème de pollution de la nappe d'Alsace puisqu'elle a déjà œuvré en créant les contrats de nappe ou encore l'APRONA. Malheureusement, tout ceci n'a pas eu l'effet escompté et l'Agence de l'Eau voit, avec l'apparition très récente de la chrysomèle, un moyen de sortir l'Alsace de pratiques nuisibles à la qualité de l'eau telle que la monoculture de maïs.

2) La chrysomèle du maïs

A) Un ravageur nouveau

a. Description générale

La chrysomèle du maïs (*Diabrotica virgifera virgifera*) est un petit coléoptère de la famille des chrysomélidés. L'insecte adulte, mesurant environ sept millimètres de long, possède un corps jaune avec des bandes noires sur les ailes, une tête noire, des fémurs jaunes à liseré plus



Photographie de l'insecte adulte
Source : DRAF Ile-de-France

⁶ Substance active ou produit formulé, à l'exception des éléments nutritifs type engrais, destiné à la protection ou à l'amélioration de la production agricole, à l'entretien des zones non cultivées.

foncé ainsi que des antennes presque aussi longues que la longueur du corps.

b. Cycle de vie

Dans toute son aire de distribution, cet insecte n'effectue qu'un seul cycle de vie. La chrysomèle hiverne sous forme d'œufs diapausants* dans le sol.

La reproduction et la ponte ont lieu durant l'été. Lorsque les conditions sont favorables (sol humide, température supérieure à 10 °C), la femelle pond alors dans les quinze premiers centimètres du sol et plus de mille œufs. Une période de froid (optimum 4 à 5°C) est nécessaire mais il faut tout de même savoir qu'il peut y avoir 50 % de mortalité des œufs si ces derniers sont exposés une semaine à - 11°C voire 100 % après quatre semaines à -10 °C ou une semaine à - 15°C. Le seuil d'éclosion

se situe aux environ de 11°C. Quant à l'éclosion proprement dite, elle se passe généralement au mois d'avril : 98 % l'année N+1 et 2 % peuvent éclore l'année N+2. Son cycle de développement se poursuit par trois stades larvaires, une nymphose de deux à trois semaines dans le sol puis un stade adulte correspondant à la période des vols, de mi-juillet à mi-septembre ([voir schéma page de gauche](#)).

D'une manière générale, on considère que les adultes meurent au commencement de l'automne, au début du mois d'octobre. Cependant, ces valeurs moyennes peuvent varier légèrement avec les conditions climatiques annuelles et l'on peut penser que le cycle biologique de la chrysomèle

s'adapte aux stades de développement de la plante.

c. Dégâts occasionnés

Les principaux dégâts sont occasionnés par les larves (Annexe 1 : photos dégâts des larves). Celles-ci sont de couleur jaunâtre-blanc, atteignent 10 à 18 millimètres de longueur (corps filiforme) et se nourrissent exclusivement du système racinaire du maïs. Ceci provoque au mieux un déficit nutritionnel de la plante et au pire de la verse (« tige en col de cygne »). Les jeunes larves s'attaquent au chevelu racinaire alors que les plus anciennes creusent des canaux dans le parenchyme



Photographie de larves
Source : C.r Edwards, université de
Purdue, Etats-Unis

cortical et dans le tissu vasculaire. Les tunnels dans les racines de maïs sont d'ailleurs un symptôme caractéristique.

On estime que dix larves par plant peuvent entraîner jusqu'à 80 % de pertes de rendement. Aux États-Unis et au Canada, les pertes liées aux attaques de larves sont d'environ d'un milliard de dollars par an.

Quant aux adultes, ils consomment majoritairement des soies entraînant des problèmes de fécondation, du pollen mais peuvent aussi attaquer le feuillage.

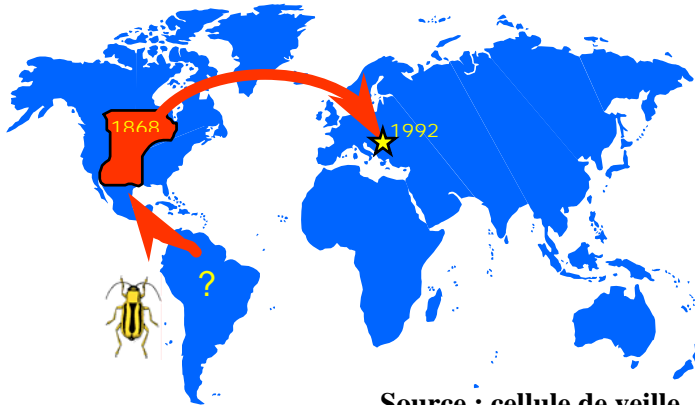
Il faut savoir tout de même que cet insecte ne présente aucun danger ni pour l'Homme et ni pour les animaux⁷ (Annexe 2 : photos dégâts des adultes).

⁷ Source : laboratoire d'entomologie de Montpellier

B) Une invasion en cours

a. Un constat alarmant

Originnaire d'Amérique Centrale, elle a progressivement envahi l'Amérique du Nord à partir de la seconde moitié du 20^{ème} siècle. A l'heure actuelle, la chrysomèle des racines est le principal ravageur du maïs sur le continent américain. Elle a été signalée pour la première fois en Europe en juillet 1992 dans la localité de Surcin, près de l'aéroport international de Belgrade (Serbie). L'identification du *Diabrotica Virgifera* a été confirmée par J. Krysan, directeur du programme national pour la systématique d'insecte à Beltsville (USA).



Source : cellule de veille

L'origine de cette introduction demeure inconnue mais les scientifiques supposent que l'insecte est apparu par l'intermédiaire des transports aériens (acheminement d'épis ou de grains de maïs...). Il s'est ensuite répandu dans le bassin du Danube, dans les zones de culture du maïs, puis en Hongrie et en Croatie en 1995, en Roumanie en 1996, en Bosnie Herzégovine en 1997, en Bulgarie, au Monténégro et en Italie

en 1998, en Slovaquie et en Suisse en 2000, en Ukraine en 2001, en Autriche et en France en août 2002 (voir carte page de gauche). Concernant l'évolution de la chrysomèle en Europe, ces mêmes scientifiques ont donc mis en avant le fait que l'insecte se déplace avec l'Homme, notamment grâce aux voies de communications (aéroports, autoroutes...). Les vols migrateurs des adultes vont de 10 à 50 kilomètres. Des vols de 180 kilomètres ont déjà été observés en raison de fortes carences en nourriture mais ceci reste assez rare.

La chrysomèle des racines a donc débarqué dans notre pays en 2002. Le laboratoire d'entomologie de Montpellier a confirmé la présence de cet insecte le mercredi 21 août 2002 suite aux captures enregistrées deux jours auparavant à Roissy. Très peu de temps après, c'est au tour de l'aéroport d'Orly d'enregistrer une nouvelle capture. En multipliant par dix le nombre de pièges à adultes installés en Ile-de-France, près de 288 individus ont été capturés sur 16 pièges différents. En 2003, la chrysomèle est découverte à proximité des aéroports de Bruxelles, Amsterdam, Londres mais aussi près de l'Euro-Airport de Bâle-Mulhouse en Alsace. En effet, trois individus ont donc été piégés dans le Haut-Rhin le 30 juillet 2003 sur la commune de Blotzheim puis dans deux autres communes du Sundgau Est.

En conclusion, la lutte contre la chrysomèle du maïs prend une réelle dimension européenne. Il existe des foyers permanents en Europe qui ne pourront jamais être résorbés alors que le statut réglementaire européen a toujours pour objectif l'éradication de l'insecte.

Concernant l'Alsace et particulièrement le Haut-Rhin, les inquiétudes sont nombreuses puisque les ressources agricoles de la région sont majoritairement basées sur la monoculture du maïs. Compte tenu des dégâts occasionnés par l'insecte ravageur, de sa capacité de déplacement et sachant que le maïs fait partie des principales cultures de notre pays, notamment en Alsace, un réseau de surveillance a été mis en place.

b. Un réseau de surveillance performant

Depuis 1999, le ravageur numéro un du maïs en Amérique du Nord est surveillé en France par les services régionaux de la protection des végétaux, l'A.G.P.M⁸ et le C.T.I.F.L.⁹, via un réseau de piégeage. A cette date, notre pays ne disposait que de trente sites de piégeage, composé chacun d'un seul piège.

En 2002, le plan de surveillance mis en place par le Ministère de l'Agriculture a porté ses fruits puisque neuf individus ont pu être capturés à proximité des aéroports de Roissy et du Bourget le 19 août. Suite à cette découverte, le nombre de sites a considérablement augmenté : multiplication par 10 des pièges en Ile-de-France (+ 91 pièges) et renforcement général du piégeage dans notre pays. Ainsi, on dénombre près de 300 sites de piégeage (\times 1 piège) à la fin de cette année. (Annexe 3 : répartition des sites de piégeage français en 2002). Cette mobilisation s'est ensuite poursuivie au cours de l'année 2003 avec près de 800 pièges (400 sites \times 2 pièges) disposés stratégiquement dans notre pays.

En Alsace, le suivi des pièges est effectué depuis 1999 par la DRAF-SRPV Alsace, soutenu par ARVALIS en 2002. Le réseau 2003 est composé de 22 sites (44 pièges), dont 50 % situés près de sites dits à risque, c'est-à-dire à proximité d'aéroports ou d'axes routiers comme les aires de repos ou les passages frontaliers (voir carte page de gauche)

Les pièges utilisés sont à phéromones* et permettent de capturer les individus mâles. Grâce au suivi du réseau de piégeage alsacien, le bilan officiel des captures s'élève à neuf insectes entre le 30 juillet et le 11 août sur la région de Blotzheim. Comme en Ile-de-France, ce réseau a été renforcé de 88 sites.

Photo d'un piège à phéromones localisé à l'intérieur d'une parcelle de maïs
Source : cellule de veille



En 2004, des pièges à chéromones* devraient être mis en place permettant de capturer des individus mâles mais aussi femelles. Il y aura d'une part un réseau de surveillance pour surveiller l'apparition de nouveaux foyers et d'autre part un autre réseau de suivi du foyer pour contrôler l'efficacité des mesures d'éradication.

3) L'action d'éradication en cours

A) Arrêtés national et préfectoral

⁸ Association Générale de Producteurs de Maïs

⁹ Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes

Considérant que l'installation de la chrysomèle en France causerait des préjudices graves, en particulier à la filière maïs, et qu'il convient de mettre en œuvre des mesures d'éradication en cas de découverte de cet insecte sur notre territoire, un arrêté national prescrivant la lutte obligatoire a été mis en place ([voir schéma simplifié page de gauche](#)).



	Arrêté du 22 août 2002 relatif à la lutte contre Diabrotica virgifera virgifera <i>(Articles 6, 7 et 8. Extrait du Journal Officiel n° 196)</i>
Zone Focus	<ul style="list-style-type: none"> - Interdiction de transport en dehors de cette zone de plantes de maïs ou de parties de plantes à l'état frais entre le 1^{er} juin et le 30 septembre de l'année en cours - Interdiction de déplacement de terre en dehors de cette zone - Obligation de nettoyage à l'intérieur de la zone du matériel agricole quittant cette zone - Interdiction de récolte du maïs grain ou du maïs ensilage avant le 1^{er} octobre de l'année de découverte du foyer - Obligation de rotation culturale de façon à ce que le maïs ne soit pas cultivé plus d'un an pendant trois années consécutives sur une parcelle donnée - Obligation de contrôle maximal des graminées adventices dans les cultures d'été les trois années suivant la découverte de la contamination - Obligation d'effectuer une lutte à l'aide d'insecticides contre les adultes l'année de la découverte et contre les larves et les adultes l'année suivante
Zone de Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> - Obligation d'effectuer une lutte à l'aide d'insecticides contre les adultes l'année de découverte de la contamination et contre les larves et les adultes l'année suivante - Obligation de rotation culturale de façon que le maïs ne soit pas cultivé plus d'un an pendant deux années consécutives sur une parcelle donnée
Zone Tampon	<p>Il est recommandé d'effectuer une rotation culturale excluant le maïs pendant une année sur deux</p>

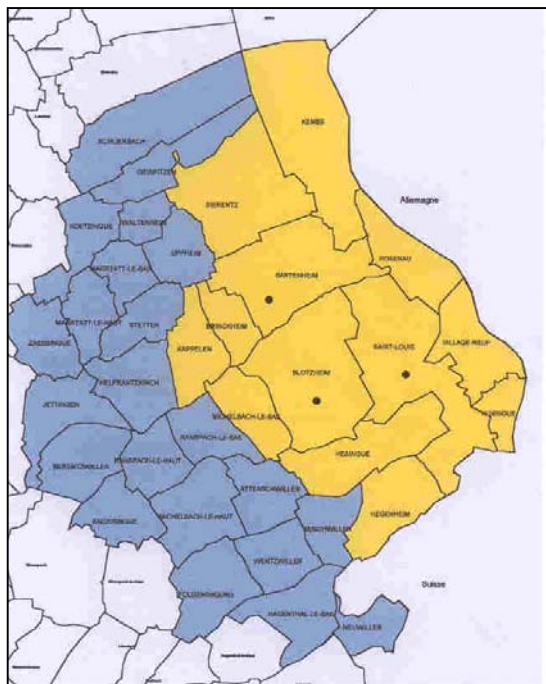
La loi impose donc la lutte contre les organismes nuisibles ennemis des

végétaux ou des produits végétaux, qu'ils appartiennent au règne animal ou végétal. Dans le cadre des mesures arrêtées par le ministère de l'agriculture, les préconisations pour la lutte contre la chrysomèle des racines du maïs ont été définies par les Services Régionaux de Protection des Végétaux (S.R.P.V) et les Directions Régionales de l'Agriculture et de la Forêt (D.R.A.F).

Suite à la découverte de la chrysomèle en Alsace le 30 juillet 2003, un arrêté préfectoral de lutte a été pris le 11 août conformément à l'arrêté national vu précédemment. Celui-ci prévoit donc trois volets d'actions : la détermination des trois périmètres de lutte, le renforcement du réseau de

piégeage et l'application de mesures de lutte.

	Zone focus 13 communes 97 exploitations
	Zone sécurité 22 communes 214 exploitations



Vu la proportion des cultures de maïs en Alsace et considérant les ravages possibles de la chrysomèle, la région a décidé, au travers de ses acteurs du monde agricole, de mettre en place une

cellule de veille pour tenter de contrer
au plus vite ce « véritable fléau ».

Source : cellule de veille chrysomèle

B) Mise en place d'une cellule de veille chrysomèle

Celle-ci vit le jour officiellement le 23 octobre, date de la première réunion avec l'ensemble du groupe de travail. Ce dernier est composé de la grande majorité des représentants du monde agricole : CETIOM¹⁰, DRAF-SRPV, ARVALIS - Institut du végétal, INRA¹¹, DDA¹², FDSEA¹³, chambres d'agriculture du Haut-Rhin et du Bas-Rhin mais aussi les principaux organismes collecteurs.

¹⁰ Centre technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains

¹¹ Institut National de la Recherche Agronomique

¹² Direction Départementale de l'Agriculture

¹³ Fédération Départementale des Syndicats d'Exploitants Agricoles

L'animation du groupe a été confiée à ARVALIS avec la collaboration du SRPV et de la chambre d'agriculture du Haut-Rhin. Selon Didier LASSERRE, membre d'ARVALIS, la cellule de veille doit permettre à tous les acteurs régionaux de faire le point sur la chrysomèle et de disposer d'un message homogène à diffuser sur la problématique « chrysomèle ».

Ces propos ont été complétés par ceux d'E. MOLARD de la chambre 68 qui insiste sur les préoccupations de la cellule :

- Connaître l'insecte et valider ou non les différentes informations qui circulent
- Coordonner les efforts sur les aspects de mesures rotationnelles

- Assurer une communication grand public

La communication est en effet un point essentiel puisque les traitements et notamment les produits utilisés ont engendré de nombreuses interrogations auprès des agriculteurs mais aussi de multiples réactions au sein de la population.

C) Réactions de la population

Le manque de communication évoqué précédemment a provoqué la colère des agriculteurs. En effet, ces derniers ont respecté les directives de l'arrêté, à savoir une rotation des cultures obligatoire, mais ils espèrent toujours avoir des dédommagements financiers notamment compte tenu du contexte

d'après canicule de 2003. Les « lenteurs de l'administration » et les incertitudes des agriculteurs ont été proclamées lors de plusieurs manifestations chez le préfet ou encore en installant le 8 décembre un barrage filtrant sur l' A35, près de l'aéroport de Bâle-Mulhouse.

Conformément à ce qui a été précisé dans l'arrêté préfectoral, des traitements chimiques ont été effectués au sol et par voie aérienne dans les zones focus et de sécurité. Si ces traitements ont du avoir des impacts sur la chrysomèle, ils en ont eu aussi sur la population. « Non aux insecticides ! » : voilà ce qui a été revendiqué le 26 août lors d'une manifestation exceptionnelle sur le

parking du collège d'HEGENHEIM. Une grande majorité des personnes concernées par les épandages ou encore des associations de protection de la nature étaient venues en masse pour proclamer leurs mécontentements. Ces derniers possédaient symboliquement des parapluies pour dire « Non aux épandages ! » et ont lancé une pétition pour soutenir cette revendication.

Résumé

Bien que la culture du maïs ne fasse pas l'unanimité du fait des risques engendrés par cette dernière sur le milieu naturel (pollution par les nitrates), elle a

III Méthodes de lutte contre la chrysomèle du maïs

Au travers de cette quatrième partie, nous verrons donc les différentes propositions de lutte contre l'insecte dans une hypothèse « hors éradication » ainsi que les conséquences que celles-ci pourraient avoir ou ont sur l'environnement humain et/ou naturel (ressources en eau). Pour présenter ceci, je me suis basé sur l'expérience des pays européens victimes de l'insecte ravageur ainsi que sur les connaissances des professionnels concernés (Agence de l'Eau, Chambre d'Agriculture).

1) La lutte chimique

Malgré les nombreuses manifestations orchestrées par la population et quelques associations de protection de la nature, des épandages de produits phytosanitaires à base de Carbofuran et de Deltaméthrine ont bien eu lieu durant l'été 2003. Ceux-ci se poursuivront cette année conformément à l'arrêté préfectoral. Ces insecticides ont été choisis dans une optique d'éradication. Bien que ces substances chimiques aient une efficacité certaine sur la chrysomèle, il ne faut toutefois pas négliger les possibles impacts que celles-ci pourraient avoir sur les ressources en eau.

A) Evolution des micro-polluants dans le milieu naturel

Au niveau de la région Alsace, le suivi dans le milieu des micro-polluants¹⁴ est effectué par les professionnels du monde de l'eau : l'Agence de l'Eau, le Conseil Supérieur de la Pêche et la DIREN¹⁵. Même si l'on connaît précisément les caractéristiques « théoriques » de la plupart des produits phytosanitaires ([Annexe 4 : présentation générale du Carbofuran et de](#)

¹⁴ Polluant chimique présent en faible concentration dans un milieu donné

¹⁵ Direction Régionale de l'Environnement

la Deltaméthrine), il est très difficile d'évaluer leur comportement réel dans un milieu complexe comme le sol. En effet, lorsque ces produits sont épandus, de nombreux facteurs entrent en jeu comme les conditions climatiques (chaleur, vent, précipitations..), le type de sol (sableux, limoneux, argileux), le taux de matière organique (etc...).

Exemple : *Épandage de produits phytosanitaires*

- Respect des doses + bonne manipulation des produits (remplissage et matériel d'épandage adapté) + conditions idéales d'épandage (absence de vent, pas de précipitations...) ⇒ dangerosité de la matière active limitée voire nulle
- Respect des doses + bonne manipulation des produits MAIS conditions d'épandage peu favorables (précipitations, matériel mal entretenu...) ➤ **Pollution diffuse** ⇒ Infiltration ou ruissellement ⇒ Concentration excessive de molécules dans un milieu donné (ruisseau, rivière...) ⇒ Dangerosité marquée de la molécule pour les organismes vivants
- Respect des doses + conditions idéales d'épandage MAIS mauvaise manipulation des produits ➤ **Pollution ponctuelle** ⇒ Concentration excessive de molécules dans un milieu donné (ruisseau, rivière...) ⇒ Dangerosité marquée de la molécule pour les organismes vivants

Cet exemple met bien en exergue les différents niveaux d'exposition que le milieu subit pour une même matière active. A ces caractéristiques élémentaires s'ajoutent de multiples données propres aux molécules comme la DL50¹⁶, le temps de ½ vie¹⁷, la nature des métabolites¹⁸, l'indice de solubilité (etc...). Pour un sol et un climat donné, tous les paramètres cités précédemment interagissent entre eux conditionnant ainsi l'avenir de la molécule. En ce qui nous concerne, il serait donc non pertinent d'essayer d'évaluer de façon précise l'impact des matières actives. Ainsi, de façon à être le plus démonstratif possible, ces dernières (Carbofuran et Deltaméthrine) ont plutôt été comparées à un produit phytosanitaire se retrouvant très facilement dans l'eau et bien connu des spécialistes : l'Atrazine.

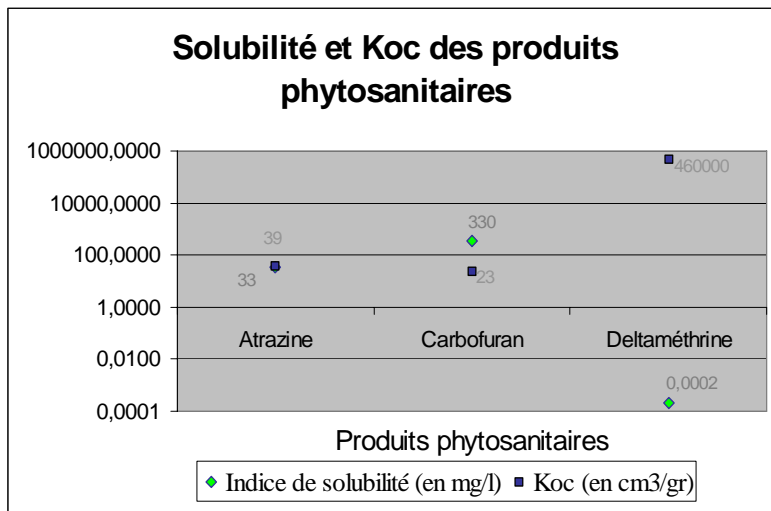
Avant de caractériser l'impact du Carbofuran et de la Deltaméthrine sur le milieu aquatique proprement dit, il m'a semblé intéressant d'une part de comparer leur indice de solubilité puisque ce dernier nous informe de la capacité du pesticide à se propager dans la nature et

¹⁶ Dose toxique provoquant 50 % de mortalité dans une population d'une espèce donnée

¹⁷ Temps au bout duquel 50 % de la molécule a disparu

¹⁸ Substances organiques qui résultent des réactions de transformation subies dans un organisme vivant par les substances qu'il a absorbées

d'autre part le Koc¹⁹, révélateur des capacités d'adsorption* du sol.



Source des informations : Agritox

Ainsi, si l'on se réfère au graphique de gauche et aux caractéristi

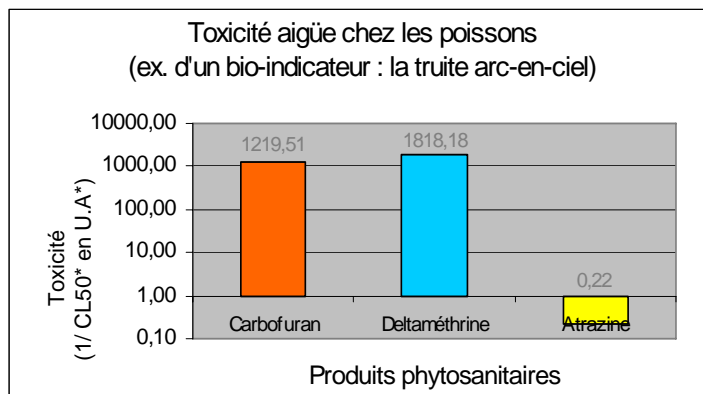
ques de l'Atrazine, on remarque que le Carbofuran est la substance qui aura tendance à se retrouver beaucoup plus facilement dans l'eau. Contrairement aux deux autres produits phytosanitaires, la Deltaméthrine aura d'infimes chances d'atteindre la nappe compte tenu de son pouvoir énorme d'adsorption et de son insolubilité dans l'eau.

B) Dangers des substances chimiques utilisées

a. Conséquences possibles au niveau de la faune piscicole

¹⁹ Coefficient de partage carbone organique – eau

Considérant que les phénomènes de toxicité de l'Atrazine



Source des informations : Agritox

apparaissent sur le phytoplancton, les macrophytes*, les invertébrés et le poisson du milieu récepteur à un taux relativement faible (à partir de 0,02 mg/l), le tableau ci-contre est révélateur d'une dangerosité marquée vis-à-vis des insecticides utilisés (taux six à neuf mille fois plus important). Cette dernière est confirmée par une étude du C.S.P datant 1998 qui insiste sur le fait que l'exposition à des concentrations sublétales²⁰ de Carbofuran est susceptible d'affecter le développement

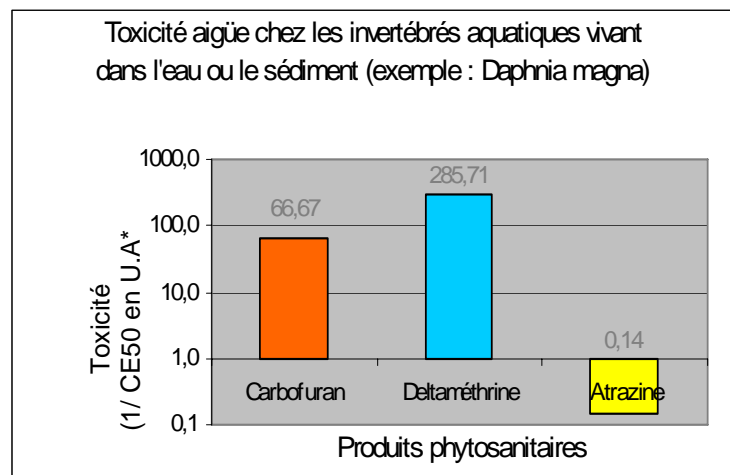
²⁰ Concentration d'un produit (ex. : insecticide) qui entraîne des anomalies voire la mort d'individus

ontogénétique²¹ et l'activité motrice de jeunes brochets. Considérant cette étude et compte tenu de l'insolubilité dans l'eau de la Deltaméthrine, on peut considérer que le Carbofuran est une nouvelle fois le produit chimique le plus dangereux en conditions naturelles.

b. Conséquences sur les invertébrés aquatiques

Toujours en se basant sur notre produit phytosanitaire témoin (Atrazine) et en tenant compte des caractéristiques propres à la Deltaméthrine (insolubilité...), il est fort probable que le Carbofuran présente le plus de risque au niveau de la faune et micro-faune aquatique.

Par contre, si l'on considère que la pollution est ponctuelle (déversement d'un fond de cuve, débordement lors du remplissage de cette même cuve, accident lors du transport de produits phyto...), la Deltaméthrine risque alors d'avoir, compte tenu de sa toxicité, beaucoup plus d'impact sur le milieu aquatique que la Carbofuran.



Source des informations : Agritox



Photo d'un traitement insecticide avec enjambeur
Source : gnis-pédagogie.org

Les produits phytosanitaires étudiés

uf fécondé jusqu'à l'état adulte

précédemment ont été utilisés (ou le sont toujours) systématiquement dans chaque pays touché par la chrysomèle (Etats-Unis, Europe). Sachant que dans la plupart des cas, ces produits ont réduit de manière significative le nombre d'insectes, les autorités françaises ont utilisé ces mêmes produits en traitement du sol et aériens (voire photos ci-dessous).



Photo d'un traitement insecticide avec hélicoptère

Source : wanadoo.fr

Sans toutefois dramatiser, il est néanmoins

important de préciser que les informations révélées par les graphiques effectués précédemment ne sont pas véritablement réjouissantes quant à

l'utilisation de traitements chimiques en conditions non optimales.

Tableau Synthétique sur la lutte chimique

	Atouts	Contraintes
Réglementaires	■	Dosages à respecter
Techniques	Permet de réduire voire de limiter considérablement l'attaque des insectes	Nécessite un matériel adéquat (tracteur, épandeur...) bien entretenu
Financiers		Coûts élevés des produits phytosanitaires
Environnementaux	■	Une partie des substances chimiques est entraînée dans le milieu naturel (sol + ressources en eau) Productions de maïs en monoculture toujours aussi importantes (pollution de la nappe par les nitrates)
Humains	■	Nombreux mécontentements, notamment vis-à-vis des traitements aériens Risques pour la santé (de l'applicateur et du voisinage)
Taux efficacité	20 à 60 % selon la cellule de veille chrysomèle	

2) La lutte génétique

A) Présentation

a. Définition générale

Produits du génie génétique, les organismes génétiquement modifiés (O.G.M) ont des applications nombreuses, notamment en agriculture. Les chercheurs peuvent ainsi identifier avec précision le gène correspondant à un caractère recherché (ex : résistance à un insecte, à une maladie...). Ils peuvent extraire ce gène de l'organisme où il a été identifié et l'introduire à l'intérieur d'un autre organisme. Ce dernier ainsi que sa descendance disposent alors du

caractère souhaité (voir schéma page de gauche). Le transfert de ce caractère se fait ainsi de façon beaucoup plus précise et rapide qu'avec les méthodes traditionnelles de sélection, basées sur les croisements (végétal/végétal).

b. La lutte contre les ravageurs nuisibles

Le maïs est une plante de première importance dans la nourriture humaine et animale. En France, pour l'année 2003, la production de maïs représente 3 282 000 hectares de culture en grains et fourrage. La lutte contre les ravageurs, notamment les insectes, est réalisée essentiellement par l'utilisation d'insecticides chimiques. Suivant les cultures, les zones géographiques et les années, la fréquence et la sévérité des attaques d'insectes sont très variables. Selon les cas, l'application d'insecticides est systématique ou décidée sur la base de comptages des insectes (ou de larves) "nuisibles" lors de contrôles dans les champs.

La transgénèse offre donc aujourd'hui un outil supplémentaire aux agriculteurs pour limiter les traitements chimiques et protéger leurs récoltes contre les insectes et les maladies et ainsi réduire les pertes. Pour rendre une plante résistante à un insecte, un gène codant une protéine toxique pour cet insecte a été introduit dans le génome de la plante. Jusqu'à présent, pour toutes les variétés mises sur le marché, les gènes introduits proviennent de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (d'où l'abréviation BT donnée aux plantes de ce type), bien connue depuis longtemps pour ses propriétés insecticides et largement utilisée en agriculture biologique. Cette protéine n'est pas inconnue puisqu'elle est utilisée depuis peu pour lutter contre la pyrale du maïs (le Maïs YieldGard, spécifique à la pyrale est employé depuis 2000 en Allemagne).

B) Application des OGM contre la chrysomèle

Dans le cadre de la lutte contre la chrysomèle du maïs, cette nouvelle technologie est non pas en expérimentation mais véritablement effective sur le terrain. En effet, la société Monsanto (une des plus grandes firmes dans le domaine) a reçu l'autorisation en 2002 de l'agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA) pour la commercialisation d'un maïs génétiquement modifié auto-protégé contre la chrysomèle²². Il s'agit d'un maïs nommé « YieldGard Rootworm » produisant cette fameuse protéine BT.

En France, la lutte génétique n'est pas mise de côté et on a tendance, au contraire, à en parler de plus en plus. Selon Gilles THEVENET, directeur technique d'Arvalis - Institut du végétal, des programmes de recherche sont en cours. Malgré les dégradations notables observées sur certaines cultures expérimentales, ces derniers devraient aboutir vers 2007 ou 2008²³. Malgré la confidentialité de la problématique OGM et leur interdiction en France, j'ai tout de même essayé de caractériser une possible application de la lutte génétique au niveau français.

²² Source : site Internet de Monsanto

²³ Source : colloque national sur « Comment contenir *Diabrotica* » à Colmar le 3 février 2004

Tableau Synthétique sur la « possible » lutte génétique

	Atouts	Contraintes
Réglementaires	Dérogations possibles en matière de lutte contre certains ravageurs depuis 1996 (ex : maïs BT, permettant de lutter contre la pyrale, autorisé depuis 1996)	Directives européennes 90/219 et 220/CEE interdisant les cultures avec des Organismes Génétiquement Modifiés
Techniques	Permet de diminuer fortement les traitements insecticides (voire totalement si le maïs transgénique est aussi efficace contre la pyrale)	■
Financiers	Rotations culturales non obligatoires (maintien des marges) Limite considérablement les pertes de rendement	Monopolisation à terme du marché par les grandes firmes Augmentation du prix des semences Difficultés de vente (obligation d'étiquetage au-dessus d'un taux de 0,9 % d'OGM pour les produits de consommation)
Environnementaux	Moins de traitements insecticides	Risques au niveau de la biodiversité : disparition d'autres espèces sensibles aux BT Possible développement de résistances des insectes aux protéines BT Interrogations quant au <u>devenir de l'OGM dans le milieu naturel</u> et dans les produits de consommation Productions de maïs en monoculture toujours aussi importantes (<u>pollution de la nappe par les nitrates</u>)
Humains	■	Suspensions au niveau de la santé humaine Hostilité de la population
Taux efficacité	30 à 80 % selon la cellule de veille chrysomèle	

3) La lutte culturale

A) La lutte biologique

C'est un moyen élégant de réduire les effectifs d'un organisme gênant (animal ou végétal) en le faisant dévorer par un de ses ennemis naturels (parasite, prédateur, agent pathogène ou compétiteur). La lutte biologique peut s'articuler de différentes manières :

- Par acclimatation d'un entomophage²⁴ exotique (quelques individus ou de façon inondative)
- Par microbiologie en utilisant des micro-organismes, souvent conditionnés comme des insecticides (cas des préparations à base de la bactérie *Bacillus thuringiensis*)
- Par perturbation de la reproduction soit en introduisant des individus modifiés de la même espèce (le plus souvent un mâle stérile) en grand nombre dans la population ou soit à l'aide de phéromones qui désorientent les individus.

La lutte biologique a été évoquée à maintes reprises lors de rassemblements organisés spécifiquement pour tenter de solutionner le « problème chrysomèle ». Malheureusement, il n'existe à l'heure

²⁴ Mangeur d'insectes

actuelle aucun moyen naturel efficace permettant de contrer cet insecte ravageur. La recherche de prédateurs naturels, organisée depuis plusieurs années en Europe, n'a encore rien donné alors qu'il existe cinq espèces différentes de parasites s'attaquant à l'insecte en Amérique du Nord. C'est d'ailleurs sur le continent américain, plus précisément au Mexique, qu'une équipe suisse a découvert un parasite des larves. Ce dernier est en cours d'expérimentation car avant d'introduire ce moyen de lutte biologique, il faut s'assurer qu'il ne risque pas de s'attaquer à d'autres coléoptères.

Des tests de « désorientation » des femelles ont été menés en Hongrie (pays très touché par l'insecte) où des

phéromones et des chéromones ont été pulvérisées sur les champs de maïs afin de diminuer les accouplements. Un autre chercheur de même nationalité travaille sur l'utilisation d'une phéromone d'une autre chrysomèle non présente en Europe (*Diabrotica Cristata*) ayant la capacité d'inhiber la perception qu'a *Diabrotica virgifera* de sa propre phéromone. Il est cependant trop tôt pour savoir si tous ces tests sont réellement efficaces.

Aujourd'hui, la seule méthode de lutte biologique « valable », en terme d'autorisation sur le territoire, consiste à épandre la bactérie *Bacillus thuringiensis* sur les champs concernés comme pour un traitement chimique. Quand elle est ingérée, la protéine produite par la toxine Bt provoque des troubles digestifs puis la mort de l'insecte. Malheureusement, peu d'expériences ont eu lieu sur le maïs en Europe. Il semblerait que ce moyen de lutte soit peu efficace et ne conviendrait donc pas dans une optique d'éradication.

Tableau Synthétique sur la lutte biologique

(au moyen du *Bacillus thuringiensis*)

	Atouts	Contraintes
Réglementaires	■	■
Techniques	Utilisation du même matériel que pour un traitement chimique	Taux d'efficacité mal connu
Financiers	Moins cher en investissement (pas de matériel supplémentaire à acheter)	Plus cher en exploitation (coût de la bactérie : environ 30 euros/kg) Pas suffisant pour une appellation « agriculture biologique » ⇒ pas de valorisation lors de la commercialisation
Environnementaux	Limite l'utilisation des produits phytosanitaires	Risques vis-à-vis de la biodiversité (mort probable d'autres insectes) Productions de maïs en monoculture toujours aussi importantes (<u>pollution de la nappe par les nitrates</u>)
Humains	■	■

B) La lutte agronomique

Cette méthode de lutte consiste à utiliser une variété de maïs à croissance précoce qui se récolte toutefois comme une variété normale, c'est à dire vers la

fin de l'été. Une telle variété permet, par un développement considérable de la plante et une fertilisation adaptée, de devancer le développement larvaire de la chrysomèle. Compte tenu d'une robustesse plus importante des racines, les larves ne peuvent occasionner que de faibles dégâts, limitant ainsi les pertes de rendement.

Selon Benoît GASSMANN, technicien à la chambre d'agriculture du Haut-Rhin, l'intérêt de ce « maïs starter » est à mettre à l'actif des moyens permettant de « vivre avec la chrysomèle ». Cette méthode de lutte, testée en Italie, est évidemment inadaptée dans une optique d'éradication à moins qu'elle n'entre dans une batterie d'autres moyens de lutte (rotation...).

Tableau Synthétique sur la lutte agronomique

	Atouts	Contraintes
Réglementaires	■	■
Techniques	Utilisation d'un matériel traditionnel	Très peu efficace dans une optique d'éradication
Financiers	Technique peu onéreuse	■
Environnementaux	Pas de traitements insecticides	Productions de maïs en monoculture toujours aussi importantes (pollution de la nappe par les nitrates) Plus forte fertilisation en début de printemps (risques de lessivage aggravés)
Humains	■	■
Taux efficacité	?	

C) La rotation des cultures

a. Rappels

Comme cela a été précisé dans un des précédents chapitres, l'arrêté du 11 août 2003 a interdit la culture du maïs sur une même parcelle pendant un an dans la zone de sécurité et durant une période de deux ans dans la zone focus. La rotation des cultures a ainsi été rendue obligatoire et constitue le principal moyen de lutte contre la chrysomèle du maïs. Elle est pratiquée de façon systématique, de même que les traitements chimiques, dans chaque pays touché par cet insecte ravageur. Bien évidemment, les rotations ne sont pas articulées de la même manière dans chaque pays puisque de nombreux paramètres interviennent :

- le contexte économique de production (production plus ou moins rentable, organismes stockeur, débouchés des cultures)
- les conditions climatiques
- le potentiel agronomique des terres (différents types de sol)
- l'orientation du système de production de l'exploitation agricole (plutôt élevage ou grandes cultures)

b. La rotation des cultures : un moyen de lutte efficace

En étudiant ce qui avait été fait en matière de rotation au niveau européen et aux Etats-Unis, on peut s'apercevoir que les différences sont importantes et révélatrices de pratiques plutôt contradictoires. En effet, alors que les pays d'Europe tentent de limiter au maximum le maïs (rotations sur trois années en général), les Etats-Unis, touchés depuis plusieurs dizaines d'années, ne se contentent que de simples rotations maïs-soja.

Malgré une gestion différente de la rotation selon les pays, on considère tout de même que celle-ci constitue le moyen le plus adapté mais aussi le plus efficace pour tenter d'éradiquer la chrysomèle. Au niveau alsacien, la

rotation des cultures est problématique d'un point de vue financier car les pertes engendrées sont considérables.

Néanmoins, d'un point de vue environnemental, les rotations limitent l'hégémonie du maïs et par la même occasion une conduite culturale à risques (sols nus).

Tableau Synthétique sur la rotation des cultures

Atouts	Contraintes
--------	-------------

Réglementaires	■	■
Techniques	■	Adaptation ou achat de matériel pour valoriser au mieux les nouvelles cultures
Financiers	Soutien financier de l'Etat et de l'Europe (mesure rotationnelle des C.A.D)	Pertes pour la filière maïs alsacienne : agriculteurs et organismes collecteurs Débouchés des nouvelles cultures à organiser (collecteurs, marché...) Acquisition probable de nouveaux matériels
Environnementaux	Limite la culture du maïs (<u>pollution de la nappe par les nitrates limitée</u>)	Sélection rigoureuse des nouvelles cultures à intégrer dans la rotation (besoins en azote, en pesticides...)
Humains	Réactions positives de la population	■
Taux efficacité	90 % selon la cellule de veille chrysomèle	

Résumé

A l'heure actuelle, les méthodes de lutte efficaces sont relativement limitées puisque la plupart d'entre-elles sont encore au stade expérimental (génétique, biologique et agronomique).

Les traitements chimiques sont certes relativement efficaces mais leur utilisation systématique n'est pas sans conséquences sur le milieu naturel.

Quant à la rotation culturale, elle pourrait constituer à moyen

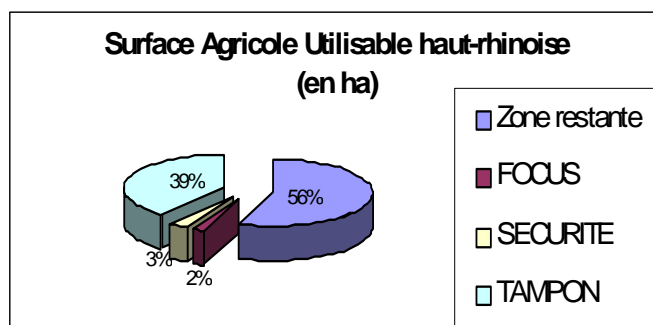
IV Propositions personnelles

Connaissant l'état actuel de la nappe d'Alsace, il serait donc plutôt bénéfique de profiter des difficultés que connaît la monoculture de maïs pour tenter d'améliorer le milieu naturel (sol + eau). Les nouvelles cultures qui intégreront la rotation ne devront en aucun cas

apporter plus de préjudices qu'une culture intensive de maïs.

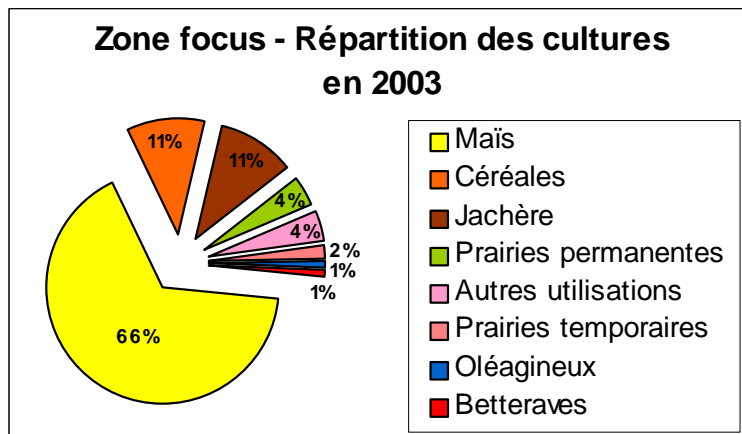
1) Particularités de la « zone chrysomèle »

D'après la déclaration PAC 2003, la Surface Agricole Utile du



Source des informations : Projet agricole départemental, chambre d'agriculture du Haut-Rhin

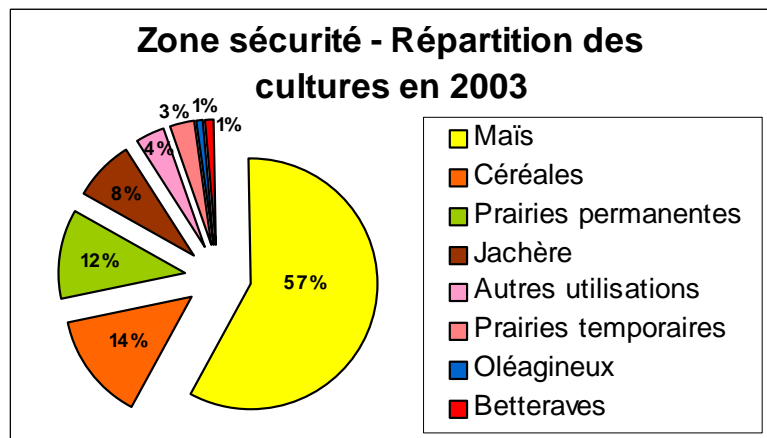
département du Haut-Rhin est de 127 842 hectares. Si l'on se réfère au graphique de droite, on remarque que la zone définie par l'arrêté préfectorale représente près de 45 % de cette superficie, ce qui est assez considérable.



En zone
focus
(graphique
de répartition)

Source des informations : ARVALIS – Institut du végétal

Au niveau de
la zone de
sécurité, on
observe une



D'une manière générale, malgré les milliers d'hectares de maïs cultivés dans ce secteur, les producteurs alsaciens n'ont pu qu'obéir aux directives et de nombreuses parcelles ont étéensemencées en blé, culture bien connue dans la région et bénéficiant d'un

savoir-faire local. Ce n'est néanmoins qu'un début puisque les rotations sont obligatoires de façon à ce que le maïs ne soit pas cultivé plus d'un an pendant deux années (zone de sécurité) ou trois années consécutives (zone focus). Pour choisir des rotations-type cohérentes, il est bien évidemment nécessaire de se baser sur de nombreux critères.

2) Critères de sélection

A) Le sol et ses capacités de rétention en eau

Le sol, facteur de réussite incontournable, conditionne la santé de la plante et par la même occasion la qualité du rendement. Il existe un lien important entre la texture d'un sol et les conditions climatiques (exemple : infiltration beaucoup plus importante sur un sol sableux que limoneux ou argileux). Dans le Haut-Rhin et plus précisément dans la zone de l'arrêté chrysomèle, on distingue une grande hétérogénéité des sols (voir cartes page de gauche). En comparant ces deux cartes, on remarque bien la corrélation qu'il y a entre les types de sol et leurs capacités de rétention en eau. Ce lien, établi entre les deux cartes, permet de distinguer deux grands types de sol :

- Sols profonds (1) ⇒ il s'agit de sols limoneux en grande majorité, possédant une réserve utile très importante (supérieur à 160 mm). L'irrigation dans ce secteur y est absente, ce qui est tout à fait compréhensible vu les caractéristiques énoncées précédemment.
- Sols superficiels (2) ⇒ ils sont de deux types : irrigués ou non irrigués. Cette différence est due essentiellement à la texture. On a d'un côté des sols très caillouteux à très faible rétention en eau (en général inférieur à 50 mm) et de l'autre des sols très sableux avec des réserves utiles plutôt bonnes (de 80 à 120 mm).

Cette comparaison m'a permis de mettre en avant le fait qu'il existe deux grands types de sol. Cette différence aura des conséquences sur le choix des cultures, notamment après s'être penché sur les caractéristiques de chacune d'entre elles.

B) Spécificités des cultures

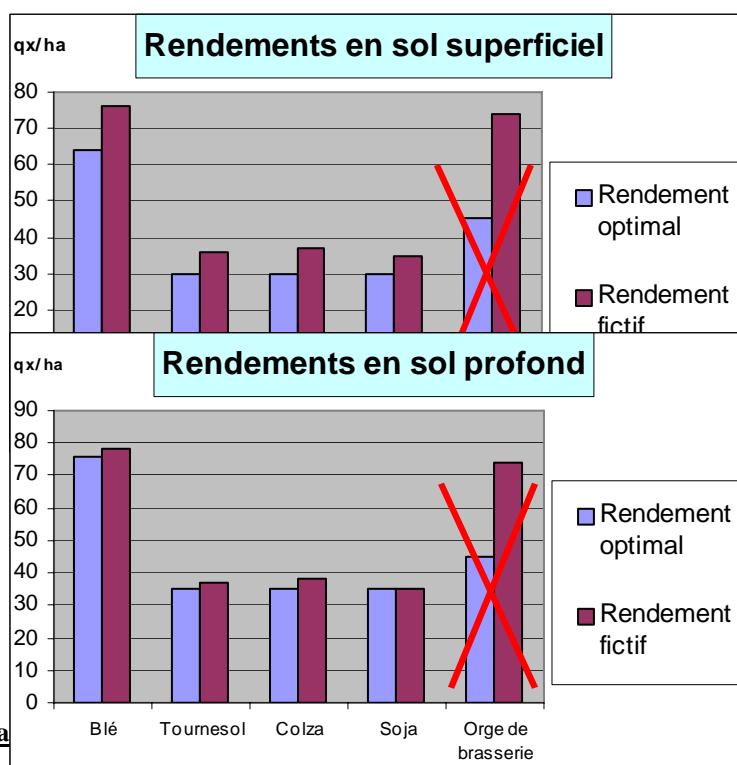
a. Caractéristiques financières

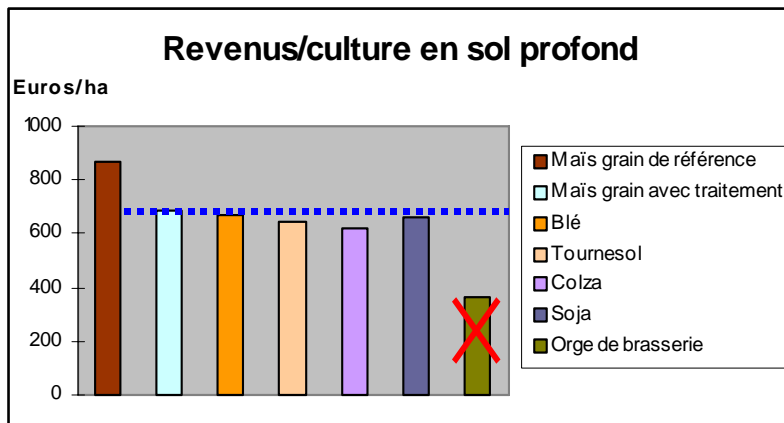
Avant même de préconiser l'implantation d'une culture pour ses qualités agronomiques, il est préférable, dans un premier temps, d'en étudier sa rentabilité. En effet, en respectant l'arrêté préfectoral (rotation + traitements), l'agriculteur s'expose à des pertes financières conséquentes (rendements différents, revenus différents). Pour limiter ses pertes, il va veiller à ce que le revenu des nouvelles cultures se rapproche au maximum de celui du maïs, que ce soit en sol profond ou en sol superficiel. Dans cette optique de rentabilité, les critères commerciaux de chaque grande culture (adaptées à la région) sont mis en valeur dans deux tableaux comparatifs.

Au travers de ce premier type de graphique, l'objectif est de mettre en valeur la différence qu'il y a entre le **rendement optimal** d'une culture (rationnel) et le rendement à atteindre pour obtenir les mêmes revenus qu'une culture de maïs (**rendement fictif**). Ce dernier critère est certes irrationnel mais il nous permet tout de même de distinguer la faisabilité d'une culture.

En observant ces graphiques, on remarque que cette différence est moins marquée en sol profond, ce qui est tout à fait normal.

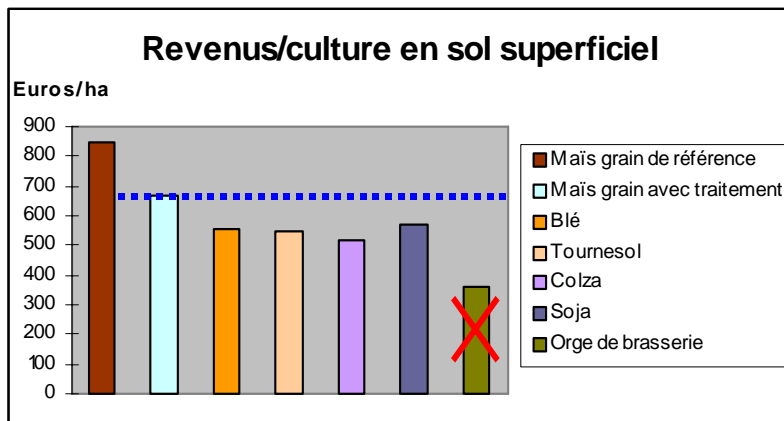
On s'aperçoit aussi que la culture de l'orge de brasserie n'est pas rentable.





Quant au deuxième type de graphique, il complète le premier puisque celui-ci représente les revenus de chaque culture selon le type de sol.

Comme pour le graph. 1, le maïs avec traitement, adapté à la chrysomèle, a été pris comme référence (.....). Celle-ci permet de confirmer l'incompatibilité d'une culture d'orge de brasserie dans un contexte comme le nôtre.



Par contre, les graphiques révèlent une certaine égalité entre les différentes cultures. Il est donc possible de se baser sur des critères environnementaux pour être le plus cohérent possible au niveau du choix de la rotation.

b. Caractéristiques culturelles et environnementales

Il est important de préciser que la problématique diffère avec les systèmes de production. Pour les éleveurs, le problème posé par la chrysomèle est double puisqu'il s'agit de remplacer une culture à potentiel de rendement élevé (maïs : 14 à 16 tonnes de matière sèche par ha) et à forte

concentration énergétique. Quant aux maïsiculteurs, ils doivent remplacer leur production par une rotation qui valoriserait au mieux les terres et permettrait de limiter au maximum les pertes financières.

⇒ **Systeme de production**
« grandes cultures »

Cultures possibles	Aspects agro-économiques	
	Atouts	Contraintes
Tournesol	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Débouchés assurés ⇒ Marché porteur ⇒ Matériel : adaptation peu coûteuse ⇒ Adaptation aux conditions sèches, rusticité 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Forte variation des prix ⇒ Fin de cycle difficile (maladies, égrainage, oiseaux)
Colza	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Débouchés assurés ⇒ Valorise bien les sols superficiels, non irrigués 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Variation des prix (potentiels limités) ⇒ S'adapte mal aux rotations avec maïs
Soja	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Bon précédent (maïs, blé) ⇒ Valorise l'irrigation et les sols profonds 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Fortes variations des prix ⇒ Potentiels limités ⇒ Echec précédent ⇒ Inoculation ⇒ Adaptation du semoir
Blé	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Débouchés assurés ⇒ Faible variation des prix ⇒ Qualité : Savoir-faire local ⇒ Bonne valorisation des précédents oléagineux ⇒ Lutte contre l'érosion ⇒ Valorise bien les sols profonds 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Rendements aléatoires ⇒ Matériel spécifique (semis) ⇒ Coût des traitements

Cultures possibles	Aspects environnementaux	
	Bilan en intrants	Bilan en azote (en kg/q)
Tournesol	<p>Culture peu exigeante</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 traitements herbicides ➤ traitements insecticide et fongicide non systématiques 	<p>Besoin : 4,6 Exportation : 2,3 Restitution : 2,3</p>
Colza	<p>Culture exigeante</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 traitements herbicides ➤ 1 traitement fongicide en préventif ➤ traitement insecticide non systématique 	<p>Besoin : 6,5 Exportation : 3,5 Restitution : 3</p>
Soja	<p>Culture peu exigeante</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 traitements herbicides ➤ traitements fongicide et insecticide non systématiques 	<p>Besoin : 9,5 (nodosités) Exportation : 5,5 Restitution : 4</p>
Blé	<p>Culture exigeante</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 traitement herbicide ➤ 2 traitements insecticides ➤ 3 traitements fongicides 	<p>Besoin : 3 Exportation : 1,9 à 2,4 Restitution : 0,6 à 1,1</p>

Commentaires : D'une manière générale, le système de production « grandes cultures » ne pose pas de problèmes majeurs. Cependant, si l'on se place dans une optique de respect du milieu naturel, des précautions vont devoir être prises. En effet, si le tournesol ne demande que très peu d'attentions, ce n'est pas le cas des trois autres cultures :

- le soja : Bien que ce soit une culture peu exigeante en matière de

traitements, sa capacité à capter à l'azote (nodosités) est telle que les restitutions sont considérables. Il faudra donc veiller à ce qu'il n'y est pas de périodes de sol nu après la culture en instaurant des cultures valorisantes (exemple : blé, maïs).

- le blé : Contrairement au soja, cette culture est plutôt assez fournie en traitements. Si ceux-ci sont relativement nombreux en monoculture, ils devront être diminués et justifiés dans le cadre d'une rotation.

- le colza : Cette culture est la plus « problématique » puisqu'elle engendre plusieurs interventions chimiques mais aussi des résidus notables en azote. Malgré une couverture excellente des sols, des attentions toutes

particulières devront être apportées :
des traitements justifiés comme pour
le blé mais aussi des cultures suivantes
qui valoriseront au maximum la
quantité d'azote restant dans le sol.

⇒ Systeme de production
« polyculture élevage »

Cultures possibles	Aspects agro-économiques	
	Atouts	Contraintes
Luzerne	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Culture pérenne (3 ou 4 années) ⇒ Bon stock fourrager (12,5 à 14,5 tonnes de MS/ha) ⇒ Conduite facile ⇒ Bon précédent ⇒ Complément alimentaire énergétique ⇒ Valorise bien l'irrigation et apprécie les sols profonds 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Pas de marché organisé (local) ⇒ Récolte délicate ⇒ Matériel spécifique (enrubaneuse)
Pois protéagineux	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Bon précédent (blé) ⇒ Apprécie fortement les sols profonds 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Problèmes de débouchés ⇒ Exige une technicité importante ⇒ Récolte délicate (se couche) ⇒ Rendements aléatoires
Sorgho grain ensilé	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Frais de culture réduits ⇒ Bonne ingestibilité ⇒ Rendement correct (11 à 13 tonnes de MS/ha) ⇒ Bonne résistance en conditions sèches 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Choix variétal limité ⇒ Rendements irréguliers ⇒ Récolte difficile : demande une grande technicité ⇒ Valeur énergétique limitée
Betterave fourragère	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Grande productivité ⇒ Assez riche (fibres, sucre...) ⇒ Très bonne résistance en conditions sèches (sols non caillouteux) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Fortes contraintes de mécanisation pour sa récolte ⇒ Sensible aux maladies ⇒ Stockage délicat ⇒ Reprise

Trèfle violet (prairie)	⇒ Facile à ensiler ⇒ Valeur énergétique proche du maïs fourrage ⇒ Adaptation à tous les types de sol	⇒ Pertes importantes au fanage ⇒ Durée de vie faible (2 à 3 ans) ⇒ Rendement peu élevé (4 à 5 tonnes de.MS/ha)
--------------------------------	---	--

Cultures possibles	Aspects environnementaux	
	Bilan en intrants	Bilan en azote
Luzerne	⇒ Pas d'interventions (en général)	⇒ Pas de fertilisation azotée (Azote restant dans le sol : traces)
Pois protéagineux	Culture exigeante ➤ 2 traitements herbicides ➤ Traitements insecticide et fongicide probables (sensibles aux maladies)	⇒ Pas de fertilisation azotée (légumineuse) Besoin : 6,2 kg/q Exportation : 4 kg/q Restitution : 2,2 kg/q
Sorgho grain ensilé	Culture peu exigeante ➤ 1 traitement herbicide	Besoin : 140 à 160 unités d'azote par hectare Restitution : 10 à 40 unités d'azote
Betterave fourragère	Culture exigeante ➤ 2 traitements herbicides ➤ 2 traitements insecticides ➤ 1 traitement fongicide	Besoin : 140 unités d'azote par hectare Restitution : 30 unités d'azote en moyenne
Trèfle violet (prairie)	⇒ Pas d'interventions (en général)	⇒ Pas de fertilisation azotée

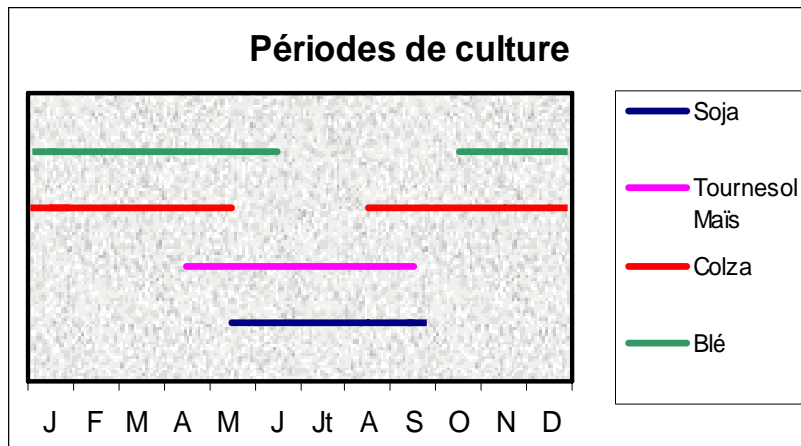
Source de toutes les informations : Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin et CETIOM (aspects agro-économiques) + CORPEN (aspects environnementaux)

Commentaires : En étudiant les aspects agro-économiques et environnementaux des composantes du système « polyculture/élevage », on se rend compte que les possibilités sont finalement limitées mais toutefois de qualité. En laissant de côté le pois, le

sorgho et la betterave, on évite ainsi de mettre en place des cultures plutôt contraignantes pour l'agriculteur (nombreux traitements, conduites culturales relativement techniques), « à risques » pour l'environnement (fertilisation azotée) et avec des débouchés très limités.

Cultivés pour le bétail dans un système « polyculture/élevage », la luzerne et le trèfle constituent de très bons compléments alimentaires. Ces cultures, n'ayant besoin ni de traitements chimiques, ni de fertilisation azotée (légumineuses) et couvrant totalement le sol (cultures pérennes), peuvent véritablement être considérées comme « respectueuses de l'environnement ».

3) Mise en place de rotations-type



Pour proposer différentes rotations, il a fallu bien évidemment

tenir compte de tous les renseignements émis précédemment ainsi que des périodes culturales (cf. graphique de gauche). Ces dernières nous indiquent donc la durée de chaque culture et par la même occasion les périodes de sol nu engendrées.

L'objectif des rotations est de limiter au maximum les sols nus (propices à la minéralisation puis à la lixiviation*) tout en veillant à une bonne compatibilité entre les cultures proposées.

Sol profond

	Grandes cultures	Polyculture/élevage
Rotations triennales ou quadriennales (Zone focus)	⇒ tournesol / blé / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ blé / soja / <i>cipan</i> / maïs ⇒ blé / <i>cipan</i> / blé / <i>cipan</i> / maïs ⇒ colza / blé / <i>cipan</i> / maïs / blé	⇒ luzerne (sur 3 ans) / maïs f. ⇒ trèfle (sur 2 ans) / maïs f. / blé
Rotations biennales ou triennales (Zone sécurité)	⇒ soja / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ tournesol / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ blé / <i>cipan</i> / maïs	⇒ blé / <i>cipan</i> / maïs f. ⇒ luzerne (sur 3 ans) ⇒ trèfle (sur 2 ans) / maïs f.

Sol superficiel			Grandes cultures	Polyculture/élevage
Z o c u s	Irrigué	⇒ soja / <i>cipan</i> / soja / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ soja / blé / <i>cipan</i> / maïs / sol nu	⇒ luzerne (sur 3 ans) / blé / maïs f.	
	Non irrigué (sec)	⇒ tournesol / blé / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ colza / blé / <i>cipan</i> / maïs / blé	⇒ trèfle (sur 2 ans) / maïs f.	
Z S é	Irrigué	⇒ soja / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ tournesol / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ blé / soja / <i>cipan</i> / maïs / sol nu ⇒ blé / <i>cipan</i> / maïs	⇒ luzerne (sur 3 ans) / blé ⇒ luzerne (sur 3 ans) / maïs f.	

c u r i t é	Non irrigué (sec)	<p>⇒ tournesol / <i>cipan</i> / maïs / sol nu</p> <p>⇒ tournesol / blé / <i>cipan</i> / maïs / sol nu</p>	<p>⇒ trèfle (sur 2 ans) / maïs f.</p>
----------------------------	-------------------------	---	---------------------------------------

N.B : maïs f. = maïs fourrager

Commentaires : D'une manière générale, il faut savoir que les composantes de ces tableaux constituent des propositions et en aucun cas des obligations. Malgré cela et sachant que l'agriculteur est libre de planter ce qu'il souhaite sur sa parcelle, il m'a toutefois semblé essentiel de mettre en valeur les points positifs en vert (**CIPAN**²⁵ ou **rotation de qualité**) et les points négatifs en rouge (périodes de **sol nu** : risque de lessivage des nitrates).

En se référant aux données du premier tableau (sol profond), il me

²⁵ Culture Intermédiaire Piège à Nitrates (voir **Annexe 5 : cahier des charges Alsace 2003**)

semble que des rotations comme « colza / blé / cipan / maïs / blé » en zone focus ou encore « blé / cipan / maïs » en zone de sécurité pourraient donner de très bons résultats d'un point de vue environnemental. Il en est de même pour les rotations à base de trèfle ou de luzerne pour les systèmes de type polyculture/élevage puisqu'on limite au maximum les périodes de sol nu.

Quant au second tableau, il est un peu moins réjouissant que le premier puisque l'on ne trouve pas de « rotations miracles » vu les conditions du milieu (sols superficiels). Il faudra donc s'attendre à des rendements aléatoires dans les deux systèmes de production et prendre en compte les risques supplémentaires en matière de pollution par les nitrates (sols nus quasi

inévitables pour toutes les rotations-type proposées).

4) Impacts des rotations : aspects humains et financiers

Pour apprécier concrètement les réactions des agriculteurs face à la problématique, il aurait été par exemple judicieux d'effectuer un sondage auprès des agriculteurs concernés par la zone chrysomèle. Grâce à ce dernier, on aurait pu connaître les choix des agriculteurs (rotations-type proposées précédemment) et les conséquences financières que ces derniers auraient eu. Malheureusement, je pense qu'il aurait été mal vu, compte tenu du climat nerveux qui règne, d'émettre un questionnaire au nom de l'Agence de

l'Eau Rhin-Meuse visant à connaître les « motivations culturelles » de chacun.

Ne disposant donc pas d'informations concrètes et sachant que la chambre d'Agriculture du Haut-Rhin et ARVALIS faisaient une

Préjudices 2004 / 2005 (conséquences de l'arrêté préfectoral)		
	Zone focus	Zone de sécurité
Nombre exploitations	97	214
SAU concernée (en ha)	3890	5726
Surcoût / exploitation / an (en euros)	9196	3785
Surcoût / ha / an (en euros)	229	141
<i>Sous Total (en euros)</i>	± 1 784 000	± 1 612 000
TOTAL GENERAL	± 3 404 000	euros

prévision de l'évolution des assolements pour la période 2004 + 2005, je me suis basé sur leurs résultats pour mettre en évidence l'impact de la chrysomèle.

Si l'on se réfère à ce tableau, on se rend compte que le préjudice est énorme puisque l'apparition de la chrysomèle du maïs coûterait près de

3,4 millions d'euros, uniquement d'un point de vue cultural (évolution des assolements) puisque la totalité des coûts de traitements (soit 800 000 euros) ont été pris en compte par l'Etat.

Source : ARVALIS / CA 68

Dans deux années, lorsque l'arrêté préfectoral prendra fin, il est fort probable que la chrysomèle du maïs soit toujours présente compte tenu de ses capacités de déplacement. On aura ainsi de fortes chances pour que l'on se situe non pas dans un contexte d'éradication (état actuel) mais plutôt dans une situation où l'on « vivra » avec l'insecte. Les agriculteurs auront donc le choix entre une rotation des cultures ou une reprise de la monoculture avec

traitement des semences (30 euros pour l'insecticide du sol appliqué dans la raie et 45 euros pour le traitement des semences, soit un **total de 75 euros**) et pertes de rendement. Dans cette optique, il m'a semblé intéressant d'établir un prévisionnel financier :

$$\text{PERTES DE RENDEMENT MAÏS} = (1 - \text{efficacité}) \times \text{pertes sans traitements}$$

- ❖ Pertes sans traitements : Même si les pertes sans traitements varient selon l'intensité de l'attaque, on considère que celles-ci peuvent varier de 10 à 20 %.
- Si 10 %, on aura 11 quintaux \Rightarrow **110 euros / ha** (voir tableaux ci-dessous)
- Si 20 %, on aura 22 quintaux \Rightarrow **220 euros / ha** (voir tableaux page de gauche)

- ❖ Efficacité : 60 % d'efficacité pour la lutte chimique
90 % d'efficacité pour la rotation des cultures

Si Pertes de 10 %

LUTTE CHIMIQUE : pertes de rendement $\Rightarrow (1 - 0,6) \times 110 = 44$ euros/ha

ROTATION : pertes de rendement $\Rightarrow (1 - 0,9) \times 110 = 11$ euros / ha

Pour lire les tableaux suivants, il faut savoir que les gains correspondent à la marge brute avec prime PAC couplée à 25 %²⁶ de chaque culture en sol profond (données CA 68). Quant aux pertes, elles sont liées aux traitements et aux pertes de rendement dans le cadre d'une plantation de maïs ou bien à une

²⁶ A partir de 2006, les primes PAC seront versées ainsi : un forfait à l'hectare correspondant à 75 % des primes de la période de référence (2000/2002) et 25 % de la prime affectée à la culture réellement affectée

CIPAN (calculée en enlevant l'aide de l'Agence de l'eau ⇒ voir Annexe 5).

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 2 ans

	Gains	Pertes
blé	408	
<i>cipan</i>		50
maïs	511	11
sous total	919	61
TOTAL	858	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	511	75	44
maïs	511	75	44
sous total	1022	238	
TOTAL	784		

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 3 ans

	Gains	Pertes
blé	408	
soja	406	
<i>cipan</i>		50
maïs	511	11
sous total	1325	61
TOTAL	1264	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	511	75	44
maïs	511	75	44
maïs	511	75	44
sous total	1533	357	
TOTAL	1176		

Ces tableaux comparatifs révèlent des choses très intéressantes :

- De 74 à 88 euros si l'on considère que les pertes sont de 10 %
- De 151 à 209 euros si l'on considère que les pertes sont de 20 %

Par contre, si l'on se réfère aux tableaux ci-dessous mettant en valeur une comparaison rotation / monoculture en sol superficiel sur trois années, on remarque que les résultats sont différents :

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 3 ans en sol superficiel (Si 10 % de pertes)

	Gains	Pertes
blé	294	
soja	311	
<i>cipan</i>		50
maïs	493	11
TOTAL	1037	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	493	75	44
maïs	493	75	44
maïs	493	75	44
TOTAL	1122		

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 3 ans en sol superficiel
(Si 20 % de pertes)

	Gains	Pertes
blé	294	
soja	311	
cipon		50
maïs	493	22
TOTAL	1026	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	493	75	88
maïs	493	75	88
maïs	493	75	88
TOTAL		990	

Dans ce cas là, l'agriculteur sera plutôt tenté d'effectuer la culture intensive de maïs à laquelle il est habitué plutôt que de pratiquer une rotation des cultures puisque les revenus sont presque équivalents.

Si la rotation des cultures est peu avantageuse d'un point de vue financier en sol superficiel, il n'en est pas de même en sol profond puisqu'elle est plus bénéfique que la monoculture. Sachant que la zone irriguée (sol superficiel) ne représente qu'environ 40 000 hectares sur 135 000 hectares de maïs au total, on peut prévoir que 95 000 hectares pourraient passer d'une monoculture dominante à une diversification des cultures.

5) Bilan critique

Malgré quelques appréhensions du fait de ma faible expérience dans le domaine agricole, j'ai pris du plaisir à effectuer cette étude. Celle-ci m'a permis de rencontrer de nombreux

professionnels et de m'enrichir de nouvelles connaissances.

Néanmoins, conformément à ce qui a été dit dans la partie précédente, je pense que je n'ai pas eu toutes les cartes en main pour effectuer une conclusion (bilan financier) en totale corrélation avec ma problématique. Le fait que le sujet découle d'un problème très récent (apparition de la chrysomèle fin juillet 2003) y est pour beaucoup puisque c'est un insecte encore peu connu des scientifiques français. On progresse difficilement, les réunions sont souvent informatives et on n'estime qu'approximativement ce que font les agriculteurs touchés en matière de rotation des cultures. Mon rapport constitue donc une base de départ, un

état de réflexion à un « instant T » (où tout est loin d'être connu) qu'il serait très intéressant de compléter par la suite.

V Conclusion

Touchée en plein cœur avec l'apparition de la chrysomèle du maïs, l'agriculture alsacienne et ses protagonistes (agriculteurs, organismes collecteurs, chambre d'agriculture...) s'organisent peu à peu en vue de résister au nouveau parasite. Même si le temps des manifestations en tous genres est passé, celui de l'amertume ne l'est pas. Il est en effet très difficile de voir disparaître momentanément une culture glorifiante comme celle du maïs au profit d'une rotation des cultures pas toujours évidente à gérer.

Même si en tout état de cause la rotation des cultures n'est pas un moyen de lutte totalement efficace vis-à-vis de la chrysomèle, elle maximise l'occupation des sols et par la même occasion minimise les risques de pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates. Outre cet aspect environnemental, la rotation pourrait très bien devenir un atout financier compte tenu des résultats obtenus précédemment (revenus supérieurs en sols profonds).

Bien que tout ceci soit plutôt favorable à la qualité de l'eau (baisse probable de la pollution par les nitrates), on se situe dans du conditionnel en ce qui concerne les produits phytosanitaires. Ces derniers

devront être soigneusement sur les nouvelles cultures raisonnés et en aucun cas apporter des préjudices sur le milieu naturel. Malgré ces quelques incertitudes, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse peut trouver l'occasion d'orienter les choix des cultures nouvelles vers celles qui sont les mieux adaptées au contexte de fragilité de la nappe d'Alsace (sensibilisation, participations financières...) et, par la même occasion, participer à la mise en place d'une agriculture alsacienne nouvelle.

VI Glossaire

Adsorption : phénomène par lequel des solides ou des liquides retiennent à leur surface des molécules ou des ions (Guide phytosanitaire).

CE50 : concentration en produit qui va provoquer un effet (variable selon les individus) chez 50 % des organismes exposés pendant un temps donné (Guide phytosanitaire).

CL50 : concentration létale qui, administré à des animaux de laboratoire, entraîne la mort de 50 % des individus (Guide phytosanitaire).

Chéromones : substances sécrétées par des individus et qui, reçues par d'autres individus de la même espèce, provoquent une réaction spécifique, un comportement ou une modification biologique ⇒ capables d'attirer mâles et femelles (INRA).

Diapause : phénomène caractérisé chez un invertébré par un arrêt de développement obligatoire. Il permet de se prémunir contre une période climatique défavorable comme la saison hivernale (Dictionnaire Encyclopédique des Sciences de l'Eau).

Lixiviation : partie des molécules solubles qui, au cours de l'altération et de l'humification, est entraînée dans l'eau et s'infiltré par percolation à travers le sol (Encyclopédie Encarta).

Macrophytes : terme désignant les végétaux de grande taille tant cryptogames que phanérogames, qui croissent dans la zone riparienne des écosystèmes aquatiques (Dictionnaire Encyclopédique des Sciences de l'Eau).

Phéromones : substances sécrétées par des individus et qui, reçues par d'autres individus de la même espèce, provoquent une réaction spécifique, un comportement ou une modification biologique ⇒ spécifiques aux mâles (INRA).

U.A : unité arbitraire

VII Bibliographie

- **Internet**

⇒ La chrysomèle du maïs est en France
www.inra.fr/Internet/Hebergement/OPIE-Insectes/pdf/i127zagatti-deridj.pdf.

Page consultée le 12/11/03

⇒ Chrysomèle des racines du maïs
www.idf.pref.gouv.fr/actu/communiqu/2003/chrysomele.htm
Page consultée le 12/11/03

⇒ Diabrotica Virgifera
www.eppo.org/QUARANTINE/Diabrotica_virgifera/diabrotica_virgifera.html
Page consultée le 12/11/03

⇒ La chrysomèle du maïs en Alsace
alsace.nature.free.fr/Actualit.htm
Page consultée le 12/11/03

⇒ Présence de la chrysomèle des racines du maïs en Alsace
www.agrisalon.com/06-actu/article-10794.php
Page consultée le 12/11/03

⇒ La chrysomèle du maïs en Alsace
www.terre-net.fr/actus/actus_detail.asp?id=32634&periode
Page consultée le 12/11/03

⇒ Nappe d'Alsace
www.eau-rhin-meuse.fr/observatoire/eauxsout/alsace/alsace.htm

Page consultée le 1/12/03

⇒ Nappe d'Alsace
www.aprona.net/pdf/documentation/a4nappe.pdf
Page consultée le 1/12/03

⇒ La culture du blé tendre d'hiver
www.cooperl-hunaudaye.fr/fr/filiere/agro_fiche_ble.pdf
Page consultée le 12/02/04

⇒ Le blé
www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/CULTURES/3c---052.htm
Page consultée le 12/02/04

⇒ BEPP, Connaissance et gestion du milieu aquatique.
www.csp.environnement.gouv.fr/pages/publications/bfpp/Resume/350_351/f350p...
Page consultée le 02/02/04

⇒ Renseignements généraux. www.haut-rhin.chambagri.fr

⇒ Deltaméthrine, Carbofuran, Atrazine.
www.inra.fr/agritox/php/sa.php?source=AGREVO&sa

Pages consultées le 04/02/04

• Documents de travail

- ⇒ Cellule de veille chrysomèle (compte rendu de la réunion n°1 du 23 octobre 2003). ARVALIS / SRPV Alsace / Chambre d'Agriculture 68
- ⇒ Evolution du projet agricole départemental consécutivement à l'apparition de la chrysomèle du maïs. Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin. (13 octobre 2003)
- ⇒ Comment contenir Diabrotica chrysomèle du maïs. Colloque national du 3 février 2004.

- ⇒ Etude de la filière Céréales alsacienne. Chambre Régionale d'Agriculture d'Alsace. (juillet 2002)
- ⇒ Analyse succincte du climat du Haut-Rhin. Météo France (24/06/03)
- ⇒ Manuel de référence technique Maïs grain / Maïs ensilage. AGPM technique et MAIZ'EUROP'. (septembre 2001)
- ⇒ Le soja. Edition CETIOM. (février 2003)
- ⇒ Le tournesol. Edition CETIOM. (janvier 2003)
- ⇒ Colza d'Hiver. Edition CETIOM. (mai 2003)

- **Articles de presse**

- ⇒ Chrysomèle : agriculteurs chez le préfet. Alsapresse. (mercredi 10 décembre 2003)
- ⇒ Des agriculteurs alsaciens manifestent. Cultivar n°565, page 14. (22 décembre 2003)
- ⇒ Chronique d'une attaque de chrysomèle. Terroir magazine, pages 39 et 40. (janvier 2004)

Sommaire annexes

- ↪ **Annexe 1** : Photo dégâts des larves **page 39**

- ↪ **Annexe 2** : Photo dégâts des adultes **page 40**

- ↪ **Annexe 3** : Répartition des sites de piégeage français en 2002 **page 41**

- ↪ **Annexe 4** : Présentation générale du Carbofuran et de la Deltaméthrine **page 42**

- ↪ **Annexe 5** : CIPAN : cahier des charges technique Alsace 2003 **pages 43 et 44**

Annexe 1

« Dégâts engendrés par les larves de la chrysomèle »



Photo mettant en valeur l'intensité des attaques sur le chevelu racinaire

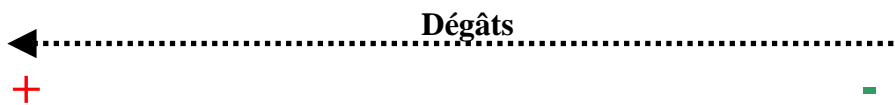


Photo d'un pied en « col de cygne »



Source : cellule de veille chrysomèle

Annexe 2

« Dégâts engendrés par les chrysomèles adultes »



Photo de dommages sur le feuillage et le pollen

Source : cellule de veille chrysomèle

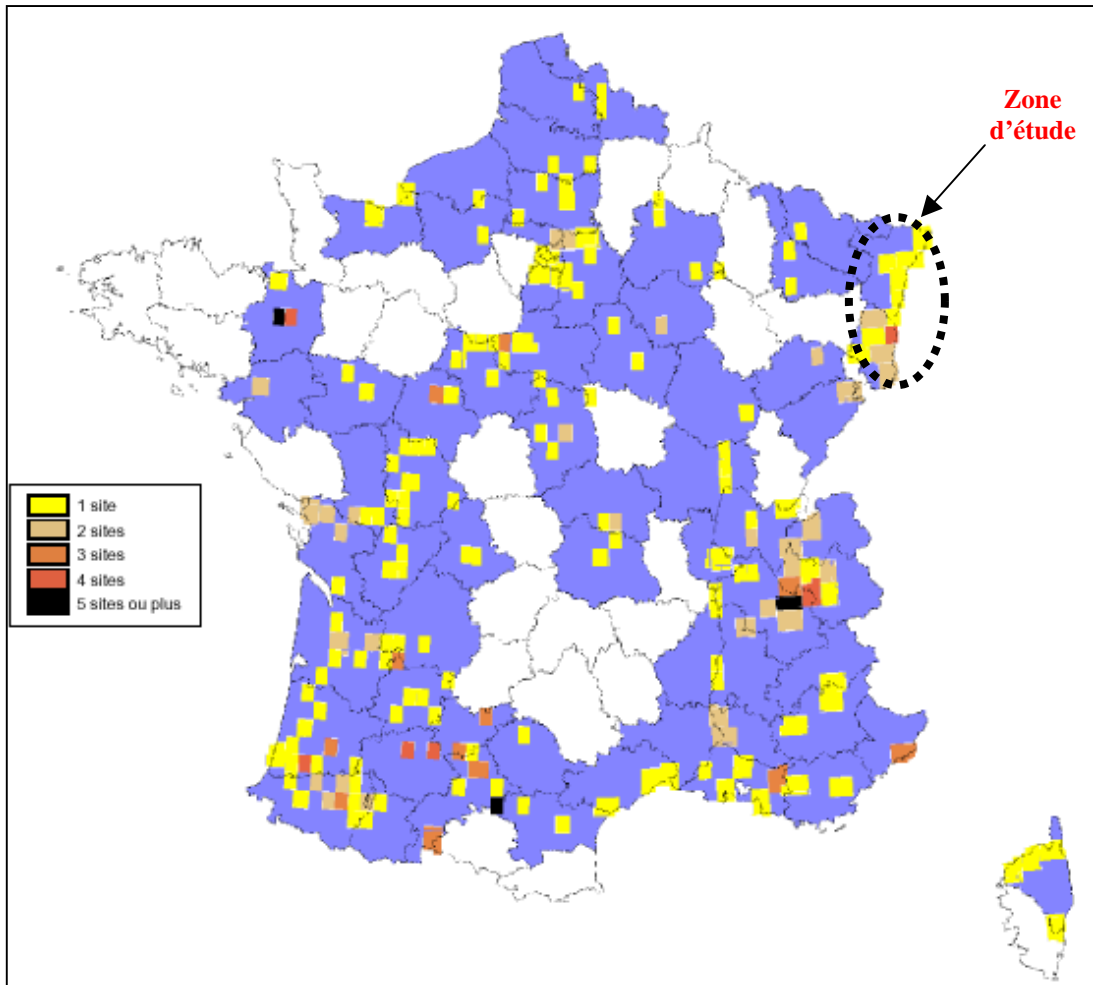
**Photo d'un épi lacuneux,
conséquence d'une
mauvaise fécondation
(soies dévorées)**



Source : cellule de veille chrysomèle

Annexe 3

« Répartition des 300 sites de piégeage en 2002 »



Source : ARVALIS / DRAF-SRPV Alsace

En voyant cette carte, on remarque qu'il y a bien une corrélation entre les domaines du maïs grain en France (cf. carte partie III 1) et la localisation des sites de piégeage. On retrouve ainsi des concentrations marquées en Alsace, en Rhône-Alpes, dans les Landes ainsi qu'en Ile-de-France, touchée par la chrysome en 2002.

Annexe 4

« Présentation générale du Carbofuran et de la Deltaméthrine »

		DELTAMETHRINE	CARBOFURAN
Identité	Substance active	Deltaméthrine	Carbofuran
	Activité bio. principale	Insecticide	Insecticide nematicide
	Famille chimique	Pyréthroïde	Carbamate
Propriétés physiques et chimiques	Etat physique	Solide cristallise	
	Solubilité dans l'eau	< 0,002 mg/l à 28 °C	700 mg/l à 25 °C
	Stabilité dans l'eau	Temps de ½ vie = 31 jours à 22 °C et au pH 9 Stable à 22 °C au pH de 4	Instable au pH de 8 à 14 Stable en pH acide
Comportement environnement	Persistence en laboratoire	DT 50 = 56 jours <u>Type</u> : limon argileux ; pH 6,2 ; % de MO 7,2	DT 50 = 6 – 9 jours <u>Type</u> : limon fin argileux ; pH 7,5 ; % de MO 2,3
	Koc	Min. = 460 000 Max. = 1,63 ^e +07	23 - 160
Toxicité	Toxicité poissons	<i>Salmo gairdneri</i> : CL 50 : 0,39 µg/l (96 h)	<i>Salmo gairdneri</i> : CL 50 : 0,1 à 1 mg/l (96 h)
	Toxicité invertébrés aquatiques	<i>Daphnia magna</i> : CE 50 : 3,5 µg/l (48 h)	<i>Daphnia magna</i> : CE 50 : 15 µg/l (48 h)
	Toxicité aigue	Toxique pour les abeilles	
Valeurs réglementaires	Classement toxicologique	Toxique (T)	Très toxique (T+)
		Dangereux pour l'environnement	
		R23/25 toxique par inhalation et ingestion	R26/28 très toxique par inhalation et ingestion
		R50/53 très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	

Source des données : Agritox

Annexe 5

« CIPAN : cahier des charges technique Alsace 2003 »

Par principe, **les cultures intermédiaires pièges à nitrates** sont des cultures qui ne se récoltent pas. Elles sont semées après une culture récoltée en été (céréales à paille, maïs, houblon, tabac, choux, pommes de terre et autres légumes de plein champs) et précèdent des cultures implantées au printemps.

Choix de l'espèce et dose hectare : semence certifiée utilisable en CIPAN et préconisée par le Comité de pilotage :

- radis, colza fourrager, navette et moutarde (8-12 kg),
- sarrasin (30-40 kg),
- avoine et seigle classique, en mélange uniquement avec une autre espèce (80-100 kg),
- phacélie (10-15 kg),
- seigle interculture (25-30 kg).

Remarque : Ces espèces en mélange sont autorisées.

Date de semis : les CIPAN seront implantées entre le 10 août et le 20 septembre.

Avant le 10 septembre, semer préférentiellement des couverts de type crucifères.

Après le 10 septembre les graminées sont à préférer.

(Au moment du semis, il est conseillé de faire attention à l'étalonnage du matériel de semis, afin de respecter les doses préconisées).

Date de destruction : à partir du 15 novembre. Un broyage pourra être effectué avant cette date en cas de montée à graines ou de couvert susceptible d'être difficile à enfouir. Toutefois les résidus ne pourront pas être enfouis avant le 15 novembre.

Mode de destruction : privilégier la destruction mécanique.

Fertilisation : la **fertilisation azotée chimique est interdite sur CIPAN**, y compris pour son implantation.

Aide : **20 €/ha**. Cette aide de l'Agence de l'eau n'est pas cumulable avec les aides prévues dans le cadre des contrats territoriaux d'exploitation, périmètre de protection de captage ou autres soutiens financiers.

Justificatifs de l'exploitant : facture de semence à son nom ainsi que la déclaration du nombre d'hectares signée par lui (cf. fiche ci-jointe) à renvoyer au distributeur au plus tard pour le 1^{er} octobre. La présence effective de ces cultures sur les parcelles signalées pourra être vérifiée.

Loqo



Cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN)
« Fiche de déclaration 2003 »

Planter des Cultures intermédiaires pièges à nitrates, c'est piéger l'azote minéral excédentaire dans le sol, et donc réduire le lessivage des nitrates, tout en améliorant les caractéristiques du sol (limitation de l'érosion et du ruissellement, amélioration de la structure et de la portance).

Nom : _____ Prénom : _____ N° client _____

Raison sociale : _____ Adresse: _____

_____ Commune : _____

décide de participer à la mise en place de cultures intermédiaires piège à nitrates, et m'engage à semer _____ hectares de CIPAN dans le cadre de l'opération FERTI-MIEUX (cocher la case) :

- Ferti-Zorn
- Ferti Nord Alsace
- Ferti Kochersberg
- Fert'III
- Piémont Eau et Terroirs
- Hardt Eau Vive
- Collines Eau et Terroirs
- Sundg'eaux vives

TOTAL Hectares : _____ M.O.
Matières Organiques

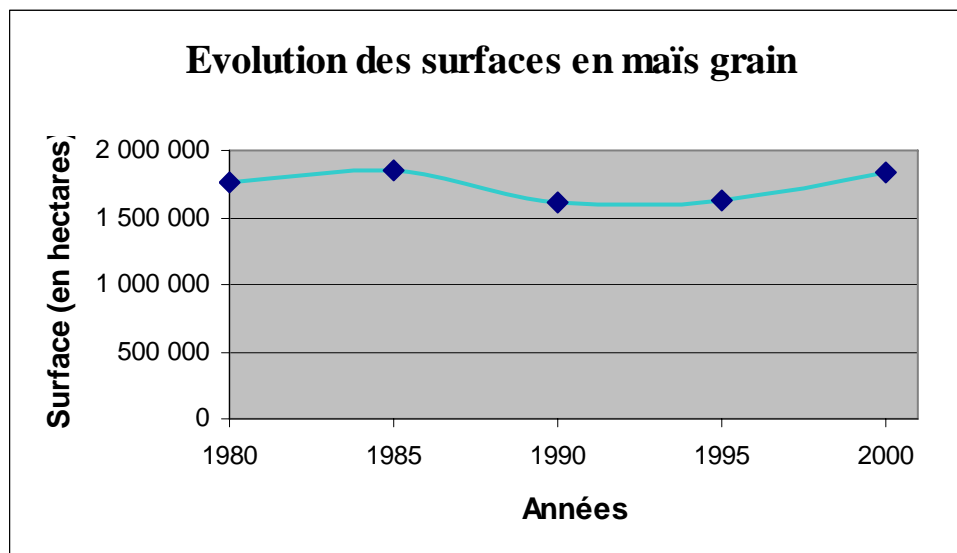
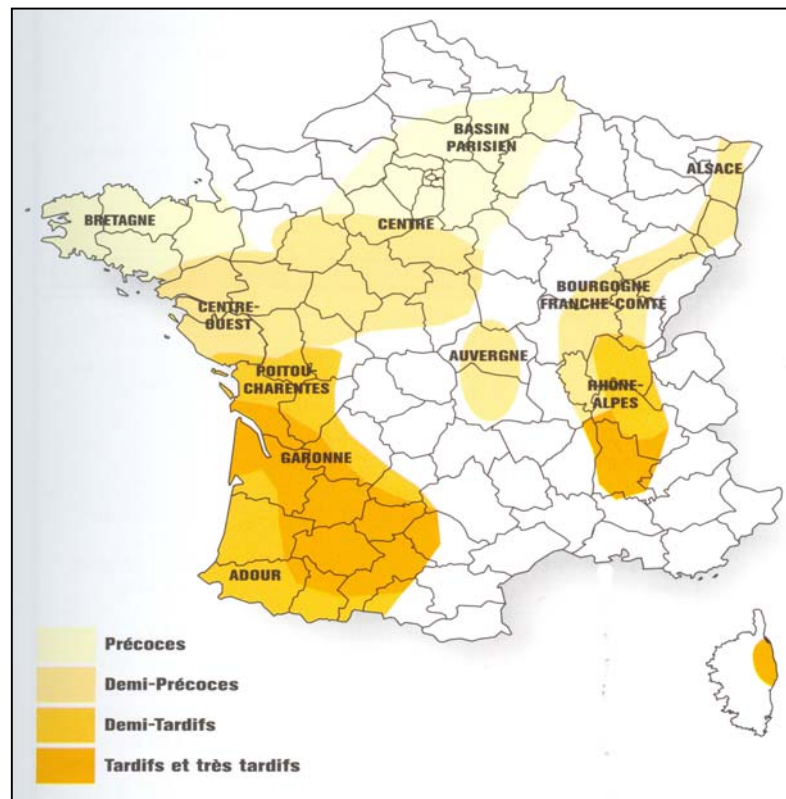
Nom de la parcelle	Commune	Ilot PAC	Surface (ha)	Culture précédente	Apport M.O. prévu	Espèce CIPAN	Dose ha

Pour bénéficier de l'aide de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse Meuse aux actions collectives de mise en place de CIPAN, je m'engage à respecter le cahier des charges ci joint. Je déclare ne bénéficier d'aucun autre soutien financier pour la mise en place de CIPAN (Protection de captages, CTE,...) pour les parcelles considérées.

Date

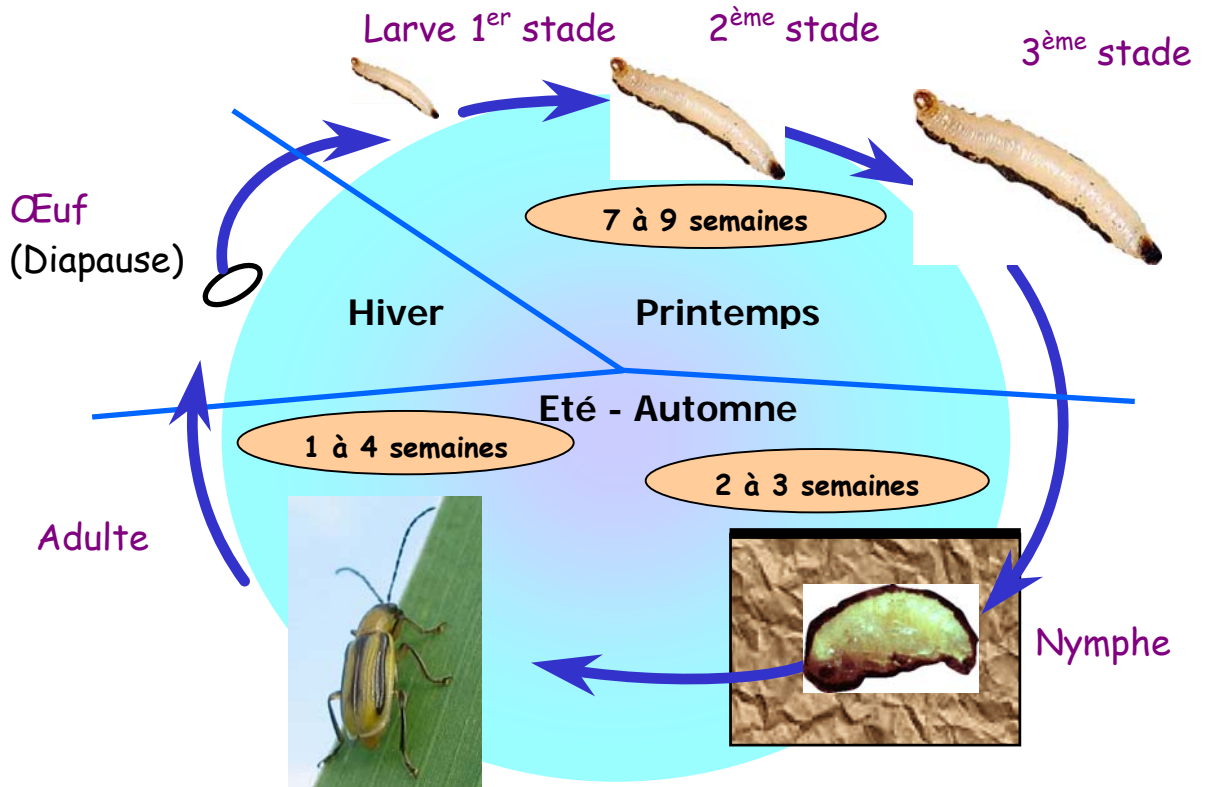
signature

Domaine du maïs grain en France



Source : AGPM* technique / MAIZ'europ (2001)

Schéma simplifié du cycle de vie de la chrysomèle du maïs



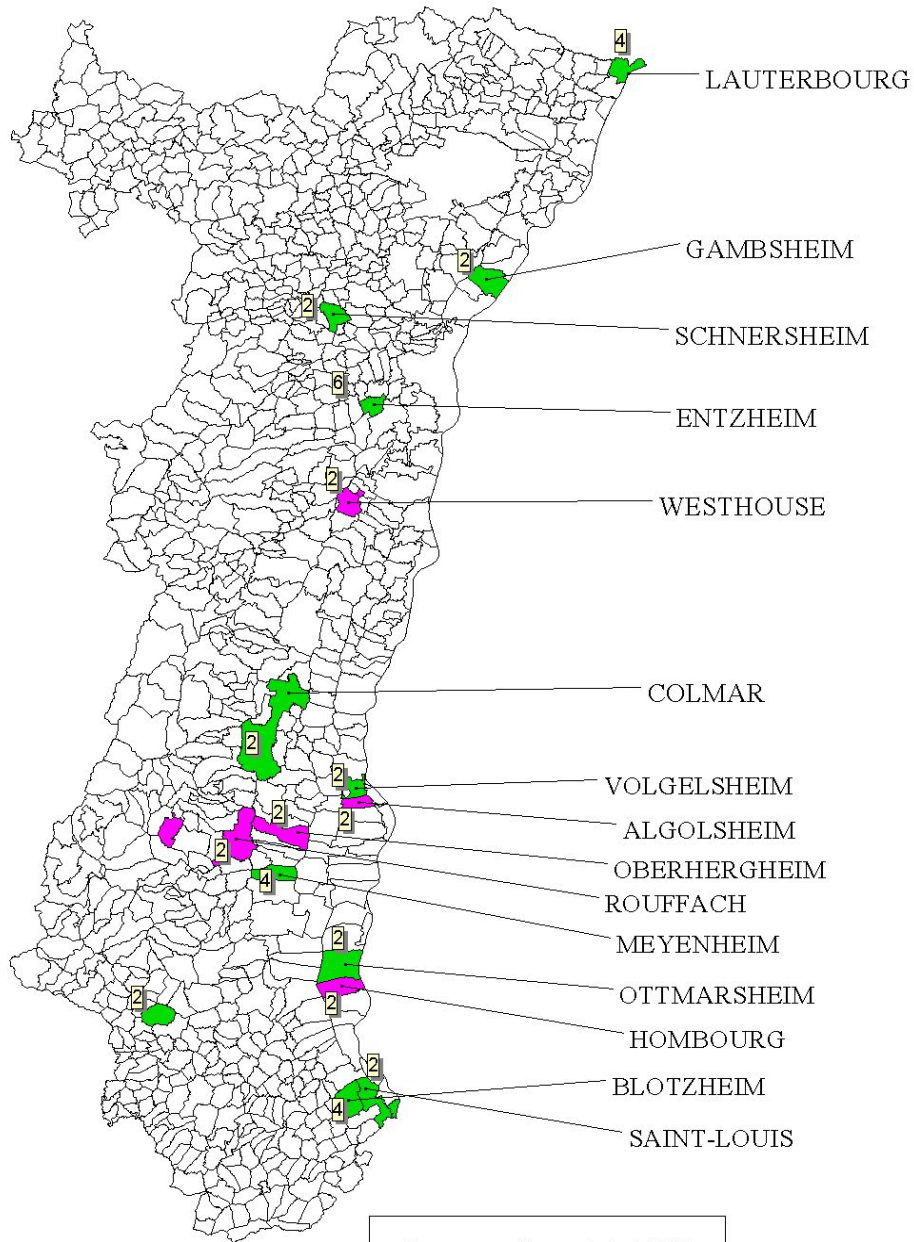
Source : ARVALIS / DRAF-SRPV Alsace

Evolution de la chrysomèle jusqu'en 2002




 Ministère de l'agriculture
 de l'alimentation
 de la pêche
 et des affaires rurales

Réseau Régional
pièges Diabrotica 2003



Communes réseau régional 2003

- Arvalis
- SRPV
- nombre de pièges

D.R.A.F. - SRPV Alsace - 03 88 54 28 28
 Conception : SRPV Alsace
 Cartographie : F. Kéckers
 Photos de carte : IGN © J.C. Cato
 IGN © IGN 2003


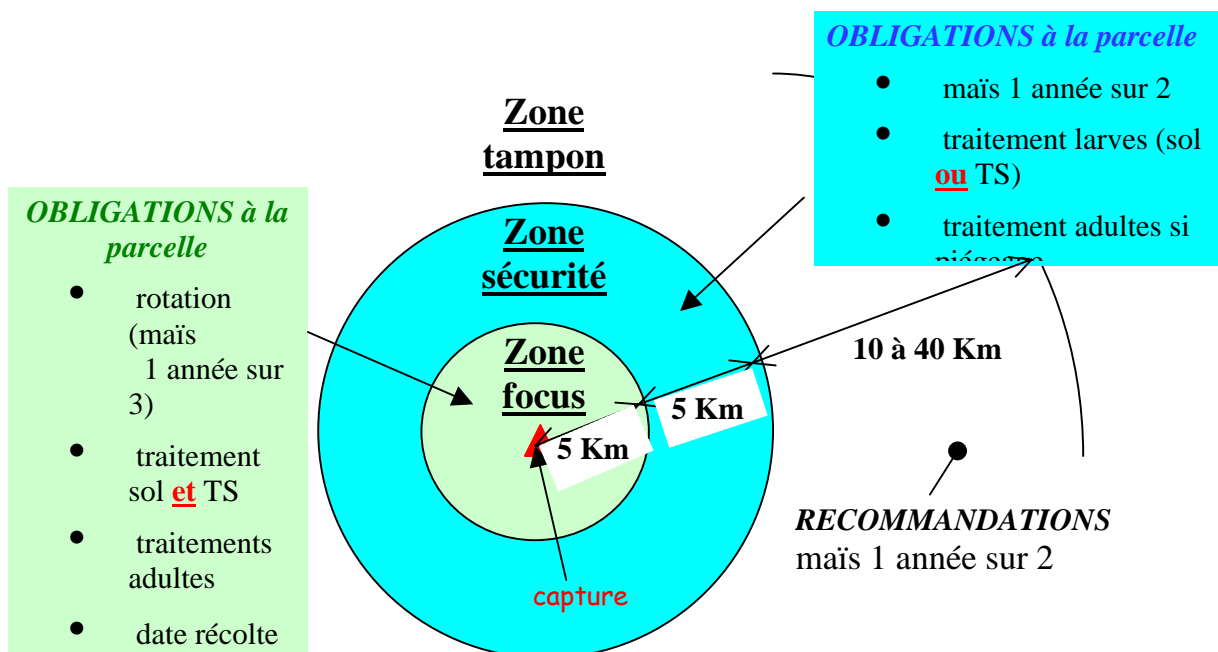
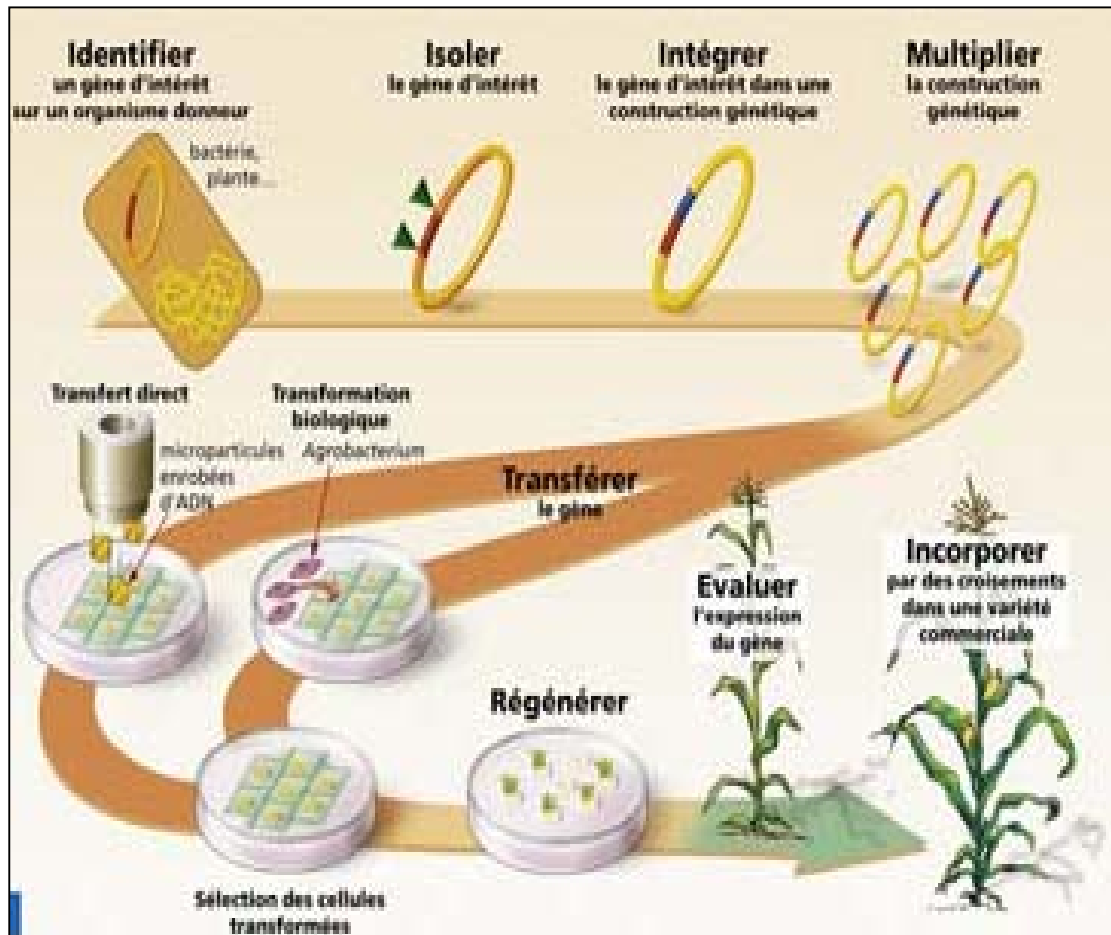
 1:800000

Schéma simplifié de l'arrêté du 22 août 2002

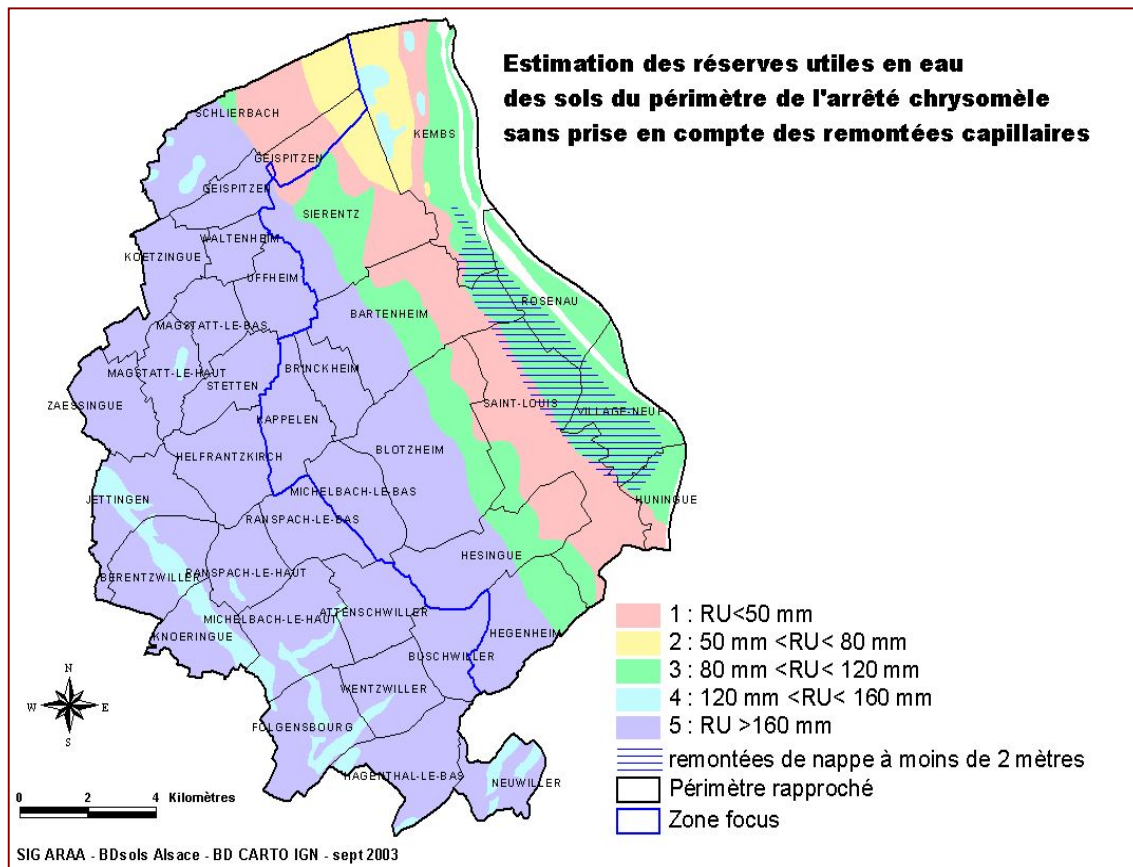
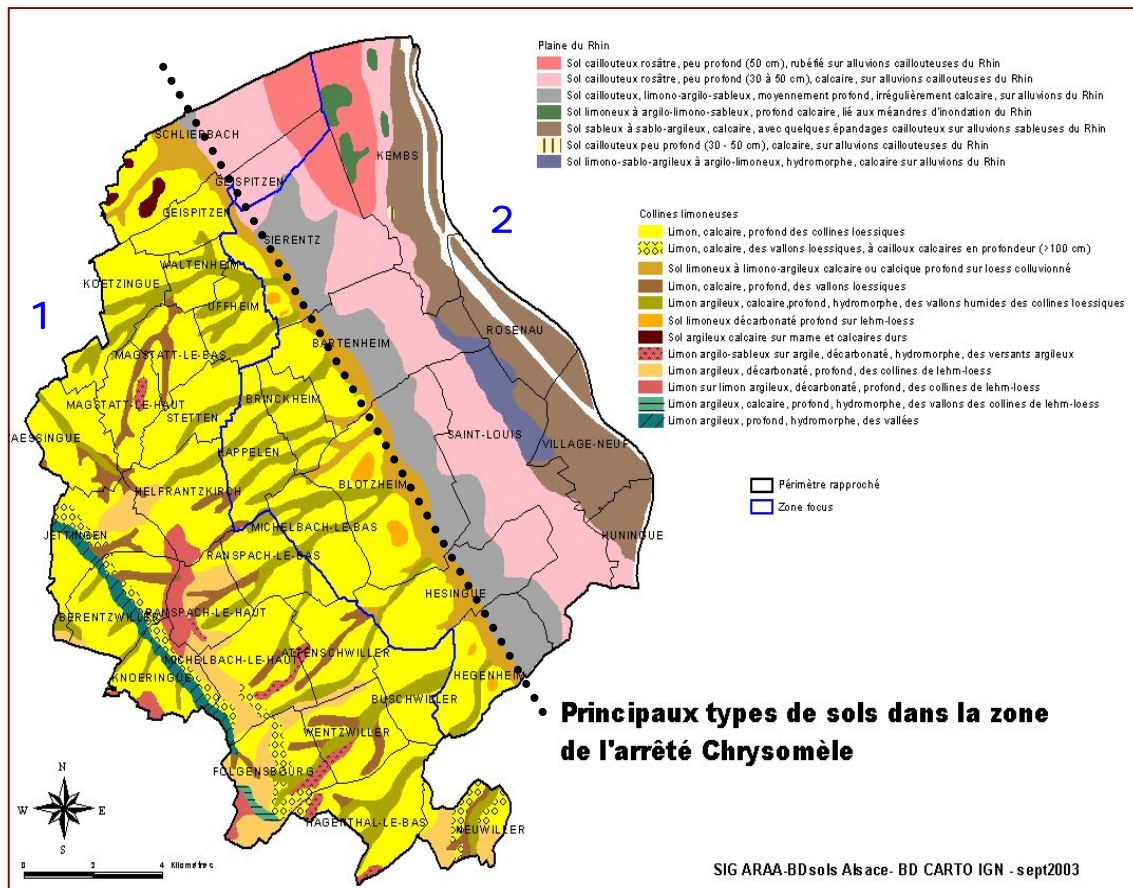


abrication d'un O.G.M

Fabrication d'un O.G.M



Source :



Si Pertes de 20 %

LUTTE CHIMIQUE : pertes de rendement $\Rightarrow (1 - 0,6) \times 220 = 88$ euros/ha

ROTATION : pertes de rendement $\Rightarrow (1 - 0,9) \times 220 = 22$ euros / ha

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 2 ans

	Gains	Pertes
blé	408	
<i>cipan</i>		50
maïs	511	22
sous total	919	72
TOTAL	847	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	511	75	88
maïs	511	75	88
sous total	1022	326	
TOTAL	696		

Comparaison Rotation / Monoculture de maïs sur 3 ans

	Gains	Pertes
blé	408	
soja	406	
<i>cipan</i>		50
maïs	511	22
sous total	1325	72
TOTAL	1253	

	Gains	Pertes	
		traitement	rendement
maïs	511	75	88
maïs	511	75	88
maïs	511	75	88
sous total	1533	489	
TOTAL	1044		