

Le Roundup

(glyphosate)

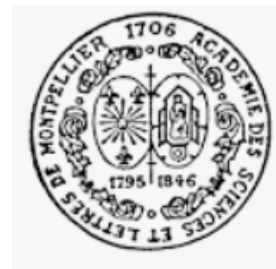
Herbicide polémique

Pr Jean-Louis CUQ

Professeur agrégé de Biochimie-Physiologie, Dr es Sciences

Président honoraire de l'Université de Montpellier

Membre de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier



Plan

L'agro-chimie dans l'histoire de l'Homme Les produits de l'agro-chimie. Les pesticides, les herbicides Les premières méthodes de désherbage Premiers herbicides Les modes d'action.

Herbicides minéraux Herbicides organiques **Le roundup**, le pouvoir, les médias.

Le glyphosate

Structure chimique, propriétés. Mode d'action. Mécanisme biochimique. Biodégradabilité. Toxicité. Glyphosate et cancer.

Plantes résistantes au glyphosate. Glyphosate et lutte biologique via des OGM Les maïs BT.

Introduction : l'agro-chimie dans l'histoire de l'Homme

La lutte chimique contre les « nuisibles » existe depuis des millénaires : l'usage du soufre remonte à la Grèce antique (1 000 ans av. J.-C.) l'arsenic est recommandé par Pline l'Ancien, naturaliste romain, en tant qu'insecticide.

La lutte biologique. Certaines **plantes** connues pour leurs propriétés toxiques ont été utilisées comme pesticides (par exemple les aconits contre les rongeurs au Moyen Âge)

Les **propriétés insecticides du tabac** étaient utilisées dès le XVII^{ème} siècle.

En 1807 Isaac-Bénédict Prévost propose d'utiliser du **sulfate de cuivre** dans le traitement de la carie du blé. La chimie minérale qui s'est développée au XIX^{ème} siècle propose de nombreux pesticides minéraux à base de sels de cuivre, produits bien utilisés en agriculture biologique.

Les fongicides à base de sulfate de cuivre permettent de lutter contre les maladies invasives.

La **bouillie bordelaise** (chaux et sulfate de cuivre) permet d'arrêter et de lutter contre les attaques fongiques de la vigne (mildiou) et de la pomme de terre, non sans séquelles de pollution sur les sols (cuivre non dégradable).

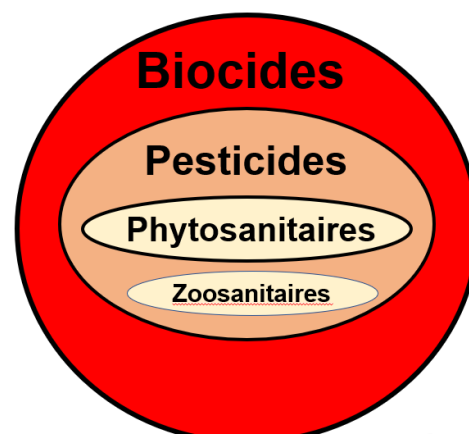
Le **soufre** permet de maîtriser les attaques d'oïdium.

Les produits de l'agro-chimie

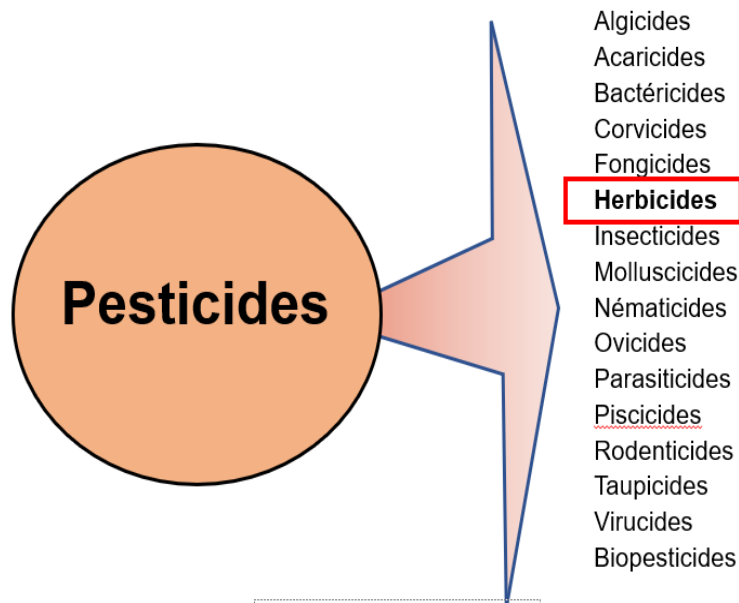
Le suffixe « i, cide » signifie qui tue (homicide,...). Sous ce vocable on retrouve beaucoup de composés

Un **pesticide** est une substance chimique ou biologique utilisée pour lutter contre des organismes vivants animaux ou végétaux considérés comme nuisibles en particulier en agriculture.

Ces composés comprennent : les produits **phytosanitaires** utilisés en agriculture, en sylviculture et en horticulture, les **zoosanitaires** et des produits à usage domestique : shampoing antipoux, boules antimites, poudre anti-fourmis, bombes insecticides contre les mouches ou moustiques, colliers anti-puces, diffuseurs intérieurs...



Les pesticides disponibles sont très nombreux et varient en fonction de leur « cible »



Les insecticides sont classés en fonction de leur structure. On distingue ainsi les organochlorés (très nombreux parmi lesquels le DDT, la chlordécone, le lindane...) les organophosphorés (leur nombre est très élevé), les carbamates, le pyréthriinoïdes les néonicotinamides les sulfones, les benzoylurées, dérivés du pyrèthre, les roténones, la nicotine, l'azadirachtine, l'azadirine, des alcaloïdes, la quassine, la ryanodine, l'aconitine.

Parmi les très **nombreux fongicides**, les dérivés de métaux, le soufre et dérivés, les benzimidazoles les inhibiteurs de synthèse des stérols, ...

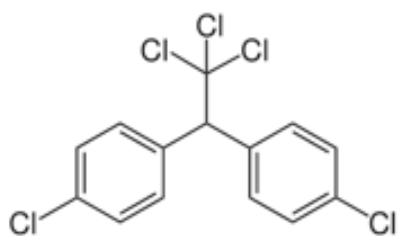
Plus de 250 produits sont ainsi potentiellement utilisables en agro-chimie.

Trois exemples de pesticides de synthèse

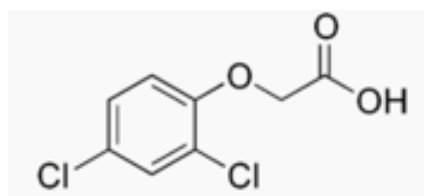
En 1874, Zeidler synthétise le dichlorodiphényltrichloréthane (**DDT**) et MULLER en établit ses propriétés insecticides en 1939. Le **DDT** est commercialisé dès 1943 et ouvre la voie à la famille des **insecticides** organochlorés. Le DDT a dominé le marché des insecticides jusqu'au début des années 1970 où il a été interdit en UE.

L'**herbicide 2,4-D** est synthétisé en 1944. Copie de la structure d'une hormone de croissance des plantes l'**acide 2,4-dichlorophénoxyacétique** est encore fortement employé de nos jours.

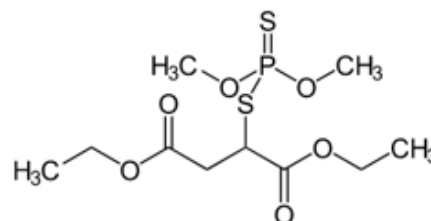
Il en est de même pour des molécules comme le **malathion**



DDT

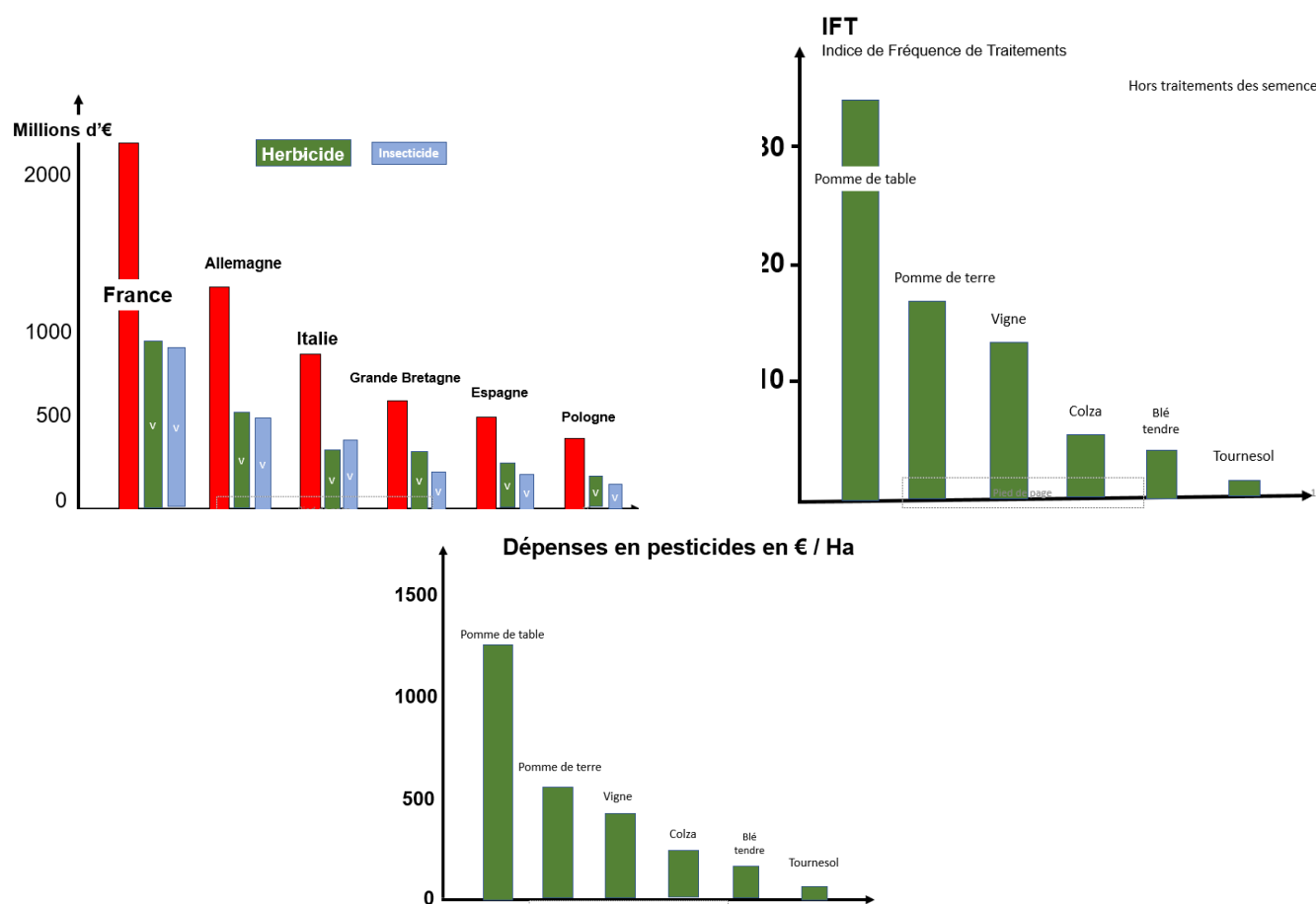


2,4-D



malathion

Le marché des produits phytosanitaires est florissant et le nombre de traitements avant récolte est souvent très élevé.



Les herbicides

Désherbage total avant semis direct sans labour



Avant l'utilisation généralisée des herbicides chimiques, on avait recours à des méthodes de lutte culturale, par exemple en modifiant le **pH** du sol, la **salinité**, ou les niveaux de fécondité, pour lutter contre les mauvaises herbes.



La lutte mécanique (qui comprend le travail du sol) a depuis toujours été utilisée dans ce but et l'est encore (pour la vigne labour et déchaussage, « escaoucéler »).

Premiers herbicides

L'usage des herbicides chimiques a commencé dans les années 1880, uniquement avec des composés inorganiques (minéraux).

En 1896, Louis Bonnet réussit en France le désherbage du blé contre la moutarde des champs avec une solution à 6 % de CuSO_4 .

Par la suite, d'autres sels sont utilisés ainsi que l'**acide sulfurique dilué**. Celui-ci est largement employé en France entre les deux guerres mondiales sous l'impulsion de l'agronome Edmond Rabaté. Il est utilisé en céréaliculture malgré ses inconvénients liés à sa forte corrosivité et au fait qu'il n'élimine pas certaines mauvaises herbes (notamment les graminées). Il n'est définitivement supplanté par les herbicides de synthèse que dans les années 1960.

Les **premiers herbicides organiques** apparaissent avant la Seconde Guerre mondiale, c'est le cas du 4,6-dinitro-ortho-crésol (DNOC) breveté en France en 1932 par Pastac et Truffaut ou du pentachlorophénol (PCP) introduit aux États-Unis en 1936 comme agent de préservation du bois et employé dès 1940 comme désherbant des céréales.

Les modes d'action des herbicides sont complexes et fondés sur :

- la perturbation de la photosynthèse,
- l'inhibition de la synthèse des lipides,
- l'inhibition de la synthèse des acides aminés,
- la perturbation de la régulation de l'auxine,
- l'inhibition de la division cellulaire à la métaphase,
- l'inhibition de la synthèse des caroténoïdes,
- l'inhibition de la synthèse de l'enzyme PPO (protoporphyrinogène oxydase) conduisant à la synthèse des chlorophylles,
- la dérégulation des pH entre les différents compartiments cellulaires ou découplants,
- la perturbation de la croissance.

Herbicides minéraux

Surtout utilisés au début du vingtième siècle. Les plus utilisés actuellement sont :

- Le **cyanure de calcium** ($\text{Ca}(\text{CN})_2$), il rentre par les racines et pénètre la sève brute pour ensuite s'accumuler dans les feuilles.
- Le **sulfate de fer** (FeSO_4), herbicide de contact utilisé pour lutter contre les mousses et qui accélère de plus l'humification des déchets végétaux,

Le **chlorate de sodium** NaClO_3 qui détruit les plantes à fort enracinement. Oxydant puissant, le chlorate de soude pénètre principalement par les racines et est transporté par la sève brute vers les feuilles. Son action

n'est pas sélective et peu perdurer jusqu'à six mois dans la terre. Il est détruit par le calcaire, les matières organiques et les corps réducteurs, il peut être aussi lessivé par les eaux d'infiltration. Il est peu toxique pour l'homme mais c'est un comburant qui peut entrer dans la fabrication d'explosifs. Il peut être employé pour la dévitalisation des souches. Du fait de son danger.

Herbicides organiques

Ils constituent la très large majorité des herbicides du marché actuel. Par commodité, on les regroupe suivant leur type de pénétration dans le végétal :

Herbicides racinaires Dinitroanilines (toluidines), Urées substituées ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$), Triazines

Herbicides racinaires et foliaires Imidazolinones Sulfonylurées Diphényls-éthers

Herbicides foliaires Phytohormones de synthèse Le plus connu est l'acide dichloro 2,4 phénoxyacétique, Colorants nitrés (dérivés du phénol, dinitrophénol), Carbamates, Ammoniums quaternaires (bipyridiles), Fop/Dime, **Glyphosate** C'est un désherbant total, c'est-à-dire un herbicide non-sélectif. Le mécanisme d'action de ce pesticide est systémique.

Un herbicide polémique : le Roundup (ou glyphosate)

C'est au travers de quelques coupures de presse, il y en a des centaines, qu'il est facile de constater la « polémique » quant au glyphosate. L'Europe, les associations, les politiques interviennent très souvent avec souvent des propositions contradictoires.

Du glyphosate trouvé dans des céréales et des pâtes

Consommation. Un désherbant classé cancérigène probable.

Des résidus de glyphosate, substance classée cancérigène probable par une agence de l'ONU, ont été retrouvés dans des céréales pour petit-déjeuner, des légumineuses et des pâtes, a indiqué jeudi l'ONG Oxfam.



Midi-Libre 26 sept 2017

Cafouillage de l'exécutif autour du glyphosate

Santé. L'herbicide sera-t-il interdit ?

La France a confirmé lundi son intention de réduire progressivement l'utilisation agricole de l'herbicide controversé glyphosate, mais peine à énoncer clairement une stratégie de remplacement et une

Avant de minimiser ses propos en milieu de journée, indiquant que le gouvernement « s'engageait à des progrès significatifs » d'ici 2022, pour tous les pesticides.

PESTICIDE 19 oct 2017

Glyphosate : un enjeu européen

En cause notamment en termes de pollution des cours d'eau : la molécule du glyphosate, pesticide présent dans le Roundup de Monsanto et considéré comme

mardi 28 novembre 2017

Glyphosate : l'Europe en reprend pour cinq ans

Débat. La France reste déterminée à interdire l'herbicide décrié dans les trois ans.

« Avec le glyphosate, on est face à une crise institutionnelle »

Santé. Marie-Monique Robin dénonce l'extrême dangerosité du produit dans un livre.

26 février 2018
 Sortie du glyphosate : Hulot prêt à envisager des exceptions
Agriculture. L'herbicide controversé doit être interdit en France dans trois ans.

Vendredi 1 décembre 2017 Midi Libre
POSITIONNEMENT La France a pris une initiative, si tant est qu'elle soit tenable
 Le délai de trois ans promis par Macron en plein flou
 La France veut « absolument »... Montpellier ce lundi, n'a pas...

Occitanie
 Glyphosate : le difficile retour en arrière

REGION
 Glyphosate : terrain à déminer
Agriculture. Les députés ont refusé d'inscrire dans la loi son interdiction d'ici trois ans. En Occitanie, le sujet crée la polémique.

Glyphosate : des promesses et des interrogations
 25 mai 2018
Environnement. Une fuite d'informations fait polémique.

Glyphosate : les députés contre l'interdiction dans la loi
Écologie. Plusieurs parlementaires locaux étaient présents.
 Nouveau débat enflammé à l'Assemblée sur le glyphosate,...
 16 septembre 2018

● **GLYPHOSATE** 17 février 2019
 Le ministre de l'Agriculture, Didier Guillaume, n'écarte pas la possibilité de permettre l'épandage de glyphosate sur 50 % des surfaces agricoles françaises au-delà de 2021, alors qu'Emmanuel Macron s'était engagé à l'interdire à cette date.



PESTICIDE
 Le glyphosate pas fini
 « On n'y arrivera pas. » Le ministre de l'Agriculture est revenu vendredi sur l'objectif de sortie du glyphosate en France promise par Emmanuel Macron pour la fin 2020. En revanche, Didier Guillaume a assuré que l'utilisation de l'herbicide baissait dans le pays.

2020-6-27

« Le glyphosate, un scandale ! »

Mobilisation. Ils étaient une centaine, hier sur la Comédie, à l'appel des Coquelicots.

Midi Libre 20
 septembre 2023

Midi Libre 13 novembre 2019
 L'arrêt du glyphosate plus compliqué que prévu

AGRICULTURE
 Un rapport parlementaire estime que son interdiction va être chère et parfois impossible.

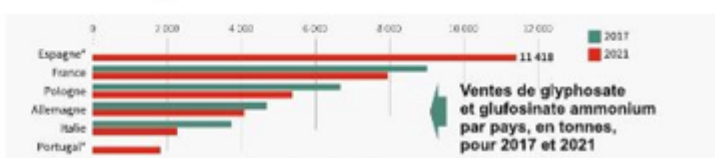


Midi Libre 17 novembre 2023

Un nouveau feu vert controversé au glyphosate pour dix ans

L'Europe veut prolonger le glyphosate
AGRICULTURE
 La Commission européenne...

ENVIRONNEMENT
 L'autorisation de la Commission européenne provoque la colère des ONG.



Le glyphosate, c'est quoi ?

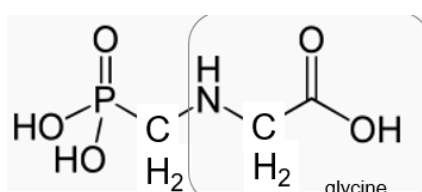
Le **glyphosate** est un désherbant *total* foliaire systémique. Cet herbicide non sélectif est absorbé par les feuilles et a une action généralisée. Breveté et produit par la firme américaine Monsanto sous la marque « Roundup » à partir de 1974, son utilisation en agriculture et par les particuliers a connu un succès considérable.

Le brevet étant tombé dans le domaine public en 2000, d'autres sociétés produisent désormais du glyphosate.

Il est « en principe » interdit en France depuis août 2017.

Structure chimique, propriétés

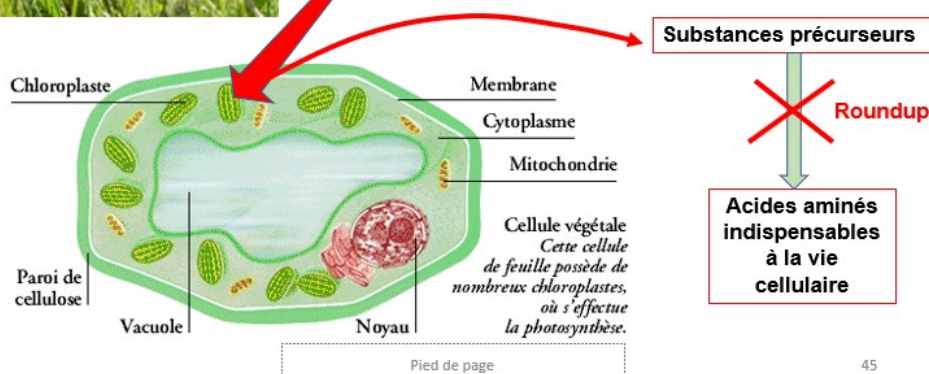
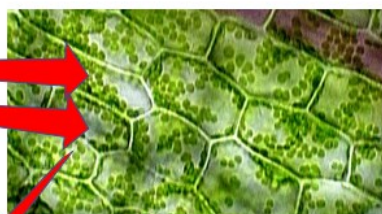
Il s'agit de N-phosphono-méthyl-glycine, $C_3H_8NO_5P$



Le glyphosate est hydrosoluble ($12 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à 25°C).

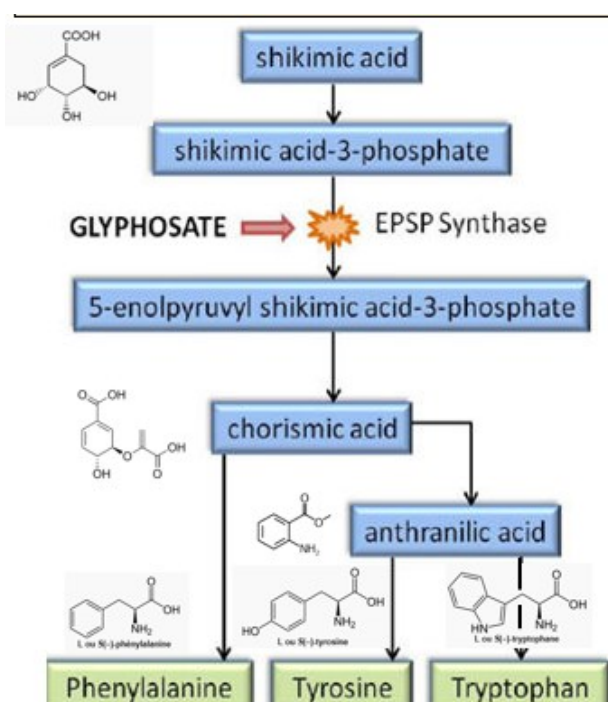
Le glyphosate seul est peu efficace, car il n'adhère pas aux feuilles et les pénètre difficilement. On lui adjoint donc un agent tensio-actif qui peut provoquer des mortalités cellulaires et des irritations.

Application & Mode d'action



Une fois absorbé par la plante, le glyphosate se lie à l'enzyme **énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS)** et bloque son activité. L'enzyme EPSPS se situe au début de la voie de l'acide shikimique, qui convertit de simples précurseurs glucidiques dérivés de la glycolyse et de la voie des pentose- phosphates en acides aminés aromatiques et beaucoup d'autres métabolites importants de la plante.

Ainsi **phénylalanine, tyrosine et tryptophane**, essentiels pour la plante ne sont plus synthétisés et par voie de conséquence des vitamines et métabolites secondaires comme des hormones telles que folates, ubiquinone.



La biosynthèse d'acides aminés par l'enzyme EPSPS est absente chez les animaux, si bien que cette voie n'a pas *a priori* d'effet sur eux.

L'enzyme est normalement située dans les chloroplastes, où elle catalyse la réaction du shikimate-3-phosphate (S3P) avec le phosphoénol pyruvate pour former le 5-énolpyruvyl-shikimate-3-phosphate (ESP).

L'ESP est un précurseur des acides aminés aromatiques et, en définitive, d'hormones, de vitamines et autres métabolites essentiels des végétaux. Des similitudes structurales avec le phosphoénol pyruvate permettent au glyphosate de se fixer sur le site de fixation du substrat de l'EPSPS, inhibant son activité et bloquant son importation dans le chloroplaste.

La présence constante du site actif de l'enzyme énoypyruvylshikimate-3-phosphate synthase EPSPS chez les végétaux supérieurs permet au glyphosate d'exercer son activité sur un large spectre de « mauvaises herbes ou adventices ».

Ce système enzymatique est propre aux végétaux.

Biodégradabilité

La polémique sur la biodégradabilité de désherbants contenant du glyphosate est aujourd'hui énorme.

Le glyphosate est un des premiers herbicides permettant de semer directement après usage et sans effet sur la culture suivante.

L'effet désherbant apparaît uniquement en cas de pulvérisation sur les feuilles de la plante. La possibilité de planter rapidement après un désherbage efficace était une vraie rupture à l'époque de sa mise sur le marché.

Au niveau marketing cette absence d'effet secondaire sur la culture suivante s'est vite transformée en l'affirmation d'une biodégradabilité totale et rapide.

À titre de comparaison un herbicide plus ancien comme le [2,4-D](#) est capable d'affecter un semis de dicotylédones jusqu'à soixante jours après traitement et même perturber des levées de céréales qui sont normalement insensibles à cette molécule.

Ces sont les bactéries du sol qui catabolisent le glyphosate.

La demi-vie du glyphosate (temps nécessaire pour que 50 % des molécules de glyphosate soient dégradées) est en moyenne de 50 jours dans le sol, avec une très forte dispersion selon les conditions (de 4 à 189 jours). L'un de ses produits de dégradation, l'AMPA (*acide amino méthyl phosphonique*), a en conditions de laboratoire une demi-vie d'environ 32 jours dans le sol.

La demi-vie est inférieure à 5 jours dans l'eau, avec une efficacité variant selon la **richesse du sol en bactéries** la température, la nature et l'acidité du sol, etc.

Les sols morts (sols viticoles, trottoir dés herbé) n'ont pas de richesse bactérienne et sont quasiment incapables de dégrader le glyphosate.

Toxicité

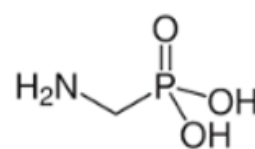
Le 20 mars 2017 le glyphosate a été classé « **cancérigène probable pour l'humain** » (groupe 2A) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Ce classement est fondé sur des résultats encore intermédiaires d'études conduites *in vitro* et *in vivo*.

Les effets toxiques immédiats sont faibles, même à hautes doses.

La DL50 du glyphosate pur se situe à environ 1 % du poids corporel (700 g pour un humain de 70 kgs).

Le produit principal de dégradation est **L'AMPA (Acide amino méthyl phosphonique)**. Ce composé est toutefois modérément toxique et son accumulation dans certaines conditions dans des plants de soja résistants au glyphosate est corrélée avec une phytotoxicité causée par le glyphosate. Le produit



principal de dégradation est **L'AMPA (Acide amino méthyl phosphonique)**.

Ce composé est toutefois modérément toxique et son accumulation dans certaines conditions dans des plants de soja résistants au glyphosate est corrélée avec une phytotoxicité causée par le glyphosate.

Glyphosate 2017-12-14

En réponse au courrier de M. Moreau du 12 décembre, le glyphosate n'est pas cancérogène. L'OMS le considère comme "cancérogène improbable du fait de l'exposition par un régime alimentaire". Quant aux morts liés à son emploi, depuis plus de quarante ans, il s'en est utilisé des millions de litres sans que les cimetières se soient remplis. Une étude américaine l'a démontré. Halte au terrorisme écolo !

SOCIÉTÉ midi libre.fr
lundi 13 mai 2019

« Ce n'est pas cancérogène ! »

Santé. Pierre Médevielle, sénateur UDI de Haute-Garonne, présente jeudi les résultats d'une enquête sur le glyphosate.

Glyphosate et cancer

Les conclusions des études réalisées par 11 centres de recherche internationaux dont la compétence est incontestable. Il apparaît ainsi que 9 de ces centres concluent à l'absence de risque de cancer humain lié au glyphosate tandis que deux de ces centres concluent à un risque potentiel limité.

Conclusion des études toxicologiques

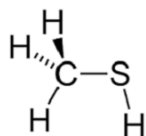
Non neurotoxique , non cancérigène ni tératogène ni génotoxique.

Quelques remarques sur le roundup

44 "pisseurs volontaires" déposent leur plainte au TGI

Santé. L'action fait suite à un test de dépistage de glyphosate dans les urines.

Ces volontaires ont démontré que la clearance du roundup était excellente. Molécule hydrophile de petite taille, elle est éliminée par l'urine très rapidement ce qui est un gage de non séjour dans notre organisme. Sa non-accumulation peut se traduire par son absence de toxicité. Il en est de même avec le méthyl-mercaptan qui lui, est un toxique redoutable.



Le méthyl-mercaptan des **asperges** ... L'odeur si caractéristique que prennent les **urines** lorsque nous en avons mangé est due à l'élimination du méthyl-mercaptan, un produit soufré. Quant à la rapidité avec laquelle apparaît cette odeur, elle s'explique par le fait que l'**asperge** est un diurétique puissant.



Les fiches de sécurité françaises classifient le méthaneéthiol comme extrêmement toxique.

Il est toxique à hautes concentrations par inhalation et affecte le système nerveux central en provoquant des maux de tête, des nausées et une irritation du système respiratoire. Son odeur permet néanmoins en principe d'éviter toute intoxication, mais il peut provoquer une dermatose.

La CL 50 pour 1 heure (Concentration Létale 50 %) est de 1 350 ppm.

Plantes résistantes au glyphosate

La résistance des plantes est obtenue, à partir de 1994, par l'insertion dans leur génome d'un transgène, qui est le plus souvent un **gène** bactérien (cp4 EPSPS*) issu de la **bactérie** tellurique *Agrobacterium tumefaciens* ou encore le **gène** gox**, isolé à partir d'une souche **bactérienne** d'*Ochrobactrum anthropi*.

*Le gène CP4 EPSPS exprime une enzyme, qui est fonctionnellement équivalente à l'EPSPS endogène des plantes, à l'exception de son affinité qui est minime pour la molécule de glyphosate. Cette stratégie présente

cependant un inconvénient qui est l'accumulation de glyphosate dans les tissus végétaux, ce qui peut interférer avec le développement des organes reproducteurs et diminuer le rendement des cultures.

**Le gène *gox* code une enzyme GOX (Glyphosate oxydoréductase) qui décompose activement la molécule de glyphosate en deux composés non toxiques, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) et le Glyoxalate

Des cas de résistance sont apparus chez des espèces de plantes sauvages à partir de 1996, induits par l'utilisation massive d'herbicides à base de glyphosate.

Le caractère de résistance au glyphosate a pu aussi, parfois, se transmettre par hybridation avec des espèces apparentées aux espèces modifiées : pollution génétique.

Conséquences écologiques de l'utilisation massive de glyphosate

L'utilisation massive et exclusive de glyphosate, en particulier dans les régions de cultures résistantes au glyphosate, a en partie conduit au **développement de populations de mauvaises herbes résistantes au glyphosate**. Sous l'effet de mutations et de la pression de sélection exercée par l'application de l'herbicide, ces plantes ont développé une résistance qui contourne le blocage des voies métaboliques par le glyphosate, ce qui permet leur survie malgré l'emploi de cette substance active. Quelques espèces de plantes présentent une résistance naturelle au glyphosate.

La forte utilisation de cultures résistantes aux herbicides aux Etats Unis, au Brésil et en Argentine a favorisé ce développement.

En Europe les cas de résistance au glyphosate ont commencé à se répandre parmi les mauvaises herbes. Compte tenu de l'utilisation importante de produits à base de glyphosate, il est probable que ce processus va s'intensifier à l'avenir.

Glyphosate et lutte biologique via des OGM

Bacillus thuringiensis (abrégé en **Bt**) est un bacille Gram positif, aérobie et sporulé. On le retrouve dans pratiquement tous les sols, l'eau, l'air et le feuillage des végétaux. Il fait partie d'un groupe de six bacilles, rassemblés sous le terme « groupe *Bacillus cereus* » : *B. anthracis* (responsable de la maladie du charbon), *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. weihenstephanensis* et *B. thuringiensis*.

Bacillus thuringiensis a été isolé en 1901 par le bactériologiste japonais S. Ishiwata à partir de vers à soie qu'il peut infecter et tuer. La première description scientifique est due à l'allemand Ernst Berliner en 1911.

En 1976, la découverte de deux sérotypes dits *israelensis* (Bti) et *tenebrionis* a permis l'ouverture de nouveaux marchés, grâce à une action larvicide sur les moustiques, les simules et les coléoptères.

L'entomo-toxine de *Bacillus thuringiensis* est la *thuringiensine*. Elle agit par contact et ingestion.

Son activité perdure une dizaine de jours. Les **vertus entomotoxiques** de *Bacillus thuringiensis* ont été à l'origine d'un intérêt agricole, sylvicole et commercial dès les années 1930, mais beaucoup plus marqué à la fin du XX^e siècle, notamment avec le développement du génie génétique et de l'agriculture biologique.

Les premières applications de *Bacillus thuringiensis* dans l'environnement datent de 1933. Il a été utilisé dès les années 1950 dans les forêts, les champs et les vignobles. Jusqu'au milieu des années 1970, sa principale application était la lutte contre les lépidoptères défoliateurs dans les forêts et certains papillons parasites des grandes cultures, du maïs notamment.

Aujourd'hui *Bacillus thuringiensis* est l'insecticide le plus utilisé au monde en agriculture biologique !!!

Les maïs BT

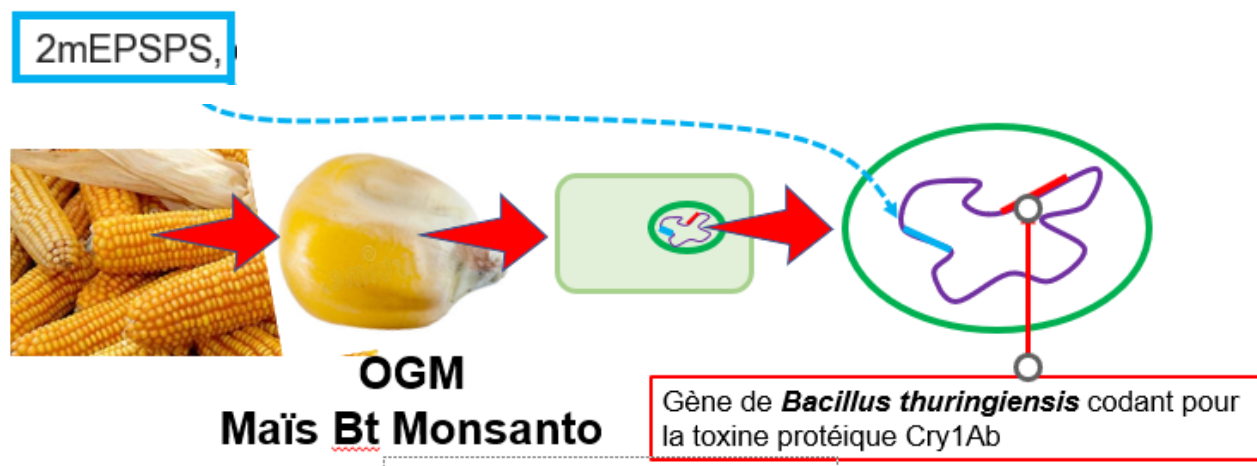
Les **maïs Bt** (OGM) sont des variétés de maïs qui ont été modifiées génétiquement par l'ajout d'un gène leur conférant une résistance aux principaux insectes nuisibles du maïs, entre autres une pyrale : la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*. Le terme Bt fait référence au « *Bacillus thuringiensis* » dont on a extrait le gène codant pour la toxine protéique Cry1Ab pour l'introduire dans le génome du maïs. En 2003, la surface de maïs transgénique Bt et tolérance à un herbicide, occupe 12,3 millions d'hectares, correspondant à 18 % de la surface totale d'OGM cultivés dans le monde

Maïs Bt « Monsanto »

Double transgénèse.

En plus du transgène de résistance à la pyrale, il a été introduit un transgène permettant la résistance au glyphosate. Le principe de cette résistance est d'utiliser une version mutée du gène du maïs codant pour la 5-énol pyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) enzyme normalement inhibée par le glyphosate.

La version mutante du gène code pour une version différente de l'enzyme, appelée 2mEPSPS, dont le fonctionnement est beaucoup moins inhibé par le glyphosate.



Conclusion, un article y suffit

Mauguio-Carnon Désherbage : mécaniser plutôt que polluer

Inra et chambre d'agriculture ont essayé de convaincre, jeudi, les agriculteurs.

10 décembre 2017

Sillonant le sol sec et dur de la parcelle de blé, la herse-étrille a extrait de petites herbes folles aux pétales minuscules, presque invisibles dans les semis solidement enracinés. Il faut aux agriculteurs se pencher pour observer le résultat, plus probant qu'avec l'outil précédent que, pourtant, ils n'accablent pas.

« La difficulté, dit l'un d'eux, c'est que le désherbage mécanique est très pointu. C'est un travail qu'on ne peut pas faire n'importe quand : le blé doit être suffisamment implanté pour ne pas être arraché, les mauvaises herbes pas encore trop hautes pour pouvoir l'être et l'humidité du sol s'y prête. La fenêtre de tir climatique est très étroite. »

■ Après les retours d'expérience, les professionnels ont profité de démonstrations.

de travail du sol ; ça prouve qu'on est face à un virage, il faut le prendre. » Et le rap-

et suivi scientifique, le matin, des démonstrations de matériels grande culture, ensuite,

« plus de gaz à effet de serre, remarquait l'un d'eux, encore augmentés parce qu'il faut

9 100 t de glyphosate vendues en 2016