



L'usage du glyphosate est-il devenu indispensable pour l'agriculture contemporaine ?

Jean-Louis BERNARD

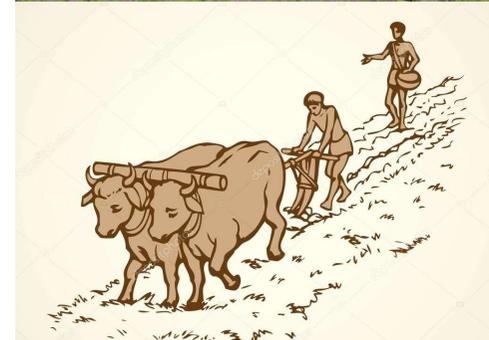
Membre de l'Académie d'agriculture de France

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, ses usages, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment le remplacer ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

Désherber les cultures : un besoin ancien

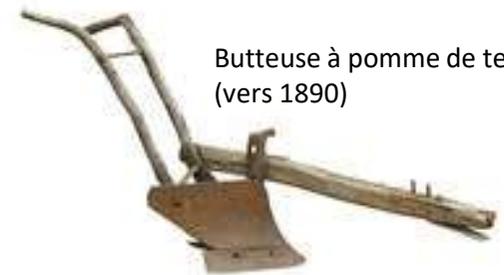
- Depuis leur origine, toutes les formes d'agriculture ont eu recours à des interventions pour limiter la concurrence de l'herbe indésirable dans les parcelles cultivées.
- Le mise à feu du couvert herbacé préalable au semis et le sarclage manuel en postlevée de la culture sont les méthodes les plus ordinaires.



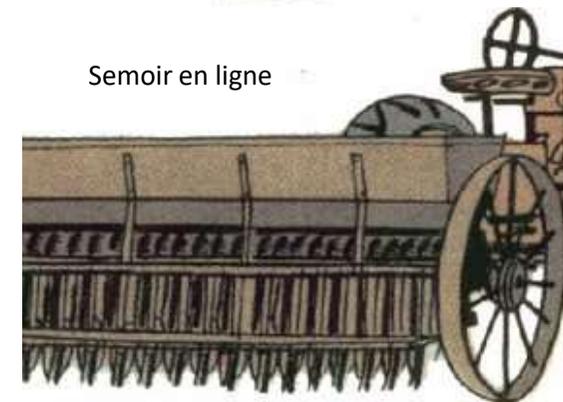
Désherber: du manuel au mécanique

La recherche de moyens plus performants pour limiter la concurrence des plantes adventices et réduire la pénibilité a été le point de départ de nouvelles techniques :

- semis en ligne,
- labour à la bêche,
- hersage en post-levée de la culture,
- sarcleuses attelées...



Butteuse à pomme de terre
(vers 1890)



Semoir en ligne

Les premiers herbicides

- ✓ La recherche d'un désherbant total dans l'Antiquité : sel marin, amurque...
- ✓ Les premiers herbicides *sélectifs* des céréales :
 - Sulfate de cuivre à forte dose à partir de 1897.
 - Acide sulfurique à partir de 1910.
 - Chlorate de soude, colorants nitrés après 1935.
 - Phytohormones de synthèse (2,4-D, MCPA...) après 1945...
- ✓ Les premiers herbicides à *large spectre* :
 - Aminotriazole (vers 1957),
 - Paraquat (vers 1965),
 - Glyphosate (1974),
 - Glufosinate (1980).

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, ses usages, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment remplacer le glyphosate ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

L'introduction du glyphosate en agriculture

- Les propriétés herbicides du glyphosate ont été découvertes à la fin des années 1960 aux Etats-Unis par la société Monsanto
- Sa commercialisation a commencé en 1974.
- Le glyphosate est un **herbicide systémique** = la substance active absorbée par les feuilles est entraînée par la sève vers les organes de croissance (bourgeons, apex racinaires)
- Son pouvoir herbicide s'exerce **à la fois** sur monocotylédones et dicotylédones, qu'elles soient annuelles ou vivaces.



- Homologué par les autorités dans la totalité des pays possédant une agriculture développée.
- Préconisé pour des usages agricoles et non agricoles.
- Nom principal : Roundup®
- Formulation de base : solution aqueuse contenant 360 g/L de substance active.

Qu'est-ce que c'est ? Comment ça marche ?

Nature du principe actif

- L'herbicide appelé *glyphosate* est le N-phosphonométhylglycine, un composé obtenu par synthèse à partir d'un acide aminé, la glycine.
- Pour permettre sa mise en solution dans l'eau et son absorption par les feuilles, il est formulé sous forme de sel. Le plus commun est le sel d'isopropylamine.

Comment expliquer ses propriétés herbicides ?

- Dans la plante, il bloque une chaîne de synthèse des précurseurs d'acides aminés essentiels aux végétaux (acide shikimique). **Cette voie métabolique n'existe pas chez les animaux.**
- La seule voie de pénétration dans les plantes est la voie foliaire. Le produit qui tombe au sol est rapidement bloqué par le complexe argilo-humique et n'atteint pas les racines.
- Appliqué seul, le glyphosate est peu efficace, car il n'adhère pas aux feuilles et y pénètre difficilement. On lui adjoint donc des coformulants (dont des tensioactifs).

Le glyphosate. Usages agricoles et image vers 1980



- Herbicide foliaire systémique à large spectre.
 - Sans action persistante dans le sol.
 - Substance très peu toxique (DL50 : 4900 mg/kg).
 - Formulation classée « C ».
 - Très performant sur les plantes vivaces, d'abord positionné pour le contrôle des vivaces dans les vignobles, les vergers et la période d'interculture dans les rotations.
 - Début du développement à dose réduite sur les adventices annuelles.
- Efficace mais cher
 - Exige un matériel d'application correct
 - Addition d'un mouillant indispensable
 - Toutes les formulations sont produites par Monsanto : une société américaine peu connue dans le monde agricole européen.

Le glyphosate – Usages agricoles et image 1990



- Herbicide foliaire systémique à large spectre.
- Sans action persistante dans le sol
- Substance très peu toxique; formulations classées « Xi »
- Devenu incontournable pour désherber les cultures pérennes et lutter contre les adventices vivaces dans les rotations (ex: chiendent rampant, chardons).
- Largement employé pour le contrôle des adventices annuelles, il supporte le développement des techniques visant à conserver les sols agricoles : semis direct, TCS, lutte contre l'érosion...
- Apparition de formulations prêtes à l'emploi
- Autorisé dans tous les pays de monde possédant une agriculture développée
- Grand nombre d'autorisations de vente + gamme de mouillants diversifiée
- Prix décroissant, devenant compétitif avec celui de tous les autres herbicides à large spectre.
- Exige un matériel d'application correct
- Formulations déconcentrées prêtes à l'emploi
- Monsanto se positionne dans la création de plantes PGM résistantes au glyphosate mais aussi à des insectes ravageurs (ex: maïs Bt).

Le glyphosate – Usages agricoles et image 2000



- Herbicide foliaire systémique à large spectre.
- Sans action persistante dans le sol
- La substance est non classée; les formulations NC ou « Xi ».
- Produit banalisé, bon marché; , commercialisé par plus de 40 firmes sous > 400 formulations.
- Incontournable pour le non-labour, le désherbage des cultures pérennes, la lutte contre les vivaces dans les rotations.
- Disparition progressive de la quasi-totalité des herbicides concurrents
- Exige un matériel d'application correct
- Apparition d'inversions de flore ou de plantes résistantes.
- Reproches faits suite à des détections dans l'eau de surface
- Monsanto ? Un fournisseur de glyphosate parmi d'autres. La société a beaucoup investi dans les semences et devient le leader mondial des cultures PGM.

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, son utilisation, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment remplacer le glyphosate ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

Principales situations où l'utilisation du glyphosate apparaît « très utile », voire « indispensable ».

- Cas des grandes cultures (ex : blé, orge, pois, colza, maïs, tournesol...)
 - Lutte contre les vivaces dans les rotations
 - Lutte contre les annuelles lors de l'implantation des cultures sans labour
 - Destruction des couverts herbacés avant semis direct
 - Agriculture de conservation (4% de la surface nationale GC)
 - Culture du lin (rouissage)
 - Productions de semences....
- Cas des cultures pérennes (vigne, vergers...)
 - Désherbage des vignes, vergers ou bananeraies sur des sols en pentes
 - Lutte contre des adventices vivaces (chiendent, chardons...)
 - Désherbage de certaines plantes pérennes irriguées au goutte à goutte
 - Culture des fruits à coques...
- Cas des espaces non agricoles
 - Ex : désherbage des voies de chemin de fer.

Mise en place d'une culture selon les méthodes traditionnelles

Récolte de la culture précédente
Ex: blé d'hiver moissonné en juillet



Levée des graines semées et déroulement du cycle végétatif de la plante cultivée



Mise en place d'une culture selon les méthodes de semis direct

Récolte de la culture précédente
Ex: blé d'hiver moissonné en juillet



Traitement au glyphosate en fonction de la nature des adventices apparues et de leur dynamique de levée : 1 passage



Semis direct : 1 passage avec un semoir spécifique

Principaux avantages

- Coût du travail et pénibilité réduits
- Moindre dépense en carburants et en usure du matériel
- Levée rapide des semis et moindre sensibilité à la sécheresse
- Diminution de l'érosion pluviale et éolienne
- Réduction de la minéralisation de la matière organique
- Favorise la vie des sols

Levée rapide des graines semées et déroulement du cycle végétatif de la plante cultivée

France - Part de la superficie des grandes cultures semée sans labour préalable (2001-2011)

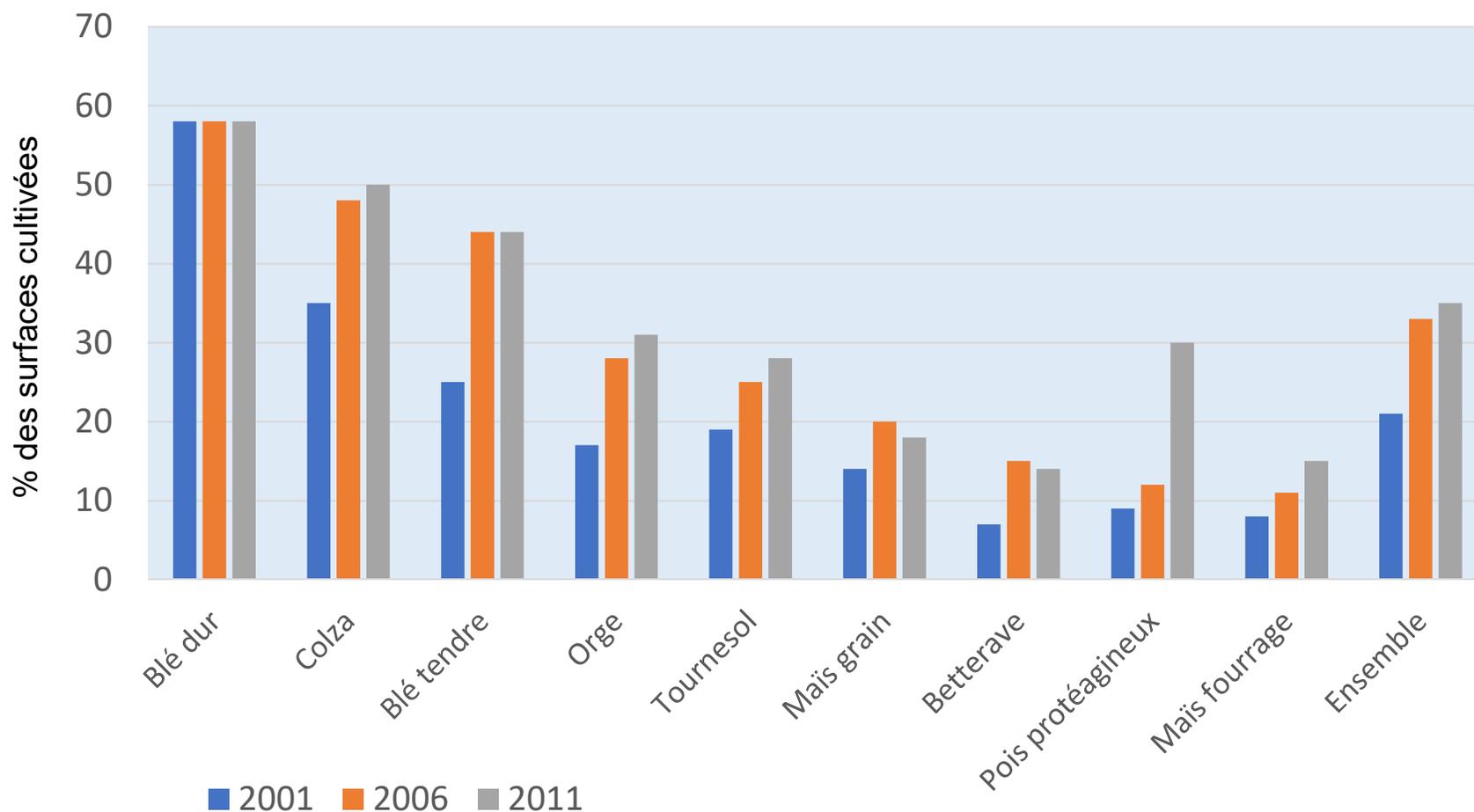


Figure établie à partir des données Agreste – Enquêtes sur les pratiques culturales des années correspondantes

Agriculture de conservation



Semis direct de soja sur seigle



Prévenir la battance



Semis direct sur couvert vivant

Une forme d'agriculture en extension qui vise à préserver les sols dans la durée, à favoriser la vie souterraine et à accroître la matière organique.

➔ 4% environ de la surface des grandes cultures.

Rapport INRA 2017 :

- « *Il n'y a pas d'alternative efficace au glyphosate pour entretenir une parcelle dans la durée sans travailler le sol. Cette agriculture qui restaure les sols et stocke du carbone a été construite car le glyphosate permettait cette double action de détruire les couverts d'interculture (directive nitrate) et gérer la flore vivace. Ces agriculteurs pourraient être conduits à renoncer à leur principe et à réintroduire un travail superficiel, voire parfois un labour* »

Cultures pérennes en terres difficiles



Vigne en Roussillon



Restanque méridionale



Bananeraie antillaise

L'usage du glyphosate est précieux pour les cultures entreprises sur des sols fragiles à risque érosif élevé, en particulier les cultures pérennes sur des sols en pente.



Il est d'un emploi ordinaire pour entretenir le pied des arbres dans les vergers des régions sèches équipés de systèmes d'irrigation au goutte à goutte.

Elimination des vivaces en situation de concurrence avec les cultures

Chiendent rampant (*E. repens*),
adventice vivace la plus
commune en Europe



Chiendent cynodon
dans un abord

Chardon des champs
(repousse)



Chardon des champs (plante
développée dans un tournesol)



Ronce



Liseron des champs
(*C. arvensis*) dans un maïs

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, ses usages, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment remplacer le glyphosate ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

Les reproches faits au glyphosate

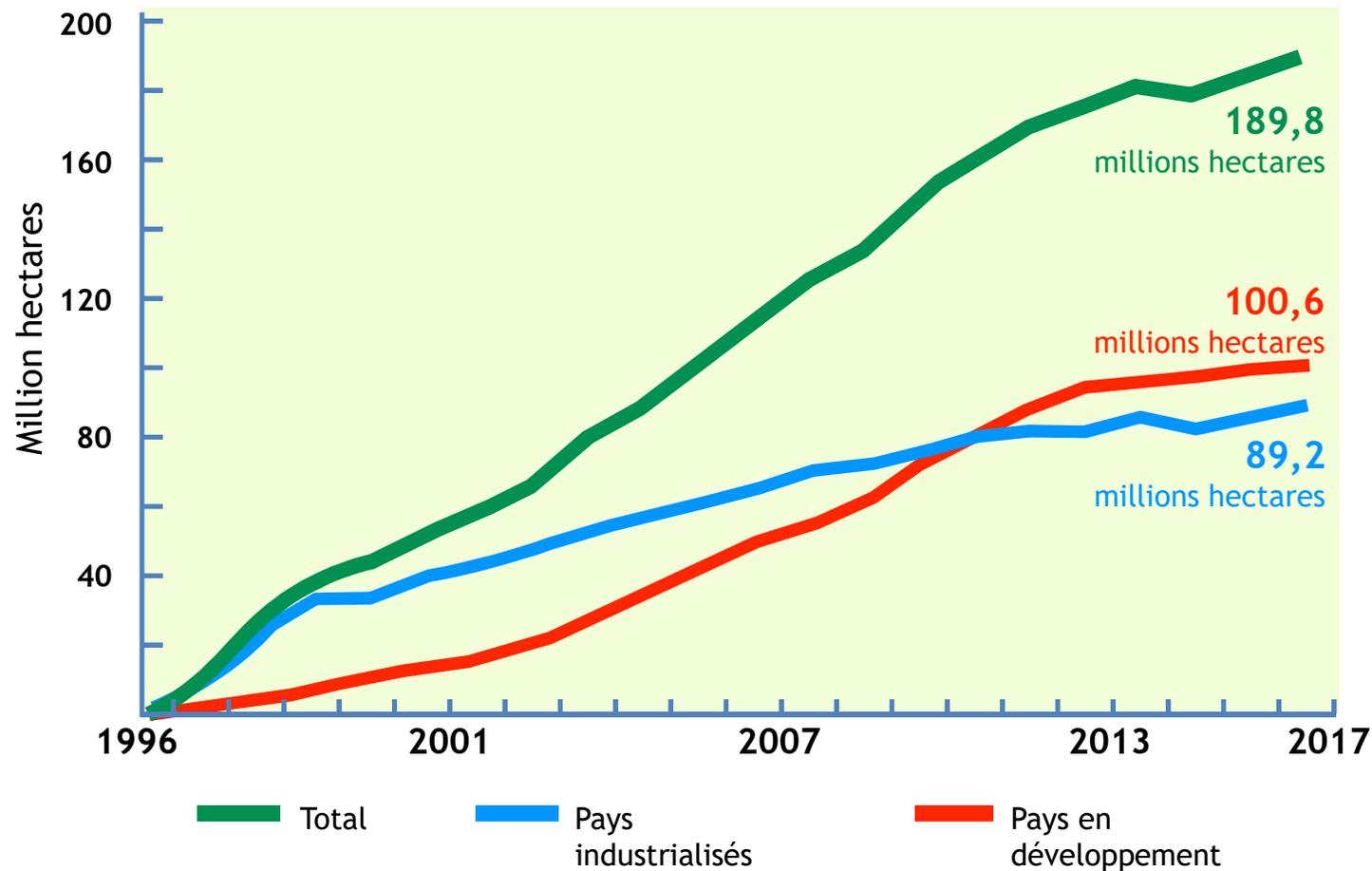
- Ils sont variés mais parfois bien peu étayés au plan scientifique.
- Nous en commenterons seulement quatre :
 - « Supporte le développement des cultures OGM (PGM) »
 - « Nuisible à la biodiversité »
 - « Polluer l'eau »
 - « Cancérigène »

Reproches faits au glyphosate

« Supporter le développement des cultures OGM »

- Il est exact qu'aujourd'hui, la plupart des cultures dites PGM ou OGM portent (entre autres) un gène de résistance qui les rend insensibles à l'action du glyphosate.
- Dans le monde, les principales cultures PGM sont le soja, le maïs, le coton et le colza. Ces variétés sont majoritairement RR.
- Demain, il est vraisemblable que la diversité des caractères introduits dans des variétés agricoles rendront la R au glyphosate anecdotique.

Evolution des surfaces cultivées avec des plantes génétiquement modifiées (PGM) - Ensemble du monde (1996-2017)



Source des données: ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech)

*Dans le monde, soja, maïs, coton et colza sont les principales cultures PGM.
En 2017, la majorité du soja (77%) et du coton (80%) produits dans le monde étaient des PGM.
Le plupart des variétés PGM cultivées sont des RR.*

Reproches faits au glyphosate
« Nuisible à la biodiversité » ?

- Compte tenu du volume considérable des études réalisées à ce jour, il est peu probable que cet herbicide puisse exercer directement un effet délétère sur la biodiversité du vivant.
- En revanche, les facilités de gestion qu'il procure peuvent conduire à une simplification excessive du système de culture (monoculture sur de grandes étendues, parcelles très étendues, rotations « tout RR »...) qui appauvrit la biodiversité et peut influencer de manière durable la présence de certaines espèces dans un territoire donné.

Reproches faits au glyphosate « Contaminant de l'eau » ?

- Détection dans les eaux
- Glyphosate : une dégradation rapide
- AMPA : un métabolite tracé
- Des mesures palliatives efficaces :
 - Recommandations d'application
 - Matériel d'application
 - Traitement ordinaire des eaux de boisson
- Parmi les éléments à méditer :
 - La norme européenne de qualité des eaux de boisson
 - Le progrès des méthodes d'analyse
 - La diminution du nombre des produits disponibles pour l'agriculture accroît automatiquement les possibilités de détection de ceux qui restent.

Définition de la qualité des eaux de boisson

De la complexité de normes différentes...

- ➔ OMS/WHO : définit des directives régulièrement actualisées, basées sur la toxicité et l'écotoxicité des contaminants potentiels
- ➔ Normes UE : pour les pesticides la valeur de 0,1 µg/L est le seuil unique retenu
- ➔ Nouvelles normes suisses en cours de consultation (application annoncée 2019)

Toutes valeurs en µg/L	Cas spécifique des pesticides	Glyphosate	2,4-D	Atrazine & métabolites	Cadmium
Valeurs guides OMS	Variable selon les substances	Pas de valeur guide « <i>Occur in drinking-water at concentrations well below those of health concern</i> »	30	100	3
Valeurs européennes	Seuil unique fixé à 0,1 µg/L	0,1	0,1	0,1 par substance individualisée	5
Projet étudié en Suisse	Variable selon les substances	120 (chronique)	0,6 (chronique)	?	0,2 (Cd total)

Reproches faits au glyphosate « Cancérigène » ?

- ✓ Pour un produit chimique de type pharmaceutique ou phytopharmaceutique, les études de cancérogénèse font partie des **études préalables obligatoires** exigées par toutes les administrations avant une éventuelle mise sur le marché (AMM).
- ✓ Au cours des quarante premières années de sa vie, la molécule glyphosate a fait l'objet de multiples études de par le monde sans qu'un risque de favoriser un cancer ait jamais pu lui être attribué.
- ✓ Des attaques nombreuses ont surgi au cours des dernières années avec deux évènements médiatisés :
 - Les « études » sur rats conduite par G.Séralini & al. (2012),
 - Le récent classement de la molécule comme « probablement cancérogène pour l'homme... » (catégorie 2A) par le CIRC.

Répartition des 1003 agents examinés par le CIRC (1979 à 2018) et classés selon le degré d'indication de cancérogénicité (liste arrêtée au 26 janvier 2018)

Catégorie	Nb	
Agent cancérogène pour l'homme (groupe 1)	120	Arsenic, cadmium, nickel et leurs composés... Radon... Amiante... Benzène, chlorure de vinyle, formaldéhyde... Cyclosporine, tamoxifène... Aflatoxines... Ethanol dans les boissons alcoolisées, goudron de houille, poussière de bois, suies, tabac non fumé et sa fumée, cabines de bronzage, viande transformée...
Agent probablement cancérogène pour l'homme (groupe 2A)	81	Rayonnements UV A, B, C; acide aristolochique... Chloramphénicol, stéroïdes androgéniques, métronidazole..., Diazinon, malathion, glyphosate Boissons chaudes (> 45°), viande rouge, combustion domestique du bois Exposition professionnelle : coiffeurs, barbiers, raffinage du pétrole,
Agent peut-être cancérogène pour l'homme (groupe 2B)	299	Cobalt, nickel, plomb, dioxyde de titane, fougère arborescente... Poudre de talc, griséofulvine, contraceptifs (uniquement progestatifs)... DDT, HCH, dichlorvos, chlordécone, paradichlorobenzène... Safrole, café, acide caféique, Essence, fuel lourd...
Agents inclassables (groupe 3)	502
Probablement pas cancérogène pour l'homme (groupe 4)	1	Caprolactame

Une information publique à double vitesse

	Agences	Conclusion des agences	Reprises dans la presse
✓	EFSA 	« Il est improbable que le glyphosate présente un risque cancérogène pour l'homme »	12%
✓	ECHA 	« Aucune classif	
✓	EPA 	« Peu susceptib	
✓	EPA 	« Il est peu prob	
✓	APVMA 	« L'exposition a l'homme »	
✓	PMRA 	« Le glyphosate l'humain »	
✓	RDA 	« Les tests sur le	
✓	FSC 	« Aucune [...] ca	
✓	OMS/FAO	« Le glyphosate l'alimentation »	
✓	OSAV 	« L'exposition p santé »	
✓	ANSES 	« Le niveau de p cancérigène »	
✗	CIRC	« Il y a des preuves limitées chez l'homme pour la cancérogénèse du glyphosate »	73%

Sur un total de 33 articles de presse parus entre le 29 et le 30 mai...

73% citent l'avis défavorable du CIRC

La moitié d'entre eux déforment les propos du CIRC (« cancérigène probable » devient « cancérigène »)

12% citent au moins une autre agence

Aucun ne fait état du consensus

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, ses usages, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment remplacer le glyphosate ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

Le rapport INRA sur le glyphosate

Remis le 30 novembre 2017 suite à une saisine du gouvernement en date du 2 novembre.

	MATURITE	FAISABILITE	EFFICACITE											
			Vivaces dicotylédones	Vivaces graminées	Interculture dicotylédones	Interculture graminées	Semis direct interculture dicotylédones	Semis direct interculture graminées	Interculture couvert végétal	Semis direct interculture couvert végétal	Semis direct couvert permanent	Destruction des prairies	Régulation des couverts (jachères)	
Glyphosate (χ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Nouv. herbicides (χ)			*	*	*1		*1		*	*	*			*
Subst. naturelles (χ_b)					*2	*2	*2	*2	*2	*2				*2
Pureté semences (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nettoyage mat. (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Menues pailles (P)			**	**	**	**3	**	**3	**	**3	**	**	**	**
Bordures/haies (P)			**	**	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4
Compostage (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Rotation/espèces (A)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Choix variétal (A)			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Date de semis (A)			S	S	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6
Densité semis (A)			S	S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fertilisation (A)			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Labour (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Faux semis (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Roulage et gel (φ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Broyage (φ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Robots (φ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tableau 8. Analyse des potentialités de différentes méthodes pour maîtriser les plantes adventives et les couverts en grande culture. Chaque méthode est caractérisée par son niveau de maturité technologique (M), sa facilité de mise en œuvre (F), et son efficacité (E). Les codes couleurs suivants sont utilisés pour chacun des trois critères. Niveau de maturité technologique ; vert foncé : déjà commercialisé et/ou utilisé ; vert clair : a démontré son efficacité dans de nombreux cas ; orange : méthode validée dans des conditions expérimentales particulières ; jaune : preuve de concept fournie, phase de recherche active ; rouge : plus bas niveau, les principes de bases sont uniquement formalisés. Faisabilité et l'efficacité ; vert foncé : très élevée ; vert clair : élevée ; orange : moyenne ; jaune : mauvaise ; rouge : très mauvaise. Les codes couleurs des cellules divisées en deux indiquent les classes extrêmes encadrant la variabilité du critère concerné. En gris : non concerné.

* : effet sur l'année n, directement sur la culture quel que soit le niveau d'infestation ; ** : effet à terme ou contribution au maintien d'un faible stock semencier.

Le rapport INRA sur le glyphosate

Remis le 1^{er} décembre 2017 suite à une saisine du gouvernement en date du 2 novembre.

Pour maintenir leur niveau de revenus et de rendement, les agriculteurs devraient **revenir à des méthodes connues** : labour, travail superficiel du sol, désherbage mécanique, allongement des rotations culturales = jugés moins efficaces, plus chers et plus compliqués à mettre en œuvre.

A combiner éventuellement avec d'autres moyens comme le hachage de la végétation ou l'emploi d'autres herbicides parfois moins favorables au plan de l'environnement ou de la santé.

Existence de **freins majeurs** (impact économique, parc matériel à renouveler, modalités d'installation des cultures pérennes), voire d'impasses pour lesquelles seule la destruction à la main peut répondre pour l'instant.

Frein particulier pour l'agriculture de conservation, les productions à fortes contraintes techniques (ex : légumes de conserve en plein champ, rouissage du lin, récolte des fruits à coques...).

L'Inra précise que « *l'adaptation à un arrêt du glyphosate passe par des changements profonds* » dans les pratiques agricoles.

Elle n'indique pas de calendrier qui lui semblerait réaliste, estimant que « *la sortie devra se faire sur une échelle de temps qui prend en compte la mise en œuvre des techniques alternatives* ».

Un nouvel herbicide en remplacement ?

De la difficulté de la création

- Quatre herbicides à large spectre seulement ont été créés en 70 années de recherches...
- Des coûts de création en hausse régulière...
- Des études de plus en plus longues...
- Des brevets dont la durée est inchangée...
- Une attente spécifiquement européenne car la plupart des pays du monde – dont USA – conservent intacte la panoplie des moyens herbicides auxquels notre agriculture n'a plus accès.

Plan de la présentation

1. Du désherbage aux désherbants
2. Le glyphosate : sa nature, ses usages, son image
3. Les usages pivots du glyphosate en agriculture
4. Les reproches faits au glyphosate
5. Comment remplacer le glyphosate ?
6. Principaux écueils en cas de retrait au plan national.

Principaux écueils en cas de retrait au plan national

- Dans un monde où les échanges sont de plus en plus ouverts, des **distorsions économiques considérables** entre pays utilisateurs et pays non utilisateurs.
- Une énorme **régression des techniques de travail simplifié** des sols utiles pour leur conservation à long terme, le stockage de la matière organique et du CO₂.
- Très peu de solutions herbicides contre les vivaces.
- Le recours massif au travail mécanique renforcerait la consommation des carburants fossiles (fuel), augmenterait l'érosion des sols, l'émission de gaz carbonique et de poussières.
- Il existe un risque réel de délocalisation de certaines productions (ex : semences).