

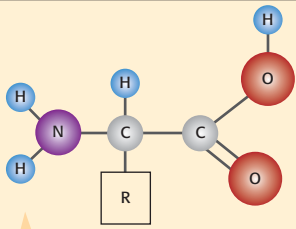
Dès lors qu'il entre en contact avec des parties vertes, le glyphosate provoque la destruction des plantes. Il tient son rang d'herbicide total car il agit sur une enzyme spécifique à toutes les espèces végétales. Il nous entraîne au cœur d'un processus fondamental du vivant.



▲ Le glyphosate agit sur les zones des plantes riches en chlorophylle et se manifeste donc au cœur des feuilles.

Les herbicides ont des modes d'action extrêmement variés. Ils sont capables d'inhiber ou de perturber des mécanismes fondamentaux du fonctionnement cellulaire, nécessaires à la vie de la plante. Des dizaines de sites d'actions ont été identifiés, chaque herbicide ayant son site bien défini. Le cas du glyphosate est unique en son genre. Cet herbicide, simple de composition, perturbe une étape clef de la synthèse d'éléments essentiels à la vie des plantes et uniquement chez les plantes.

Structure basique d'un acide aminé (fig. 1)



Chaque acide aminé se distingue par une chaîne latérale ou radical (R) différent.

Ludovic Bonin

l.bonin@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS — Institut du végétal

Le glyphosate

Une panne d'acides aminés

Les acides aminés, essentiels au vivant

Le glyphosate bloque la synthèse de certains acides aminés indispensables à la croissance des plantes. Ces acides aminés sont assemblés les uns aux autres dans l'ordre dicté par le code génétique pour former des protéines. Si l'enchaînement d'acides aminés est différent, la protéine sera différente.

Chez les végétaux, les acides aminés ne sont pas puisés dans le milieu. Les seuls composés à disposition des plantes sont l'eau, les éléments minéraux simples et, bien entendu, la lumière et le CO₂.

Les plantes doivent donc synthétiser elles-mêmes leurs

acides aminés, à partir de composés précurseurs.

Les acides aminés aromatiques en jeu

Les acides aminés ont une formule générale simple du type R-CH-NH₂ (figure 1).

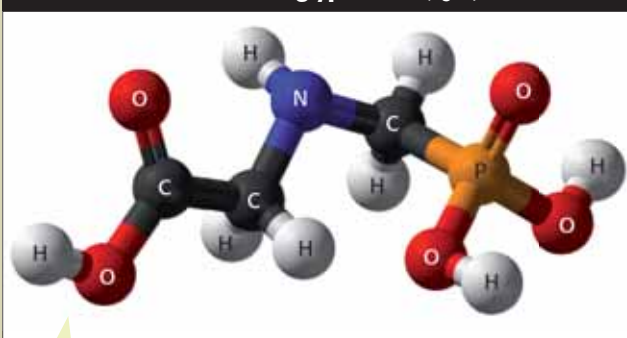
Le radical R est propre à chaque acide aminé et peut varier considérablement. D'un élément simple, par exemple un atome d'hydrogène pour former la glycine, ce radical peut également être très complexe.

Le glyphosate vient pertur-

La molécule de glyphosate

Le glyphosate est un acide organique faible, très soluble dans l'eau et polaire (il est chargé négativement). Cette caractéristique explique son inaptitude à traverser seul les cuticules et sa sensibilité à la dureté de l'eau. Les ions calcium le neutralisent en formant avec lui des complexes cristallins. Les formulations commerciales intègrent le glyphosate sous forme de sels (isopropylamine, très fréquemment) et des co-formulants, afin d'accroître sa solubilité et sa pénétration dans les feuilles.

Structure du glyphosate (fig. 2)



Le glyphosate est un acide organique analogue à la glycine, mais doté d'un groupement phosphonate. Sa formule chimique est $\text{PO}(\text{OH})_2\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-COOH}$.

ber la synthèse des acides aminés « aromatiques » (le tryptophane, la phénylalanine et la tyrosine).

Ces derniers possèdent un radical R complexe formé de 7 à 10 atomes de carbone sous forme de noyau cyclique.

Le glyphosate inhibe la synthèse du précurseur des acides aminés aromatiques, indispensables à la synthèse de certaines protéines.

Leur synthèse dépend d'une enzyme capable de transformer des composés à 3 carbones ou 7 carbones : l'enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase, ou plus simplement EPSP synthase. Celle-ci est très largement représentée dans les organes riches en chloroplastes (les feuilles par exemple), mais également dans les plastides d'organes jeunes (graines en germination, jeunes feuilles et jeunes racines).

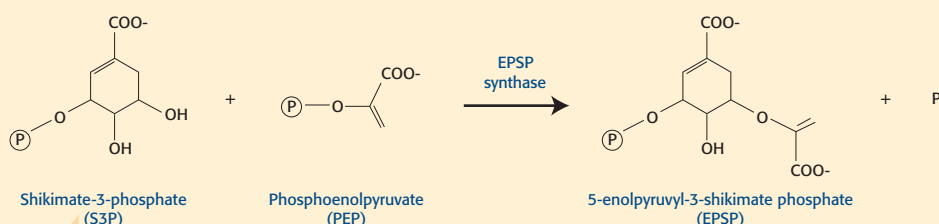
Le glyphosate agit en inhibant très fortement cette enzyme. Celle-ci se situe principalement dans les feuilles,

mais également dans des zones non chlorophylliennes, comme les jeunes racines, les graines en germination. Ainsi, une culture de blé au stade coléoptile peut être détruite si elle entre en contact avec du glyphosate.

Comment se réalise le blocage ?

Les éléments de base du précurseur des acides aminés aromatiques sont le shikimate-3-phosphate (S3P) et le phosphoenolpyruvate (PEP). Sous l'action de l'EPSP synthase, ils donnent le 5-enolpyruvyl-3-shikimate phosphate (EPSP) (figure 3).

Synthèse du précurseur des acides aminés aromatiques (fig. 3)



La plante utilise deux composés (le S3P et le PEP) pour synthétiser l'EPSP, précurseur des acides aminés aromatiques. Le glyphosate prend la place du PEP et empêche la synthèse de l'EPSP.

De par sa structure, le glyphosate mime un composé (le PEP) et se fixe de manière compétitive sur l'enzyme responsable de la synthèse du précurseur des acides aminés aromatiques (l'EPSP).

De par sa structure, le glyphosate (figure 2) mime le PEP et se fixe de manière compétitive sur le site normalement dédié au PEP, bloquant ainsi la synthèse de l'EPSP.

Dès lors, deux effets combinés vont provoquer la mort cellulaire : l'absence d'acides aminés aromatiques et l'accumulation des éléments de synthèse de ces acides aminés, en amont.

Il n'existe pas de voies alternatives à cette synthèse. Son blocage empêchera donc la constitution de protéines comportant des acides aminés aromatiques. Il provoquera l'arrêt de la croissance, le blocage des divisions cellulaires et l'absence de lignification.

Par exemple, le tryptophane est précurseur d'un groupe d'hormones extrêmement importantes chez les plantes : les auxines, régulant leur croissance. Un blocage de la voie

Le site d'action du glyphosate se situe principalement dans les chloroplastes des feuilles, mais aussi dans les plastides des organes jeunes (graines en germination, racines, jeunes feuilles).

de synthèse du tryptophane par le glyphosate sera donc rédhitoire sur la croissance des plantes.

Une activité inattendue

Le glyphosate a la particularité d'agir sur une enzyme présente dans toutes les espèces végétales. Cette enzyme étant absente chez les mammifères, sa toxicité aiguë (à haute dose) est faible pour l'homme. Notons enfin que cet herbicide peut présenter une activité inattendue sur certains micro-organismes possédant une enzyme cible proche de l'EPSP synthase comme *Plasmodium falciparum* (pathogène responsable de la malaria) ou *Taxoplasma gondii* (responsable de la toxoplasmosé). ■

