



لجمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
الطبيعة والحياة كلية علوم

Département : Microbiologie

قسم الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie microbienne

Intitulé :

---

## ETUDE GENERALE DES SULFONYLUREES

---

Préparé par : Deghdegh Amel

Le : 22 /09/ 2021

Houazi Fadoua

Le Himer Sara

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Abdelaziz wided (MCB- UFM Constantine 1).

Rapporteur : Zermane Feriel (MAA- UFM Constantine 1).

Examinatrice : Hecini-Hannachi Abla (MCA- Faculté de Médecine U Constantine 3).

*Année universitaire  
2020- 2021*

## *Remerciement :*

Avant tous nous remercions “ *Allah* ” le tout puissant qui nous à éclairé le chemin de la réussite et nous adonné beaucoup de courage , de volonté et de sante pour finaliser ce travail pour être bénéficié.

Nous remercions notre encadreur *Zermane F*, qui nous à aidé et dirige tout au long de ce travail, nous la remercions de tous cœur pour sa patience et la confiance qu'elle à toujours accordée durant ces mois, nous la remercions également pour sa disponibilité,, ses précieux conseils scientifiques et ses encouragements qui nous ont permis de développer nos connaissances.

Nous remercions Mme *Abdelaziz W* Maitre-assistant « **B** » à Université des Frères Mentouri Constantine, merci de nous avoir fait l’honneur de présider le jury de soutenance.

Nos remerciements s’adressent aussi à Mme *Hecini-hannachi A* Maitre de conférence « **A** »MCA-Faculté de Médecine U Constantine 3pour l’intérêt qu’ils ont porté à notre recherché en acceptant d’examiner notre travail et de l’enrichir par leurs proposition.



## *Dédicaces*

*A ma mère :*

*"A la plus belle perle du monde ...ma tendre mère*

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage je t'offre ce Modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.*

*A mon père :*

*^A celui qui a toujours garni Mes chemins avec force et lumière ...mon très chère père .L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, que dieu te préserver et procure santé et longue vie ^.*

*A mes frères : Abed elnaser et Abed elhakim et les beaux-frères Mohamed et Amaar*

*A mes sœurs : Samia, Nadjoia, Hanane, Hassiba*

*A mes petites princesses : Rania, Meriem, Ahlem, Malek et A mon petit prince : Adem*

*A toute ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé, à mes camarades : Fadoua, Sara.*

*A toutes mes chères amies : Linda, Hasna, Amina, Rima, Khadija, Fadoua, ...*

*Je leur souhaitant, tout le succès, tout le bonheur pour une sincérité si merveilleuse ... jamais oubliable et à toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie*

## *Dédicaces*

*A ma mère :*

*"A la plus belle perle du monde ...ma tendre mère*

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage je t'offre ce Modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.*

*A mon père :*

*^A celui qui a toujours garni Mes chemins avec force et lumière ...mon très chère père .l'épaulé solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments que dieu te préserver et procure santé et longue vie ^.*

*A mon Père : Brahim*

*A mes sœurs : Asma, Meriem, Roukay*

*A ma petite princesse : Malek*

*Je remercie mon mari Fayçal pour son soutien*

*A toute ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé, A mes camarades : Sara, Amel.*

*A tous mes chères amies : Rim, Ilham, Romaysa, Hadjr, Amira*

*Je leur souhaitant, tout le succès, tout le bonheur pour une sincérité si merveilleuse ... jamais oubliable et A toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie*

## *Dédicaces*

*A ma mère :*

*"A la plus belle perle du monde ...ma tendre mère*

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage je t'offre ce Modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.*

*A mon père :*

*^A celui qui a toujours garni Mes chemins avec force et lumière ...mon très chère père .l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments que dieu te préserver et procure santé et longue vie ^.*

*A mes frères : Mohamed, Salah, Abdelhakim*

*A mes sœurs : Rima, Siham*

*A ma petite princesse : youya*

*A tout ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé, A mes camarades : Fadoua, Amel.*

*A tous mes chères amies : Latifa, Sabrina, Rania, Oumayma, Maroua, William, sawsen*

*Je leur souhaitant, tout le succès, tout le bonheur pour une sincérité si merveilleuse ... jamais oubliables et A toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie.*

## **Résumé**

Les sulfonyles sont connues pour leur activité herbicide, elles sont donc utilisées dans tous les programmes de désherbage à travers le monde, pour leur capacité à contrôler sélectivement les mauvaises herbes dans diverses grandes cultures. Les sulfonyles ont une structure chimique unique qui leur permet d'inhiber la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée en inhibant l'action de l'ALS ;chez les plantes. Ils ont une faible toxicité chez les mammifères. L'étude de l'adsorption, de la mobilité et de la décomposition microbienne a permis de connaître et de comprendre le devenir des sulfonyles dans le sol et l'eau. L'amidosulfuron, le rimsulfuron et l'halosulfuron sont parmi les sulfonyles les plus courantes dans le monde en raison de leur forte activité. Vu leur importance, de nombreuses études et recherches scientifiques ont été menées sur les sulfonyles dans de différents domaines tels que la microbiologie, l'agriculture et l'environnement

**Les mots clés :** sulfonyles ; herbicide ; ALS ; mauvaises herbes ; microbiologie ; agriculture ; environnement.

## **Abstract**

Sulfonylureas are known for their herbicidal activity, so they are used in all weed control programs around the world, for their ability to selectively control weeds in various field crops. Sulfonylureas have a unique chemical structure that allows them to inhibit the biosynthesis of branched chain amino acids by inhibiting the action of ALS in plants. They have low toxicity in mammals. The study of adsorption, mobility and microbial decomposition has made it possible to know and understand the fate of sulfonylureas in soil and water. Amidosulfuron, rimsulfuron and halosulfuron are among the most common sulfonylureas in the world due to their high activity. Given their importance, many studies and scientific research have been carried out on sulfonylureas in different fields such as microbiology, agriculture and the environment.

**Keywords:** Sulfonylureas; various field; ALS; microbiology; Agriculture; Environment.

## ملخص

تشتهر السلفونيل يوريا بنشاطها المبيد للأعشاب، لذلك يتم استخدامها في جميع برامج مكافحة الحشائش في جميع أنحاء العالم، لقدرتها على مكافحة الحشائش بشكل انتقائي في المحاصيل الحقلية المختلفة . تمتلك السلفونيل يوريا بنية كيميائية فريدة تسمح لها بتنشيط التخليق الحيوي للأحماض الأمينية للسلسلة المتفرعة عن طريق تثبيط عمل SLA في النباتات . ولديهم سمية منخفضة في الثدييات . جعلت دراسة الامتزاز والتنقل والتحلل الجرثومي من الممكن معرفة وفهم مصير السلفونيل يوريا في التربة والمياه . norflusodimA و norflusmir و norflusolah من أكثر أنواع السلفونيل يوريا شيوعا في العالم بسبب نشاطها العالي. ولقد تم اجراء الكثير من الدراسات والبحوث العلمية على السلفونيل يوريا نظرا لأهميتها في مجالات مختلفة كعلم الاحياء والزراعة والبيئة. **الكلمات المفتاحية:**السلفونيل يوريا مكافحة الحشائشSLA علم الاحياء الزراعة البيئة.



## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : structure de propazine.....	3
<b>Figure 2</b> : les premières tentatives de synthèse d 'herbicides sulfonylurées .....	3
<b>Figure 3</b> : structure chimique générale des sulfonylurées.....	4
<b>Figure 4</b> : Mécanisme de dégradation du sulfometuron méthyle dans le sol .....	11
<b>Figure 5</b> : les étapes réactionnelles de la synthèse de l'amidosulfuron.....	15
<b>Figure 6</b> : Hydrolyse de l'amidosulfuron.....	16
<b>Figure 7</b> : métabolisme de bensulfuron-méthyle.....	20
<b>Figure 8</b> : métabolismes de flupyrsulfuron-méthyle.....	28
<b>Figure 9</b> : Structure chimique du monosulfuron-ester.....	33
<b>Figure 10</b> : l'hydrolyse de rimsulfuron.....	38
<b>Figure 11</b> : Structure chimique de la dégradation de rimsulfuron.....	39
<b>Figure 12</b> : les métabolites major de sulfosulfuron.....	42

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : propriétés physico-chimiques de quelques sulfonylurées.....	6
<b>Tableau 2</b> : Les caractéristiques physico-chimiques de l'amidosulfuron .....	14
<b>Tableau 3</b> : propriétés physico-chimiques de l'Amizosulfuron.....	17
<b>Tableau 4</b> : propriétés physico-chimiques du bensulfuron-méthyle.....	19
<b>Tableau 5</b> : propriétés physico-chimiques du chlorimuron-ethyl .....	22
<b>Tableau 6</b> : Les propriétés physico-chimiques du chlorosulfuron .....	23
<b>Tableau 7</b> : Les propriétés physico-chimiques de flazasulfuron .....	26
<b>Tableau 8</b> : propriétés physico-chimiques de flupyrsulfuron-méthyl .....	27
<b>Tableau 9</b> : propriétés physico-chimiques relative à l'halosulfuron-méthyl.....	29
<b>Tableau 10</b> : propriétés physico-chimiques de l'iodosulfuron-méthyle sodium .....	31
<b>Tableau 11</b> : les propriétés physico – chimiques de metsulfuron-méthyle.....	32
<b>Tableau 12</b> : propriétés physico-chimiques du nicosulfuron.....	35
<b>Tableau 13</b> : les propriétés physico-chimiques de primisulfuron .....	36
<b>Tableau 14</b> : propriétés physico-chimique de rimsulfuron .....	38
<b>Tableau 15</b> : propriétés physico-chimiques de sulfometuron-méthyle.....	40
<b>Tableau 16</b> : propriétés physico-chimiques du sulfosulfuron .....	43
<b>Tableau 17</b> : propriétés physico-chimiques du Triflusulfuron-methyl .....	44
<b>Tableau 18</b> : propriétés physico-chimiques du triasulfuron .....	45
<b>Tableau 19</b> : propriétés physico - chimiques de tribunuron-méthyle.....	47
<b>Tableau 20</b> : propriétés physico - chimiques de thrifoxysulfuron sodium .....	49

## Liste des abréviations

**ALS** : acétolactate synthase.

**A s**: active substance.

**BSM**: bensulfuron-méthyle.

°C : degré celsius.

**CE** : Commission Européenne.

**CL** : Chlorosulfuron.

**CLE** : Chlorimuron-ethyl.

**Cm<sup>3</sup>** : centimètre cube.

**Elisa**: Enzyme-linked immunosorbent assay.

**EFSA**: European Food society Authority.

**FAD**: Flavine adenine dinucleotide.

**HPLC**: High Performance Liquid Chromatography.

**Ha** : hectare.

**HM** : l' halosulfuron –méthyle.

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation.

**IUPAC**: International Union of Pure and Applied Chemistry.

**Koc** : coefficient d'adsorption du carbone organique.

**Mm Hg** : millimètre Mercure.

**MSM** : Metsulfuron- Méthyle.

**NS** : Nicosulfuron.

**PF** : point de fusion.

**PM** : poids moléculaire.

**pH** : potentiel hydrogène.

**PKa** : constante d'acidité.

**PV** : pression de vapeur.

**Kow** : coefficient de partage octanol/eau.

**SFM** : Sulfometuron- méthyle.

**SU** : sulfonilurées.

**SE** : solubilité dans l'eau.

**TBM** : tripenuron-méthyl.

**TBM1** : triazine amine.

**TBM2** : N-déméthyl triazine amine.

**TBM3** : saccharine.

**TBM4** : O-déméthyl tribunuron-méthyle.

**TBM 5** : acide 2-(aminosulfonyl) benzoïque.

**TFS** : Thrifoxysulfuron sodium.

**ThDP** : thiamine-diphosphates.

**t50** : Temps de demi-vie.

**WG** : water-dispersible granule.

# Table des matières

*Remerciements*

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Liste des figures**

**List des tableaux**

**List des abréviations**

**Tables des matières**

Introduction..... 1

## **CHPITRE 1 : Généralités**

**1.** Historique.....3

**2.** Définitions.....4

**3.** Structures et propriété physico-chimique.....4

**4.** Modes d'action des sulfonyles.....7

**5.** Devenir des sulfonyles dans l'eau et le sol.....7

**5\_1** Adsorption/désorption.....8

**5\_2** La Mobilité.....9

**5\_3** Persistance et dégradation dans le sol.....10

**5\_4** La dégradation microbienne.....11

**6.** Impacts des sulfonyles sur le sol.....12

**7.** La toxicité.....12

## **CHPITRE 2 : Les différents types des sulfonylurées**

<b>1. Amidosulfuron.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Azimosulfuron.....</b>	<b>16</b>
<b>3. Bensulfuron.....</b>	<b>18</b>
<b>4. Chloromuron-méthyle.....</b>	<b>21</b>
<b>5. Chlorosulfuron.....</b>	<b>22</b>
<b>6. Flazasulfuron.....</b>	<b>24</b>
<b>7. Flupyrsulfuron-méthyle.....</b>	<b>26</b>
<b>8. Foramsulfuron.....</b>	<b>28</b>
<b>9. Flurtamone.....</b>	<b>28</b>
<b>10. Halosulfuron-méthyle.....</b>	<b>29</b>
<b>11. Idosulfuron-méthyle.....</b>	<b>30</b>
<b>12. Mutsulfuron-méthyle.....</b>	<b>31</b>
<b>13. Monosulfuron.....</b>	<b>33</b>
<b>14. Nicosulfuron.....</b>	<b>34</b>
<b>15. Oxasulfuron.....</b>	<b>35</b>
<b>16. Primisulfuron-méthyl.....</b>	<b>35</b>
<b>17. Rimsulfuron-méthyl.....</b>	<b>37</b>
<b>18. Sulfométuron-méthyl.....</b>	<b>39</b>
<b>19. Sulfosulsuron.....</b>	<b>41</b>
<b>20. Triflusulfuron-méthyl.....</b>	<b>44</b>
<b>21. Triasulfuron.....</b>	<b>45</b>

22. Tribenuron-méthyle.....46

23. Thiflexisulfuron.....48

### **CHPITRE 3 : Recherche sur les sulfonilurées**

1. Effet de l'herbicide tribenuron-méthyl sur la croissance des actinobactéries du sol et la caractérisation des souches résistantes .....50

2. Effets de la lumière et du monosulfuron sur la croissance et les pigments photosynthétiques d'*AnabaenaFlos-AquaeBreb*.....51

3. Mécanisme de résistance aux herbicides à la sulfonilurées dans la mauvaise herbe à feuilles larges, *Kochiascoparia* .....51

4. Biodisponibilité et effets secondaires d'herbicides sulfonilurées dans les sols .....52

5 Hydrolyse des herbicides sulfonilurées dans le sol et solutions aqueuses .....52

6. Détermination des résidus d'herbicides sulfonilurées dans le sol agricole.....53

Conclusion.....54

### **Liste des références bibliographiques**

A graphic of a scroll with a white body and a grey shadow. The scroll is partially unrolled, with the word "Introduction" written in a black serif font in the center. The scroll has rounded ends and a vertical strip on the left side.

# Introduction



### Introduction

Depuis 1950, le développement de l'agriculture et la nécessité d'augmenter les denrées de base et d'améliorer la santé publique ont conduit à une utilisation accrue des pesticides, ces derniers ayant grandement facilité les conditions de travail et de production des agriculteurs. Elle est considérée comme une étape majeure dans la lutte contre les ravageurs, les maladies parasitaires et les mauvaises herbes en agriculture (**Chnirheb, 2012**).

L'application d'herbicides est une action technique rapide, simple et très efficace avec un large éventail d'actions et est relativement peu coûteuse (**Coummins, 2009**). Alors que leur effet est déterminé par une série de phénomènes tels que l'absorption, le transport et l'activité dans les chantiers, ces derniers ne sont pas identiques chez toutes les plantes, de sorte que leurs différences permettent une action différenciée des herbicides qui sont responsables de la sélectivité (**Jensen, 1982**). Cela fait des herbicides le deuxième groupe le plus important dans la consommation mondiale après les fongicides (**UIPP, 2012**).

Cependant, l'introduction intensive de ces molécules dans l'environnement, notamment dans les pays développés, a induit de graves conséquences. En effet, comme toutes les molécules chimiques, un pesticide peut se répandre dans différentes parties de l'environnement et devenir dans certaines conditions un polluant du sol, de l'air, de l'eau ou des aliments (**Kohles et Tribskorn, 2013**). Ainsi, la dernière étude menée par l'autorité européenne de sécurité des aliments a montré que l'exposition aux pesticides entraîne une augmentation significative du risque de nombreuses maladies, comme la maladie de Parkinson, la leucémie, le cancer, les dysfonctionnements des systèmes reproducteurs, endocrinien et immunitaire, des lésions aiguës et chroniques du système nerveux et des lésions pulmonaires (**Chnirheb, 2012**).

Les sulfonyles sont un groupe d'herbicides qui inhibent la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée dans les plantes, par l'inhibition de ALS. Ces herbicides sont largement utilisés dans le monde entier pour le contrôle sélectif des mauvaises herbes dans diverses grandes cultures (par exemple, blé, coton, colza, luzerne et maïs), les vergers (comme les oliveraies) et les légumes (y compris la tomate et la pomme de terre) en pré-plantation et applications après plantation. Ces herbicides à base de sulfonyle sont devenus très populaires dans le monde entier en raison de leurs faibles taux d'application (10-40 g ha<sup>-1</sup>), une faible toxicité pour les mammifères et des activités herbicides bosselées (**Brown et Cotterman, 1994**).

L'objectif de ce travail est de déterminer les Caractéristiques générales des herbicides sulfonyles et leur impact sur l'environnement.

Le travail de mémoire est présenté en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, une étude générale a été présentée sur la molécule de sulfonyle, basée sur ses propriétés chimiques, physiques et son devenir dans le sol et l'eau.

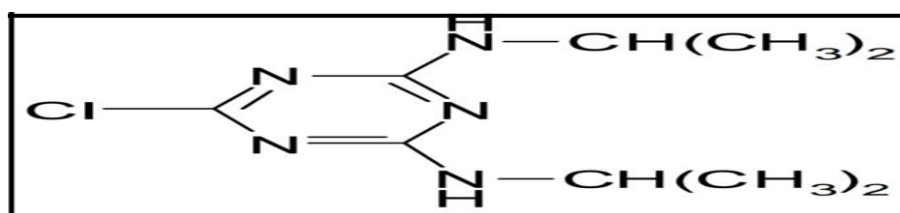
Dans le deuxième chapitre, nous présentons un aperçu de certains types bien connus de sulfonyles disponibles sur le marché.

Dans le dernier chapitre, nous discutons de certaines recherches et expériences liées aux sulfonyles qui ont été menées précédemment pour découvrir leur effet et leur importance dans les cultures agricoles.

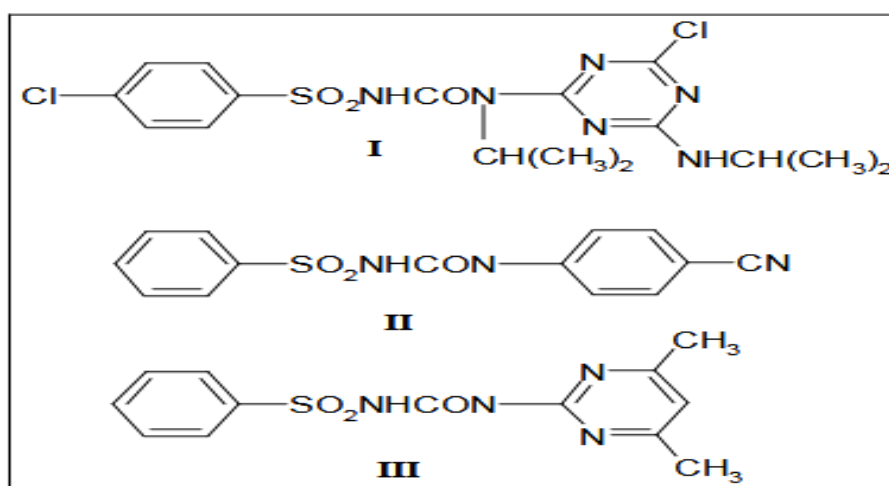
## 1. Historique

Les sulfonylurées ont été synthétisées pour la première fois au milieu des années 1950 par Du PontCrop Protection, mais ces premières tentatives ont révélé qu'il n'y avait aucune activité et dans les années 1970, des analogues de ces composés ont été synthétisés, qui étaient efficaces comme herbicides. (Bhardwaj, 2007).

Les propriétés herbicides des sulfonylurées ont été rapportées pour la première fois en 1966 par Koog avec le composé (I) dérivé de la propazine (**figure 1 et 2**), Au début des années 70 Levitt nota que la sulfonylurée (II) dérivée du 4-cyanoaniline avait une faible action sur la croissance des plantes, La modification de composé (II) pas efficace, en 1975 Levitt a synthétisé la sulfonylurée (III) en substituant la cyanoaniline par l'amino-pyrimidine, Une action herbicide considérable fut dès lors observée (2 kg ha<sup>-1</sup>)(**figure 1**).



**Figure1:** structure de la propazine (Hay, 1990)



**Figure 2 :** les premières tentatives de synthèse d 'herbicides sulfonylurées (Hay, 1990)

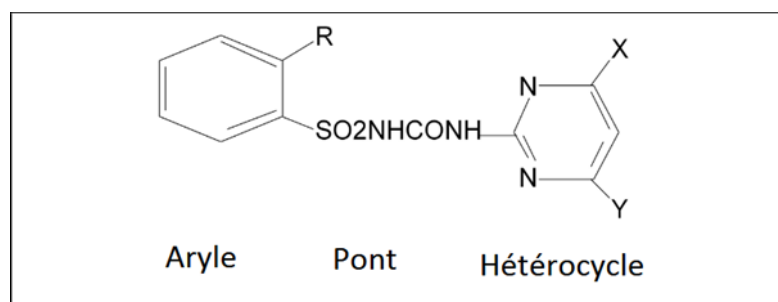
## 2. Définition

Les SU sont un groupe d'herbicides qui inhibent la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée dans les plantes, par l'inhibition de ALS, Ces herbicides sont largement utilisés dans Le monde entier pour le contrôle sélectif des mauvaises herbes dans diverses grandes cultures (par exemple, blé, coton, colza, luzerne et maïs), les vergers (comme les oliveraies) et les légumes (y compris la tomate et la pomme de terre) en pré-plantation et applications après plantation, Les herbicides sulfonylurées sont largement utilisés comme herbicides sélectifs de pré et post-levée pour le contrôle de la plupart des mauvaises herbes à feuilles larges et des graminées annuelles dans de nombreux cultures agricoles, les herbicides à base de sulfonylurées sont devenus très populaires dans le monde entier en raison de leurs faibles taux d'application (10-40 g ha<sup>-1</sup>), une faible toxicité pour les mammifères et des activité herbicide bosselée.

Le premier herbicide sulfonylurée commercialisé fut le chlorsulfuron en 1981 (**Brown et Cotterman, 1994**).

### 1. Structure et caractères physico-chimiques des sulfonylurées

Les Sulfonylurées sont des composés faiblement acides de structure générale :

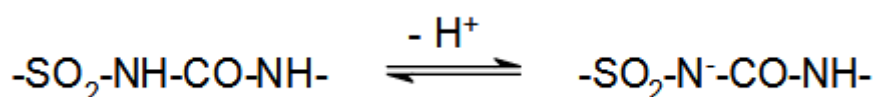


Groupements R activant:  $CO_2CH_3$ ;  $NO_2$ ; F; Cl; Br.;  $SO_2CH_3$ ;  $SCH_3$ ;  $SO_2N(CH_3)_2$ ;  $CF_3$ ;  $CH_3$ ;  $CH_2OCH_3$ ;  $OCF_3$ ; Groupements non activant:  $COOH$ ;  $OH$ ;  $X=CH_3$ ;  $Y=OCH_3$ .

**Figure 3** : structure chimique générale des sulfonylurées (**Brown, 1999**)

Les sulfonilurées sont constitués de trois parties distinctes : le groupement Aryle, le Pont et l'Hétérocycle, chacun de ces éléments joue un rôle primordial dans l'activité herbicide (**figure-3**) (**Brown, 1990**). Les caractéristiques de la plupart des composés actifs sont un cycle aromatique ortho-substitué attaché à un atome de soufre et un hétérocycle substitué en deux positions méta et attaché au distal atome d'azote du pont sulfonilurée. Ce cycle hétérocyclique est soit une pyrimidine (X = CH) ou un triazine (X = N) (**Beyeret al., 1988**).

Les sulfonilurées sont des molécules non volatiles, avec des pressions de vapeur  $<10^{-10}$  mmHg. Les sulfonilurées ont toutes un proton acide à côté d'un groupe sulfonyl, et se comportent ainsi comme des acides faibles avec une valeur pka comprise entre 3 et 5, ce qui les rend 10 fois plus solubles dans l'eau que les Solvants acides. Pour cette raison, leur solubilité dans l'eau à pH 7 est approximativement dix fois plus grande qu'à pH 5 (**Beyeret al., 1988**) (**Tableau 1**).



L'effet pH influe sur le coefficient de séparation de Octanol-eau (Kow) est l'opposé de celle de la solubilité dans l'eau. A 25°C, les valeurs de Kow à pH 5 sont environ 100 fois supérieures à celles à pH 7 (**Brown, 1990**).

Les SU se caractérisent par une faible adsorption aux particules du sol (**Arabet, 2014**). Cependant, leur adsorption peut être plus prononcée au niveau de sols acides, rendant ainsi leur biodégradation difficile (**Martin, 2000**).

Les Herbicides à base de sulfonilurée utilisés dans le gazon, y compris le chlorsulfuron, le flazasulfuron, le foramsulfuron, l'halosulfuron, le metsulfuron, le rimsulfuron, le sulfométuron, le sulfosulfuron et le trifloxysulfuron : sont tous des acides faibles.

**Tableau 1:** propriétés physico-chimiques de quelques sulfonilurées (Arabet, 2014).

Herbicide	Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
Primisulfuron méthyle (Beacon <sup>®</sup> , Tell <sup>®</sup> )		PM: 468,3 PF: 170°C pKa: 3,3 SE (mg/l): 3,3 (pH 5), 243 (pH 7), 5280 (pH 9)
Prosulfuron (Peak <sup>®</sup> )		-
Rimsulfuron (Titus <sup>®</sup> )		PM: 431,45 PF: 176-178 pKa: 4,0 SE (mg/l): 135 (pH 5), 7300 (pH 7), 5560 (pH 9).
Sulfometuron méthyle (Oust <sup>®</sup> )		PM: 364,4 PF: 203-205°C pKa: 5,3 SE (mg/l): 10 (pH 5), 70 (pH 7)
Thifensulfuron méthyle (Pinnacle <sup>®</sup> , Reliance <sup>®</sup> )		PM: 387,4 PF: 176-178°C pKa: 4,0 SE (mg/l): 223 (pH 5), 2240 (pH 7), 8830 (pH 9)
Triasulfuron (Amber <sup>®</sup> )		PM: 401,83 PF: 186°C pKa: 4,0 SE (mg/l): 5 (pH 2,5), 40 (pH 5), 1500 (pH 7), 10 000 (pH 8).
Triflusulfuron méthyle (Sfari <sup>®</sup> , Debut <sup>®</sup> , Upbeet <sup>®</sup> )		PM: 492,4 PF: 155-158°C pKa: 4,4 SE (mg/l): 3,5 (pH 5), 110 (pH 7), 11000 (pH 9)

### 2. Mode d'action des sulfonylurées

Les Sulfonylurées agissent pour inhiber la ALS dépendante de la FAD de la famille ThDp, elle active la synthèse des acides aminés à ses premiers stades à travers la chaîne aliphatique (valine, leucine et isoleucine) dans les plantes, les champignons et les bactéries (**Choi et al., 2005 ; Lee et al., 2013, McCourt and Duggleby, 2006**).

Les sulfonylurées sont utilisés à de faibles taux de 4 à 280 kg / ha , et elles sont sensibles aux sols avec une mauvaise absorption des minéraux argileux dans le sol, après le processus d'absorption, ces pesticides sont transférés aux plantes sensibles et inhibent l'action de la ALS, ce qui est le cas en présence de Sulfométuron-méthyl, qui est un inhibiteur efficace de AHAS ; EC2.2.1.6, de sorte que l'inhibition conduit à entraver la croissance des plantes sensibles, comme pour la première étape de la synthèse des acides aminés vitaux.

Certaines études ont montré qu'après l'application du pesticide, En quelques heures, le travail de la transpiration et le métabolisme s'arrêtent, entraînant un jaunissement et une rougeur, ce qui indique la disparition du pesticide. Les plantes résistantes échappent à l'effet des sulfonylurées à travers un métabolisme différentiel qui entraîne une désactivation rapide de l'effet herbicide permettant la sélectivité des sulfonylurées (**McCourt and Duggleby, 2006**), Certaines plantes qui tolèrent la présence de sulfonylurées ont une demi-vie comprise entre 1 à 5 heures et 20 heures pour les mauvaises herbes vulnérables, et les réactions de transformation qui conduisent à cette inactivation sont: l'hydroxylation aliphatique et acrylique suivie de l'hydrolyse de la fonction sulfonylurée, la rupture de la liaison sulfonamide et la O-déméthylation (**Brown 1990**) .

### 3. Devenir des sulfonylurées dans l'eau et le sol

Dans le milieu naturel, toute substance chimique se partage entre trois compartiments ; le sol, l'eau et l'air, auxquels on peut ajouter un quatrième le milieu biologique (faune et flore) (**Prasad, 1992**). Dans le cas des pesticides et de tous les polluants, il est nécessaire de connaître leur vitesse de dissipation dans l'environnement pour évaluer les risques d'intégration de ces produits. La compréhension du devenir et du comportement des sulfonylurées dans le sol, est d'une importance primordiale pour le système agricole et la protection de l'environnement (**Sarmah and Sabadie, 2002**). Cependant, deux obstacles

s'opposent à cette mission qui pose de grands défis pour les chimistes et les biologistes. Il s'agit de :

-leur faible dose d'utilisation ;

-leur grande mobilité dans le sol, notamment dans le sol alcalin, du fait de sa nature anionique comme c'est les cas avec la majorité des terres agricoles.

Le principe de "dose minimale, efficacité maximale", apporté suite à l'introduction des sulfonilurées sur la marché à été un succès économique très important, mais il s'agit toujours d'un réel problème environnemental contrairement à ce qui était attendu. En fait, cela soulève deux difficultés d'une part la possibilité d'avoir des effets nocifs sur des cibles non visées malgré leur grande spécificité et d'autre part, les faibles doses utilisées rendent la détection de traces de ces molécules actives dans le sol, très difficile, nécessitant l'emploi de techniques très sophistiquées (**Calvet et al., 2005**). Des techniques telles que l'Enzyme-LinkedImmuno-SorbentAnalysis (ELISA), High Performance LiquidChromatography (HPLC), Masse Spectrometry (MS) et Gaz Chromatography (GC) ont été employées (**Sarmah and Sabadie, 2002**).

Par conséquent, les techniques d'analyse utilisées doivent avoir une sensibilité de l'ordre du ppb et des parties par billion pour pouvoir détecter les molécules de sulfonilurées dans l'environnement et même les aliments (**Degelmannel et al., 2006**).

### 5.1 Adsorption/désorption

L'adsorption/désorption des herbicides est l'un des processus les plus importants affectant leur devenir dans l'environnement. C'est un phénomène fondamental dans tous les modes de transport des polluants organiques. L'adsorption est donc définie comme la liaison au moyen de réaction physico-chimique des composés en solution à la surface des particules solides, et la désorption est le phénomène inverse. Ce processus est toujours exothermique. Il peut être affecté par de nombreux facteurs (température, pH du sol, distribution granulométrique et composition du sol). Il peut être irréversible (absorption chimique impliquant des liaisons à haute énergie), ou réversible (décomposition impliquant des liaisons à basse énergie).

Dans la plupart des sols agricoles (pH > 6), les herbicides à base de sulfonilurée sont présents sous forme ionique et présentent donc une faible absorption par le sol. En effet, une faible adsorption au sol avec une valeur de  $K_d < 1$ . Des études ont également confirmé que le niveau d'adsorption augmente avec l'augmentation de la teneur en matière organique du sol (**Morrice**



*et al., 2000 ; Nègre et al., 2005 ; Pusino et al., 2003 ; Rouchaud et al., 1999 ; Si et al., 2003 ; Tang et al., 2009).*

### 5.2 La Mobilité

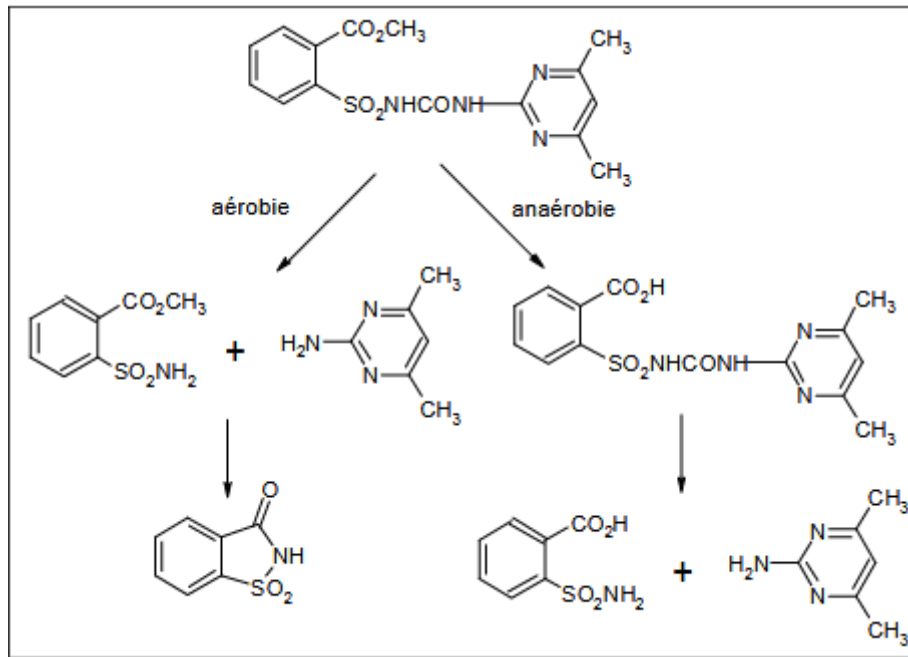
La mobilité dans le sol est définie comme l'ensemble des flux massiques de fractions dissoutes qui se produisent au niveau microscopique par diffusion, et au niveau macroscopique par convection et dispersion, en fonction des propriétés du sol : sa texture, sa porosité, sa densité, son taux d'humidité, les courants d'eau et la stabilité des agrégats. Elle dépend également des propriétés de la molécule active et ses capacités d'adsorption, de sorte qu'une molécule à faible taux d'adsorption montre une grande capacité à se déplacer dans le sol, et vice-versa. Avec ces phénomènes, il est possible de déterminer la trajectoire et la présence de polluants dans le milieu aquatique et donc leur devenir dans l'environnement.

Certaines études ont montré que les sulfonyles présentent une très grande mobilité dans le sol (**Hemmamda et al., 1994; Sondhia, 2009**). Comme conséquence de leur faible adsorption et de leur grande solubilité dans l'eau, dans des milieux neutres et alcalins (**Martins et Mermoud, 1999**). Ceci entraîne un lessivage potentiel en temps de pluie et en cas d'irrigation. Cependant les sulfonyles sont rarement retrouvées dans les eaux souterraines en raison de leur forte instabilité dans l'eau, comme dans le cas du flupyrsulfuron-méthyle (**Rouchaud et al., 1999**). Il faut par contre prendre en considération le cas où leurs produits de dégradation présentent une plus forte stabilité et donc une forte persistance dans le sol ce qui augmente le risque de contamination des nappes phréatiques. Ce cas a été vérifié avec le rimsulfuron qui est très rapidement dégradé dans le sol mais dont l'un des deux métabolites présente une forte persistance et donc un risque potentiel de contamination des eaux souterraines (**Martins and Mermoud, 1999**). Dans d'autres études, il a été constaté que les sols avec de petits agrégats génèrent de grandes zones d'activités, ce qui facilite les interactions avec la molécule de sulfonyle étudiée. Des travaux de Streck 1998- sur le comportement du chlorsulfuron montrent que cette molécule est très mobile dans les deux types de sols étudiés (loam sableux pH 5,6 et 1,4% de matière organique; argile loameuse pH 6,4 et 4% de matière organique). Ces résultats confirment le comportement du chlorsulfuron observé par d'autres auteurs (**Nilson 1985, Beckie et McKerchner 1990**).

### 5.3 Persistance et la dégradation dans le sol

Lors du transport du polluant organique il subit divers processus de transformation qui génèrent des sous-produits plus ou moins toxiques, de sorte que ces voies de conversion peuvent être biotiques ou abiotiques, la dégradation peut conduire à des molécules plus petites ou à des changements structuraux. La persistance d'un herbicide, comme toute molécule active, peut être indiquée par une demi-vie ( $t_{50}$ ), cette valeur détermine donc le temps nécessaire à la substance pour perdre la moitié de son activité.

Dans le cas des sulfonilurées, ces molécules sont essentiellement dégradées par deux processus : la dégradation microbiologique et chimique (**Harvey *et al.*, 1985; Beyer *et al.*, 1988**), de sorte que les deux Processus de dégradation se produisent en parallèle dans le sol, ce qui rend difficile leur distinction. Le processus de décomposition chimique dépend de la composition chimique de l'herbicide et des conditions climatiques du sol. La plupart des études indiquent que la biotransformation et l'hydrolyse chimique des sulfonilurées dépendent principalement de deux facteurs importants : le PH et la température du sol (**Walker et Brown 1983, Harvey *et al.*, 1985 ; Anderson *et al.*, 1985 ; James *et al.*, 1995**). De grandes différences ont été enregistrées en raison de la différence de ces deux facteurs dans des conditions de laboratoire. Ainsi le chlorsulfuron possède un temps de demi-vie qui varie entre 17 et 25 jours à pH 5 alors qu'il passe à 70 jours dans des conditions de pH plus haut (**Rouchaud *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2012**). La dégradation chimique des sulfonilurées est plus importante dans les sols acides que dans les sols à  $\text{pH} > 7$  (**Beyer *et al.*, 1988; Brown, 1990**). La variation du pH à l'intérieur d'un champ peut influencer fortement sur la capacité d'un herbicide à persister dans le sol. La persistance est plus élevée dans un sol à pH élevé. Les conditions physicochimiques ne sont pas les seules à influencer la persistance des sulfonilurées, la dose d'utilisation y joue un rôle très important. La figure 5, montre un exemple de mécanisme de dégradation d'un herbicide sulfonilurée (Sulfométuron) dans le sol, par deux voies aérobie et anaérobie (**Trubey *et al.*, 1998**).



**Figure 4:** Mécanisme de dégradation du sulfométuron méthyle dans le sol (Trubey *et al.*, 1998).

#### 5.4. La dégradation microbienne

la dégradation microbienne des molécules sulfonylurées peut se faire selon trois voies principales : le clivage du pont sulfonylurée, l'oxydation et la déestérification. La première voie citée semble être le mécanisme prédominant, contrairement à la déestérification qui n'est favorisée qu'à des pH alcalins supérieurs à 10 (Arabet, 2014). La dégradation des sulfonylurées est plus rapide et plus efficace dans les sols non stériles que dans les sols stériles (Lu *et al.*, 2011). Cela indique l'importance de l'activité bactérienne observée dans la dégradation de certaines sulfonylurées, avec une demi-vie comprise entre 38,5 et 40 jours dans les sols stériles et 495 à 680 jours dans les sols stériles (Zanardin *et al.*, 2003). Il a été constaté que le clivage du pont sulfonylurée était la principale voie de dégradation microbienne. Le mécanisme d'oxydation des sulfonylurées a été étudié par (O'keefe *et al.*, 1987) et également par (Omer *et al.*, 1990). Le monoxyde de cytochrome P450, P450 SU1 et P450 SU2, impliqués dans cette réaction, a été identifié dans *Streptomyces griseolus* (O'keefe et Harder, 1991). Concernant l'élimination de l'ester, elle a été décrite dans *Ancylobacter sp.* XJ-421-1 pour la dégradation du triasulfuron-méthyle, metsulfuron-méthyle et du bensulfuron-méthyle à différents niveaux d'efficacité (Lu *et al.*, 2011). Quant aux bactéries, plusieurs genres ont été décrits comme étant capables de les dégrader et de les

utiliser comme seule source de carbone et d'énergie. Des souches de *Pseudomonas* ont été décrites dans la littérature pour leur viabilité, dans des conditions stressantes et pour résister à divers polluants, ces souches ont dégradé 85% de d'ethametsulfuron-méthyle en seulement 6 jours et 61% de Chlorimuron-éthyle à 30 jours, (**Mardigan et Martinko, 2006 ; Lifeng et al., 2007 ; Ma et al., 2009**). Zhu et al. 2005 ont décrit que des souches de *Brevibacterium* ont la capacité à dégrader le bensulfuron-méthyle tandis que *Bacillus megaterium* hydrolysait 44% de cette molécule en 42 jours à une concentration de 50 mg / L. En plus de ces études, d'autres ont montré un effet néfaste du sulfonyle sur certaines bactéries. À titre d'exemple, Chen et al. 2009, ont rapporté qu'une toxicité est observée chez *Pseudomonas putrida* cultivé en présence de méthylbensulfuron.

#### **4. Impacts des sulfonyles sur le sol**

L'un des indicateurs les plus dangereux d'une sulfonyle est en fait l'inhibition de l'activité de l'enzyme ALS, responsable de la croissance des plantes. Cette enzyme est également présente chez les micro-organismes. Ce qui conduit à ralentir la croissance microbienne sous l'influence des sulfonyles. Une étude en 1998 a indiqué que l'ajout de sulfonyle à une concentration de 5 mg / litre entraîne une diminution du taux de croissance des micro-organismes dans le sol agricole jusqu'à 20% (**Madigan et al., 2006**).

#### **5. Toxicité des sulfonyles**

Des études menées par Li et al., en 1990, pour expérimenter la toxicité significative de 3 types de sulfonyles (bensulfuron méthyle, metsulfuron méthyle et le chlorsulfuron) sur *Daphnia magna*, ont prouvé qu'il n'y avait aucune toxicité observée, ce qui indique que les herbicides sulfonyles sont de faibles toxicité pour les mammifères et autres espèces animales même pour des solutions aqueuses saturées d'herbicides.



# Les différents types des sulfonylurées

---

### 1. Amidosulfuron

L'amidosulfuron est le nom commun pour 1-(4,6-diméthoxypyrimidin-2-yl)-3-mésyl (méthyl) sulfamoylurée ou 3-(4,6-diméthoxypyrimidin-2-yl)-1-(N-méthyl-N-méthylsulfonyl-aminosulfonyl) urée.

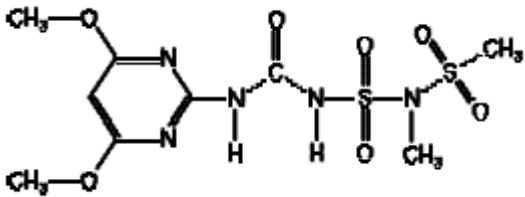
C'est un des herbicides à base de sulfonylurée pour lutter contre les mauvaises herbes à feuilles larges dans les céréales. Le mécanisme d'action de cet herbicide repose sur l'inhibition de l'enzyme ALS (acéto-lactate synthase) qui est responsable de la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée libres : valine, leucine et isoleucine (**Tan *et al.*, 2006 ; Marczevska *et al.*, 2007**). Il est volatil, hautement soluble dans l'eau et, en raison de ses propriétés chimiques, présente un fort potentiel de lessivage vers les eaux souterraines. Il n'est pas persistant dans les systèmes de sol, mais peut-être persistant dans l'eau dans certaines conditions (**Chnirheb, 2012**), Cet herbicide contrôle un large spectre de mauvaises herbes à des taux d'application très faibles allant de 5 à 80 g/ha et est principalement utilisé pour les céréales (**Gunnar *et al.*, 1993**).

L'amidosulfuron est modérément toxique pour la plupart des espèces terrestres et aquatiques. Sur le plan de la réglementation des produits phytopharmaceutiques, pour l'Union européenne, cette substance active est inscrite à l'annexe I de la directive 91/414/CEE par la directive 2008/40/CE.

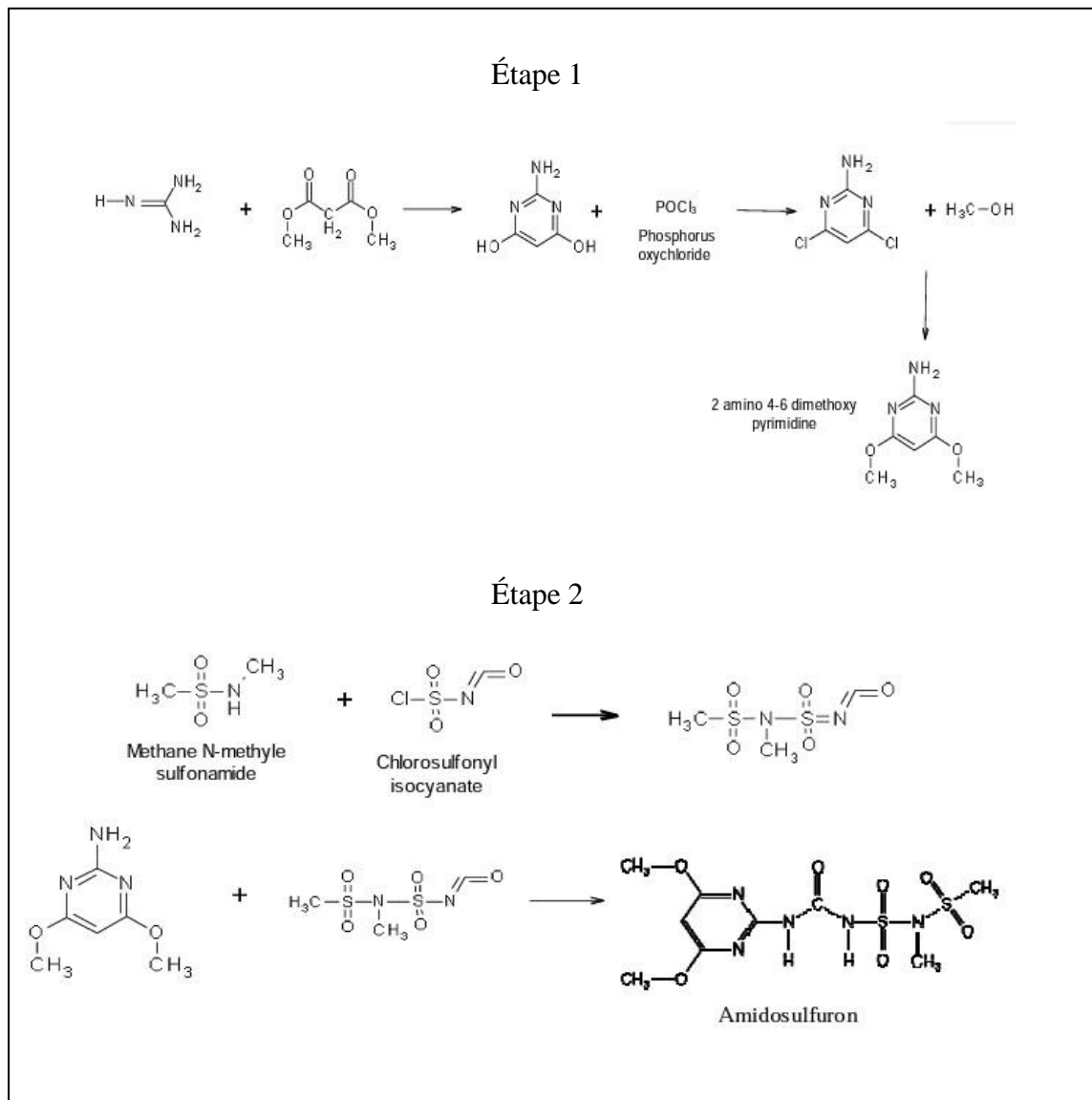
Ces propriétés physico-chimiques sont indiquées ci-dessous dans le tableau

## Les différents types des sulfonylurées

**Tableau 2 :** Les caractéristiques physico-chimiques de l'amidosulfuron (**Chnirheb, 2012**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques														
<div style="text-align: center;">  <p style="margin: 10px 0;">Amidosulfuron</p> <p style="margin: 10px 0;">Nom chimique :</p> <p style="margin: 10px 0;">IUPA</p> <p style="margin: 10px 0;">[3 -(4,6-diméthoxy-pyrimidin-2-yl) -1- [N-méthyle-N-(méthylsulfonyl) aminol sulfonyleurea]</p> </div>	<p>_Poids moléculaire : 369,375 g·mol<sup>-1</sup></p> <p>_Formule brute : C<sub>9</sub>H<sub>15</sub>N<sub>5</sub>O<sub>7</sub>S<sub>2</sub>.</p> <p>_Aspect : blanc</p> <p>_Odeur : Légèrement acidulée</p> <p>_Point de fusion (pureté 98-99%) : 160-163°C</p> <p>_Pression de vapeur : 1,3 10<sup>5</sup> Pa à 20°C</p> <p style="padding-left: 100px;">: 2,2 10<sup>5</sup> Pa à 25°C.</p> <p>_LogKow : (pureté 98-99%) : 1,63 à pH 2</p> <p>_Solubilité dans l'eau/tampon : 3,3 mg/l à pH 3</p> <p>_Solubilité dans les solvants (g/l) :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">acetone</td> <td>8,1</td> </tr> <tr> <td>dichloromethane</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>acetate d'ethyl</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>methanol</td> <td>0,872</td> </tr> <tr> <td>toluene</td> <td>0,256</td> </tr> <tr> <td>isopropanol</td> <td>0,099</td> </tr> <tr> <td>n-hexane</td> <td>0,001</td> </tr> </table>	acetone	8,1	dichloromethane	6,9	acetate d'ethyl	3,0	methanol	0,872	toluene	0,256	isopropanol	0,099	n-hexane	0,001
acetone	8,1														
dichloromethane	6,9														
acetate d'ethyl	3,0														
methanol	0,872														
toluene	0,256														
isopropanol	0,099														
n-hexane	0,001														

Il y a deux étapes principales dans la synthèse de l'amidosulfuron, la première étape conduisant à la formation de 2 amino 4-6 diméthoxy pyrimidine (Étape 1, **Figure6**) et la deuxième étape correspond à la réaction entre ce produit et le produit de la réaction de sulfonamide et l'isocyanate (Étape 2, **Figure6**) (**Thomas, 1996**).

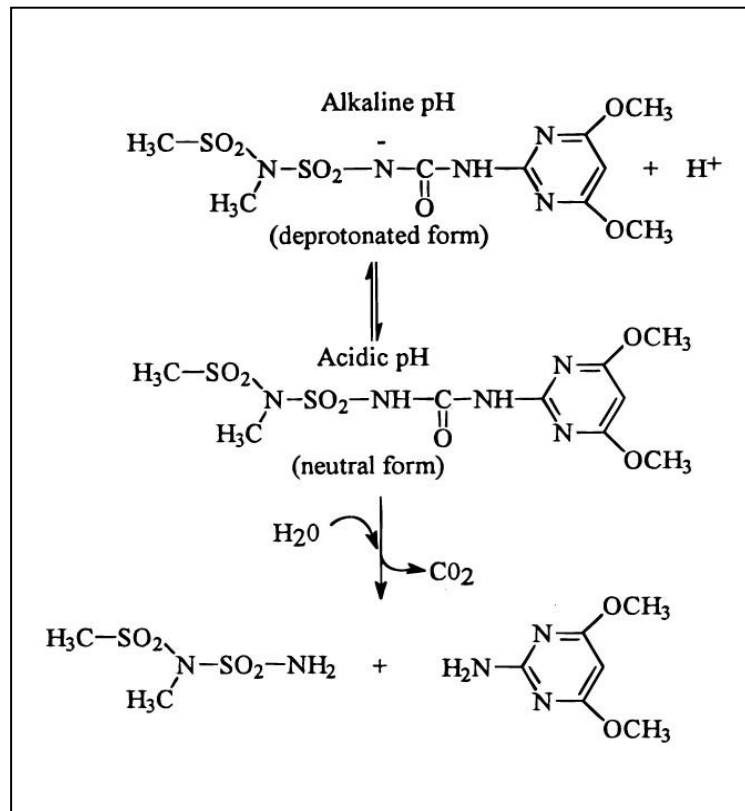


**Figure 5:** les étapes réactionnelles de la synthèse de l'amidosulfuron (Thomas, 1996).

La dégradation de l'amidosulfuron dans le sol résulte à la fois de mécanismes biologiques et chimiques, qui sont eux-mêmes influencés par la température, le pH et la teneur en humidité. L'hydrolyse chimique des herbicides à base de sulfonylurée (Figure 7) est un moyen prédominant de dégradation dans les sols acides (Joshi *et al.*, 1985; Blair and Martin, 1988; Walker *et al.*, 1989; Hay, 1990).

Les produits de dégradation de l'amidosulfuron n'ont pas été inclus dans l'étude de terrain car il est difficile d'établir une méthode d'analyse dans le temps imparti, alors que tous les principaux produits de dégradation de l'amidosulfuron sont des hydroxyles et donc très mobiles (Almvik *et al.*, 2008).





**Figure6:** Hydrolyse de l'amidosulfuron ( *Beyer et al., 1988*modifié)

## 2. Azimosulfuron

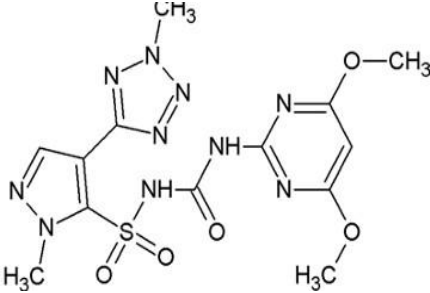
Azimosulfuron dont le nom commun est [1-(4,6-diméthoxyypyrimidin-2-yl)-3-[2-méthyl-4-(2-méthyl-tétrazol-5-yl) pyrazol-3-yl] sulfonilurea], a la fonction d'un herbicide appartenant à la famille des sulfonilurées, qui est un granulé mouillable (WG), contenant 500 g/kg, de sorte que la formule de ce produit était "Azimosulfuron 50 WG" (EFSA, 2010).

L'azimosulfuron est une N-sulfonilurée qui est de l'urée dans laquelle un azote attaché à l'un des azotes a été remplacé par un groupe 4,6-dipyrimidin-2-yle tandis qu'un hydrogène attaché à l'autre azote urée a été remplacé par un [1 un groupe -méthyl-4-(2-méthyl-2H-tétrazol-5-yl)-1H-pyrazol-5-yl] sulfonyle. Il inhibe l'action de l'ALS et est utilisé comme herbicide pour lutter contre une variété de mauvaises herbes à feuilles larges et de sédiments dans les rizières et autres situations aquatiques (**Pubchem, 2021**).

Ces propriétés physico-chimiques sont indiquées ci-dessous dans le tableau

## Les différents types des sulfonyleurées

**Tableau 3:** propriété physico-chimiques du Azimosulfuron (**Pubchem, 2005, EFSA, 2010**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques																
 <p style="text-align: center;">IUPAC</p> <p style="text-align: center;">1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-[2-methyl-4-(2-methyltetrazol-5-yl) pyrazol-3-yl] sulfonyleurea</p>	<p>_Forme moléculaire : C<sub>13</sub>H<sub>16</sub>N<sub>10</sub>O<sub>5</sub>S</p> <p>_Etat physique : solide</p> <p>_solubilité dans l'eau : A 20°C (pureté 99,64 %):</p> <p style="padding-left: 40px;">À pH 5 : 72,3 mg/l</p> <p style="padding-left: 40px;">À pH 9 : 6536 mg/l</p> <p style="padding-left: 40px;">À pH 7 : 1050 mg/l</p> <p>_Solubilité dans les solutions organiques :</p> <p>Acétone de solvant T 25 ° C (99,62% de pureté):</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Solvant</th> <th style="text-align: right;">g/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>acetone</td> <td style="text-align: right;">26.4</td> </tr> <tr> <td>acetonitrile</td> <td style="text-align: right;">13,9</td> </tr> <tr> <td>ethyl acetate</td> <td style="text-align: right;">13.0</td> </tr> <tr> <td>hexane</td> <td style="text-align: right;">&lt;0.2</td> </tr> <tr> <td>methanol</td> <td style="text-align: right;">2.1</td> </tr> <tr> <td>methylene chloride</td> <td style="text-align: right;">65.9</td> </tr> <tr> <td>toluene</td> <td style="text-align: right;">1.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>_Masse molaire: 424.40</p> <p>_Point de fusion: 170.0 °C</p> <p>_Pression de vapeur: 4 x 10<sup>9</sup>Pa at 25°C</p> <p>_Coefficient de constante : pKa =3.6 (99.62% pureté)</p>	Solvant	g/l	acetone	26.4	acetonitrile	13,9	ethyl acetate	13.0	hexane	<0.2	methanol	2.1	methylene chloride	65.9	toluene	1.8
Solvant	g/l																
acetone	26.4																
acetonitrile	13,9																
ethyl acetate	13.0																
hexane	<0.2																
methanol	2.1																
methylene chloride	65.9																
toluene	1.8																

### 3. Bensulfuron-méthyle (BSM)

Le bensulfuron appartient aux herbicides sulfonylurée, c'est un composé important dans l'agriculture (**Manuela et al., 2006**), qui a été inventé par *Du Pont* (**Takeda et al. 1985**) et introduit dans l'agriculture au début des années 80 (**Gigliotti et Allievi, 2006**) et est une classe relativement nouvelle pour le contrôle des mauvaises herbes (**Yuyama et Shirakura, 1991**).

C'est un membre de la famille des herbicides des percidés, vendu commercialement sous le nom commercial Londax aux États-Unis d'Amérique (**Terakawa.T et Wakasa.K, 1992**) et est le plus couramment utilisé pour contrôler les mauvaises herbes dans les soles de cèdre en Californie, au Japon et dans de nombreux pays du monde (**Bernasconi et al. 1995 ; Hanson et al. 2004 ; Tranel et al. 2004 ; Wright et al. 1998**), c'est un composé sélectionné pour contrôler les mauvaises herbes dans le riz non décortiqué avec des taux très faibles (**Yuyama.T et Shirakura.S, 1991**) et a été récemment développé pour contrôler l'émergence de la plupart des mauvaises herbes à feuilles larges et des sédiments dans le riz (**Beyer et al. 1988 ; Sengnil et al. 1992**).

Il est également utilisé au Portugal pour traiter les cultures de riz (**Manuela et al., 2006**) en raison de son activité élevée pour les plantes et sa faible toxicité pour l'homme et les animaux (**Zhou et al., 2006**) il est également utilisé pour contrôler les sédiments et les feuilles (**Saha et Rao, 2010**) et les mauvaises herbes à carex trouvées dans le riz (**Yuyama et Shirakura, 1991**), et pour contrôler la pré et post-levée des mauvaises herbes annuelles et vivaces (**Moreno et al., 2007**) Utilisé seul ou en mélange avec divers pesticides (**Saha et Rao, 2010**), à des doses exprimées en g/ha et variant entre 2 et 84 g/ha (**Gigliotti et al., 2008**).

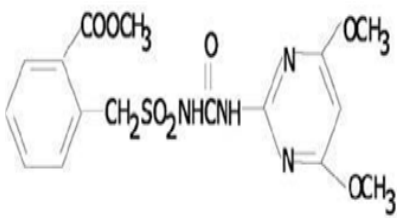
Le bensulfuron inhibe l'enzyme ALS chez les plantes et les bactéries, qui est une clé nécessaire à la synthèse des acides aminés ramifiés (valine, isoleucine) nécessaire à la croissance des plantes polaires et à l'instabilité chimique (**Yuyama et Shirakura, 1991**), qui est la moins étudiée (**Gigliotti et al., 1998 ; Allievi et al., 2001**) et ne conduit pas seulement à une inhibition, il stimule également la croissance des micro-organismes dans les sols cultivables, car elle réduit l'absorption de concentrations qui affectent la croissance des organismes et agit comme une source de carbone et l'énergie, alors que les résidus de bensulfuron affectent la croissance du sol et affectent également les activités microbiennes dans le sol.

## Les différents types des sulfonilurées

Il est très efficace à large spectre et a un effet sur les sols anaérobies et précisément sur les bactéries anaérobies fixatrices d'azote (**Xiaoyan et al., 2008 ; Youbin et al., 2004**), et son effet est limité à la croissance des sols arables seulement. Quant aux sols secs, son effet est très faible (**Youbin et al., 2004**).

La pression de vapeur du bensulfuron est 17 à 25 Pa et pKa 5,2, il est soluble à 25°C et de 2,9 mg/l à pH7 (**Tableau4**) (**Worthing and Hance, 1991**). Travaillant à une acidité élevée, le bensulfuron est soluble dans l'eau et moins sensible à l'hydrolyse (**Moreno et al., 2007**), sa concentration est faible dans l'eau et le sol (**Janaki et al., 2016**) et la diversité du sol est liée à sa concentration (**Xiaoyan et al., 2008**).

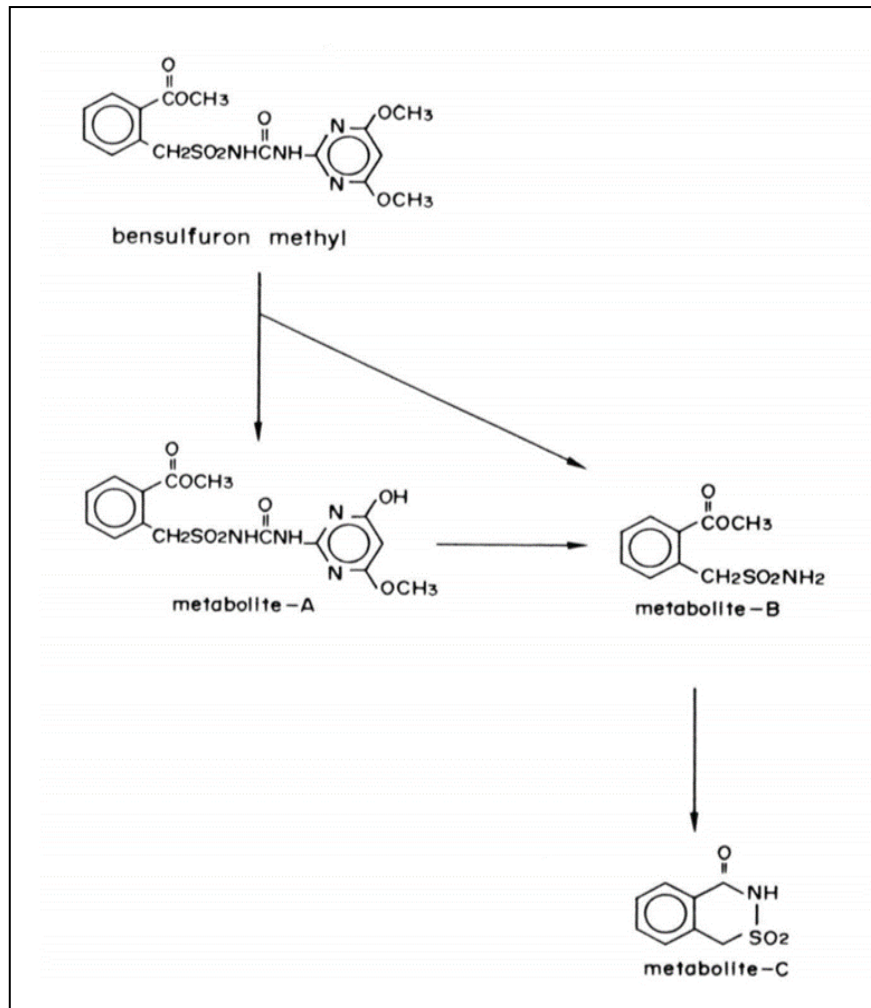
**Tableau 4** : propriétés physico-chimiques de bensulfuron-méthyle (**Worthing and Hance, 1991**).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPA [2-(4, 6-dimethoxypyrimidin-2-carbamoyl Sulfamoyl)-o-toluic acid methyl ester].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Formule moléculaire : C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>N<sub>4</sub>O<sub>7</sub>S.</li> <li>_ PM : 310,4 g*<sup>-1</sup>mol.</li> <li>_ PF : 185-188°C.</li> <li>_ pKa: 5,2.</li> <li>_ SEmg/l : 2,9 (pH 5), 12 (pH 6), 120 (pH 7), 1200 (pH 8).</li> <li>_ PV : 17 à 25 Pa à 25°C.</li> <li>_ SE : 2.9mg/l à pH 7.</li> </ul>

Dans des conditions défavorables, bien qu'il soit utilisé dans les sols rizicoles, les études indiquent sa stabilité principalement sur les sols agricoles qui ont été inondés par au niveau des racines (**Mabury et al. 1996**), car il est absorbé par ces dernières (**Yuyama et Shirakura, 1991**), de sorte que son activité et son efficacité dépendent du sol et de plusieurs facteurs, tels que les propriétés du sol, la composition et les conditions climatiques (**Moreno et al., 2007 ; Yuyama et Shirakura, 1991**).

## Les différents types des sulfonylurées

Le pH est le plus important pour le sol à contrôler le comportement du pesticide et affecte sa ionisation, son absorption et sa décomposition chimique (Moreno *et al.*, 2007). Le bensulfuron se dégrade dans le sol, en particulier avec un  $\text{pH} < 7.5$  (figure 8) (Gigliotti *et al.*, 1998).



**Figure 7:** métabolisme de bensulfuron-méthyle (Gigliotti *et al.*, 1998).

Le bensulfuron se dégrade à la surface du sol par photolyse (Si *et al.*, 2004), il est rapidement dégradé à l'état libre (Youbin.S *et al.*, 2004) et il se dégrade également dans le sol par décomposition chimique et processus microbiens dans le sol humide et il est classé comme immobile en fonction du sol organique et du pH (Roberts *et al.*, 1998)

Les chercheurs ont fait des études et ils n'ont trouvé aucune toxicité bactérienne pour le bensulfuron (Xiaoyan *et al.*, 2008), car sa toxicité apparaît largement pour les mauvaises herbes dicotylédones et aérobie, jeunes annuelles et vivaces, il inhibe l'allongement des racines, bien que sa toxicité ne soit pas sévère, mais il affecte la croissance initiale des plants

de riz et également certaines souche bactériennes non ciblées plus que son effet sur les cyanobactéries où il supprime l'activité lumineuse (**Jeong-dong et Choul-gyun, 2006 ; Terakawa et Wakasa, 1992**).

#### 4. Chlorimuron-éthyle (CLE)

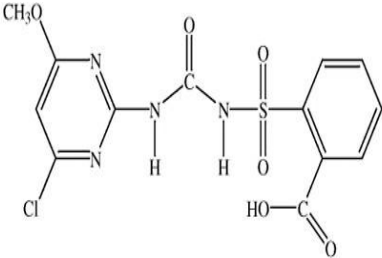
Le chlorimuron-éthyle est le nom commun pour éthyle 2-[[[4-chloro-6-méthoxyrimidin-2-yl) aminocarbonyl]-aminosulfonyl] benzoate C'est le nom commercial classique d'un groupe d'herbicides à base de sulfonilurée appliqués spécifiquement au soja pour lutter contre les mauvaises herbes à feuilles larges avant et après la germination (**Raddy et al., 1995**). En effet, il est connu que les génotypes de soja diffèrent dans leur sensibilité au chlorimuron-éthyle (**Lloyd et Wax, 1984**). Ainsi, la Chlorimuron-éthyle inhibe l'acétolactate synthase (ALS), une enzyme importante nécessaire à la biosynthèse de l'isoleucine, de la leucine et de la valine (**Vencilli., 2002**). Les herbicides résiduels à base de chlorimuron-éthyle peuvent rester intacts dans le sol pendant plusieurs mois et peuvent provoquer une toxicité pour les cultures alternatives sensibles aux herbicides tels que le maïs, le sorgho, le canola, le melon, l'igname, betterave à sucre, réduisant ainsi le maximum d'avantages de ces produits chimiques(**Soltani et al.,2006**).

Le chlorimuron-éthyle est dégradé dans le milieu agricole principalement par hydrolyse chimique en fonction du pH et de la température (**Bayer et al., 1988; Brown, 1990; Hay, 1990**). La conversion du CLE par la lumière du soleil se produit également à la surface du sol (**Choudhury et Dureja., 1996a**), ainsi que dans l'eau (**Venkatesh et al., Choudhury & Durej 1996b**), le CLE agit comme une source de carbone, d'azote et de soufre pour les micro-organisme, les voies métaboliques de dégradation des CLE ont été établies par *Streptomyces griseolus*( **Joshi et al., 1985; Reiser & Steigliz, 1990**), et *Pseudomonas sp*isolés de sols contaminés avec le CLE, l'herbicide est hydrolysé par clivage du pont sulfonilurée ( **Ma et al., 2009**).

Les propriétés physico-chimiques de ce composé sont présentées dans le **tableau 5**

## Les différents types des sulfonilurées

**Tableau 5** : propriétés physico-chimiques du Chlorimuron-éthyle (Roberts 1998)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPA</p> <p>éthyle 2-[[[4-chloro-6-méthoxy-pyrimidin-2-yl) aminocarbonyl]-aminosulfonyl] benzoate.</p>	<p>_Formule moléculaire : C<sub>15</sub>H<sub>15</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>S.</p> <p>_Masse moléculaire : 414.821 g*<sup>-1</sup>mol.</p> <p>_Couleur/Forme : Cristaux de chlorure de butyle Solide blanc, Cristaux incolores</p> <p>_Point de fusion : 181°C</p> <p>_Densité/Gravité spécifique : 1.51 à 25°C</p> <p>_Constantes de dissociation : pKa = 4,20</p> <p>_Coefficient de partage octanol/eau log : Kow = 2,50</p> <p>_Solubilités : Faible solubilité dans les solvants organiques</p> <p>_Pression de vapeur : 4.0X10<sup>-12</sup>mm Hg à 25° C</p> <p>_Toxicité : (Rat) : DL50 orale &gt; 4000 mg/kg. (Lapin) : Dermique DL50 &gt; 2000 mg/kg</p> <p>_Méthodes d'application : Activité</p> <p>_résiduelle en post levée : Le chlorimuron fournira une activité résiduelle limitée après application.</p>

### 5. Chlorosulfuron (CHL)

Le chlorsulfuron est une N-sulfonilurée qui est le N-carbamoyl-2-chlorobenzènesulfonamide dans lequel l'un des hydrogènes attachés à l'azote non sulfonyle a été remplacé par un 4-méthoxy-6-méthyl-1,3, 5-triazine-2-yle. Un herbicide utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes à feuilles larges dans le blé, l'orge et l'avoine. Il a un rôle d'agrochimique, d'herbicide

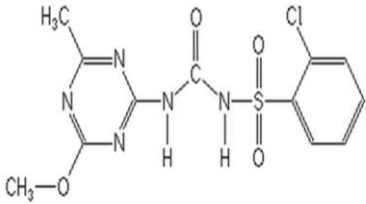
## Les différents types des sulfonylurées

et d'inhibiteur de l'EC 2.2.1.6 (Acéto-lactate synthase). C'est une N-sulfonylurée, un membre des mono chlorobenzènes et une méthoxy-1,3, 5-triazines (**Pubchem., 2021**).

Le chlorosulfuron est utilisé comme herbicide de pré et post levée pour lutter contre les dicotylédones et les mauvaises herbes dans les cultures céréalières en raison de son efficacité et de sa faible toxicité pour les mammifères (**Beyer et al., 1988**). Il est positivement affecté par la matière organique du sol alors qu'il est négativement affecté par le pH. Cela signifie que dans les sols à forte teneur en matière organique, davantage d'herbicides seront absorbés et réduiront ainsi la biodisponibilité pour le contrôle des mauvaises herbes (**Joanne et al., 2016**). Le CHL agit pour inhiber la croissance des plantes en bloquant certains processus nécessaires à la division cellulaire des plantes (**Ray., 1982 ; Rost, 1994**).

Les propriétés physiques et chimiques de ce composé sont présentées dans le **tableau 6**

**Tableau 6** : propriétés physico-chimiques du chlorosulfuron (**Pubchem., 2021**).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p>IUPA</p> <p>1-(2-chlorophenyl) sulfonyl-3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)urea</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>_Formule moléculaire : C<sub>12</sub>H<sub>12</sub>ClN<sub>5</sub>O<sub>4</sub>S.</li><li>_Masse moléculaire : 357.77 g*mol<sup>-1</sup>.</li><li>_Couleur/Forme : Poudre</li><li>_Point de fusion : 176.0 °C</li><li>_Solubilité : dans l'eau, 125 mg/L at 25 °C &gt;53.7 [ug/mL]</li><li>_La pression de vapeur : 2.25e-11 mmHg</li><li>_Constantes de dissociation : pKa = 3.4</li></ul>

De très nombreux produit de dégradation sont mentionnés (**Strek, 1998a, EFSA, 2008, Strek, 1998b**). Le monoxyde de carbone est éliminé après l'hydrolyse de la fonction sulfonylurée, ce qui conduit à la formation de métabolites majeurs



### 6. Flazasulfuron

Flazasulfuron est un herbicide appartenant au groupe des composés sulfonylurées (EFSA, 2012) qui ont été découvertes au milieu des années 70 (Ishimitsu *et al.*, 2002) similaire au thifensulfuron et au metsulfuron et utilisé uniquement comme herbicide (EFSA, 2012). Il a été utilisé avec succès pour contrôler une variété de mauvaises herbes dans les parcours soit en pulvérisation soit en application topique (Jame *et al.*, 1997). Au Brésil, il a été utile pour lutter contre les mauvaises herbes monocotylédones et dicotylédones dans la canne à sucre et la tomate.

Le flazasulfuron est le plus récent herbicide homologué dans l'industrie des pelouses fines et est considéré sans danger pour la bergress, mais il contrôle de nombreuses mauvaises herbes dans l'herbe tendre et aussi dans les mauvaises herbes de saison froide telles que *Festuca arundinacea* et *Ryegrass* sans nuire aux graminées de saison chaude, il pour contrôler les mauvaises herbes deschevaux dans les champs de canneberge (Zhang *et al.*, 2018). C'est un pesticide sélectif qui contrôle les mauvaises herbes et les mauvaises herbes à feuilles larges (Shaner 2014 ; Anonymous 2017b), et est particulièrement efficace sur les mauvaises herbes *Festuca spp* de saison froide et les hautes herbes des Bermudes.

Il a également la capacité de contrôler l'argousier dans les paturages (Palmo-bautista *et al.*, 2018), et il est également utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes dans la canne à sucre, en particulier pour lutter contre les noix pourpres (*Cyperus rotundus L.*) et d'autres mauvaises herbes vivaces (Deuber, 2006). Le flazasulfuron appartient à la nouvelle génération et c'est le seul approuvé en viticulture (Decoin, 1999), il réduit également les touffes de fleurs (James *et al.*, 1997) en inhibant la synthèse de ALS, où cette enzyme n'est pas présente chez les bovins, les humains ou les poissons et conduit éventuellement à la mort de la plante exposée, cette enzyme est responsable de la biosynthèse des acides aminés avec une chaîne complémentaire pour les plantes sensibles, la croissance des plantes sensibles est rapidement inhibée (Ferrell *et al.* 2004 ; Anonymous 2017b ; Anonymous 2017c) Y compris les raisins, les agrumes et les olives (Ferrell *et al.* 2004), mais ce n'est pas directement lié à la biosynthèse, mais abaisse plutôt les taux de sucres solubles dans les feuilles, y compris une diminution des glucides peu solubles, et par conséquent, le manque d'eau et l'exposition au pesticide, et en plus, entraîne une diminution de la concentration d'amidon dans les feuilles de raisin (Magne.C *et al.*, 2006).

## Les différents types des sulfonyles

---

Flazasulfuron agit pour supprimer les mauvaises herbes capillaires dans les myrtilles, ce qui doit être exploré davantage, surtout à l'automne de l'Anne non-porteuse car la disponibilité de cette application fournit une possibilité d'améliorer l'efficacité de la récolte et de réduire la dispersion secondaire des graines au cours de l'année de production, bien qu'il existe un écart sur la tolérance et l'efficacité des cultures dans les champs de vigne, Il contribue à la gestion des adventices du poil dans les champs de vigne, a la capacité d'être appliqué en toute sécurité à l'automne ou au printemps avant la levée de la tige et également après la levée des raisins à l'automne, tel qu'il est appliqué dans les vignobles, les agrumes et les oliveraies (**EFSA, 2012**).

Flazasulfuron est l'un des pesticides qui apporte de nombreux avantages potentiels aux marchés de l'herbe.

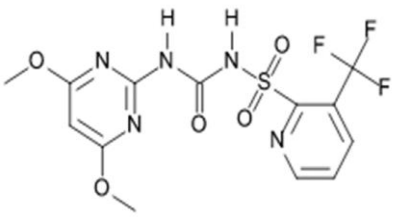
Le flazasulfuron appliqué se compose de 50 à 38 mg de l'ingrédient actif dans un hectare et peut provoquer une phytotoxicité ou la mort à moins de 1g de l'ingrédient actif sur 1ha et se transmet aux plantes non ciblées soit après application par transfert latéral soit lors de l'application via Spray dérive (**Zhang et al., 2018**).

Le flazasulfuron est appliqué dans le sol à la fin de l'hiver ou au début du printemps et provoque rapidement une inhibition de la croissance avec le changement de couleur des nouvelles feuilles en développement et progressivement à partir de la Nécrose dans toutes la plante (**Hashizume, 1990**) et récemment, il est observé qu'il altère les pigments de croissance et de photosynthèse (**Magne et al., 2005**). Son utilisation est sans danger dans la vigne, car elle élimine rapidement les toxines (**Bourdrez et Beraud, 1999**).

Hydrolyse du flazasulfuron dépend de la température et du pH, sa demi-vie en solution aqueuse varie de 0.76 heures à 35°C (PHet varie de 3 à 167.4 heures à 25°C et à pH 5 (**Zhang et al., 2018**), il se décompose en composés inactifs et est considéré comme le principal mécanisme sélectif (**Hashizume, 1990**).

## Les différents types des sulfonilurées

**Tableau 7:** Les propriétés physico-chimiques du flazasulfuron (**Zhang et al., 2018**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p>IUPAC</p> <p>(1-(4, 6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-trifluoromethyl-2-pyridylsulphonyl) urea</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>_ PM: 407, 36 g/mol.</li><li>_ Pka: 4.37.</li><li>_ PF: 168°C.</li><li>_ SE (mg/l) :2100mg*L<sup>-1</sup> dans l'eau à 25°C.</li><li>_ Formule moléculaire : C<sub>13</sub> H<sub>12</sub> F<sub>3</sub> N<sub>5</sub> O<sub>5</sub> S</li></ul>

### 7. Flupyr sulfuron-méthyle

Flupyr sulfuron fait partie des pesticides sulfonilurées dont les propriétés physiques et chimiques ont été étudiées en 1997, et sa capacité à traiter à été découverte en 1987 aux Etats-Unis d'Amérique. C'est une substance active qui a été répertoriée selon l'union européenne sous le nom de flupyr sulfuron méthyle et il existe une alternative appelée flupyr sulfuron méthyle sodium, ou ce dernier s'est avère avoir une toxicité, des effets et des perturbations endocriniennes chez les mammifères (**EFSA, 2014**).

C'est une substance active sous forme d'un sel granulé brun clair, il a été classé comme cancérigène de classe 2 et toxique pour la classe de reproduction 2, ce qui a suscité de sérieuse sin qui études concernant les critères d'approbation En conditions de terrain , seulement, il est utilisé en pulvérisations foliaires de post levées sur le blé d'hiver, l'orge et l'avoine ( en hiver et au printemps) ou il supprime un groupe de mauvaises herbes a feuilles larges et de mauvaises herbes lorsqu'il est utilisé en post-levée, stade émergent, en particulier l'herbe noire et la soie et lâche dans les cultures , céréales d'hiver et dans la production de graines de lin et de sangsues (**EFSA, 2017**).

Il est considère comme un herbicide sur les céréales utilisé dans les cultures qui peuvent être nourries pour le bétail. La sélectivité des cultures dépend de l'inhibition rapide du métabolisme de l'herbicide par une plante tolérante où les cultures céréalières sont capables

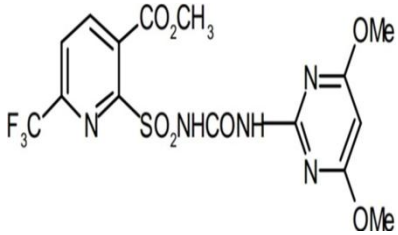
## Les différents types des sulfonilurées

de métaboliser rapidement le flupyrsulfuron a une forme inactive d'une molécule qui n'inhibe pas la production d'ALS, alors que la plante est tuée en raison de l'incapacité de le faire, et affecte ainsi les mauvaises herbes sensibles en inhibant l'ALS pour arrêter la croissance rapide dans une à deux heures après son application en arrêtant la division cellulaire. (EFSA, 2014 ; EFSA, 2017).

Le flupyrsulfuron est absorbé par les racines et les feuilles et est transporté dans toutes les parties de la plante ou il a un déplacement régulier de l'écorce des plantes est quand ses molécules atteignent la cellule acide qui est son environnement de paroi soit en absorbant les feuilles ou les racines, certaines molécules sont neutres et hautement perméables sont capables de traverser le phloème et la membrane plasmique cellulaire qui l'accompagne et d'entrer dans le phloème.

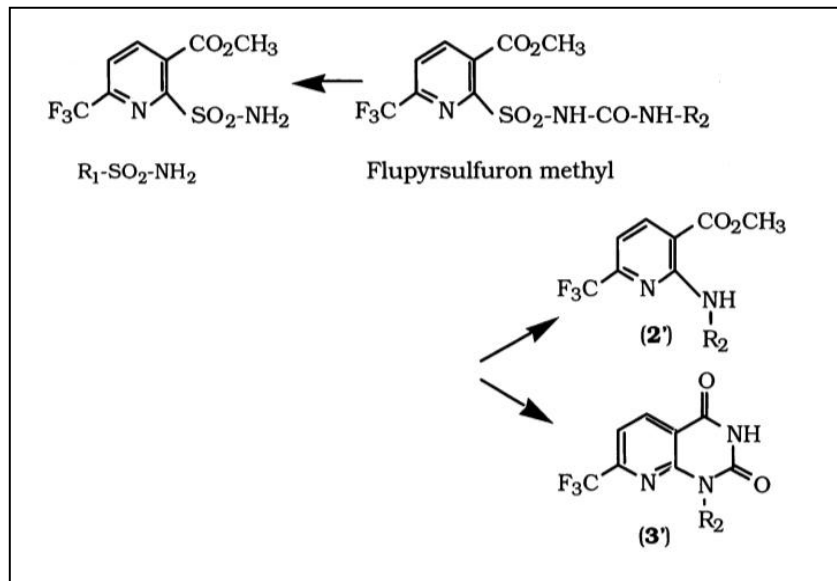
Il est hautement ininflammable et n'est pas auto-inflammable même à 400°C, il a une durée de conservation acceptable de deux ans et dans des conditions aérobies il a une faible minéralisation. (EFSA, 2017).

**Tableau 8 :** Les propriétés physico-chimiques de flupyrsulfuron-méthyle (pubchem, 2021)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">UPAC [4, 6-dimethoxy-2-pyrimidinyl) amino] carbonyl] amino]-solfonyl]- 6(trifloromethyl)-3-pyridinecarbonylate sodium salt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ formule moléculaire : C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>F<sub>3</sub>N<sub>5</sub>O<sub>7</sub>S</li> <li>_ PM: 487,4 g*mol<sup>-1</sup></li> <li>_ PF: 165-170°C</li> <li>_ pKa: 4,9</li> <li>_ SE (mg/l): 62 (pH5), 603 (pH 6).</li> </ul>

Flupyrsulfuron – méthyle n'est pas classé comme hautement toxique ou toxique, car il a une absorption rapide, des études ont montré qu'il a une faible toxicité lorsqu'il est pris par voie orale, cutanée et par inhalation.

Les symptômes d'infection apparaissent en quelques jours avec une nécrose et la mort subséquente en deux à quatre semaines.



**Figure 8 :** métabolisme de flupyrsulfuron-méthyle (Singles, S ; et al., 1999).

La photolyse contribue légèrement à la décomposition du flupyrsulfuron à la surface du sol dans des conditions environnementales normales, (EFSA, 2014), mais son utilisation incontrôlée dans les céréales entraîne un risque élevé, car la présence de ses résidus n'est pas attendue dans les cultures traitées, et ses métabolites sont mobiles dans le sol, ce qui entraîne un danger pour les eaux souterraines.

### 8. Flurtamone

Flurtamone est le nom commun pour (-5-méthylamino-2-phényl-4-(a, a,a-trifluoro-m-tolyl)furane-3(2H)-one. il est utilisé par pulvérisation contre les mauvaises herbes à feuilles larges annuelles et les graminées annuelles dans les céréales de printemps et d'hiver (EFSA, 2016).

### 9. Foramsulfuron

Le nom commun c'est 1-(4,6-diméthoxyypyrimidin-2-yl)-3-[2-diméthylcarbamoyl]-5-fornamidophénylsulfonyl] urée. Utilisé pour contrôler les mauvaises herbes dicotylédones dans le maïs, il est proposé que le foramsulfuron soit classé dans la catégorie cancérigène 2 (EFSA, 2016).

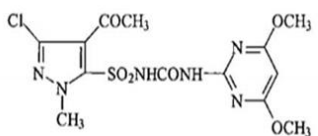
### 10. Halosulfuron-Méthyle (HM)

L'Halosulfuron-méthyle (3-chloro-5-(4,6-diméthoxypyrimidine-yl-carbamoylsulfamoyl)-1-méthyl-pyrazole-4-carboxylate) est une substance active phytopharmaceutique. qui a été approuvée par le règlement (CE) N°1107/2009. connu sur le marché sous le nom SEMPRA sous forme sèche formulation fluide (granule hydrodispersible).

C'est un herbicide sulfonylurée sélectif pour le contrôle post-émergence des herbes à noix, les souchets, les carex uniquement et incapable de contrôler des mauvaises herbes graminées ou dicotylédones, rapidement absorbée par le feuillage ainsi que par les racines des plantes (Amrein et Gerber1985).

L'halosulfuron méthyle est une molécule modérément à hautement stable à température ambiante mais hydrolytiquement instable à tous les pH susceptible d'être rencontré dans l'environnement, elle présente une faible toxicité et comme tous les sulfonylurées elle est absorbée assez faiblement dans le sol. (Amrein et Gerber1985).

**Tableau 9** : propriétés physico-chimiques relative à l' halosulfuron -méthyle (pubchem, 2021)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p>Halosulfuron-methyl</p> <p>IUPAC (3-chloro-5-(4,6-diméthoxypyrimidine-yl-carbamoylsulfamoyl)-1-méthyl-pyrazole-4-carboxylate)</p>	<p>_Formule empirique : C<sub>13</sub>H<sub>15</sub>N<sub>6</sub>O<sub>7</sub>SCI.</p> <p>_La forme physique : solide en poudre.</p> <p>_La masse moléculaire : 434 ,82g*<sup>-1</sup>mol.</p> <p>_Couleur et odeur : blanc claire et inodore.</p> <p>_La densité : 1,618g/ml à 25°C.</p> <p>_Pression de vapeur : 1*10<sup>-7</sup>mmhg à 25°C.</p> <p>_La pureté : 99,4%.</p> <p>_Le point de la fusion : 175,5°C à 177°C</p>

En raison de ces propriétés, L' halosulfuron méthyl agit en inhibant l'enzyme acétolactate synthase, une enzyme essentielle à la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée leucine, isoleucine et valine des plantes. Il en résulte un arrêt précoce de la croissance suivi de la mort de celle-ci. Par conséquent le feuillage des mauvaises herbes jaunit progressivement jusqu'à

la dessiccation totale, les premiers symptômes apparaissent en 7 à 10 jours avec des effets de contrôle complet des mauvaises herbes apparaissant sur 4 à 6 semaines.

Les durées de demi-vie de cette substance dans des solutions du sol à 25 C° et à pH de 5, 7 et 9 étaient respectivement de 27, 14 jours et de 19 h, quant à sa décomposition elle se fait par processus hydrolytique et microbiens. Le taux de la dégradation est accentué par l'augmentation des températures, teneur en humidité et faible pH du sol. (**Susumu Ishimitsu et al., 2002**).

### **11. Iodosulfuron -méthyle sodium**

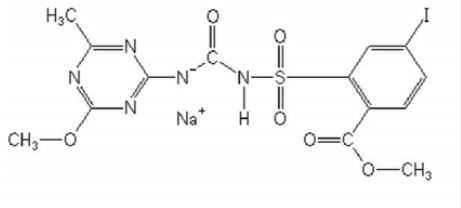
L'iodosulfuron-méthyle sodium [sodium ([5-iod-2-(methoxycarbonyl) phenyl] sulfonyl) carbamoyl] (4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)azanide], est la variante de l'iodosulfuron-méthyle, un herbicide sulfonyle de post-levée, agissant contre un large spectre des graminées adventices, une gamme de dicotylédones et les mauvaises herbes à feuille large dans les céréales y compris le blé, l'orge, le maïs, soja, destiné à être appliqué en pulvérisation foliaires à usage professionnel sur le gazon des terrains de sport, les terrains de golf, les pelouses commerciales et pour contrôler la saison fraîche.

A la fin de 2013, il a été annoncé que Jiangsu Agrochem laboratoire une société chinoise, avait obtenu l'autorisation de produire l'iodosulfuron méthyle sodium en Chine. Ainsi que Bayer est le premier producteur International de ce composé, le mélange de Bayer connu sous le nom Hussar aux Etats-Unis et en Afrique du sud, Hussar OD en France, Hussar Ultra en Belgique et Hussar plus en Argentine.

L'iodosulfuron méthyle sodium dont l'utilisation est approuvée dans l'UE, il est très soluble en solution aqueuse et semi volatile, il n'est pas persistant dans le sol mais peut être dans les systèmes aquatiques, il est hautement toxique pour les mammifères. Il est modérément toxique pour la plupart des organismes aquatiques. Cet herbicide peut également pénétrer dans les eaux de surface et souterraines car il a une grande mobilité dans l'environnement.

## Les différents types des sulfonilurées

**Tableau10** : propriétés physico-chimique de l'iodosulfuron -méthyle sodium (**pubchem, 2021**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimique
 <p>IUPAC ([5-iodo-2-(methoxycarbonyl) phenyl sulfonyl] carbamoyl) (4 -methoxy-6-methyl-1, 3,5-triazin-2-yl) azanide].</p>	<p>_formule chimique : C<sub>14</sub> H<sub>13</sub> IN<sub>5</sub> Na O<sub>6</sub>S _masse moléculaire : 529,24 _la forme physique : blanc solide en poudre hydrodispersible.</p>

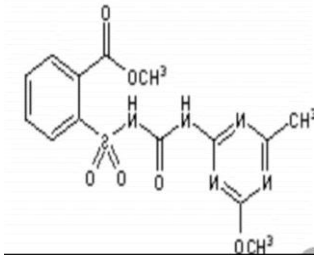
### 12. Le Metsulfuron-méthyl (MSM)

Le Metsulfuron-méthyl est un composé organique sélectif à base de sulfonilurée dérivé de Metsulfuron(méthyl-2-[[[(4-méthoxy-6-méthyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino]carbonyl] amino]sulfonyl]benzoate), .désherbant très efficace utilisé principalement pour lutter contre les graminées adventices et les mauvaises herbes à feuille large dans les céréales , il a un rôle d'herbicide , de contaminant environnemental et de xénobiotique .appliqué en prélevée sur blé où en post- levée sur blé, orge, lin , triticales et avoine .Ce sulfonilurée est un composé labile et faible acide avec un Pka égale de 3,8.(Magdalena Alesso et *al.*, 2017).



## Les différents types des sulfonylurées

**Tableau 11** : propriétés physico-chimiques de metsulfuron-méthyle (**pubchem. 2021**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
<div style="text-align: center;">  <p>IUPC</p> <p>méthyl-2-[[[[(4-méthoxy-6-méthyl-1, 3,5-triazin-2-yl) amino]carbonyle] amino]sulfonyl] benzoate)</p> </div>	<p>Formule chimique : C<sub>14</sub>H<sub>15</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>S</p> <p>Densité 1.45g/cm<sup>3</sup></p> <p>Point de fusion : 163_166°C</p> <p>Pression de vapeur : 2,50*10<sup>-12</sup>mmhg</p> <p>Hydro solubilité : 9,5*10<sup>3</sup>mg/l</p>

L'MSM devait avoir une mobilité modérément à très élevée dans le sol, ainsi que dans des conditions de pH bas, il s'hydrolyse rapidement grâce à des micro-organismes qui jouent également un rôle important dans les processus de dégradation et comme une conséquence de la faible affinité chimique entre l'MSM et le sol agricole, cet herbicide n'est que faiblement absorbé et devait se biodégrader dans le sol de 27 à 60 jours en fonction du temps de demi-vie.

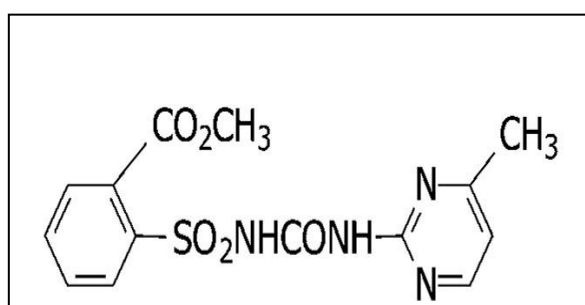
Les principales voies de dégradation de l'MSM sont la déméthylation, le clivage de pont sulfonylurée et l'ouverture des cycles triazine. Ce qui entraîne une diminution de sa persistance dans le sol. Cette persistance mesurée par différentes méthodologies analytiques telles que : la chromatographie liquide à haute performance, l'électrophorèse capillaire et microscope à force atomique. Des travaux des chercheurs antérieurs ont montré que la molécule de l'MSM est absorbée par les feuillages et les racines, transportée vers l'apex des plantes. Affecte les mauvaises herbes sensibles par l'inhibition de (ALS) entraînant l'arrêt rapide de la division cellulaire et des processus de croissance ultérieurs chez les plantes, les symptômes apparaissent en quelques jours avec la mort en 2 à 4 semaines. (**Magdalena Alesso et al., 2017**).

En fin ce nouvel herbicide est une nouvelle option pour le contrôle rentable d'un large spectre des mauvaises herbes dans le pâturage.

### 13. Monosulfuron (Monosulfuron-ester)

Le Monosulfuron {N-[(4-méthyl) pyrimidin-2-yl] 2 - nitrophemonosulfuron-ester}, C'est un nouvel herbicide sulfonylurée conçu par l'Université de Nankai, Chine en 2007 (**Kou et al., 2006, 2013**). Il ne présente aucun risque pour l'environnement ou la santé (**Wang et al., 2008**), le monosulfuron montre une grande sélectivité dans le contrôle des mauvaises herbes telles que les oies et les plantes grimpanes (**Zhao et al., 2013**). Cet herbicide présente une faible toxicité pour les mammifères et est très efficace à des doses de post-levée de 15 à 30 g ma/ha dans un large éventail de cultures, notamment le maïs (*Zea mays L.*), le blé (*Triticum aestivum L.*), le riz (*Oryza sativa L.*), et le millet (*Panicum miliaceum L.*) (**Fan et al., 2000**), de plus, l' monosulfuron-ester s'est avéré sans danger pour les cultures périodiques telles que le maïs, le soja et les haricots (**Qian et al., 2010**). Comme d'autres herbicides, le monosulfuron-ester agit comme un inhibiteur de l'acétolactate synthase (**ALS**), ALS absente chez l'animal et l'homme, et joue un rôle très important dans la voie de biosynthèse Pour les acides aminés à chaîne ramifiée tels que : l'isoleucine et la valine chez les plantes (**Brown, 1990**).

Ces dernières années, la structure cristalline (**Wang et al., 2009**), l'activité herbicide (**Fan et al., 2004**), la tolérance des cultures (**Ju et al., 2009**) et la toxicologie des mammifères (**Wang et al., 2006**) de monosulfuron-ester du sol ont été signalées en 2010 (**Wu et al., 2011**).



**Figure9 :** Structure chimique du monosulfuron-ester (**Kou et al., 2006, 2013**)

[Monosulfuron-ester, N-[(4-méthyl) pyrimidin-2-yl]-2-méthoxycarbonyl phényl-sulfonyleurea]

En 2012, l'hydrolyse et la photolyse de monosulfuron-ester dans l'eau ont été étudiées (**Piao et al., 2012**), et bien que des analyses des résidus MSE aient été publiées (**Hu et al., 2011**, **Dong et al., 2004**), il n'existe aucune méthode analytique pour déterminer les résidus MSE dans les substrats de culture.

### **14. Nicosulfuron(NS)**

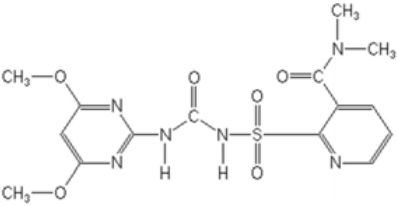
Nicosulfuron connu sous le nom chimique Le nicosulfuron (2-[[[(4,6-diméthoxy-2-pyrimidinyl) amino] carbonyl] amino]sulfonyl]-N, N-diméthyl-3-pyridinecarboxamide).est une substance active utilisées dans la préparation phytosanitaires, appartient à la famille des sulfonilurées et doit sa fonction herbicide, cette molécules est plus active sur les feuilles que les racines des adventices herbes .pour la protection des céréales (le maïs principalement).

Nicosulfuron est généralement appliqué á des taux < 100g ha<sup>-1</sup> > (**Bayer et al., 1988**) en raison de faible taux d'application, il a un potentiel de concentration des eaux des surfaces et souterraines que d'autres herbicides .ainsi que leur mouvement dans le sol est étroitement lié au pH du sol.

L'NS agit en inhibant la synthèse d'ALS, affectant la croissance et le développement normaux de la plante. Et comme tous les sulfonilurées l'NS a une faible toxicité pour les mammifères et une toxicité importante pour les espèces aquatique. (**JUSSARA B. REGITANO et al., 2008**)

## Les différents types des sulfonilurées

**Tableau12** : les propriétés physico - chimique de Nicosulfuron (**JUSSARA B. REGITANO et al., 2008**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimique
 <p>IUPC</p> <p>(2-[[[(4,6-diméthoxy-2-pyrimidinyl) amino] carbonyl] amino]sulfonyl]-N, N-diméthyl-3-pyridinecar boxamide)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>_Formule chimique : C<sub>15</sub> H<sub>18</sub> N<sub>6</sub> O<sub>6</sub>S</li><li>_La forme physique : solide en poudre</li><li>_Poids moléculaire : 410,4 g/mol</li><li>_Point de fusion : 141- 144 C°</li><li>_Pka : 4,3</li><li>_Solubilité dans l'eau (mg/l) : 400 (pH 5), 12000 (pH 7), 39200 (pH 9)</li></ul>

### 15. Oxasulfuron

Oxasulfuron est le nom commun pour oxetan-3-yl 2-[(4,6-diméthylpyrimidin-2-yl) carbamoylsulfamoyl] benzoate. Un produit hydrodispersible Granule (75 WG), utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes à feuilles larges et des graminées dans le soja (**EFSA, 2017**).

### 16. Primisulfuron-méthyl

Le Primisulfuron-méthyle est connu sous la formule suivante methyl 2-N-[[[[[4,6-bis(difluorométhoxy)-2-pyrimidinyl]amino] carbonyl]amino]sulfonyl]benzoate (**Braschi et al., 2000**), le PSM est un herbicide de post levée à base de sulfonilurée utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes, en particulier certaines mauvaises herbes vivaces difficiles à contrôler, et certaines mauvaises herbes à feuilles larges dans le maïs de grande culture pour l'ensilage, le maïs soufflé ou les céréales (**CPR., 2005**).

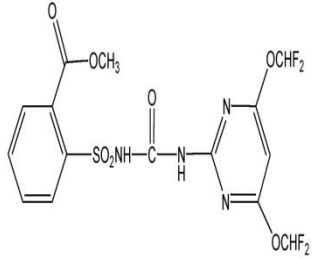
Le PSM est une substance avec une stabilité faible à moyenne dans le sol avec une demi-vie 4 à 6 jours, une valeur représentative d'environ 30 jours, de sorte que les conditions aérobies favorisent la dégradation du sol (**Weed sciences Society of American, 1994, Environmental**

## Les différents types des sulfonylurées

**protection agency, 1990**), le PSM est mal absorbé dans la plupart des sols et est soluble dans l'eau et peut donc être mobile (**Augustijn-B, 1994**), il est également considéré comme résistant à l'hydrolyse dans les solutions alcalines et neutres (**Environnement protection agency, 1990**), tandis que sa demi-vie à PH est de 5\_22 jours (**Kidd et al., 1991**), dans la végétation les plantes sont rapidement absorbées et transmises par les racines et les feuilles des plantes (**Weed sciences society of American, 1994**) cet herbicides PSM inhibe la croissance des cellules dans les zones de croissance active des plantes ( méristème), ainsi que par le processus de photosynthèse (**Environnemental protection agency, 1990**).

Les propriétés physico-chimiques de ce composé sont présentées dans le tableau

**Tableau13:** propriétés physico-chimiques du Primisulfuron (**Kidd et al., 1991, Augustijn-B, 1994**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;"><b>IUPA</b></p> <p style="text-align: center;">methyl 2-[[4,6-bis (difluoromethoxy) pyrimidin-2-yl] carbamoylsulfamoyl] benzoate</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_Formule moléculaire : C<sub>15</sub>H<sub>12</sub>F<sub>4</sub>N<sub>4</sub>O<sub>7</sub>S</li> <li>_Poids moléculaire : 468,30</li> <li>_Couleur/Forme : solide cristallin incolore dans des conditions normales</li> <li>_Point de fusion : 203,1 C</li> <li>_Solubilité : dans l'eau : 70 mg/L à 20° C</li> <li>_Pression de vapeur : 0,000001 mPa</li> <li>_Coefficient de partage : 0,1987</li> <li>_Coefficient d'adsorption : 50 (estimation)</li> </ul>

Le métabolisme initial du Primisulfuron dans le maïs s'est produit principalement par hydroxylation et conjugaison subséquente de sucre du cycle phényle et pyrimidine, tandis que le clivage du pont sulfonylurée constitue une voie mineure (**Madrid S.O., 1988**).

### 17. Le Rimsulfuron

Le Rimsulfuron est découvert en 1975 par *Du pont* (**Demir.E et Inam.R, 2014**), C'est un herbicide qui inhibe l'ALS, qui se caractérise par une excellente sélectivité pour contrôler les mauvaises herbes annuelles et vivaces et les mauvaises herbes à feuilles large (**Jhala et al., 2012**) et est généralement utilisé pour protéger les céréales (**Demir.E et Inam.R, 2014**) et en post traitement émergent pouvant être distribués à la surface du sol et des feuilles des plants (**Scrano.L et al., 1999**).

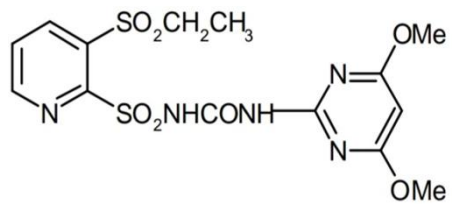
Le rimsulfuron est l'un des herbicides les plus utilisés dans la culture de la tomate (**Demir.E et Inam.R, 2014**), et il a la capacité de contrôler l'aubergine velue (*Solanum tuberosum L.*) et grande herbe à crabe (*Moretti ML*), les mauvaises herbes du maïs, de la tomate et de la pomme de terre (**Metzger.L et al., 1996**), le millet sauvage et certaines mauvaises herbes à feuilles large interférant avec les champs de maïs(**Askew et al., 2002**) et pomme de terre (*Chenopodium album L.*).

Il fait partie des pesticides ayant des propriétés souhaitables pour sa grande efficacité dans le contrôle des mauvaises herbes à large spectre et sa faible toxicité pour les mammifères (**Levitt et al., 1981**) sa toxicité est faible par voie orale, cutanée et par inhalation, il n'est pas irritant pour les yeux ou la peau, et il n'ya pas de propriétés génotoxiques ou cancérigènes (**Demir.E et Inam.R, 2014**).

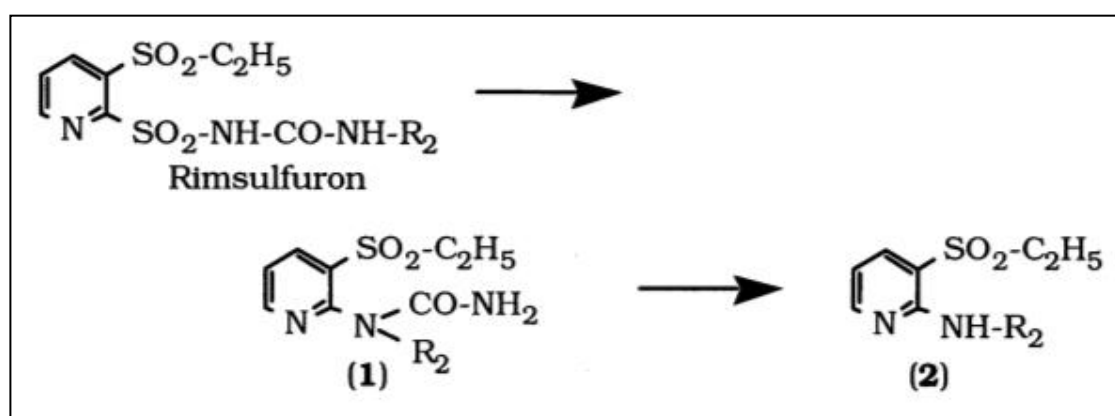
La stabilité du rimsulfuron dans le sol est affecté par le pH de la solution (**Schneiders et al., 1993, Martins and Mermoud, 1998**), sa décomposition dépend aussi du pH, de la température et du taux d'hydrolyse (**Demir.E et Inam.R, 2014**) il est soluble (<10mg/l dans de l'eau distillée et 7,300 mg/l en solution tampon à pH7, pka=4,1 ; kow=0.034 à pH7, pression de vapeur=  $1,1 \cdot 10^{-4}$  à 25°C ).

## Les différents types des sulfonyles

**Tableau14** : les propriétés physico-chimiques de Rimsulfuron (**Demir.E et Inam.R, 2014**)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPAC : 1-(diméthoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-éthylsulfonylepyridin-2-yl) sulfonyleurea.</p>	<p>_formule moléculaire : C<sub>14</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>7</sub>S<sub>2</sub>.</p> <p>_PM: 431, 45g*<sup>mol</sup><sup>-1</sup>.</p> <p>_PF: 176-178°C.</p> <p>_Pka : 4,0.</p> <p>_SE (mg/l) : 135(ph 5), 7300 (ph 7), 5560 (ph 9).</p> <p>_Aspect : blanc.</p> <p>_Odeur : inodore.</p>

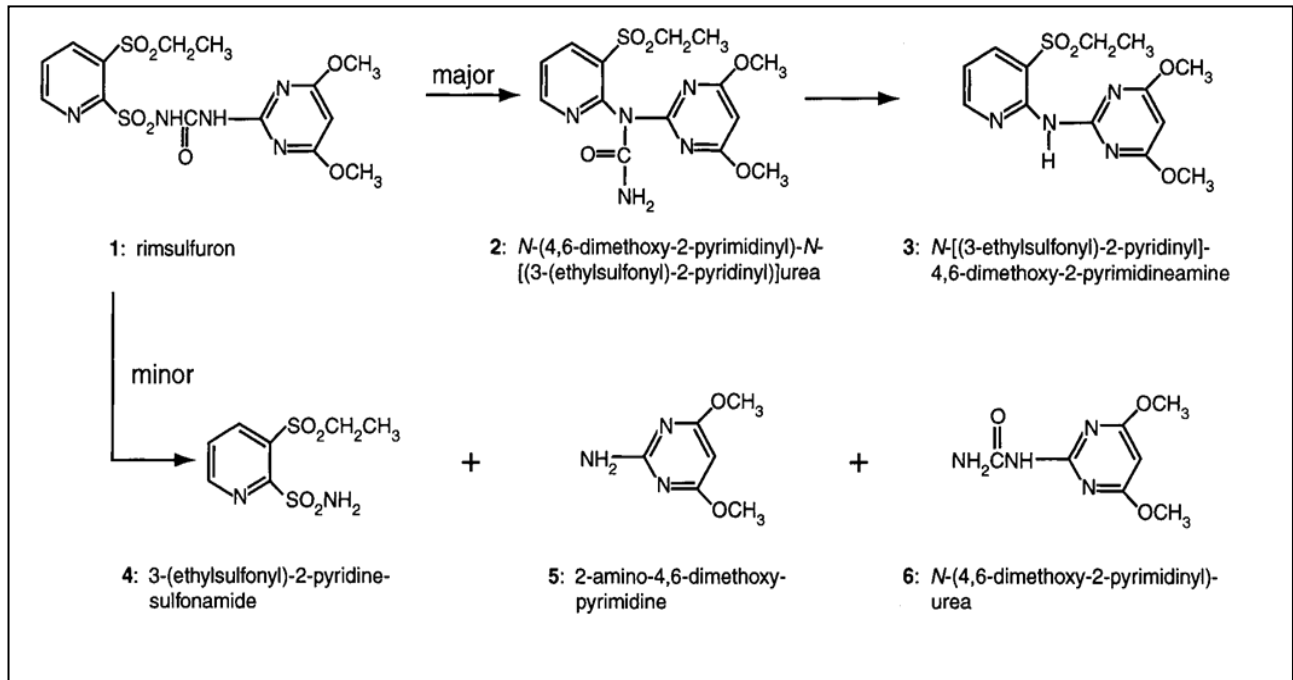
L'hydrolyse primaire de rimsulfuron à pH 5 donne le composé 1 au cours de laquelle le pont sulfonyleurea se rétracte et l'hydrolyse principale à pH 7 donne le composé 2 (**figure10**).



**Figure10** : l'hydrolyse de Rimsulfuron (**Galeazzi.R et al., 2000**)

Il se dégrade rapidement dans le sol sous haute température et faible acidité (**Bassi et al.,1990**) en particulière dans les sols sableux (**Torstensson, 1987 ; Wallnofer et Engelhardt 1989 ; Bollag et Liu 1990 ; Schaffer 1993**).

## Les différents types des sulfonyles



**Figure 11** : Structure chimique de la dégradation de rimsulfuron (Schneider GE *et al.*, 1993)

Il a été observé qu'il existe une relation entre le rimsulfuron et sa stabilité dans le sol et l'état physique de sol et ses propriétés thermiques et chimiques car il affecte la biochimie du sol, ainsi que la biomasse microbienne du sol (Perucci.P *et al.*, 2000).

Chaque type de plante et d'herbe a un certain taux d'absorption du rimsulfuron qui est différent du reste des plantes, son absorption peut être faible, comme dans les champs de pomme de terre outre la betterave sucrière. La différence de taux d'absorption est due d'un côté aux caractéristiques morphologiques des feuilles de cette plante, et d'autre part aux caractéristiques du métabolisme du rimsulfuron tel que celui possédée par la pomme de terre, l'herbe à cochon rouge et le cou d'agneau (Alebrahim.M *et al.*, 2021), et malgré la présence de matière organique dans le sol, il n'est pas en mesure de réduire la toxicité du rimsulfuron qui a un effet à long terme.

### 18. Le Sulfometuron methyl (SFM)

sulfometuron-méthyle [methyl 2-[[[(4,6-diméthyl-2-pyrimidinyl)amino]carbonyl]aminosulfanyl]]. Est un herbicide à base de sulfonyles très souhaitable à ces fins, une molécule puissante qu'il peut être utilisée efficacement comme herbicide de prélevée et de post-levée (du pont, 2007). Disponible pour une utilisation forestière et pour contrôler

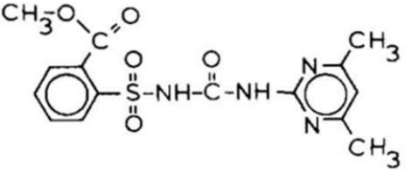


## Les différents types des sulfonylurées

les concurrents herbacés dans l'établissement et les mauvaises herbes à large spectre. C'est l'ingrédient actif de désherbant Oust O, il est encore moins sélectif que la plupart des sulfonylurées. (Russell *et al.*, 2002).

Il est l'un des herbicides sulfonylurées les plus persistants, de demi de vie dans le sol varié entre 10 et 35 jours en fonction du sol, de végétation et de condition climatique. (Harvery *et al.*, 1985). Le tableau13 présente quelques propriétés physico- chimiques de sulfometuron-méthyle.

**Tableau 15:** propriétés physico-chimiques de sulfometuron méthyle (pubchem. 2021).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPA</p> <p>1 [methyl 2. [[[[[(4,6-dimethyl-2.pyrimidinyl) a-mino~arboNyllaminolsulfan]]</p>	<p>_La formule chimique : C<sub>15</sub> H<sub>16</sub> N<sub>4</sub> O<sub>5</sub> S.</p> <p>_La masse moléculaire : 364.37 g/ml.</p> <p>_L'apparence : Solide en poudre</p> <p>_La densité : 1,48 g /cm<sup>3</sup>.</p> <p>_Point de fusion : 202 C°.</p> <p>_Solubilité dans l'eau : 244mg/l.</p> <p>_Pka: 5, 2.</p>

Ce composé est modérément à hautement stable, moins volatile de faible toxicité pour les mammifères .un puissant inhibiteur de l'ALS l'enzyme qui catalyse l'étape de condensation de deux molécules de pyruvate pour former de l'acétolactate .alors, il perturbe la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée dans les plantes suivie par inhibition rapide de la division cellulaire et la mort de la plante.

Le sulfometuron-méthyle persiste dans l'environnement du site de pulvérisation et dans une faible mesure à travers celui-ci, sa persistance dans l'environnement dépend d'un certain nombre de facteurs spécifiques au site. (Green et Streck 2001 ; Russell *et al.*, 2002).Une fois que l'SFMA a été appliqué à un site, il suivra l'un des plusieurs destins, idéalement, il sera absorbé dans les tissus végétaux cibles où il sera être déplacé vers les méristèmes des racines, il pourrait aussi potentiellement se dégrader sur les surface exposées, se retrouver dans les canaux d'eau de surface où être absorbé à la surface du sol.

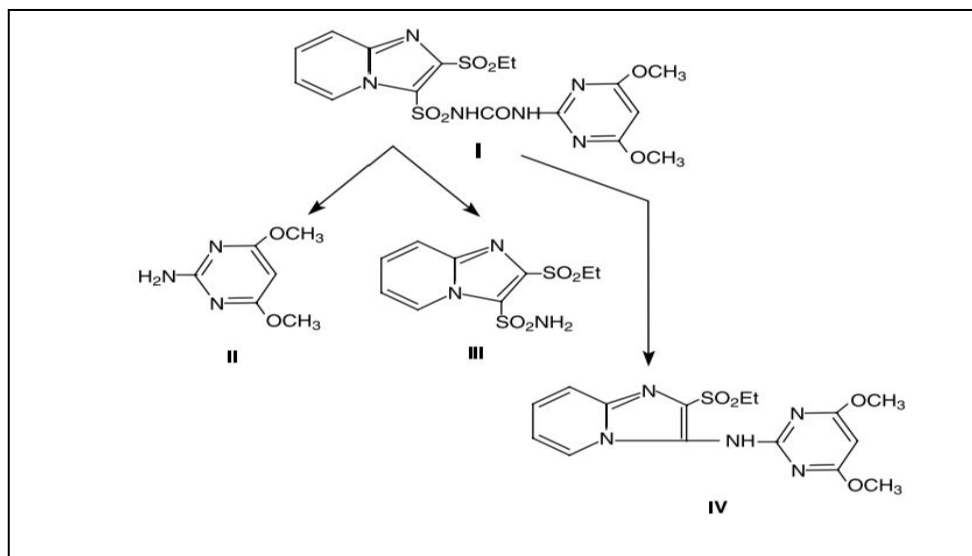
### 19. Le Sulfosulfuron

Pendant la seconde guerre mondiale, les agriculteurs ont utilisé des pesticides minéraux puis ont eu recours à des pesticides organiques, bien qu'ils soient toxiques, mais ils sont utilisés à des doses exactes et certaines, notamment les sulfonylurées, dont le type est appelé sulfosulfuron qui a été découvert en 1995. (Scalla, 1991 ; Khelifa *et al.* 2003)

Le sulfosulfuron est un herbicide, utilisé pour éliminer les mauvaises herbes de transition dans le blé d'hiver dicotylédone (Geir, *et al.* 1998), et également utilisé comme alternative à isoproturon pour contrôler les biotypes résistants de *phalaris minor* (Shukla, 1997 ; Malik, 1993), il diffère des autres en termes d'efficacité car il est capable de contrôler les mauvaises herbes aussi parce qu'il a un groupe imidazo-pyridine dans sa structure (Hageman, 1996). Il a la capacité de contrôler la moutarde sauvage (Zand *et al.*, 2007) qui est une mauvaise herbe nuisible pour le blé et aucun autre pesticide ne peut contrôler. Le sulfosulfuron est actuellement développé par Monsanto pour carex et de contrôle du pâturin annuel dans certains gazons chauds et saison froide.

Le sulfosulfuron est utilisé aux stades de prélevée et de post levée et a un effet sur la croissance des plantules de soja (Nedjma, 2002), il contrôle également certaines mauvaises herbes en inde, il est faiblement absorbée par le sol, la sorption d'herbicides avec des valeurs de Kf comprises entre 0,37 et 1,17 (Neera, 2012) où le système d'absorption commence à partir de l'extrémité de la racine et/ou de la surface de la feuille, puis se propage à toutes les parties de la plante, après qu'il devient à l'intérieur, il arrête la division cellulaire et donc la croissance de la plante, il réduit efficacement la hauteur et le poids de la plante, ainsi que la quantité de pigments photosynthétiques tels que ceux présents dans la chlorophylle, et conduit à une diminution de la protéine dans les feuilles, ce qui est important dans la formation de la photosynthèse et augmente le pourcentage d'acides gras saturés. Son travail est donc important et efficace dans les feuilles formées (Nedjma, 2002) de plus, il contrôle les mauvaises herbes annuelles à feuilles larges et après application, il peut prendre plusieurs semaines pour tuer les mauvaises herbes cibles.

Le sulfosulfuron se dégrade dans différentes conditions, selon le pH où il se décompose rapidement dans l'acidité de pH 5 et à l'état alcalin de pH 8.



**Figure 12:** les métabolites major de sulfosulfuron(Supradip S et al., 2003).

**I** : { 1-(2-ethylsulfonylimidazo [1,2-a] pyridin-3-yl)sulfonyl)-3-(4,6-dimethoxy pyrimidin-2yl)}, **II** : 4,6-Dimethoxy-2-Amino-Pyrimidine,

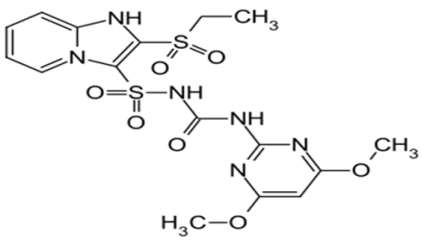
**III** : 1-(2-Ethylsulfonylimidazo [1,2-a] Pyridin)-3-Sulfonamide,

**IV** : 1-(2-Ethylsulfonylimidazo [1,2-a] Pyridin-3-yl)-3-(4,6-Dimethoxy Pyrimidine-2-yl) Amine.)

Ces propriétés dans le sol au sens de son comportement dans le milieu où il est absorbé par le sol limoneux (pH 6.1) (Neera, 2012).

## Les différents types des sulfonurées

**Tableau16 :** propriétés physico-chimiques de sulfosulfuron (Neera, 2012)

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPAC 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-[(2-ethanesulfonyl-imidazo [1,2-a]pyrimidine) sulfonyleurea.</p>	<p>_nom commun : sulfosulfuron.</p> <p>_formule moléculaire : C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>N<sub>6</sub>O<sub>7</sub>S<sub>2</sub>.</p> <p>_Point de fusion : 201.1-201.7°C.</p> <p>_Solubilité dans l'eau (pH 7) : 1628.8 mg/l.</p> <p>_Pka = 3.5</p> <p>_Kow à PH 7 = 0.170 à PH 5 = 0.019 à PH 9 = 0.482</p> <p>_Kd : 0.91 et 0.8</p> <p>_Pression de vapeur : 3,05.10<sup>-8</sup> Pa à 20°C.</p> <p>_Flamabilité et propriétés d'exposition : non inflammable, non explosif.</p> <p>_pureté minimale : 980 g/kg.</p> <p>_masse moléculaire : 470.49.</p>

Exemple des herbicides qui contient le sulfosulfuron :

Herbicides certitude : pour le gazon est destiné pour le contrôle de pâturin dans l'agrostis (stolonifère gazon).

Herbicides outsider : sont des composés blancs, inodore, granulés solubles dans l'eau contenant 75% sulfosulfuron, est destinée à lutter contre les mauvaises herbes à feuilles larges dans les zones non cultivées.

Les deux produits peuvent être utilisés en prélevée et post-levée sur les sites alimentaires et non alimentaires.

### 20. Triflurosulfuron-méthyl

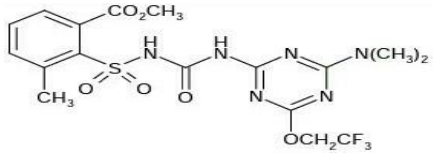
Triflurosulfuron-méthyl Son nom commun est méthyl 2-[4-diméthyl amino-6-(2,2,2-trifluoroéthoxy) -1, 3,5-triazin-2ylcarbamoylsulfamoyl]-m-toluate (triflurosulfuronméthyl). Il appartient à la classe des herbicides Triazinylsulfonilurées qui inhibe l'enzyme ALS impliquée dans la synthèse des acides aminés à chaîne ramifiée, ce qui conduit à l'arrêt de la division cellulaire et des processus de croissance ultérieurs chez les plantes (EFSA, 2008).

Le triflurosulfuron-méthyl est absorbé principalement par les feuilles, utilisé dans les betteraves sucrières et le fourrages pour lutter contre les mauvaises herbes annuelles et les dicotylédones jusqu'au stade de croissance. Le produit formulé par le Représentant pour évaluation est le Triflurosulfuron-méthyl 50 WG (Arkéma, 2004, EFSA, 2008).

Certaines preuves du groupe d'étude de génotoxicologie complète de l'Autorité Européenne de Sécurité Alimentaire EFSA en 2008 confirment que le triflurosulfuron-méthyl n'a aucun potentiel génotoxiques chez les mammifères, n'est ni toxique pour la reproduction ni tératogène.

ed seuqimihc-ocisyhp sétéirporp seLTriflurosulfuron-méthyl uaelbat el snad seétnesérp tnos suivant:

**Tableau 17** : propriétés physico-chimiques du Triflurosulfuron méthyl (Arkéma, 2004, EFSA, 2008).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p style="text-align: center;">IUPAC méthyl 2-[4-diméthyl amino-6-(2,2,2-trifluoroéthoxy) -1, 3,5-triazin-2ylcarbamoylsulfamoyl]-m-toluate (triflurosulfuronméthyl)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Moléculaire formula : C<sub>17</sub>H<sub>19</sub>F<sub>3</sub>N<sub>6</sub>O<sub>6</sub>S</li> <li>_ forme : cristaux blancs</li> <li>_ solubilité dans l'eau : 0,26 g/L - 25 °C</li> <li>_ Etat Physique : Solide</li> <li>_ Masse molaire : 492,4</li> <li>_ Point de fusion : 159 - 162 °C</li> <li>_ Densité : 1,481</li> <li>_ Pression de vapeur : -5 1,01.10 Pa à 20 °C</li> <li>_ Coefficient de partage : 0,96-25°CetpH7noctanol /eau (log Pow).</li> </ul>

## Les différents types des sulfonurées

Les principales voies de biotransformation du triflurosulfuron-méthyle étaient l'hydroxylation ou la déméthylation du cycle triazine et le clivage du pont sulfonurée (EFSA, 2008).

### 21.-Le Triasulfuron

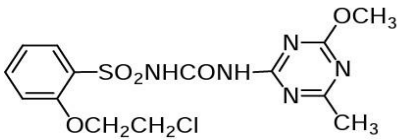
Le Triasulfuron est le nom commun pour 2-(2-chloroethoxy)-N-[[[4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl]amino]carbonyl]benzenesulfonamide.

Le triasulfuron appartient à la classe des herbicides Triazinylsulfonurée, c'est un herbicide sélectif qui est absorbé par les feuilles et les racines et traverse rapidement les couches du sol, donc sa sélectivité dépend du taux métabolique de la culture (EFSA, 2009), Le triasulfuron est utilisé à très faibles doses (10-25 g de matière active), pour le désherbage sélectif des céréales (Amrien et Gerber., 1985), de sorte que les composés sulfonylés constituant une nouvelle classe d'herbicides à toxicité pratiquement faible et chronique pour mammifères et phytotoxicité très élevée pour les herbes (Brown, 1990).

Le triasulfuron est plus stable en milieu neutre ou faiblement basique qu'en milieu acide, avec une demi-vie du triasulfuron à pH neutre supérieur à un an (Braschi *et al.*, 1997).

Les propriétés physiques et chimiques de ce composé sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau18** : propriétés physico-chimiques du Triasulfuron (Pubchem., 2021).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p>IUPAC 2-(2-chloroethoxy)-N-[[[4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl]amino]carbonyl]benzenesulfonamide</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>_Formule moléculaire : C<sub>14</sub>H<sub>16</sub>ClN<sub>5</sub>O<sub>5</sub>S</li><li>_Masse moléculaire : 401.8</li><li>_Couleur/Forme : Poudre blanche fine</li><li>_Point de fusion : 186.0 °C</li><li>_Densité : 1.5 g/cm<sup>3</sup></li><li>_La pression de vapeur : 7.5*10<sup>-13</sup>mm Hg at 20 °C</li><li>Constantes de dissociation : pKa = 4.64</li></ul>

La dégradation du Triasulfuron a été évaluée dans des sols non stériles et stériles incubés à différentes températures et teneurs en eau in vitro à l'aide d'un essai biologique pour la croissance des racines du maïs. La disparition du Triasulfuron était plus rapide dans des conditions non stérilisées que dans un sol stérilisé, ce qui indique l'importance des micro-organismes dans le processus de dégradation. De sorte que la décomposition de l'herbicide était plus rapide à 30°C qu'à 10°C, avec une demi-vie de 11-13 jours à 30°C et de 30-79 jours à 10°C. La dégradation des herbicides est plus affectée par la température que par le changement de l'humidité du sol. La disparition de l'herbicide a été rapide dans un sol non stérile à 30°C pendant les 30 premiers jours d'incubation, mais de faibles niveaux de résidus ont persisté jusqu'à 90 jours. La deuxième application de l'herbicide, dans des sols dans lesquels une dose initiale de triasulfuron s'est dégradée, a disparu au même rythme que l'ajout de l'herbicide à un sol non traité auparavant, indiquant aucune amélioration de la décomposition avec l'utilisation répétée de l'herbicide (**Foppong et Sagar., 1992**)

### **22. Tribenuron-méthyl (TBM)**

Tribenuron-Méthyle est le nom commun pour Méthyle 2-[4-methoxy-6-methyl-1, 3,5-triazin-2yl (methyl) carbamoyl-sulfamoyl] benzoate (**AESa, 2004**).

C'est une molécule chimique complexe qui présente une fonction herbicide et appartient à la famille chimique des sulfonylurées, et est également utilisée pour contrôler un large éventail de mauvaises herbes à feuilles larges dans les cultures céréalières, en particulier le blé (**Anderson et al., 2001 ; Ye et al., 2003 ; He et al., 2012 ; Radivojevic et al., 2014 ; Rachedi et al., 2017**), de sorte que les mauvaises herbes sulfonylurées contenant du TBM comme substance active affecter l'action de l'enzyme acétolactate synthase (ALS)/acétohydroxyacide synthase (**Gerwick et al., 1993**), de sorte que chez les plantes sensibles, le TBM inhibe l'action de l'enzyme ALS et bloque la première étape de la synthèse des acides aminés, ce qui entraîne une perturbation de la division cellulaire, de sorte que le cycle mitotique est empêché à en quelques heures après l'utilisation de l'herbicide, ce qui provoque l'arrêt de la croissance des racines et des parties aériennes des plantes sensibles (**Scheel et Casida, 1985**).

Le TBM est appliqué une ou deux fois par saison de croissance à un taux saisonnier de 30 g /ha. Ce produit s'applique après la levée des cultures, grâce à l'utilisation d'arroseurs au sol monté sur le tracteur avec des volumes d'eau allant de 100 à 600 litres /ha, afin que ces

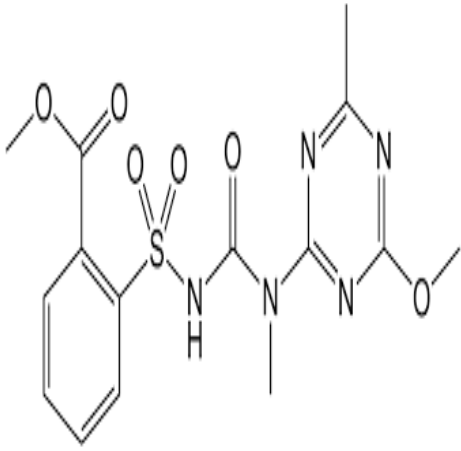
## Les différents types des sulfonilurées

applications puissent se faire sur les céréales d'hiver et de printemps depuis la levée des plantules jusqu'à la fin de l'allongement de la tige (AESa, 2004).

Déterminer les propriétés physiques et chimiques des herbicides permet de comprendre leur devenir dans le sol ainsi que leur évolution vers d'autres parties écologiques, où les principales propriétés importantes sont la composition chimique, la solubilité dans l'eau, les solvants, la pression de vapeur, l'acidité et la demi-vie (Zabaloy *et al.*, 2011). Le TBM a une bonne solubilité é dans l'eau, ce qui conduit à une faible absorption par le sol. Alors que dans des conditions acides, le TBM présente des demi-vies courtes qui ont tendance à augmenter en milieu neutre ou alcalin (ARLA, 1995).

Le tableau suivant résume les propriétés physiques et chimiques du TBM

**Tableau 19** : propriétés physico-chimiques du tribnuron-méthyle (ARLA, 1995).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques						
 <p style="text-align: center;">IUPAC</p> <p>Methyl 2-[4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl(methyl)carbamoyl-sulfamoyl]benzoate</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_Formule empirique : C<sub>15</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>S</li> <li>_Masse moléculaire : 395,39</li> <li>_Etat matériel : solide</li> <li>_Couleur : brun clair</li> <li>_Densité apparente : 1,5 g/cm<sup>3</sup></li> <li>_Point de fusion : 141 °C</li> <li>_Pka : 4,7</li> <li>_Pression de vapeur : 3,9 x 10<sup>-10</sup> mmHg à 25 °C</li> <li>_Constantes de Henry : 10-8 Pa. m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup> à pH 7</li> <li>_Coefficient de partage : octanol/eau 0,3 à pH 7</li> <li>_Vitesse d'hydrolyse pH    demi-vie (jours)</li> </ul> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">5 &lt; 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">7</td> <td style="padding: 0 10px;">3-6</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">9</td> <td style="padding: 0 10px;">32</td> </tr> </table>	5 < 1		7	3-6	9	32
5 < 1							
7	3-6						
9	32						



## Les différents types des sulfonylurées

---

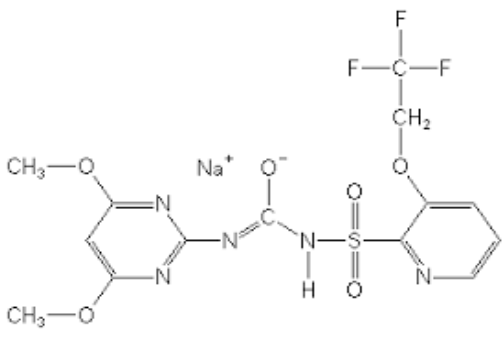
De nombreux métabolites ont été mentionnés dans la littérature (**Battaro et al., 2008**) dans le sol, les trois principaux métabolites sont classés par ordre d'importance : la triazine amine(TBM1), la N-déméthyl triazine amine(TBM2), et la saccharine (TBM3), tous sont produits avec des rendements chimique supérieurs à 10%. Un autre composé majeur est observé en conditions anaérobies : l'O-déméthyl tribunuron-méthyle(TBM4), ce dernier se transforme rapidement pour donner les trois composés préalablement mentionnés. Dans les eaux de surface et les systèmes eau-sédiment, les trois principaux métabolites identifiés sont par ordre d'importance : TBM, l'acide 2-(aminosulfonyl) benzoïque TBM 5 et TBM 3, le métabolite TBM1 est plus fortement adsorbé que TBM sur le sol(  $K_{oc} = 53-138$  ml/g), le métabolite TBM2 également (  $K_{oc}=17-226$  ml/g), en revanche, le métabolite TBM3est plus faiblement adsorbé ( $K_{oc}=12-20$  ml/g). En l'adsorption ne dépend du PH d'aucun d'entre eux (**AESA, 2004**).

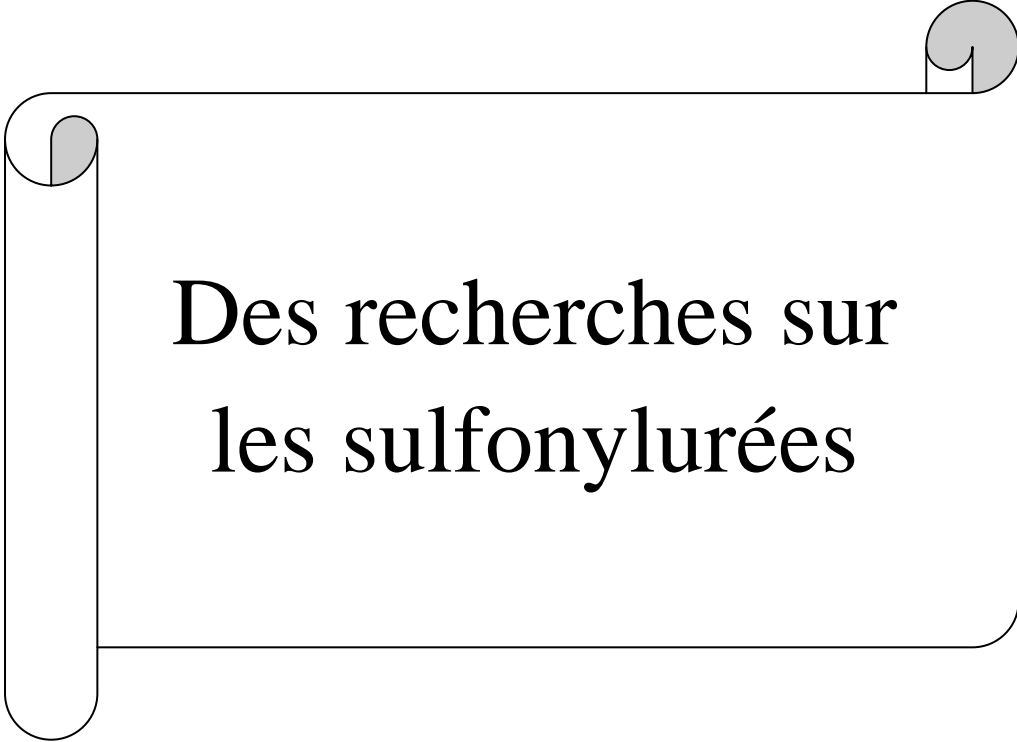
### 23. Le Thrioxysulfuron sodium (TFS)

Connu sous le nom chimique sodium ;(4,6-diméthoxypyrimidin-2-yl) carbamoyl-[3-(2,2, 2-trifluoroéthoxy) pyridin-2-yl] sulfonylazanide. C'est une molécule chimique active qui a un effet herbicide appartenant au groupe des sulfonylurées .étiqueté pour le contrôle des mauvaises herbes en coton , le gazon et la canne á sucre .souvent nécessaire pour le contrôle d'une variété de parasites dans le coton .appliqué en post levée á des taux de 5 g h<sup>-1</sup> .en pulvérisation., cette molécule agit comme un inhibiteur de L'ALS des plantes entraîner l'arrêt totale de la biosynthèse à l ' intérieure de la plante suivi d'une vraie mort. (**pucbhem ,2021**).

## Les différents types des sulfonilurées

**Tableau 20** : propriétés physico - chimique de trifloxysulfuron sodium (TFS) (**pubchem**,2021).

Structure chimique	Propriétés physico-chimiques
 <p>IUPAC ;(4,6-diméthoxypyrimidin-2-yl) carbamoyl- [3-(2, 2,2-trifluoroéthoxy) pyridin-2-yl] sulfonilazanide</p>	<p>_Formule moléculaire : C<sub>14</sub>H<sub>13</sub>F<sub>3</sub> N<sub>5</sub>NaO<sub>6</sub>S</p> <p>_La masse moléculaire : 459,34 g/mol</p> <p>_La forme physique : solide en poudre.</p>



Des recherches sur  
les sulfonurées

---

### 1. Effet de l'herbicide tribunuron-méthyl sur la croissance des actinobactéries du sol et la caractérisation des souches résistantes

Le sol a un écosystème régulé par ses propres micro-organismes, et les changements résident dans l'introduction de substances étrangères vitales qui provoquent des fluctuations dans la qualité et la quantité des microbes, ce qui affecte l'équilibre du sol, de sorte que ces microbes soient affectés par les pesticides appliqués à plusieurs reprises, ce qui entraîne des déséquilibres dans les processus biologiques du sol. Les pesticides sont largement utilisés dans le monde entier sur les cultures céréalières qui peuvent constituer un danger à long terme pour l'environnement.

Granstar® 75 DF est l'un des pesticides les plus largement utilisés en algérie dans les cultures céréalières car il contient 75% de tribunuron, qui agit pour arrêter la division cellulaire chez les plantes en inhibant l'enzyme ALS trouvée dans les plantes et les bactéries et non trouvée chez l'homme et les animaux (De Schrijver *et al.*, 2000).

L'étude a été menée pour découvrir l'effet de Granstar® sur les bactéries actiniques dans le sol et les expériences sont basées sur les changements qui se produisent sur les organismes dans le sol, en particulier, les souches d'actinomycètes utilisant un milieu sélectif d'actinomycètes à la fois dans les sols traités avec Granstar et les sols non traités, où les microorganismes ont été dans les sols agricoles traités moins que ceux isolés des sols non traités, ce qui indique que Granstar® a un effet négatif sur les actinomycètes.

Les souches résistantes. Ont été isolées et nommées SRK12 et SRK17.

Sur la base de leurs caractéristiques spécifiques, leur morphologie et le séquençage de l'ARN, la souche SRK12 a été classée avec quatre souches de type *Streptomyces* (*S. vinaceusdrappus*, *S. mutabilis*, *S. ghanaensis* et *S. enissocaesilis*), tandis que SRK17 était étroitement apparentée à *Streptomyces africanus*.

Une réaction peut être catalysée pour détruire le tribunuron dans des conditions acides où il est utilisé comme source de carbone où du glucose et conduit finalement à une dégradation partielle de la molécule de tribunuron, où le méthyle disparaît et l'apparition de deux composés avec des concentrations élevées et des composés secondaires stables et ne se

décomposant pas chimiquement, ce procédé donne une application prometteuse pour le traitement biologique des sols neutres et alcalins (Kounouz *Ret al.*, 2018).

### **2. Effets de la lumière et du monosulfuron sur la croissance et les pigments photosynthétiques d'*AnabaenaFlos-AquaeBreb***

Afin de connaître l'effet de monosulfuron sur la croissance des pigments optiques des cyanobactéries fixatrices d'azote, la croissance d' *AnabaenaFlos-AquaeBreb* lors d'une exposition à différentes intensités lumineuses (2000 lux, 3000 lux et 4000 lux) a été étudiée, où il existe 7 concentrations de monosulfuron qui empêchent significativement la croissance des algues, il a été noté que le nombre de cellules et le taux de croissance diminuaient avec une augmentation de la concentration en monosulfuron, cela indique que l'*AnabaenaFlos-AquaeBreb* est sensible au monosulfuron, où l'intensité la plus sensible est de 4000 lux, suivie par 3000 lux et 2000 lux, par conséquent, le monosulfuron a un effet différent sur la synthèse des pigments photosynthétiques. Les algues traitées contiennent une quantité importante de carotène (0,08\_0,008 mg/l) et il a été noté que le monosulfuron à l'intensité de 2000 lux est différent de la stimulation du monosulfuron exposé à l'intensité de 3000 lux et 4000 lux mais son inhibition est à une concentration supérieure à 0,8 mg/l et affecte spécifiquement la protéine binaire présente dans les cellules d'*AabaenaFlos-AquaeBreb*, ainsi selon ces études, il a été prouvé que le monosulfuron a un effet inhibiteur sur la croissance de la nutrition mixte des plantes à différentes intensités lumineuses, à travers laquelle apparaît une sensibilité différente aux cyanobactéries, les résultats ont indiqué que l'application de monosulfuron à des faibles concentrations (inférieures à 0,8 mg/l) au champ ont permis de réduire l'effet négatif sur ces organismes bénéfiques et lorsqu'il est appliqué en post-levée, il provoque relativement moins d'inhibition sur les cyanobactéries (Jianying, *et al.*, 2009)

### **3. Mécanisme de résistance aux herbicides à la sulfonyle dans la mauvaise herbe à feuilles larges, *Kochiascoparia***

La reproduction de cultivars de *Kochiascoparia* résistants à l'herbicide sulfonyle chlorsulfuron se produit grâce à l'utilisation continue de cet herbicide dans les zones de culture monograinière des États-Unis. La résistance aux sulfonyles observée chez *Kochia* a été confirmée dans des expériences en serre. Une accumulation de poids frais et sec a été

Observée chez les kochia résistantes 2 à 350 fois plus élevée en présence de quatre herbicides sulfonyles que chez le biotype sensible. L'activité de l'acétolactate synthase (ALS) isolée de kochia résistantes aux sulfonyles était moins sensible à l'inhibition par trois classes d'herbicides inhibiteurs de l'ALS, à savoir les sulfonyles, les imidazolinones et les sulfonanilides. Les diminutions de la sensibilité à l'ALS étaient de 5 à 28 fois, de 2 à 6 fois et de 20 fois pour les herbicides à base de sulfonyle, les herbicides à base d'imidazolinone et les herbicides à base de sulfonanilide, respectivement. Aucune différence n'a été observée dans les activités spécifiques à l'ALS ou dans les taux d'absorption, de transmission et de métabolisme du chloresulfuron entre les biotypes de Kochia sensibles et résistants. Les valeurs  $K_m$  du pyruvate utilisant l'ALS de Kochia sensible et résistante étaient respectivement de 2,13 et 1,74 mm, d'où le mécanisme de résistance aux sulfonyles dans ce biotype de Kochia est dû à l'enzyme ALS moins sensible aux sulfonyles (**Leonard et al., 1990**).

#### **4. Biodisponibilité et effets secondaires d'herbicides sulfonyles dans les sols**

La phytotoxicité, la pénétration racinaire, la dégradation et la mobilité de sulfometuron méthyle et metsulfuron méthyle ont été comparées dans quatre sols naturels. La pénétration racinaire est corrélée significativement avec la phytotoxicité, et la mobilité augmente quand le pH du sol diminue, mais aucune relation significative n'est observée entre la phytotoxicité et les propriétés du sol. Des études sur la phytotoxicité du metsulfuron méthyle sont effectuées avec deux sols en modifiant leur pH, le pH du sol et la teneur en matière organique pouvant affecter cette phytotoxicité négativement. L'influence du chloresulfuron sur la biomasse et l'activité déshydrogénasique du sol a été aussi évaluée. Les résultats ont montré que cet effet était négligeable quand le chloresulfuron est appliqué à la dose normale de 5 a. I. /ha (**Yan Zhixing et Perpignan, 1990**).

#### **5. Hydrolyse des herbicides sulfonyles dans le sol et solutions aqueuses**

La sulfonyle est un herbicide unique utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes dans les cultures et les légumes, et est très populaire partout dans le monde en raison de son faible

Utilisation et de sa faible toxicité pour les mammifères. Sa décomposition dans le sol ou l'eau est importante pour la protection de l'environnement et les systèmes agricoles et est liée à sa nature anionique dans les sols alcalins, et la décomposition de ses résidus dans le sol est une tâche difficile (**Smith AE, 1995**) L'hydrolyse dépend surtout du pH, car toutes les sulfonyles se décomposent très rapidement dans l'eau à un milieu acide, ce comportement d'hydrolyse se produit en présence de minéraux, tandis que les sulfonyles se décomposent dans le sol après plusieurs expériences sur des structures avec ou sans pyridine, pyrimidique et triazine, cette décomposition se produit deux fois : d'une part par décomposition chimique (abiotique) qui dépend du PH et d'autre part un processus biologique impliquant des micro-organismes qui ont des voies similaires en général, cependant des transformations peuvent être spécifiques au composé, de sorte que son cheminement dans le sol reste complexe. (**Ajit K S et Jean S, 2002**)

### **6. Détermination des résidus d'herbicides sulfonyles dans le sol agricole**

Après l'interdiction des triazines et de certains herbicides à base de chloroacétanilide, le taux d'utilisation des sulfonyles a considérablement augmenté. Afin de déterminer l'impact de l'agriculture sur l'environnement et la qualité des produits agricoles, un programme de surveillance a été appliqué pour évaluer la présence de sulfonyles dans les sols agricoles. Parmi les 68 échantillons de sol (0-30 cm) analysés en production agricole intensive, les sulfonyles étaient présentes dans 20 échantillons. Pour déterminer les résidus SU, une HPLC-DAD et une colonne Zarbox Eclipse XDB C18 ont été utilisées.

Dans la plupart des échantillons de sol analysés, des résidus de thifensulfuron-méthyl, de nicosulfuron, d'oxansulfuron et de rimsulfuron ont été trouvés, seuls iodosulfuron-méthyl-sodium et le prosulfuron ont été générés dans 3,9% des échantillons. Alors qu'aucun résidu de metsulfuron-méthyl, d'amidosulfuron et de tritosulfuron n'a été trouvé ou que leur teneur était inférieure à la limite de détection (**Lazic et al, 2017**).



**Conclusion**

---



## **Conclusion :**

Les herbicides sont devenus au fil du temps un facteur essentiel du maintien de la santé des plantes dans le monde en raison de leur efficacité contre les agents nocifs, ce qui a conduit au développement de l'agriculture.

Les sulfonylurées sont un groupe d'herbicides qui inhibent la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée dans les plantes, par l'inhibition de ALS, Ils sont largement utilisés comme herbicides sélectifs de pré et post-levée pour le contrôle de la plupart des mauvaises herbes à feuilles larges et des graminées annuelles dans de nombreux cultures agricoles.

Ces molécules sont devenues très populaires dans le monde entier en raison de leurs faibles taux d'application (10-40 g ha<sup>-1</sup>), une faible toxicité pour les mammifères et des activités herbicide bosselée.

Les sulfonylurées sont connues comme des acides faibles, ce qui les rend plus solubles dans les sols ayant une mauvaise absorption des minéraux argileux. Après absorption ils sont transférés à des plantes sensibles pour faire leur travail (inhibition de l'ALS) . . Le comportement des sulfonylurées dans le sol est important pour le système agricole et la protection de l'environnement. La décomposition microbienne des molécules de sulfonyle se fait selon trois méthodes. Le clivage du pont sulfonyle, qui est le pont dominant, l'oxydation et la déestérification, leur décomposition est idéale dans les sols non stériles par rapport aux sols stériles, ce qui indique l'importance de l'activité bactérienne dans la décomposition des sulfonylurées,

Il existe plusieurs types de sulfonylées, les plus utilisés sont l'amidosulfuron, letribunuron-méthyl, l'halosulfuron, le sulfosufuron et lerimsulfuron, qui partagent certaines caractéristiques et se diffèrent par d'autres, elles empêchent toutes l'action de l'ALS dans les plantes cibles, et chacune d'entre elles a son rôle et ses utilisations dans le domaine de l'agriculture

En raison de leur importance, plusieurs recherches ont été réalisées sur ces molécules dans différents domaines tels que l'agriculture, l'environnement et la microbiologie. On peut donc dire que le sulfonyle est un composé très efficace pour éliminer tout ce qui est nocif et menace les rendements agricoles, indépendamment de certains de ses effets négatifs.



# Liste de référence bibliographique

### Les références bibliographiques

\_ **AESA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments) (2004)** Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tribenuron, Rapport Scientifique, 15: 1-52. (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments) Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tribenuron, Rapport Scientifique, 15: 1-52.

\_ **AJIT K SARMAH, AND JEAN SABADIE (2002)** Hydrolysis of Sulfonylurea Herbicides in Soils and Aqueous Solutions: a Review. School of Civil Engineering, Purdue University, 1284 Civil Engineering Building, West Lafayette, Indiana 47907-1284, and CNRS, UMR 5054, Université de Perpignan, 52 Avenue de Villeneuve, 66860 Perpignan Cedex, and France.50:6253–6265.

\_ **Allievi, L.; Gigliotti, C. (2001)** Response of the Bacteria and Fungi of 2 Soils to the Sulfonylurea Herbicide Cinosulfuron. J. Environ. Sci. Health B 36 (2): 161–175.

\_ **Almvik Marit, Gunnhild Riise, Randi Bolli, Agnethe Christiansen, Sven Roar Odenmarck1, Trond Børresen, Cathrine Waage Tveit., (2008)** Transport of sulfonylurea herbicides from a barley field in Norway: Field and laboratory studies, Bioforsk Report Vol. 3(105): 31-44 p.

\_ **Amrein, J.; Gerber, H. R. (1985)** A new herbicide for broad-leaved weed control in cereals. Proc. Br. Crop Prot. Conf.-Weeds, 55-62.

\_ **Anderson J. J., J. J. Dulka (1985).** Environmental Fate of Sulfometuron Methyl in Aerobic Soils. J. Agric. Food. Chem. 33 : 596-602.

\_ **Andersen SM, Hertz PB, Holst T, Bossi R, Jacobsen CS. (2001).** Mineralisation studies of <sup>14</sup>C-labelled metsulfuron methyl, tribenuron methyl, chlorsulfuron and thifensulfuron methyl in one Danish soil and groundwater sediment profile. Chemosphere. 45: 775–782.9

\_ **Anil Kumar, R. Puniya, Ashu Sharma, Amit Mahajan and Lobzang Stanzen (2016)** Division of Agronomy, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology, Main Campus Chatha, Jammu, Jammu & Kashmir 180 009 Sedges management in bottle gourd with halosulfuron-methyl., 48(3): 297–299.

---

## Les différents types des sulfonilurées

---

- \_ **Anonymous. (2017b)**. Label of mission herbicide. Summit Agro USA LLC, Durham, NC. [Online]. Available, from [http://www.summitagrousa.com/sites/555def9f2c1cc41147001d6d/content\\_entry555e35002c1cc4ce030094bc/5579af5f2c1cc4e144000215/files/MissionSpecimen\\_Label\\_4: 20\\_17.pd1506107918](http://www.summitagrousa.com/sites/555def9f2c1cc41147001d6d/content_entry555e35002c1cc4ce030094bc/5579af5f2c1cc4e144000215/files/MissionSpecimen_Label_4: 20_17.pd1506107918) [28 Jan. 2018].
- \_ **Anonymous. (2017c)**. Flazasulfuron wide spectrum herbicide. [Online]. Available from <http://www.iskweb.co.jp/products/pdf/flazasulfuron.pdf> [28 Jan. 2018].
- \_ **Arabet D. (2014)** Effet d'un herbicide de la famille des sulfonilurées sur la communauté bactérienne d'un sol agricole, étude de cas : le Chevalier® OnePass. Thèse de Doctorat en Biotechnologie Microbienne, Génome et Environnement. Université Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algérie. 79 p.
- \_ **Archana Suyal, Shailendra S. Chauhan, Anjana Srivastava, \*, P.C.Srivastava., (2012)** Adsorption-desorption behaviour of chlorimuron-ethyl herbicide on homoionic clays [en ligne], [http://fesss.org/eurasian\\_journal\\_of\\_soil\\_science.asp](http://fesss.org/eurasian_journal_of_soil_science.asp) [01.12.2012]
- \_ **Arkéma (2004)** Hydrate d'hydrazine. Notice technique ET fiche de données de sécurité.
- \_ **Askew SD, Wilcut JW (2002)** Absorption, translocation, and metabolism of foliar-applied CGA 362622 in cotton (*Gossypium hirsutum*), peanut (*Arachis hypogaea*), and selected weeds. *WeedSci*, 50:293-298. [https://doi.org/10.1614/00431745050\[0293:ATAMOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/00431745050[0293:ATAMOF]2.0.CO;2).
- \_ **ARLA (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire) (1995)** Tribenuron methyl. Document des décisions E95-04, Canada
- \_ **Augustijn-Beckers, P. W. M., Hornsby, A. G. and Wauchope, R. D. (1994)** SCS/ARS/CES Pesticide properties database for environmental decisionmaking II: Additional Compounds. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 137: 1-82, 1994: 9-26p.
- \_ **Azcarate M.P, Montoya J.C., Koskinen W.C. (2015)**, Sorption, desorption and leaching potential of sulfonilurea herbicides in Argentinean soils, *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 50: 229-237 p.
- \_ **Barruio, E., and Houot, S. (1996)**. Rapid mineralization of the s-triazine ring of atrazine in soils in relation to soil management. *Soil Biol. Biochem.* 28: 1341-1348p.
- \_ **Bassi A, Bencivelli A, Fabiani GP, Gamberini C, Massasso W, Salomone MC, Turchiarelli V (1990)** DPX-E9636 – Nuovo graminicida di post-emergenza del mais and ampio spettro e ri-dotta persistenza. *Atti Giorn Fitopatol* 1:125–132p.
-

## Les différents types des sulfonylurées

---

- \_ **Bottaro M., Frascarolo P., Gosetti F., Mazzucco, E., Gianotti, V. Polati, S., Pollici, E., Piacentini, L., Pavese, G., Gennaro, M. C. (2008)** Hydrolytic and photoinduced degradation of tribenuron methyl studied by HPLC-DAD-MS/MS. *J. Am. Soc. Mass. Spectrom.* 19:1221-1229p.
- \_ **Beckie H. J., R. B. McKercher (1990).** Mobility of two sulfonyleurea herbicides in soil, *J. Agric. Food Chem.* 38,310-315p.
- \_ **Bernasconi, P., A. R. Woodworth, B. A. Rosen, M. V. Subramanian, and D. L. Siehl. (1995).** A naturally occurring point mutation confers broad range tolerance to herbicides that target acetolactate synthase. *J. Biol. Chem.* 270:17381–17385p.
- \_ **Beyer, E.M., Duffy, M.F., Hay, J.V., and Schlueter, D.D. (1988).** Sulfonyleurea. In *Herbicides: Chemistry, Degradation, and Mode of Action*, P.C. Kearney, and D.D. Kaufman, eds. (New York), 117–183p .
- \_ **Beyer E. M., M. J. Duffy, J. V. Hay, D. D. Schlueter (1988).** Sulfonyleureas. In: *Herbicides: Chemistry, degradation, and Mode of Action* Eds. P. C; Kearny and D. D. Kaufman, Publishers: Marcel Dekker, Inc, 3: 117-189p.
- \_ **Bhardwaj, G. 2007.** From pioneering invention to sustained innovation: herbicides at DuPont. *Chem. Heritage* 25: 34\_36p.
- \_ **Bhattacharjee K. A., P. Dureja (1999-a).** Light-induced Transformations of Tribenuronmethyle in aqueous Solution. *Pestic. Sci.* 55: 183-188p.
- \_ **Bhattacharjee K. A., P. Dureja (1999-b).** Light-induced Transformation of Tribenuronmethyle. *Chemosphere* 38 (4): 741-749p.
- \_ **Blair, A. M.; Martin, T. D. A (1988)** review of the activity, fate and mode of action of sulfonyleurea herbicides. *Pestic. Sci.* 22: 195-219p.
- \_ **Bollag JM, Liu SY (1990)** Biological transformation processes of pesticides. In: Cheng HH (ed) *Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modelling.* (SSSA book series number 2) Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp 169–211p.
- \_ **Bourdrez, P., Beraud, J.M., (1999).** Flazasulfuron: vine herbicide. *Phytoma* 521, 66–68p.
- \_ **Boydston RA (2007)** Potato and weed response to postemergence-applied halosulfuron, rimsulfuron, and EPTC. *Weed Technol* 21(2): 465–469p.

<https://doi.org/10.1614/WT-06-040.1>

---

## Les différents types des sulfonylurées

---

\_ **Braschi Ilaria<sup>2</sup>, <sup>3</sup> Alba Pusino, § Carlo Gessa, <sup>3</sup> and Jean-Marc Bollag\***, (2000) Degradation of Primisulfuron by a Combination of Chemical and Microbiological Processes, 48: 2565-2575p.

\_ **Braschi, I., Calamai, L., Cremonini, M.A., Fusi, P., Gessa, C., Pantani, O., and Pusino, A. (1997)** Kinetics and hydrolysis mechanism of triasulfuron. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 4495-4499p.

\_ **Brown H. M. (1990)**. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pestic. Sci. 29: 263-281p.

\_ **Brown Stephen M. Strachan..D(1990)**. Basis of tolerance of soybean to thifensulfuron methyl. 37 (3): 303-313p.

\_ **Brown, H.M., Cotterman, (1994)**. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pestic. Sci. 29, 263–281p.

\_ **Calvet, R., E. Barriuso, C. Bedos, P. Benoit, M.P. Charney, and Y. Coquet (2005)**. Les pesticides dans le sol: conséquences agronomiques et environnementales. France Agricole Editions.

\_ **Candelario Palma-Bautista ID , Behroz Khalil Tahmasebi , Pablo Tomás Fernández-Moreno , Antonia M. Rojano-Delgado ,\* ID , Ricardo Alcántara de la Cruz ID and Rafael De Prado ID(2018)** First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron, 8: 157p.

\_ **Cavazza L (1981)** Fisica del terreno agrario. UTET, Firenze, 203–295p.

\_ **Chen, H.L., Yao, J., Wang, F., Bramanti, E., Maskow, T., and Zaray, G. (2009)**. Acute toxic effects of three pesticides on Pseudomonas putida monitored by microcalorimeter. J. Environ. Sci. Health Part B. 44: 157–163p.

\_ **Chirheb. A, (2012)** Photo transformation des herbicide Mefenpyrdirthyle et l'Amidosulfuron en milieu homogène et hétérogène Etude cinétique et structural, thèse Doctorat, chimie physique, Maroc : Universités Mohamed V-AGDal Faculté des sciences Rabat, 231p.

\_ **Choi, K.J., Yu, Y.G., Hahn, H.G., Choi, J.D., and Yoon, M.Y. (2005)**. Characterization of acetohydroxyacid synthase from Mycobacterium tuberculosis and the identification of its new inhibitor from the screening of a chemical library. FEBS Lett. 579: 4903–4910p.

---

## Les différents types des sulfonyles

---

\_ **Choudhury P. P., P. Dureja (1996).** Phototransformation of Chlorimuron-ethyl in Aqueous Solution. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3379-3382p.

\_ **Choudhury PP & Dureja P (1996a)** Phototransformation of chlorimuron ethyl in aqueous solution. *J Agric Food Chem* 44: 3379p.

\_ **Choudhury PP & Dureja P (1996b)** Phototransformation of chlorimuron ethyl on soil surface. *Pestic Sci* 51: 201–205p.

\_ **Christian Magne, Gae lle Saladin, Christophe Cle ment \*(2006)** Transient effect of the herbicide flazasulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L, 62: 650–657p.

\_ **CLAYS YOUBIN SI \*, SHENQIANG WANG2, DONGMEI ZHOU2 AND HUAIMAN CHEN2. (2004)** ADSORPTION AND PHOTO-REACTIVITY OF BENSULFURON-METHYL ON HOMOIONIC, 57(6): 742-748p

\_ **Coummins, J. (2009)** Glyphosate Resistance in weeds *Institute of science un society Eroupean Journal of Agronomy*, 31(1): 62-72p.

\_ **CoulibalyH., 2005.** Le SCV (Semis direct sous Couverture Végétale), un élément stratégique de gestion durable des terres agricoles : une expérience française comme base de réflexion pour le Mali. *Mémoire (DEPA. France). Chapitre 2: 13-20p.*

\_ **Crop Protection Reference (CPR). 2005.** *Crop Protection References*, 18th edn. C & P, NewYork, 2072–2077p.

\_ **Da Silva A.C., Deda D.K, Da Róz A.L, Prado R.A., Carvalho C.C., Viviani V. Leite, F.L (2013),** Nanobiosensors based on chemically modified AFM probes: a useful tool for metsulfuron-methyl detection, *Sensors*, 13:1477-1489p.

\_ **Decoin, M., (1999).** Recent developments in vine protection products: new product families, promises upheld. *Phytoma* 521: 28–33p.

\_ **Degelmann, P., Egger, S., Jüring, H., Müller, J., Niessner, R., and Knopp, D. (2006).** Determination of Sulfonylurea Herbicides in Water and Food Samples Using Sol–Gel GlassBased Immunoaffinity Extraction and Liquid Chromatography–Ultraviolet/Diode Array Detection or Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 54: 2003–2011p.

---

## Les différents types des sulfonyles

---

- \_ **Delgado-Moreno LSánchez , L., Castillo A., Pot and V. PeñaA., (2007)** Behavior of bensulfuron-methyl in an agricultural alkaline soil[en ligne]  
<https://doi.org/10.1080/03601230701229114> [22/03/2007]
- \_ **Domagalski JL, Dubrovsky NM, Kratzer CR (1997)** Pesticides in the San Joaquin River, California: inputs from dormant sprayed orchards. *J Environ Qual* 26:454–465p.
- \_ **Dong, X. N. Wang, S. Wang, X. Zhang and Z. Fan, J(2004).** *Chromatogr. A*, 1057: 13–19p.
- \_ **Duggleby, R.G.and Pang, S.S., J. Biocheen. Mol. Biol., 33 (200): 1p**
- \_ **DuPont. (2007).** DuPont question and answer brochure. Macquarie Park (Australia): DuPont (Australia) Limited, Agricultural Products. NSW 2060p.
- \_ **EFSA (European Food society Authority) (2008)** Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance triflusulfuron (considered variant triflusulfuron-methyl), Conclusion on the peer review of triflusulfuron, EFSA Scientific Report (2008) 195: 1-115p.
- \_ **European Food Safety Authority (EFSA) (2009)** Review of the existing MRLs for triasulfuron1 Prepared by the Pesticides Unit (PRAPeR) (Question No EFSA-Q-2008-641), EFSA Journal. 278, 1-23p.
- \_ **EFSA (European Food society Authority) (2010)** Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance azimsulfuron, EFSA Journal 20 10 ; 8 ( 3 ): 1554p.
- \_ **EFSA(European Food Safety Authority) (2012)** Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for flzasulfuron according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005, EFSA Journal 2012;10(11): 2958p.
- \_ **EFSA(European food safety Autorité) (2013)** Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for tribenuron according to Article 12 of Regulation (EC)No 396/2005 1, EFSA Journal 2013; 11 (11): 6-7p.
- \_ **EFSA (European Food Safety Authority)(2014)** Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance flupyrsulfuron (variant evaluated flupyrsulfuron-methylsodium) 1, 12(11): 3881p.
-



## Les différents types des sulfonilurées

---

\_ **EFSA (European Food Safety Authority) (2014)** Reasoned Opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for amidosulfuron according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005, EFSA Journal 12(3): 6-7p

\_ **EFSA (European Food Safety Authority) (2016)** Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance foramsulfuron EFSA Journal 14(3):4421p

\_ **EFSA (European Food Safety Authority) (2016)** Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance flurtamone EFSA Journal ; 14(6) : 4498p

\_ **EFSA (European Food Safety Authority) (2017)** Evaluation of data concerning the necessity of flupyr-sulfuron-methyl as a herbicide to control a serious danger to plant health which cannot be contained by other available means, including non-chemical methods, EFSA Journal 2017; 15(4): 4750p

\_ **EFSA (European Food Safety Authority) (2017)** Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance oxasulfuron EFSA Journal ;15(3):4722p

\_ **Eiser RW & Steiglitz B (1990)** Microbial biotransformation and microcolumn LC/CF-FAB MS for sulfonilurea herbicide metabolite identification. Continuous-Flow Fast Atom Bombardment Mass Spectrometry (Caprioli RM, ed.), John Wiley and Sons, New York, 166-175p

\_ **El-Debs R, Nehmé, R, Claude B, Motteau S., Togola A., Berho C, Morin, P (2014)**, Coated capillaries with highly charged polyelectrolytes and carbon nanotubes co-aggregated with sodium dodecyl sulphate for the analysis of sulfonilureas by capillary electrophoresis, Journal of Chromatography A, 1367: 161-166p

\_ **Ersin Demir & Recai İnam. (2014)** Electrochemical behaviour and determination of rimsulfuron herbicide by square wave voltammetry [en ligne] 94 (13), <https://www.tandfonline.com/loi/geac20> [16/07/2014]

\_ **Fan Z. J., Chen J. P, Ai Y. W and. Li Z. M, Saf J. (2004)** Environ, 4: 22–25p.

\_ **F, toofera B.C, A, drallo P –drofgna L D.A, oya M. C.B, kcirtapkrik .M .D, nae D...M .G, S .K selgni S .citse P .smetsys citauqa DNA lios Ni lyhtem-noruflyspulf FO ruoivaheb DNA etaf. ) 9991(RJ elbmar B .Q). 300-882, 55 p.**

\_ **Ferrell, J., Murphy, T., Waltz, C., and Yelverton, F. (2004)**. Sulfonilurea herbicides: how do different turfgrasses tolerate them? Turfgrass Trends, Golfdom, 69–72p.

---

## Les différents types des sulfonyles

---

<http://archive.lib.msu.edu/tic/golfd/article/2004mar92.pdf>

\_ **Galeazzi, R.; Marucchini, C.; Orena, M.; Porzi, G. (2000)** the cleavage of sulfonyle herbicide rimsulfuron under basic conditions: a computational investigation. *Heterocycles* 53: 2517-2526p

\_ **Geir, P.W.; Stahlman, P.W.; Northam, F.E.; Miller, S.D.; Hageman, N.R. (1998)** MON 37500: rate and timing affect Downey brome (*Bromus tectorum*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Sci*, 46: 366–373p.

\_ **Gerwick BC, Mireles LC, Eilers RJ (1993)** Rapid diagnosis of ALS AHAS-resistant weeds. *Weed Technol* 7:519–524p.

\_ **Gigliotti C & L. Allievi (2006)** DIFFERENTIAL EFFECTS OF THE HERBICIDES BENSULFURON AND CINSULFURON ON SOIL MICROORGANISMS 36(6), 775–782p.

\_ **Gigliotti, C.; Allievi, L.; Salardi, C.; Ferrari, F.; Farini, A (1998)**. Microbial Ecotoxicity and Persistence in Soil of the Herbicide Bensulfuron-Methyl. *J. Environ. Sci. Health B33* (4): 381–398.

\_ **Gigliotti C. Allievi, L, Salardi C. Ferrari F & A. Farini(1998)** Microbial ecotoxicity and persistence in soil of the herbicide bensulfuron- methyl, [en ligne] 33 (4) (date consulté le 21 /11/ 2008).

\_ **Gigliotti C, L. Allievi , C. Salardi , F. Ferrari & A. Farini(2008)** Microbial ecotoxicity and persistence in soil of the herbicide bensulfuron-methyl 33(4): 381-398p.

\_ **Goetz, A. J.; Walker, R. H.; Wehtje, G.; Hajek, B. F.,( 1989)** Sorption and mobility of chlorimuron in Alabama soils. *Weed Sci* 37: 428-433p.

\_ **Green JM, Strek HJ. (2001)**. Influence of weather on the performance of acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: *The BCPC Conference: Weeds, 2001, Volume 1 and Volume 2. Proceedings of an international conference; 2001 November 12-15; Brighton, UK. Hampshire (United Kingdom): British Crop Protection Council. p 505-512p.*

\_ **Gunnar cent, Roland kubiak and Klaus w, Eichhon, (1993)** Date of sulfonyle Amidofurone in soil. *The sciences the Total Environnement*, 132: 201\_215p.

<https://doi.org/10.1080/03601239809373152>

---

## Les différents types des sulfonylurées

---

- \_ **Hageman N.R., S.E. Blank, G.L. Cramer, P.J. Isakson, D.K. Ryerson, and S.K. Parrish, (1996).** Proc. West Soc. Soil 49, 78p.
- \_ **Hanson, B. D., K. W. Park, C. A. Mallory-Smith, and D. C. Thill. (2004).** Resistance of *Comelina microcarpa* to acetolactate synthase inhibiting herbicides. Weed Res. 44: 187–194p.
- \_ **Harvey J., J. J. Dulka, J. J. Anderson (1985).** Properties of Sulfometuron Methyl Affecting its Environmental Fate: Aqueous Hydrolysis and Photolysis, Mobility and Adsorption on Soils, and Bioaccumulation Potential. J. Agric. Food Chem. 33: 590-596p
- \_ **Hashizume, B., (1990).** Flazasulfuron, a new turf herbicide. Jpn. Pestic. Inf. 57: 27–30p
- \_ **Hay J. V. (1990).** Chemistry of sulfonyleurea herbicides. Pestic. Sci. 29: 247-261p.
- \_ **Hemmamda, S., Calmon, M., and Calmon, J.P. (1994).** Kinetics and hydrolysis mechanism of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl. Pestic. Sci. 4: 71–76p.
- \_ **Hess F (1987)** Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cells. Rev Weed Sci USA 3:183–203p
- \_ **He Z, Liu DH, Li RH, Zhou ZQ, Wang P. (2012).** Magnetic solidphaseextraction of sulfonyleurea herbicides in environmental water samples by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dioctadecyl dimethyl ammonium chloride silica magnetic particles. Anal Chim Acta 747:29–35 p
- \_ **Hu.J. Y, Fan Z. J and. QianCF. (2001),** Agro-environ. Prot, 20: 10–14p.
- \_ **Iaria Braschi,Alba Pusino,§ Carlo Gessa, and Jean-Marc Bollag\*(2000),** Degradation of Primisulfuron by a Combination of Chemical and Microbiological Processes, 48: 2565-2575p.
- \_ **James T. K., P. Klaffenbach, P. T. Holland, A. Rahman (1995).** Degradation of Primisulfuron-methyl and metsulfuron-methyl in Soil. Weed Res. 35: 113-120p.
- \_ **JAMES T.K., RAHMAN A and JONG1 P. DE (1997)** FLAZASULFURON FOR CONTROL OF RAGWORT (*SENECIO JACOBAEA*) IN PASTURE, 477-481p.
- \_ **Janaki1 P., C. Nithya2, D. Kalaiyarasi2, N. Sakthivel2, N.K. Prabhakaram2, C. Chinnusamy(2016)** Residue of bensulfuron methyl in soil and rice following its pre- and post-emergence application, 62(9): 428-434p.
- \_ **Jensen K.I.N., (1982).** – The role of uptake, translocation and metabolism in the differential intraspecific responses to herbicides. In Herbicide Resistance in Plants, chap
-

## Les différents types des sulfonyles

---

8., Le Baron H et gressel J. ed., Wiley Interscience, John Wiley et Sons., pp 133 - 162p.

\_ **Jean-Pierre Cambon, Jean Bastide. (1998).** Kinetics of hydrolysis of thifensulfuron methyl in aqueous buffer solutions.44 (1): 333-337p.

\_ **Jhala A.J, Ramirez A.H.M, Singh M. (2012).** Rimsulfuron Tank Mixed with Flumioxazin, Pendimethalin, or Oryzalin for Control of Broadleaf Weeds in Citrus. HortTechnol. 22: 638-643p.

\_ **Jianying SHEN, Jing JIANG, Peizhong ZHENG(2009)** Effects of Light and Monosulfuron on Growth and Photosynthetic Pigments of *Anabaena Flos-Aquae* Breb. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China. 1: 408-413p.

\_ **Joshi, M. M.; Brown, H. M.; Romesser, J. A.(1985)** Degradation of chlorsulfuron by soil microorganisms. Weed Sci. 1985, 33: 888-893p

\_ **Jussara B. Regitano\*, and William C.Koskinen(2008)** characterization of Nicosulfuron Availability in Aged Soil., 56(14): 5802-5805p.

\_ **JuG. D., Kou, J. J WangM. Y., WangG. Q, Li Z. M and. WangJ. P, Agrochemicals(2009),** 48: 765–770p.

\_ **Khelifa, N ; Abrous, O ; et Aïd, F. (2003)** effets du sulfusulfuron sur la germination et la croissance des plantules de soja (*Glycine max* L). Annales de l'institut National Agronomique El-Harrach, 24 (N°1 et 2) : 69-70p.

\_ **Kidd, H. and James, D. R., Eds. (1991)** the Agrochemicals Handbook, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, (as updated).9-8p.

\_ **KIM, Jenong-dong et choul-Gyunlee., (2006)** Différentiel Réponses of Two Fresh water Cyano bactérie, *Anabaena variabilis* and *Nostoc* Commune, to Sulfonyleurea Herbicide Bensulfuron-méthyl, 16 (1) : 52-56p.

\_ **Köhler, H.-R., and Triebkorn, R. (2013).** Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond. Science. 341, 759–765p

\_ **Kou J.J., Li Z.M., Song H.B. (2006):** Synthesis and crystal structure of a sodium monosulfuron-ester (N-[2'-(4methyl) pyrimidinyl]-2-carbomethoxy benzyl sulfonyleurea sodium). Chinese Journal of Structural Chemistry, 25: 1414–1417p.

---

## Les différents types des sulfonylurées

---

- \_ **Kou J.J., Ju G.D., Li Z.M. (2013):**Synthesis and herbicidal activity of sodium monosulfuron-ester. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 15: 356–358p. (In Chinese).
- \_ **Kounouz R, Ferial Z, Radja T, Fatima A, Robert D, Béatrice L, Solange K, Maryse S, Abderrahmane B(2018)** Effect of sulfonyleurea tribenuron methyl herbicide on soil Actinobacteria growth and characterization of resistant strains. *Environmental Microbiology* 4 9:79–86p.
- \_ **LaRossa, Robert; Schloss, John (1984).**"The Sulfonyleurea Herbicide Sulfometuron Methyl Is an Extremely Potent and Selective Inhibitor of Acetolactate Synthase in *Salmonella typhimurium*". *Journal of Biological Chemistry*. 259 (14): 8753–8757p.
- \_ **Laura Scranò, Sabino A Bufo,\* Piero Perucci, pierre Meallier and Mohammed Mansour., (1999)** Photolysis and hydrolysis of rimsulfuron, 55: 955-961p
- \_ **Lazić S., Šunjka D.,\*, Čabiloški R., Vuković S., And Manojlović M (2017)** Determination of sulfonyleurea herbicide residues in agricultural soil.
- Lee, S.-C., Kim, J., La, I.-J., Kim, S.-K., and Yoon, M.-Y. (2013a).** Characterization of recombinant FAD-independent catabolic acetolactate synthase from *Enterococcus faecalis* V583. *Enzyme Microb. Technol.* 52: 54–59p.
- \_ **Leonard L. Saari,\* Josephine C. Cotterman, and Michael M. Primiani (1990)** Mechanism of Sulfonyleurea Herbicide Resistance in the Broadleaf Weed, *Kochia scoparia* 93:55-61p
- \_ **Levitt G, Ploeg GL, Weigel RC, Fitzgerald DJ (1981)** 2-Chloro-N-[4-methoxy-6-methyl-1, 3, 5-triazine-2-yl] aminocarbonyl benzenesulfonamide, a new herbicide. *J Agric Food Chem* 29: 416–424p.
- \_ **Li C. Lu, A. Wang J, Li, J. Ping H, Luan Y., Chen J., Ha X(2014),** Determination of five sulfonyleurea herbicides in environmental waters and soil by ultra-high performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry after extraction using graphene, *Journal of .separation science*, 37( 3): 714-3721p
- \_ **Li-feng Gu, Jian-dong, J., Xiao-hui, L., Ali, S.W., and Shun-peng, L. (2007).** Biodegradation of ethametsulfuron-methyl by *Pseudomonas* sp. SW4 isolated from contaminated soil. *Curr. Microbiol.* 55: 420–426p.
-

## Les différents types des sulfonylurées

---

\_ **Linshan Zhang, Scott N. White, A. Randall Olson, and Kris Pruski(2018)** Evaluation of flazasulfuron for hair fescue (*Festuca filiformis*) suppression and wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) tolerance, . 98: 1293–1303p

\_ **LIN Xiaoyan<sup>1</sup>;**, **ZHAO Yuhua,**\_, **FU Qinglin, M. L. Umashankara, FENG Zhihong(2008)** Analysis of culturable and unculturable microbial community in bensulfuron-methyl contaminated paddy soils 20: 1494–1500p.

\_\_ **Lloyd JL and Wax LM, (1984).** Screening for soybean va-rieties sensitive to DPX-F6025. In- Proc North Central Weed Control Conf, Winnipeg, Manitoba, Canada, De-cember 4-6, 39: 95-96p.

\_ **Lu, P., Jin, L., Liang, B., Zhang, J., Li, S., Feng, Z., and Huang, X. (2011).** Study of biochemical pathway and enzyme involved in metsulfuron-methyl degradation by *Ancylobacter* sp. XJ-412-1 isolated from soil. *Curr. Microbiol.* 62: 1718–1725p.

\_ **Madigan, M.T., and Martinko, J.M. (2006).** Brock Biology of Microorganisms. Pearson Prentice Hall.

\_ **Madrid S. O, Merritt A., and Nichols M., (1988)** Inter- nal Report ABR-88107, Ciba-Geigy Ltd., Greensboro, August 15.

\_ **Magdalena Alesso, César A. Almeida, María C. Talio, Liliana P.Fernández(2017)** Metsulfuron-methyl determination in environmental samples by solid surface fluorescence.[ en ligne ], .<http://www.10.1016/j.microc.2018.02.023>.[ 19.02.2018].

\_ **Magné, C., Saladin, G., and Clément, C. (2006).** Transient effect of The herbicide flazasulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. *Chemosphere*, 62: 650-657p

doi:[10.1016/j.chemosphere.2005.04.119](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.119).

\_ **Maitri Desai, GD Patel, NK Patel, ST Bhatt and Manoli Patel (2017)** .Effect of different herbicides on *Cyperus rotundus* L. inturf.[en ligne]

[http:// www.phytojournal.com](http://www.phytojournal.com) [14-10-2017]

\_ **Ma, J.-P., Wang, Z., Lu, P., Wang, H., Waseem Ali, S., Li, S.-P., and Huang, X. (2009).** Biodegradation of the sulfonyleurea herbicide chlorimuron-ethyl by the strain *Pseudomonas* sp. LW3. *FEMS Microbiol. Lett.* 296: 203–209p.

---

## Les différents types des sulfonilurées

---

- \_ **Malik, R.K.; Singh, S. (1993)** Evolving strategies for herbicide use in wheat. In Proceedings of International Symposium on Integrated Weed Management for Sustainable Agriculture; Indian Society of Weed Science: Hissar, India, 1: 225–238p.
- \_ **Mansour M., E ; Feicht, P. Méallier (1989).** Improvement of the photostability of selected substances in aqueous medium. *Toxicol. Environ. Chem.* 20-21: 139-147p.
- \_ **Manuela Garrido. E, José Costa Lima , Cristina M. Delerue-matos, Ana Maria Oliveira Brett., (2006)** Electrochemical Behaviour and Square Wave Voltammetry of the Rice Herbicides Molinate, Bensulfuron-Methyl, Mefenacet and Thiobencarb, [en ligne]  
<https://doi.org/10.1080/03067319908047307> [27/10/2006]
- \_ **Marczewska K., Rola H., Sadowski J., (2007).** Free amino acids as an index of weeds resistance to chlorsulfuron. *Progr. Plant Protect. /Post. Ochr. Rośl.* 47(3): 199-205. (In Polish).
- \_ **Martins J. & Mermoud A. (1998)** Transport of formulated rimsulfuron and its metabolites in an alluvial soil *Sub. For Pub. To Chemosphere.*
- \_ **Martins, J.M.F., and Mermoud, A. (1999).** Transport of rimsulfuron and its metabolites in soil columns. *Chemosphere.* 38: 601–616p.
- \_ **Martin H. (2000)** Classes de modes d'action des herbicides. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales, Ontario, Canada.
- \_ **Masao Saeki. Koki Toyota (2004)** Effect of bensulfuron-methyl (a sulfonilurea herbicide) on the soil bacterial community of a paddy soil microcosm 40: 110–118p.
- \_ **McCourt, J.A., and Duggleby, R.G. (2006).** Acetohydroxyacid synthase and its role in the biosynthetic pathway for branched-chain. *Amino Acids.* 31: 173–210p.
- \_ **METZGER L. O. Y, MUNIER-LAMY C., CHONE T., ANDREUX F., BELGY M. J., MARTINS J. MERMOUD A. (1996)** Fate of the sulfonilurea herbicide rimsulfuron in soil Mobility and interactions with soil constituents. Devenir d'un herbicide sulfoniluréé dans les sols : mobilité et interactions avec les constituants du sol. 1434p.
- \_ **Michael T. Rose et al (2016).** Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. *Advances in Agronomy Volume 136,* p.133-220p.
- \_ **Mohammad Alebrahim T 1 & Roghayeh Majd2 & Fatemeh Abdollahi1 & Rouzbeh Zangoueinejad, franck E. Dayan, Solvejg K Mathiassen, Per Kudsk., (2021)** Absorption
-



## Les différents types des sulfonyles

---

and Metabolism of Foliar-Applied Rimsulfuron in Potato (*Solanum tuberosum* L.), Common Lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) [en ligne] [22/04/2121].

\_ **Morrica, P., Barbato, F., Giordano, A., Seccia, S., and Ungaro, F. (2000).** Adsorption and Desorption of Imazosulfuron by Soil. *J. Agric. Food Chem.* 48: 6132–6137p.

<https://doi.org/10.1007/s11540-021-09498-w>

\_ **Nathan D Robertson and Anthony S Davis (2010)** Sulfometuron Methyl: Its Use in Forestry and Potential Phytotoxicity, 62p.

\_ **Nedjma, K (2002)** effets d'un herbicide : le sulfosulfuron sur la germination, le début de croissance et le métabolisme cellulaire des feuilles des plantules du soja (*Glycine max* L). Thèse de magistère : ecobiologie et amélioration végétale. Algérie : université des sciences et de la technologie Houari Boumediènes, 01p.

\_ **Neera, S; Shashi, B (2012)** Sorption-desorption behavior of metsulfuron-méthyl and sulfosulfuron in soils. Division of agricultural Chemicals, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India, 24: 168\_174p.

\_ **Nègre, M., Baiocchi, C., and Gennari, M. (2005).** Cinosulfuron: chemical and biological degradability, adsorption and dissipation in flooded paddy field sediment. *Pest Manag. Sci.* 61: 675–681p.

\_ **Nelemans B., Wijngaarden R.v., Roessink I., Arts G.H. (2017),** Effects of the herbicide metsulfuron-methyl on a plant community, including seed germination success in the F1 generation, *Frontiers in Environmental Science*, 5-10p.

\_ **Nilson H. (1985).** Capillary transport of a mobile herbicide. A column experiment with chlorsulfuron. *Weeds Conf.* 1: 209-216p.

\_ **Nmy D. G and Michael J. L. (1989)** EFFECT OF SULFOMETURON METHYL ON GROUND WATER AND STREAM QUALITY IN COASTAL PLAIN FOREST WATERSHEDS, 26(3): 617p.

\_ **Nourddin C (2002)** Contribution à l'étude du comportement de l'herbicide triflousulfuron méthyle dans le sol et dans milieu aquatique : étude de la photodégradation en milieu aqueux, préparation et étude de nouvelles formulations à libération contrôlée, thèse doctorat en chimie

---



## Les différents types des sulfonylurées

---

de l'environnement. Université Hassan II ain-chock. Faculté des sciences Casablanca. Casablanca. Maroc. 140 p.

\_ **O'Keefe DP, Romesser JA, and Leto KJ (1987).** Plant and bacterial cytochromes P450: involvement in herbicide metabolism. *Recent Adv Phytochem.* 21, 151–173p.

\_ **O'Keefe, D.P., and Harder, P.A. (1991).** Occurrence and biological function of cytochrome P450 monooxygenases in the Actinomycetes. *Mol. Microbiol.* 5: 2099–2105.  
O'Keefe DP, Romesser JA, and Leto KJ (1987). Plant and bacterial cytochromes P450: involvement in herbicide metabolism. *Recent Adv Phytochemical.* 21: 151–173p

\_ **Omer, C.A., Lenstra, R., Little, P.J., Dean, C., Tepperman, J.M., Leto, K.J., Romesser, J.A., and O'Keefe, D.P. (1990).** Genes for two herbicide-inducible cytochromes P-450 from *Streptomyces griseolus*. *J. Bacteriol.* 172: 3335p

\_ **Perucci P Dumontet., S Bufo S.A, Mazzatura A, Casucci C., (2000)** Effects of organic amendment and herbicide treatment on soil microbial biomass, 32 : 17-23p.

**Piao X. Y., Jiang H., Tao C. J, Wang X. J, Guo Z. J. and. Fan W, Chin. J. (2012)** *Pestic. Sci,* 14: 315–320p.

\_ **Prasad S. S. (1992).** Predicting the environmental distribution of compounds with unknown physicochemical properties from known pesticides properties. *J. AOAC Intern.* 75 (5), 916-924p.

\_ **Pubchem (2005)** Azimosulfuron

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Azimosulfuron#section=Chemical-and-Physical-Properties> [le 10/07/2021]

\_ **Pubchem (2021)** Azimosulfuron

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Azimosulfuron> [2021-06-28].

\_ **Pubchem (2021)** chlorsulfuron

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlorsulfuron> [2021-07-02]

\_ **Pubchem (2021)** Flupyrsulfuron-méthyle

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Flupyrsulfuron-methyl> [2021-07-04]

\_ **Pubchem (2021)** Halosulfuron-méthyle

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Halosulfuron-methyl> [2021-06-20]

---

## Les différents types des sulfonyles

---

\_ **Pubchem (2021)** Iodosulfuron-méthyle

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Iodosulfuron-methyl-sodium> [2021-06-20]

\_ **Pubchem (2021)** metsulfuron-méthyle

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Metsulfuron-methyl> [2021-07-11]

\_ **Pubchem (2021)** sulfometuron-methyl

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfometuron-methyl> [2021-07-18]

\_ **Pubchem (2021)** Triasulfuron

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Triasulfuron> [2021-06-26]

\_ **Pusino A., I. Braschi, S. Petretto, C. Gessa (1999)**. Photodegradation of herbicide triasulfuron. *Pestic. Sci.* 55: 479-481p

\_ **Pusino, A., Fiori, M.G., Braschi, I., and Gessa, C. (2003)**. Adsorption and Desorption of Triasulfuron by Soil. *J. Agric. Food Chem.* 51: 5350–5354p.

\_ **Qasim M T and Al-Mayali H K (2019)**. Investigate the relation between Baicalin effect and gene expression of LH, FSH, Testosterone in male rats treated with Gemcitabine drug. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12 (9):41354141p.

\_ **QianX, P. Lee. W and CaoS, Agric J (2010)** *Food Chem*, 58: 2613–2623p.

\_ **Qingxiang Zhou, Junping Xiao, and Weidong Wang., (2007)** Trace analysis of triasulfuron and bensulfuron-methyl in water samples using a carbon nanotubes packed cartridge in combination with high-performance liquid chromatography, 157: 93-98p.

\_ **Rachedi , K., Zermane ,F., Tir ,R.,Ayache , F., Duran ,R., Lauga,B. ,Karama ,S. ,Simon ,M., Boulahrouf ,A.(2017 )**.Effect of sulfonyleurea tribenuron methyl herbicide on soil Actinobacteria growth and characterization of resistant strains .*Braz J Microbil* .294p.

\_ **Radivojević L, Jovičić D, Santrić L, Gašić S, Umiljendić Gajić J. (2014)**.Effects of metsulfuron-methyl on soil microbial activity. *ArchTech Sci.* 11(1):77–82.

\_ **Ray,T.B (1982)** mode of action of chlorsulfuron: a new herbicide for cereals. *Pestic BiochemPhysiol* 17:10p.

\_ **Reddy, K.N., Locke, M.A., Wagner, S.C., Zablutowicz, R.M., Gaston, L.A., Smeda, R.J., ( 1995)**. Chlorimuron ethyl sorption and desorption kinetics in soils and

---

## Les différents types des sulfonylurées

---

herbicide- desiccated cover crop residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 4: 2752–2757p.

\_Reddy, K. N.; Zablotowicz, R. M.; Locke, M. A., (1995) Chlorimuron adsorption, desorption, and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems. *J. Environ. Qual*, 24:760-767p.

\_ Roberts T.R., Hutson D.H., Lee P.W., Nicholls P.H., Plimmer J.R. (1998): *Metabolic Pathways of Agrochemicals: Part 1: Herbicides and Plant Growth Regulators*. Cambridge, Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, 483–487p.

\_Roberts, R., (1998). *Metabolic Pathways in Agrochemicals, Part I*, Royal society of America. pp. 488 -490pp.

\_ROBERT A. LAROSSA\* AND DANA R. SMULSKI (1984) *ilvB-Encoded Acetolactate Synthase Is Resistant to the Herbicide Sulfometuron Methyl*, 160(1) :391-394p.

\_ Robert A. LaRossa and John V. Schloss (1984) *The Sulfonyleurea Herbicide Sulfometuron Methyl Is an Extremely Potent and Selective Inhibitor of Acetolactate Synthase in Salmonella typhimurium* .259(14): 8753 – 8757p.

\_ROBERTO BUSI, FRANCESCO VIDOTTO, ALBERT J. FISCHER, MARI´A D. OSUNA, RAFAEL DE PRADO, and ALDO FERRERO (2006). *Patterns of Resistance to ALS Herbicides in Smallflower Umbrella Sedge (Cyperus difformis) and Ricefield Bulrush (Schoenoplectus mucronatus)*. 20:1004\_1014p.

\_ Rost TL, Reynolds T (1985) *Reversal of chlorsulfuron-induced inhibition of mitotic entry by isoleucine and valine*. *Plant Physiol* 77:481–482. doi:10.1104/pp.77.2.481p.

\_ Rost T L (1984) *the comparative cell cycle and metabolic effects of chemical treatments on root tip meristems. III. Chlorsulfuron*. *J Plant Growth cycle Inpress*.

\_ Rouchaud, J., Neus, O., Cools, K., and Bulcke, R. (1999). *Flupyrsulfuron Soil Dissipation and Mobility in Winter Wheat Crops*. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3872–3878p.

\_ Russell MH, Saladini JL, Lichtner F. (2002). *Sulfonyleurea herbicides*. *Pesticide Outlook* 166-173p.

\_Sandeep Kumar Maurya, RK Singh, Brijesh Kumar, Sarvajeet and Ranvir, (2021) *A review on halosulfuron methyl: New post emergence herbicide for effective control of sedges*

---

## Les différents types des sulfonylurées

---

in sugarcane and its phytotoxicity on crops.[ en ligne ] , 10(3); 526- 529p.  
<http://www.ThePharmajournal.com>. [07-02-2021]

- \_ **Sanjoy Saha\* and K.S. Rao (2010)** Evaluation of bensulfuron-methyl for weed control in wet direct-sown summer rice47.1 : 38-41p.
  - \_ **Sarmah, A.K., and Sabadie, J. (2002)**. Hydrolysis of sulfonyleurea herbicides in soils and aqueous solutions: a review. J. Agric. Food Chem. 50: 6253–6265p.
  - \_ **Scalla R., (1991)** Les herbicides : mode d'action et principes d'utilisation. Chap. Mécanisme d'action phytotoxique des autres familles d'herbicides. INRA (Paris).
  - \_ **Sharma, S., Banerjee, K., and Choudhury, P.P. (2012)**. Degradation of chlorimuron-ethyl by *Aspergillus niger* isolated from agricultural soil. FEMS Microbiol. Lett. 337, 18–24.
  - \_ **Schneiders G. E., M. K. Koeppe, M. V. Naidu, P. Horne, A. M. Brown, C. F. Mucha (1993)**. Fate of Rimsulfuron in the Environment. J. Agric. Food Chem. 41: 2404-2410p
  - \_ **Schaffer A (1993)** Pesticide effects on enzyme activities in the soil ecosystem. In: Bollag JM, Stotzky G (eds) Soil biochemistry, vol 8. Dekker, New York, pp 273–340p.
  - \_ **Scheyer A. (2000)**. Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuses, particulaire et liquide de l'atmosphère. Application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie. Chapitre: (p8-11; p22-27) et chapitre, 2: 30-36p.
  - \_ **Schneiders GE, Koeppe MK, Naidu MV, Horne P, Brown HM and Mucha Cf(1993)**, Fate of rimsulfuron in the environment. J Agric. Food Chem 41: 2404-2410p.
  - \_ **Scranò L., A. S. Bufo, P. Perucci, P. Méallier et M. Mansour (1999)**. Photolysis and hydrolysis of rimsulfuron. Pestic. Sci. 55: 955-961p
  - \_ **Senesi N (1992)** Binding mechanisms of pesticides to soil humic substances. Sci Tot Environ 123/124:63–76p.
  - \_ **Sengnil, K., Usur, K. and Ishizuka, K. (1992)** Recovery from growth inhibition and acetolactate synthase activity in rice suspension-cultured cells treated with bensulfuron-methyl. Weed Research of Japan, 37, 28p.
  - \_ **Shukla, G. In A (1997)**, New Selective Herbicide to Control Annual Grasses and Broad Leaved Weeds in Wheat, 16th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 128–131p.
-

## Les différents types des sulfonylurées

---

- \_ **Shaner, D.L. (Ed.). (2014).** Herbicide handbook. 10th ed. Weed Science Society of America, Lawrence, KS. 513 p.
- \_ **Si, Y., Zhou, J., Wang, X., and Zhou, D. (2003).** Adsorption of bensulfuron-methyl in soils. Huan Jing Ke Xue. 24: 122–125p.
- \_ **Si, Y.B., Yue, Y.D., Chen, H.M. and Zhou, D.M. (2004)** Photodegradation of bensulfuron-methyl on soil surface. Pest Management Science, 60: 286-29034p.
- \_ **SIBONY- M \*, MICHEL A, HAAS H U, RUBIN B \* & HURLE K (2001)**  
Sulfometuron-resistant *Amaranthus retroflexus*: cross-resistance and molecular basis for resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides, 41: 509-522p.
- \_ **Smith A E (1995)** Review of analytical Methods for Sulfonylurea Herbicides in Soil Chem Anal J environ 106-97, 59p.
- \_ **Sondhia, S. (2009).** Leaching behaviour of metsulfuron in two texturally different soils. Environ. Monit. Assess. 154: 111–115p
- \_ **Soltani, N., Sikkema, P.H., Robinson, D.E., (2006).** Vegetable crop responses to chlorimuronethyl applied in the previous year. Crop Protection 24: 685–688p.
- \_ **Springer V.H, Aprile F., Lista A.G., (2014)** Determination of sulfonylureas in cereal samples with electrophoretic method using ionic liquid with dispersed carbon nanotubes as electrophoretic buffer, Food chemistry, 143: 348-353p.
- \_ **Supradip Saha, Shashi Bala Singh & Gita Kulshrestha (2003)** High Performance Liquid Chromatographic Method for Residue Determination of Sulfosulfuron. 3, pp. 337–347 : 2003p.
- \_ **Susumu Ishimitsu\*, Akiko Kaihara, Kimihiko Yoshii, Yukari Tsumura, Yumiko Nakamura, and Yasuhide Tonogai., (2002)** Simultaneous Determination of Azimsulfuron, Flazasulfuron and Halosulfuron-methyl in Grains, Seeds, Vegetables and Fruits by HPLC, 48(4) : 335-340 p.
- \_ **Takeda S., Yuyama T, Ackerson R. C., and Weigel R. C, Weed Res. (1985)** (Japan) 30, 278-283p .
- \_ **Takeshi Yuyama, Shinichi Shirakura (1991)** Mode of Safener Action of Dimepiperate, a Thiocarbamate Herbicide, on Bensulfuron Methyl Activity, 46 : 887-892p.
-

## Les différents types des sulfonyles

---

- \_ **Tang, Z., Zhang, W., and Chen, Y. (2009)** Adsorption and desorption characteristics of monosulfuron in Chinese soils. *J. Hazard. Mater.* 166: 1351–1356p.
- \_ **Tang, M. Li, L. Zhong Q, Zhang G., Feng X., Deng S., (2014)**. Determination of herbicides in soil by dispersive solid-phase extraction, dispersive liquid–liquid microextraction, and highperformance liquid chromatography, *Analytical Letters*, 47 2871-2881p.
- \_ **Tan S., Evans R., Singh B., (2006)**. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *Amino Acids*, 30(2): 195-204p.
- \_ **Teruhiko Terkawa, Tetwakes. (1992)** Rice Mutant Resistant to the Herbicides Bensulfuron-méthyl (BSM) by in vitro sélection, 42: 264-275p.
- \_ **Thomas A. U., (1996)** Pesticide synthesis handbook, Noyes Publications, 165-166 p.
- \_ **Torstensson NTL (1987)** Microbial decomposition of herbicides in soil. In: Huston DH, Roberts TR (eds) *Herbicides*. Wiley, Chichester, pp 249–270p.
- \_ **Tranel, P. J., T. R. Wright, and I. M. Heap. (2004)**. ALS mutations from herbicide-resistant weeds. Web site: <http://www.weedscience.com>. Accessed December.
- \_ **Trubey R. K., R. A. Bethem, B. Peterson (1998)**. Degradation and Mobility of Sulfometuron-methyl (Oust Herbicide) in Field soil. *J. Agric. Food Chem.* 46, 2360-2367.
- \_ **Union des industries de la protection des plantes UIPP (2012)** Rapport d'activité 2011\_2012 43 p.
- \_ **U.S. Environmental Protection Agency. Chemical Information Fact Sheet Primisulfuron-methyl (1990)** Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC, 214: 9-16p.
- \_ **Vencilli, W.K., (2002)**. *Herbicide Handbook*, 8th edition, Weed Science Society of America, Champaign, IL pp. 493-498p.
- \_ **Venkatesh R, Harrison SK & Loux MM (1993)** Photolysis of aqueous chlorimuron and imazaquin in the presence of phenolic acids and riboflavin. *Weed Sci* 41: 454–459p.
- \_ **Vischetti C P, Perucci L., (2000)** Scarponi Relationship between rimsulfuron degradation and microbial biomass content in a clay loam soil, 31: 310-314p.
- \_ **Walker A., P. A. Brown (1983)** Measurement and prediction of chlorsulfuron Persistence in Soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 30, 365-372p.
-

## Les différents types des sulfonylurées

---

\_Walker, A.; Cotterill, E. G.; Welch, S. J (1989). Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl in soils from different depths. *Weed Res.* 29: 281-287p.

\_ Wallnofer PR, Engelhardt G (1989) Microbial degradation of pesticides. In: Bergmann H, Engelhardt G, Martin D, Mengs H-J, Otto D, Richter R, Scoknecht U, Wallnofer PR (eds) *Degradation of pesticides, desiccation and defoliation, ACh-receptors as targets*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 1–115p.

\_ WangJ. G, LeeP. K. M, DongY. H, PangS. S., DugglebyR. G., Li Z. M. and GuddatL. W., *FEBS J.*, (2009), 276, 1282–1290p.

\_ WangJZhang, J. JiangS. Q. WangX. J., YangY. R., JiangW. L., LiZ. M., Kou J. J and ZhaoW. G, *Chin. Public HealthJ.*, (2006) 22, 988–989p.

\_ Wang M.Y., Kou J.J., Ju G.D., Liu B.S. (2008): Applied research of a new sulfonyleurea herbicide monosulfuron. *Agrochemicals*, 47: 412–422p.

WANG Jing-jing, LI Xiang-ju, LI Dan, HAN Yu-jiao, LI Zheng, YU Hui-lin, CUI Hai-lan (2018) Non-target-site and target-site resistance to AHAS inhibitors in American sloughgrass (*Beckmannia syzigachne*) 17(12) : 2714–2723p.

Weed Science Society of America. (1994) *Herbicide Handbook*, Seventh Edition. Champaign, IL.9-5p.

\_ Worthing, C. R. and Hance, R. J. (1991) "The Pesticide Manual" 9th edn., British Crop Protection Council, Farnham, UK.

\_ Wright, T. R., N. F. Bascomb<sup>1</sup>, S. F. Sturmer, and D. Penner.( 1998). Biochemical mechanism and molecular basis for ALS-inhibiting herbicide resistance in sugarbeet (*Beta vulgaris*) somatic cell selections. *Weed Sci.* 46:13–23p.

\_ WuC. X. ZhangS. Z, NieG. Zhang Z. M and WangJ. J., J(2011). *Environ. Sci.*, 23, 1524–1532p.

\_Ye, Q., Sun J. And Wu J. (2003). Cause of phytotoxicity of metasulfuron – methyl bound residues in soil. *Environm.Poll.* 126(3): 417-423.36p.

\_ YOUNBIN SI, SHENQIANG WANG, DONGMEI ZHOU AND HUAIMAN CHEN<sup>2</sup> (2004) ADSORPTION AND PHOTO-REACTIVITY OF BENSULFURON-METHYL ON CATIONIC CLAYS 52, (6): 742–748p.

---

## Les différents types des sulfonyles

---

**\_Zabaloy M. C., Zanini G. P., Bianchinotti V., Gomez M. A. and Garland J. L.**

**(2011)** Herbicides in the Soil Environment: Linkage between Bioavailability and Microbial Ecology, Herbicides, Theory and Applications, Prof. Marcelo Larramendy (Ed.), InTech, 87 DOI: 10.5772/12880. Available from

<http://www.intechopen.com/books/herbicides-theory-and-applications/herbicides-inthe-soil-environment-linkage-between-bioavailability-and-microbial-ecology>.

**\_ Zanardini, E., Negri, M., Boschini, G., D'Agostina, A., Valle, A., Arnoldi, A., and Sorlini, C. (2002)** Biodegradation of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl by *Aspergillus niger*. *ScientificWorldJournal*, 2, 1501–1506p.

**\_ Zanardini, E. Arnold, A. i. Boschini G. D'Agostina A. Negri, M. (2013), Sorlini C.** Microbial degradation of Sulfonyleurea, *Microbiology of Composting*, 309p.

**\_ Zand. E. Ali Baghestani, M. Soufizadeh S, Eskandari A., PourAzar R., Veysi M., Mousavi K, Barjasteh A. (2007)**, Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran, *Crop Protection*, 26 1349-1358p.

**\_ Zhu YW, Zhao YH, Lin XY, and Yong L (2005)** Isolation characterization and phylogenetic analysis of an aerobic bacterium capable of degrading bensulfuronmethyl, *World J Microbiol Biotechnol*, 21, 1195–2000p.

**\_ Zhao J., Ju G.D., Li Z.M. (2013):** Synthesis and herbicidal activity of sodium monosulfuron-ester. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 15: 356–358p.



## Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Ecologie microbienne**

### **ETUDE GENERALE DES HERBICIDS SULFONYLUREES**

#### Résumé

Les sulfonyles sont connues pour leur activité herbicide, elles sont donc utilisées dans tous les programmes de désherbage à travers le monde, pour leur capacité à contrôler sélectivement les mauvaises herbes dans diverses grandes cultures. Les sulfonyles ont une structure chimique unique qui leur permet d'inhiber la biosynthèse des acides aminés à chaîne ramifiée en inhibant l'action de l'ALS ;chez les plantes. Ils ont une faible toxicité chez les mammifères. L'étude de l'adsorption, de la mobilité et de la décomposition microbienne a permis de connaître et de comprendre le devenir des sulfonyles dans le sol et l'eau. L'amidosulfuron, le rimsulfuron et l'halosulfuron sont parmi les sulfonyles les plus courantes dans le monde en raison de leur forte activité. Vue leur importance, de nombreuses études et recherches scientifiques ont été menées sur les sulfonyles dans de différents domaines telles que la microbiologie, l'agriculture et l'environnement.

**Mot clés :** sulfonyles ; herbicide ; ALS ; mauvaises herbes ; microbiologie ; agriculture ; environnement

#### Membre du jury :

**Présidente du jury :** Abdelaziz wided (MCB- UFM Constantine 1).

**Examinatrice :** Hecini-Hannachi Abla (MCA- Faculté de Médecine U Constantine 3)

**Rapporteur :** Zermane Feriel (MAA- UFM Constantine 1).

**Présentée par :** Deghdegh Amel                      Houazi Fadoua

**Le Himer Sara**

**Année universitaire : 2020-2021**