



## **MONITORING ET ETUDE CINETIQUE DE LA DISSIPATION DE QUATRE HERBICIDES DE LA FAMILLE DES S-TRIAZINES DANS LES EAUX DE RINÇAGE DES FONDS DE CUVE ET DES PULVERISATEURS**

**DIARRA M.<sup>1</sup>, KOUADIO L. D.<sup>1</sup>, MEITE L.<sup>2</sup>, SORO D.B.<sup>2</sup>, KOUAKOU K.P.<sup>2</sup>  
ABOUA K.N.<sup>2</sup>, DEMBELE A.<sup>3</sup>, MAMADOU K.<sup>2</sup>, TRAORE K. S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> UFR Environnement, Université Jean Lorougnon GUEDE  
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences de l'Environnement, UFR Sciences et Gestion de  
l'Environnement, Université Nangui Abrogoua 08 BP 801 Abidjan 08. Côte d'Ivoire.

<sup>3</sup> Laboratoire Central d'Agronomie et d'Écotoxicologie (LCAE) LANADA  
04 BP 612 Abidjan04, Côte d'Ivoire

*moussa\_diarra64@yahoo.fr*

### **RESUME**

L'étude du monitoring et de la dissipation concernent 4 herbicides (simazine, prométryne, terbutryne et Terbuthylazyne) de la famille des s-triazines. L'étude du monitoring a montré que les quatre molécules sont présentes toute l'année dans les eaux étudiées Cette étude a aussi montré que la simazine a été le pesticide le plus couramment détecté. En effet, elle a été retrouvée dans 80% des échantillons, dont la concentration la plus élevée était de 1,84 µg/L.

Quant à l'étude de la dissipation des herbicides sélectionnés dans les effluents phytosanitaires, elle a été faite par photolyse directe sous irradiation polychromatique (exposition à la lumière du jour) et mis à l'obscurité. Les résultats de l'étude montrent qu'en absence de la lumière, les taux de dégradation de ces quatre composés ont été plus faibles. La lumière a donc un léger effet sur la dissipation des molécules. La terbutryne et la terbuthylazine ont été les composés les plus persistants dans l'environnement aquatique.

**Mots clés :** simazine, prometryne, terbutryne, terbuthylazine, dissipation

## **ABSTRACT**

The study of the monitoring and of the dissipation relate 4 herbicides (simazine, prometryn, terbutryn and Terbutylazyne) of the family of s-triazine compounds. The study of the monitoring has shown that the four molecules are presented, all year round in the waters studied. This study also showed that simazine was the most commonly detected pesticide. Indeed, it was found in 80% of the samples, the highest concentration was 1.84 mg/L.

As for the study of the dissipation of the herbicides selected in phytosanitary effluents, it was made by direct photolysis under polychromatic irradiation (sunlight) and put in the darkness. The results of the study show that in the absence of light, the rate of degradation of these four compounds has been weaker. The light thus has a slight effect on the dissipation of molecules.

The terbutryn and terbutylazine were the compounds the more persistent in the aquatic environment.

**Keywords:** simazine, prometryn, terbutryn, terbutylazine, dissipation

## **INTRODUCTION**

Dans le cadre de leur activité professionnelle, les exploitants des plantations d'ananas et de bananes utilisent un ensemble de produits phytosanitaires qui leur servent à protéger leurs cultures des ravageurs, des champignons, des maladies ou des mauvaises herbes. Ces quantités de substances actives répandues dans les plantations de bananes et d'ananas se retrouvent dans les eaux de surface, parfois à des concentrations non négligeables (Traoré et al., 2002). Ce phénomène est dû au transfert des herbicides de la zone de traitement vers le milieu aquatique principalement par la pluie (ruissellement) et les eaux utilisées pour l'irrigation des cultures (Huart B. et al., 1993 ; Thurman E. et al., 1991 ; Lafrance P. et al., 1997).

Dans leur ensemble, ces planteurs s'exposent à des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour éviter de telle agression de l'environnement, les grandes exploitations agricoles installent parfois, des retenues artificielles d'eaux en aval des plantations industrielles. Ces dispositifs ont pour rôle de permettre la dilution ou la dégradation partielle ou totale des produits

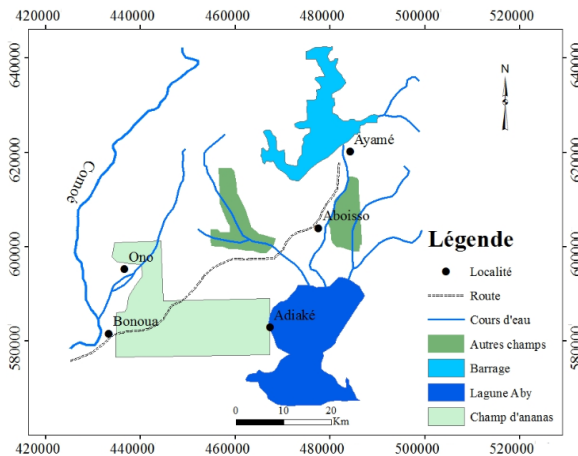
phytosanitaires contenus dans les eaux de drainage ou de ruissellement avant leur rejet dans l'environnement (Dhaoudi et al, 2008 ; Traoré *et al.* 2002), ont montré que ces retenues d'eau sont le lieu de nettoyage des pulvérisateurs, des emballages de pesticides et autres matériels souillés par ces produits.

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence, par un suivi annuel et un monitoring l'état de contamination des eaux de drainage et de la retenue d'eau par les pesticides de la famille des triazines d'une part et d'autre part de faire l'étude de la dissipation des quatre herbicides de la famille des s-triazines sélectionnés dans le but de suivre la cinétique après une exposition à la lumière et à l'obscurité

## MATERIELS ET METHODES

### Zone d'étude

Les plantations d'ananas et de bananes situées dans la zone de Bonoua, ville située dans la région du Sud-Comoé, au nord-est de Grand-Bassam et 60 km à l'est d'Abidjan (Latitude : 5° 16'N, Longitude : 3° 35'W) en Côte d'Ivoire ont constitués les sites de nos investigations. Dans cette zone, les planteurs utilisent la plupart du temps les cours d'eaux ou les retenues d'eaux comme lieu de préparation des bouillies de pesticides et de rinçage des pulvérisateurs.

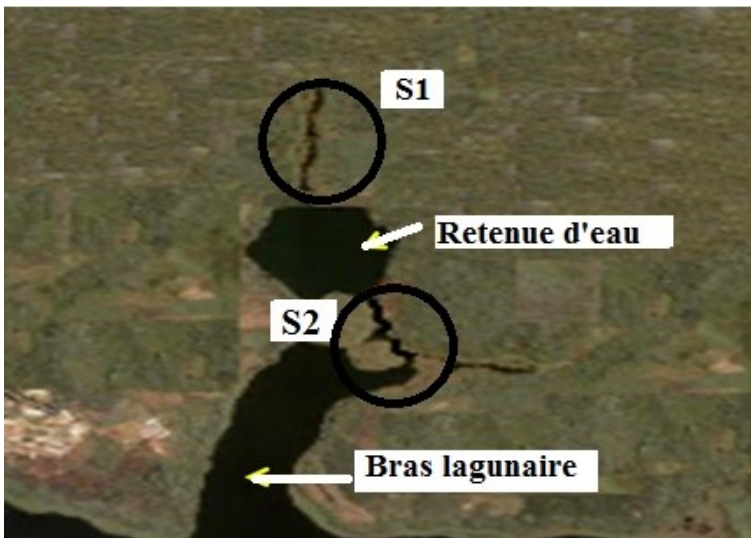


**Figure 1** : Carte de la zone d'étude

### **Site d'échantillonnage**

La sortie des eaux de drainage des plantations, située à moins d'un kilomètre en amont de la rentrée de la retenue d'eau et la sortie de la retenue d'eau en amont de la lagune ont été choisies comme sites de prélèvement pour l'évaluation des concentrations en herbicides drainés depuis les plantations. Au niveau de ces deux stations de mesure qui sont distantes d'environ 1,5 km linéaire, 4 points de prélèvement ont été identifiés.

Cette investigation menée pendant 8 campagnes, a permis de prélever 240 échantillons d'eau sur les 2 sites retenus soit 120 échantillons dans les eaux de drainage à la sortie des plantations et 120 autres tirés des eaux de retenue.



**Figure 2 :** Drainage des effluents à l'entrée et à la sortie de la retenue d'eau

### **Molécules recherchées**

Dans ce travail, le matériel biologique recherché concerne les herbicides de la famille des s-triazines : la prométryne, la simazine, la terbutryne et la terbuthylazine.

**Tableau 1** : Structure et propriétés physico-chimiques des triazines étudiées

STRUCTURE	PROPRIETES
<b>Simazine</b>	
	<p>Solubilité : 6,2 mg/L (eau, 20 °C)  Masse molaire : 201,657 g·mol<sup>-1</sup>  T° (fusion) : 229,78 °C  LogKow = 1,51– 2,26  Pka = 1,65– 1,7</p>
Formule brute : C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> ClN <sub>5</sub>	
<b>Prométryne</b>	
	<p>Solubilité : 33 mg/L (eau, 20 °C)  Masse molaire : 241,36 g·mol<sup>-1</sup>  Température de fusion : 119 °C  Point d'ébullition : 300 °C  LogKow = 3,44 – 3,48  pKa = 4,05 – 4,1</p>
Formule brute : C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> S	
<b>Terbutryne</b>	
	<p>Solubilité : 22 mg/L (eau, 20°C)  Masse molaire : 241,35g·mol<sup>-1</sup>  Température de fusion : 104 °C  LogKow = 3,43 – 3,72  pKa = 4,3  Koc : 2000</p>
Formule brute : C <sub>10</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> S	
<b>Terbuthylazine</b>	
	<p>Solubilité : 8,5 mg/L (eau à 20 °C)  Masse molaire : 229,71 g·mol<sup>-1</sup>  Température de fusion : 177 – 179 °C  LogKow = 3,02 – 3,06  Koc : 305- 1350</p>
Formule brute : C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> ClN <sub>5</sub>	

## **Méthodes d'échantillonnage**

### ***Périodicité de l'échantillonnage***

Le choix d'un prélèvement mensuel sur une période de huit mois a été admis comme le meilleur compromis entre une cadence de prélèvement fine et un nombre d'échantillons réaliste, à la fois en terme opérationnel pour le traitement au laboratoire et en terme de coût analytique. Ce mode de prélèvement a été adapté aux différentes saisons afin d'obtenir une estimation réaliste de la pollution. Les prélèvements ont été faits en aval des plantations et de la retenue d'eau.

### ***Méthodes d'analyse***

Les méthodes chromatographiques permettant l'identification et la quantification des herbicides dans les différents prélèvements d'eau ont été employées. En tenant compte du coût de revenu des différentes analyses, la méthode de recherche multi résidus a été adoptée pour le dosage de ces herbicides. Ainsi, le protocole d'analyse qui comprend le prétraitement des échantillons et le dosage en CLHP a été utilisé. Il s'agit de la méthode par SPE en liquide haute performance (HPL) avec une détection UV sur RP-C18 (cartouche).

### ***Détection***

Les herbicides recherchés dans cette étude ont la capacité à absorber la lumière à certaines longueurs d'onde, lesquelles sont souvent caractéristiques de la famille chimique. Pour les triazines, le maximum d'adsorption se situe vers 220 nm. C'est pourquoi la détection de ces herbicides est réalisée grâce à un détecteur UV multicanaux. Les solutés qui entrent dans le détecteur sont soumis à un rayonnement UV (de 190 à 360 nm). Ils absorbent une partie du rayonnement à certaines longueurs d'onde.

### ***Préparation des solutions à irradier***

Chaque effluent d'herbicides (simazine, prométryne, terbutryne et terbuthylazine) de 200 mL ainsi obtenus, ont été prélevés et ramenés à une concentration initiale de 10 mg/L dans l'eau purifiée tamponnée à pH 7,0 avec

les sels de sodium et de potassium dihydrogénophosphate ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Toutes les expériences de dégradation ont été effectuées avec une concentration de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  pour chacune des molécules

### ***Description du photoréacteur***

Les expériences ont été réalisées à l'aide de mini-réacteurs de 20mL, en quartz, perméables au rayonnement UV et placés sous une rampe d'irradiation.

Cette rampe est équipée d'une lampe présentant une répartition spectrale polychromatique, ou monochromatique. La distance entre la lampe et les mini-réacteurs est de 20 cm. La lampe est allumée vingt (20) minutes avant de placer les mini-réacteurs. Les solutions exposées aux radiations UV sont homogénéisées à l'aide d'un agitateur magnétique.

La Source lumineuse comprend une lampe polychromatique à vapeur moyenne pression Vilbert - Lourmat T6M d'une puissance électrique de 6W. L'émission de cette source commence à 285 nm.

### ***Suivi de la dégradation des herbicides***

Les cinétiques de dégradations photochimiques des molécules ont été suivies par Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC utilisé lors du monitoring), en suivant la disparition du produit de départ. Les conditions chromatographiques optimisées pour l'analyse de ces composés étudiés ainsi que pour les longueurs d'onde de détection sont répertoriées dans le Tableau 2.

**Tableau 2 :** Conditions analytiques pour le couplage CLHP/UV et les limites de détection

	Eluant	$\lambda$ (nm) de détection	Colonne
Simazine	Eau /acétonitrile : 40/60	214	
Prometryne	Eau /acétonitrile : 40/60	214	SHIMADZU
Terbutryne	Eau /acétonitrile : 50/50	223	de type Shim-Pack C18
Terbuthylazine	Eau /acétonitrile : 50/50	223	(250x4mm), 6 $\mu\text{m}$

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Contamination des eaux par les herbicides

Le Tableau 3 présente les concentrations moyennes mensuelles des molécules détectées et quantifiées au niveau des deux sites.

**Tableau 3 :** Périodicité de la contamination des eaux de drainage et de retenue dans la zone de Bonoua.

Mois	Simazine (µg/L)		Prometryne (µg/L)		Terbutryne (µg/L)		Terbutylazine (µg/L)	
	R	D	R	D	R	D	R	D
Janv	<b>0,9</b>	0,192	<b>0,74</b>	0,194	<b>0,86</b>	0,21	<b>0,021</b>	0,011
Avril	<b>1,182</b>	0,47	<b>0,929</b>	1,024	<b>1,285</b>	0,474	<b>0,027</b>	0,035
Mai	<b>0,804</b>	0,112	<b>0,55</b>	0,113	<b>0,69</b>	0,107	<b>0,04</b>	0,022
Juin	<b>0,64</b>	0,213	<b>0,51</b>	0,217	<b>0,57</b>	0,223	<b>0,03</b>	0,015
Juillet	<b>0,314</b>	0,146	<b>0,31</b>	0,142	<b>0,293</b>	0,141	<b>0,03</b>	0,185
Août	<b>1,24</b>	0,719	<b>1,38</b>	0,823	<b>0,35</b>	0,835	<b>0,123</b>	0,025
Sept	<b>0,86</b>	0,075	<b>0,88</b>	0,067	<b>0,76</b>	0,071	<b>0,06</b>	0,053
Oct.	<b>1,84</b>	0,043	<b>1,24</b>	0,036	<b>1,17</b>	0,035	<b>&lt;0,005</b>	0,019
Min. value	<b>0,314</b>	0,043	<b>0,31</b>	0,036	<b>0,293</b>	0,035	<b>&lt;0,005</b>	0,011
Max. value	<b>1,84</b>	0,719	<b>1,38</b>	1,024	<b>1,285</b>	0,835	<b>0,123</b>	0,185
Moy.	<b>0,973</b>	0,246	<b>0,817</b>	0,327	<b>0,747</b>	0,262	<b>0,041</b>	0,046
Ecart- type	<b>0,456</b>	0,232	<b>0,367</b>	0,377	<b>0,354</b>	0,268	<b>0,036</b>	0,058
	<i>R. (RETENUE)</i>		<i>D. (DRAINAGE)</i>					

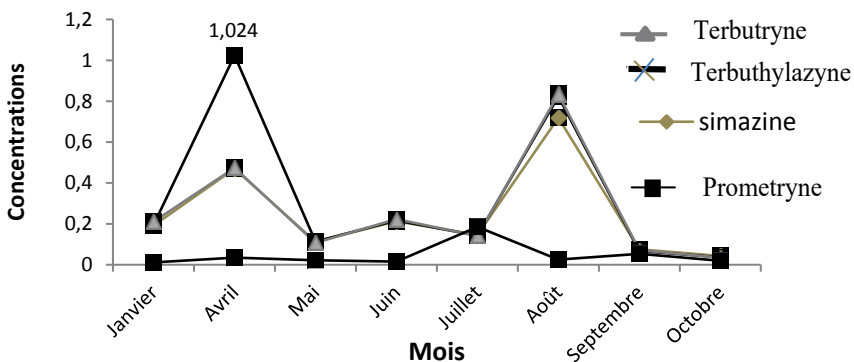


On remarque que les quatre molécules sont présentes, toute l'année dans les eaux étudiées :

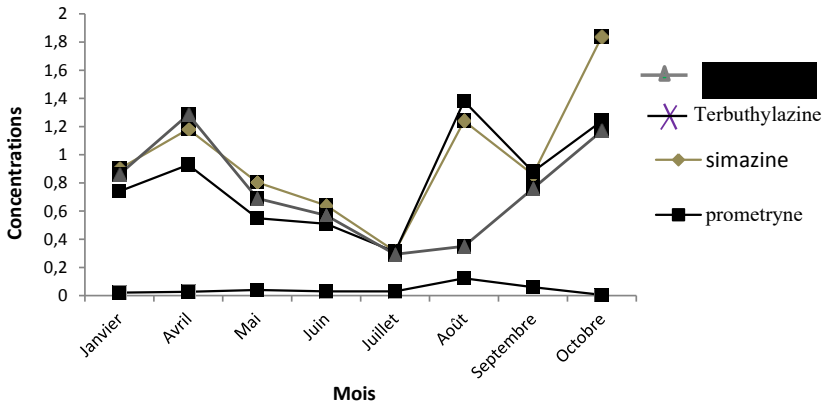
- La simazine a été le pesticide le plus couramment détecté. Elle a été retrouvée dans 80% des échantillons, dont la concentration la plus élevée était de 1,84 µg/L.
- La prométryne a par ailleurs été retrouvée dans 65% des échantillons à une concentration maximale de 1,380 µg/L.
- La terbutryne et la terbuthylazine ont également été détectées respectivement dans 45% et 42% des échantillons à des concentrations maximales respectives de 1,285 µg/L et 0,123 µg/L.

Aussi, est-il important de noter que les 20%, 35%, 55% et 58% des échantillons respectifs de la simazine, de la prométryne, de la terbutryne et de la terbuthylazine qui n'ont pas été détectés, avaient des valeurs de concentration en dessous de la concentration limite de détection 0,005 µg/L et, paraissent ne pas être dosés.

Les Figures 2 et 3 indiquent la distribution des herbicides trouvés pendant les différentes campagnes. La figure 3 présente l'évolution mensuelle des concentrations en triazine dans les eaux issues de la plantation, et la figure 4, celle sortant de la retenue d'eau. Toutes deux révèlent clairement que les prélèvements des mois d'avril, août et d'octobre, présentent les concentrations en résidus les plus élevées. Ces périodes correspondent aux deux saisons pluvieuses durant lesquelles le ruissellement des eaux de pluie et l'érosion des sols agricoles participent aux transferts de ces pesticides à hauts coefficients d'adsorption vers les eaux de surface.



**Figure 3 :** Evolution mensuelle des concentrations en triazines dans les eaux issues de la plantation.



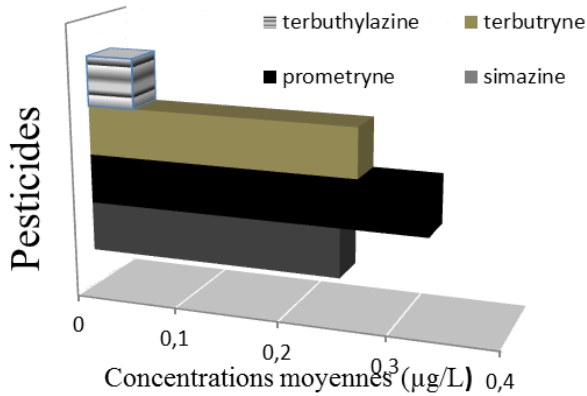
**Figure 4 :** Evolution mensuelle des concentrations en triazines sortant de la retenue d'eau

De l'étude de ces graphiques, il ressort que l'évolution mensuelle des concentrations en triazine est fortement liée aux périodes d'épandage sur les terres agricoles. La simazine est utilisée durant une période qui s'étend généralement d'avril à juillet, en fonction des conditions météorologiques.

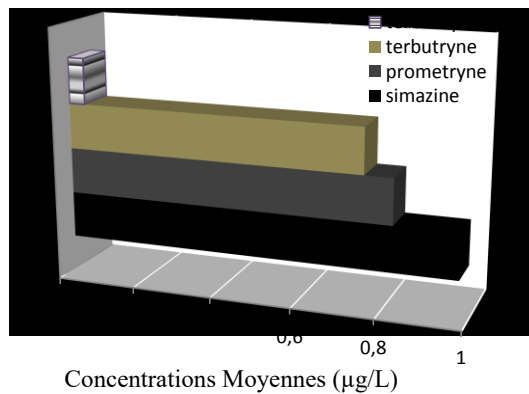
Lors des périodes d'épandage, les concentrations dans les eaux s'élèvent et atteignent leur maximum. Puis lorsque les herbicides ne sont plus utilisés, les concentrations diminuent (pour atteindre un bruit de fond. Celui-ci subsiste de mois en mois en raison de la persistance relativement importante des triazines dans l'environnement. En effet, le temps de demi-vie moyen est d'environ 30 jours dans les eaux mais il varie d'un mois à un an dans les sols, en fonction du type de sol et de ses antécédents de traitements.

Si nous comparons les concentrations des différentes molécules à la sortie des plantations dans les eaux de drainage (figure 5) et celles obtenues à la sortie de la retenue d'eau vers la lagune (figure 6), on constate que les concentrations trouvées pour chacune des molécules augmentent progressivement de l'amont vers l'aval. C'est-à-dire de la sortie des plantations et à la sortie de la retenue d'eau vers la lagune (Tableau 3). Posant ainsi un problème environnemental. Il devrait avoir une dilution et une dégradation progressive au moment de la traversée de la retenue d'eau long de 1,5 km et large de 300 m

*Monitoring et étude cinétique de la dissipation de quatre herbicides de la famille des s-triazines dans les eaux de rinçage des fonds de cuve Et des pulvérisateurs*



**Figure 5 :** Moyennes des concentrations des molécules détectées et quantifiées dans les eaux de drainage (à la sortie des plantations)

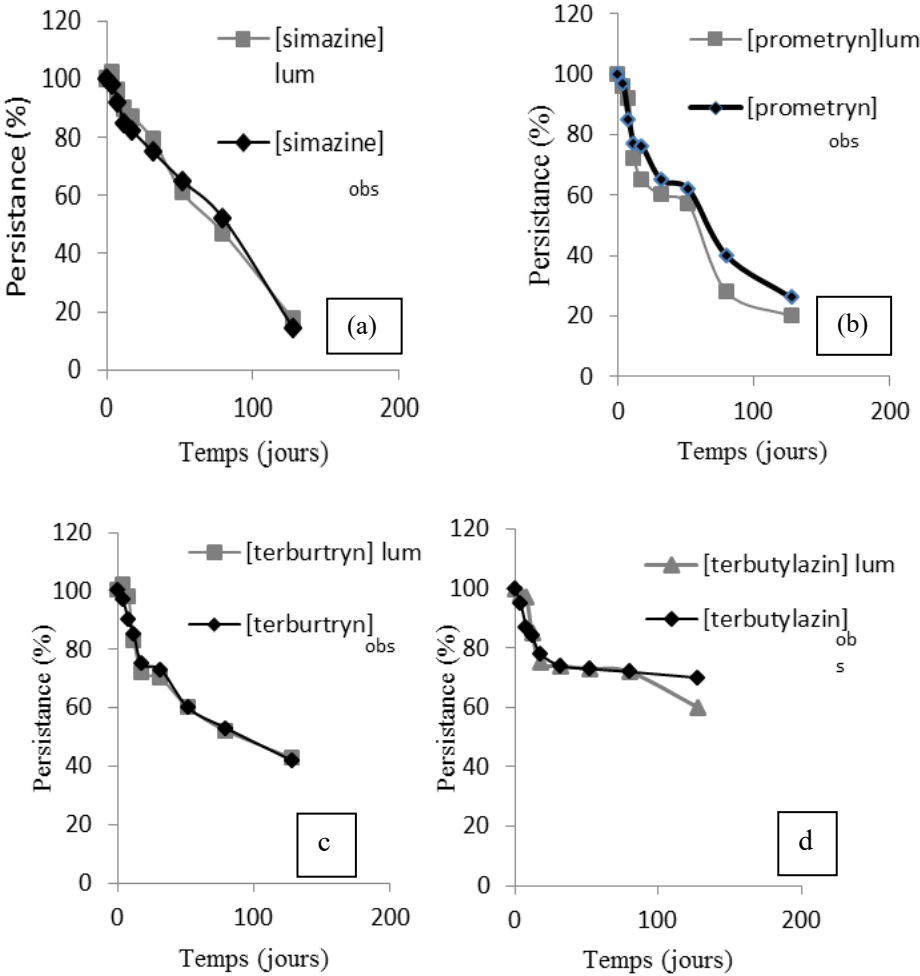


**Figure 6 :** Moyennes des concentrations des molécules détectées et quantifiées à la sortie de la retenue d'eau.

Une enquête sur le site auprès des agents chargés du traitement phytosanitaire et le constat fait sur les berges de la retenue d'eau ont montré qu'après le traitement des plantations, les ouvriers se rendaient à la retenue d'eau pour y laver le matériel utilisé : sceaux, cuve de mélange, pulvérisateurs, bottes et habits. Le rinçage des fonds de cuves et des pulvérisateurs sont en grande partie responsable de la concentration élevée des résidus dans les échantillons provenant de la retenue d'eau.

### Étude cinétique de la dissipation des herbicides dans l'eau

La figure 7 présente l'évolution de la concentration de la simazine (a), de la prometryne (b), de la terbutryne (c) et de la terbutylazine (d) en fonction du temps de dissipation dans l'eau respectivement exposée à la lumière et mise à l'obscurité.

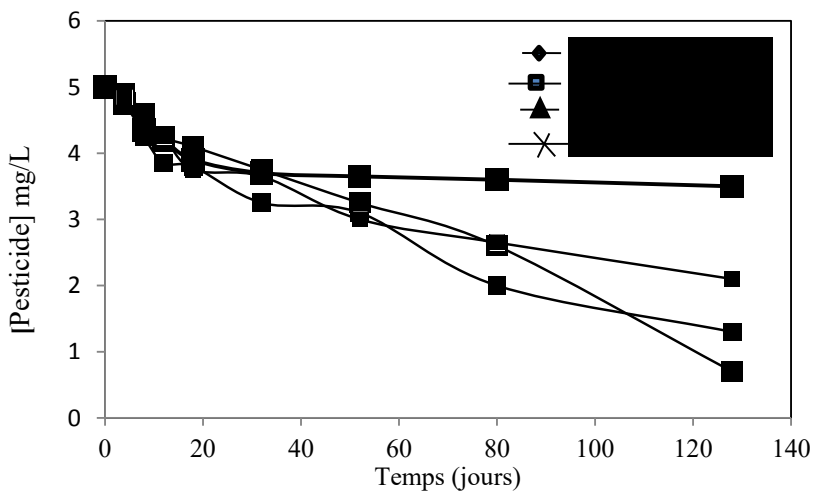


**Figure 7 :** Etude comparative : persistance des 4 herbicides (dans l'eau) exposés à la lumière ([herbicide]<sub>lum</sub>) et tenus à l'obscurité ([herbicide]<sub>obs</sub>).

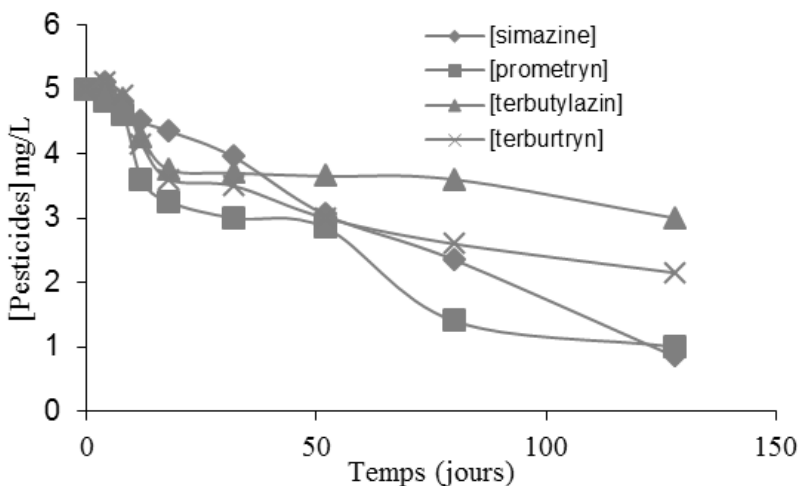
On observe au cours du temps une diminution de la concentration des substances dans tous les flacons :

- la simazine et la terbutryne se dissipent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière, de la même manière comme le montrent les figures 7a et 7c. Le phénomène de dissipation montre que la lumière polychromatique influe peu sur la dissipation de ces deux molécules.
- La prométryne se dissipe relativement plus vite à la lumière qu'à l'obscurité (figure 7b).
- Aucune diminution de la concentration de la terbuthylazine n'a été observée dans les flacons laissés à l'obscurité avant 75 jours. Après 75 jours, nous observons une diminution de la concentration de la terbuthylazine dans les flacons exposés à la lumière.

La comparaison des cinétiques de dissipation à l'obscurité et à la lumière, des différentes molécules que présentent les figures 8 et 9, montre des tendances de persistance différentes dans le milieu aqueux.



**Figure 8 :** Cinétique de dissipation dans l'eau des molécules à l'obscurité.



**Figure 9 :** Cinétique de dissipation dans l'eau des molécules à la lumière

Les tableaux 4 et 5 ci-dessous présentent le taux de dissipation, et les phénomènes de dissipation et temps de demie- vie des molécules étudiées après 128 jours. Ces différents résultats montrent que la terbuthylazine est le composé qui se dissipe le moins vite à la lumière et à l'obscurité avec des pourcentages de dissipation de 40% et de 30%.

La prometryne et la simazine présentent respectivement des taux de dissipation de 80% et 83% à la lumière. Ce sont ces molécules qui se dissipent également plus vite à l'obscurité avec des taux respectifs de 86% et 74%.

**Tableau 4 :** Pourcentage de dissipation des molécules étudiées après 128 jours d'exposition à la lumière et mises à l'obscurité.

Molécules étudiées	à la lumière (%)	à l'obscurité (%)
simazine	83	86
prometryne	80	74
Terbutryne	57	58
terbuthylazine	40	30

L'analyse du tableau 4 permet de déduire une faible contribution de la lumière dans le processus de dissipation de la simazine, la prométryne et de la terbuthylazine.

On note que la lumière apporte une accélération de la dissipation au niveau de la prométryne, un léger ralentissement pour la simazine et presque une inhibition au niveau de la terbuthylazine. En effet pour la prométryne, le temps de demi-vie est réduit de 12,3 jours ; elle augmente pour la simazine de 2,75 jours et pour la terbuthylazine de 120 jours. Le classement par ordre croissant de persistance dans l'eau de surface pour les quatre molécules est le suivant : terbuthylazine, terbutryne, simazine et prométryne.

**Tableau 5 :** Phénomènes de dissipation des molécules étudiées après 128 jours d'exposition à la lumière et mises à l'obscurité.

	Phénomène de Dissipation	$t_{1/2}$ (jours)	k	Coefficient de corrélation ( $R^2$ )
Simazine	<b>Hydrolyse</b>	<b>55,01</b>	<b>0,0126</b>	<b>0,8956</b>
	Hydrolyse + Photolyse	57,76	0,012	0,9431
Prometryne	<b>Hydrolyse</b>	<b>63,6</b>	<b>0,0109</b>	<b>0,9691</b>
	Hydrolyse + Photolyse	51,3	0,0135	0,9434
Terbutryne	<b>Hydrolyse</b>	<b>91,2</b>	<b>0,0076</b>	<b>0,9133</b>
	Hydrolyse + Photolyse	91,2	0,0076	0,8734
Terbuthy- lazine	<b>Hydrolyse</b>	<b>48,13</b>	<b>0,0144</b>	<b>0,9811</b>
	Hydrolyse + Photolyse	169	0,0041	0,9588

Nous notons dans cette étude (tableau 5) que les quatre molécules se dissipent différemment selon qu'elles soient dans l'obscurité ou exposées à la lumière. La terbuthylazine est la molécule qui se dégrade rapidement par hydrolyse, ensuite la simazine, puis la prométryne et enfin la terbutryne avec des temps de demi-vie respectifs de 48,13 jours pour la terbuthylazine contre 55,01 jours pour la simazine, 63,6 jours pour la prométryne et 91,2 pour la terbutryne.

Par ailleurs, lorsque ces quatre molécules se trouvent exposées à la même lumière solaire, la simazine et la prometryne se dégradent rapidement avec des temps de demi-vie respectifs de 51,3 jours et 57,76 jours ; contre 91,2 jours pour la terbutryne et 169 jours pour la terbuthylazine. La faible participation de

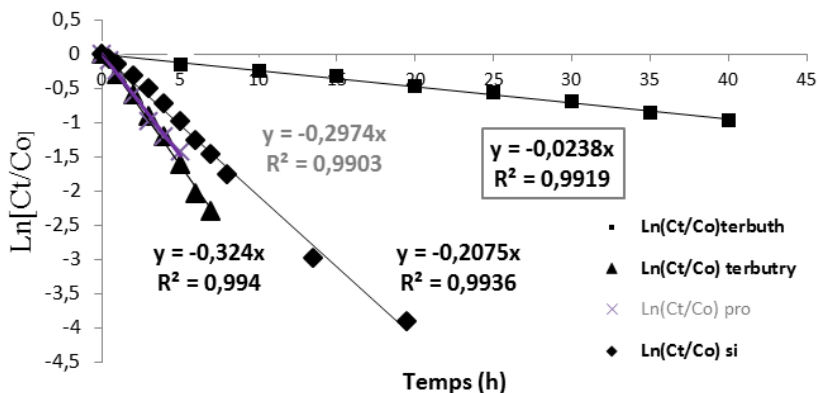
la photolyse à la dissipation de ces molécules s'explique par le fait que la plupart des processus photochimiques conduisant à la photodégradation ont lieu avec des radiations UV situées dans le proche UV (de 290 à 400 nm). Cette zone spectrale étant soumise à de fortes variations d'intensité selon la latitude, l'altitude, la pollution atmosphérique, la saison etc... (Pelizzetti E. et al., 1990) serait probablement à l'origine du filtrage et de la réduction de l'intensité des radiations qui arrivent au sol (Pelizzetti E., 1992).

### **Influence de la nature de l'eau sur la photodégradation des triazines**

Les résultats suivants présentent les cinétiques de dégradation des molécules de la simazine, de la prométryne, de la terbutryne et de la terbuthylazine respectivement, dans l'eau ultra pure et dans l'eau de surface sous la lampe polychromatique qui simule le rayonnement solaire. Rappelons que les solutions ont été préparées à des concentrations de 10mg/L aussi bien dans l'eau de surface que dans l'eau ultra pure.

#### ***Cinétique de la photolyse à $\lambda \geq 285\text{nm}$ des quatre triazines en solution aqueuse***

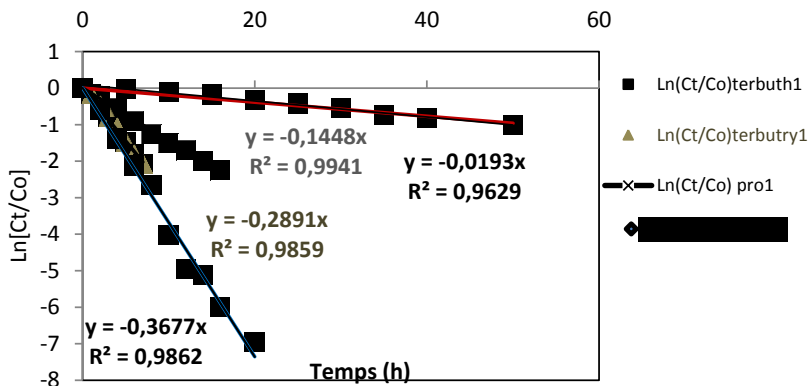
Les figures 10 et 11 présentent les cinétiques de dégradation des molécules de la simazine, la prométryne, la terbutryne et de la terbuthylazine sous lampe polychromatique respectivement dans l'eau ultra pure et dans l'eau de surface.



**Figure 10 :** Représentation semi-logarithmique des cinétiques de dégradation des molécules étudiées dans l'eau ultra pure



*Monitoring et étude cinétique de la dissipation de quatre herbicides de la famille des s-triazines dans les eaux de rinçage des fonds de cuve Et des pulvérisateurs*



**Figure 11** : Représentation semi-logarithmique des cinétiques de dégradation des molécules étudiées dans les solutions d'eaux de surface

Ces deux figures 10 et 11 montrent que la terbuthylazine est le composé qui se dégrade le moins vite à  $\lambda \geq 285$  nm alors que la simazine et la terbutryne présentent des vitesses de disparition similaires. Par ailleurs, ces molécules ont des vitesses de disparition plus élevées dans l'eau de surface que dans l'eau ultra pure (Figure 11) et Tableau 6.

Les différentes constantes cinétiques déterminées, les temps de demi-vie calculés au cours des différentes études réalisées ci-dessus sont consignés dans le tableau 6.

**Tableau 6** : Paramètres cinétiques de la photolyse de quatre triazine dans l'eau ultra pure et l'eau de surface sous lampe UV à  $\lambda \geq 285$  nm.

	Eau ultra pure			Eau de surface		
	Kapp (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	t <sub>1/2</sub> (h)	Kapp (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	t <sub>1/2</sub> (h)
Simazine	0,207	0,993	3,3	0,367	0,986	1,8
Prométryne	0,226	0,963	3	0,138	0,981	5
Terbutryne	0,324	0,994	2,1	0,307	0,970	2,2
Terbuthylazine	0,024	0,988	28,9	0,019	0,962	36,5

D'après une étude réalisée (Legube et al., 1990 ; Thurman et al., 1985; Legube et al., 1998), le comportement cinétique de ces molécules dans l'eau utilisée peut s'expliquer par la présence de substances organiques ou inorganiques dans les eaux naturelles.

Les substances comme les nitrates, les nitrites, les acides humiques ou autres matières organiques ou inorganiques peuvent sous l'effet de la lumière former des espèces chimiques oxydantes (Legube et al., 1990 ; Herrmann et al., 1999). Ces espèces peuvent se comporter comme absorbeurs de rayons UV (réduire le flux lumineux) ou des pièges à radicaux pour certains polluants (Guittonneau et al., 1988).

Dans ce cas, ils peuvent freiner les différentes réactions photochimiques notamment celle de la dégradation de ces polluants (Canonica et al., 2008). D'autres matières organiques et inorganiques se comportent comme des photosensibilisateurs pour certains polluants (Cooper et al., 1987; Bhattacharjee et al., 1999)

Ces auteurs ont montré que la matière inorganique et les acides humiques dissous dans les eaux naturelles étaient responsables de l'accélération du processus de la photodégradation de l'atrazine. En revanche, dans l'eau ultra pure où il n'existe aucune influence de la matière organique sur la dégradation des différentes molécules, la dégradation de la terbutryne et de la prométryne sont supérieure à celle de la simazine et de très loin à celle de la terbuthylazine.

## **CONCLUSION**

Cette étude met en évidence des sujets de préoccupation au regard de la pollution des milieux aquatiques. Le problème est grave lorsqu'en plus de la pollution diffuse issue des terres cultivées, s'ajoute celle due aux effluents phytosanitaires provenant du lavage des fonds de cuve et des eaux de rinçage des pulvérisateurs. La retenue d'eau qui devrait servir de milieu tampon pour assurer la dilution des résidus de simazine, de prométryne, de terbutryne et de terbuthylazine entraînés par les eaux de rinçage d'une part, et pour participer à la dissipation de ces herbicides d'autre part est devenue un milieu de concentration.

Cette étude a également montré que les quatre herbicides trouvés de la famille des s-triazines (simazine, prométryne, terbutryne et terbuthylazine) se dégradent différemment par photolyse. En effet, la terbuthylazine est le composé qui se

photolyse le moins vite dans les deux eaux à  $\lambda \geq 285$  nm. L'eau de surface ralentit la photolyse de la prométryne sous irradiation polychromatique tandis qu'elle n'a aucun effet sur la terbutryne. la simazine présente une vitesse de disparition plus élevée dans l'eau de surface que dans l'eau ultra pure.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- BHATTACHERJEE A.K. and DUREJA P., (1999). Light-induced transformations of tribenuron-methyl in aqueous solution. *Pesticide science*. Vol.55, n°2, 183-188.
- CANONICA S., MEUNIER L. AND VON GUNTEN U., (2008). Phototransformation of selected pharmaceuticals during UV treatment of drinking water. *Water Research* Vol.42 n°2, 121- 128
- COOPER W.J., (1987). Sunlight-induced photochemistry of humic substances in natural waters: Major reactive species, in aquatic humic substances ; influence on fate and treatment of pollutants. Suffet and MacCarty Eds, *Advanced in Chemistry Series Symposium (ACS Symposium)*. (219): pp. 333- 362.
- DAOUDI L., SAIDI M.E. (2008) - Floods in semi-arid zone: example of the Ourika (High Atlas of Marrakech, Morocco). *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISJAEE, Moscow*, 5 (61), 117-123.
- GUITTONNEAU S., DE LAAT J., DORE M., DUGUET J. P. ET BONNEL C., (1988). Etude de la dégradation de quelques composés organiques volatils par photolyse du peroxyde d'hydrogène en milieux aqueux. *Revue des Sciences de l'Eau* (1), 35- 54.
- HERRMANN. J. M., (1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants. *Catalysis Today*. Vol.53, n°1, 115- 129.
- HUART B, PAILLER F, TRIQUE B AND RICHARDEL I., (1993). Protocole d'étude de la diffusion d'un herbicide dans l'écosystème. *Ann.Fals.Esp.Chim*, 86, 171-187
- LEGUBE B., XIONG F., CROUE J-P. ET DORE M., (1990). Etude sur les acides fulviques extraits des eaux de superficielles françaises. *Revue des sciences de l'eau* (3), 399- 424
- LAFRANCE P, BANTON O AND GAGNE P., (1997). Exportation saisonnière d'herbicides vers les cours d'eau mesuré sur 6 champs agricoles sous quelques pratiques culturales du maïs. *Rev Sci Eau*, 10, 439-459.

- LEGUBE B., DESJARDINS R., DORÉ M., (1998). Traitements des eaux de consommation : la nécessité d'une recherche en chimie de l'eau. *Revue des sciences de l'Eau* N° spécial, 87-101.
- PELIZZETTI E., MAURINO V., MINERO C., CARLIN V., PRAMAURO E., ZERBINATI O. AND TOSATO M. L., (1990). Photocatalytic degradation of atrazine and other s-triazine herbicides. *Environ. Sci. Technol.* Vol.24, n°10, 1559 - 1565.
- PELIZZETTI E., CARLIN V., MINERO C., PRAMAURO E., VINCENTI M., (1992). Dégradation pathways of atrazine under solar light and in the présence of TiO<sub>2</sub> colloïdal particles. *The Science of the Total Environment*, 123/124, 161-169.
- THURMAN E. M., GOOLSBY D. A., MEYER M. T. AND KOLPIN D. W., (1991). Herbicides in surface waters of the midwestern United States. The effect of spring flush, *Environmental Science and Technology*. 25, 1794-1796.
- TRAORE K. S., MAMADOU K., DEMBELE A., LAFRANCE P., BANTOU O., HOUENOU P., (2002). Résidus de pesticides organochlorés dans le lait humain d'une zone agricole de Côte d'Ivoire, *Journal Ouest Africain de chimie* 13, 99-109.