

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyses physicochimiques des eaux superficielles agricoles

La température de l'eau est mesurée in situ et elle est comprise entre 23,71°C et 26,9°C. Les échantillons témoins présentent une moyenne plus élevée avec 26,9°C. Les valeurs enregistrées sont dans les normes et aucune de ces valeurs ne dépassent les normes.

La température de l'eau est un élément essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes, elle dépend de l'ensoleillement et des échanges avec l'atmosphère. Les variations de la température ont des effets importants car elle influence le développement des colonies de micro-organismes (Liss et al., 1992).

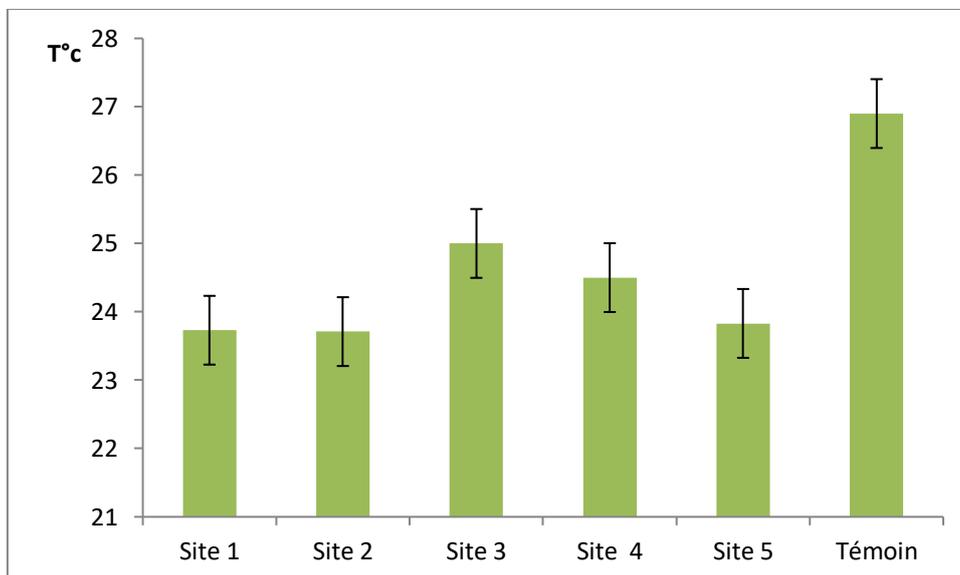


Figure 9. La température des eaux superficielles agricoles

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonate (El Blidi et al., 2003). La Figure 10 montre que le pH est compris entre un minimum de 6,80 au niveau du site 1 et un maximum de 7,6 au niveau du site Témoin, voisin de la neutralité.

Toutefois, il est à signaler que des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des microorganismes (Mara, 1980). La diminution du pH résulte de l'activité bactérienne de décomposition de la matière organique (AnsaAnare et al., 1999).

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 (Hceflcd, 2007).

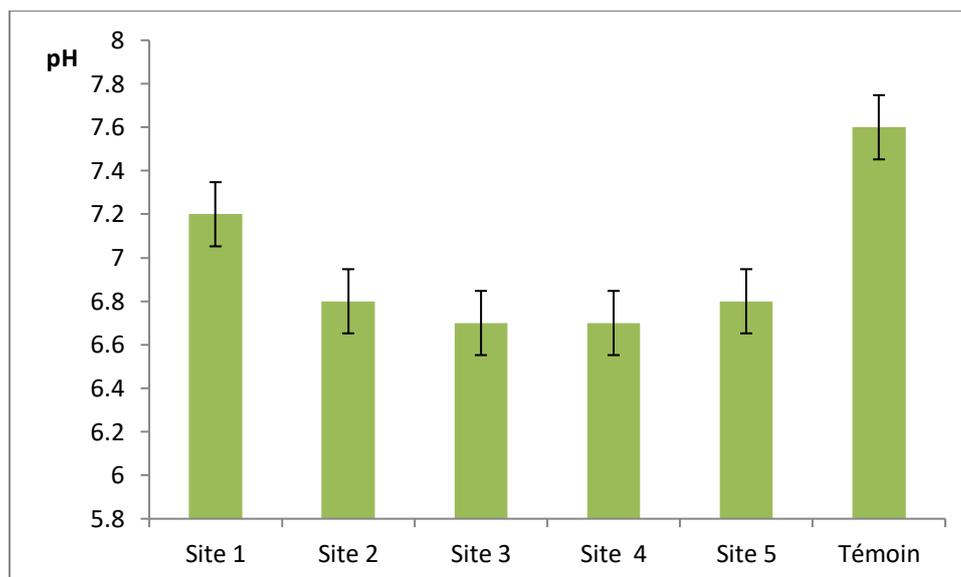


Figure10. pH des eaux superficielles agricoles.

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (Hceflcd, 2006). Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau, ainsi plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (Derwich et *al.*, 2010).

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Les valeurs de la conductivité électrique des eaux étudiées sont très élevées supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et dépassent la norme de l'OMS (dans l'annexe n°3) donc ces eaux sont de minéralisation élevée avec une valeur maximale de 5.7 mS/cm au niveau du site témoin et une valeur minimale de 0.9 mS/cm au niveau du site 4 (Figure 11).

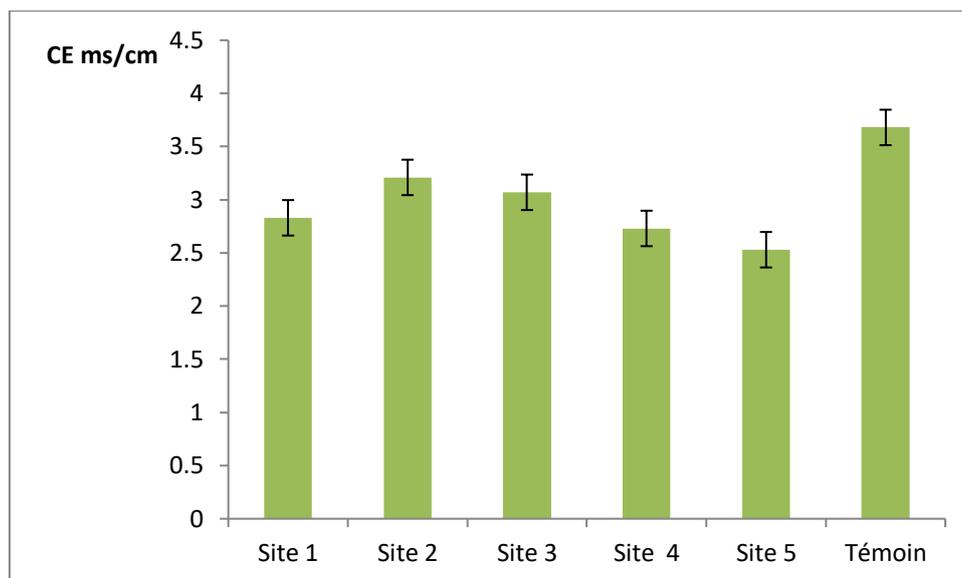


Figure 11. Conductivité électrique des eaux superficielles agricoles.

La figure 12 montre des teneurs en oxygène dissous irrégulières et faibles. Elles se situent entre 2.53 (site 5) et 3.16 mg/l (site témoin). Les valeurs enregistrées sont basses et sont différentes des normes admissibles. Dans tous les cas, les teneurs en oxygène obtenues peuvent encore diminuer dès que la dégradation des matières organiques et la multiplication des micro-organismes aérobies s'amorcent (Meinck et *al.*, 1977).

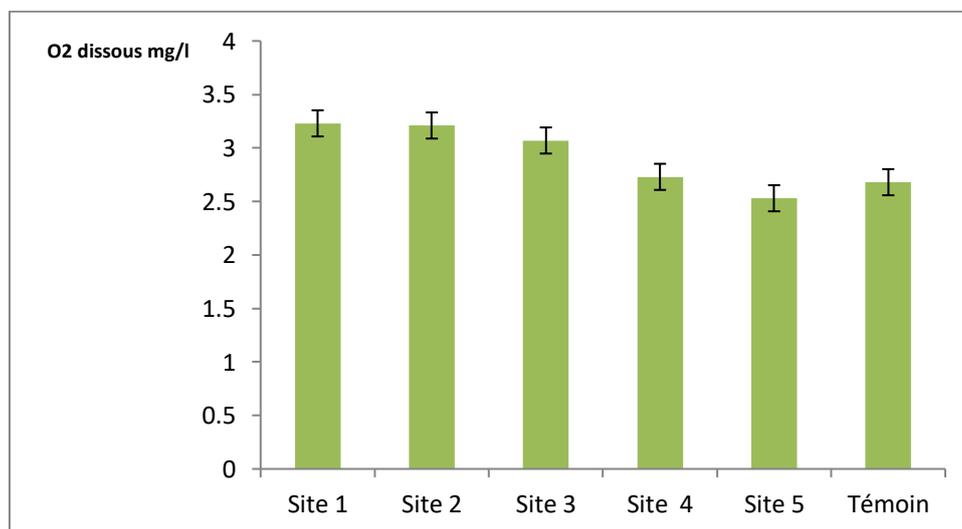


Figure 12. Taux d'oxygène dissous des eaux superficielle agricole.

La DBO5 traduit la quantité d'oxygène moléculaire utilisée par les micro-organismes pendant une période d'incubation de 5 jours à 20 °C pour décomposer la matière organique, dissoute ou en suspension, contenue dans un litre d'eau. D'après Chapman et *al.*, 1996, la DBO5 des eaux naturelles est inférieure à 2 mg/l.

La Figure 13 montre que les valeurs de la DBO5 enregistrées sont comprises entre 2,00 mg/l au niveau de site1 et 5.20mg/l au niveau de site3. Il est clair que les concentrations de la DBO5 sont largement inférieures à la norme (30 mg/l dans l'annexe n°3). Ce qui montre l'existence de microorganismes capables de bioépuration dans les échantillons d'eaux prélevées.

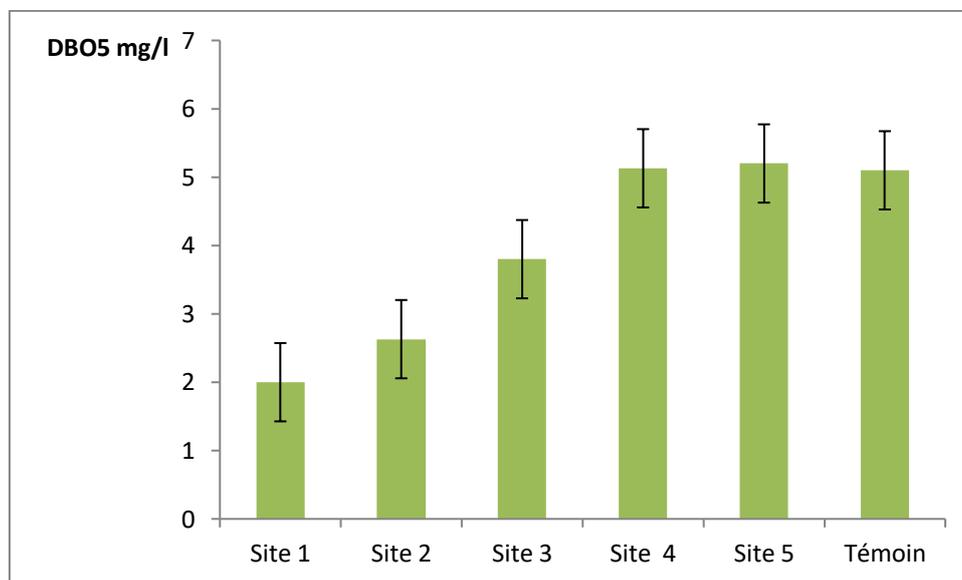


Figure 13. Teneurs de la DBO5 des eaux superficielles agricoles.

Concernant la demande chimique en oxygène DCO et d'après la Figure 14, les résultats font apparaître clairement que le site 1 présente la valeur minimale (15mg/l) et le site témoin la valeur la plus importante (38.33mg/l), inférieure à la norme qui est fixée à 40 mg /l selon les normes (annexe n°3).

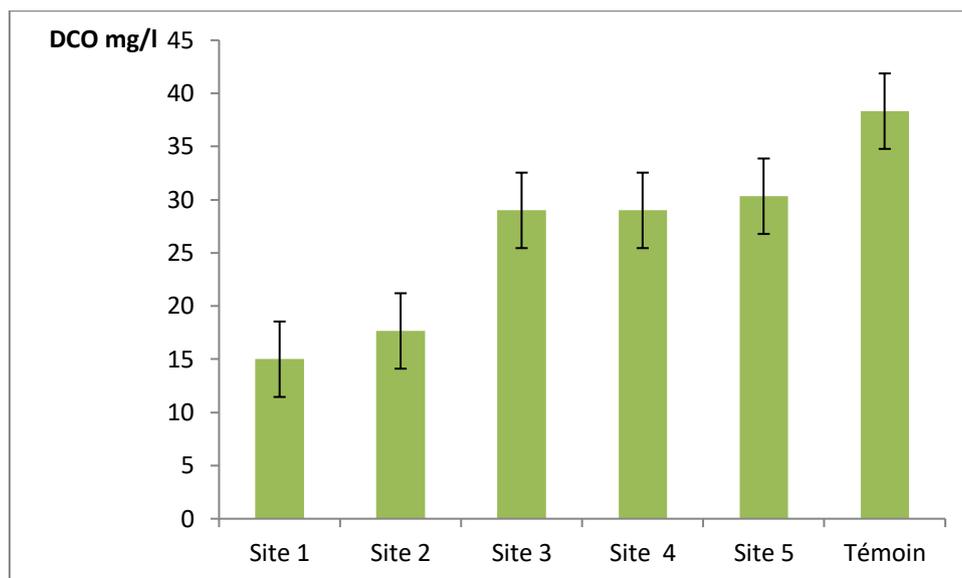


Figure 14. Teneurs de la DCO des eaux superficielles agricoles.

Le rapport DCO/DBO5 indique une biodégradabilité difficile des matières organiques et inorganiques présentes puisque toutes les valeurs DCO/DBO5 sont $>$ à 3. En effet le rapport DCO/DBO5 donne une première estimation de la biodégradabilité d'un échantillon donné. D'après la Figure 15, la valeur maximale est enregistrée au niveau du site 1 (7.63), est la valeur minimale est enregistrée au niveau du site 4 (5.65). Les valeurs sont supérieures ou inférieures à la norme (annexe n°3).

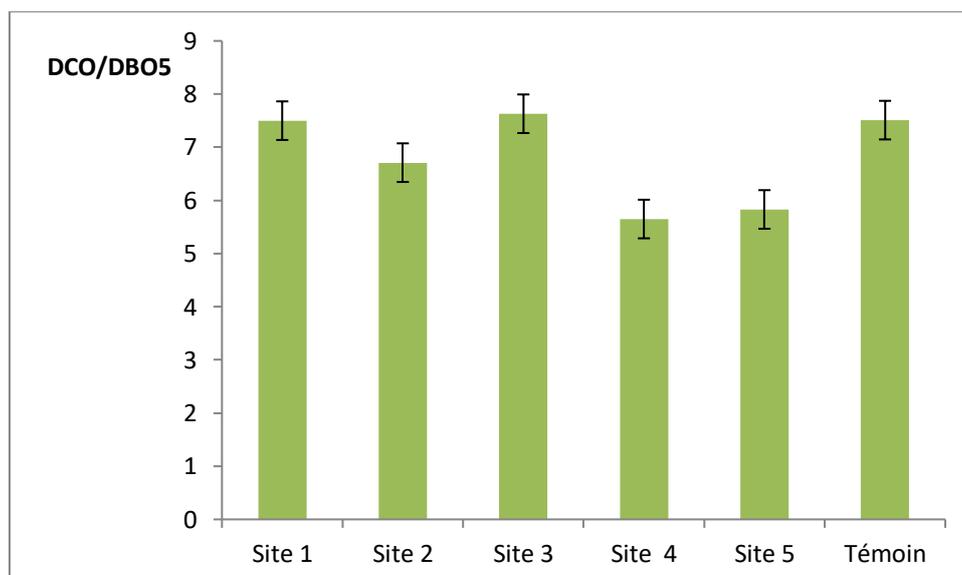


Figure 15. Rapport DCO/DBO5 des eaux superficielles agricoles.

L'ammoniac provient principalement de la dégradation des matières organiques azotées, il peut s'infiltrer avec l'eau dans les sols vers les nappes (Boulanouar, 1986 ; Chapman et *al.*, 1996 ; Al qawati et *al.*, 2015). La présence d'ammonium dans les eaux souterraines provient d'une contamination de surface à partir d'effluents ou d'un phénomène de réduction des nitrates fréquent dans les nappes captives et nous donne un indice sur la pollution organique. Elle peut également donner un indice sur une éventuelle pollution microbologique (Baran et *al.*, 2004), la figure 16 montre que les teneurs d'ammonium des eaux analysent s'échelonnent entre 0,45 mg/l au niveau du site 4 est 0,09 mg/l au niveau du site 5.

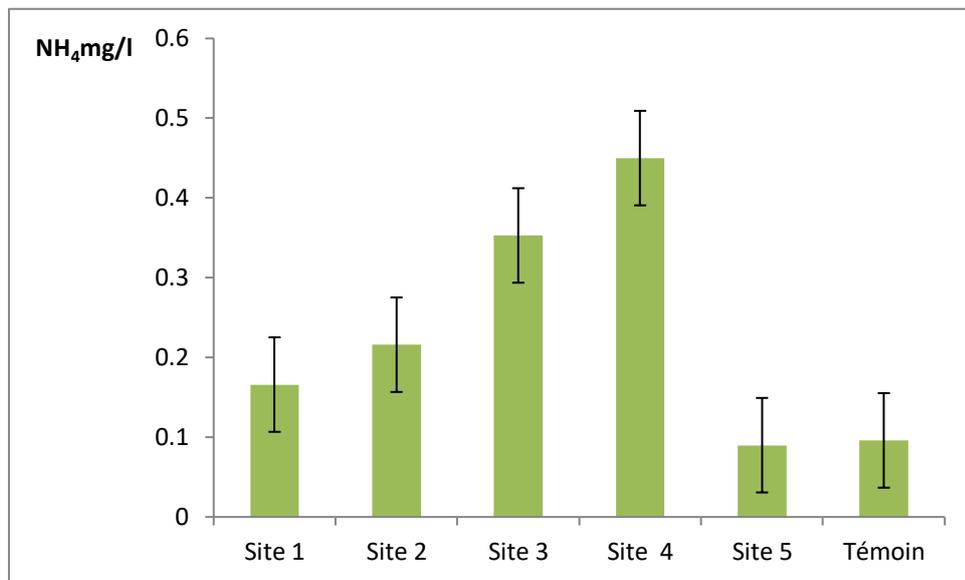


Figure 16. Teneurs de NH₄ des eaux superficielles agricoles.

La présence de chlorures dans les eaux est due le plus souvent à la nature des terrains traversés. On les retrouve dans presque toutes les eaux naturelles (Degbey, 2011). Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25mg/L.

Les valeurs de chlorure des eaux variant d'un maximum de 1606.66 mg /l jusqu'à un minimum de 61.66 mg /l (Figure 17).

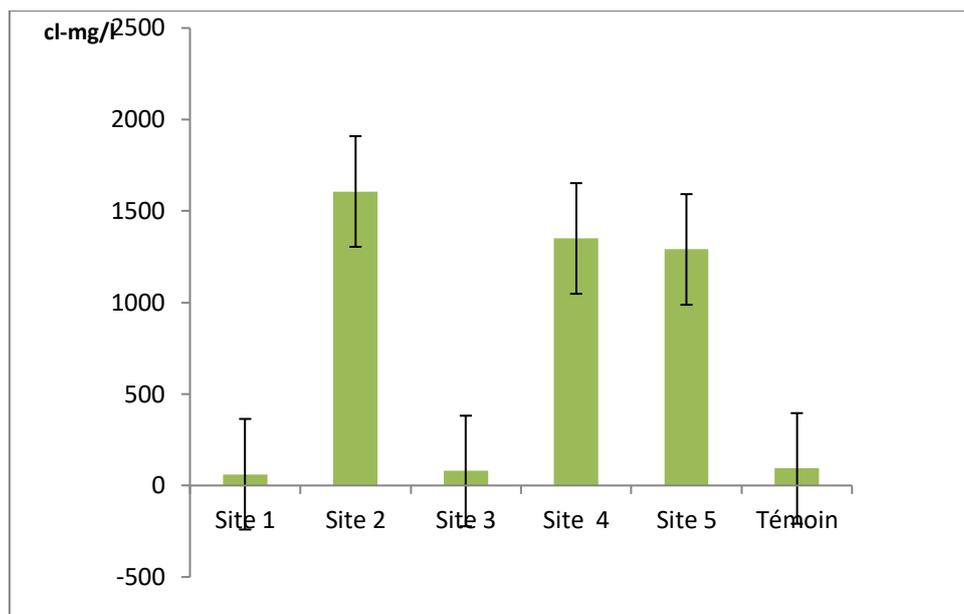


Figure 17. Teneurs des chlorures (Cl) des eaux superficielles agricoles.

Dans les cours d'eau les phosphates proviennent soit de la décomposition de la matière organique soit du lessivage des terres agricoles (Khalaf et *al.*, 2007).

Les différentes concentrations enregistrées en ortho phosphates au niveau des sites étudiés sont comprises entre 1,02 mg/l au niveau de site témoin et 3,83mg/l au niveau de site 2 (Figure 18) inférieurs à la norme.

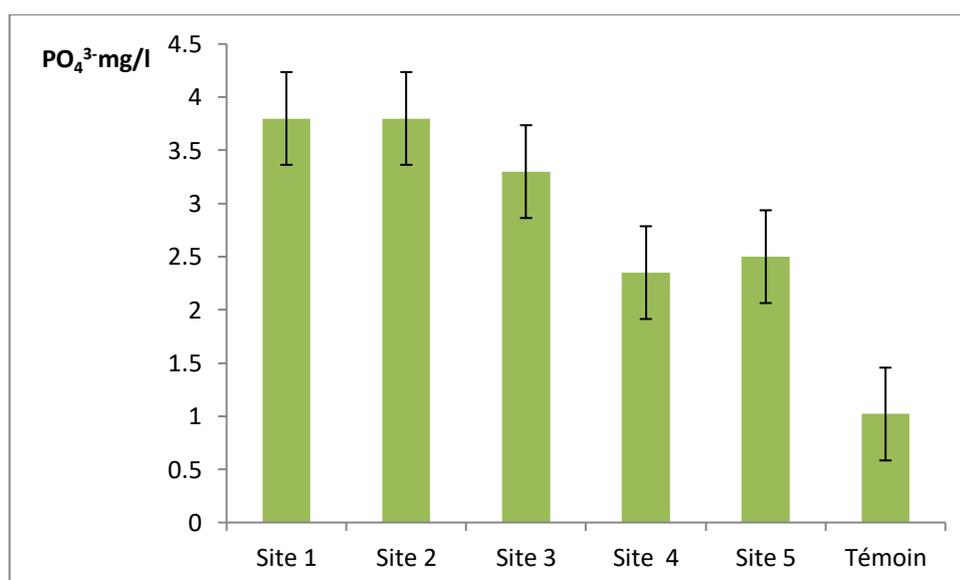


Figure18. Teneurs de la PO_4^{3-} des eaux superficielles agricoles.

Les teneurs des phénols mesurés durant la période d'étude varient entre 0,08 mg/l au niveau du site témoin et 3,76 mg/l au niveau du site 4 et sont inférieures à la norme fixée à 350 mg/l. Le phénol est plus lourd que l'eau et tend à se déposer. Il se dissout lentement et, même dilué, continue de former des solutions toxiques.

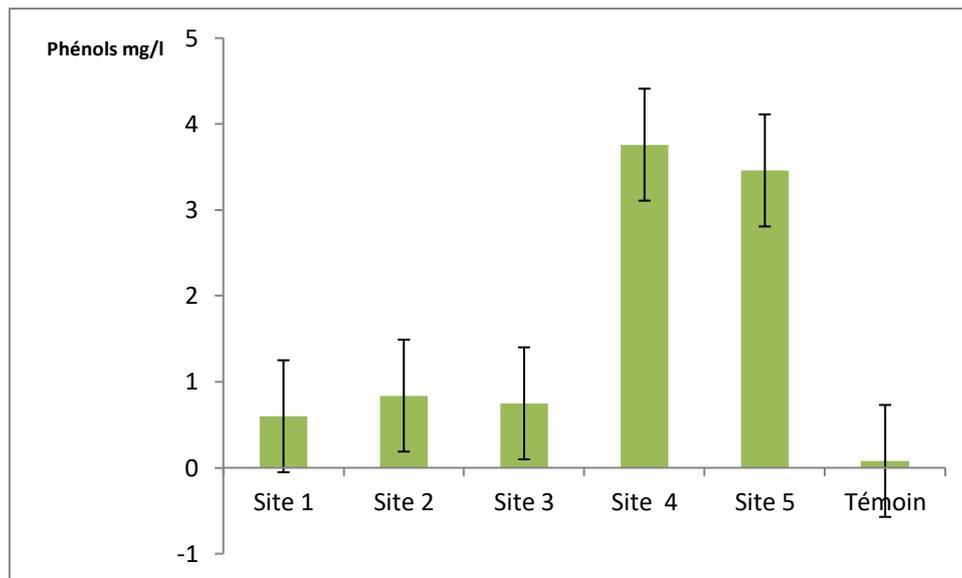


Figure 19. Teneurs des phénols des eaux superficielles agricoles.

La présence de nitrates peut résulter de l'épandage excessif d'engrais ou de la lixiviation des eaux usées ou d'autres déchets organiques vers les eaux de surface et les eaux souterraines (OMS, 2004).

Les valeurs de nitrates des eaux varient d'un maximum de 54,39mg/l au niveau du site 2 mg /l jusqu'à un minimum de 19,89 mg /l au niveau du témoin (Figure 21). Alors que pour les nitrites la valeur maximale est enregistrée au niveau du site2 (7,99mg/l) qui dépasse les normes (annexe n°3).

Les ions nitrates (NO_3^-) représentent la forme la plus soluble de l'azote, sa présence dans les eaux de surface est liée à l'utilisation intensive des produits fertilisants (Chapman et al.,1996).

Les Nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (Samak, 2002).

Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande

partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (Bengoumi *et al.*, 2004).

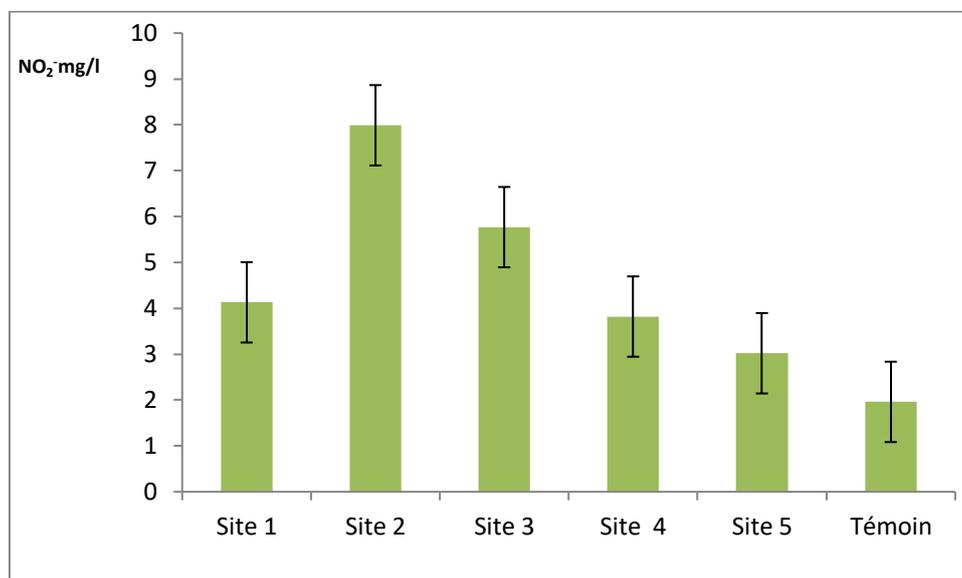


Figure 20. Teneurs NO₂⁻ des eaux superficielles agricoles.

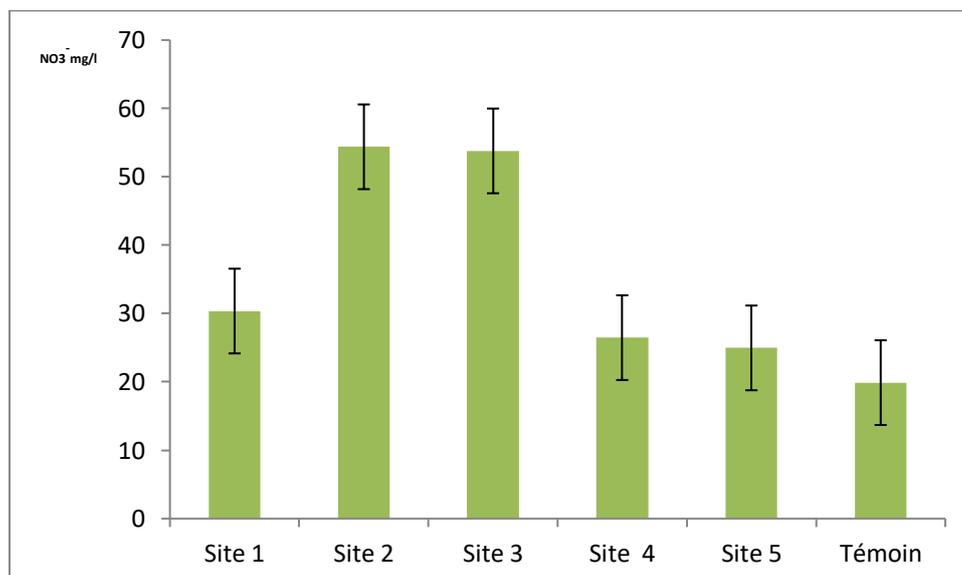


Figure 21. Teneurs NO₃⁻ des eaux superficielles agricoles.

2-Analyses physico-chimiques des molécules de pesticides étudiées

Les caractéristiques physico-chimiques des substances actives (mancozèbe, méthomyl) étudiées reflètent leur faible mobilité et leur absence de dissociation ainsi que leur faible stabilité dans l'eau. Ces deux substances s'avèrent assez persistantes au niveau des différentes

composantes de l'environnement. Ce type de comportement est dû à leur pouvoir élevé de toxicité.

Tableau 9. Les caractéristiques physico-chimiques des substances actives étudiées.

Paramètres physico-chimiques	Mancozèbe	Methomyl
Pression de vapeur	13.3 μ Pa	<ul style="list-style-type: none"> • 6.73 mPa à 25 °C • 21.54 mPa à 40 °C • 0.72 mPa à 25 °C
Constante de Henry	<0.00059 Pa*m ³ /mole	<ul style="list-style-type: none"> • 2.1 e-9 Pa*m³/mole
Solubilité dans l'eau	2 - 20 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • 58 g/L à 25 °C
Coefficient de partage n-octanol / eau (K _{ow} =(log Pow))	1,34 entre 22°C et 25°C au pH 7	0.09 à 20°C et au pH de 7
Coefficients K _{oc} et K _d	K _{oc} non mesurable car instable dans l'eau	K _{oc} min: 38 K _{oc} Max: 238
Dissociation dans l'eau	absence de dissociation	pK _a : 9.3 à 20 °C
Stabilité dans l'eau (DT ₅₀)	1 jour(s) à 22 °C et au pH de 4 2.2 jour(s) à 22 °C et au pH de 9	144 jour(s) à 25 °C et au pH de 5 0.02 jour(s) à 25 °C et au pH de 9
Mobilité	Peu mobile	Peu mobile
Dégradation dans le système eau – sédiment	/	DT 50: 5j DT 90: 13-15j

Les eaux superficielles agricoles analysées semblent contaminées par des polluants d'origines organiques et inorganiques. L'analyse statistique montre l'existence de différences très hautement significatives entre les 6 sites pour chacune des variables suivantes, T°, p H , DBO5, DCO, NH₄, orthophosphates, chlore, phénols ; des différences hautement significatives entre les 6 sites pour le teneur moyennes d'O₂ et l'inexistence de différences significatives entre les 6 sites pour la conductivité électrique.

L'estimation du degré de pollution d'un milieu par les facteurs physiques et chimiques est difficile et manque souvent de précision compte tenu, de l'hétérogénéité et l'insuffisance des données disponibles concernant les normes. En outre, les multiples interactions entre la nature des composés polluants, l'eau et les facteurs climatiques de l'environnement rendent l'évaluation de la qualité et le degré de pollution des milieux aquatiques plus difficile.

3. Evaluation de la microflore totale des eaux superficielles agricoles

La distribution de la microflore est irrégulière dans les différents prélèvements des eaux analysés. La figure 22 montre que le pourcentage total des différents sites étudiés des champignons et des bactéries. La microflore dénombrée est constituée de 54% de champignons et 46% de bactéries.

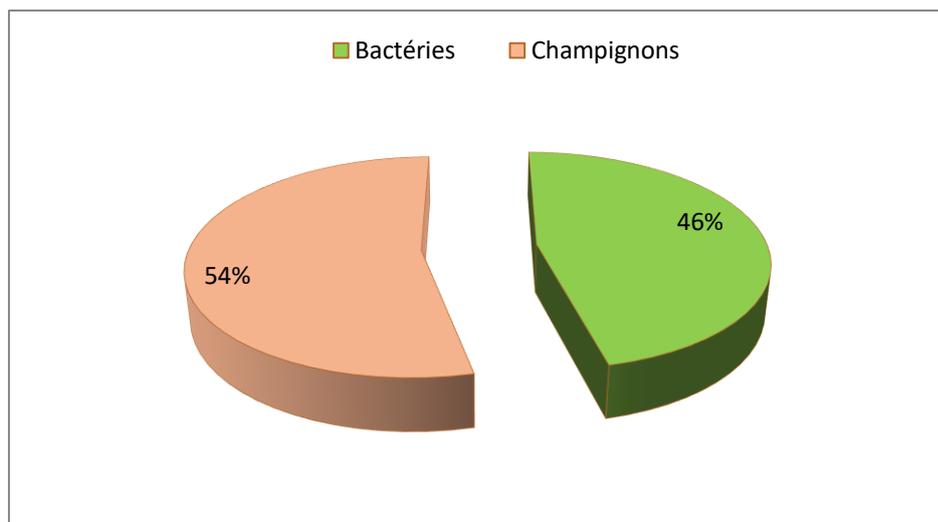


Figure 22. Pourcentage de la microflore microbienne totale des sites étudiés.

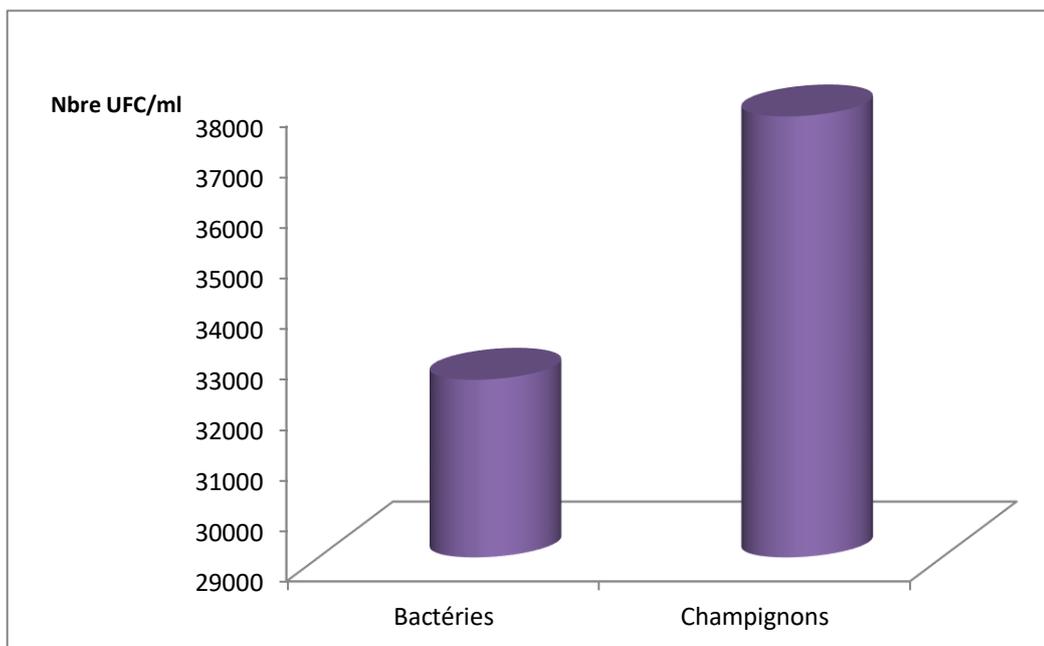


Figure 23. Microflore microbienne totale dénombrée au niveau des sites étudiés.

3.1. Les bactéries

Les eaux renferment une microflore microbienne riche avec 32521 isolats bactériens dont 1558 au niveau du site 1, 8307 au niveau du site2, 4473 au niveau du site 3, 6902 au niveau du site 4, 1698 isolats dénombrés à partir des échantillons du site 5 et 9583 isolats détectés des eaux du site témoin (figure 24).

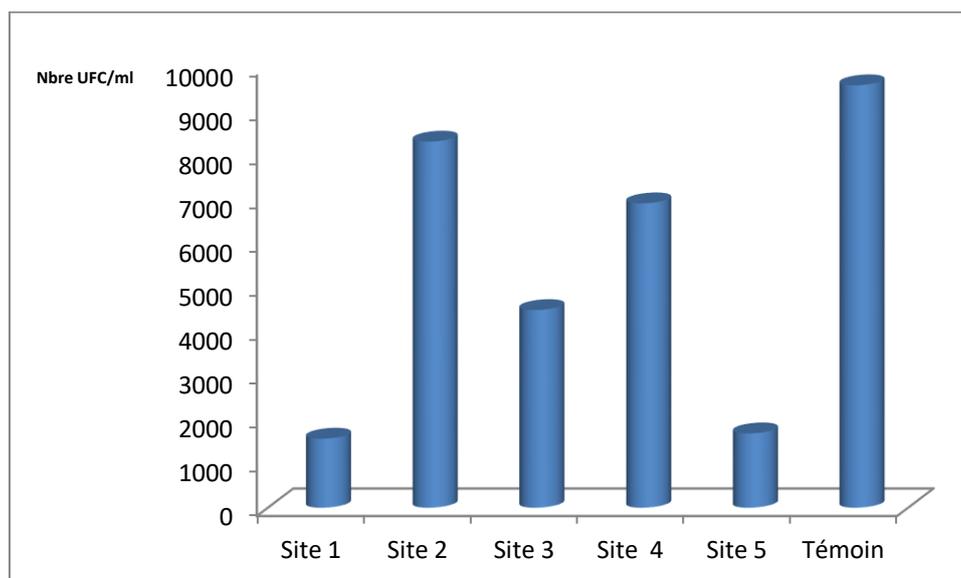


Figure 24. La microflore bactérienne totale des sites étudiés.

La figure 25 montre que le pourcentage d'isolats bactériens fluctue entre 5% et 29% avec un taux maximal enregistré au niveau de témoin et un taux minimal au niveau du site 1 et 5. Le site témoin est plus riche en charge bactérienne.

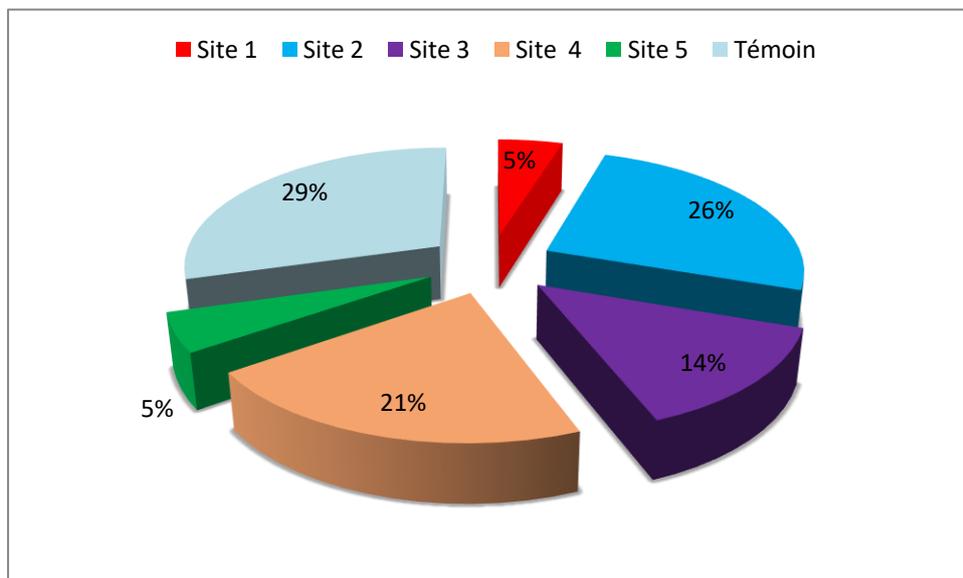


Figure 25. Pourcentage d'isolats bactériens des eaux superficielles agricoles.

Dix espèces bactériennes ont été identifiées dans les eaux analysées qui sont réparties d'une manière à peu près équitable sur l'ensemble des sites. La moitié des espèces identifiées sont absentes au niveau du site témoin (tableau n°10).

Tableau10. La liste des espèces bactérienne identifiées

*	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Témoin
<i>Aeromonas hydrophila</i>	+	+	+		+	
<i>Aeromonas salmonicida</i>			+	+	+	
<i>Chryseomonas luteola</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Chryseobacterium meningosepticum</i>		+			+	+
<i>Pasteurella Pneumotropica</i>	+		+		+	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+		+		+
<i>Sténotrophomonas maltophilia</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Serratia marcescens</i>	+	+	+	+	+	
<i>Moellerella wisconsensis</i>			+	+	+	
<i>Burkholderia cepacia</i>	+	+			+	+

Tableau 11. Taxonomie des espèces bactérienne isolées

Règne	Division	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Bacteria	Protéobactérie	Gamma Protéobactérie	Aeromonadales	Aeromonadaceae	<i>Aeromonas</i>	<i>hydrophima</i>
					<i>Aeromonas</i>	<i>salmonicida</i>
			Pseudomonales	Pseudomonaceae	<i>Pseudomonace</i>	<i>aeruginosa</i>
					<i>Chryseomonas</i>	<i>Luteola</i>
			Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Sténotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>
			Pasteurellales	Pasteurellaceae	<i>Pasteurella</i>	<i>pneumotropica</i>
		Enterobactériaes	Enterobactériaceae	<i>Serratia</i>	<i>marcescens</i>	
		Beta Proteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	<i>Burkholderia</i>	<i>cepacia</i>
		Vlavobacteria	Vlavobactériaes	Vlavobactériaceae	<i>Chryseobacterium</i>	<i>meningosepticum</i>
			Enterobactériaes	Enterobactériaceae	<i>Moellerella</i>	<i>wisconsensis</i>

3.2. Les champignons

La figure 26 montre la densité fongique totale des sites échantillonnés, 37724 isolats fongiques dont 1784 sont détectés à partir des échantillons du site 1, 13235 du site 2, 9060 du site 3, 12050 du site 4 et 1307 du site 5, 1296 du site 6.

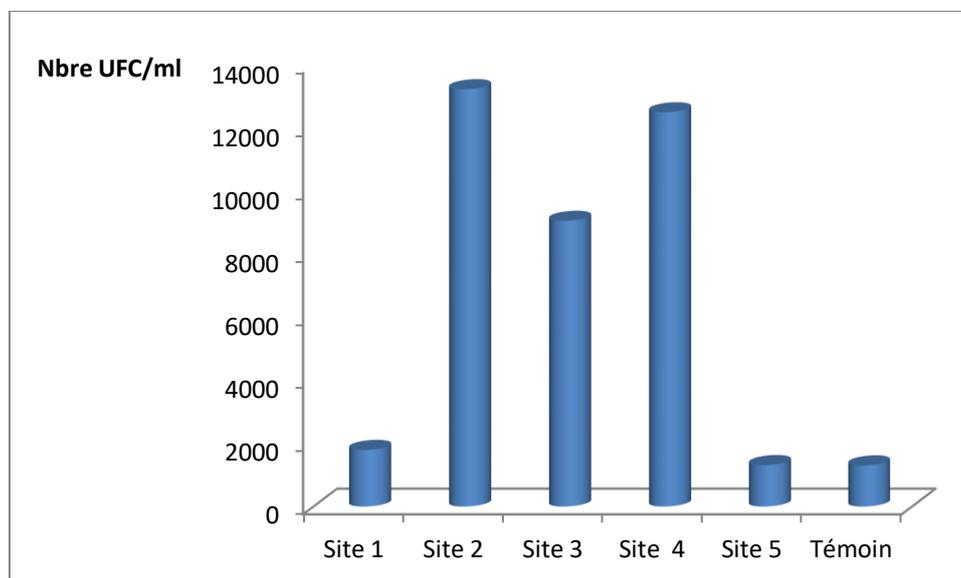


Figure 26. La microflore fongique totale des sites étudiés.

Le nombre total d'isolats fongiques des eaux superficielles agricoles est exprimé par la figure (27), il indique que le site témoin est le plus pauvre en souches fongiques pendant que la première position est occupée par le site 2.

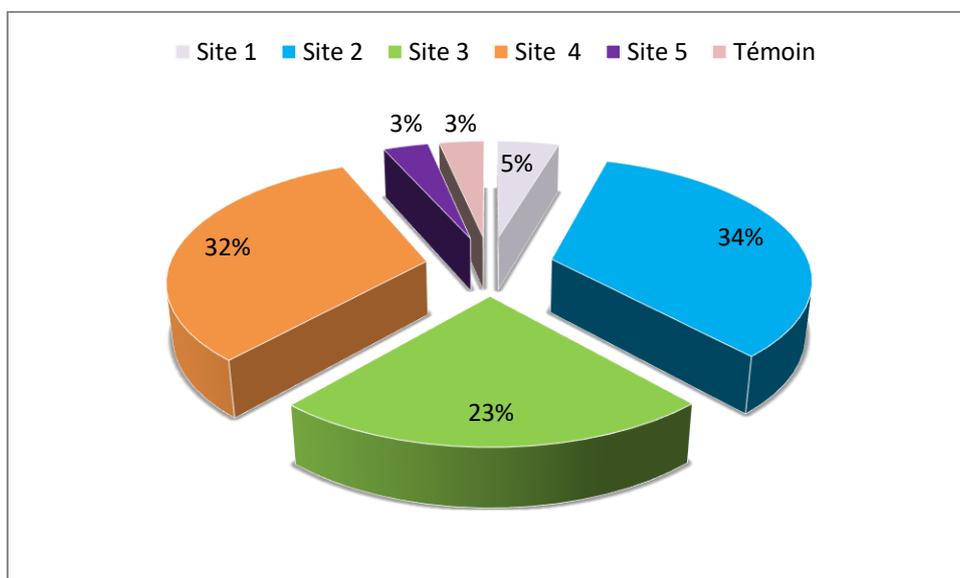


Figure 27. Pourcentage d'isolats fongiques des eaux superficielles agricoles.

Dix espèces fongiques ont été identifiées dans les eaux analysées qui sont réparties d'une manière à peu près équitable sur l'ensemble des sites. La moitié des espèces identifiées sont absentes au niveau du site témoin (tableau n°12).

Tableau 12. La liste des espèces fongiques identifiées dans chaque site

Souches	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site5	Témoin
<i>Aspergillus flavus</i>	+	+		+		+
<i>Aspergillus fumigatus</i>			+	+	+	
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus versicolor</i>	+	+	+			+
<i>Aspergillus terreus</i>		+		+	+	+
<i>Penicillium notatum</i>	+		+	+	+	
<i>Penicillium citreonigrum</i>	+	+	+		+	+
<i>penicillium chrysogenum</i>		+	+	+		
<i>Trichoderma viride</i>		+		+		+
<i>Rhizopus sp</i>	+		+	+	+	