

3. RESULTATS

3.1. Inventaire des Gastéropodes dans les zones d'études :

Le tableau 12 et la Figure 6 présentent les résultats de l'inventaire des gastéropodes pulmonés terrestres (escargots et limaces) au niveau des cinq sites d'étude ; Les résultats sont portés à partir de nos observations personnelles, nous avons établi la liste systématique des espèces rencontrées dans la région de l'Est algérien. Le tableau 13 montre que l'espèce d'*Helix aspersa* est presque la plus dominante dans les cinq sites et que le site PNEK est le plus riche parmi les autres, de plus l'espèce d'*Helix aperta* (l'escargot vert) présente un nombre très important par rapport aux autres espèces.

Tableau 12: Listes des espèces malacologiques recensées dans les cinq sites d'études (Novembre 2008 à juin 2009).

Famille	Espèces malacologiques
Milacidae	<i>Milax gagates</i> (Draparnaud, 1801)
	<i>Milax nigricans</i> (Phillipi, 1836)
Helicidae	<i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774)
	<i>Helix aperta</i> (Born, 1778)
	<i>Dupotetia Albastra zonata</i> (Pallary, 1926)
	<i>Otala lactae</i> (O F Müller, 1774)
Hygromiidae	<i>Helicella virgata</i> (Da Costa, 1778)
	<i>Trochoidae elegans</i> (Gmelin, 1791)
Cochlicellidae	<i>Cochlicella barbara</i> (Linnaeus, 1758)
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus, 1758)
Enidae	<i>Zebrina detrita</i> (Müller, 1774)

13: Les Gastéropodes Pulmonés Terrestres (nombre d'individus) recensés dans les cinq sites d'études (Novembre 2008 à juin 2009).

Sites Espèces	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
<i>Helix aspersa</i>	600	650	690	665	900
<i>Helix aperta</i>	500	450	700	600	720
<i>Helicella virgata</i>	515	550	300	350	400
<i>Dupotetia A zonata</i>	275	220	160	192	215
<i>Cochlicella barbara</i>	350	200	700	650	722
<i>Otala lactea</i>	260	190	400	320	312
<i>Rumina decollata</i>	200	150	120	130	125
<i>Zebrina dertica</i>	480	-	-	-	500
<i>Trochoidea elegans</i>	-	500	-	-	-
<i>Milax gagates</i>	160	105	120	119	150
<i>Milax nigricans</i>	162	120	115	120	120
Totale d'individus récoltés	3502	3135	3305	3146	4064

3.1.1. Structure des Gastéropodes Pulmonés Terrestres recensés dans les sites :

La structure (%) des gastéropodes pulmonés terrestres recensés dans les sites : El Kala (PNEK), Guelma, Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni, est présentée graphiquement respectivement dans la figure 7 (A, B, C, D et E). L'espèce *Helix aspersa* présente un pourcentage du nombre d'individus se varie entre 16 % à Guelma et 21 % à El Kala, Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni. Le pourcentage des individus *Helix aperta* est variable entre 14 % à Guelma, Néchmaya, et 21 % à (Sidi Ammar). Pour l'espèce *Helicella virgata* le nombre d'individus se varie entre 9% à Sidi Ammar et 18 % à Néchmaya. *Dupotetia A zonata* qui marque un pourcentage d'individus de 5 % à El Kala et Sidi Ammar, 8 % à Guelma. *Cochlicella barbara* présente un nombre minimal (6 %) à Néchmaya ; et maximal (21 %) à Sidi Ammar et El Bouni. L'escargot *Otala lactea* arrive à un nombre important de 12 % à Sidi Ammar et un nombre faible (6 %) à Néchmaya. Pour l'espèce *Rumina decollata* est de 3 % à El Kala et 6 % à Guelma. *Zebrina detrita* a un effectif entre 10 et 14 % respectivement à El Kala et Guelma. Concernant l'espèce *Trochoidea elegans* leur nombre est de 16 % à Néchmaya. Les limaces présentent un nombre également faible se varie entre 3 et 5 % pour les deux espèces : *Milax gagates*, *Milax nigrican* dans les différents sites.



Helix aspersa (Müller, 1774)



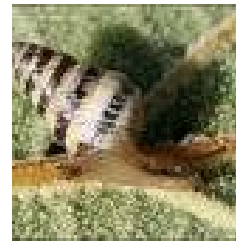
Helix aperta (Born, 1778)



Otala lactea (Müller, 1774)



Trochoidea elegans
(Gmelin, 1791)



Cochlicella Barbara
(Linneaus, 1758)



Rumina decollata
(Linneaus, 1758)



Dupotetia A zonza
(Pallary, 1926)



Zebrina detrita
(Müller, 1774)



Helicella virgata
(Da Costa, 1780)

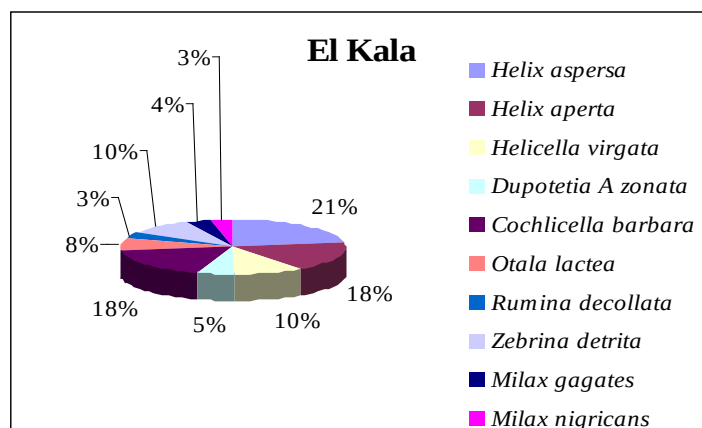


Milax gagates (Draparnaud, 1801)

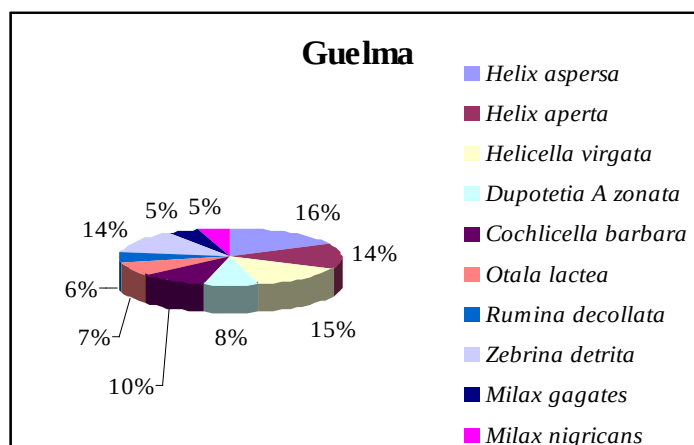


Milax nigricans (Phillipi, 1836)

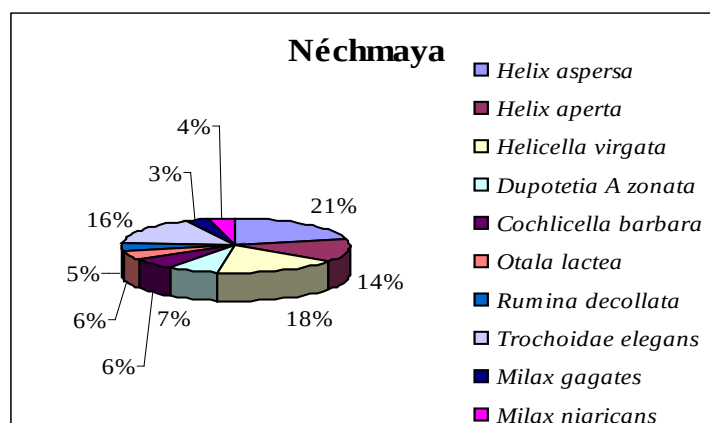
Figure 6. Les Gastéropodes Pulmonés Terrestres recensés dans les différents sites de l'Est algérien.



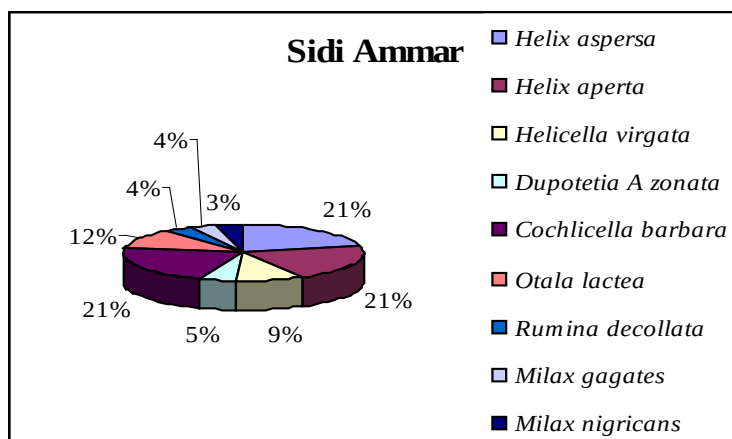
A



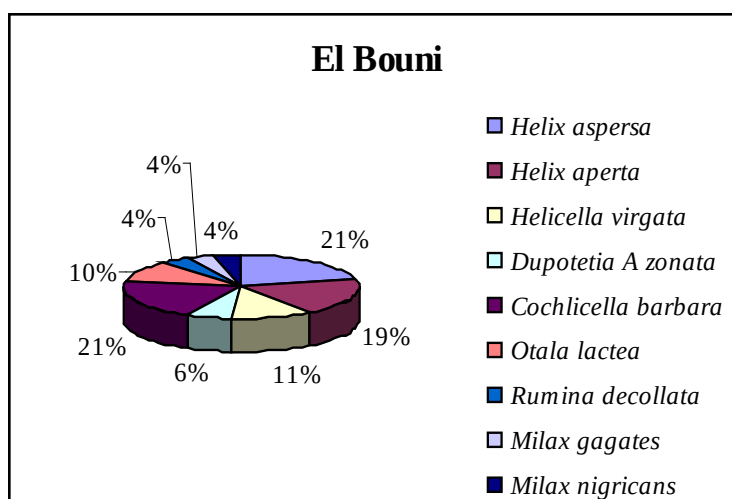
B



C



D



E

Figure 7. Structure des gastéropodes recensés au niveau d'El Kala (A), Guelma (B), Néchmaya (C), Sidi Ammar (D) et El Bouni (E).

3.2. Biométrie des espèces :

La biométrie est caractérisée par le poids (g) de l'escargot, par l'évolution du grand diamètre et des hauteurs (mm) de la coquille (Charrier, 1981).

3.2.1. Le poids des gastéropodes :

Les moyennes pondérales des escargots sont mentionnées dans le tableau 14. Les résultats montrent que le poids le plus élevé est enregistré chez l'espèce *Helix aspersa* au niveau d'El Kala (PNEK) ($10,94 \pm 5,27$ g) et le plus faible à Néchmaya ($7,72 \pm 2,17$ g) ; cette espèce a un poids relativement important par rapport aux autres espèces ; elle est suivie par

l'escargot vert (*Helix aspersa*) qui présente un poids maximal de $6,45 \pm 3,80$ g à El Kala et minimal de $5,08 \pm 3,27$ g à Néchmaya. Pour les hélices à coquilles blanches : *Helicella virgata* a un poids qui se varie entre $0,14 \pm 0,09$ g à El Bouni et $2,02 \pm 1,23$ g à El Kala ; concernant *Dupotetia A zonata* les moyennes pondérales sont proches dans les cinq sites se varient entre $4,02 \pm 1,01$ g à Sidi Ammar et $5,87 \pm 0,97$ g à El Kala.

L'espèce *Cochlicella barbara* a un poids faible par rapport aux autres escargots d'une valeur maximale de $0,15 \pm 0,08$ g à Sidi Ammar et minimale de $0,07 \pm 0,03$ g à Néchmaya. Ce qui concerne l'espèce *Otala lactea*, un poids élevé est enregistré à El Kala ($4,45 \pm 2,28$ g), et un poids faible ($2,47 \pm 1,64$ g) à Guelma.

Pour l'escargot *Rumina decollata* avec un poids important de $4,05 \pm 1,17$ g à Néchmaya, et un poids faible de $2,10 \pm 0,50$ g à Sidi Ammar de $2,10 \pm 0,50$ g.

L'espèce *Zebrina detrita* son poids est de $0,09 \pm 0,04$ et $0,10 \pm 0,05$ g respectivement à Guelma et El Kala. *Trochoidea elegans* a un poids de $2,10 \pm 0,96$ g à Néchmaya ; pour la famille des limacidae (limaces) le poids est compris entre 1 à 2 g.

Tableau 14: Moyennes Pondérales (m $\pm$ s, g) des gastéropodes pulmonés terrestres recensées au niveau des cinq sites d'études (n = 100).

Sites Espèces	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
<i>Helix aspersa</i>	$8,93 \pm 5,01$	$7,72 \pm 2,17$	$9,99 \pm 4,50$	$10,57 \pm 5,20$	$10,94 \pm 5,27$
<i>Helix aperta</i>	$5,15 \pm 4,66$	$5,08 \pm 3,27$	$6,27 \pm 4,06$	$5,61 \pm 3,38$	$6,45 \pm 3,80$
<i>Helicella virgata</i>	$1,18 \pm 0,77$	$1,64 \pm 0,99$	$1,11 \pm 0,59$	$0,14 \pm 0,09$	$2,02 \pm 1,23$
<i>Dupotetia A zonata</i>	$4,96 \pm 0,93$	$4,58 \pm 1,02$	$4,02 \pm 1,01$	$4,20 \pm 0,66$	$5,87 \pm 0,97$
<i>Cochlicella barbara</i>	$0,08 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,08$	$0,10 \pm 0,08$	$0,09 \pm 0,06$
<i>Otala lactea</i>	$2,47 \pm 1,64$	$2,55 \pm 1,45$	$4,04 \pm 3,23$	$3,32 \pm 2,38$	$4,45 \pm 2,28$
<i>Rumina decollata</i>	$3,13 \pm 1,14$	$4,05 \pm 1,17$	$2,10 \pm 0,50$	$2,81 \pm 1,14$	$2,14 \pm 0,66$
<i>Zebrina detrita</i>	$0,09 \pm 0,04$	-	-	-	$0,10 \pm 0,05$
<i>Trochoidea elegans</i>	-	$2,10 \pm 0,96$	-	-	-

3.2.2. Le diamètre de la coquille des gastéropodes:

Les moyennes des diamètres (mm) des gastéropodes sont rassemblées dans le tableau 15. *Helix aspersa* est l'escargot qui a un grand diamètre ($33,51 \pm 9,55$ mm) au niveau du PNEK par contre un diamètre faible enregistré à Néchmaya ($27,41 \pm 4,36$ mm). Pour l'escargot *Helix*

aperta, un grand diamètre de la coquille marqué à El Kala de $24,72 \pm 7,81$ mm, et faible au niveau de Néchmaya ($16,44 \pm 7,70$ mm).

Ce qui concerne *Helicella virgata*, le diamètre minimal est marqué à Sidi Ammar ($10,05 \pm 2,76$ mm) et maximal à El Kala ($14,91 \pm 2,19$ mm). Ainsi, la même chose pour l'espèce *Dupotetia A zonata*, elle présente un énorme diamètre au niveau d'El Kala de $20,84 \pm 6,89$ mm et un faible diamètre au niveau de Sidi Ammar ($15,94 \pm 4,72$ mm).

L'espèce *Cochlicella barbara* avait généralement un petit diamètre par rapport aux autres escargots qui est entre $3,35 \pm 1,09$ mm (Néchmaya) et $4,50 \pm 1,29$ mm (Sidi Ammar). *Otala lactea* présente un diamètre maximal au niveau d'El Kala ($27,62 \pm 6,68$) et minimal à Guelma ($20,33 \pm 2,98$ mm). Concernant *Rumina decollata* qui présente un diamètre de la coquille se varie entre $9,62 \pm 2,95$ mm (Sidi Ammar) et $14,74 \pm 10,06$ mm (Néchmaya). Pour *Zebrina detrita* le diamètre est entre $3,50 \pm 0,57$ et $3,69 \pm 0,70$ respectivement à Guelma et El Kala. Et *Trochoidea elegans* qui avait une coquille de $9,87 \pm 2,20$ mm de diamètre.

Tableau 15: Moyennes des Diamètres (m $\pm$ s, mm) des gastéropodes pulmonés terrestres recensés au niveau des cinq sites d'études (n = 100).

Sites Espèces	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	PNEK
<i>Helix aspersa</i>	$29,61 \pm 7,76$	$27,41 \pm 4,36$	$32,50 \pm 8,15$	$32,80 \pm 8,96$	$33,51 \pm 9,55$
<i>Helix aperta</i>	$22,73 \pm 5,43$	$16,44 \pm 7,70$	$23,71 \pm 6,26$	$23,02 \pm 6,82$	$24,72 \pm 7,81$
<i>Helicella virgata</i>	$12,96 \pm 0,21$	$14,89 \pm 3,21$	$10,05 \pm 2,76$	$10,66 \pm 0,57$	$14,91 \pm 2,19$
<i>Dupotetia A zonata</i>	$20,18 \pm 6,07$	$19,77 \pm 6,52$	$15,94 \pm 4,72$	$16,46 \pm 4,53$	$20,84 \pm 6,89$
<i>Cochlicella barbara</i>	$3,89 \pm 0,80$	$3,35 \pm 1,09$	$4,50 \pm 1,29$	$4,18 \pm 0,49$	$3,93 \pm 1,36$
<i>Otala lactea</i>	$20,33 \pm 2,98$	$21,03 \pm 6,17$	$26,19 \pm 5,05$	$25,44 \pm 8,77$	$27,62 \pm 6,68$
<i>Rumina decolleta</i>	$13,40 \pm 9,61$	$14,74 \pm 10,06$	$9,62 \pm 2,95$	$12,66 \pm 1,57$	$9,70 \pm 3,20$
<i>Zebrina detrita</i>	$3,50 \pm 0,57$	-	-	-	$3,69 \pm 0,70$
<i>Trochoidea elegans</i>	-	$9,87 \pm 2,20$	-	-	-

3.2.3. La hauteur de la coquille des gastéropodes:

Le tableau 16 illustre les moyennes des Hauteurs (mm) des coquilles des gastéropodes recensés cinq sites. *Helix aspersa* enregistre une grande hauteur au niveau d'El Kala ($24,64 \pm 4,16$ mm) et une petite hauteur au niveau de Néchmaya ($19,52 \pm 3,29$ mm) ;

une hauteur maximale de *Helix aspersa* est marquée à El Kala ($18,30 \pm 5,30$ mm) et une autre minimale à Néchmaya ($11,03 \pm 5,25$ mm). Concernant l'espèce *Helicella virgata* présente des hauteurs qui se varient entre $5,92 \pm 1,77$ mm à Sidi Ammar et $9,32 \pm 2,32$ mm à d'El Kala. Pour l'escargot *Dupotetia A zonata*, une longueur de coquille plus grande est enregistrée au niveau du site El Kala de $16,92 \pm 5,26$ mm et une autre longueur faible enregistrée au niveau de Sidi Ammar ($12,02 \pm 4,80$ mm) ; *Cochlicella barbara*, sa hauteur se varie entre $5,12 \pm 2,86$ mm (Néchmaya) et $9 \pm 2,58$ mm (Sidi Ammar). *Otala lactea*, cette espèce montre une longueur maximale de la coquille à El Kala ($21,90 \pm 7,68$ mm) et autre minimale à Guelma ($14,40 \pm 3,84$ mm).

Rumina decollata présente une hauteur variable entre $21,43 \pm 7,98$ mm à Sidi Ammar et $28,04 \pm 8,29$ mm à Néchmaya. La hauteur de la coquille chez *Zebrina detrita* est entre $12 \pm 0,81$ et $12,32 \pm 1,81$ mm respectivement à Guelma et El Kala ; et de $8,78 \pm 2,11$ mm pour *Trochoidea elegans* qui se trouve à Néchmaya.

Tableau 16: Moyennes des Hauteurs (m $\pm$ s, mm) des gastéropodes pulmonés terrestres recensées au niveau des cinq sites d'études (n = 100).

Sites Espèce	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
<i>Helix aspersa</i>	$20,98 \pm 4,62$	$19,52 \pm 3,29$	$22,43 \pm 5,15$	$22,99 \pm 5,43$	$24,64 \pm 4,16$
<i>Helix aspersa</i>	$15,44 \pm 3,71$	$11,03 \pm 5,25$	$17,66 \pm 5,33$	$17,26 \pm 4,52$	$18,30 \pm 5,30$
<i>Helicella virgata</i>	$7,88 \pm 0,87$	$8,65 \pm 2,23$	$5,92 \pm 1,77$	$6,17 \pm 1,15$	$9,32 \pm 2,32$
<i>Dupotetia A zonata</i>	$16,54 \pm 4,43$	$14,9 \pm 6,50$	$12,02 \pm 4,80$	$12,59 \pm 4,39$	$16,92 \pm 5,26$
<i>Cochlicella barbara</i>	$7,33 \pm 0,57$	$5,12 \pm 2,86$	$9,00 \pm 2,58$	$8,36 \pm 1,83$	$7,52 \pm 1,57$
<i>Otala lactea</i>	$14,40 \pm 3,84$	$15,00 \pm 3,79$	$20,00 \pm 6,92$	$18,30 \pm 4,33$	$21,90 \pm 7,68$
<i>Rumina decolleta</i>	$27,89 \pm 8,72$	$28,04 \pm 8,29$	$21,43 \pm 7,98$	$26,9 \pm 5,75$	$22,09 \pm 11,69$
<i>Zebrina detrita</i>	$12 \pm 0,81$	-	-	-	$12,32 \pm 1,81$
<i>Trochoidea elegans</i>	-	$8,78 \pm 2,11$	-	-	-

3.3. Les indices écologiques

3.3.1. Indices de composition

3.3.1.1 Richesse totale (S) et moyenne (S') :

Le tableau 17 montre que la région de l'Est algérien est riche en différentes familles et espèces des gastéropodes pulmonés terrestres exprimées par 10 espèces à Guelma, Néchmaya et El Kala.

Concernant la richesse moyenne, la valeur maximale est obtenue à El Kala de 508 et minimale à Néchmaya de 391,87 ; ainsi un nombre important d'individus à El Kala (4064) mais faible à Néchmaya (3135). Ce qui est évident, que ne sont pas les seules espèces existantes ; il reste un grand nombre à découvrir.

Tableau 17: Richesse totale et moyenne de la population des gastéropodes pulmonés terrestres dans les cinq sites d'étude (Novembre 2008 à Juin 2009).

Sites Paramètres	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
Richesse totale (S)	10	10	9	9	10
Nombre total d'individus (Ki)	3502	3135	3305	3146	4064
Nombre de relevées (N)	8	8	8	8	8
Richesse moyenne (S')	437,75	391,87	413,12	393,25	508

3.3.1.2. Fréquence centésimale (F) :

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 18, on remarque que l'espèce *Helix aspersa* présente un pourcentage minimale de 17,13 % à Guelma et maximal à El Kala de 22,14 % ; ainsi l'espèce *Helix aperta* a une valeur maximale à Sidi Ammar (21,18 %), minimale à Guelma (14,27 %).

Concernant l'espèce *Helicella virgata*, elle est majeure à Néchmaya d'une valeur de 17,54 % par contre très faible à Sidi Ammar (9,07 %) ; ainsi pour l'espèce *Dupotetia A zonata* avec un pourcentage important à Guelma (7,85 %) et très faible à Sidi Ammar (4,84 %), cette dernière contient un nombre très important des escargots *Cochlicella barbara* avec 21,18 % mais très faible à Néchmaya (6,37 %).

Pour les espèces : *Otala lactea*, *Rumina decollata* présentent des valeurs peu proches se varie entre 3,55 % et 12,10 % et une fréquence très faible entre 3,34 % et 4,62 % des limaces dans les différents sites.

Pour l'espèce *Zebrina detrita* elle présente une valeur de 9,84 % à El Kala et 13,70 % maximale à Guelma, inexistante dans les autres sites ; la même chose pour *Trochoidea elegans* (13,70 %) à Néchmaya.

En général, cette fréquence **F** des espèces varie d'un site à l'autre en fonction des conditions climatiques des régions ; mais elle est moins de 25 % dans les cinq sites ce qui explique qu'elles sont des espèces très rares.

Tableau 18: Fréquence centésimale (**F**) en (%) dans les cinq sites d'étude.

Sites Espèces	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
<i>Helix aspersa</i>	17,13	20,73	20,87	21,13	22,14
<i>Helix aperta</i>	14,27	14,35	21,18	19,07	20,48
<i>Helicella virgata</i>	14,70	17,54	9,07	11,12	11,38
<i>Dupotetia A zonata</i>	7,85	7,01	4,84	6,10	6,11
<i>Cochlicella barbara</i>	9,99	6,37	21,18	20,66	20,54
<i>Otala lactea</i>	7,42	6,06	12,10	10,17	8,87
<i>Rumina decollata</i>	5,71	4,78	3,63	4,13	3,55
<i>Zebrina detrita</i>	13,70	-	-	-	9,84
<i>Trochoidea elegans</i>	-	13,70	-	-	-
<i>Milax gagates</i>	4,56	3,34	3,63	3,78	4,26
<i>Milax nigricans</i>	4,62	3,82	3,47	3,81	3,41

3.3.1.3. Constance :

Le tableau 19 montre les valeurs de la constance **C** (%) selon Dajoz (1971), les espèces : *Helix aspersa* et *Helix aperta* présentent un pourcentage de 100 % dans les cinq zones ; ce qui explique que ce sont des espèces **omniprésentes** ($C = 100\%$) dans la région. *Helicella virgata*, est **constante** ($75 \leq C \leq 100\%$) à El Bouni et Sidi Ammar ; **omniprésente** dans les autres sites. Concernant l'espèce *Dupotetia Alabastra zonata*, elle est **constante** à Guelma, Néchmaya et El Kala avec un pourcentage entre 75% et 100% mais elle est **régulière** ($50 \leq C \leq 75\%$) à Sidi Ammar et El Bouni. Pour l'espèce *Cochlicella barbara*, elle

est **omniprésente** à Sidi Ammar, El Bouni, El Kala ; et **constante** à Guelma et Néchmaya. *Otala lactea* est **constante** à Guelma, Sidi Ammar, El Bouni et El Kala ; **régulière** à Néchmaya.

Rumina decollata est **régulière** à Sidi Ammar, El Bouni et El Kala ; **constante** à Guelma et Néchmaya.

Pour les limaces 37,5 % sont des espèces **accessoires** ($25 \leq C \leq 50\%$). *Zebrina detrita*, est espèce **rare** ($C \leq 4\%$) à Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni ; et **régulière** à Guelma et El Kala. Pour l'espèce *Trochoidea elegans* qui est **constante** à Néchmaya ; **rare** à Guelma, Sidi Ammar, El Bouni et El Kala.

Tableau 19: La constance (C) (%) dans les cinq sites d'étude.

Sites Espèces	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
<i>Helix aspersa</i>	100	100	100	100	100
<i>Helix aperta</i>	100	100	100	100	100
<i>Helicella virgata</i>	100	100	87,5	87,5	100
<i>Dupotetia A zonata</i>	87,5	87,5	62,5	62,5	75
<i>Cochlicella barbara</i>	87,5	87,5	100	100	100
<i>Otala lactea</i>	75	62,5	87,5	87,5	87,5
<i>Rumina decollata</i>	75	75	50	50	50
<i>Zebrina detrita</i>	62,5	00	00	00	50
<i>Trochoidea elegans</i>	00	75	00	00	00
<i>Milax gagates</i>	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
<i>Milax nigricans</i>	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5

3.3.2. Indices de structures :

3.3.2.1. Indice de diversité de Shanon – Weaver :

Le tableau 20 indique que l'indice de diversité de Shanon – Weaver (**H'**) varie entre 2,70 à Sidi Ammar et 3,05 à El Kala.

L'équitabilité (**E**) ou l'équirépartition est la dimension fondamentale de la diversité qui permet de comparer les structures des peuplements, les résultats montrent qu'elle est entre

0,85 et 0,91 donc $E < 1$; ce qui signifie que les différentes populations ne sont pas en équilibre entre elles.

Tableau 20: Indice de diversité de Shanon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes dans les cinq sites d'étude (Novembre 2008 à Juin 2009).

Sites Paramètres	Guelma	Néçhmaya	Sidi Ammar	El Bouni	El Kala
H'	2,99	2,90	2,70	2,77	3,05
E	0,90	0,87	0,85	0,87	0,91

3.4. Dosage des biomarqueurs

3.4.1. Dosage du glutathion

L'effet de la pollution sur le taux de GSH hépatopancréatique a été évalué chez *Helix aspersa*. La détermination du taux de GSH a été réalisée selon la méthode de Weckberker & Cory (1988) exprimé en ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 21.

Le taux de GSH le plus élevé est enregistré au niveau d'El Kala (PNEK) ($2,14 \pm 0,57 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) mais le taux le plus faible est remarqué au niveau d'El Bouni ($1,21 \pm 0,11 \mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance avec le Modèle Linéaire Généralisé (MLG) (Tableau 22) indique qu'il existe un effet site ($P = 0,000$) $\leq 0,0001$ très hautement significatif et un effet saison très hautement significatif ($P = 0,000$) sur le taux de GSH . L'interaction sites/saisons n'est pas significative ($P = 0,089$) $> 0,05$.

La comparaison deux à deux avec le test de Tukey entre les sites révèle qu'il existe une différence significative entre El Kala et Guelma ($P = 0,0236$) et une différence très hautement significative avec Néçhmaya, Sidi Ammar et El Bouni ($P = 0,0000$). Aussi, une différence très hautement significative entre Guelma et Néçhmaya, Sidi Ammar et El Bouni ($P = 0,0000$) ; une différence significative entre Néçhmaya et Sidi Ammar ($P = 0,0303$), et hautement significative avec El Bouni ($P = 0,0081$) ; il n'existe aucune différence significative entre Sidi Ammar et El Bouni ($P = 0,9910$). (Fig. 8).

La comparaison deux à deux avec le test de Tukey entre les saisons montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P=0,0000$) entre les deux saisons dans les cinq sites.

Tableau 21: Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Sites Saisons	El Kala	Guelma	Néchmaya	Sidi Ammar	El Bouni
Hiver	$2,55 \pm 0,29$ a	$2,17 \pm 0,48$ a	$1,66 \pm 0,42$ a	$1,36 \pm 0,07$ b	$1,29 \pm 0,14$ b
Printemps	$1,73 \pm 0,34$ a	$1,50 \pm 0,10$ a	$1,29 \pm 0,10$ b	$1,16 \pm 0,06$ b	$1,13 \pm 0,21$ b
Taux moyen de GSH	$2,14 \pm 0,57$ a	$1,83 \pm 0,47$ b	$1,47 \pm 0,26$ c	$1,26 \pm 0,14$ d	$1,21 \pm 0,11$ d

Tableau 22: Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Analyse de la variance: modèle linéaire généralisé.

Sources	DL	SC	CM	F	P
Saisons	1	3,3911	3,3911	40,43	0,000***
Sites	4	14,6504	3,6626	43,67	0,000***
Saisons/Sites	4	0,7025	0,1756	2,09	0,089
Erreur	80	6,7102	0,0839		
Totale	89	25,4542			

DDL: degré de liberté.

SC: somme des carrés des écarts.

CM : carré moyen.

F: F observé. P: seuil de signification.

P: seuil de signification.

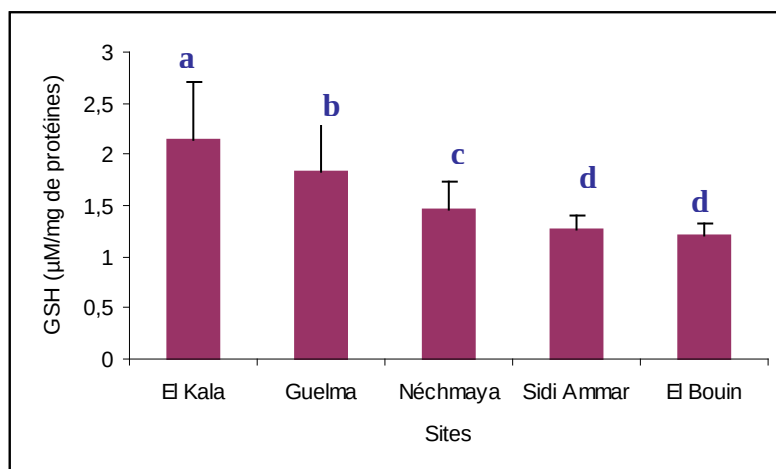


Figure 8. Taux moyen de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M/mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey: les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.1.1 Comparaison du taux de glutathion en hiver dans les cinq sites:

Le taux de GSH est variable en fonction de sites, saisons ; l'analyse de la variance à un critère de classification (Tableau 23) montre qu'il existe une différence hautement significative entre les cinq sites en hiver ($P = 0,000$). La comparaison deux à deux de Tukey entre niveaux de sites révèle qu'il existe une différence significative entre El Kala et Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni ; aussi entre Guelma et Sidi Ammar, El Bouni ; une variance significative existe entre Néchmaya et Sidi Ammar, El Bouni ; aucune différence significative marquée entre El Kala et Guelma ; Guelma et Néchmaya ; Sidi Ammar et El Bouni. Les résultats sont exprimés dans la figure 9.

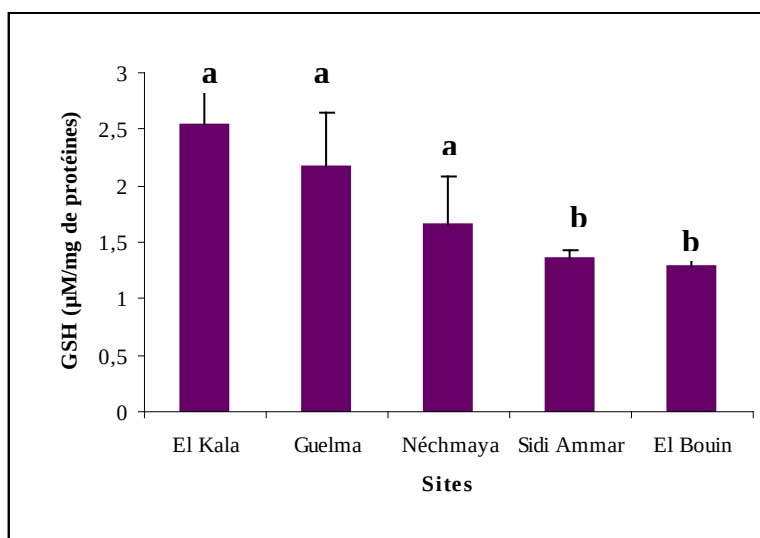


Figure 9. Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M/mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver (Novembre 2008 à Janvier 2009). Test de Tukey: les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Tableau 23: Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M/mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver (Novembre 2008 à Janvier 2009). Analyse de la variance à un critère de classification.

Sources	DL	SC	CM	F	P
Sites	4	10,4685	2,6171	29,50	0,000***
Erreur	40	3,54822	0,0887		
Totale	44	14,0167			

DDL: degré de liberté.

SC: somme des carrés des écarts.

CM : carré moyen.

F: F observé. P: seuil de signification.

P: seuil de signification.

3.4.1.2. Comparaison du taux de glutathion en printemps dans les cinq sites d'étude :

L'analyse de la variance à un critère de classification (Tableau 24) montre qu'il existe une différence hautement significative entre les cinq sites en printemps ($P = 0,000$).

La comparaison deux à deux de Tukey entre niveaux de sites révèle qu'il existe une différence significative entre El Kala et Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni ; aussi entre Guelma et Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni ($P < 0,05$) ; mais il n'existe pas une différence significative entre El Kala et Guelma ; Néchmaya et Sidi Ammar, El Bouni ; Sidi Ammar et El Bouni ($P > 0,05$) . Les résultats sont exprimés dans la figure 10.

Tableau 24: Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en printemps (Février à Avril 2009). Analyse de la variance à un critère de classification.

Source s	DL	SC	CM	F	P
Sites	4	4,4181	1,1045	12,72	0,000***
Erreur	40	3,4735	0,0868		
Totale	44	7,8917			

DDL: degré de liberté.

SC: somme des carrés des écarts.

CM : carré moyen.

F: F observé. P: seuil de signification.

P: seuil de signification.

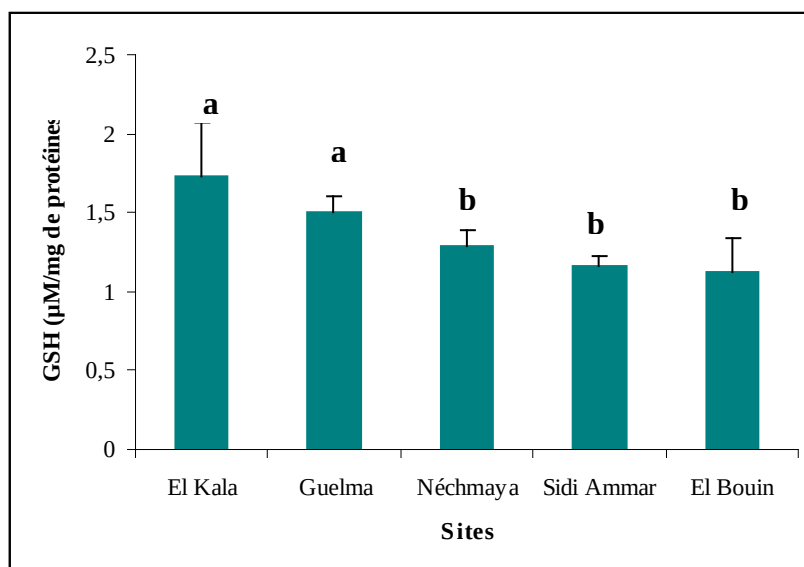


Figure 10. Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M/mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en printemps (Février à Avril 2009). Test de Tukey: les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.1.3. Comparaison du taux de glutathion en hiver et en printemps dans chaque site d'étude :

Le taux du GSH dans chaque site est variable en fonction de variation des saisons (hiver et printemps). L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il existe une variation significative du taux de GSH entre l'hiver et le printemps au niveau d'El kala ($P = 0,004$), Guelma ($P = 0,033$) ; hautement significative à Néchmaya et à Sidi Ammar ($P = 0,000$) ; pas de variation significative enregistrée à El Bouin ($P = 0,073$) ($P > 0,05$).

La comparaison deux à deux de Tukey entre niveaux de saisons révèle qu'il existe une différence significative entre l'hiver et le printemps de El Kala, Guelma, Néchmaya et Sidi Ammar ($P < 0,05$). Il n'existe pas aucune différence significative au niveaux de saisons à El Bouni. ($P > 0,05$). Les résultats sont exprimés graphiquement dans la figure 11 respectivement dans les cinq sites.

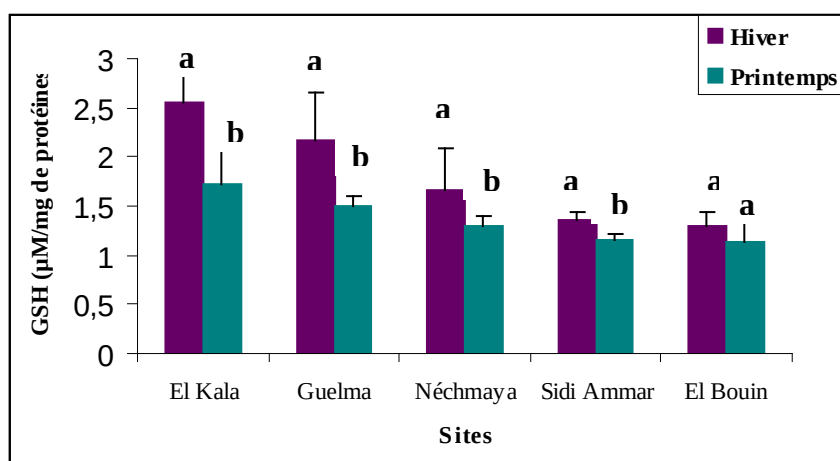


Figure 11. Taux de glutathion ($m \pm s$; $n = 9$) ($\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) dans l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* récoltés dans les sites (El Kala, Guelma, Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni) en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.2. Dosage de l'acétylcholinestérase

L'activité de l'acétylcholinestérase (Tableau 25) déterminée au niveau de la tête d'escargot *Helix aspersa* selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) dans les cinq sites d'études pendant l'hiver et le printemps ; elle est exprimée en $\text{pM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines.

L'activité de l'AChE la plus élevée a été enregistrée au niveau d'El Kala avec une valeur de $0,82 \pm 0,20$ $\text{pM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, par contre l'activité la plus faible a été observée au niveau d'El Bouni ($0,34 \pm 0,08$ $\text{pM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines). L'analyse de la variance avec le modèle linéaire généralisé (Tableau 26) indique qu'il existe un effet site ($P = 0,000$) très hautement significatif. Et un effet saison ($P = 0,000$) très hautement significatif. L'interaction saisons/sites n'est pas significative ($P = 0,140$) sur la variation de l'activité de l'AChE.

La comparaison deux à deux avec le test de Tukey entre les sites révèle qu'il existe une différence significative entre El Kala et Guelma ($P = 0,0377$), hautement significative avec Néchmaya ($P = 0,0004$) $< 0,001$, Sidi Ammar et El Bouni ($P = 0,0000$) ; ainsi une variation très hautement significative entre Guelma et Sidi Ammar ($P = 0,0002$) et El Bouni ($P = 0,0001$). Aussi une variation significative entre Néchmaya et Sidi Ammar ($P = 0,0244$), significative avec El Bouni ($P = 0,0073$). Aucune variation significative a été enregistrée entre Guelma et Néchmaya ($P = 0,6177$) $> 0,05$; Sidi Ammar et El Bouni ($P = 0,9939$). (Fig. 12).

La comparaison deux à deux de Tukey entre les saisons indique qu'il existe une différence très hautement significative de l'activité de l'AChE entre l'hiver et le printemps ($P = 0,0000$).

Tableau 25: Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/min/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Sites Saisons	El Kala	Guelma	Néchemaya	Sidi Ammar	El Bouni
Hiver	$0,97 \pm 0,20$ a	$0,83 \pm 0,20$ a	$0,71 \pm 0,30$ a	$0,42 \pm 0,15$ b	$0,40 \pm 0,06$ b
Printemps	$0,68 \pm 0,23$ a	$0,46 \pm 0,20$ ab	$0,41 \pm 0,14$ b	$0,31 \pm 0,07$ b	$0,28 \pm 0,14$ b
Taux moyen de l'AChE	$0,82 \pm 0,20$ a	$0,64 \pm 0,26$ b	$0,56 \pm 0,21$ b	$0,36 \pm 0,07$ c	$0,34 \pm 0,08$ c

Tableau 26: Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Analyse de la variance: modèle linéaire généralisé.

Sources	DL	SC	CM	F	P
Saisons	1	1,28642	1,28642	36,86	0,000***
Sites	4	2,92735	0,73184	20,97	0,000***
Saisons/Sites	4	0,24890	0,06223	1,78	0,140
Erreur	80	2,79204	0,03490		
Totale	89	7,25472			

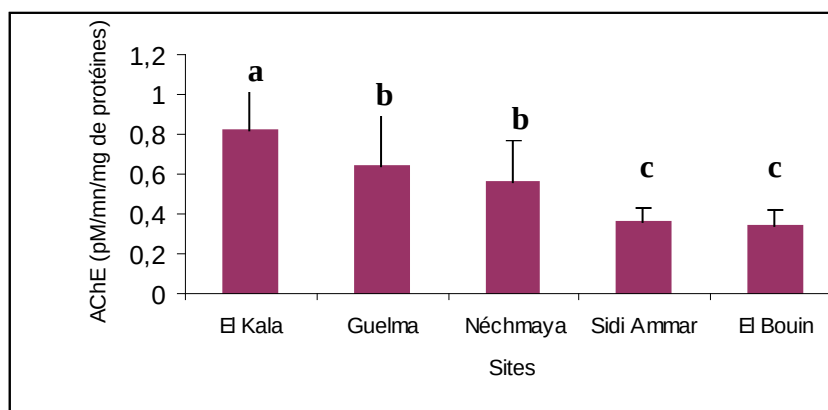


Figure 12. Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.2.1. Comparaison de l'activité de l'acétylcholinestérase en hiver dans les cinq sites:

L'activité de l'AChE est variable en fonction de sites et saisons : En hiver, l'analyse de la variance à un critère de classification révèle qu'il existe une différence très hautement significative ($P = 0,000$) de l'activité de l'AChE entre les cinq sites d'étude en hiver (Tableau 27). La comparaison deux à deux avec le test de Tukey entre niveaux de sites montre qu'il y a une variation significative entre El Kala et Sidi Ammar, El Bouni ; entre Guelma et Sidi Ammar, El Bouni ; aussi entre Néchmaya et Sidi Ammar, El Bouni ($p < 0,05$). Il n'y a pas une variation significative enregistrée entre El Kala et Guelma, Néchmaya ; ainsi entre Guelma et Néchmaya ; Sidi Ammar et El Bouni ($P > 0,05$). (Fig.13).

Tableau 27: Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver (Novembre 2008 à Janvier 2009). Analyse de la variance à un critère de classification.

Sources	DL	SC	CM	F	P
Sites	4	2,2792	0,5698	14,00	0,000***
Erreur	40	1,6283	0,0407		
Totale	44	3,9075			

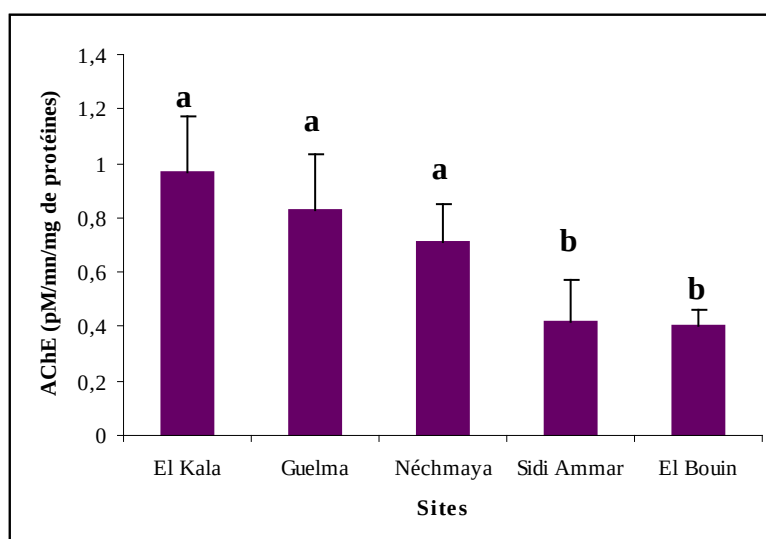


Figure 13. Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en hiver (Novembre 2008 à Janvier 2009). Test de Tukey: les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.2.2. Comparaison de l'activité de l'acétylcholinestérase en printemps dans les cinq sites:

En Printemps, l'analyse de la variance à un critère de classification (Tableau 28), révèle qu'il existe une différence hautement significative ($P = 0,000$) de l'activité de l'AChE entre les cinq sites d'étude. La comparaison deux à deux de Tukey entre niveaux de sites montre qu'il y a une variation significative entre El Kala et Néchmaya, Sidi Ammar, El Bouni

($p < 0,05$) ; il n'existe aucune variation significative entre El Kala et Guelma ; Guelma et Néchmaya, Sidi Ammar, El Bouni ; aussi entre Néchmaya et Sidi Ammar, El Bouni ; Sidi Ammar et El Bouni ($P > 0,05$). (Fig. 14).

Tableau 28: Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en printemps (Février à Avril 2009). Analyse de la variance à un critère de classification.

Sources	DL	SC	CM	F	P
Sites	4	0,8971	0,2243	7,71	0,000***
Erreur	40	1,1637	0,0291		
Totale	44	2,0608			

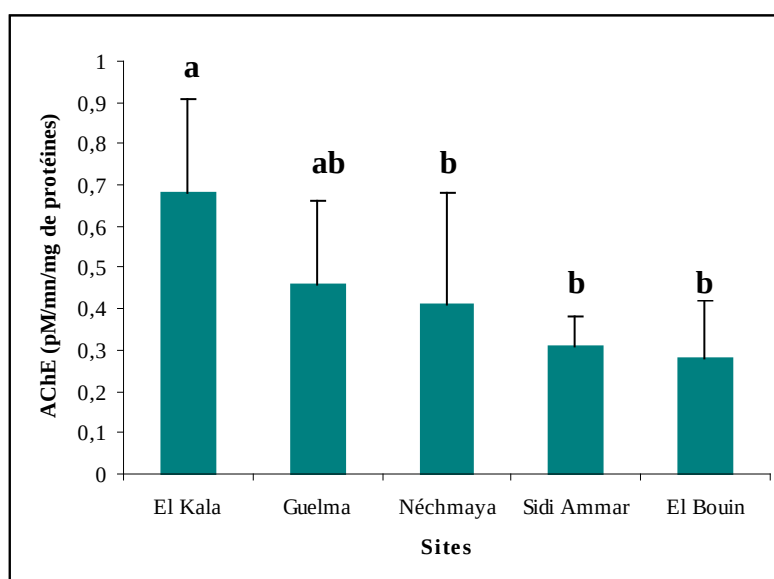


Figure 14. Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/min/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans différents sites en printemps (Février à Avril 2009). Test de Tukey: les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.2.3. Comparaison de l'activité de l'acétylcholinestérase en hiver et printemps dans les cinq sites:

L'activité de l'AChE dans chaque site est variable entre l'hiver et le printemps. L'analyse de la variance à un critère de classification entre niveaux de saisons révèle qu'il existe une

différence significative entre l'hiver et le printemps des sites: El Kala ($P = 0,011$), Guelma ($P = 0,002$), Néchmaya ($P = 0,015$), El Bouni ($P = 0,028$): ($p < 0,05$) ; mais il n'y a pas une différence significative à Sidi Ammar ($P = 0,093$).

La comparaison deux à deux de Tukey entre niveaux de saisons montre qu'il existe une différence significative dans les sites: El Kala, Guelma, Néchmaya et El Bouni ($p < 0,05$) ; mais elle n'existe pas à Sidi Ammar ($P > 0,05$). La figure 15 illustre ces résultats respectivement dans les sites : El Kala, Guelma, Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni.

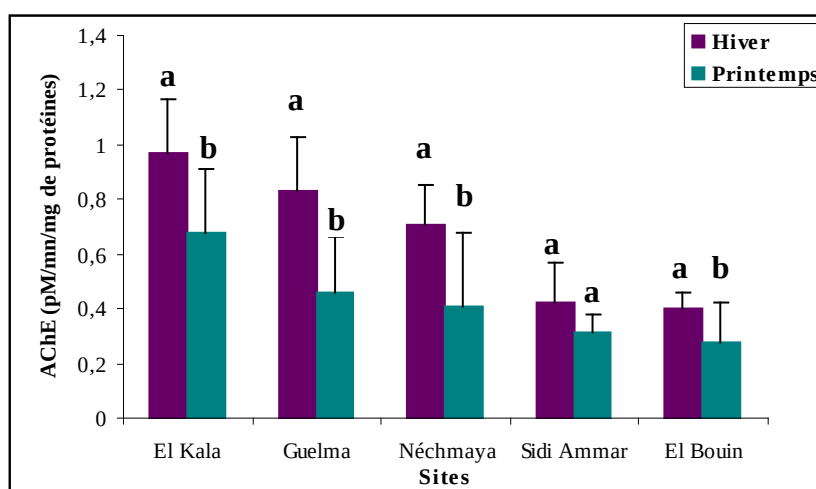


Figure 15. Activité de l'acétylcholinestérase ($m \pm s$; $n = 9$) (pM/mn/mg de protéines) dans la tête d'*Helix aspersa* récoltés dans les sites El Kala, Guelma, Néchmaya, Sidi Ammar et El Bouni en hiver et en printemps (Novembre 2008 à Avril 2009). Test de Tukey : les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

3.4.3. Dosage des protéines

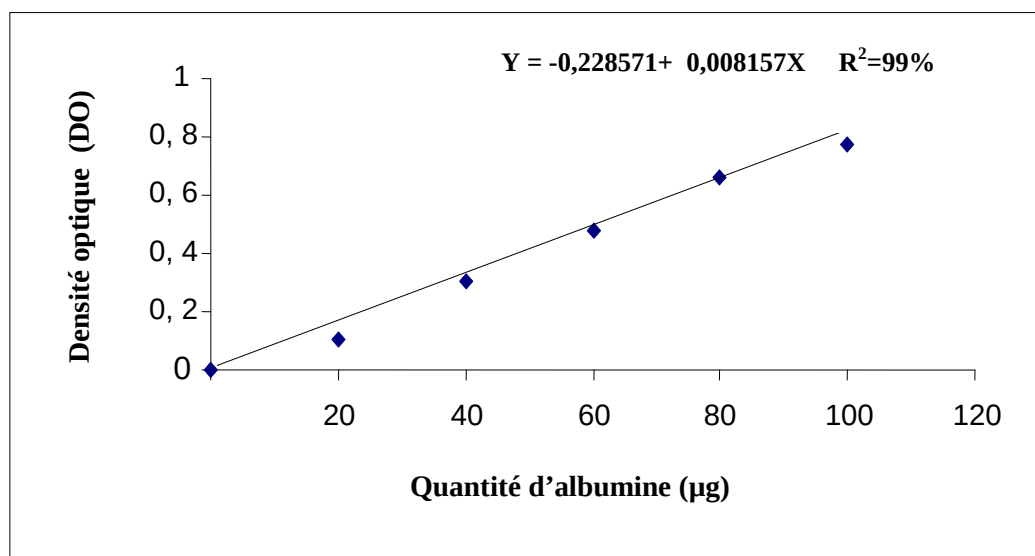


Figure 16. Dosage des protéines et droite de régression exprimant l'absorbance (DO) en fonction de la quantité d'albumines (µg).

3.5. Analyses physico-chimiques des sols dans les différents sites d'études :

Les résultats des paramètres physico-chimiques du sol dans les différents sites d'études sont mentionnés pendant la période d'étude (2009) dans le tableau 29. Ces résultats indiquent que les sols étudiés sont des sols **alcalins** du ($\text{pH} > 7,5$). Les valeurs de l'humidité varient entre 48,07 et 75,70 % et ceci explique que les sols sont **argilo-limoneuses**. Dans les site El Kala, Guelma, Nechmaya, El Bouni ; et **limono-argileuse** à Sidi Ammar (41,66 %).

On enregistre une conductivité électrique varie entre 0,11 et 0,43 qui est inférieure à 0,6 ms/cm ce ci explique que les sols ne sont pas salés. Le deux types de calcaire mesurés au niveau des sites d'étude indique que les sols ont un calcaire actif de type **très calcaire** qui varie entre 31 et 39,74 %, et un calcaire total de type **calcaire** (15 à 30%), au niveau des cinq sites qui le calcaire varie entre 24,90 et 24,94 %.

Les sols étudiés contiennent un pourcentage plus (>) de 5 %, varie entre 5,83 et 7,69 % en matière organique ce qui explique que ce taux est **très élevé** donc ils sont très riches en matière organique, sauf le site d'El Bouin , le sol est moins riche en matière organique (4,87%). La porosité la plus faible a été enregistré au niveau de Guelma 9,39 % c'est une porosité **faible** (< 10 %) et une **porosité assez faible** (10-20 %) au niveau des autres sites, les valeurs sont de 11,77 % et 18,23 % (tableau 29).

Tableau 29: Paramètres physico-chimiques des sols des cinq sites d'étude ($m \pm s$, $n = 3$).

Sites Paramètres	El Kala	Guelma	Néchmaya	El Bouni	Sidi Ammar
pH eau	7,79 $\pm$ 0,09	8,47 $\pm$ 0,02	8,71 $\pm$ 0,07	8,28 $\pm$ 0,07	7,89 $\pm$ 0,08
Texture (%)	75,7 $\pm$ 10,73	58,02 $\pm$ 8,44	48,07 $\pm$ 9,77	62,83 $\pm$ 17,18	41,66 $\pm$ 8,02
Conductivité (ms/cm)	0,43 $\pm$ 0,02	0,13 $\pm$ 0,005	0,15 $\pm$ 0,04	0,15 $\pm$ 0,02	0,11 $\pm$ 0,01
Matière organique (%)	7,69 $\pm$ 0,19	6,11 $\pm$ 1,88	5,87 $\pm$ 1,32	4,87 $\pm$ 1,44	5,83 $\pm$ 1,35
Calcaire actif (%)	31,66 $\pm$,60	38,33 $\pm$ 5,05	39,74 $\pm$ 9,39	31,25 $\pm$ 4,50	31 $\pm$ 3,77
Calcaire total (%)	24,93 $\pm$ 0,01	24,94 $\pm$ 0,03	24,90 $\pm$ 0,01	24,90 $\pm$ 0,02	24,94 $\pm$ 0,02
Porosité (%)	17,17 $\pm$ 2,86	9,39 $\pm$ 2,01	16,61 $\pm$ 1,49	18,23 $\pm$ 3,56	11,77 $\pm$ 3,54

3.5.1. Taux (%) des métaux dans les sols

Les analyses des sols, prouvent que les sols des cinq sites contenant différents métaux , en quantité distincte d' un site à l'autre. Parmi les métaux et les oxydes , on a le chrome et le nickel en traces, dans tous les sites, l'oxyde de manganèse (0,24-0,33%) et des traces à El Kala et Guelma ; l'oxyde de fer plus élevé à El Bouin (1,08%) et plus faible à El Kala (0,48%). Le fer total présente un taux important, c'est le métal majeur des les cinq sites ,un taux important a été marqué à El Bouni (10,13%), et un taux plus faible a été noté à El Kala (3,24%) ; aussi des taux importants ont été marqué pour l'Aluminium Oxydé (3,18-6,11%) ; des taux non négligeables pour l'oxyde de Magnésium (0,48-0,97%) et des traces à Guelma et El Kala. (tableau 30).

30 : Taux (%) de quelques métaux dans les sols* des cinq sites selon la norme AFNOR.*Laboratoire Analyse Matière Première, Direction Qualité, Arcelor Mittal, Annaba

Métal Sites	Fet	MgO	Al2O3	MnO	FeO	Ni	Cr
El Bouni	10,13	0,97	6,11	0,33	1,08	Traces	Traces
Sidi Ammar	7,03	0,85	3,79	0,33	0,75	Traces	Traces
Néchmaya	6,47	0,48	4,48	0,27	0,54	Traces	Traces
Guelma	3,94	Traces	3,36	0,30	0,88	Traces	Traces
El Kala	3,24	Traces	3,18	0,24	0,48	Traces	Traces

Fet: Fer total

MgO: Oxyde de Magnésium

Al2O3:Aluminium Oxydé

MnO: Oxyde de manganèse

FeO: Oxyde de fer

Cr: Chrome

Ni: Nickel

Méthodes d'analyse

NF: Norme AFNOR

Fet: NF A O6125

MgO: NF B 49-417

Al2O3:NF B 49-412

MnO: NF A O6-134

FeO: NF A O6-115

Cr: NF A O6- 308

Ni: NF A O6-307