



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث 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
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : **Biologie et écologie végétale**

قسم: البيولوجيا وايكولوجيا النبات

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Gestion durable des Ecosystèmes et protection de l'environnement

Option : Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Intitulé :

**Les effets de la pollution par le phosphore sur la croissance,
la reproduction et la dynamique de la population de
*Daphnia magna***

Présenté et soutenu par : **Zvidzai Chipu Cynthia**

Le : **28/06/2017**

Jury d'évaluation :

Président du jury : Sahli Lelia (MCA - UFM Constantine 1).

Rapporteur : Touati Laid (MCA - UFM Constantine 1).

Examineur : Amri Sihem (MAA - UFM Constantine 1).

**Année universitaire
2016 – 2017**

Dédicace

À mes parents qui ont toujours été à mes cotés

À mon frère Kudzai

À tous mes amis et collègues

À tous les étudiants de la promotion : 2016-2017

Option : Pollution des écosystèmes et écotoxicologie

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Remerciements

Avant de commencer je remercie avant Notre Dieu tout puissant, de m'avoir donnée le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Je tiens à remercier en premier lieu **M^r TOUATI L.** mon encadreur de recherche, pour m'avoir fait confiance, et pour sa disponibilité et pour avoir orienté avec justesse tout au long de mon cheminement. Merci pour votre patience, vos encouragements et vos conseils. Je souligne particulièrement votre sens de la pédagogie et votre humanisme.

Ma vive gratitude à **M^{me} SAHLI L.** pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury de ce mémoire.

Mes remerciements vont à **M^{me} AMRI S.** pour avoir accepté de juger le présent travail.

Je voudrais également remercier les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Constantine 1, spécialement **M^r BARZI K.E.** le responsable du département d'Écologie.

Je ne pourrai oublier les gens avec lesquels j'ai partagé les merveilleux moments durant le cycle de Master, je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensemble.

Mes vifs remerciements s'adressent à **Hadjer, Zakia et Rosalie** pour leurs précieux aides qu'ils m'ont apportés.

Je remercie toute personne, qui de près ou de loin ayant a contribué à l'élaboration de ce travail. Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et soit tous remercier.

Résumé

Daphnia magna un microcrustacé de l'ordre des cladocères est utilisé comme espèce bioindicatrice pour évaluer la qualité environnementale des écosystèmes aquatiques. L'objectif de ce travail consiste à évaluer les effets de la pollution du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* exposé à des différentes concentrations (0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 mg/l) pendant 21 jours. Les résultats ont montré une réduction pour certains paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* comme la survie, la croissance, la longévité, la grandeur de ponte retardée et d'autres paramètres ont été affectés avec l'âge à la maturité.

Mot clé : *Daphnia magna*, espèce bioindicatrice, pollution, phosphore, cycle de vie.

Abstract

Daphnia magna is a microcrustacean of the order of the cladocerans is used as bioindicator species to assess the environmental quality of aquatic ecosystems. The objective of this work is to evaluate the effects of phosphorus pollution on life cycle parameters of *Daphnia magna* exposed to different concentrations (0, 5; 1; 2; 4; 8 mg / l) for 21 days .The results showed a reduction for some *Daphnia magna* life cycle parameters such as survival, growth, longevity, brood size and other parameters were affected like age at maturity.

Key words: *Daphnia magna*, bioindicating species, pollution, phosphorus, life cycle.

ملخص

تعتبر (*Daphnia magna*) من براغيث الماء التي تستخدم كمؤشرات بيولوجية لتقييم نوعية النظم الإيكولوجية المائية، والهدف من هذا العمل هو تقييم آثار التلوث بالفوسفور على دورة حياة (*Daphnia magna*) المعرضة لتراكيز مختلفة (0.5، 1، 2، 4، 8 ملغ / لتر) لمدة 21 يوما، حيث أظهرت النتائج انخفاض في بعض معلمات دورة الحياة مثل البقاء على قيد الحياة، النمو وطول العمر، وأخرت حجم التفريخ وتأثرت غيرها من المعالم مع تقدم العمر عند النضج.

الكلمات المفتاح : برغوث الماء (*Daphnia magna*)، مؤشرات بيولوجية، التلوث، الفوسفور و دورة الحياة.

Table des matières

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction.....1

Chapitre 1 : Revue bibliographique

1.1. Phosphore.....	3
1.1.1. Qu'est-ce que le phosphore.....	3
1.1.2. Sources du phosphore.....	3
1.1.3. Les différents formes du phosphore.....	3
1.1.4. Transfert du phosphore.....	4
1.2. Pollution.....	4
1.3. Phosphore dans le milieu aquatique.....	5
1.3.1. Forme du phosphore dans le milieu aquatique.....	5
1.3.2. Cycle du phosphore.....	6
1.3.3. Impact sur le milieu aquatique.....	6
1.4. L'eutrophisation.....	7
1.4.1. Les mécanismes de l'eutrophisation.....	8
1.4.2. Inconvénients de l'eutrophisation.....	8
1.5. Biologie de <i>Daphnia magna</i>	10
1.5.1. Description.....	10
1.5.2. Classification.....	11
1.5.3. Morphologie.....	11
1.5.4. Développement.....	12
1.5.5. Cycle de vie.....	15
1.5.6. Exigence physico-chimique.....	17
1.5.7. Répartition.....	18
1.5.8. Intérêt écotoxicologique.....	18
1.5.9. L'importance dans la niche écologique.....	19

2. Chapitre 2 : Matériel et méthodes	
2.1. Matériel biologique.....	21
2.2. Méthode.....	21
2.2.1. Culture de <i>Daphnia magna</i>	21
2.2.2. Préparation de l'extrait d'épinard.....	21
2.2.3. Mode opératoire.....	21
2.2.4. Analyse statistique.....	22
3. Chapitre 3 : Résultats et Discussion	
3.1. Effet du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de <i>Daphnia magna</i>	23
3.1.1. Âge à la maturité.....	23
3.1.2. Taille des femelles adultes à la première reproduction.....	23
3.1.3. Taille des femelles adultes à la deuxième reproduction.....	24
3.1.4. Taille des femelles à la fin du test.....	25
3.1.5. Nombre de descendant moyen par femelle.....	25
3.1.6. Longévité.....	26
3.1.7. Nombre de ponte par femelle.....	27
3.1.8. Intervalle de ponte.....	27
3.1.9. Grandeur de ponte.....	28
3.1.10. Âge à la première reproduction.....	28
3.1.11. Survie.....	29
3.2. Discussion.....	30
Conclusion	33
Référence bibliographiques	34

Annexes

Listes des figures

Figure 1 : Cycle du phosphore dans le système sol-engrais-plante.....	4
Figure 2 : Cycle du phosphore préserve dans les milieux naturels, modifié dans les milieux anthropisés.....	6
Figure 3 : Les agents de l'eutrophisation.....	9
Figure 4 : <i>Daphnia magna</i>	10
Figure 5 : Organisation générale d'un cladocère, vue latérale.....	12
Figure 6 : Femelle de <i>Daphnia magna</i> (A) et mâle de <i>Daphnia magna</i> (B).La différence entre les 2 sexes est visibles par la taille de l'antenne primaire (FA : First Antenae) qui est grande chez les mâles. Une autre différence réside dans la forme du bord de la carapace (CE : Carapace Edge) ; les femelles ont des carapaces symétriques par contre, les mâles ont des carapaces asymétriques et terminés par des soies.....	14
Figure 7 : Différents stades de développement embryonnaire chez <i>Daphnia magna</i>	15
Figure 8 : Schéma du cycle de vie de la daphnie.....	16
Figure 9 : Œufs de durée ou éphippies de <i>Daphnia magna</i>	17
Figure 10 : Variation de l'âge à la maturité chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes concentrations du phosphore.....	23
Figure 11 : Variation de la taille des femelles à la première reproduction dans les différentes concentrations du phosphore.....	24
Figure 12 : Variation de la taille des femelles à la deuxième reproduction chez <i>Daphnia magna</i> dans les différentes concentrations du phosphore.....	24
Figure 13 : Variation de la taille des femelles à la fin du test (21 jours) chez <i>Daphnia magna</i> pour des concentrations variées du phosphore.....	25
Figure 14 : Variation du nombre des descendants produit par femelle dans le différents concentrations du phosphore.....	26
Figure 15 : Variation de la longévité chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes concentrations du phosphore.....	26

Figure 16 : Variation du nombre de ponte par femelle chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes concentrations du phosphore.....	27
Figure 17 : Intervalle de ponte moyenne chez <i>Daphnia magna</i> dans les différentes concentrations du phosphore.....	27
Figure 18 : Variation de grandeur de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes concentrations du phosphore.....	28
Figure 19 : Variation de l'âge à la première reproduction dans les différentes concentrations du phosphore.....	29
Figure 20 : Pourcentage du taux de survie daphnies en fin d'étude dans les différentes concentrations du phosphore.....	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : La survie de *Daphnia magna* sous l'effet de différentes concentrations de phosphore en mg/l.....29

Tableau 2. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 0,5 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

Tableau 3. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 1 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

Tableau 4. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 2 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

Tableau 5. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 4 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

Tableau 6. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 8 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

Liste des abréviations

A1: Antennes

A2 : Antennules

AFNOR : Association Française de Normalisation.

CE : Carapace Edge

D.B.O : Demande Biochimique en Oxygène

D. magna : *Daphnia magna*

FA: First Antennae.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

UV: Ultraviolet

P: Phosphate

H₂S : Sulfure d'hydrogène

NH₃ : L'ammoniaque

CH₄ : Méthane

Fe²⁺ : Ferreux

Mn²⁺ : Manganèse

PO₄²⁻ : Ion phosphate

Introduction

Introduction

Introduction

La pollution des écosystèmes aquatiques est actuellement l'un des plus grands problèmes du siècle, auxquels s'attachent de nombreux pays dans le monde afin de la résoudre. En effet, l'eau est la ressource naturelle, à la fois la plus indispensable à toute forme de vie et la plus menacée vu l'extension délimitée des unités de champ de culture le long des lacs et des fleuves. Le milieu aquatique regroupe les écosystèmes les plus touchés directement ou indirectement par les effets délétères des polluants compte tenu de son statut de réceptacle final (Mohamed Ben Ali, 2014).

Jusqu'aux années 1950, la plupart des exploitations agricoles étaient exploitées sur des fermes familiales plus petites qui utilisaient des engrais organiques et leur production de déchets était facilement assimilée par les sols et les masses d'eau réceptrices. La période d'après 1950 a connu un changement mondial vers des unités agricoles mono culturelles plus intensivement exploitées. Les rendements agricoles ont augmenté de façon spectaculaire, cependant, pour soutenir les rendements croissants et les fermes de productivité les agriculteurs utilisent de grandes quantités d'engrais chimiques et de pesticides (Ongley, 1996).

À cause de ces perturbations, l'intervention de l'écotoxicologie est nécessaire pour chercher de nouvelles méthodes et solutions urgentes pour donner l'espoir de retrouver notre équilibre écologique, parmi ces méthodes on trouve les tests écotoxicologiques qui donnent un aperçu significatif qui illustre les interactions entre les êtres vivants et les différents éléments du milieu.

Dans notre sujet on prend le cas du phosphore qui augmente la prolifération des cyanobactéries et qui se trouve naturellement dans les milieux aquatiques (océans, rivières, lacs, mares, ...). Cette dernière est engendrée soit naturellement (érosion, météorisation) soit par les rejets anthropiques qui accélèrent cette pollution d'une façon anarchique. Pour tester leurs effets sur une parmi plusieurs espèces bio indicatrices (sentinelles) et sensibles aux différents changements des paramètres physico-chimiques des eaux douces nous avons utilisé *Daphnia magna*. Ce crustacé qui a un grand rôle sur la caractérisation des eaux douces et qui a un intervalle de tolérance spécifique à différents paramètres. En même temps pour savoir comment peut-elle résister vis-à-vis de ce paramètre phosphore à l'aide d'un test chronique pendant 21 jours.

Le but de ce mémoire est d'étudier les effets de la pollution par le phosphore sur la croissance, la reproduction et la dynamique de la population de *Daphnia magna*, (taille des femelles adultes à la première reproduction, la longévité, intervalle de ponte, nombre de ponte moyenne par femelle, nombre de descendants produits par femelle au cours de ce test ...)

Introduction

Pour atteindre l'objectif précédemment évoqué, l'étude se décompose en trois parties principales :

- On commence par une introduction,
- Le premier chapitre est consacré à la pollution du phosphore et la biologie de *Daphnia magna*,
- Le second chapitre porte sur le matériel et la méthode,
- Le troisième chapitre est réservé aux résultats et leur discussion,
- En fin, une conclusion.

Chapitre 1
Revue
bibliographique

Chapitre 1. Revue bibliographique**1.1. Phosphore****1.1.1. Qu'est-ce que le phosphore**

Le phosphore est un élément chimique non métallique abondant dans la nature. Il est le onzième constituant de la croûte terrestre (0,21%) ou il se combine un autre élément pour former un grand nombre de minéraux, tels que les phosphates et fluor phosphates d'aluminium, de calcium, de fer ou de manganèse. Il est l'un des cinq éléments nutritifs essentiels à la croissance des végétaux (le carbone, hydrogène, oxygène, azote et phosphore) (Beaudin, 2006)

1.1.2. Sources du phosphore

Il existe de nombreuses formes d'engrais minéraux phosphatés. Ils ont pour origine les gisements de phosphates naturels ainsi que l'industrie sidérurgique. Ils sont utilisés bruts ou après leur transformation par l'industrie chimique en divers composés. Selon les différents types d'engrais minéraux phosphatés, la teneur en P_2O_5 est de 26% pour un phosphate insoluble et 60% pour un phosphate très soluble (Baptendier, 1994).

Les déjections animales contiennent une quantité non négligeable de phosphore sous forme minérale et organique. Le purin est plus pauvre que le lisier ou le fumier. De même, la fraction de phosphore minérale varie selon les espèces animales : elle représente 80% du phosphore total pour le lisier de bovins, et 60% pour le lisier de volailles (Ziegler et Hédouit, 1991)

1.1.3. Les différentes formes du phosphore

On distingue en général deux formes de phosphore dans l'eau :

- le phosphore qui passe par un filtre de 0,45 μm ,
- le phosphore particulaire (tout le reste), l'ensemble constituant le phosphore total.

La fraction dissoute du phosphore comprend les ions ortho phosphates des molécules organiques et le phosphore lié aux petites molécules organiques. La fraction particulaire regroupe le phosphore combiné aux oxydes de fer et aux argiles, le phosphore associé aux débris organiques grossiers et le phosphore constitutif des minéraux phosphatés. La distinction phosphore soluble / phosphore particulaire ne recouvrant pas une réalité chimique homogène, il est souvent difficile de comparer les résultats issus d'études différentes sur ces seules bases. (Molénat et al., 2011)

1.1.4. Transfert du phosphore

Pour les sols cultivés, les apports de phosphore sont nécessaires et sont amenés sous plusieurs formes : des engrais minéraux, des engrais de termes composés essentiellement par (les déjections animales, et des boues de station d'épuration). Les doses appliquées sont variables et dépendent du type de culture. Une fraction du phosphore est assimilée par la plante, le reste est mélangé au sol où d'autres processus (précipitations, complexation, absorption etc....) qui le mobilisent ou le fixent (le phosphore est facilement fixé sur les particules de sol et déplacé par l'eau préférentiellement sous forme particulaire) illustré dans la **figure 1**. (Castillon et al., 1993)

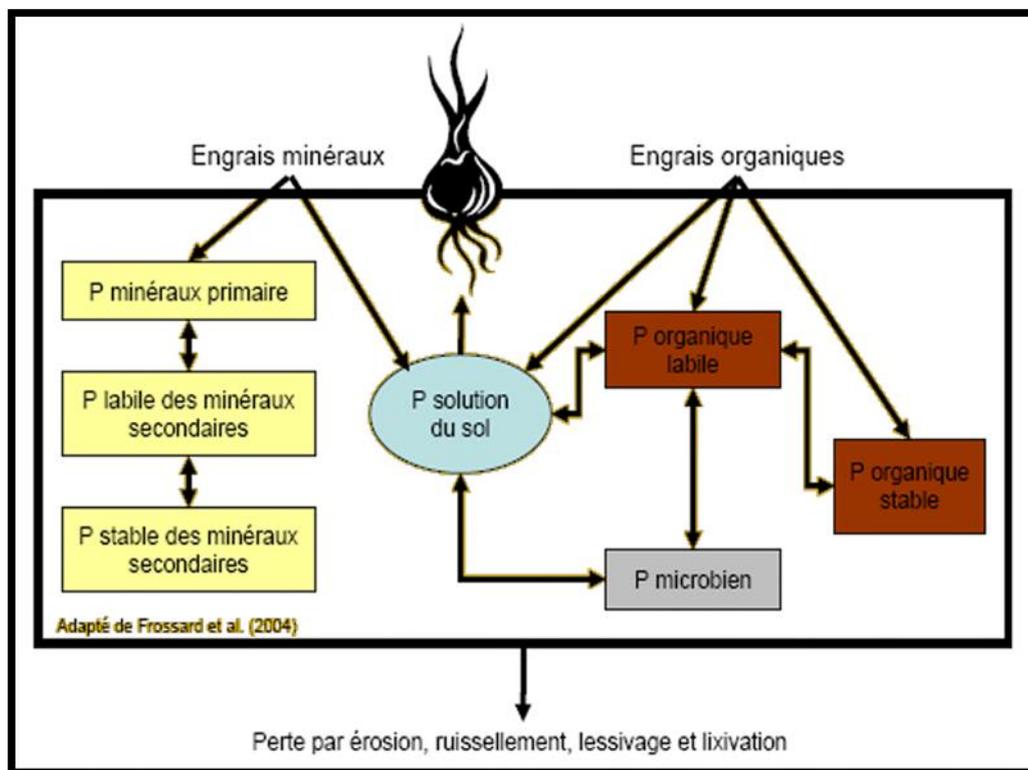


Figure 1 : Cycle du phosphore dans le système sol-engrais-plante (Frossard et al., 2004)

1.2. Pollution

De nombreux facteurs peuvent modifier les composantes physico-chimiques des milieux aquatiques et notamment des pollutions de nature diverse est difficile à définir. Leynaud et Verrel (1980) définissent la pollution comme suit : «la notion de la pollution ne se réfère pas à la pureté des eaux ni mêmes à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux

actions humaines. Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiées par l'action de l'homme dans une mesure telle que celles-ci se prêtent moins facilement à toute les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel, ou à certaine d'entre elles ». Gaujous (1993) insiste sur la notion de dégradation du milieu. Selon lui, la pollution « résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération.»

1.3. Phosphore dans le milieu aquatique

Au début des années 1990, le phosphore accumulé dans les sols agricoles a été identifié comme une cause probable de la contamination des rivières en milieu rural (Patoine et Simoneau, 2000). Le phosphore est présent naturellement dans le milieu aquatique à de faibles concentrations. Il provient notamment du lessivage des roches, du drainage des forêts, de l'érosion des sols et des excréments des animaux sauvages. L'activité humaine (rejets d'eaux usées municipales et industrielles, agriculture, aquaculture etc.) peut faire augmenter ces concentrations de façon importante.

Les formes organiques et inorganiques de phosphore sont présentes dans le milieu aquatique et subissent diverses transformations de natures biologique et chimique. Les organismes vivants comme le phytoplancton, le zooplancton et les bactéries, utilisent le phosphore sous ces deux formes pour assurer leurs fonctions vitales et peuvent excréter du phosphore organique. La forme dissoute est considérée bio disponible alors qu'une fraction seulement du phosphore particulaire peut être utilisée par les organismes vivants (Sharpley et al, 1995). Ils ne sont pas toxiques vis-à-vis des poissons.

1.3.1. Forme de phosphore dans le milieu aquatique

Les formes de phosphore le plus fréquemment rencontrées dans les eaux, sont les sels minéraux (ortho phosphates et poly phosphates provenant surtout de l'apport des détergents) et les molécules organiques d'origine industrielle ou biologique (Bechac et al, 1987). Ces différents composés se trouvent soit à l'état dissous dans la phase liquide, soit fixée sur les matières en suspension et colloïdale. Ils peuvent être hydrolysés, sous l'action des micro- organismes, plus ou moins rapidement en ortho phosphates

1.3.2. Cycle du phosphore

Il y a plusieurs sources du phosphore comme illustré dans la **figure 2** ci-dessous. Chaque source a ses particularités, mais elles finissent toutes avec un résultat commun, qui est l'accumulation du phosphore dans les milieux aquatiques.

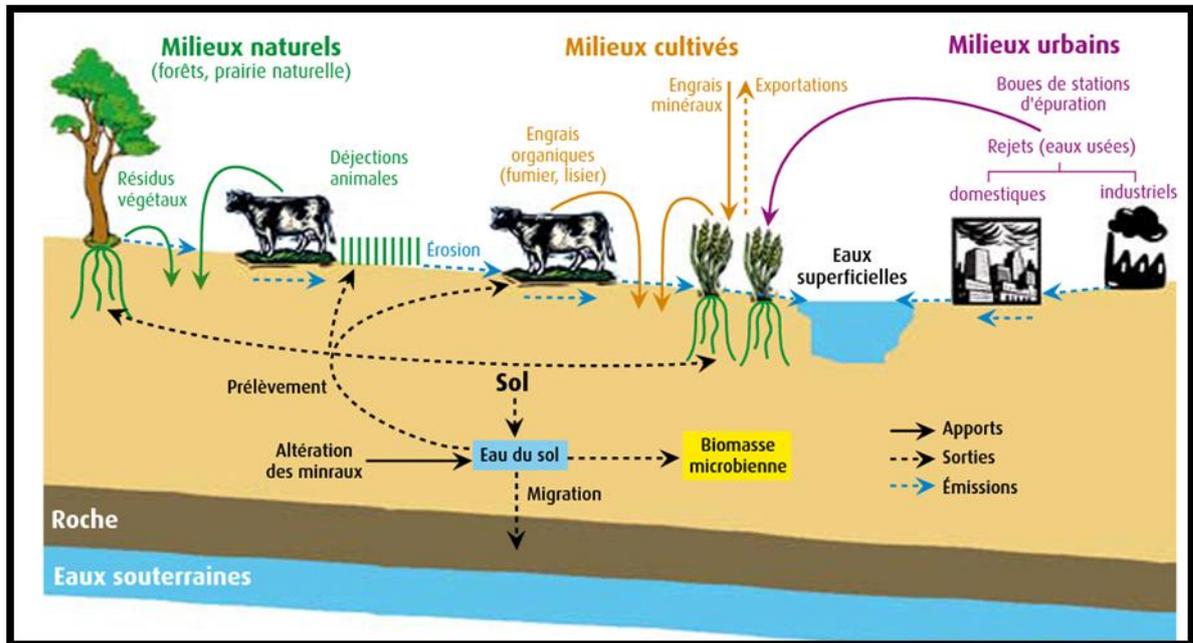


Figure 2 : Cycle du phosphore préserve dans les milieux naturels, modifié dans les milieux anthropisés (Pellerin et al, 2005)

1.3.3. Impact sur le milieu aquatique

Le phosphore est souvent l'élément qui contrôle la productivité primaire des lacs et des rivières. Lorsque les concentrations en phosphate sont proches des concentrations naturelles, les algues et les plantes aquatiques se développent normalement. Ces dernières assurent alors de nombreuses fonctions essentielles au fonctionnement de l'écosystème aquatique (Mainstone et Parr, 2002).

L'augmentation des concentrations de phosphore, suite à des activités anthropiques comme l'épandage d'engrais, peut entraîner l'eutrophisation de la rivière. (Sharpley et al., 1995). Ce phénomène d'eutrophisation se traduit par une croissance excessive du périphyton et des plantes aquatiques submergées dans les tronçons où l'intensité lumineuse, essentielle à la photosynthèse, n'est pas amoindrie par une trop forte turbidité. Sous ce couvert de plantes, le milieu devient anoxique à cause de la faible turbulence et de la réduction de la diffusion de l'oxygène à partir de

l'atmosphère. L'absence de la lumière diminue également la photosynthèse donc la production d'oxygène par les organismes autotrophes aquatiques. Les invertébrés et les poissons ne peuvent alors combler leur besoin respiratoire. Leur biodiversité s'en trouve par conséquent fortement réduite (Miranda et Hodges, 2000).

Le phosphore est le facteur favorable aux fleurs d'eau et aux toxines de cyanobactéries mais aussi un élément à la productivité des écosystèmes aquatiques (Duy et al., 2000). Par contre, sa présence en excès, provoque des perturbations des lacs et des cours d'eau, notamment dans la zone d'écoulement lent, qui peuvent affecter les usages de l'eau et avoir un impact sur la santé.

1.4. L'eutrophisation

L'eutrophisation c'est la détérioration d'un écosystème aquatique par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques.

Le phosphate en excès, rejoint les milieux aquatiques sous forme dissoute dans l'eau du sol ou fixé sur des particules du sol issues majoritairement du ruissellement et de l'érosion, illustré dans la **figure 3**. Conjugué à l'excès de nitrates, cet afflux a contribué au développement à partir des années 60, des phénomènes d'eutrophisation des eaux de surface.

On sait qu'un lac est alimenté en matière minérales provenant de l'érosion et de la filtration des eaux par des sols non cultivés. Il reçoit également des eaux résiduaires domestiques et industrielles, des fertilisants agricoles, des résidus d'élevage sans omettre les polluants atmosphériques ramenés aux sols par les pluies. Dans ces apports, le phosphore, l'azote, les oligo-éléments, les vitamines et les facteurs de croissance jouent le rôle de fertilisants vis-à-vis des végétaux aquatiques, notamment du phytoplancton. Dans des conditions normales, l'algue planctoniques se développent et divisent en empruntant l'oxygène dissous, l'azote et les phosphates des composés en dissolution, le gaz carbonique de l'air. Elles servent de nourriture au zooplancton, lui-même la proie des poissons. Les bactéries de la décomposition, en fin de chaîne, se chargent de convertir les déchets organiques en produits inorganiques (acide carbonique, nitrates et phosphates, etc.) (Ehrhardt et Seguin 1978)

Un tel cycle est désorganisé lorsque les effluents domestiques et industriels sont déversés de façon répétée et en quantités non contrôlées. Les algues reçoivent un «coup de fouet » et se développent plus vite qu'elles ne sont consommées par la faune. Cet excédent végétale va mourir, se déposer au fond et entre en putréfaction. D'où une D.B.O au détriment de la faune qui est

condamnée en une plus ou moins brève échéance. Une vie anormale s'amorce : la faune disparaît, la faune se développe et meurt à son tour, faute de consommateur. L'eutrophisation, lorsqu'elle se maintient entraîne finalement une absence totale de faune et une prolifération anarchique des algues sur toute la surface de l'eau le long des rives (Ehrhardt et Seguin 1978).

L'équilibre de la nature tient à la diversité des espèces. Son déséquilibre est souvent la conséquence du comportement humain et joue un rôle d'alerte du mauvais état de la planète. Réduisant la variété et le nombre des espèces végétales et animales, l'érosion de la biodiversité est préjudiciable à tous les êtres vivants et peut entraîner des catastrophes en chaîne menant jusqu'à l'homme (Mollo et Noury, 2013).

1.4.1. Les mécanismes de l'eutrophisation

Les mécanismes de l'eutrophisation sont les mêmes qu'il s'agisse d'une évolution naturelle de lac ou d'un phénomène artificiel (pollution). Par contre, l'échelle de temps n'est pas la même : on passe ainsi de l'échelle géologique à l'échelle humaine.

Le phénomène est le suivant :

- Apport de substances nutritives, notamment en phosphates
- Augmentation de la production primaire (phytoplancton)
- Augmentation de la turbidité
- Localisation des algues dans la partie supérieure : fortes poussées planctoniques au printemps (fleurs d'eau) et mortalités brusques (crises dystrophiques) notamment en été, en liaison avec l'augmentation de température
- Descente des matières organiques dans les couches profondes, d'où baisse du taux d'oxygène
- Sédimentation importante (vase putrides), d'autant plus que le lac sera peu profond (réserve d'oxygène insuffisante pour minéraliser la matière organique)
- En absence d'oxygène au fond, diffusion de produits toxiques (H_2S , NH_3 , CH_4) et de sels minéraux (Fe^{2+} , Mn^{2+} , PO_4^{-2}) d'où augmentation de la densité
- Mauvais mélange des eaux (lac méromictique) : le fond n'est plus oxygéné lors du brassage de l'automne ou du printemps.

1.4.2. Inconvénients de l'eutrophisation

Ils sont évidemment d'importance variable suivant l'utilisation du lac ; on notera :

Sur le tourisme :

- Aspect désagréable (couleur, odeurs ...),
- Limite de la pêche (les espèces prisées disparaissent),
- Gêne des baigneurs à cause des algues.

La présence d'algues provoque :

- Une consommation de produits de traitement important,
- Un taux de matières organiques résiduelles élevé,
- L'apparition des goûts et des odeurs en distribution (géosmie).

Sur les retenues d'eau pluviale, qui sont des systèmes comparables aux lacs, on notera les mêmes inconvénients de l'eutrophisation, avec en plus, les nuisances pour les riverains en raison de la proximité des zones urbanisées, et le problème de contamination des sédiments par des micropolluants, à étudier en particulier s'il y a des relations avec la nappe phréatique (Gaujous ,1995).

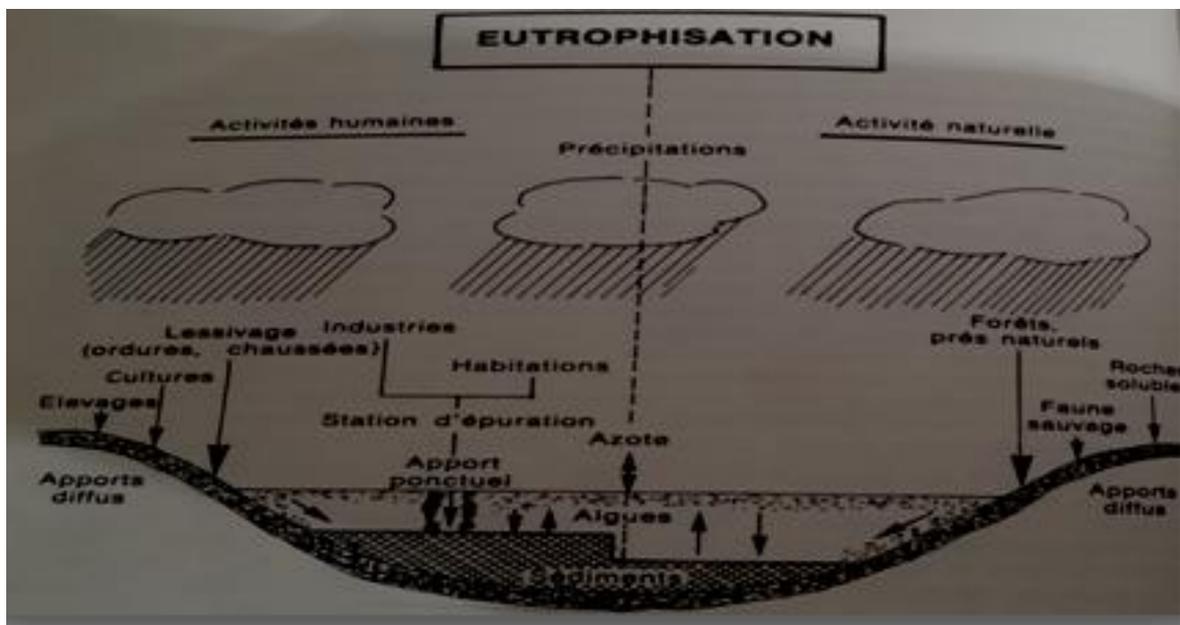


Figure 3 : Les agents de l'eutrophisation. (Laurent ,1975).

1.5. Biologie de *Daphnia magna*

1.5.1. Description

Daphnia magna, connu également sous le nom "puce d'eau" est un micro crustacé de l'ordre des cladocères fréquemment rencontrés dans les eaux douces des climats tempérés. Largement répandu dans l'hémisphère Nord, cet organisme est susceptible de coloniser une variété importante de type d'eaux douces : mares (temporaires ou non), étangs, lacs, canaux, cour d'eau à faibles débits et bassins riches en matière organique et peu oxygénés (Santiago et al., 2002 ; Cauzzi, 2007 ; Boillot, 2008). Herbivore ou décomposeur, ce cladocère assure une fonction importante dans les transferts de matière et d'énergie des écosystèmes aquatiques. Ils prennent part à l'alimentation des poissons planctonophages ou omnivores, mais également à celle des alevins et invertébrés aquatiques, (Santiago et al., 2002) (**figure 4**). Dans la nature, les individus n'atteignent fréquemment que 1-2 mm, mais peuvent atteindre 5 mm, le poids sec variant de 50 à 400 μg (Margalef, 1983)



Figure 4 : *Daphnia magna* (Massarin, 2010)

1.5.2. Classification

La daphnie est classée comme suit :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Arthropoda
Sous-embranchement :	Crustacea
Classe :	Branchiopoda
Sous-classe :	Phyllopoda
Ordre :	Diplostraca
Sous-ordre :	Cladocera
Infra-ordre :	Anomopoda
Famille :	Daphniidae
Genre :	<i>Daphnia</i>
Espèce :	<i>magna</i>

1.5.3. Morphologie

La taille de la daphnie varie entre 3 à 5mm et est subdivisée en deux parties : la tête et le corps (**figure 5**). La tête de la daphnie comporte un œil composé, une bouche, deux antennes (A2) qui aident à sa locomotion saccadée, ce qui, d'ailleurs, lui a valu le surnom de "puce d'eau" et deux antennules (A1) qui, chez le mâle, servent de crochets généralement lors de l'accouplement. Les embryons des daphnies possèdent deux ébauches d'œil bien visibles qui fusionnent à la fin de leur développement chez les adultes pour donner un œil unique, composé, mobile et de taille plus importante servant à l'orientation de la daphnie. Le système nerveux est caractérisé par un ganglion cérébral localisé entre l'œil et le début du tube digestif (Amoros, 1984).

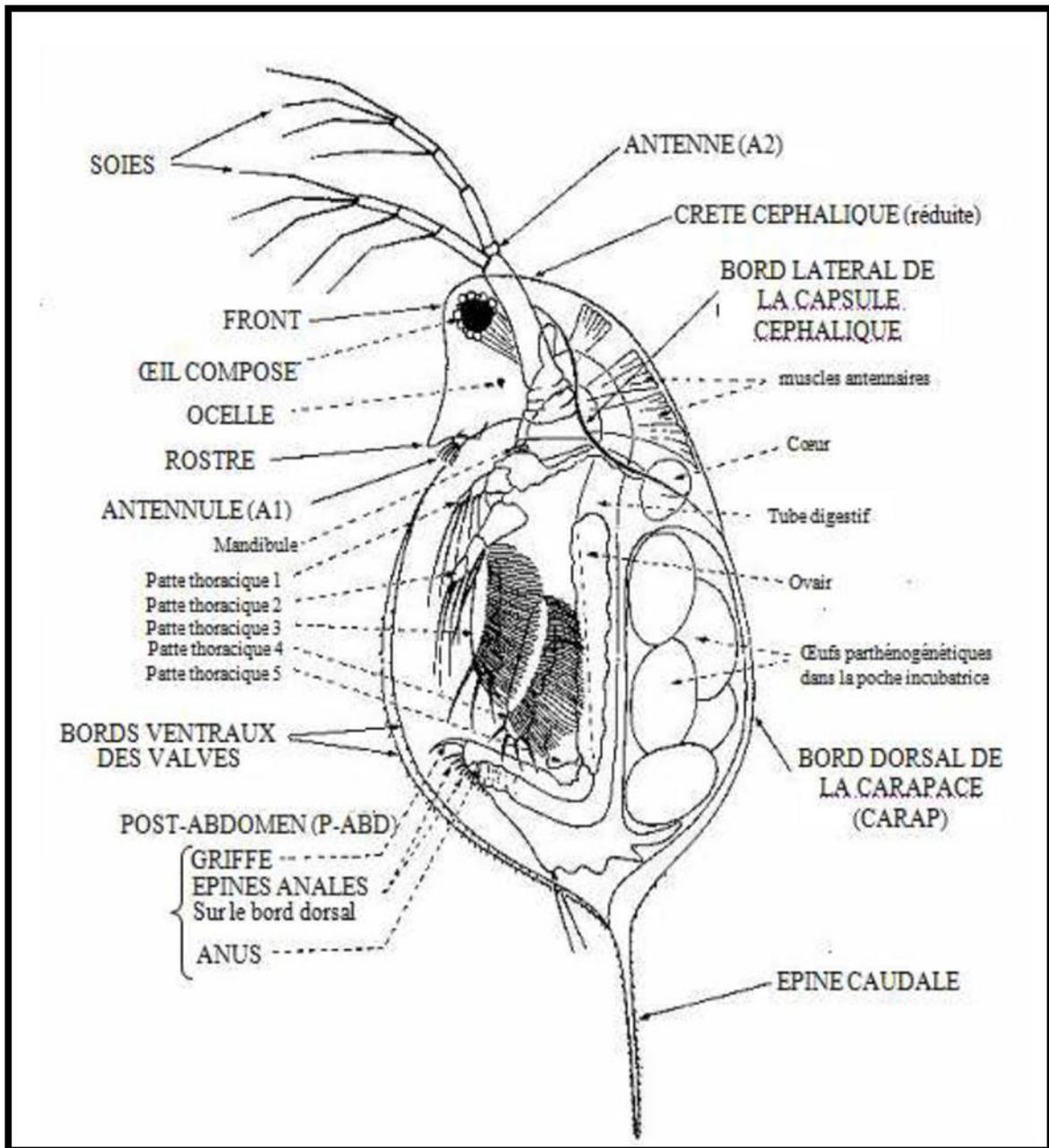


Figure 5 : Organisation générale d'un cladocère, vue latérale (Amoros, 1984)

Le corps de la daphnie est recouvert par une carapace transparente qui se renouvelle à chaque mue marquée par un doublement du volume de l'organisme pendant une minute dû essentiellement à une brusque entrée d'eau dans l'animal (Green, 1963). Cette carapace se prolonge par une épine caudale dont la taille est variable en fonction de plusieurs contraintes environnementales. En effet, la morphologie des daphnies peut changer périodiquement au cours des cycles saisonniers et affecter en particulier la forme de la tête et de la carapace, la taille de l'œil composé ainsi que la longueur de l'épine caudale. Ce phénomène nommé cyclomorphose (Amoros,

1984) semble être contrôlé par les conditions du milieu à savoir la température (Yurista ,2000), la turbidité (Jacobs, 1962 ; Hazelwood, 1966), la lumière (Jacob, 1962) ainsi que par les kairomones solubles, libérées par certains prédateurs (Tollrian, 1994). Dans ce dernier cas, il a été montré que la cyclomorphose permet de se défendre contre les prédateurs (Dodson, 1974) puisqu'elle permet aux daphnies de changer de morphologie en développant certains organes afin de disperser les prédateurs.

Le tube digestif est simple, de forme tubulaire, visible par transparence et se termine par un anus au niveau de la griffe post-abdominale (**figure 5**). Le système circulatoire des daphnies est lacunaire et le transport de l'oxygène se fait à l'aide d'hémoglobine. Ainsi lorsque le milieu est bien aéré, les daphnies sont de couleur pâle, en revanche lorsque la teneur en dioxygène diminue dans le milieu, les daphnies prennent une couleur rouge à la suite de l'augmentation du taux d'hémoglobine dans le sang.

Le cœur est en position dorsale et antérieure au-dessus de la poche incubatrice. Les ovaires sont placés de part et d'autre de l'intestin de la daphnie. Il existe dimorphisme sexuel très net chez les daphnies. En effet, les mâles se distinguent des femelles par : i) la forme de la tête, ii) une taille plus petite, iii) la présence d'antennules (A1) plus développées, et iv) la partie antérieure du post-abdomen (située avant la griffe post abdominale) plus proéminente (**figure 6**).

1.5.4. Développement

Les étapes du développement d'un embryon normal chez les daphnies sont divisées en 6 stades distincts (Kast-Hutcheson et al., 2001) (**figure 7**).

Stade 1 : clivage, l'embryon est parfaitement sphérique, pas de différenciation cellulaire, ce stade se déroule entre 0 et 15 heures.

Stade 2 : gastrulation, début de la différenciation cellulaire, présence de blastopore et l'embryon devient asymétrique, ce stade se déroule entre 15 et 25 heures.

Stade 3 : maturation embryonnaire précoce, la tête et l'antenne secondaire sont différenciées, ce stade se déroule entre 25 et 35 heures.

Stade 4 : maturation embryonnaire moyenne, présence d'œil pigmenté et développement des antennes qui restent collées à la seconde membrane embryonnaire, ce stade se déroule entre 35 et 45 heures.

Stade 5 : maturation embryonnaire tardive, rupture de la seconde membrane embryonnaire, extension partielle de l'antenne secondaire, et l'épine est pliée sous la carapace, ce stade se déroule entre 45 et 50 heures.

Stade 6 : développement complet du nouveau né, développement des antennules et l'épine est bien décollée de la carapace. L'organisme commence à nager. Quatre périodes distinctes peuvent être reconnues dans l'histoire de la vie de *Daphnia* : (1) œuf, (2) juvénile, (3) adolescence (4) adulte (Pennak, 1989).

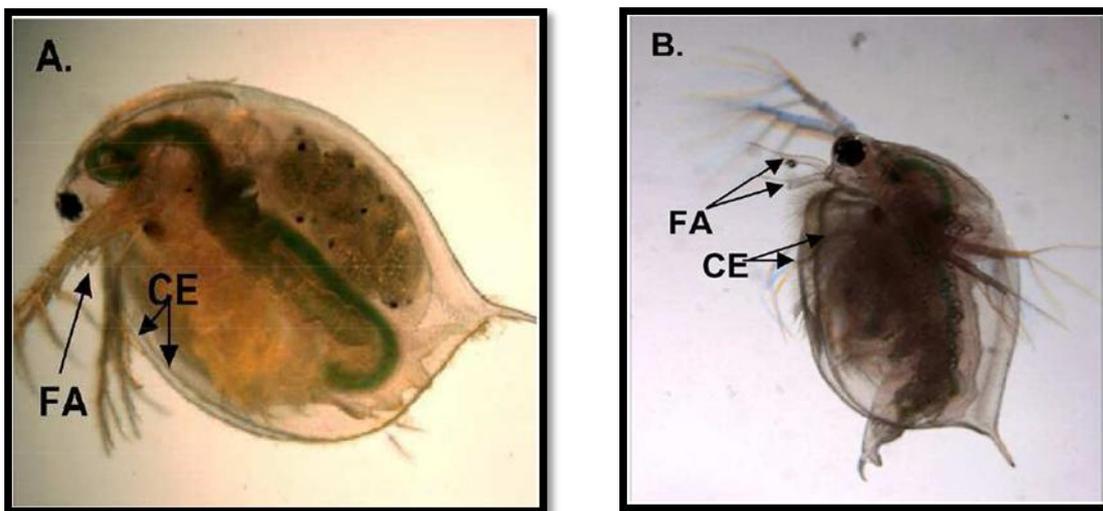


Figure 6 : Femelle de *D. magna* (A) et mâle de *D. magna* (B). La différence entre les 2 sexes est visible par la taille de l'antenne primaire (FA : First Antennae) qui est grande chez les mâles. Une autre différence réside dans la forme du bord de la carapace (CE : Carapace Edge) ; les femelles ont des carapaces symétriques par contre, les mâles ont des carapaces asymétriques et terminées par des soies (d'après Olmstead et Le Blanc, 2007).

En général, le taux de survie augmente avec la diminution de la température à cause de la diminution de l'activité métabolique. Le taux de croissance des organismes est important durant la phase juvénile et la taille du corps peut doubler après chaque phase caractérisée par la fin de la mue.

- La croissance se fait directement après la mue étant donné l'élasticité de la nouvelle carapace.
- Le stade de l'adolescence est très court et consiste en un seul cycle. Il est caractérisé par le premier dépôt des œufs dans la poche incubatrice en provenance des ovaires.

- En général, les œufs sont déposés dans la poche incubatrice quelques minutes après la mue et les petits sont pondus juste avant la mue suivante.
- *D. magna* possède généralement entre 6 à 22 cycles à l'âge adulte. En général, les phases deviennent plus lentes avec l'âge et selon les conditions de l'environnement. Dans les conditions favorables, une phase prend approximativement 2 jours, par contre elle peut atteindre une semaine au cas où les conditions sont détériorées.

A quelques minutes de la fin de chaque phase quatre événements se succèdent :

- La ponte des petits,
- La mue,
- L'augmentation de la taille,
- La parution de nouveaux œufs dans la chambre incubatrice.

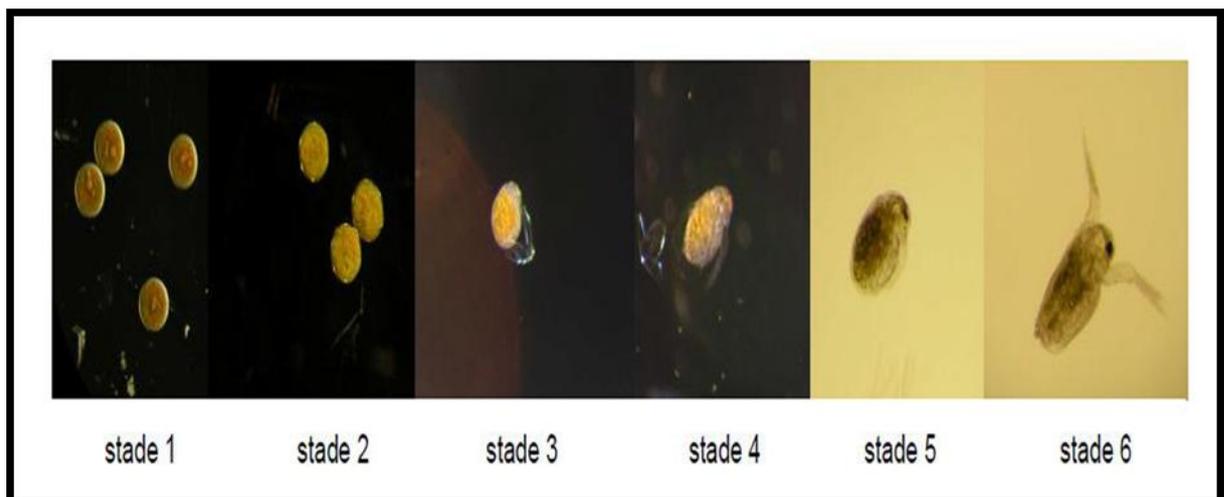


Figure 7 : Différents stades de développement embryonnaire chez *Daphnia magna* (Kast-Hutcheson et al., 2001)

1.5.5. Cycle de vie

La daphnie a deux modes de reproduction. (**figure 8**)

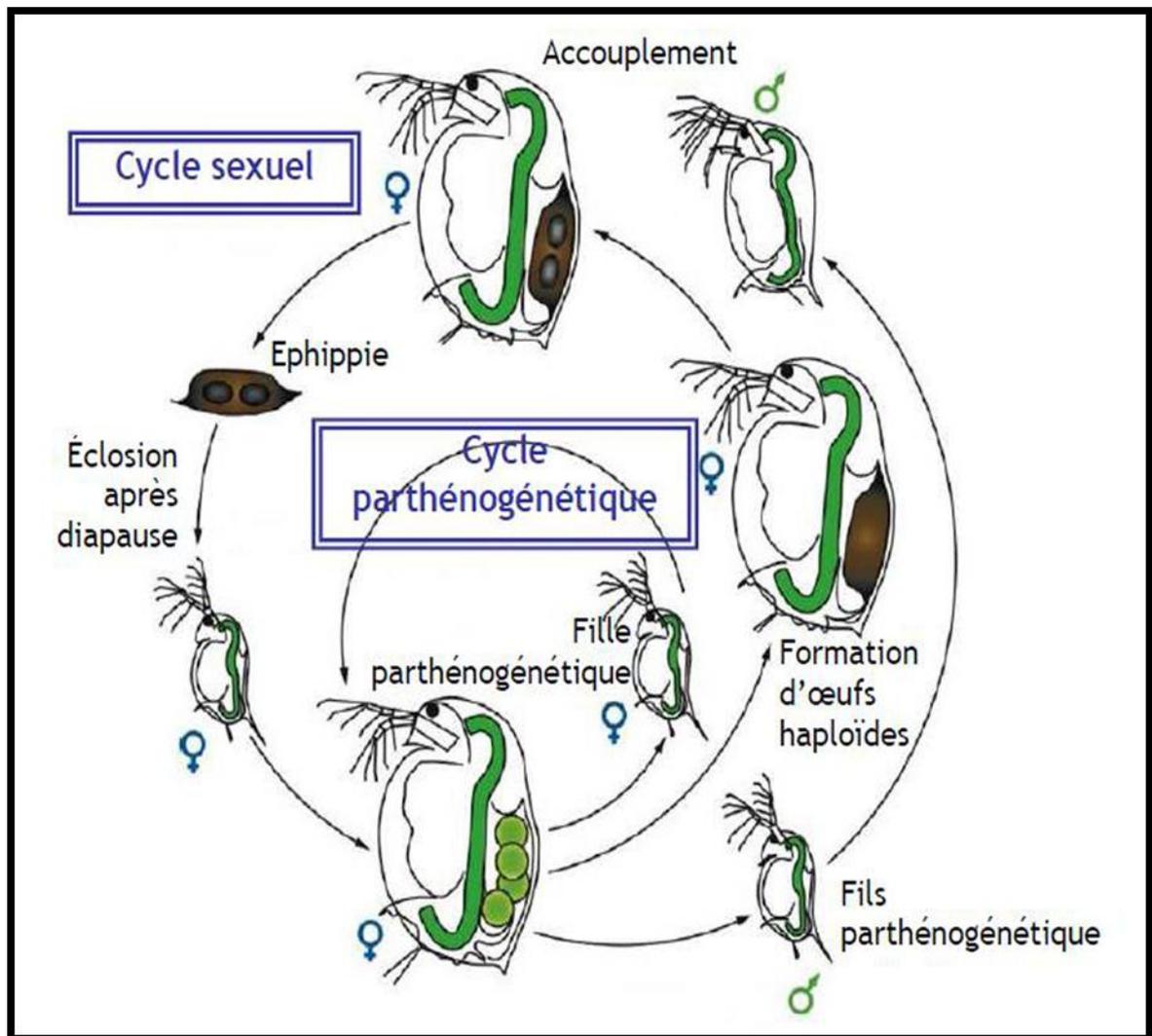


Figure 8 : Schéma du cycle de vie de la daphnie (Ebert, 2005)

Une reproduction asexuée, lorsque les conditions de vie sont favorables. Une femelle adulte produit une ponte d'œufs parthénogénétiques après chaque événement de mue. Les œufs sont déposés dans la chambre incubatrice, localisée dorsalement sous la carapace. Le développement des œufs est direct. Les embryons éclosent après un jour mais restent dans la poche incubatrice où ils se développent. Après trois jours de développement, de jeunes daphnies sont libérées par des flexions ventrales. Les néonates sont morphologiquement proches des adultes de daphnies, à l'exception de la chambre incubatrice non développée. Avant de devenir des individus capables de se reproduire, les juvéniles passent par quatre à six instars (période séparant deux événements de

mue). Dans des conditions optimales, les daphnies sont matures à 7 ± 1 jour, et déposent leur première ponte dans la poche incubatrice.

Une femelle adulte peut produire une ponte tous les 3 à 4 jours, jusqu'à sa mort. La taille des pontes varie d'environ 10 à 30 œufs selon l'âge de la mère. Quand les conditions de vie deviennent défavorables, une génération sexuée est produite, les mâles apparaissent. Les femelles produisent alors des œufs haploïdes qui requièrent une fertilisation par les mâles. Ces œufs de résistance sont encapsulés dans une structure protectrice, appelée éphippium, contenant généralement 2 gros œufs, issus de chaque ovaire (**figure 9**). L'éphippie est expulsée à la mue suivante. Ces œufs de résistance n'éclosent que lorsque les conditions sont de nouveau favorables. Ils donnent naissance à une population génétiquement différente des daphnies mères (Massarin, 2010).

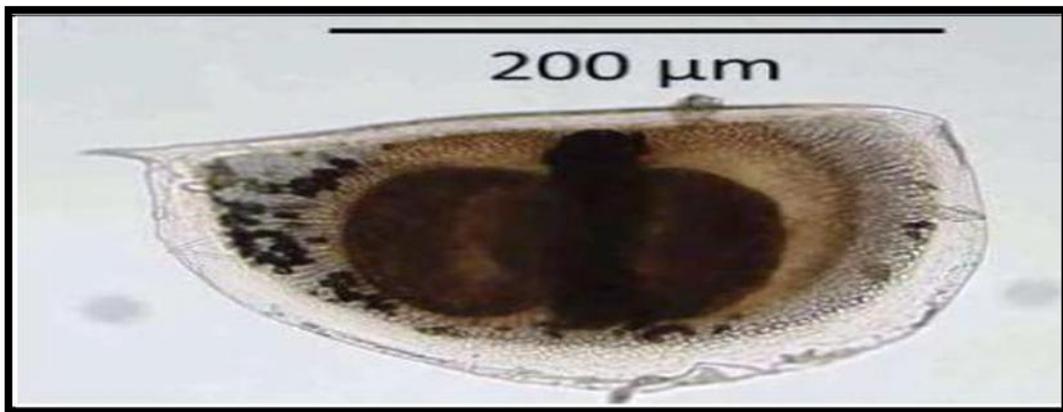


Figure 9 : Œufs de durée ou éphippies de *D. magna*, Boehler et al., (2012).

1.5.6. Exigences physico-chimiques

Les daphnies sont des organismes d'eau douce, quelques souches sont trouvées en eau saumâtre.

- L'oxygène

La capacité à fournir de l'hémoglobine, leur permet de survivre dans des eaux à faible teneur en oxygène (le taux d'oxygène peut varier de 0,6 mg/l à la saturation), la daphnie s'adapte à une brusque variation du taux d'oxygène dissous. Cette capacité à produire de l'hémoglobine semble également dépendre de la température et de la densité des daphnies en présence dans le milieu.

- Le milieu ionique

Les perturbations du milieu ionique et notamment les changements de concentration de certains cations (calcium-sodium-potassium-magnésium), entraînent la mort des daphnies.

- La température

La fourchette de températures n'altérant pas le cycle de vie des daphnies est très important puisqu'elle peut varier de 0 °C à 30 °C selon les espèces. La température optimale se situe entre 18°C et 22°C. *Daphnia magna* supporte mal les températures supérieures à 22°C. Cette précision est un élément important dans le choix des souches pour les aquariophiles qui maintiennent des cultures dans des écloséries intérieures, notamment en été. [1]

- Les besoins alimentaires

Daphnia magna est adaptée à la survie dans les blooms algaux, qui sont riches en protéines et en carbohydrates, où elle se nourrit d'algues et de bactéries malgré sa préférence pour les bactéries (Ganf, 1983 ; Hadas et al., 1983). La qualité et la quantité de la nourriture affectent la sensibilité de *Daphnia magna* aux polluants et son taux de reproduction. Keating et Dagbusan en 1986 ont montré que les nourries par les diatomées sont plus tolérantes aux polluants que celles nourries par les algues vertes seulement. Mais en général, les réserves lipidiques sont un bon indicateur des conditions de nutrition chez les daphnies (Holm et Shapiro, 1984 ; Tessier et Goulden, 1982).

1.5.7. Répartition

La répartition des Daphnies est très hétérogène. Les organismes ont tendance à se grouper et à former des essaims qui se déplacent verticalement et horizontalement tout au long de la journée. Pendant l'hiver, en l'absence d'un phytoplancton abondant, les Daphnies se répartissent sur le fond pour se nourrir à partir de la couche biologique qui se développe à la surface du sédiment. Cette tendance à aller vers le fond pour se nourrir de débris de microorganismes a aussi été notée lorsque les apports en micro-algues sont insuffisants (Green, 1963 ; Amoros, 1984).

1.5.8. Intérêt écotoxicologique

Les daphnies, tout comme les autres cladocères, jouent un rôle clé-key species selon Nilssen et Waervagen (2002) ou key stone species selon Sperfeld et Wacker (2009) au sein des écosystèmes dulçaquicoles vu leur nombreux et divers prédateurs à savoir les poissons (juvéniles et adultes), les larves d'insectes (ex. *Chaoborus*) et les copépodes (ex. *Mesocyclops*).

Les daphnies ont été largement utilisées en écotoxicologie et *D. magna* est l'un des trois modèles biologiques les plus utilisés, avec les algues et les poissons, dans le cadre de l'évaluation des risques écotoxiques des substances chimiques (Pereira et al., 2010). C'est ainsi que les données expérimentales relatives aux daphnies représentent 8% de l'ensemble des données expérimentales aquatiques trouvées dans les bases de données (Denslow et al., 2007). En réalité, cette espèce a été choisie pour diverses raisons, à savoir : 1- visible à l'œil nu, 2- reproduction parthénogénétique et donc de faible variabilité génétique, 3- pontes abondantes, 4- manipulation et élevage faciles à réaliser au laboratoire suite à sa taille relativement petite, 5- cycle de vie court, ce qui permet de suivre l'effet des polluants sur plusieurs générations, 6- sensibilité à une large gamme de produits chimiques (Colbourne et al., 2011).

1.5.9. L'importance dans la niche écologique

Les daphnies jouent un rôle majeur dans le cycle des nitrates et phosphates dans l'eau, et par conséquent en termes d'autoépuration des eaux stagnantes. Elles sont aussi un régulateur efficace du phytoplancton, tant que les nutriments ne sont pas trop excessivement présents. Elles sont une source d'alimentation importante pour de nombreuses espèces aquatiques et semi-aquatiques. [2]

Les daphnies montent et descendent dans la colonne d'eau de manière rythmique selon la luminosité et des cycles nyctéméraux; en l'absence de poissons et de mouvement de convection, surtout dans les mares forestières et de vallées peu exposées au vent; par le mouvement constant de leurs antennes natatoires et par les microturbulences qu'elles génèrent ainsi dans la colonne d'eau, elles contribuent à la dispersion du phytoplancton et d'autres micro organismes au mélange des couches plus ou moins oxygénées (le taux d'oxygène dissous fluctue surtout avec la température), et au mélange des couches de salinité ou densité différente, ce qui diminue le risque de présence d'eaux mortes induites par des phénomènes d'anoxie ou de température trop élevée.[2]

Les grands cladocères contribuent aux équilibres écologiques comme de nourriture (spécifiquement riche en protéines) pour de nombreuses espèces, en filtrant l'eau pour se nourrir et en assurant ainsi un contrôle des populations phytoplanctoniques et de divers ciliés (Paramécies) et bactéries, de l'eau. Ces organismes entretiennent la clarté des mares et des zones humides eutrophes ou mésotrophes où elles sont présentes, donnant la possibilité à une meilleure pénétration de la lumière dans les couches profondes de la colonne d'eau. [2]

Daphnia magna peut par exemple filtrer et manger plusieurs milliers de petites algues vertes par heure, ce qui correspond à une filtration atteignant 80 ml par 24 heures, soit une capacité

de filtration pour 20 individus de 1 litre d'eau en 24 heures, en donnant la possibilité, grâce à cette limpidité de l'eau, une désinfection accrue par les rayons UV solaires, et limitant les pullulations d'algues filamenteuses de surface (tant que les nitrates et phosphates ne sont pas trop surabondants). [2]

Dans les eaux stagnantes et particulièrement poissonneuses (ex. mares empoisonnées pour une pisciculture de rente ou pêche de loisirs), les cladocères régressent au profit des copépodes qui avec les rotifères ne peuvent efficacement réguler les populations de phytoplancton, ce qui entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau, et d'éventuels déséquilibres. [2]

Chapitre 2

Matériel et méthodes

Chapitre 2 : Matériel et méthodes**2.1. Matériel biologique (bio indicateur)**

La daphnie est un petit crustacé cladocère. L'espèce la plus utilisée est *Daphnia magna* qui fait l'objet d'un test normalisé par l'AFNOR (2009). Dans les conditions favorables, il n'y a pas de mâles et les femelles se reproduisent par parthénogenèse et par voie sexuée lorsque les conditions sont défavorables.

2.2. Méthodes

Cette étude a été réalisée au laboratoire du Département de Biologie-Écologie. Elle consiste à tester les effets de la pollution par le phosphore sur la croissance, la reproduction et la dynamique de la population de *Daphnia magna*. Pour cela, nous avons procédé d'abord à un élevage du matériel biologique puis aux expérimentations.

2.2.1. Culture de *Daphnia magna*

L'élevage a été initié par des individus de *Daphnia magna* collectés à partir de la mare Boukhadra (Annaba). Les daphnies sont cultivées dans un aquarium de verre remplies au 2/3 de leur hauteur contenant d'eau déchlorinée plus l'eau de la mare. Les daphnies se nourrissent de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) et l'extrait de l'épinard (*Beta vulgaris maritima*) qui doit être distribué avec parcimonie très régulièrement chaque deux jours (Touati et Samraoui, 2002).

2.2.2. Préparation de l'extrait d'épinard

1 kg de *Beta vulgaris maritima* est lavé, haché puis bouillit dans un litre d'eau de robinet. Le contenu est mixé, homogénéisé puis filtré. L'homogénat est conservé dans le réfrigérateur à 4°C et utilisé ultérieurement (Chakri et al., 2007).

2.2.3. Mode opératoire

Il s'agit d'un test chronique ou à long terme (OCDE, 2008). Le but de ce test est d'étudier les effets de la pollution par le phosphore sur la croissance, la reproduction et la population de *Daphnia magna* durant une période de 21 jours. Des juvéniles de *Daphnia magna*, âgées moins de 24 heures introduits individuellement dans des tubes à essai et sont exposés à différentes concentrations de phosphore (0,5 ; 1 ; 2 ; 4 et 8 mg/l) pendant la période du test. Le milieu de culture (pour le témoin et les différents traitements) est constitué essentiellement de 1l de l'eau des

eaux douces et 4l de l'eau dechloriné. Cependant, on utilise 10 répliquas pour chaque concentration et pour le témoin. Les daphnies obtenues pendant le test, sont mesurées par un micromètre (de sa tête jusqu'à la base de son épine apicale). Les juvéniles sont enlevés et comptés chaque jour d'observation.

Les paramètres suivis au cours de cette étude sont :

- Taille des femelles adultes à la 1^{ère} reproduction (les mères) en mm,
- Taille des femelles adultes à la 2^{ème} reproduction (les mères) en mm,
- Âge à la maturation,
- L'intervalle de ponte (moyenne) en jours
- La longévité (la moyenne en nombre des jours pendant la quelle les mères sont restée en vie sur la durée de test),
- Le nombre total des descendants produits par animal parent (moyenne des petits cumulée par mère à la durée test),
- Le nombre de ponte par mère durant le test de 21 jours,
- La grandeur de ponte,
- L'âge à la première reproduction.

2.2.4. Analyse statistique

Pour chaque paramètre, nous avons calculé la moyenne et l'écart type. Nous avons utilisé l'analyse de la variance à un facteur ou l'ordre 1 pour tester les effets de la pollution par le phosphore sur les différents paramètres. La différence significative est établie à $P < 0,05$.

Chapitre 3

Résultats et discussion

Chapitre 3. Résultats et Discussion

3.1. Effets du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*

3.1.1. Âge à la maturité

Les résultats obtenus (**figure 10**) montrent que l'âge à la maturité moyenne dans la concentration 1 mg/l est élevée (16,67 jours) que celle du témoin et dans les autres concentrations. Cependant, pour les concentrations (0,5 ; 2 ; 4 et 8 mg/l) sont de 14,4 ; 8,6 ; 15,8 ; 10,5 jours respectivement. Tandis que, le témoin est 16,17 jours. Les analyses statistiques ne révèlent aucune différence significative ($P > 0,05$)

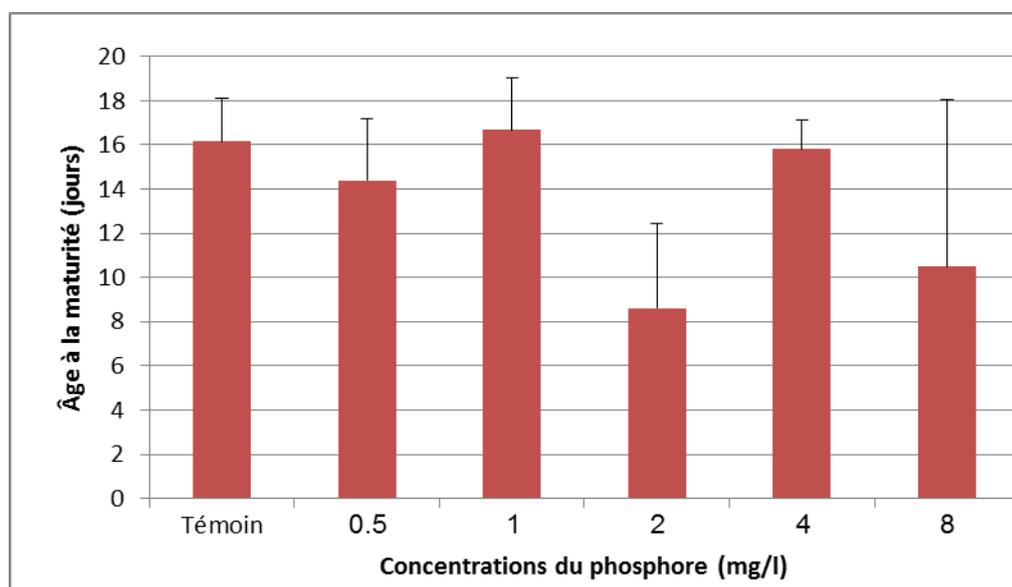


Figure 10 : Variation de l'âge à la maturité chez *Daphnia magna* exposée à des différentes concentrations du phosphore.

3.1.2. Taille des femelles à la première reproduction

Les résultats, montrent (**figure 11**) que la taille des femelles à la première reproduction est affectée pour la concentration de 2 mg/l (4,33 mm) et 8 mg/l (4,4 mm). Comparativement, au témoin et les autres concentrations (0,5 ; 1 ; 4 mg/l) qui ont de 4,83 ; 4,8 ; 5,33 et 5,6 mm respectivement. Les analyses statistiques ne dévoilent aucun effet significatif ($P > 0,05$).

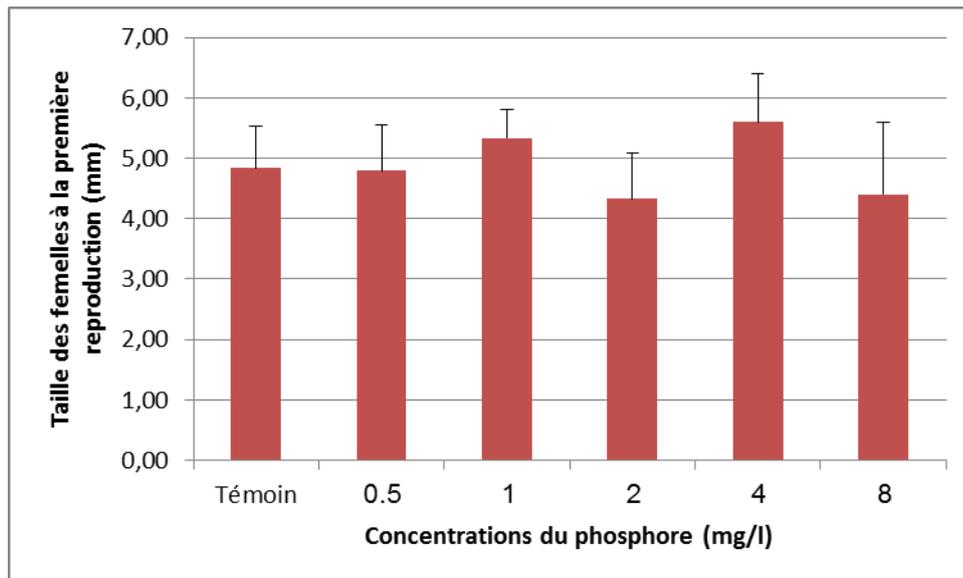


Figure 11 : Variation de la taille des femelles à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à des différentes concentrations du phosphore.

3.1.3. Taille des femelles à la deuxième reproduction

La **figure 12** montre que les concentrations 0,5 ; 2 mg/l ont la même valeur (5,6 mm). Cependant, le témoin est inférieur à celle des autres concentrations. Les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative ($P > 0,05$).

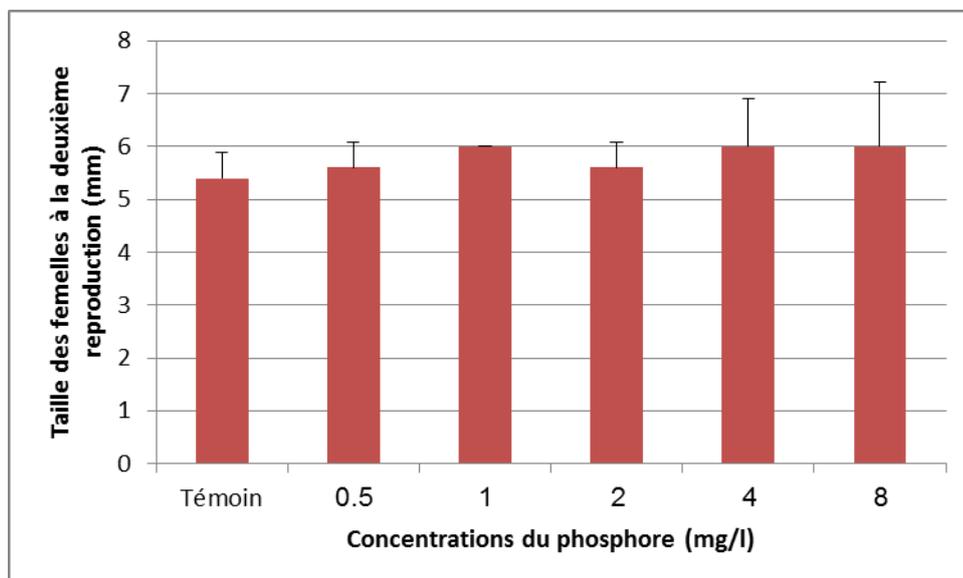


Figure 12 : Variation de la taille des femelles à la deuxième reproduction chez *Daphnia magna* dans les différentes concentrations du phosphore.

3.1.4. Taille des femelles à la fin du test

Généralement, il s'est avéré que, la taille des femelles augmente avec la période de la culture pour toutes les concentrations. A la fin de l'expérience, la concentration 8 mg/l a montré (**figure 13**), la valeur maximale (8 mm). Alors que, la valeur minimale, s'était enregistrée pour le témoin avec 5,63 mm. Les analyses statistiques ne dévoilent aucun effet significatif ($P > 0,05$).

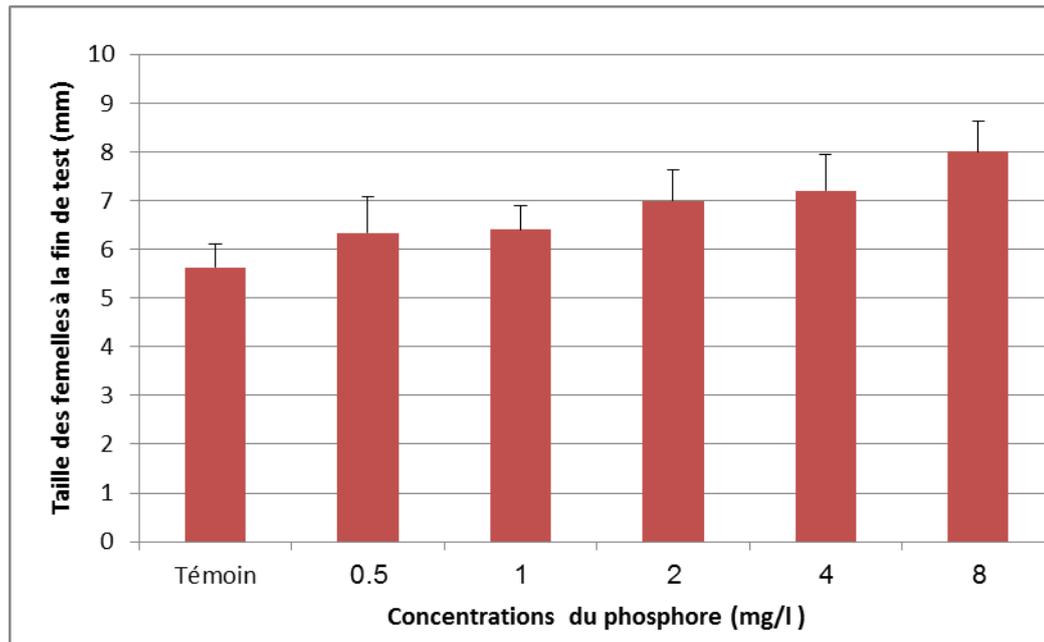


Figure 13 : Variation de la taille des femelles à la fin du test chez *Daphnia magna* pour des concentrations variées du phosphore.

3.1.5. Nombre de descendants moyen par femelle

Les résultats obtenus (**figure 14**) montrent que le nombre des descendants moyens par femelle est réduit dans la concentration de 1 mg/l. Par contre, les valeurs maximales sont enregistrées dans la concentration 4 mg/l avec 20,8 par rapport au témoin (9,67). Mais, cette différence est non significative ($P > 0,05$).

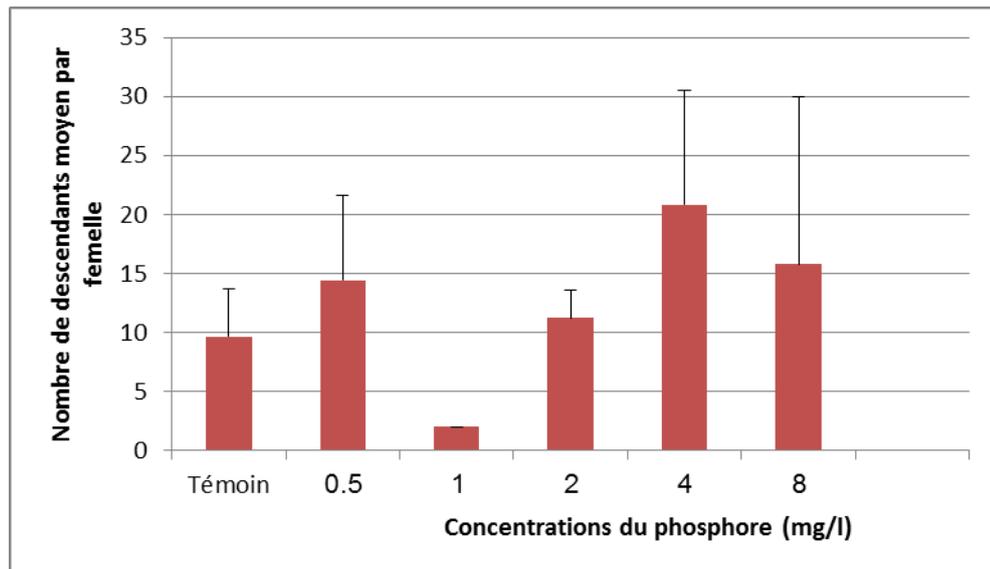


Figure 14: Variation du nombre des descendants moyens produit par femelle chez *Daphnia magna* dans les différentes concentrations du phosphore.

3.1.6. Longévité

Les résultats (**figure 15**) montrent que la longévité moyenne dans le témoin est 18,3 jours qui sont plus élevée que celle dans les différentes concentrations du phosphore. Cependant, pour les autres concentrations (0,5 ; 1 ; 2 ; 4 et 8 mg/l) la longévité est 16,1 ; 15,4 ; 15,9 ; 14,5 jours respectivement. Les analyses statistiques ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

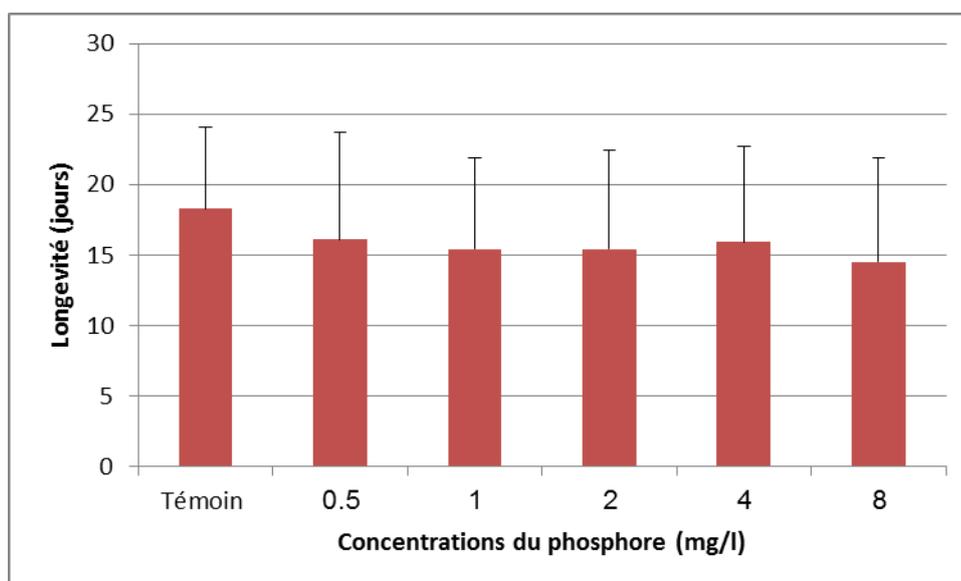


Figure 15 : Variation de la longévité chez *Daphnia magna* exposée à différentes concentrations du phosphore.

3.1.7. Nombre de ponte par femelle

Les résultats (**figure 16**) révélant que le nombre de ponte moyenne par femelle est élevé à la concentration de 0,5 mg/l (4) comparativement au témoin avec 2,67. Cependant, la concentration 1 mg/l donnée 2. Les analyses statistiques non significatives ($P > 0,05$).

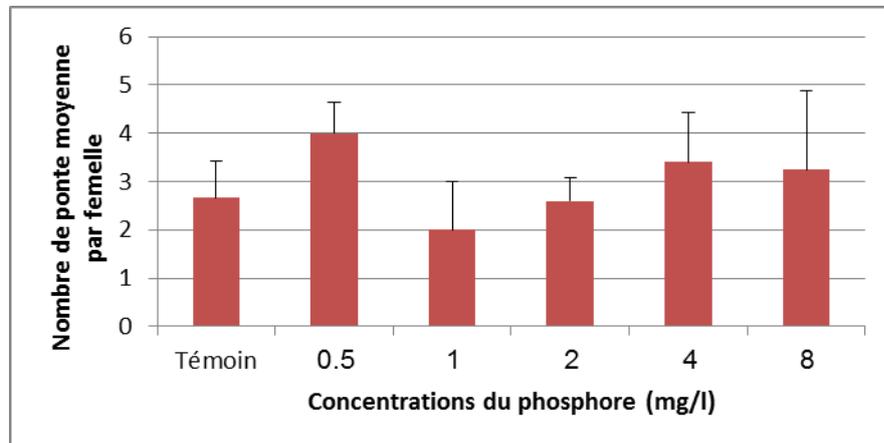


Figure 16 : Variation du nombre de ponte par femelle chez *Daphnia magna* exposée à des différentes concentrations du phosphore.

3.1.8. Intervalle de ponte

L'intervalle de ponte est illustre par la **figure 17**. Les résultats révèlent que l'intervalle de ponte est réduit dans la concentration de 1 mg/l. Par contre, les valeurs maximales sont enregistrées dans la concentration de 8 mg/l avec 2,33 jours par rapport au témoin (2 jours). Ces différences ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

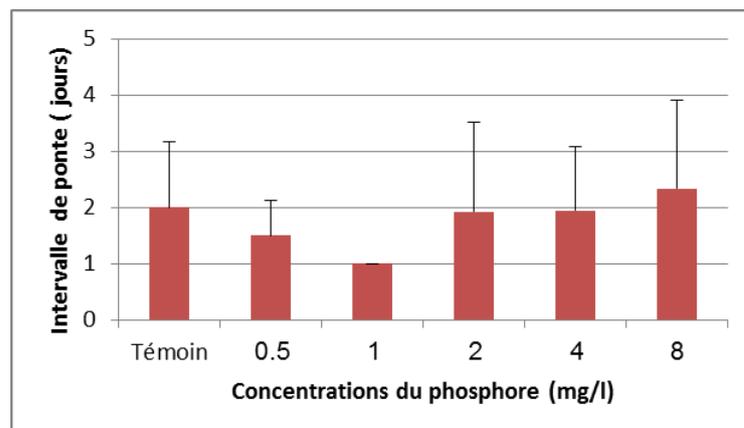


Figure 17 : Intervalle de ponte moyenne chez *Daphnia magna* dans les différentes concentrations du phosphore.

3.1.9. Grandeur de ponte

Les résultats recueillis (**figure 18**), ont montré que dans la concentration 4 mg/l est élevé (5,77) par rapport au témoin (3,5). Cependant, la concentration de 1 mg/l est réduite (1,34) par rapport aux autres concentrations et le témoin. Les analyses statistiques ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

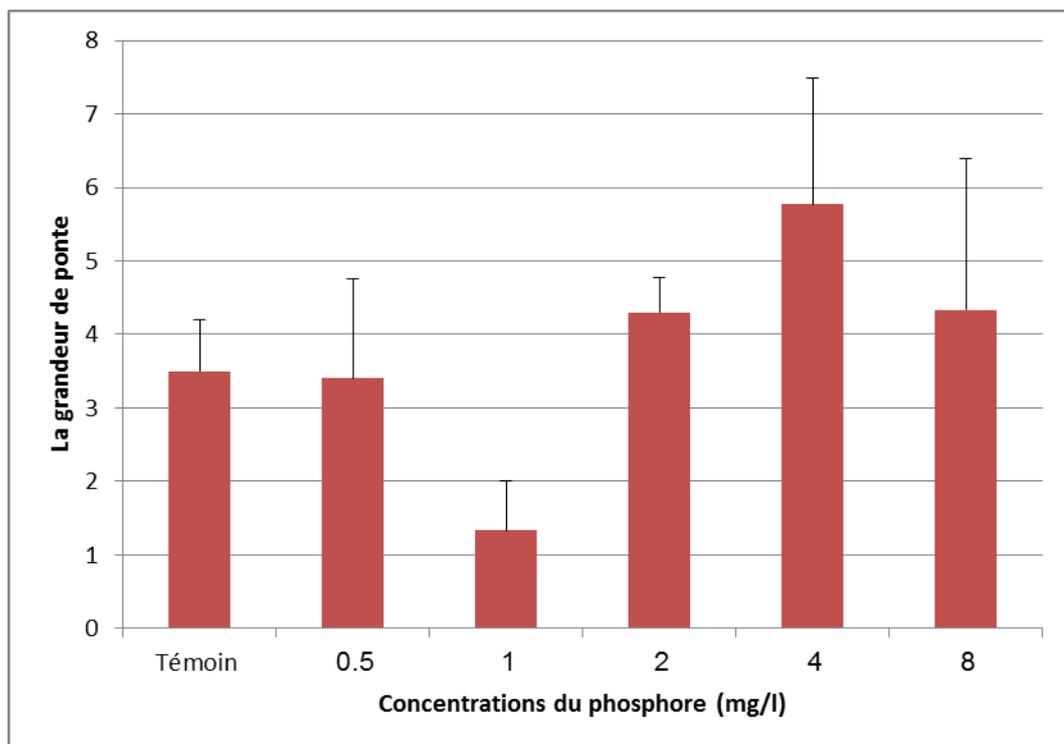


Figure 18 : Variation de grandeur de ponte chez *Daphnia magna* exposée à différentes concentrations du phosphore

3.1.10. Âge à la première reproduction

La **figure 19** représente l'âge à la première reproduction dans les différentes concentrations du phosphore. Notons que les nouveau-nés arrivent à donner leur première reproduction après 17,83 jours alors que les différentes concentrations sont réduites par rapport à celui du témoin. Les différences ne sont pas significative ($P > 0,05$).

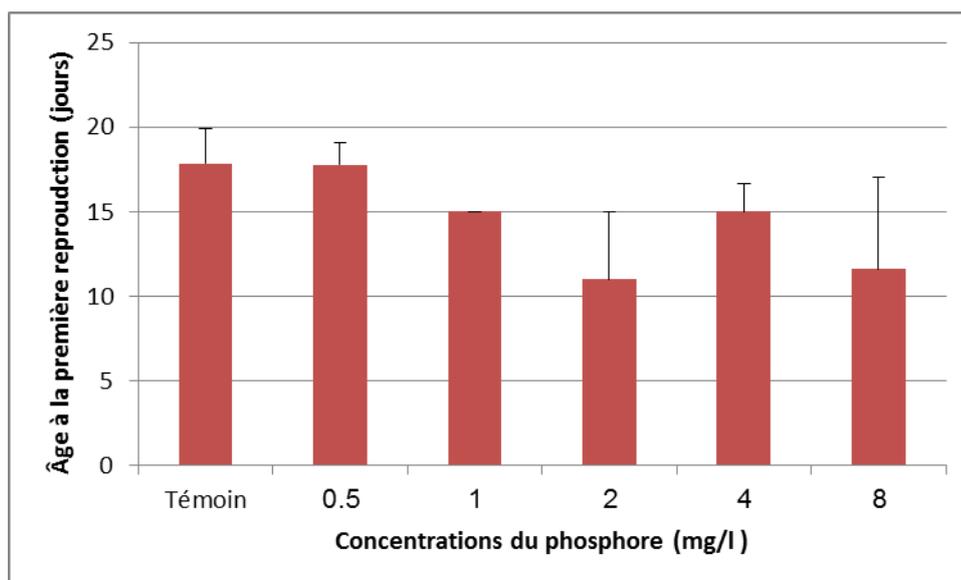


Figure 19: Variation de l'âge à la première reproduction dans les différentes concentrations du phosphore

3.1.11. Survie

Tableau 1 : La survie de *Daphnia magna* sous l'effet de différentes concentrations à la fin du test.

Phosphore (mg/l)	Le taux de survie
Témoign	90 %
0,5	70 %
1	50 %
2	50 %
4	60 %
8	50 %

D'après les résultats (**figure 20**) obtenus constate que le taux de survie après 6 jours a connu une baisse pour les concentrations (0,5 ; 2 ; 4 ; et 8 mg/l) à 80 %. Tandis que, la concentration 1 mg/l et le témoin avec 90 %. Après 12 jours, on remarque, que les concentrations 2 et 4 mg/l on connu une baisse jusqu'à 60%. Enfin, le témoin se stabilise a un taux de survie de 90%, alors que les différents traitements (0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 mg/l) ont donné (70 ; 50 ; 50 ; 60 ; 50 %) respectivement.

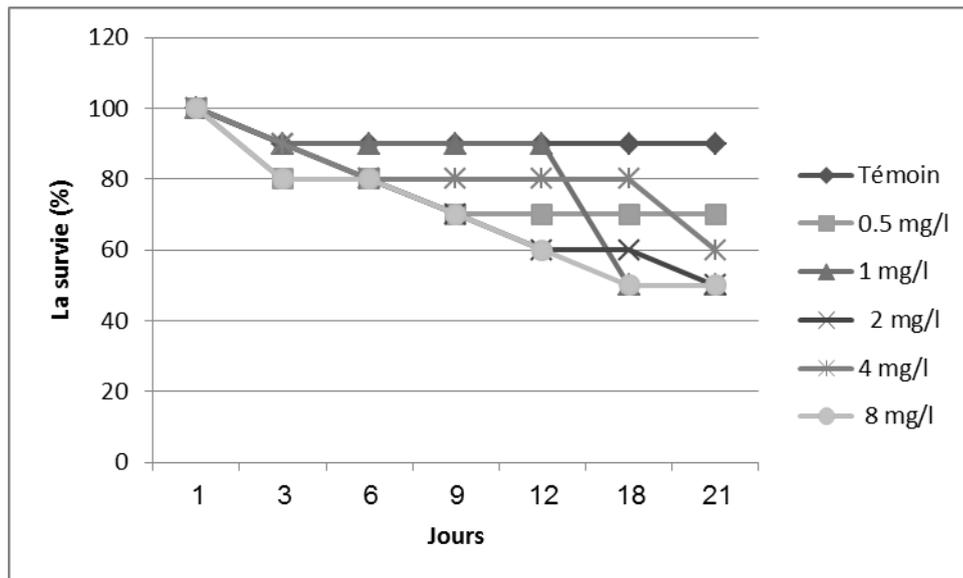


Figure 20 : L'évolution de la survie en fonction du temps.

3.2. Discussion

La présence des substances chimiques diverses dans les écosystèmes aquatiques (polluants) ou celles libérées par un prédateur (vertèbre ou invertébré), *Daphnia magna* réagit à ce stress par des variations de paramètres de son histoire de vie. Les résultats obtenus dans les différents bioessais en utilisant *Daphnia magna*, montre que :

- L'âge à la maturité moyenne est très élevé au niveau des concentrations 0,5 ; 1 ; 4 mg/l et aussi le témoin par rapport aux concentrations 2 et 4 mg/l. Ces résultats sont entièrement différents (8,6-16 ,67 jours) à ceux de Touati et Samraoui (2002) où l'âge de maturation oscille entre 6 à 8 jours. Ce prolongement peut être causé par l'enrichissement en matière organique.
- La taille des femelles à la première reproduction est légèrement affectée dans la concentration du 1 mg/l, alors que la réduction est effectivement observable dans la concentration 2 mg/l et 8 mg/l. A l'inverse de la diminution de la taille est la conséquence de retard de la maturité. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par Lampert et Wolf 1986; Manar (2008).
- La taille des femelles à la deuxième reproduction s'est augmentée pour les concentrations suivantes de 1, 4 et 8 mg/l. Alors que, pour les autres sont réduites. Ces résultats rejoignent les travaux de Chakri (2007) qui a trouvé que la taille des femelles à la deuxième reproduction est supérieure à celle de la première reproduction.

- La taille des femelles à la fin du test montré que la valeur maximale est de 8mm, dans la concentration de 8 mg/l. Ces résultats sont différents de travaux de Boukelia (2015) qui a travaillé sur la contribution à l'étude de l'effet de la dureté de l'eau sur les paramètres de cycle de la vie de *Daphnia magna*. Il a trouvé que la valeur maximale est de (4mm) chez le témoin.
- Le nombre de descendants moyen par femelle est réduit dans la concentration 1, 2 mg/l et le témoin. Cependant, la concentration 4 mg/l est élevée à celle du témoin et aux autres concentrations. Cette augmentation peut être expliquée que *Daphnia magna* se trouve dans un milieu favorable dans la concentration 4 mg/l.
- La longévité est sensiblement réduite dans les concentrations 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 et 8 mg/l du phosphore par rapport au témoin. Cela, peut être dû à la diminution d'oxygène dissous à cause de l'eutrophisation.
- Le nombre de ponte par femelle est un peu élevé chez les daphnies traitées avec différentes concentrations du phosphore surtout la concentration de 0,5 mg/l comparativement avec le témoin. Cela s'expliquerait par le fait que les daphnies semblent trouver un milieu meilleur pour leur croissance et développement. Ceci rejoint les travaux de Touati et Samraoui (2002) sur l'écologie de *Daphnia chevreuxi* et Chakri (2007) sur *Daphnia magna*.
- L'intervalle de ponte se situe entre 1,25 – 2.38 jours. Cet intervalle est réduit par rapport aux travaux de Touati et Samraoui (2002) et Chakri (2007) où il n'est que de l'ordre de 2-4 jours. Cette augmentation de l'intervalle de ponte pourrait être due à la diminution d'oxygène dissous.
- La grandeur de ponte moyenne est faible au niveau de concentrations du 0,5 ; 1 ; 2 ; 8 mg/l et le témoin par rapport à la concentration 4 mg/l. Ceci pourrait être du à l'eutrophisation et l'apparition des algues.
- L'âge à la première reproduction est faible au niveau des autres concentrations par rapport au témoin et la concentration de 0,5 mg/l. Ces résultats sont différents des travaux de Sahraoui (2016) qui a travaillé sur l'effet de pH sur la survie, la croissance et la reproduction de *Daphnia magna* qui a trouvé la valeur maximale a 16 jours chez le pH =10,55.
- Cependant, la survie est également faible dans les concentrations 2, 4, 8 mg/l. Cela s'explique que la survie est le critère auquel la population est la plus sensible (Ducrot et al., 2007)

Les fluctuations des paramètres environnementaux peuvent en fonction de leur amplitude et de leur durée, être considérées comme des stress provoquant des modifications métaboliques, comportementales ou physiologiques potentiellement dommageables pour la fitness ou les performances des organismes.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Le phosphore est un élément essentiel pour l'ensemble de la vie, une composante structurale et fonctionnelle de tous les organismes (Paytan et McLaughlin, 2007). Ce travail de mémoire avait pour objectif d'évaluer les effets de la pollution par le phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les résultats du test chronique sur *Daphnia magna* ont révélé la sensibilité de cette espèce aux différentes concentrations du phosphore. Cette sensibilité a été exprimée par la perturbation des paramètres de cycle de vie de cette espèce mais il n'y a pas des significations. Les principales conclusions obtenues à partir de ces résultats sont les suivantes :

- L'âge à la maturité montre que la valeur maximum (16,67 jour) trouve est dans la concentration 1 mg/l. Cependant, pour les concentrations (0,5 ; 2 ; 4 ; 8 mg/l) sont de 14,4 ; 8,6 ; 15,8 ; 10,5 jours respectivement.
- La taille des femelles augmente généralement avec le temps et aussi les différentes concentrations. On voit dans la première reproduction, le plus élevé dans la concentration 4 mg/l (5,6mm) comparativement à la deuxième reproduction dans la concentration 4 et 8 mg/l avec la même valeur (6mm).
- Le nombre de descendants augmente au fur et à mesure que les concentrations du phosphore augmentent. Les valeurs maximales sont enregistrées dans la concentration de 4 mg/l avec 20,8 par rapport au témoin (9,67).
- La longévité diminue à mesure que les concentrations du phosphore augmentent. On voit que le témoin est 18,3 jours est élevé que celle dans les différentes concentrations.
- Le nombre de ponte est élevé à la concentration de 0,5 mg/l comparativement au témoin avec 2,27.
- La survie est élevée et apparus chez le témoin de 80%, comparativement à 4 mg/l avec 60%, en revanche dans les concentrations de 1,2 et 8 mg/l on a 50%.

Pour compléter cette étude et les résultats, il est bien de survivre l'évolution du phosphore avec d'autres paramètres physicochimiques comme les facteurs naturels comme la luminosité, le pH, la température, la conductivité. De même, il est bon d'effectuer l'expérience dans de grands conteneurs autres que dans le tube à essai et aussi augmente également la quantité des concentrations afin que nous puissions vraiment observer l'effet de l'eutrophisation. On peut approfondir nos recherches par étudier les corrélations entre azote et phosphore.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Association Française de Normalisation (AFNOR). 2009.

Amoros C., 1984. Crustacés cladocères .Associations Française de Limnologie.

Baptendier E., 1994. Apports diffus de phosphore d'origine agricole ; Définitions, formes et biodisponibilité, conditions d'extrapolation des pertes des sols vers le Léman ; Rapp. Comm. int. port. eaux Léman conire pollua. Compagne 1993.1994, 269-281.

Beaudin I., 2006. La mobilité du phosphore. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. p 137

Bechac J.P., Boutin P., Mercier B. & Nuer P., 1987. Traitement des eaux usées, Ed. Eyrolles, Paris.

Boehler J. A., Keller T. S., & Krieger K. A., 2012.Taxonomic Atlas of the Water Fleas, Cladocera (Class Crustacea).National Center for Water Quality Research Heidelberg University Tiffin, Ohio, USA 44883.

Boillot C., 2008. Evaluation des risques écotoxologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques : Contribution à l'amélioration de la phase « caractérisation des effets». Mémoire en Science de l'Environnement Industriel et Urbain, 292p.

Boukelia Z., 2015. Contribution à l'étude de l'impact des rejets des effluents pharmaceutiques sur un cladocère *Daphnia magna* .Mémoire de Master en Gestion durable des Écosystèmes et protection de l'environnement. Université des Frères Mentouri, Constantine.

Castillon P., Fardeau J.C & Villemin P., 1993. Formes d'engrais : tous les phosphates n'ont pas la même efficacité. Dossier "la fertilisation P-K, Raisonner pour agir "N° 181,37-38.

Cauzzi N., 2007. Evaluation de l'éco-compatibilité de sédiments contaminés, traités et non traités par un procédé physico-chimique, dans le cadre d'un scénario de dépôt en gravière – Etude en microcosmes aquatiques. Mémoire en Science et Techniques du Déchet.

Chakri K., 2007. Contribution à l'étude écologie de *Daphnia magna* dans la Numidie, et inventaire des grands Branchiopodes en Algérie. Thèse de doctorat d'état en Biologie Animale. Université Badj Mokhtar, Annaba.

Références bibliographiques

Colbourne J.K., Pfrender M.E., Gilbert D., Kelley Thomas W.K., Tucker A., Oakley T.H., et al. 2011. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331: 555-561.

Denslow N., Colbourne J.K., Dix D., Freedman J.H., Helbing C.C., Kennedy S. & Williams P.L., 2007. Selection of surrogate animal species for comparative toxicogenomics. In *Genomic Approaches for Cross-Species Extrapolation in Toxicology* (eds R. Di Giulio and W. H. Benson), Taylor and Francis, Washington, DC.

Dodson S.I., 1974. Zooplankton competition and predation: An experimental test of the size efficiency hypothesis. *Ecology*, 55: 605-613.

Ducrot V., Pery A.R.R., Mons R. et al., 2007. Dynamic energy budgets as a basis to model population- level effects of zinc-spiked sediments in the gastropod *Valvata piscinalis*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26: 1774-1783.

Duy T. N., Lam P. K.S., Shaw G. R. & Connell D. W., 2000. Toxicology and Risk Assessment of Freshwater Cyanobacterial (Blue-Green Algal) Toxins in Water. *Rev Environ. Toxicol.* (163): 113-186.

Ebert D., 2005. *Ecology, Epidemiology and Evolution of Parasitism in Daphnia*. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US).

Ehrhardt J.-P., & Seguin G., 1978 .Le plancton composition écologie, pollution, Bordas, Paris.

Frossard E., Julien P., Neyroud J. –A. & Sinaj S., 2004. Le phosphore dans les sols- État de la situation en Suisse. Le phosphore dans les sols, les engrais, les cultures et l'environnement. Cahier de l'environnement n° 368. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF), Berne, Suisse. 180p

Ganf G.G., 1983. An ecological relationship between *Aphanizomenon* and *Daphnia pulex*. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 34: 755-773.

Gaujous D., 1993. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Editeur: Paris cedex 08: Lavoisier- tec & doc, 1993.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire (2^{ème} éd)

Green J., 1963. A biology of crustacean. 2nd edition. Witherby Ltd, London.

Références bibliographiques

- Hadas O., Bachrach U., Kott Y., Cavari B.Z., 1983.**Assimilation of *E.coli* cells by *Daphnia magna* on the whole organism level. *Hydrobiologia* , 102 : 163-169.
- Hazelwood D. H., 1966.**Illumination and turbulence effects on relative growth in *Daphnia*. *Limnol. Oceanogr.*, 11: 212-216.
- Holm N. P., Shapira J., 1984.**A examination of lipid reserves and the nutritional status of *Daphnia pulex* fed *Aphanizomenon flos-aquae*, *Limnology and Oceanography*, 29: 1137-1140.
- Jacob J., 1962.** Light and turbulence as co determinants of relative growth rate in cyclomorphotic *Daphnia*. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.*, 47, 146-156.
- Kast-Hutcheson K., Rider C.V. & Le Blanc G.A., 2001.**The fungicide propiconazole interferes with embryonic development of the crustacean *Daphnia magna*. *Environ. Toxicol.*, 20 : 502-509.
- Keating K. & Daybusan B., 1986.**Diatoms in daphnid culture bioassay. *Environ.Toxicol. Chem.* 5: 229-307.
- Laurent P., 1975.**Station d' hydrobiology lacustre de Thonon, d'après Nuisance et Environnement.
- Lampert W., 1987.**Feeding and nutrition in *Daphnia*.*Mem.Ital.Idiobiologia*.45: 143-192.
- Leynaud G. & Verrel J.L., 1980.** Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. *Pollution des eaux continentales. Incidences sur les biocénoses aquatiques.* Gautier Villars (2^{ème} édition), Paris.pp. 1-28.
- Mainstone C. P. & Parr W., 2002.**Phosphorus in Rivers: Ecology and Management. *The Science of the Total Environment*, 282-283: 25-47.
- Manar R., 2008.**Effets populationnels du chlordane sur les microorganismes crustacés cladocères *Daphnia magna* sp .Thèse de doctorat en toxicologie de l'environnement. Université Hassan II, Mohammedi , Maroc ,16-20p.
- Margalef R., 1983.** *Limnologia.* Ediciones Oméga, S.A., Platon, 26, Barcelona -6, 1010p.
- Massarin S., 2010.** Etude des effets de l'uranium sur le budget énergétique et la dynamique de population de *Daphnia magna*, Thèse de Doctorat en Océanographie. Université de la Méditerranée, Marseille .

Références bibliographiques

- Miranda L. E. & Hodges K. B., 2000.** Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in the bays of a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, 427: 51-57.
- Molénat J., Dorioz J.M., Gascuel C. & Gruau G., 2011.** Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert ; Territ' Eau-Agro-Transfert Bretagne ; 9p.
- Mollo P. & Noury A., 2013.** Le manuel du plancton. Edition – Charles Léopold Mayer.
- Mohamed Ben Ail R., 2014.** Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Thèse de doctorat en Pathologie des Ecosystèmes Forestiers. Université des Frères Mentouri , Constantine.
- Nilssen J.P., Waervagen S.B., 2002.** “Intensive fish predation: An obstacle to biological recovery following liming of acidified lakes?” *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 9 ; 73-84.
- OCDE, Organisation de Coopération et de Développement Economiques 2008.** *Daphnia magna* acute immobilisation test and reproduction test. Guidelines for testing for chemicals, Rep. No. 211.
- Olmstead A.W. & Le Blanc G. A., 2002.** Juvenoid Hormone Methyl Farnesoate Is a Sex Determinant in the Crustacean *Daphnia magna*, *Journal of Experimental Zoology*.293: 736-739.
- Ongley E. D., 1996.** Control of Water Pollution from Agriculture.FAO, Rome.Italy.
- Patoine M. & Simoneau M., 2002.** Impacts de l'agriculture intensive sur la qualité de l'eau des rivières au Québec. *Vecteur environnement*.35, 61-66.
- Paytan A. & McLaughlin K., 2007.** The Oceanic Phosphorus Cycle.*Chem. Rev* .2007, 107:536-576.
- Pellerin S., Dorioz J.-M ., Morel C., 2005.** «Bilan environnemental du phosphore» in *Sols et environnement*. Dunod. Paris.p. 628 - 649.
- Pennak R. W., 1989.** Fresh-water invertebrates of United States. 3rd edition. Protozoa to Mollusca, John Wiley & Sons. New York, NY.

Références bibliographiques

Pereira J. L., Hill C. J., Sibly R. M., Bolshakov V.N., Goncalves F., Heckman L. H., Callaghan A., 2010. Gene transcription in *Daphnia magna* : effects of acute exposure to a carbamate insecticide and an acetanilide herbicide. *Aquat. Toxicol.*, 97: 268-276.

Santiago S., Becker Van Slooten K., Chèvre N., Parolos M., Benninghoff C., Dumas M., Thybaud E. & Garrivier F., 2002. Guide pour l'utilisation des tests écotoxologiques avec les daphnies, les bactéries luminescentes et les algues vertes, appliqués aux échantillons de l'environnement. Université de Genève, Genève.

Sharpley A. N., Hedley M. J., Sibbesen E., Hillbricht-Ilkowska A., House W. A. & Ryszkowski L., 1995. Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems. Dans: Holm Tiessen (Ed.), *Phosphorus in the global environment – Transfers, cycles and management*. pp.171-199.

Sperfeld E. & Wacker A., 2009. Effects of temperature and dietary sterol availability on growth and cholesterol allocation of the aquatic keystone species. *Daphnia J. Exp. Biol.*, 212, 3051-3059.

Tessier A. J., Goulden C. E., 1982. Estimating food limitation in cladoceran populations. *Limnology and Oceanography*, 27: 707-717.

Tollrian R., 1994. Fish-Kairomone induced morphological changes in *Daphnia lumholtzi* (Sars). *Arch. Hydrobiol.*, 130:69-75.

Touati L. & Samraoui B., 2002. The ecology of *Daphnia magna* chevrexi richard in Northeast Algeria (Crustacea: Anomopoda). *Science & Technologie*, Numéro Spécial D.75-81.

Wolf H. G. & Mort M. A., 1986. Interspecific hybridization underlies phenotypic variability in *Daphnia* population. *Oecologia (Berlin)*, 68 : 507-511.

Yurista P. M., 2000. Cyclomorphosis in *Daphnia lumholtzi* induced by temperature. *Freshw. Biol.*, 4 : 207-213.

Ziegler D. & Heduit M., 1991. Engrais de ferme : Valeur fertilisante, gestion, environnement. Rapport ITP, ITCF, ITEB

Références bibliographiques

Site d'internet

[1]<http://www.cerclaqua09.Cerclaqua.com/eadouce/article.php>.

[2]<http://www.aquariophilie.wikibis.com/daphnie.php>

Annexes

Annexes

Annexes

Tableau 2. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 0,5 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les paramètres	DDL	Fobs	P
Âge à la maturité	5	0,846	0,978
Taille des femelles à la première reproduction	5	0,334	0,998
Taille des femelles à la deuxième reproduction	5	0,958	1,000
Taille des femelles à la fin du test	5	0,162	0,998
Nombre de descendants moyen par femelle	5	1,285	0,999
Longévité	5	0,315	0,984
Nombre de ponte par femelle	5	0,277	0,997
Intervalle de ponte	5	1,104	0,998
Grandeur de ponte	5	1,438	0,909
Âge à la première reproduction	5	1,053	0,999

P = Probabilité que l'hypothèse ; DDL : Degré de liberté ; Fobs = Cm_a / Cm_r

Tableau 3. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 1mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les paramètres	DDL	Fobs	P
Âge à la maturité	5	0,846	0,746
Taille des femelles à la première reproduction	5	0,334	0,872
Taille des femelles à la deuxième reproduction	5	0,958	0,587
Taille des femelles à la fin du test	5	0,162	0,962
Nombre de descendants moyen par femelle	5	1,285	0,763
Longévité	5	0,315	0,946
Nombre de ponte par femelle	5	0,277	0,997
Intervalle de ponte	5	1,104	0,340
Grandeur de ponte	5	1,438	0,477
Âge à la première reproduction	5	1,053	0 ;261

P = Probabilité que l'hypothèse ; DDL : Degré de liberté ; Fobs = Cm_a / Cm_r

Annexes

Tableau 4. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 2mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les paramètres	DDL	Fobs	P
Âge à la maturité	5	0,846	0,621
Taille des femelles à la première reproduction	5	0,334	1,000
Taille des femelles à la deuxième reproduction	5	0,958	1,000
Taille des femelles à la fin du test	5	0,162	0,988
Nombre de descendants moyen par femelle	5	1,285	1,000
Longévité	5	0,315	0,946
Nombre de ponte par femelle	5	0,277	0,999
Intervalle de ponte	5	1,104	0,998
Grandeur de ponte	5	1,438	1,000
Âge à la première reproduction	5	1,053	0,681

P = Probabilité que l'hypothèse ; DDL : Degré de liberté ; Fobs = Cm_a / Cm_r

Tableau 5. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 4mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les paramètres	DDL	Fobs	P
Âge à la maturité	5	0,846	0,995
Taille des femelles à la première reproduction	5	0,334	1,000
Taille des femelles à la deuxième reproduction	5	0,958	1,000
Taille des femelles à la fin du test	5	0,162	0,993
Nombre de descendants moyen par femelle	5	1,285	0,863
Longévité	5	0,315	0,976
Nombre de ponte par femelle	5	0,277	1,000
Intervalle de ponte	5	1,104	0,999
Grandeur de ponte	5	1,438	0,972
Âge à la première reproduction	5	1,053	0,943

P = Probabilité que l'hypothèse ; DDL : Degré de liberté ; Fobs = Cm_a / Cm_r

Annexes

Tableau 6. Résultats des analyses de la variance à un facteur du test de la concentration de 8 mg/l du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.

Les paramètres	DDL	Fobs	P
Âge à la maturité	5	0,846	0,602
Taille des femelles à la première reproduction	5	0,334	0,990
Taille des femelles à la deuxième reproduction	5	0,958	1,000
Taille des femelles à la fin du test	5	0,162	1,000
Nombre de descendants moyen par femelle	5	1,285	1,000
Longévité	5	0,315	0,847
Nombre de ponte par femelle	5	0,277	0,999
Intervalle de ponte	5	1,104	1,000
Grandeur de ponte	5	1,438	0,999
Âge à la première reproduction	5	1,053	0,732

P = Probabilité que l'hypothèse ; DDL : Degré de liberté ; Fobs = Cm_a / Cm_r .

Nom : Zvidzai Prénom : Chipo Cynthia

Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Gestion durable des Ecosystèmes et protection de l'environnement

Option : Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Thème : Les effets de la pollution par le phosphore sur la croissance, la reproduction et la population de *Daphnia magna*

Résumé :

Daphnia magna un microcrustacé de l'ordre des cladocères est utilisé comme espèce bioindicatrice pour évaluer la qualité environnementale des écosystèmes aquatiques. L'objectif de ce travail consiste à évaluer les effets de la pollution du phosphore sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* exposé à des différentes concentrations (0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 mg/l) pendant 21 jours. Les résultats ont montré une réduction pour certains paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* comme la survie, la croissance, la longévité, la grandeur de ponte retardée et d'autres paramètres ont été affectés dans le temps avec l'âge à la maturité.

Mot clé : *Daphnia magna*, espèce bioindicatrice, pollution, phosphore, cycle de vie.

Jury d'évaluation :

Président du jury : Sahli Leila (MCA - UFM Constantine 1).

Rapporteur : Touati Laid (MCA - UFM Constantine 1).

Examineurs : Amri Sihem (MAA - UFM Constantine 1).

Année universitaire : 2016/2017