



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 : بيولوجيا و إيكولوجيا 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 écosystèmes et protection de l'environnement*

Option : *Pollution des Ecosystèmes et Ecotoxicologie*

Intitulé :

**L'effet de pH sur la survie, la croissance et la reproduction de
*Daphnia magna***

Présenté et soutenu par : SAHRAOUI Aboubakre seddik

Le : 22/06/2016

Jury d'évaluation :

Président du jury : SAHLI Leila (MCA - UFM Constantine),

Rapporteur : TOUATI Laid (MCB - UFM Constantine),

Examineurs : AFRI- MEHANNAOUI F-Z (MCA - UFM Constantine).

*Année universitaire
2015 - 2016*

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*A mes **parents**, mon exemple éternel, mon soutien moral, ma source de vie et de bonheur, qui se sont toujours sacrifiés pour me voir réussir.*

*A mes frères et sœurs et toute la famille **SAHRAOUI**.*

*A l'âme de mon grand-père **AHMED** et ma grand-mère.*

A tous mes amis du quartier à Chelghoum Laid.

*A tous mes **amis et camarades** de promotion et spécialement :*

Tom ,Charef, Hiba, Romaiassa ,Asma et *Rihab*

A une personne très chère pour moi, qui m'a vraiment été d'un grand soutien moral pour réaliser ce travail.

A tous ceux qui m'ont chers et que j'ai omis de citer.

Remerciements

Mon travail de mémoire a été effectué grâce à des gens qui m'ont vraiment aidé, En effet rien de tout cela n'aurait pu être réalisable sans cet esprit de collaboration et d'entraide permanents qui ont fait que ce mémoire aboutisse à ses fins.

Je tiens en premier à remercier les membres du jury et je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur Monsieur **TOUATI Laid** Docteur MCB à l'Université des Frères Mentouri qui n'a ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail.

Je tiens également à adresser mes remerciements à madame **MEHENNAOUI-Afri Fatima-Zohra** Docteur MCA à l'Université des Frères Mentouri pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner mon travail et à madame **SAHLI Leila** Docteur MCA à l'Université des Frères Mentouri pour l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury et pour m'avoir fait bénéficier de leur expérience dans le domaine de l'Ecologie et l'Ecotoxicologie, sans oublier les deux merveilleuses années de licence et de master 2.

Je souhaite aussi exprimer tous mes remerciements à Monsieur **KADEM D.E.D**, Professeur à l'Université des Frères Mentouri, qui n'a cessé de m'encourager et de m'aider par ses conseils et surtout pour la merveilleuse année de licence (2014).

Mes remerciements vont aussi à Monsieur **BAZRI Kamel** qui n'hésite jamais de m'aider et de m'encourager.

Je remercie enfin tous ceux que je n'ai pas nommés et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction 01

Chapitre 1 :

1. Biologie de *Daphnia magna* 3

1.1. Classification 3

1.2. Morphologie 4

1.3. Cycle de vie7

1.4 Développement 8

1.5. Milieu de vie et alimentation9

1.6. Intérêt écotoxicologique de la daphnie 10

2. Le pH 12

2.1. Définition 12

2.2 .L'échelle de pH12

2.3. Le pH et l'eau 13

2.4. L'effet de changement du pH sur les espèces aquatique 13

2.5. L'acidification est-elle réversible sur les plans chimique et biologique 14

2.6. Le pH et la pollution 14

Chapitre 2:

3. Matériel et méthodes	16
3.1. Matériel biologique	16
3.2. Méthodes	16
3.2.1. Culture de <i>Daphnia magna</i>	16
3.2.2. Préparation de l'extrait de l'épinard	16
3.3. Mode opératoire	17
3.4. Analyse statistique	19

Chapitre 3 :

4. Résultats et discussion	20
4.1. L'effet de pH sur la survie, la croissance et la reproduction de <i>Daphnia magna</i>	20
4.1.1. L'effet de l'acidité sur la survie, la croissance et la reproduction de <i>Daphnia magna</i>	20
4.1.1.1. L'effet de pH acide sur la survie des daphnies durant le test.....	20
4.1.1.2. L'âge à la maturation	20
4.1.1.3. La taille des femelles à la première reproduction	21
4.1.1.4. La taille des femelles à la deuxième reproduction	22
4.1.1.5. La taille des juvéniles à la première reproduction	22
4.1.1.6. La taille des juvéniles à la deuxième reproduction	23
4.1.1.7. L'âge à la première reproduction	24
4.1.1.8. Nombre de descendants par mère	24
4.1.1.9. L'intervalle de ponte	25

4.1.1.10. Le nombre de ponte par femelle	26
4.1.1.11. La grandeur de ponte	26
4.1.1.12. La longévité	27
4.1.1.13. La taille des femelles à la fin de test	28
4.1.1.14. Le poids des femelles à la fin de test	28
4.1.1.15. Le taux de croissance spécifique (TCS)	29
4.1.2. L'effet de l'alcalinité sur la survie, la croissance et la reproduction de <i>Daphnia magna</i>	30
4.1.2.1. L'effet de pH basique sur la survie des daphnies durant le test	30
4.1.2.2. L'âge à la maturation	30
4.1.2.3. La taille des femelles à la première reproduction	31
4.1.2.4. La taille des femelles à la deuxième reproduction	32
4.1.2.5. La taille des juvéniles à la première reproduction	32
4.1.2.6. La taille des juvéniles à la deuxième reproduction	33
4.1.2.7. L'âge à la première reproduction	34
4.1.2.8. Nombre de descendants par mère	34
4.1.2.9. L'intervalle de ponte	35
4.1.2.10. Le nombre de ponte par femelle	36
4.1.2.11. La grandeur de ponte	37
4.1.2.12. La longévité	37
4.1.2.13. La taille des femelles à la fin de test	38
4.1.2.14. Le poids des femelles à la fin de test	39
4.1.2.15. Le taux de croissance spécifique (TCS)	39

4.2. Discussion41

Conclusion43

Références bibliographiques.....45

Résumés

Abstract

ملخص

ANNEXES

Liste des figures

Figure 1. <i>Daphnia magna</i>	04
Figure 2. Anatomie de <i>Daphnia magna</i> femelle adulte	06
Figure 3. Schéma du cycle de vie de la daphnie	07
Figure 4. Reproduction de la daphnie par parthénogénèse en conditions favorables	08
Figure 5. Schéma des voies d'exposition des daphnies dans un test chronique	11
Figure 6. L'échelle de pH	12
Figure 7. Ajustement de pH pour chaque concentration testée	18
Figure 8. L'alimentation des individus par les gouttes d'épinard	18
Figure 9. Mesure de la taille des individus par le micromètre	18
Figure 10. Variation de l'âge à la maturation chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	21
Figure 11. Variation des tailles des femelles à la première reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	21
Figure 12. Variation des tailles des femelles à la deuxième reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	22
Figure 13. Variation de la tailles des juvéniles à la première reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	23
Figure 14. Variation de la tailles des juvéniles à la deuxième reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	23
Figure 15. Variation de l'âge à la première reproduction (ponte) chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	24
Figure 16. Variation de nombre de descendants par mère chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH acide	25
Figure 17. Variation de l'intervalle de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	25

Figure 18. Variation de nombre de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	26
Figure 19. Variation de la grandeur de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	27
Figure 20. Variation de la longévité chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	27
Figure 21. Variation de la taille des femelles à la fin de test chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	28
Figure 22. Variation de poids des femelles à la fin de test chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH acide	29
Figure 23. Variation du taux de croissance spécifique chez <i>D.magna</i> pour des gammes différentes de pH acide	29
Figure 24. Variation de l'âge à la maturation chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	31
Figure 25. Variation des tailles des femelles à la première reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	31
Figure 26. Variation des tailles des femelles à la deuxième reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	32
Figure 27. Variation de la tailles des juvéniles à la première reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	33
Figure 28. Variation de la tailles des juvéniles à la deuxième reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	33
Figure 29. Variation de l'âge à la première reproduction chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	34
Figure 30. Variation de nombre de descendants par mère chez <i>Daphnia magna</i> exposée à des différentes gammes de pH basique	35

Figure 31. Variation de l'intervalle de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés a différentes gammes de pH basique	36
Figure 32. Variation de nombre de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH basique	36
Figure 33. Variation de la grandeur de ponte chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH basique	37
Figure 34. Variation de la longévité chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH basique	38
Figure 35. Variation de la taille des femelles à la fin de test chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes concentrations de pH basique	38
Figure 36. Variation de poids des femelles à la fin de test chez <i>Daphnia magna</i> exposés à différentes gammes de pH basique	39
Figure 37. Variation du taux de croissance spécifique chez <i>D.magna</i> pour des gammes différentes de pH basique	40
Figure 38. (A) Daphnie adulte âgé de 21 jours avec la taille de 4.2 mm et (B) sa fille de la quatrième ponte âgé de – 24 H avec la taille de 1.1 mm sous une loupe binoculaire (x2) de la population de témoin	40

Liste des tableaux

Tableau 01. Deux gammes de pH acide et basique testé	17
Tableau 2. La survie de <i>Daphnia magna</i> sous l'effet de différentes gammes de pH acide	20
Tableau 03. La survie de <i>Daphnia magna</i> sous l'effet de différentes gammes de pH basique	30

Liste des abréviations

H₃O⁺ : ions oxonium

AFNOR : Association Française de Normalisation

D. magna : *Daphnia magna*

Hcl : Acide chlorhydrique

NaOH : l'hydroxyde de sodium

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS : L'Organisation Mondiale de la Santé

pH : potentiel de l'hydrogène

TCS : Taux de croissance spécifique

Introduction

Dans les pays en développement, la croissance rapide de la population et l'extension démesurée de l'espace urbain posent les problèmes de la pollution, le milieu aquatique regroupe les écosystèmes les plus touchés, directement ou indirectement, par les effets délétères de la pollution parce que ce milieu est le réceptacle final de la plus part des polluants. Les organismes vivants sont soumis à l'influence de multiples substances de nature et d'origine diverses. Les polluants se retrouvent dans la plupart des cas en mélange à des mais induisent cependant une contamination chronique d'un nombre croissant des écosystèmes.

Le pH est l'un des paramètres les plus affectés par les différents types de pollution (air, sol, eau), et comme le pH a un effet sur la biodiversité des écosystèmes aquatique, la plupart des organismes aquatiques ont un pH entre 6 et 9 pour survivre, les changements importants de pH dû de la pollution naturelle et anthropique affectent directement les fonctions physiologiques des organismes aquatiques.

Les principales sources de pollution anthropique qui influencent le pH des écosystèmes aquatique sont les rejets des eaux usées car les détergents sont souvent basiques. Les rejets industriels aussi a un grand effet sur les changements de pH des écosystèmes aquatique où ils ont rejeté.

Les pluies acides sont une autre source de pollution qui provient de phénomènes naturels comme les éruptions volcaniques, les feux de forêts, etc., mais surtout des combustibles fossiles de transport, la production d'électricité et de l'industrie d'affinage des métaux. Contrairement aux polluants plus lourds qui retombent à proximité de l'endroit où ils ont été introduits, les polluants plus légers peuvent voyager sur plusieurs milliers de kilomètres et former, en se combinant à des particules d'eau, de l'acide nitrique et de l'acide sulfurique (Landry et al., 1992 ; Hade , 2002).

En écologie il existe des tests éco-toxicologiques standardisés qui utilisent des espèces bio-indicatrices pour évaluer l'effet des substances toxiques ou le stress des paramètres physicochimique comme le pH sur les organismes vivantes.

Daphnia magna est l'un des bio-indicateur les plus utilisé dans ces bioessais à cause de nombreux avantages qui consolident son utilisation en tant qu'indicateur intéressant de l'impact potentiel d'un polluant sur l'environnement. En effet, son immobilisation constitue

Introduction

une réponse facile à observer sachant que l'inhibition de la mobilité précède la mort dans la majorité des cas. La simplicité du test avec les daphnies et son utilisation universelle font que ce bioessai est reconnu pour déterminer l'écotoxicité aiguë (et chronique) de matrices aqueuses ou de substances en solution dans l'eau notamment les eaux douces (Chèvre, 2000 ; Santiago et al., 2002 ; Cauzzi, 2007 ; Boillot, 2008).

Ce présent travail porte sur l'évaluation de l'effet des différentes gammes de pH acide et basique sur les paramètres de cycle de vie (la reproduction, la croissance et la survie) d'un crustacé des eaux douce *Daphnia magna*.

Ce travail développé s'articule en trois chapitres :

- ✓ Introduction.
- ✓ Le premier chapitre repose sur une synthèse bibliographique pour présenter **La biologie de *Daphnia magna*** et le paramètre physicochimique qui est **le pH**.
- ✓ Le deuxième chapitre consacré pour le **Matériel et les méthodes**.
- ✓ Le troisième chapitre consacré pour les **Résultats et discussion** de ce travail.
- ✓ Conclusion.

Chapitre 1

Revu

bibliographique

1. Biologie de *Daphnia magna*

Daphnia magna est un microcrustacé planctonique d'eau douce, de l'ordre des Cladocères, recommandée en tant que modèle biologique de référence dans différents bioessais standardisés pour l'évaluation des effets toxiques potentiels de substances chimiques (OCDE, 2004 et 2008). En effet, *D. magna* est facile à manipuler et à étudier en laboratoire du fait de sa petite taille, son cycle de vie court, son mode de reproduction asexuée et sa fécondité élevée. En tant que consommateur primaire, l'espèce occupe une place importante dans les transferts de matière et d'énergie dans les chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques d'eau douce.

Des nombreux travaux ont été consacrés au crustacé cladocère *Daphnia magna*. Il est ainsi possible de citer les publications de Pacaud (1939), Anderson et Jenkins (1942), Green (1956), Hebert (1978) ainsi que les ouvrages de Peters et De Bernardi (1987) et de Ebert (2005).

1.1. Classification

La classification de la daphnie est résumée ci-après :

Embranchement :	Arthropodes
Classe :	Crustacés
Sous-classe :	Branchiopodes
Super-ordre :	Anomopodes
Ordre :	Cladocères
Famille :	Daphniidae
Genre :	<i>Daphnia</i>
Espèce :	<i>Daphnia magna</i>

1.2. Morphologie

La taille de la daphnie adulte varie entre 3 et 5 mm et subdivisée en deux parties : la tête et le corps.

La tête de la daphnie comporte un œil composé, une bouche, deux antennes qui aident à sa locomotion saccadée, ce qui d'ailleurs lui a valu le surnom de « puce d'eau » et deux antennules 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 (Amoros, 1984). Le système nerveux est caractérisé par un ganglion cérébral, localisé entre l'œil et le début du tube digestif (Amoros, 1984).

La figure 1 montre une photo d'une daphnie à 1 mm.



Figure 1. *Daphnia magna* (Massarin, 2010).

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 (Jacobs, 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. 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 (Fox, 1957).

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. Les mâles se distinguent des femelles par une taille plus petite, des antennules plus larges, et une modification des premières pattes qui sont armées d'un crochet servant à étreindre les femelles. Les embryons présentent deux ébauches d'œil brunâtres qui fusionnent pendant la dernière partie de leur développement, donnant chez les juvéniles et adultes un œil unique, composé, médian, de taille importante, mobile dans une cavité sans communication vers l'extérieur. Cet œil composé aide l'animal à s'orienter au cours de la nage (Ebert, 2005).

La figure 2 représente l'anatomie d'une femelle de daphnie adulte.

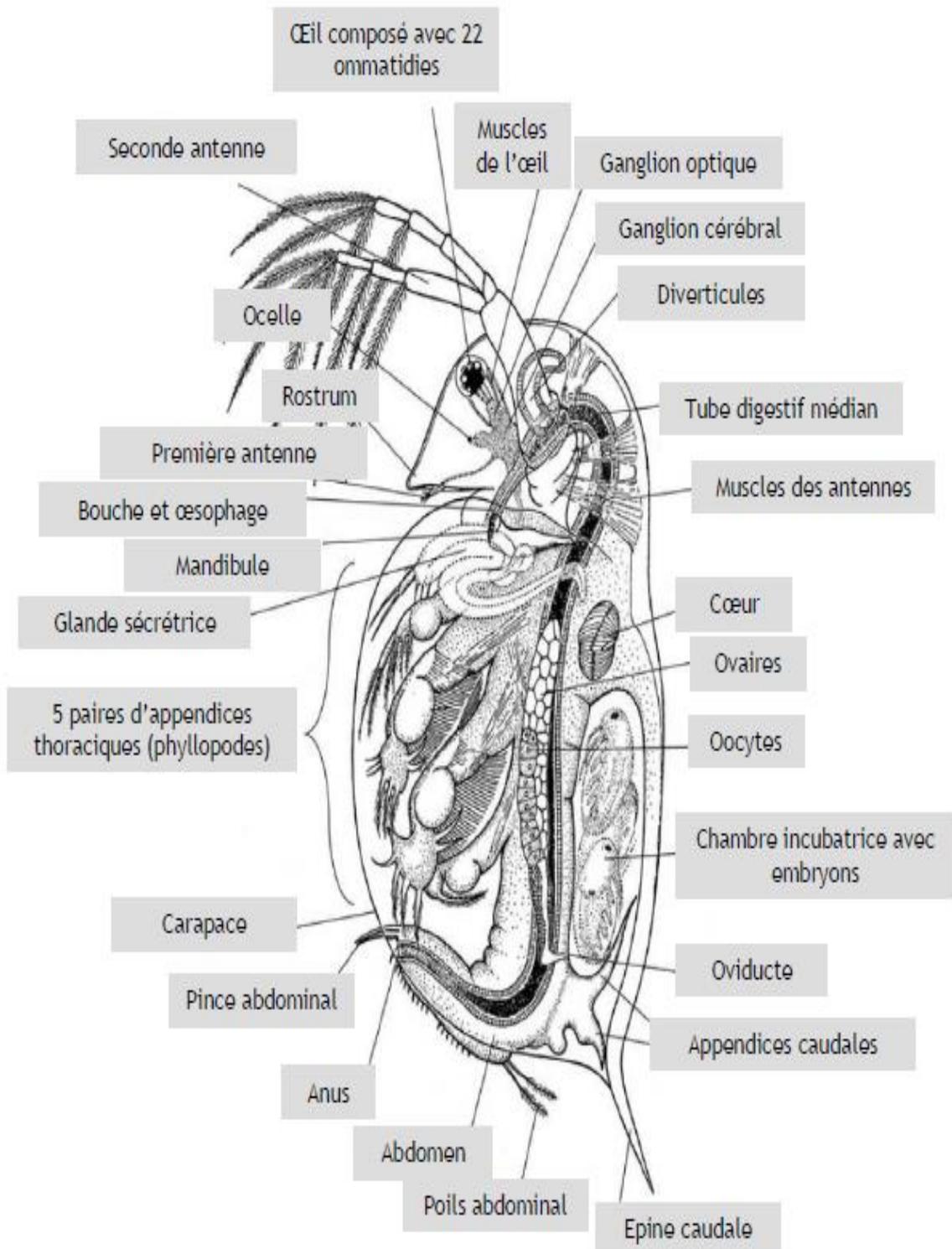


Figure 2. Anatomie de *Daphnia magna* femelle adulte (Ebert, 2005).

1.3. Cycle de vie

La daphnie a deux modes de reproduction. (Figure3)

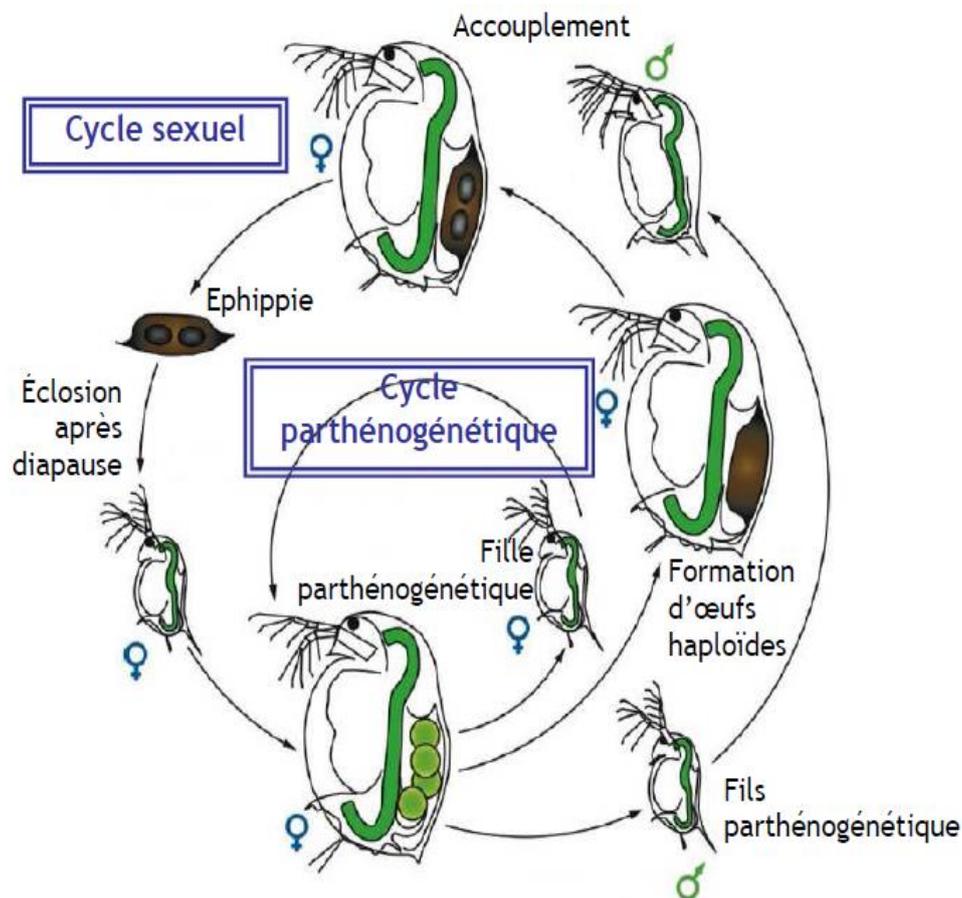


Figure 3. Schéma du cycle de vie de la daphnie (Ebert, 1995).

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 (Figure4). 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. L'éphippie est expulsé 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).

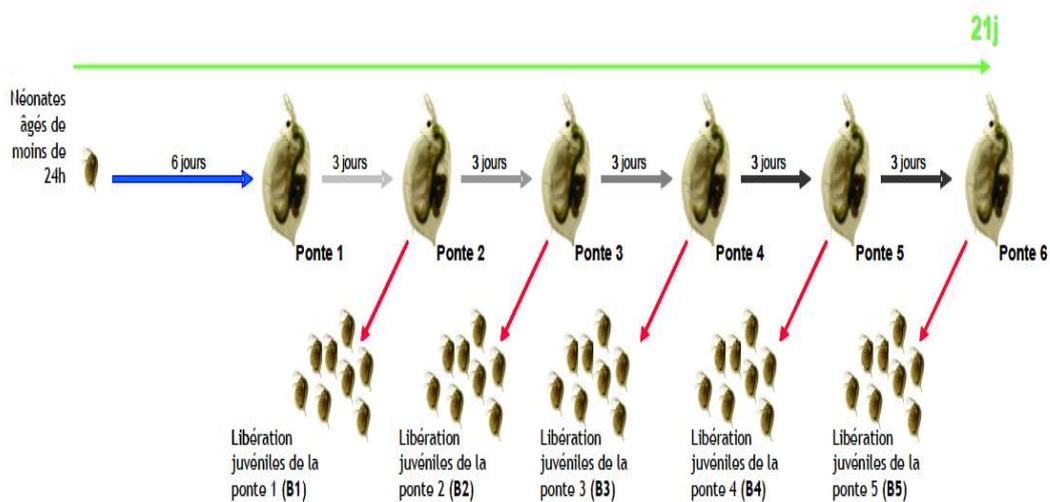


Figure 4. Reproduction de la daphnie par parthénogénèse en conditions favorables, d'après Zeman, 2008.

1.4 Développement

L'embryon de la daphnie, déposé dans la poche incubatrice dorsale, passe par 6 stades de développement (Kast-Hutcheson et al., 2001).

-**Le stade 1** ou stade de division dure entre 0 et 15h : l'embryon est sphérique.

-**Le stade 2** correspond au stade de gastrulation et se déroule entre 15 et 25h. L'embryon devient asymétrique avec présence d'un blastopore en raison du début de la différenciation cellulaire.

- **Le stade 3** est nommé stade de maturation embryonnaire précoce, il se déroule entre 25 et 35h et présente une différenciation de la tête et des antennes.

-**Le stade 4** ou encore stade de maturation embryonnaire moyenne, se déroule entre 35 et 45h et correspond à la mise en place de l'œil pigmenté ainsi qu'au développement des antennes qui restent encore confinées dans la membrane embryonnaire.

Le stade 5 est le stade de maturation embryonnaire tardive et se déroule entre 45 et 50h. Il y a rupture de la seconde membrane embryonnaire et par suite extension partielle des antennes alors que l'épine caudale reste encore pliée contre la carapace.

Le stade 6 est le dernier stade. Il correspond au développement complet de l'embryon et se déroule de 50 à 72h. A ce niveau, il y a développement complet des antennes et libération de l'épine caudale, de sorte que le nouveau-né est prêt à se déplacer.

La durée de vie moyenne d'une daphnie est généralement de 40 jours à 25°C et de 56 jours à 20°C ; elle se divise en 3 phases.

La première phase est la période embryonnaire qui est généralement brève (3 jours). Elle est suivie par la période juvénile caractérisée par une croissance maximale des jeunes daphnies : cette période dure, lorsque les conditions sont favorables, entre 7 et 10 jours durant lesquels sont observées entre 5 et 6 mues (Soares, 1989). Durant la période adulte, la daphnie va effectuer plusieurs pontes tous les 3 jours lorsque les conditions sont favorables.

1.5. Milieu de vie et alimentation

Les daphnies sont essentiellement des organismes littoraux, largement répandues dans les eaux tempérées et colonisent en particulier les eaux stagnantes. Ces organismes peuvent se retrouver dans les flaques d'eau, les mares, les étangs de pisciculture, les canaux, les lacs, mais rarement dans les rivières (Mugel et Férard, 1978). Les daphnies sont des organismes filtreurs, considérés comme des consommateurs primaires. Elles sont phytophages et bactériophages (Hadas et al., 1983). Elles apprécient les eaux riches en matières organiques dissoutes ou en suspension et peu polluées par les micropolluants chimiques (Mugel et Férard, 1978). La nourriture est collectée plus particulièrement à l'aide du 3^{ème} et 4^{ème} pattes thoraciques foliacées, garnies d'un peigne de longues soies (Amoros, 1984), qui assurent un courant d'eau entre les deux valves de la carapace. Les particules ainsi piégées sont transférées via un sillon alimentaire jusqu'à la bouche. Toutefois, il est important de signaler que la quantité et la qualité de la nourriture joue un rôle primordial pour la reproduction et influence nettement la dynamique de population de la daphnie (Lynch et Ennis, 1983; Cowgill

et al., 1985). La qualité et la quantité de la nourriture semble aussi influencer la sensibilité des daphnies aux toxiques (Winner et al., 1977; Enserink et al., 1995).

1.6. Intérêt écotoxicologique de la daphnie

Les daphnies, tout comme les autres cladocères, jouent un rôle clé - keystone species (Nilssen et Waervagen ; 2002) ou keystone species (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 (e.g. Chaoborus) et les copépodes (e.g. 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 : visible à l'œil nu, reproduction parthénogénétique et donc faible variabilité génétique, pontes abondantes, manipulation et élevage faciles à réaliser au laboratoire suite à sa taille relativement petite et son cycle de vie court, ce qui permet de suivre l'effet des polluants sur plusieurs générations et la sensibilité à une large gamme de produits chimiques (Colbourne et al., 2011).

Un test d'écotoxicité peut se définir comme l'utilisation de tout ou partie d'un (ou de plusieurs) organisme(s) vivant(s) comme « réactif(s) biologique(s) » pour mettre en évidence un effet écotoxicologique mesurable et interprétable à la suite d'une exposition (par exemple aiguë, chronique,...) à un (ou plusieurs) agent(s) chimique(s) ou physique(s) (Férard ; 2013).

Quel que soit le test réalisé, il importe d'avoir un élevage qui produit des daphnies saines.

Les principales caractéristiques d'un bon élevage de daphnies :

- 1- Absence d'éphippies (œufs de durée) et d'œufs avortés dans les élevages.
- 2- Aspect des organismes (éviter l'absence de couleur ainsi qu'une couleur trop rougeâtre).
- 3- Taille suffisante des organismes adultes (environ 5 mm).
- 4- Production suffisante de jeunes daphnies femelles (environ 100 juvéniles par daphnie mère en 21 jours).

5- Jeunes daphnies femelles dépourvues de malformations.

6- Absence de parasites ou de champignons (surtout au niveau de la poche incubatrice).

(Toumi ; 2013).

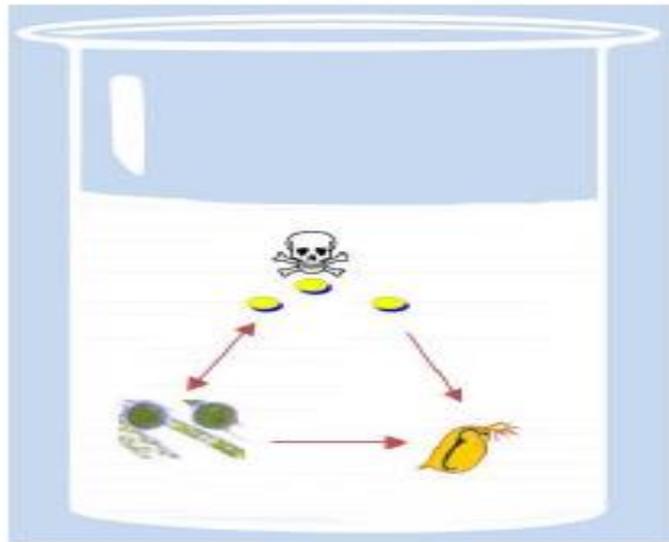


Figure 5. Schéma des voies d'exposition des daphnies dans un test chronique

(Toumi, 2013).

2. Le pH

2.1. Définition

Il est bien connu que la vitesse de bon nombre de réactions chimique dépend de la concentration en H_3O^+ dans le mélange réactionnel. Cet effet peut exister même si H_3O^+ n'est pas l'un des réactifs ou produits. Ainsi donc, l'ajout d'une petite quantité de H_3O^+ peut modifier de façon spectaculaire les vitesses de toute une série de réactions.

Les concentrations de H_3O^+ se situent fréquemment dans la fourchette de $1M$ à $10^{-14}M$. Un tel étalement des concentrations rend très difficile la mise en graphique de ces valeurs sur des papiers millimètres ordinaires.

A cause de cela, il est beaucoup plus pratique de concevoir une échelle logarithmique et définir une quantité appelée pH comme étant :

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] \text{ (Carole et al. ,1991).}$$

2.2 .L'échelle de pH

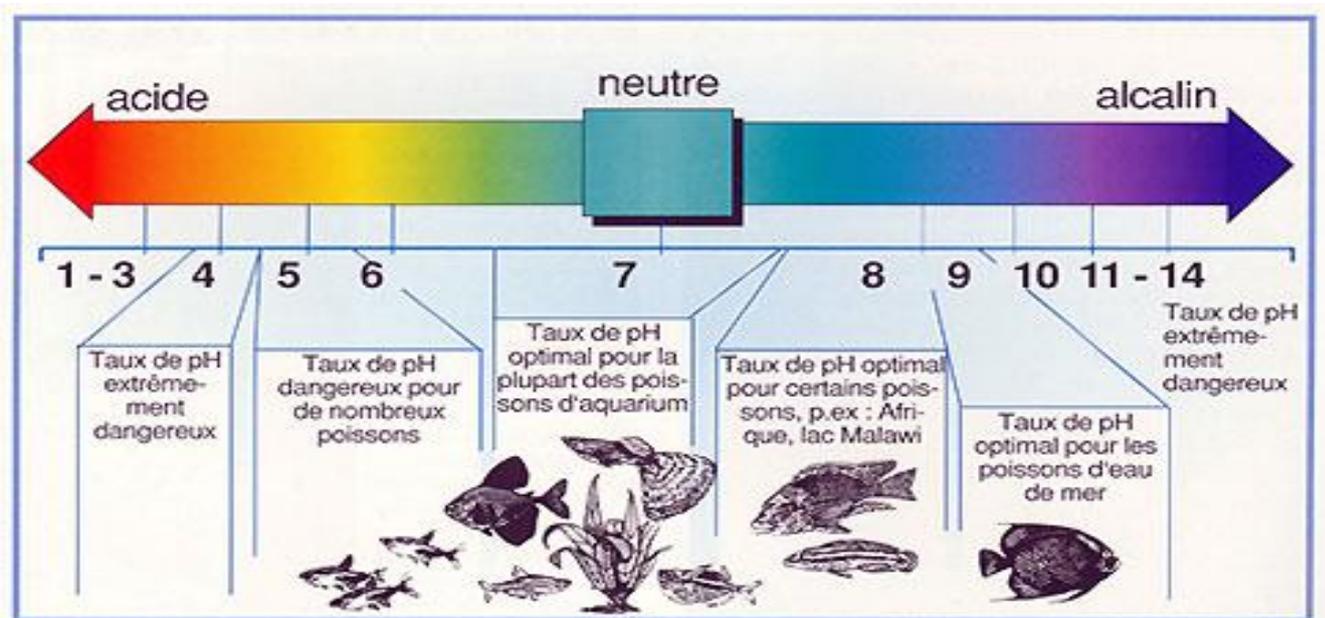


Figure 6. L'échelle de pH(1).

L'échelle de pH (Fig. 6) a été instaurée par le chimiste danois Soren Sorensen en 1909 au cours de son travail sur le contrôle de la qualité du brassage de la bière ; elle est maintenant utilisée partout en science, en médecine, dans l'agriculture et en ingénierie.

On utilise l'opposé du logarithme pour que la plupart des valeurs du pH soient des nombres positifs de 0 à 14.

- Le pH de l'eau pure est 7.
- Le pH d'une solution acide est inférieur à 7.
- Le pH d'une solution basique est supérieur à 7. (Atkins et Jones ; 2008).

2.3. Le pH et l'eau

L'eau a un pH moyen entre 6.5 et 8.5 et l'eau souterraine a un pH moyen entre 6.0 et 8.5. Le pH d'une source peut varier naturellement. Certains types de roches et sols, comme le calcaire, peuvent neutraliser l'acide plus efficacement que d'autres types de roches et sols, comme le granit. Lorsqu'il y a un grand nombre de plantes dans un lac ou une rivière les plantes lorsqu'elles meurent laisse sortir le dioxyde de carbone qu'ils possèdent. Le mélange dioxyde de carbone et eau forme un acide carbonique faible cela peut diminuer le pH de l'eau. Certaines activités humaines ont des effets nuisibles sur le pH des sources d'eau voisine. Lorsque le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote est émis lors des opérations industrielles, cela provoque des pluies acides.

La pollution chimique provenant des activités industrielles, des individus et des communautés peut rendre l'eau acide. Ces produits chimiques peuvent contaminés l'eau lors de déversement illégal ou un traitement d'eau inadéquat (Dupont et al., 2004).

2.4. L'effet de changement du pH sur les espèces aquatique

Le changement du pH de l'eau peut avoir un certain nombre de conséquences. Dans l'environnement beaucoup de plantes et animaux sont affectés et même tués suite à l'acidification. Beaucoup de poissons et d'espèces aquatiques sont extrêmement sensible aux changements de température de l'eau et de sa composition. Dans la figure 6 on remarque les pH nécessaire pour certaines espèces aquatiques. Remarquez que lorsque le pH est entre 6.0 et 7.0 (qui est naturel pour beaucoup de lacs et cours d'eau) la biodiversité de l'écosystème est importante. Avec les diminutions du pH donc augmentation de l'acidité moins d'organisme peuvent vivres parce que le pH de l'eau influence la quantité de nutriments (ex. : phosphore, azote).

L'eau acide est synergique ce qui signifie qu'une combinaison de pH bas et une concentration importante de certaines substances polluantes est extrêmement nuisible.

Par exemple l'aluminium, le plomb et le mercure sont des substances potentiellement dangereuses, mais lorsque le pH de la source d'eau est bas ces substances peuvent avoir des conséquences très graves sur la vie aquatique. L'eau acide peut causer aussi des problèmes pour la consommation humaine. L'eau légèrement acide seule n'est pas dangereuse mais elle peut être extrêmement dangereuse si elle est combinée avec certaines substances. L'eau qui a un pH de moins de 6.5 peut filtrer les ions métalliques comme le fer, le manganèse, la cuivre, le plomb et le zinc des installations de plomberies et tuyaux. Sans ce processus tout ça peut être extrêmement dangereux. L'eau qui a un pH de plus de 8.0 est difficile à traiter. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande que le pH de l'eau devrait être de moins de 8.0 car l'eau trop alcaline n'a pas une chloration efficace (Dupont et al., 2004).

2.5. L'acidification est-elle réversible sur les plans chimique et biologique

L'acidification est réversible sur le plan physico-chimique. Une étude scientifique effectuée par Environnement Canada a montré que les plans d'eau acidifiés sont généralement en mesure de récupérer lorsque les apports acides sont réduits ou éliminés. Le potentiel de récupération biologique est toutefois moins grand. On assiste plutôt à la mise en place d'une communauté biologique différente de l'originale. Ceci s'explique en partie par la perte du patrimoine génétique des populations de poissons et d'insectes qui ont été décimées, mais aussi par la compétition biologique qui peut favoriser certaines espèces originellement absentes du plan d'eau. La réversibilité biologique est aussi un processus beaucoup plus lent que la réversibilité physico-chimique. Dans certains lacs fortement acidifiés, le potentiel de récupération biologique peut être très limité lorsque l'écosystème a subi des dommages importants (Dupont et al., 2004).

2.6. Le pH et la pollution

Les principales sources de la pollution anthropiques qui influencent le pH d'un écosystème aquatique sont les rejets des eaux usées (les substances contenues dans les détergents et les savons sont souvent basiques) et les rejets industriels. Ces polluants sont susceptibles de venir perturber l'équilibre de l'écosystème aquatique. Réduire tout apport de pollution dans l'écosystème contribuera à la stabilité du pH. En rajoutant les combustions

fossiles qui jouent un rôle essentiel dans la formation des pluies acides, cette dernière est formée aussi par des sources naturelles comme les feux de forêt et les éruptions volcaniques.

Les facteurs naturels qui influencent le pH de l'eau sont variés par exemple. L'environnement physique d'un écosystème aquatique influencera grandement le pH de son eau. Le facteur le plus important est la géologie du sol. Si la roche calcaire domine, l'eau sera basique et aura la capacité de neutraliser ou « éponger » les pluies acides. En présence de roche granitique, l'eau a déjà une tendance acide et sera très sensible à des apports supplémentaires en eaux acides (pollution ou autres). Les eaux en provenance du bassin versant influencent aussi le pH de l'eau aussi parce que dépendamment du type de végétation présent, ces eaux peuvent contenir de grandes quantités de substances organiques acidifiantes (ex. : aiguilles de conifères en décomposition).

En outre, l'activité des organismes aquatiques influence le pH des écosystèmes aquatiques par l'activité des divers organismes aquatiques. D'un côté, le dioxyde de carbone (CO_2), issu de la respiration des organismes, a un effet acidifiant sur l'eau des lacs. Toutefois, ce phénomène est en partie compensé par les organismes qui utilisent le CO_2 lors de la photosynthèse, ce qui a pour effet d'augmenter le pH de l'eau (l'eau devient moins acide). Ainsi, le pH d'un lac change tout au long de la journée, car l'équilibre entre la photosynthèse et la respiration des organismes aquatiques varie avec les changements de température et d'intensité lumineuse (Hade ; 2002) (Landry et al., 1992).

Chapitre 2

Matériel et méthodes

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel biologique

La daphnie est un petit crustacé cladocère, l'espèce la plus utilisée est *Daphnia magna* qui fait l'objet d'un test normalisé par AFNOR. 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. Ce modèle biologique a été choisi car les daphnies sont des organismes dont la manipulation et l'élevage sont rendus aisés par leur taille relativement petite, leur fécondité élevée et leur mode de reproduction par parthénogenèse en conditions favorables. (Chakri et Samraoui., 2015)

3.2. Méthodes

Le test a été réalisé au laboratoire du département de Biologie-Ecologie. Il consiste à tester l'effet des différentes concentrations de pH sur le cycle de vie de *Daphnia magna*, pendant une période de 21 jours (test chronique). Pour cela on a procédé à un élevage de *D. magna* pour obtenir des individus sains de l'âge moins de 24 heures.

3.2.1. Culture de *Daphnia magna*

L'élevage de la population a été initié par des daphnies prélevées à partir de la mare Boukhadra (Annaba) mises dans un aquarium rempli au 2/3 de leur hauteur avec une eau de canalisation déchlorinée et oxygénée, L'aquarium est équipé par une pompe qui diffuse l'oxygène nécessaire pour la croissance de ces daphnies. Comme nourriture et on a utilisé : la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) qui présente une taille facilement absorbable par les daphnies et l'extrait de l'épinard (*Beta vulgaris maritima*), pour la réussite de la culture, ces derniers doivent être distribués très régulièrement tous les deux jours. (Touati et al., 2002).
les conditions de l'élevage : lumière de 8/24 h, température entre 30 et 35.

3.2.2. Préparation de l'extrait de l'épinard

1kg de *Beta vulgaris maritima* est lavé, haché puis bouilli 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., 2015).

3.3. Mode opératoire

C'est un test de toxicité à long terme normalisé qui consiste à évaluer l'effet du pH sur la capacité reproductive de *Daphnia magna* (OECD, 1998).

Les jeunes femelles de *Daphnia magna* âgées de moins 24 heures au début de l'essai sont exposées à une gamme de concentration du pH. (Tab. 1)

Tableau 01. Deux gammes de pH acide et basique testé.

de pH acide	pH basique
pH1 = 4,44	pH5 = 10,13
pH2 = 4, 52	pH6 = 10,31
pH3 = 4,61	pH7 = 10,44
pH4 = 4,74	pH8 = 10,55

- Les néonates sont placées individuellement dans des tubes à essais en verre de 30 ml, contenant 20 ml de solution constitué de l'eau déchlorinée et de la nourriture.
- Les gammes de pH sont ajustées par un acide (HCL 1N) et une base (Na OH 1N) dans chaque gamme testée (Fig. 7).
- Les daphnies sont nourries tous les deux jours par des gouttes d'épinard et de la levure (deux gouttes d'épinard et deux graines de levure). (Fig.8).
- Le milieu est renouvelé tous les 3 jours.
- On utilise 10 répliquas par concentration et 10 répliquas aussi pour le témoin.
- Les daphnies sont incubées dans les mêmes conditions que celle les cultures mères.
- Les daphnies obtenues pendant le test sont observées et mesurés.
- La longueur des daphnies (du haut de la tête jusqu'à la base de son épine apicale) est mesurée par un micromètre (Fig. 9).
- Le sexe et la morphologie des nouveau-nés sont observés par microscope.
- Le poids des femelles adultes est mesuré à la fin de test (21 jours).



Figure 7. Ajustement de pH pour chaque concentration testée.



Figure 8. L'alimentation des individus par les gouttes d'épinard.

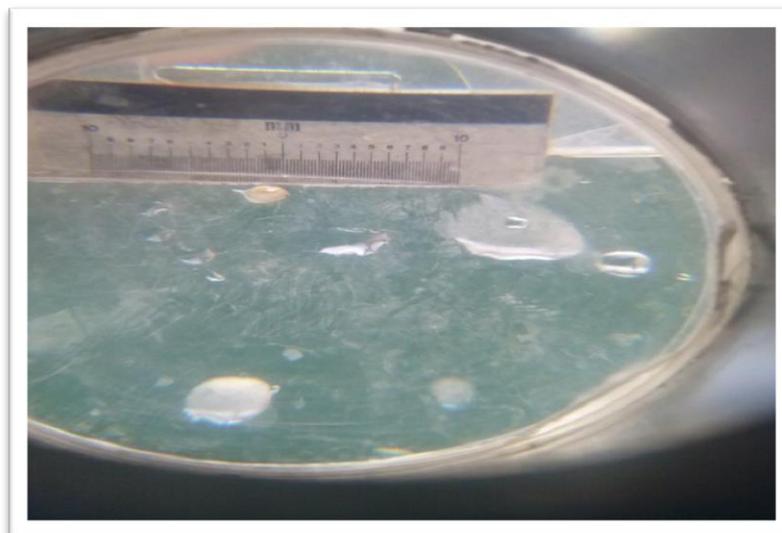


Figure 9. Mesure de la taille des individus par le micromètre.

Les paramètres mesurés sont :

- ✓ Age à la maturation.
- ✓ Age à la première reproduction.
- ✓ Taille des femelles adultes à la première reproduction (les mères) en mm.
- ✓ Taille des juvéniles à la première reproduction (nouveau- nés) en mm.
- ✓ Taille des femelles adultes à la deuxième reproduction (les mères) en mm.
- ✓ Taille des juvéniles à la deuxième reproduction (nouveau- nés) en mm.
- ✓ L'intervalle de ponte (moyenne) en jours,
- ✓ La grandeur ou taille de ponte (nombre moyen des petits cumulé par mère à la fin du test).
- ✓ La longévité (la moyenne en nombre des jours pendant laquelle les mères sont restées en vie)
- ✓ Le nombre total des descendant produit par animal parent (moyenne des petits cumulé par mère à la du test).
- ✓ Le nombre de ponte par mère durant le test de 21 jours.
- ✓ Le poids des femelles à la fin de test.
- ✓ La taille des femelles à la fin de test.
- ✓ Taux de croissance spécifique (TCS) (El-Dakar et *al.* , 2007).

$$TCS = \frac{\ln Tf - \ln Ti}{\Delta t}$$

Tf = La taille des femelles à la fin de test.

Ti = La taille initiale des femelle au début de test.

Δt = la durée de test (21 jours).

3.4. 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 pour tester l'effet de pH acide et basique sur les paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*. La différence significative est établie à $P < 0,05$.

Chapitre 3

Résultats et

discussion

4. Résultats et discussion

4.1. L'effet de pH sur la survie, la croissance et la reproduction de *Daphnia magna*

4.1.1. L'effet de l'acidité sur la survie, la croissance et la reproduction de *Daphnia magna*

4.1.1.1. L'effet de pH acide sur la survie des daphnies durant le test

Tableau 2. La survie de *Daphnia magna* sous l'effet de différentes concentrations de pH acide.

pH	La survie (%)
Témoin = 7.22	90%
pH : 4.44	20%
pH : 4.52	40%
pH : 4.61	0%
pH : 4.74	50%

Les daphnies maintiennent une survie maximale (90%) à pH = 7.22 (témoin).

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que la survie des daphnies dans les milieux de pH acide est moins que celle de témoin, tandis que dans le pH = 4.74 la survie est de 50% et en diminuant le pH à 6.41 la survie démunie jusqu'à 0 % et à un pH= 4.52 on a enregistré une survie de 40 % et dans un pH= 4.44 une survie de 20 %, donc l'acidité a un effet négatif sur la survie de *Daphnia magna* .(Tab.02)

Les analyses statistiques sont significative (P<0,05).

4.1.1.2. L'âge à la maturation

D'après les résultats obtenus (Fig. 10), nous avons remarqué que l'âge moyen à la maturation est de 7.5 jours (témoin) comme valeur minimale, tandis qu'il y a un retardement de l'âge moyen à la maturation en diminuant le pH, la valeur maximale a été enregistré dans le milieu de pH = 4.44 avec un âge de 14.5 jours.

Les analyses statistiques significative (P<0,05).

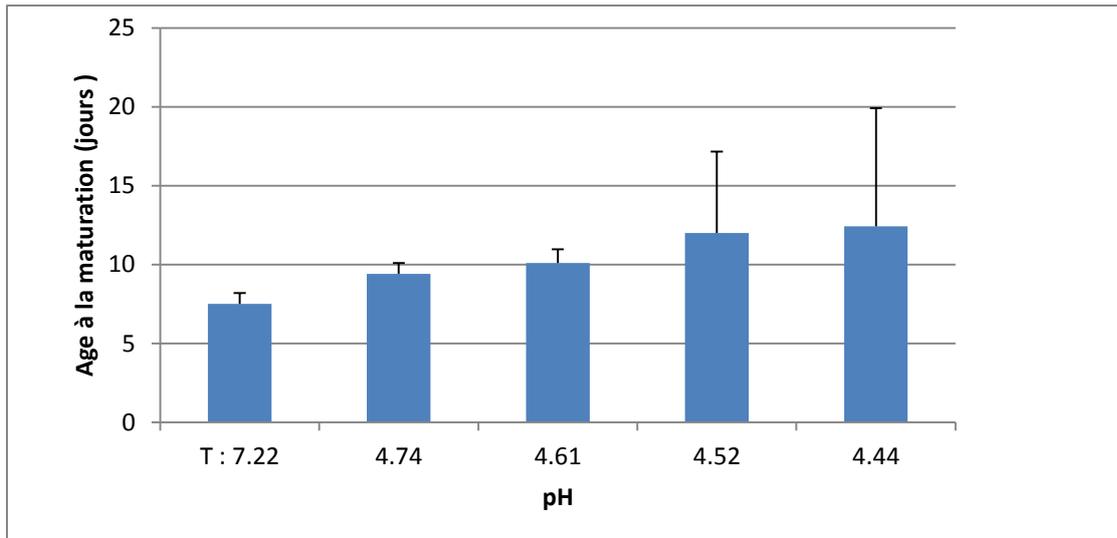


Figure 10. Variation de l'âge à la maturation chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.3. La taille des femelles à la première reproduction

D'après les résultats obtenus, à un pH=7.22 (témoin) on a noté que la taille des femelles à la première reproduction est de 3 mm. Et on remarque une diminution progressive de la taille des femelles à la première reproduction à différentes gammes de pH acide (Fig.11), tandis que la taille la plus basse est noté dans le milieu de pH = 4.44 (2.08mm).

Les analyses statistiques ne sont pas significative ($P > 0,05$).

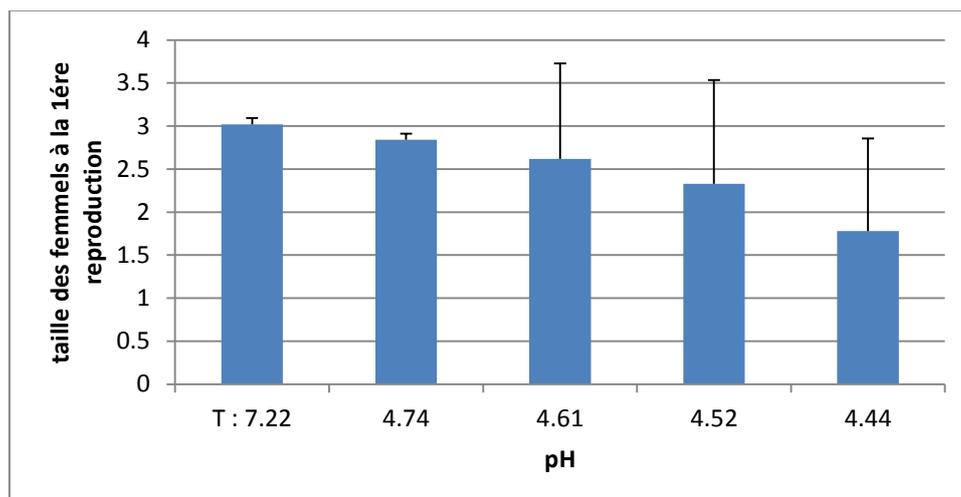


Figure 11. Variation des tailles des femelles à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.4. La taille des femelles à la deuxième reproduction

D'après les résultats (Fig.12), à un pH=7.22 (témoin) la taille moyenne des femelles à la deuxième reproduction est de 3.5mm.

Et on remarque une diminution progressive par rapport au témoin de la taille des femelles à la deuxième reproduction à différentes gammes du pH acide (pH= 4.74, pH=4.52), on note aussi que la taille la plus basse est noter dans le pH = 4.52 (2.85mm).

Les deux milieux de pH = 4.44 et pH = 4.61 n'ont pas une deuxième ponte. Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

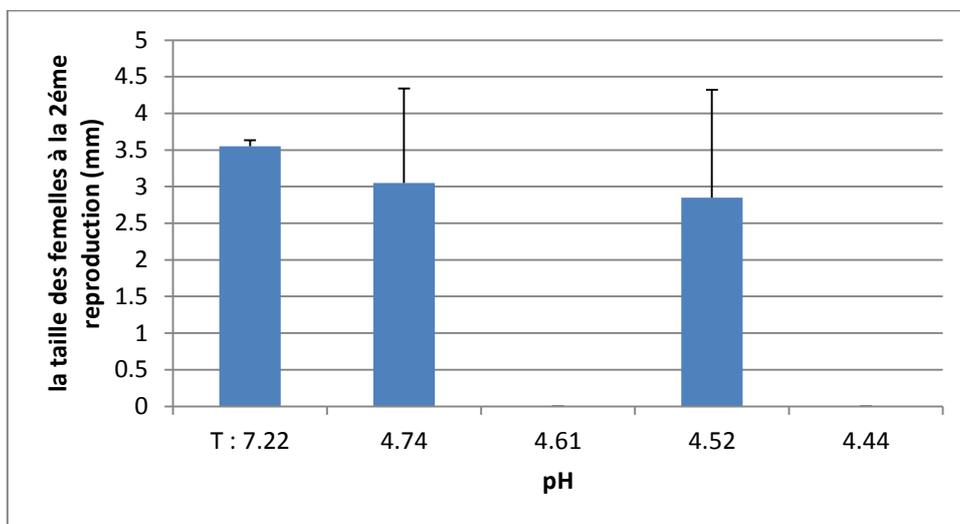


Figure 12. Variation des tailles des femelles à la deuxième reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.5. La taille des juvéniles à la première reproduction

A pH =7.22 (témoin), la taille moyenne des juvéniles à la première reproduction est de 0.7mm. Et on remarque une diminution progressive de la taille des juvéniles à la première reproduction à différentes gamme du pH acide par rapport au témoin (Fig. 13). Tandis que la taille la plus faible a été observer dans le milieu de pH=4.44 (0.53 mm).

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

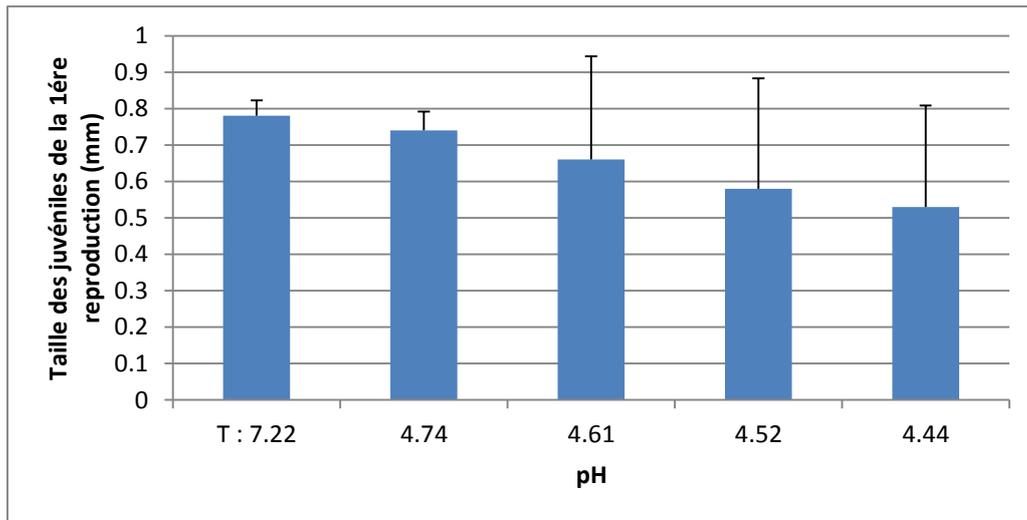


Figure 13. Variation de la tailles des juvéniles à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.6. La taille des juvéniles à la deuxième reproduction

A partir des résultats (Fig. 14) nous avons remarqué que à un pH=7.22 (témoin), la taille moyenne des juvéniles à la deuxième reproduction est de 0.9 mm, et une diminution de la taille des juvéniles à la deuxième reproduction à différentes gammes de pH acide pH =4.52 (0.66 mm), pH = 4.74 (0.82mm).

Dans les deux milieux de pH = 4.44 et pH = 4.61 on n'a pas observé une deuxième ponte.

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

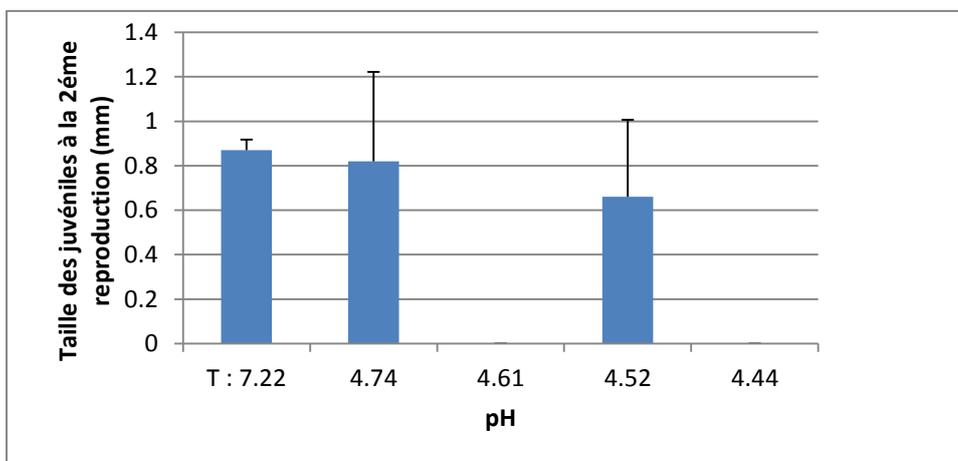


Figure 14. Variation de la tailles des juvéniles à la deuxième reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.7. L'âge à la première reproduction

D'après les résultats (Fig. 15) l'âge moyen des adultes à la première reproduction dans les différentes gammes du pH acide est toujours plus grande que celui de témoin qui est de 9.6 jours, l'âge moyen le plus prolongé est de 16.5 jours noté dans le pH = 4.44. Les analyses statistique ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

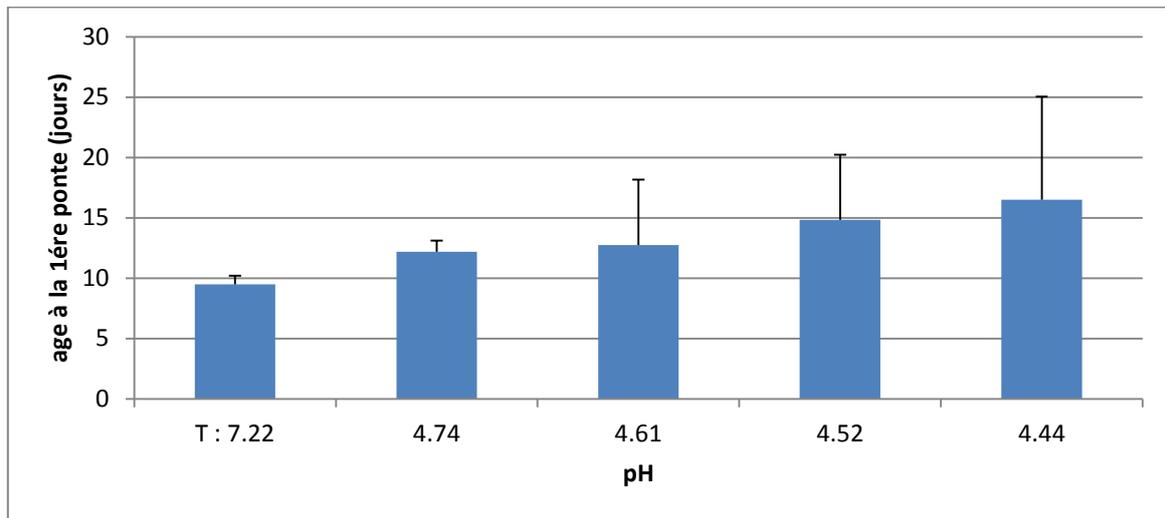


Figure 15. Variation de l'âge à la première reproduction (ponte) chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.8. Nombre de descendants par mère

Les résultats (Fig.16) montrent que le nombre moyen de descendants par mère dans les différentes gammes de pH acide est toujours moins que celui de témoin qui est de 39.8 individus par mère, le nombre de descendants le plus bas est de 4.33 individus par mère noter dans le milieu de pH = 4.44.

Les analyses statistique ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

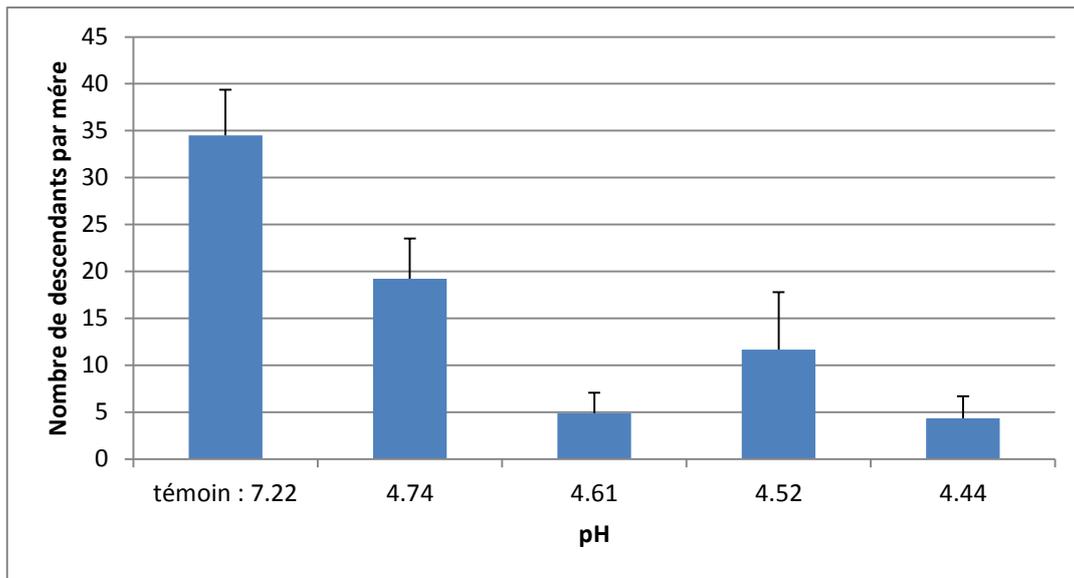


Figure 16. Variation de nombre de descendants par mère chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.9. L'intervalle de ponte

Les résultats (Fig. 17) montrent que l'intervalle de ponte dans le témoin est de 4 jours par contre à un pH = 4.52 est de 3.66 jours, et à un pH=4.74 l'intervalle de ponte est de 6.24 jours. Dans les pH=4.61 et pH = 4.44 l'intervalle de ponte est de 0 jours puisqu'elles ont données qu'une seule ponte. Les analyses statistiques sont significative (P<0,05).

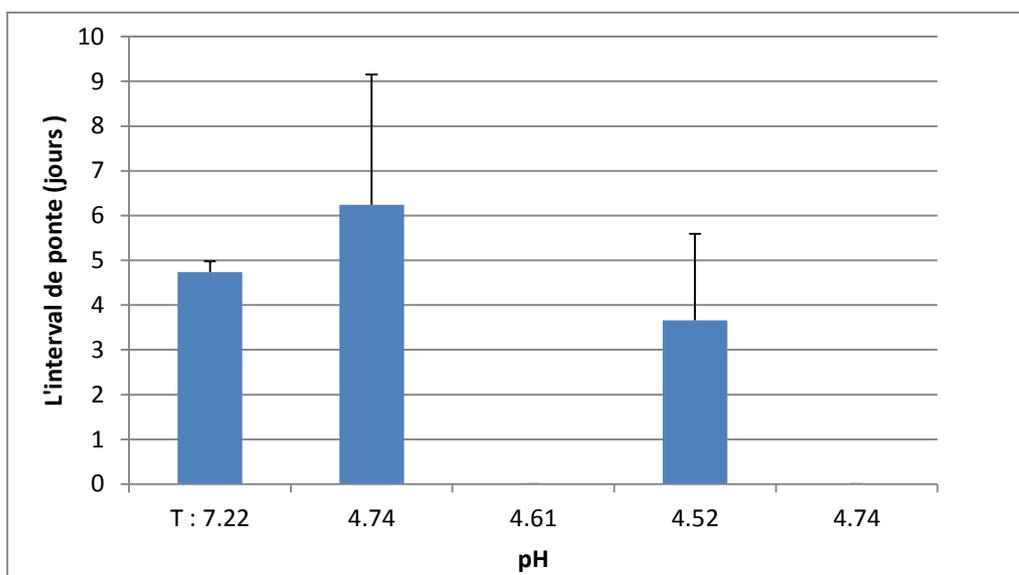


Figure 17. Variation de l'intervalle de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.10. Le nombre de ponte par femelle

Les résultats (Fig. 18) montrent que le nombre moyen de ponte par femelle dans le témoin est de 4 pontes qui est toujours élevé en comparant avec le nombre des pontes dans les autres gammes du pH , pH = 4.44 (une ponte) , pH = 4.52 (1.66 pontes) , pH = 4.61(une ponte) , pH = 4.74 (2.4 pontes) . Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

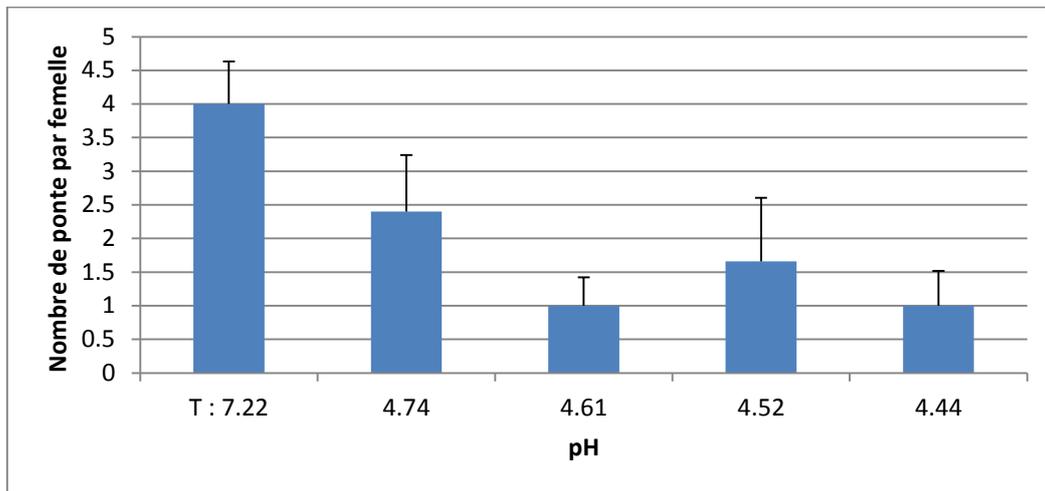


Figure 18. Variation de nombre de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.11. La grandeur de ponte

Les résultats de la grandeur de ponte (Fig. 19) montrent que dans le témoin elle est de 9.95 individus c'est la valeur maximale , qu'elle est toujours plus élevées que celles dans les différentes gammes du pH acide , pH =4.44 (3.5 individus) , pH = 4.52 (5.8 individus) , pH =4.61 (4.8 individus) , pH =4.7 (6.4 individus) .

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

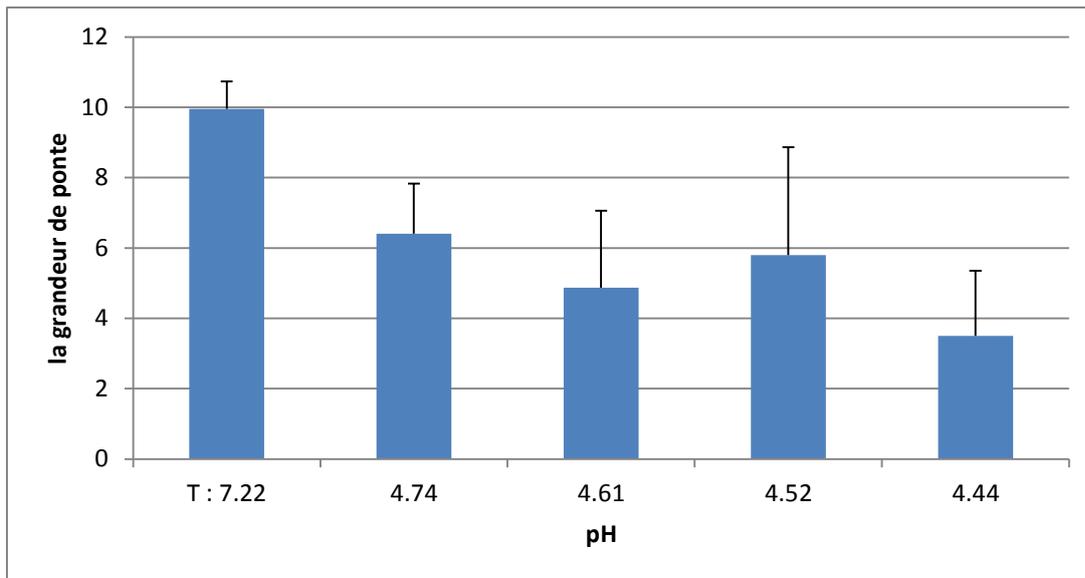


Figure 19. Variation de la grandeur de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.12. La longévité

Les résultats (Fig. 20) montrent que la longévité moyenne dans le témoin est de 20.6 jours qui est toujours plus élevée que celles dans les différentes gammes du pH acide, pH = 4.44 (14.2 jours), pH = 4.52 (15.7 jours), pH = 4.61 (14.9 jours), pH = 4.74 (18.9 jours).

Les analyses statistiques sont significatives ($P < 0,05$).

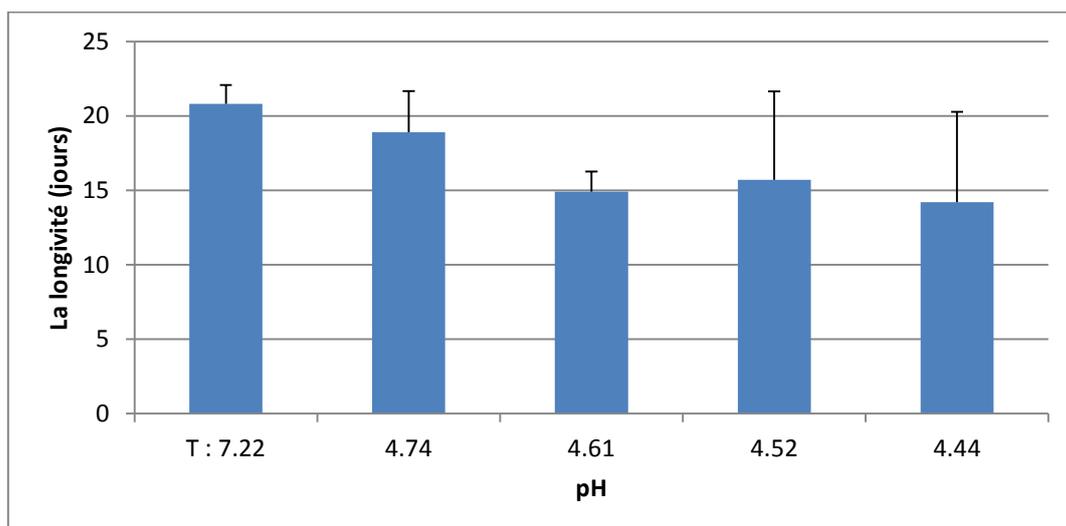


Figure 20. Variation de la longévité chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.13. La taille des femelles à la fin de test

Les résultats montrent que la taille des femelles à la fin de test (Fig. 21) dans le témoin est de 4.2 mm qui est toujours plus élevée que celles dans les différentes gammes du pH acide, pH =4.44 (2.8 mm), pH= 4.52 (3.1 mm), pH =4.74 (3.54 mm).

Dans le milieu de pH= 4.61 tous les individus ont trouvé morts dans le 16^{ème} jour avant d'arrivé à la fin de test c'est pour ça on n'a pas une taille à la fin de test dans ce milieu.

Les analyses statistiques sont significatives ($P < 0,05$).

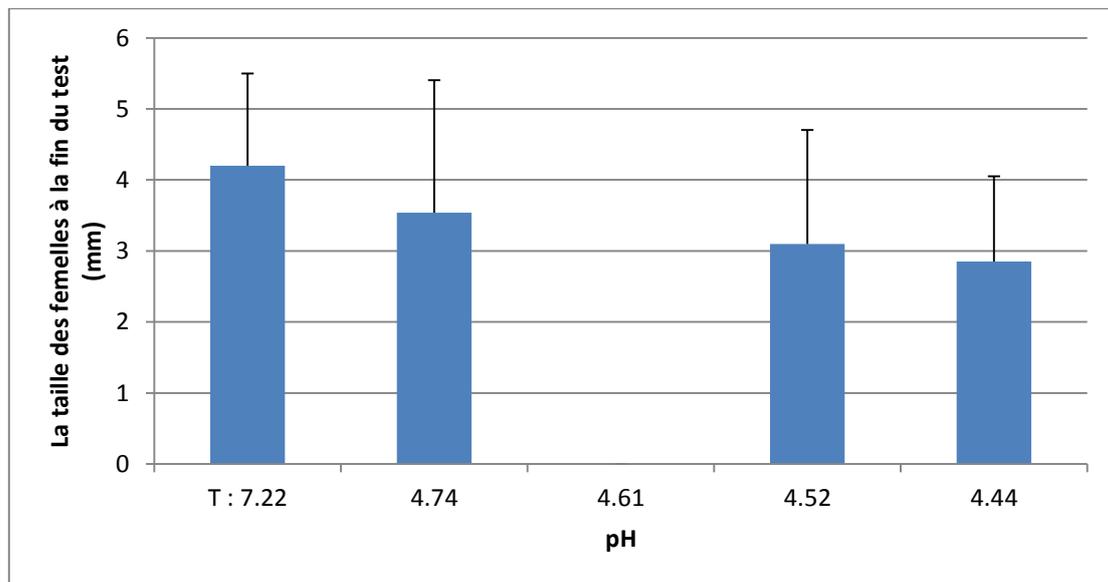


Figure 21. Variation de la taille des femelles à la fin de test chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.14. Le poids des femelles à la fin de test

Les résultats (Figure 22) montrent que le poids moyen des femelles à la fin de test dans le témoin est de 6 mg qui est toujours plus élevée que celui dans les différentes gammes du pH acide, pH =4.44 (2.8mg), pH= 4.52 (3.6 mg), pH = 4.74 (4.3 mg).

Dans le milieu de pH=4.61 tous les individus ont trouvé morts dans le 16^{ème} jour avant d'arrivé à la fin de test.

Les analyses statistiques sont significatives ($P < 0,05$).

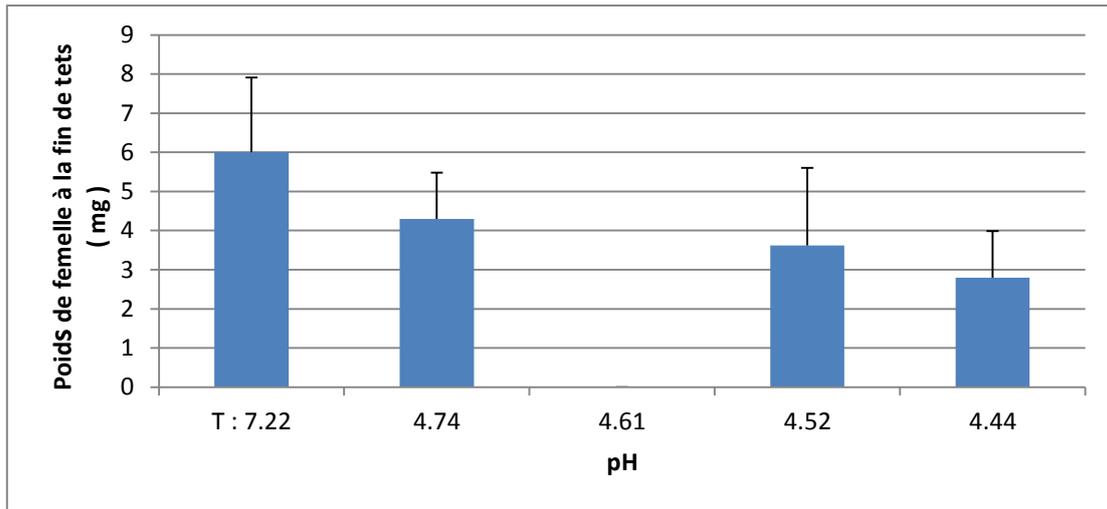


Figure 22. Variation de poids des femelles à la fin de test chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH acide.

4.1.1.15. Le taux de croissance spécifique (TCS)

La figure 23 montre l'effet de pH acide sur le taux de croissance spécifique chez *D. magna*. Il est de 0.069 jours^{-1} pour le témoin. Une diminution progressive a été remarquée dans les taux de croissance spécifique chez *D. magna* à différentes concentrations de pH acide, avec une valeur minimale de 2.8 mg noté dans le $\text{pH}=4.44$. Les analyses statistiques ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

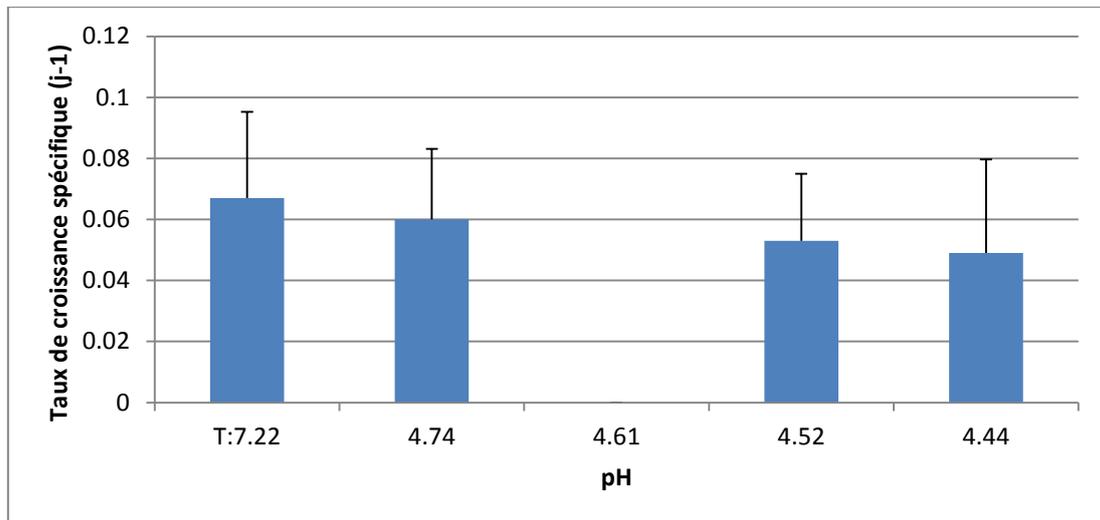


Figure 23. Variation du taux de croissance spécifique chez *D. magna* pour des gammes différentes de pH acide.

4.1.2. L'effet de l'alcalinité sur la survie et la reproduction et la survie de *Daphnia magna*

4.1.2.1. L'effet de pH basique sur la survie des daphnies durant le test

Tableau 03. La survie de *Daphnia magna* sous l'effet de différentes gammes du pH basique.

pH	La survie (%)
Témoin = 7.22	90%
pH : 10.13	60%
pH : 10.31	60%
pH : 10.44	50%
pH : 10.55	40%

Les daphnies maintiennent une survie maximale (90%) à pH = 7.22 (témoin).

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué une diminution claire dans le taux de la survie des populations en augmentant le pH de milieu qui augmente l'alcalinité de ce dernier, donc le pH basique (élevé) a un effet négatif sur la survie de *Daphnia magna* (Tab. 03).

Il est bien de noté que la survie la plus basse a été remarqué dans le pH = 10.55.

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

4.1.2.2. L'âge à la maturation

La figure 24 montre que l'âge moyen de la maturation dans le témoin est de 7.5 jours.

Il a été remarqué que l'âge de maturation augmente avec l'élévation du pH basique, pH = 10.13 = 9.4jours, pH : 10.31 = 10.5jours, pH : 10.44 = 12 jours, pH : 10.55= 13.87 jours.

Les analyses statistique ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

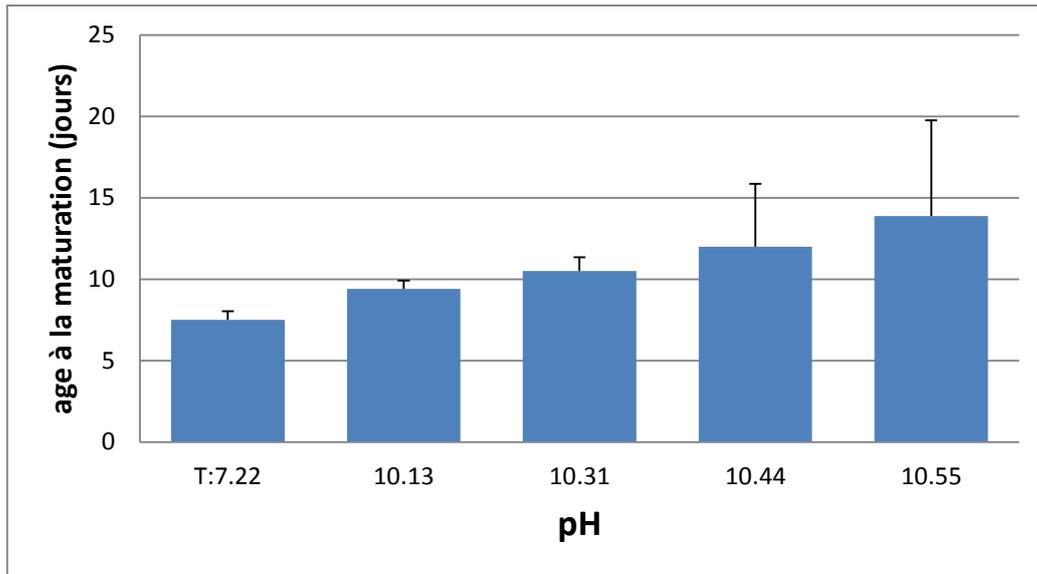


Figure 24. Variation de l'âge à la maturation chez *Daphnia magna* exposée à des différentes gammes de pH basique.

4.1.1.2. La taille des femelles à la première reproduction

Les résultats (Fig.25) montrent que la taille moyenne des femelles à la première reproduction à pH= 7.22 (témoin) est de 3 mm comme une valeur maximale, tandis que la diminution progressive de la taille des femelles à la première reproduction à différentes gammes du pH basique a été enregistrée une valeur minimale de 2.43 mm dans le pH=10.55.

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

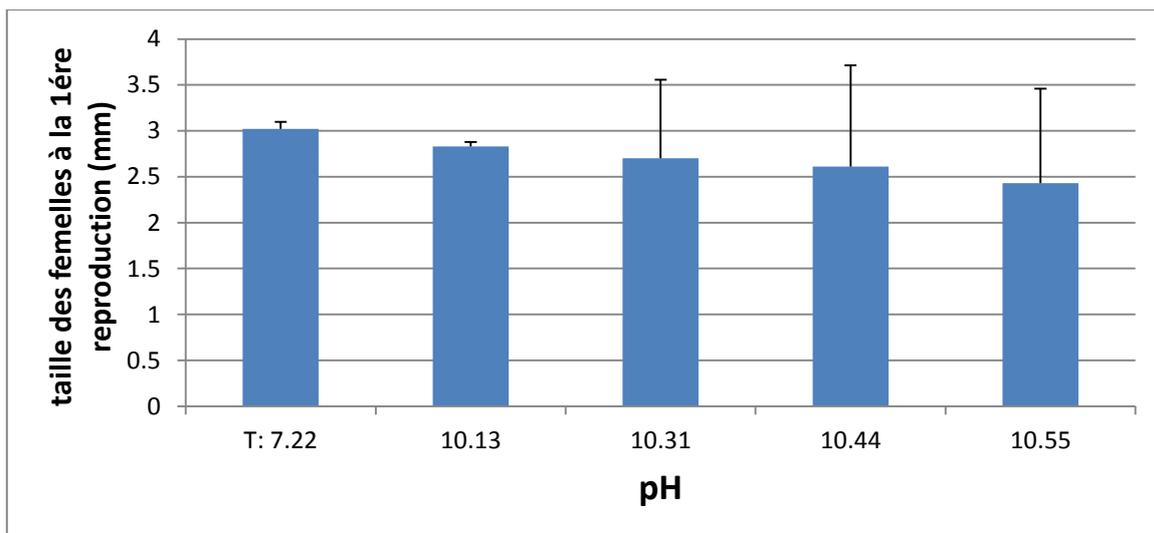


Figure 25. Variation des tailles des femelles à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.3. La taille des femelles à la deuxième reproduction

La taille moyenne des femelles à la deuxième reproduction à pH 7.22 (témoin) est de 3.55 mm comme une valeur maximale, la taille des femelles à la deuxième reproduction diminue avec l'élévation de pH basique (Fig. 26), nous avons noté une valeur minimale de 2.61 mm dans le milieu de pH = 10.55.

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

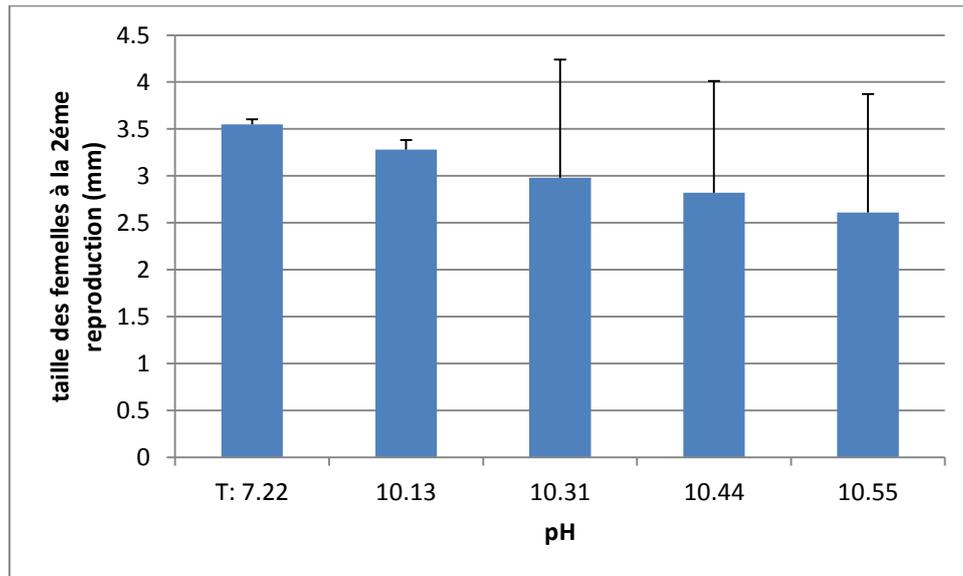


Figure 26. Variation des tailles des femelles à la deuxième reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.4. La taille des juvéniles à la première reproduction

Les résultats (Fig.27) montrent que la taille moyenne des juvéniles à la première reproduction dans le témoin est de 0.76 mm, une diminution de la taille des juvéniles à la première reproduction a été enregistré dans les différentes gammes de pH basique :

pH: 10.13 = 0.63 mm, pH: 10.31 = 0.56 mm, pH: 10.44 = 0.48 mm, pH: 10.55 = 0.43 mm comme une valeur minimale.

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

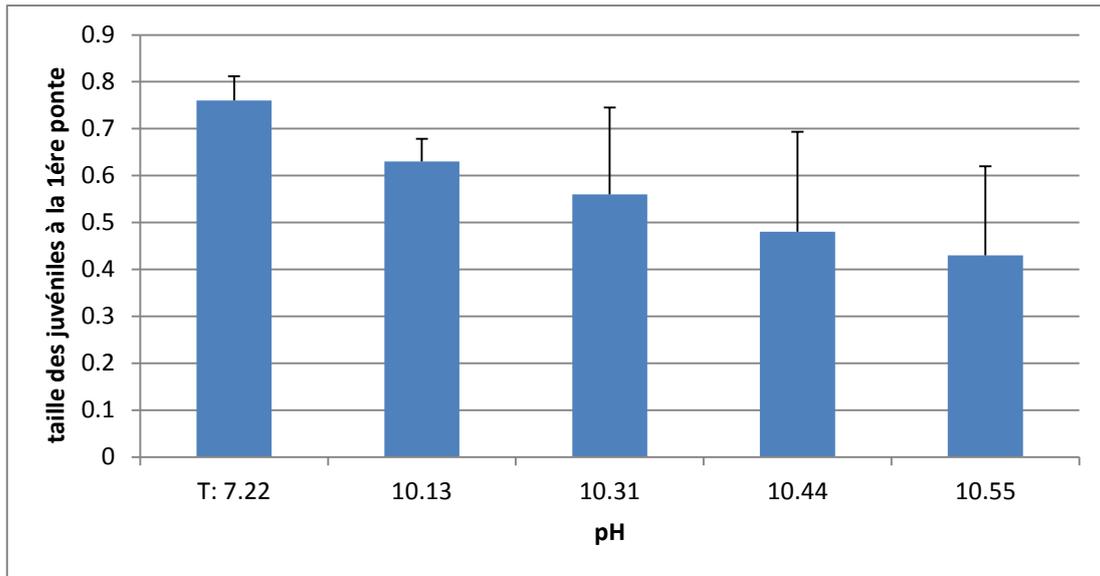


Figure 27. Variation de la tailles des juvéniles à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.5. La taille des juvéniles à la deuxième reproduction

Les résultats (Fig.28) montrent que la taille moyenne des juvéniles à la deuxième reproduction dans le témoin est de 0.88 mm (valeur maximale), une diminution de la taille des juvéniles à la deuxième reproduction a été remarqué dans les différentes gammes du pH basique : pH : 10.13= 0.73mm, pH : 10.31 = 0.63 mm, pH : 10.44 = 0.57 mm, pH : 10.55 = 0.52 mm comme une valeur minimale. Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

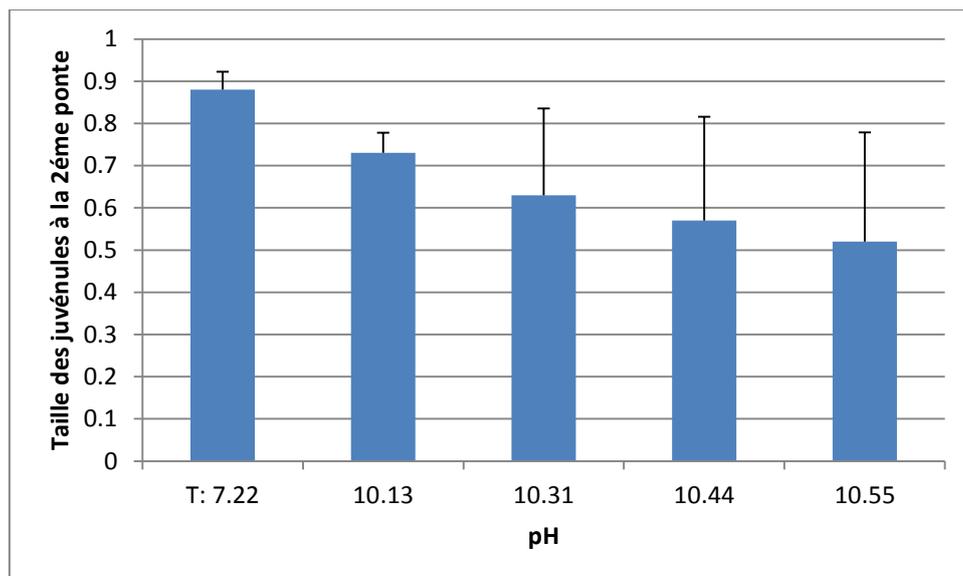


Figure 28. Variation de la tailles des juvéniles à la deuxième reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.6. L'âge à la première ponte

Les résultats (Fig. 29) montrent que l'âge moyen des femelles à la première reproduction dans le témoin est de 9.5 jours comme une valeur minimale. Ici nous avons remarqué un prolongement de l'âge à la première ponte à différentes gammes du pH basique : pH : 10.13= 11.6 jours, pH : 10.31 = 12 jours, pH : 10.44 = 13 jours, pH : 10.55 = 16 jours comme une valeur maximale. Les analyses statistiques ne sont pas significative ($P < 0,05$).

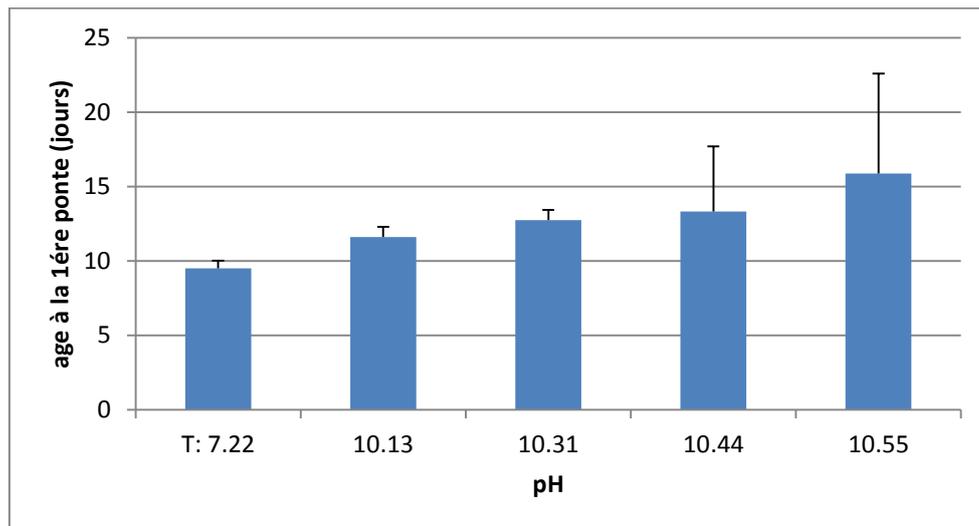


Figure 29. Variation de l'âge à la première reproduction chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.7. Le nombre de descendants par mère

Les résultats (Fig. 30) montrent que le nombre moyen de descendants par mère a subi une diminution dans les différentes gammes de pH basique : pH = 10.13 (20.4 individus), pH = 10.31 (11.66 individus), pH = 10.44 (10.37 individus), pH = 10.55 (8.75 individus), par rapport au témoin qui est de 39.8 individus par mère (valeur maximale).

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

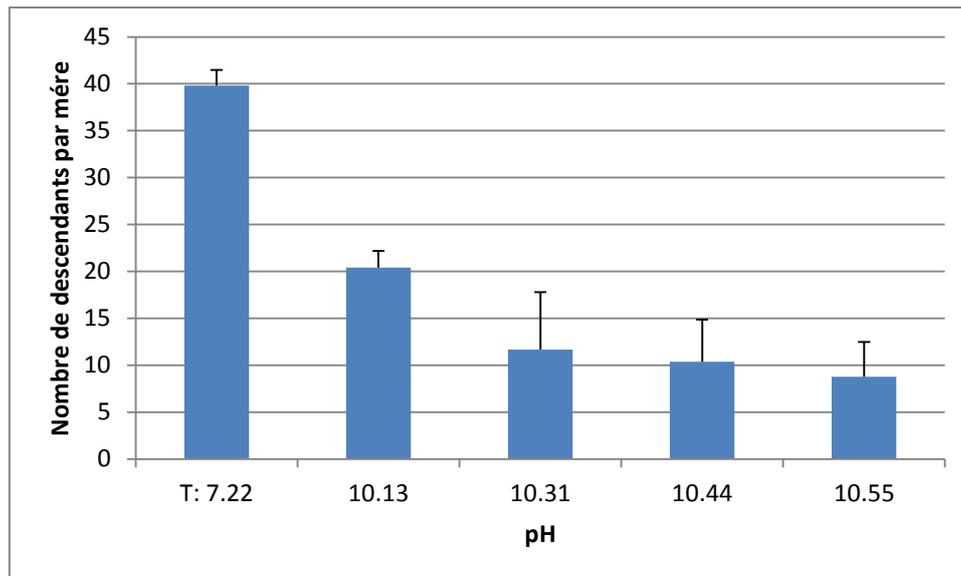


Figure 30. Variation de nombre de descendants par mère chez *Daphnia magna* exposée à différentes gammes de pH basique.

4.1.1.8. L'intervalle de ponte

Les résultats (Fig.31) montrent que l'intervalle de ponte dans le témoin est de 4 jours comme une valeur minimale, par contre à un pH = 10.13 est de 5.69 jours, à pH 10.31 l'intervalle de ponte est de 5.11 jours, à pH : 10.44 est de 5 jours et à pH : 10.55 l'intervalle de ponte est de 5.85 jours.

Ces différents résultats sont dus au prolongement de l'intervalle de ponte en augmentant le pH basique.

Les analyses statistique ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

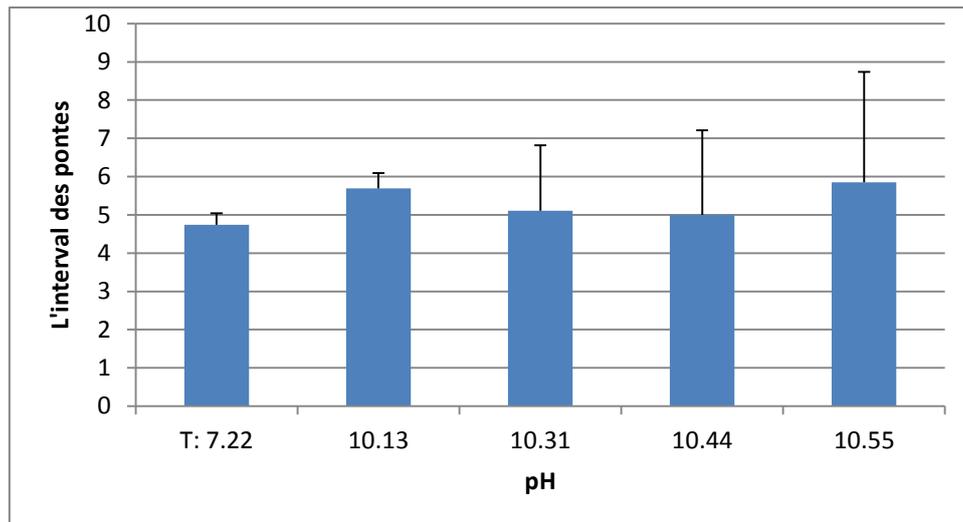


Figure 31. Variation de l'intervalle de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.9. Nombre de ponte par femelle

Les résultats (Fig. 32) montrent que le nombre moyen de pontes par femelle dans le témoin est de 4 pontes ce dernier est le plus élevé par rapport au nombre de pontes dans les autres gammes du pH : pH = 10.13 (3 pontes), pH = 10.31 (2 pontes), pH = 10.44 (2 pontes), pH = 10.55 (2 pontes).

Les analyses statistiques sont significatives ($P > 0,05$).

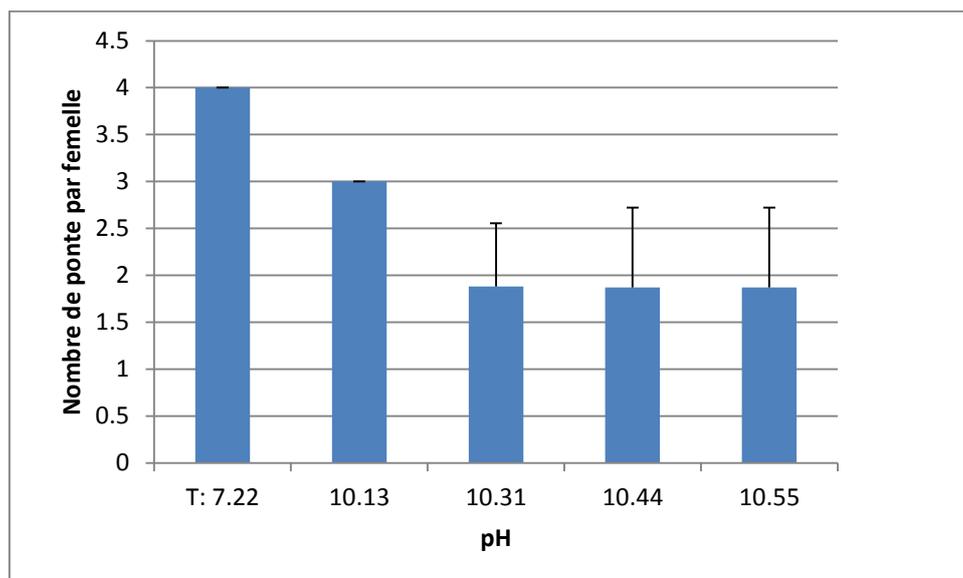


Figure 32. Variation de nombre de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.10. La grandeur de ponte

D'après les résultats de la figure 33, nous avons trouvé que la grandeur de ponte dans le témoin est de 10 individus qui est toujours plus élevée que celles dans différentes gammes de pH basique, pH =10.13 (6.79 individus), pH = 10.31 (5.49 individus), pH = 10.44 (5.18 individus), pH =10.55 (4.37 individus).

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

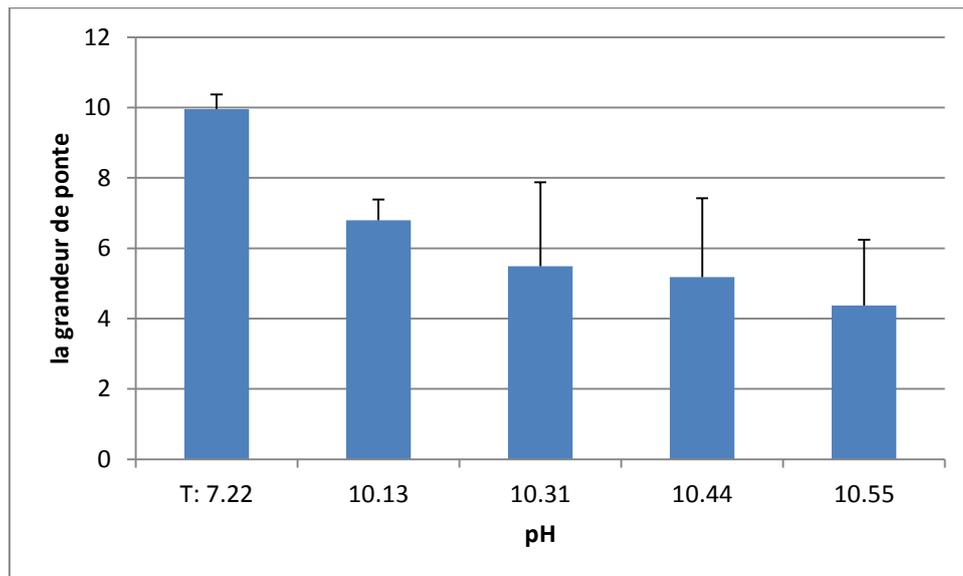


Figure 33. Variation de la grandeur de ponte chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.11. La longévité

Les résultats (Fig.34) montrent que la longévité dans le témoin est de 20.8 jours, qui est toujours plus élevée par rapport à celles de pH basique : pH = 10.13 (19.9 jours), pH = 10.31 (18.6 jours), pH = 10.44 (17.2 jours), pH = 10.55 (16.9 jours).

Les analyses statistique ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

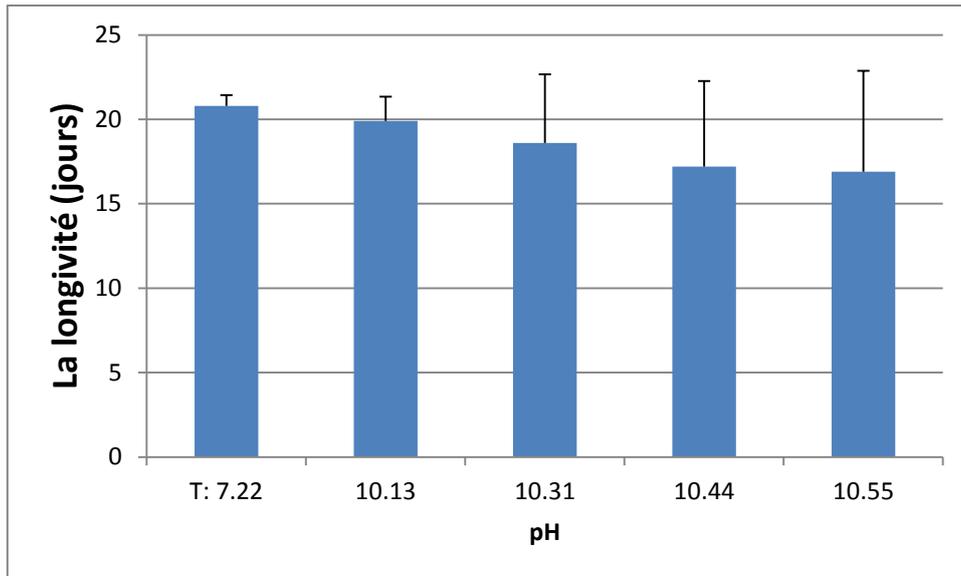


Figure 34. Variation de la longévité chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.12. La taille des femelles à la fin de test

Les résultats (Fig. 35) montre que la taille des femelles à la fin de test dans le témoin est de 4.2 mm, c'est la valeur maximale par rapport à celles de pH basique : pH = 10.31 (3.78 mm), pH = 10.31 (3.66 mm), pH = 10.44 (3.47 mm), pH = 10.55 (3.3 mm). Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

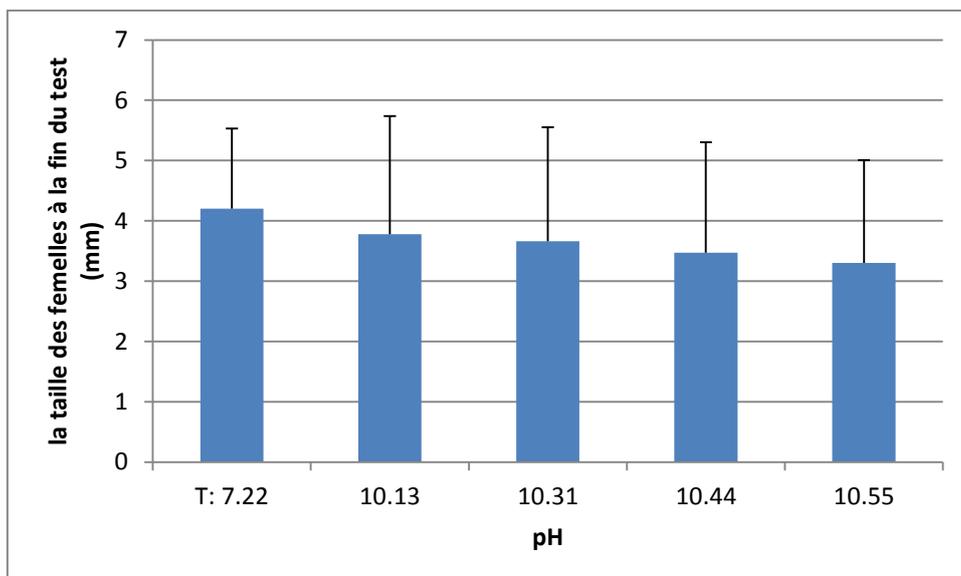


Figure 35. Variation de la taille des femelles à la fin de test chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.12. Le poids des femelles à la fin de test

Les résultats (Fig. 36) montrent que le poids des femelles à la fin de test dans le témoin est de 5.88 mg, par contre il a diminué progressivement dans les différentes gammes du pH basique : pH = 10.13 (4.9mg), pH= 10.31 (3.95 mg), pH= 10.44 (3.6 mg), pH = 10.55 (3.37mg).

Les analyses statistiques sont significative ($P < 0,05$).

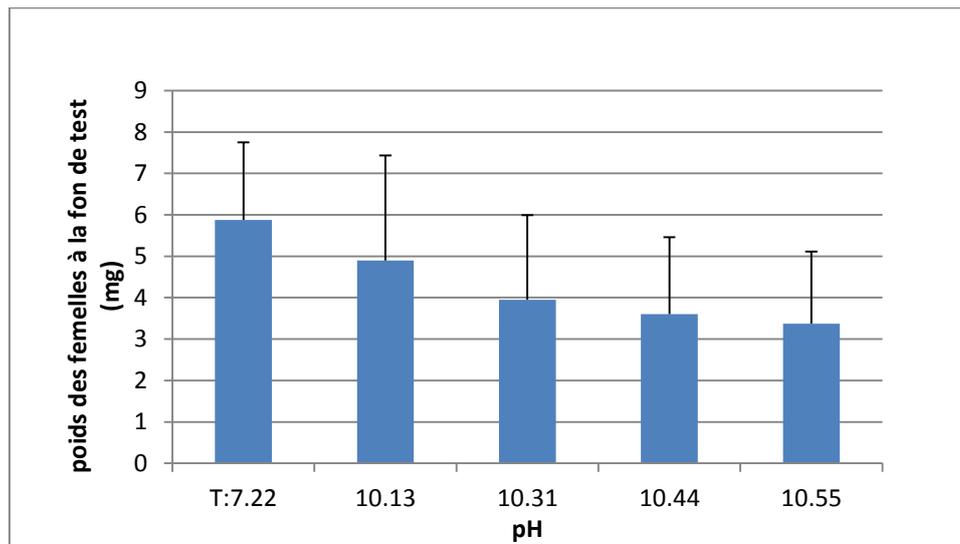


Figure 36. Variation de poids des femelles à la fin de test chez *Daphnia magna* exposés à différentes gammes de pH basique.

4.1.2.15. Le taux de croissance spécifique (TCS)

La figure 37 montre l'effet de pH basique sur le taux de croissance spécifique chez *D. magna*. Il est de 0.069 jours^{-1} pour le témoin, une diminution de ce taux a été remarquée dans les gammes différentes de pH basique. Nous avons noté le taux le plus faible de 0.57 mg dans le milieu de pH = 10.55.

Les analyses statistique ne sont significatives ($P > 0,05$).

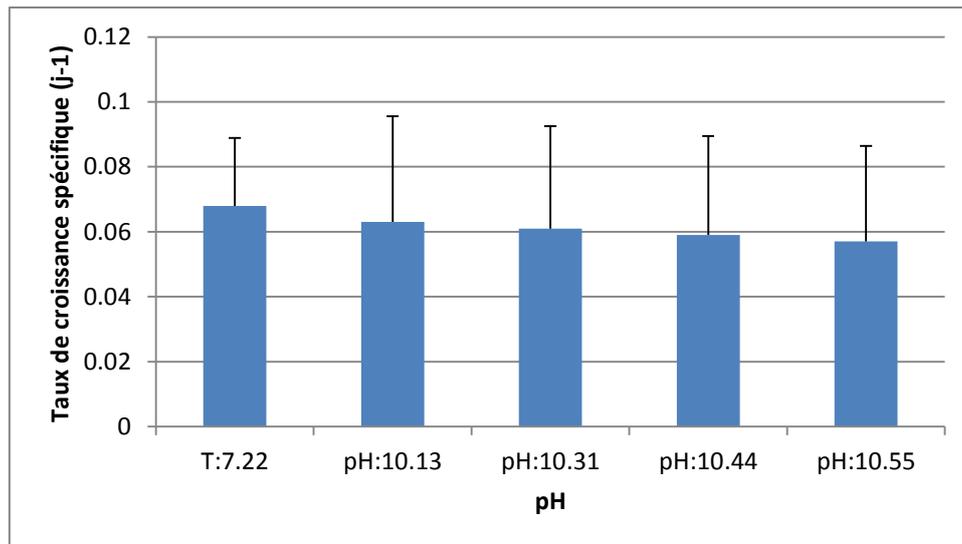


Figure 37. Variation du taux de croissance spécifique chez *D.magna* pour exposés à différentes gammes de pH basique.

La Figure 38 représente une daphnie adulte âgé de 21 jours avec une taille de 4.2 mm (A) et Une fille de la quatrième ponte âgé de – 24 H avec une taille de 1.1 mm (B).

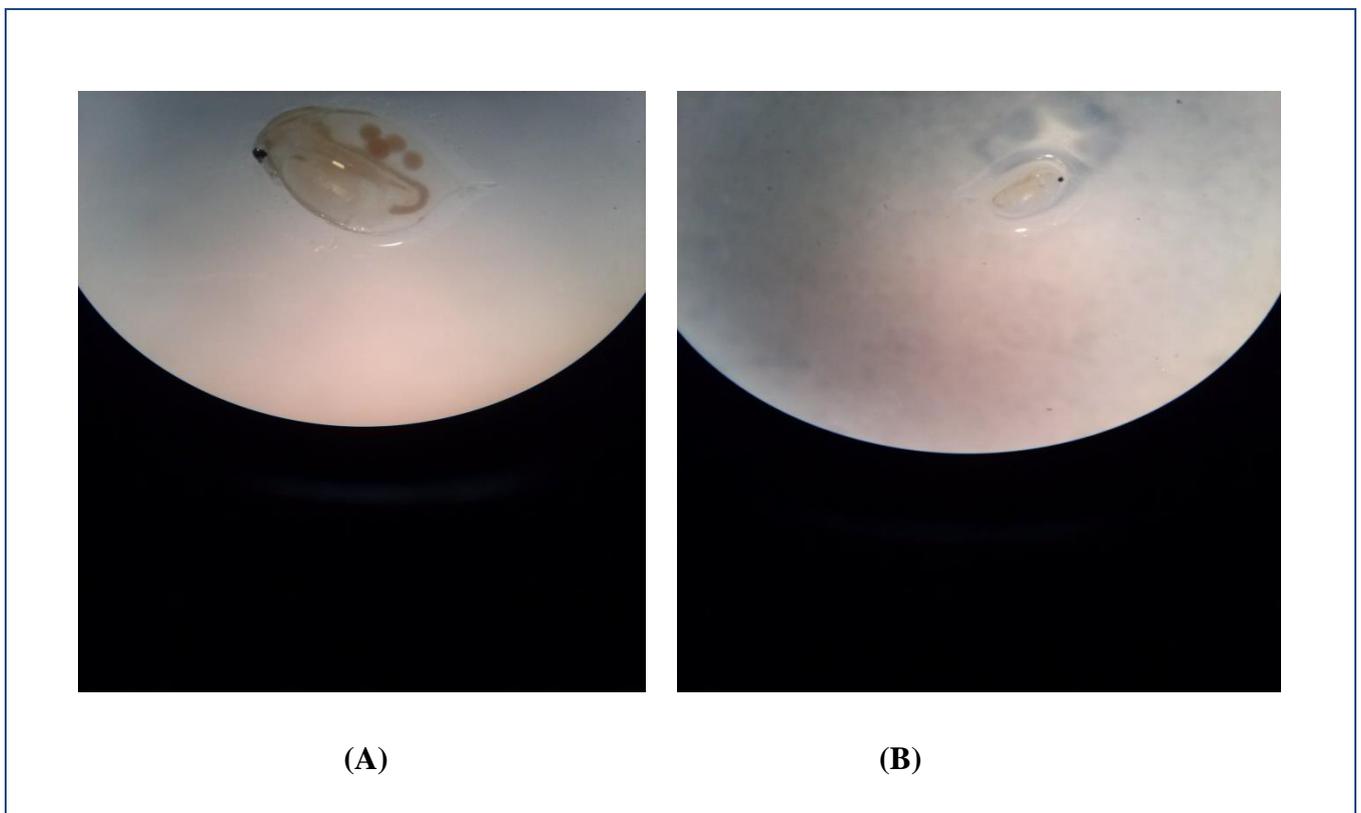


Figure 38. (A) : Daphnie adulte âgé de 21 jours avec la taille de 4.2 mm, (B) : fille de la quatrième ponte âgé de – 24 H avec la taille de 1.1 mm sous une loupe binoculaire (x2) de la population de témoin (Sahraoui B., 2016).

4.2. Discussion :

Le pH des eaux de surface est important pour la vie aquatique car il affecte les fonctions physiologiques normales des organismes aquatiques, y compris l'échange des ions avec l'eau et la respiration. De tels processus physiologiques importants s'opèrent normalement dans le milieu aquatique sous une gamme de pH relativement large (pH= 6 à 9).

Les valeurs de pH entre 6.5 et 9.0 sont satisfaisantes, sur une base à long terme, pour le poisson et d'autre vie aquatique d'eau douce (faune et flore). Le pH de la plupart des eaux douces continentales contenant les poissons s'étend d'environ 6 à 9 (Ellis, 1937), dans la plupart des eaux où la vie aquatiques est reproductive, les poissons et les macros invertébrées ayant un pH entre 6.5 et 8.5 (NAS, 1972).

Les zooplanctons est un lien important dans les chaînes alimentaire des écosystèmes aquatiques et leur disparition ou la baisse de la densité affecte considérablement les relations trophiques. La baisse dans la densité de zooplancton en réponse à la précipitation acide a été rapportée (Hendry et Wright 1976, Hendry et al., 1976, Lievestad et al., 1976). Davis et Ozburn (1969) ont constaté que la *Daphnie pulex* ne prospérerait pas au-dessous d'un pH = 7. Cependant, son potentiel pour la reproduction a été limité à une gamme assez étroite.

Dans notre étude le bilan de la survie pendant 21 jours montre une réduction progressive de taux de croissance démographique à un pH < 5,0, cela est expliqué par la diminution remarquable de la survie et le retard de la maturité sexuelle, des résultats similaires ont été trouvés dans les travaux de Walton et al (1982) et Allan et Gulden (1980).

La longévité ou la durée de vie est sensiblement réduite dans un pH < 5,0 et aussi dans un pH > 9.0 par rapport au témoin, cela est expliquer par une baisse dans le taux de croissance en augmentant l'acidité et l'alcalinité, ces résultats sont similaires avec les travaux de (Walton et al.,1982).

L'âge moyen à la maturité et des femelles à la première ponte est clairement retardé aux différents traitements de pH < 5,0 et de pH > 9.0 par rapport au témoin. Les mêmes résultats ont été trouvés dans les travaux de Daniels & Allan (1981), Walton et al, (1982).

Il est noté que le nombre le plus bas de progéniture a été enregistré au pH acide 4.61 et au pH alcalin 10.55. Cependant, le groupe témoin a enregistré le nombre supérieur de progéniture par femelle.

Des ressemblances avec nos résultats ont été trouvés dans une étude sur les effets de concentrations d'ion hydrogène (le pH) sur la survie, la croissance et la reproduction des cladocères, la *Daphnie longispina* (Moustafa, 2007). Effect of pH on Survival, Growth and Reproduction Rates of The Crustacean, *Daphnia Magna* (Mahassen M. El-Deeb Ghazy, 2011)

Dans l'eau acide, les crustacés et les poissons ont subi la croissance retardée et la difformité squelettique (Haines, 1981) et ont détérioré le règlement ionique (Hobe et al., 1984).

De nombreuses études ont essayé d'élucider les réponses d'animaux aquatiques au pH différent. Parmi ceux-ci, les résultats d'expériences de terrain et le laboratoire ont vérifié les effets mortels ou sous mortels des valeurs de pH de au-dessus 9 ou ci-dessous 6 sur les espèces de zooplancton (Alibone et Fair 1981; Mitchell 1992; Vijverberg et al., 1996; Wang et al., 1997; Locke et Sprules 2000). Comparé aux effets mortels de pH extrême, les effets sous mortels de ce dernier sur les espèces de zooplancton sont plus communs. Les influences sous mortelles d'ion hydrogène ou hydroxyle ont été notées comme la détérioration de la survie, la croissance, la reproduction et l'alimentation des espèces de zooplancton (Mitchell 1992; Vijverberg et al., 1996). En considérant les réponses différentielles des espèces de zooplancton au pH, les effets sous mortels de pH changent indirectement les interactions entre les espèces par exemple : la compétition (concurrence), la proie de prédateur (Hessen et al., 1995; Fischer et Frost, 1997 ; Locke et Sprules, 2000) et le résultat de ces changements sur la distribution et l'abondance de populations des espèces , qui influence en fin de compte la structure communautaire (Kiesecker, 1996).

Le pH influence fortement la diversité biologique des écosystèmes. En effet, la majorité des organismes aquatiques ont besoin d'un pH voisin de la neutralité (6-9) afin de survivre. Des variations importantes de pH peuvent donc compromettre certaines fonctions essentielles telles que la respiration et la reproduction. Ainsi, les eaux acidifiées sont caractérisées par un déclin important de la densité et de la diversité biologique (Landry et al., 1992 ; Hade, 2002) .

Conclusion

Conclusion

En écotoxicologie pour l'évaluation de l'effet des substances toxiques et la perturbation ou le changement de l'un des paramètres physicochimiques sur les organismes vivants est très importante pour trouver et cibler les raisons des pollutions et donc proposer les solutions pour les réduire, pour cela on a des bioessais standardisés basés sur des espèces bio-indicatrices, et parmi les espèces les plus utilisées en écotoxicologie, un cladocère des eaux douces *D.magna*.

Ce travail de mémoire avait pour objectif d'évaluer l'effet de pH acide (faible) et basique (élevé) sur la survie, la croissance et la reproduction d'un cladocère des eaux douces *Daphnia magna*. Pour cela, des démarches d'élevage et d'expérimentation ont été mises en place pour obtenir les résultats les plus représentatifs possibles.

Les résultats de test chronique sur *Daphnia magna* ont révélé la sensibilité de cette espèce au changement de pH acide et basique, cette sensibilité a été exprimée par la perturbation des paramètres de cycle de vie de cette espèce, les principales conclusions obtenues à partir de ces résultats sont les suivantes :

- ❖ La survie et le taux de croissance à 21^{ème} jour sont diminués en diminuant pH de 4.74 à 4.44 et en augmentant pH de 10.13 à 10.55
- ❖ Il est mentionné que le nombre de nouveau-nés a diminué avec le changement de pH acide et basique.
- ❖ Il est bien noté aussi que la maturité sexuelle (âge à la maturation) a été retardé chez les individus qui ont subi le stress de pH acide et basique.
- ❖ Le nombre de pontes subit une diminution aussi dans les milieux de pH acide et basique par contre l'intervalle entre les pontes est agrandi dans ces milieux.
- ❖ La taille des femelles à la fin de test dans les différentes gammes de pH acide et basique est clairement réduite par rapport aux individus de témoin.
- ❖ Il faut noter que le changement de pH dans les deux gammes acide (faible) et basique (élevé) a un effet direct sur les différents paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna*.
- ❖ Finalement nous avons remarqué que le milieu acide (pH faible) est un peu plus néfaste que le milieu basique (pH élevé).

Conclusion

Perspectives

Pour compléter cette étude et les résultats seront plus utiles, il est bien de tester les interactions de pH avec d'autres paramètres physicochimiques comme la température et la conductivité électrique et même la salinité de l'eau, et aussi avec les facteurs naturels comme la luminosité et la nourriture.

*Références
bibliographique*

Références bibliographique

- Allan, J. D., & Daniels, R. E., 1981.** Life table evaluation of chronic exposure of *Eurytemora affinis* (Copepoda) to Kepone. *Mar. Biol.* In press.
- Alabaster, J.S. et Lloyd, R. 1980.** Water quality criteria for freshwater fish. European Inland Fisheries Advisory Commission Report (FAO). Butterworth, London-Boston. pp: 297.
- Alibone, M.R. et Fair, P. 1981.** The effects of low pH on the respiration of *Daphnia magna* Straus. *Hydrobiologia*, 85: 185-188.
- Amoros C., 1984.** Crustacés, Cladocères - extrait du *bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon* 5, p63.
- Carole H., Donald A.M., Peter A.R. 1991 .** Chimie générale , New York and Oxford , 640 - 641 p .
- 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. *Thèse en Sciences et Techniques du Déchet. Villeurbanne et Vaulx-en-Velin: INSA de Lyon et LSE-ENTPE*, 341p.
- Chakri K. 2007.** contribution à l'étude écologique de *Daphnia magna* (branchiopoda :Anomopoda) dans la Numidie ,et des grands Branchiopodes en Algérie *Thèse doctorat ; Univ Annaba*.
- Chakri K., et Samraoui B. 2015.** Resource partitioning in two coexisting cladocerans, *Daphnia magna* and *Scapheloberis kingi* (Anomopoda: Daphniidae), in northeastern Algeria, *African Journal of Aquatic Science*: 1-4.
- Charki K., Touati L., Alfarhan A.H., al-rasheid K.A.S., et Samraoui B. 2010.** Effect of vertebrate and invertebrate kairomones on the life history of *Daphnia magna* (Crustacea: Branchiopoda). *Comptes Rendus Biologie*. 333(11-12): 836-840.
- Chèvre N. 2000.** Etude et modélisation des effets écotoxicologiques d'un micropolluant organique sur *Daphnia magna* et *Pseudokirchneriella subcapitata* . *Thèse de doctorat de l'école polytechnique fédérale de Lausanne*, 206p.
- 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.

Références bibliographique

- Cowgill U.M., Hopkins D.L., Applegath S.L., Takahashi L.T., Brooks S.D. et Milazzo D.P., 1985.** Brood size and neonate weight of *Daphnia magna* produced by nine diets. In Bahner R.C. & Hansen D.J. (Eds). *Aquatic toxicology and hazard assessment*. American Society for Testing and Materials. Special Technical Publication 891. pp 233–244.
- Davis, P. et G.W. Ozburn, 1969.** The pH tolerance of *Daphnia pulex* (Leydig emend Richard). Canadian J. Zool., 47: 1173-1175.
- Denslow N., Colbourne J.K., Dix D., Freedman J.H., Helbing C.C., Kennedy S. et Williams P.L., 2007.** Selection of surrogate animal species for comparative toxicogenomics. In Genomic Approaches for Cross-Species Extrapolation in Toxicology (eds R. DiGiulio and W. H. Benson), Taylor and Francis, Washington, DC.
- Dodson D.I., 1974.** Zooplankton competition and predation: *An experimental test of the size efficiency hypothesis*. *Ecology*, 55, 605–613.
- Dupont, J. Patricia R. Line S., Lyne Martineau., 2004** La problématique des lacs acides au Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, *ministère de l'Environnement, envirodoq* no ENV/2004/0151, collection no QE/145, 18 p.
- Ebert D., 2005.** Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia*. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US).
- El-Dakar, A.Y., S.M. Shalaby and I.P. Saoud, 2007.** Assessing the use of a dietary probiotic/prebiotic as an enhancer of spine foot rabbit fish *Siganus rivulatus* survival and growth. *Aquacult. Nutri.*, 13: 407-412.
- Ellis, M.M., 1937.** Detection and measurement of stream pollution. *Bul. U.S. Bureau of Fisheries*. 48: 365-437.
- Enserink E.L., Kerkhofs M.J.J., Baltus C.A.M. & Koeman J.H., 1995.** Influence of food quantity and lead exposure on maturation in *Daphnia magna*; evidence for a trade-off mechanism. *Functl. Ecol.*, 9, 175–185.
- Ferard G. et Ferard J.F. 2013.** Quality assurance in ecotoxicology: the why's and how's, in Encyclopedia of aquatic ecotoxicology, chap 85, Férard J.F, Blaise C (Eds), Springer, Dordrecht, Pays-Bas.

Références bibliographique

- Fischer, J.M. and T.M. Frost, 1997.** Indirect effects of lake acidification on Chaoborus population dynamics: the role of food limitation and predation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 637-646.
- Fox M., 1957.** citée par Green J., 1963. A biology of crustacean. 2ed., witherby Ltd, London, p165.
- Green J., 1956.** Growth, size and reproduction in *Daphnia* (Crustacea: Cladocera). *Proc. Zool. Soc. London*, 126,173–204.
- Hadas O., Kott Y., Bachrach U. et Cavari B., 1983.** Ability of Daphnia Cell-Free Extract to Damage Escherichia coli Cells. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45, 1242–1246.
- Hade, A., 2002.** Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.
- Haines, T.A., 1981.** Acidic precipitation and its consequences for aquatic ecosystems. A review *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 669-707.
- Hebert P.D.N., 1978.** The population biology of *Daphnia* (Crustacea, Daphnidae). *Biological Reviews*, 53, 387–426.
- Héla T., 2013.** Ecotoxicité de la deltaméthrine et du malathion sur différentes souches de *Daphnia magna* *Daphnia magna* (Crustacea (Crustacea Crustacea, Cladocera): apport de la Cladocera): apport de la): apport de la protéomique protéomique protéomique dans la recherche de nouvelles cibles cellulaires, Thèse de Doctorat en cotutelle entre L'université de Lorraine & l'université de Carthage 28 – 34p .
- Hendry, G.R., K. Baalstrud, T.S. Traaen, M. Laake and Raddum, 1976.** *Ambio*, 5: 224.
- Hessen, D.O., B.A. Faafeng and T. Andersen, 1995.** Competition or niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*: empirical light on abiotic key parameters. *Hydrobiologia*, 307: 253-261
- Hobe, H., C.M. Wood et B.R. McMahon, 1984.** Mechanisms of acid-base and ion regulation in white suckers (*Catostomus commersoni*) in natural soft water. *J. Comp. Physiol.*, 154 B: 35-46.
- Hutcheson K., Rider K., LeBlanc C.V., G. A., 2001.** The fungicide propiconazole interferes with embryonic development of the crustacean *Daphnia magna*.
- Jacob J., 1962.** Light and turbulence as co determinants of relative growth rate in cyclomorphotic daphnia. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.*, 47, 146–156.

Références bibliographique

Kiesecker, J., 1996. pH-Mediated predator-prey interactions between *Ambystoma tigrinum* and *Pseudacris triseriata*. *Ecol Applicata*, 6: 1325-1331.

Landry et al., 1992. Notions de géologie, 3e édition, Modulo, 565 p.

Landry et al., 1992. Notions de géologie, 3e édition, Modulo, 565 p.

Locke, A. and W.G. Sprules, 2000. Effects of acidic pH and phytoplankton on survival and condition of *Bosmina longirostris* and *Daphnia pulex*. *Hydrobiologia*, 437: 187-196.

Lynch M., Ennis R., 1983. Resource availability, maternal effects and longevity. *Exper. Gerontol.*, 18,147–165.

Mahassen M., El-Deeb Ghazy,2011. Water Pollution Research Department, National Research Center, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(11): 1-10

Massarin S., 2010. Etude des effets de l'uranium sur le budget énergétique et la dynamique de population de *Daphnia magna*, l'universite aix-marseille ii – universite de la mediterranee , partie A, p 35 .

Mitchell, S.A., 1992. The effect of pH on *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). *Hydrobiologia*, 245: 87-93.

Mugel M., Féraud J.F., 1978. Elaboration d'un modèle de chaine trophique dulçaquicole et application à une étude écotoxicologique du cadmium.Thèse de spécialité en écotoxicologie et chimie de l'environnement. Université de Metz.

NAS., (National Academy of Sciences) 1972. Water quality criteria. A report of the Committee on Water Quality Criteria. Prepared by the National Academy of Sciences and National Academy of Engineering.

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 2004. *Daphnia sp.*, Acute immobilisation test. Guidelines for testing for chemicals, Rep. No. 202.

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.

Références bibliographique

- Pacaud A., 1939.** Contribution à l'écologie des cladocères. Bull.Biol. France et Belgique, suppl 24, p 260.
- Pereira J.L., Hill C.J., Sibly R.M., Bolshakov V.N., Goncalves F., Heckmann 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.
- Peters R.H., De Bernardi R., 1987.** *Daphnia*. Memorie Dell 'Istituto Italiano di Idrobiologia. p502.
- Santiago S., Becker Van Slooten K., Chèvre N., Pardos M., Benninghoff C., Dumas M., Thybaud E. et Garrivier F., 2002.** Guide pour l'utilisation des tests écotoxicologiques avec les daphnies, les bactéries luminescentes et les algues vertes, appliqués aux échantillons de l'environnement. Soluval Santiago. Suisse: Soluval Santiago, Institut F.- A. Forel (Université de Genève), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 55 p.
- Sperfeld, E. et 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.
- Tollrian R., 1994.** Fish-kairomone induced morphological changes in *Daphnia lumholtzi* (Sars). *Arch. Hydrobiol.*, 130, 69–75.
- Touati L. et Samraoui B., 2002.** The ecology of *Daphnia chevreuxi* Richard in Northeast Algeria (Crustacea: Anomopoda). *Spécial Biologie, Vol.17, Sciences et Technologie*, pp. 75-81.
- Vijverberg, J., D.F. Kalf and M. Boersma, 1996.** Decrease in *Daphnia* egg viability at elevated pH. *Limnol Oceanogr*, 41: 789-794.
- Walton, W. E., Compton, S. M., Allan, J. D., & Daniels, R. E., 1982.** The effect of acid stress on survivorship and reproduction of *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). *Can. J. Zool.* 60: 573-579.
- Wang, J.Q., D.S. Li, Y.B. Luo and F. Wang, 1997.** Influence of medium pH on population growth and reproduction of *Brachionus calyciflorus*. *Chin J Appl Ecol*, 8: 435-438.
- Winner R.W., Keeling T., Yeager R. & Farrel M.P., 1977.** Effects of food type on the acute and chronic toxicity of copper to *Daphnia magna*. *Freshwat. Biol.*, 7, 343–349.
- Yurista P.M., 2000.** Cyclomorphosis in *Daphnia lumholtzi* induced by temperature. *Freshw. Biol.*, 4, 207–213.

Les sites consultés :

(1): http://www.chimiegenerale.com/potentiel_hydrogene.php

(2): Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et environnement aquatique
www.uqam.ca/gril

(3): Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
www.mddep.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/lacs.htm

(4): <http://www.villemontlaurier.qc.ca/DATA/DOCUMENT/Fiche%20-%20pH.pdf>

Résumé :

Daphnia magna un microcrustacé de l'ordre des cladocères est utilisé comme espèce bioindicatrice pour évaluer la qualité environnementale des écosystèmes aquatiques et des substances toxiques. L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet écotoxiques de pH sur *Daphnia magna* exposés pour 21 jours à des gammes différentes de pH acide (4.44, 4.52, 4.61, 4.74) et pH basique (10.13, 10.31, 10.44, 10.55). Au cours de cette période où les organismes sont exposés, les observations sont menées pour évaluer la survie et la reproduction et le taux de croissance des individus, en tenant compte des variations de pH de milieu . Les résultats obtenus révèlent une réduction pour les différents paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* (la survie, la croissance, la longévité, la grandeur de ponte, la taille des femelles adultes et néonates à la première reproduction.....) et d'autre paramètres ont subi un prolongement dans le temps comme l'âge à la maturation, l'âge à la première ponte et l'intervalle de ponte.

Mots clés: *Daphnia magna*, espèces bioindicatrice, pH, cycle de vie, qualité environnementale.

Abstract :

Daphnia magna microcrustacean the order of water fleas is used as bioindicator species to assess the environmental quality of aquatic ecosystems and toxic substances. The objective of this work was to assess the ecotoxic effect on *Daphnia magna* exposed for 21 days at different concentrations of acidic pH (4.44, 4.52, 4.61, 4.74) and basic pH (10.13, 10.31, 10.44, 10.55). During this period the organisms are exposed, observations are conducted to evaluate the survival and reproduction of individuals and the growth rate, taking into account changes in pH of the water. The results show a reduction for the different life cycle parameters of *Daphnia magna* (survival, growth, longevity, lay eggs size, the size of adult females and neonates at first reproduction) and other parameters show an extension in time as the maturation age, age at first spawning and spawning interval.

Keywords: *Daphnia magna*, bioindicator species, pH, life cycle, environmental quality.

ملخص :

يصنف برغوث الماء *Daphnia magna* من القشريات، ويستعمل كمؤشر حيوي لتقييم نوعية المحيط، الأنظمة البيئية المائية و المواد السامة. وقد أظهرت هذه الدراسة نتائج اختبار طويل المدى لبرغوث الماء خلال 21 يوم موضوعة في تراكيز مختلفة من درجة الحموضة pH (4.44، 4.52، 4.61، 4.74) و درجة الحموضة الأساسية pH (10.13، 10.31، 10.44، 10.55) . بعد القياسات لتقييم البقاء والتكاثر للأفراد ومعدل النمو، مع الأخذ في الاعتبار التغيرات في الرقم الهيدروجيني للمياه. أظهرت النتائج انخفاض المعايير المختلفة لدورة حياة برغوث الماء (البقاء على قيد الحياة والنمو وطول العمر، قياس حجم المواليد، وطول الإناث الكبار و حديثي الولادة في التكاثر الأول) في حين أظهرت معايير أخرى امتدادا في الوقت كسن النضج، العمر عند الولادة الأولى و فرق الزمن بين الولادتين .

كلمات مفتاحية : برغوث الماء *Daphnia magna* , أنواع مؤشرات بيولوجية، درجة الحموضة pH، دورة الحياة، نوعية المحيط.

Annexes

ANNEXES 1 : les analyses statistiques de partie pH acide

1. âge à la maturation (jours)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	763,475	190,869	246,289	< 0,0001
Résidus	45	34,874	0,775		
Total	49	798,349			

Modalités	Moyenne	Regroupements
ph4 (4.61)	10,100	A
ph5 (4.74)	9,400	A
Te (7.22)	3,010	B
ph3 (4.52)	1,400	C
ph2 (4.44)	1,250	C

2. taille des femelles à la 1ère reproduction (mm)

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	38,600	9,650	0,570	0,686
Résidus	45	761,900	16,931		
Total	49	800,500			

Modalités	Moyenne	Regroupements
ph4	10,100	A
ph3	9,700	A
ph5	9,400	A
ph2	8,700	A
Ph1	7,600	A

3. taille des femelles à la 2ème reproduction

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	95,821	23,955	31,249	< 0,0001
Résidus	45	34,497	0,767		
Total	49	130,318			

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ph1	3,540	A
ph5	2,440	B
ph3	1,710	B
ph4	0,000	C
ph2	0,000	C

4. longévité

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	304,120	76,030	4,779	0,003
Résidus	45	715,900	15,909		
Total	49	1020,020			

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ph1	20,600	A
ph5	18,900	A B
ph3	15,700	B
ph4	14,900	B
ph2	14,200	B

5. la grandeur de pont

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	283,757	70,939	17,513	< 0,0001
Résidus	45	182,282	4,051		
Total	49	466,039			

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ph1	8,816	A
ph5	6,400	B
ph4	3,900	C
ph3	3,500	C
ph2	2,100	C

6. nombre des descendants par mère

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	7266,920	1816,730	101,004	< 0,0001
Résidus	45	809,400	17,987		
Total	49	8076,320			

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ph1	34,500	A
ph5	19,200	B
ph3	7,000	C
ph4	3,900	C
ph2	2,600	C

7. taille de juvénile

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	1,821	0,455	8,978	< 0,0001
Résidus	45	2,282	0,051		
Total	49	4,103			

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Ph1	0,780	A	
ph5	0,740	A	
ph4	0,530	A	B
ph3	0,350	B	
ph2	0,320	B	

8. âge à la 1ere ponte

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	61,320	15,330	0,472	0,756
Résidus	45	1461,400	32,476		
Total	49	1522,720			

Modalités	Moyenne	Regroupements
ph5	12,200	A
ph4	10,200	A
ph2	9,900	A
Ph1	9,600	A
ph3	8,900	A

9. intervalle ponte

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	239,882	59,971	24,426	< 0,0001
Résidus	45	110,482	2,455		
Total	49	350,364			

Modalités	Moyenne	Regroupements	
ph5	4,998	A	
Te1	4,783	A	
ph3	2,200	B	
ph4	0,000	C	
ph2	0,000	C	

10. taille de juvénile de la 2 eme reproduction

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	5,688	1,422	25,025	< 0,0001
Résidus	45	2,557	0,057		
Total	49	8,245			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Ph1	0,870	A			
ph5	0,580		B		
ph3	0,400		B		
ph4	0,000			C	
ph2	0,000			C	

11. nombre de ponte par femelle

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	74,080	18,520	37,882	< 0,0001
Résidus	45	22,000	0,489		
Total	49	96,080			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Ph1	3,800	A			
ph5	2,400		B		
ph3	1,000			C	
ph4	0,800			C	
ph2	0,600			C	

12. taille femelle à la fin du test

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	80,409	20,102	10,952	< 0,0001
Résidus	45	82,595	1,835		
Total	49	163,004			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Ph1	3,690	A			
ph5	1,770		B		
ph3	1,240		B	C	
ph2	0,570		B	C	
ph4	0,000			C	

13. Poids de femelle à la fin test

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	179,199	44,800	16,147	< 0,0001
Résidus	45	124,854	2,775		
Total	49	304,053			

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Ph1	5,400	A		
ph5	2,150		B	
ph3	1,450		B	C
ph2	0,560		B	C
ph4	0,000			C

14. taux de croissance spécifique

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	0,017	0,004	7,519	< 0,0001
Résidus	45	0,026	0,001		
Total	49	0,043			

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Ph1	0,054	A		
ph5	0,030		B	
ph3	0,016		B	C
ph2	0,010		B	C
ph4	0,000			C

ANNEXES 2 : les analyses statistiques de partie pH basique

1. Age à la maturation (jours)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	86,120	21,530	2,125	0,093
Résidus	45	455,900	10,131		
Total	49	542,020			

Modalités	Moyenne	Regroupements
PH4 : 10.55	11,100	A
PH3 : 10.44	10,800	A
PH2 : 10.31	10,500	A
PH1 : 10.13	9,400	A
TE : 7.22	7,500	A

2. taille des femelles à la 1^{ère} reproduction (mm)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	8,483	2,121	3,515	0,014
Résidus	45	27,152	0,603		
Total	49	35,635			

Modalités	Moyenne	Regroupements	
TE	3,020	A	
PH1	2,830	A	B
PH2	2,430	A	B
PH3	2,090		B
PH4	1,950		B

3. taille des femelles à la 2^{ème} reproduction

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	20,983	5,246	5,678	0,001
Résidus	45	41,575	0,924		
Total	49	62,558			

Modalités	Moyenne	Regroupements	
TE	3,550	A	
PH1	3,280	A	B
PH2	2,390		B C
PH3	2,260		B C
PH4	1,830		C

4. longévité

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	113,480	28,370	1,765	0,153
Résidus	45	723,400	16,076		
Total	49	836,880			

Modalités	Moyenne	Regroupements
TE	20,800	A
PH1	19,900	A
PH2	18,600	A
PH3	17,200	A
PH4	16,900	A

5. la grandeur de ponté

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	281,841	70,460	23,935	< 0,0001
Résidus	45	132,470	2,944		
Total	49	414,311			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
TE	9,950	A			
PH1	6,796		B		
PH2	4,398			C	
PH3	4,150			C	
PH4	3,500			C	

6. nombre de descend par mère

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	8058,400	2014,600	129,862	< 0,0001
Résidus	45	698,100	15,513		
Total	49	8756,500			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
TE	39,800	A			
PH1	20,400		B		
PH3	8,300			C	
PH4	7,000			C	
PH2	7,000			C	

7. taille de juvénile

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	1,153	0,288	11,920	< 0,0001
Résidus	45	1,088	0,024		
Total	49	2,241			

Modalités	Moyenne	Regroupements			
TE	0,760	A			
PH1	0,630	A	B		
PH2	0,510		B	C	
PH3	0,390			C	
PH4	0,350			C	

8. âge à la 1ere ponte

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	69,400	17,350	1,325	0,275
Résidus	45	589,100	13,091		
Total	49	658,500			

Modalités	Moyenne	Regroupements
PH4	12,700	A
PH2	12,700	A
PH3	12,000	A
PH1	11,600	A
TE	9,500	A

9. intervalle de ponte

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	18,325	4,581	1,397	0,250
Résidus	45	147,544	3,279		
Total	49	165,869			

Modalités	Moyenne	Regroupements
PH1	5,698	A
TE	4,745	A
PH2	4,600	A
PH4	4,100	A
PH3	4,000	A

10. taille de juvénile de la 2 eme reproduction

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	1,687	0,422	12,141	< 0,0001
Résidus	45	1,563	0,035		
Total	49	3,250			

Modalités	Moyenne	Regroupements		
TE	0,880	A		
PH1	0,730	A	B	
PH2	0,570		B	C
PH3	0,460			C
PH4	0,370			C

11. nombre de ponte par femelle

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	50,120	12,530	32,974	< 0,0001
Résidus	45	17,100	0,380		
Total	49	67,220			

Modalités	Moyenne	Regroupements
TE	4,000	A
PH1	3,000	B
PH2	1,700	C
PH4	1,500	C
PH3	1,500	C

12. taille femelle à la fin du test

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	39,315	9,829	3,210	0,021
Résidus	45	137,802	3,062		
Total	49	177,117			

Modalités	Moyenne	Regroupements
TE	3,780	A
PH1	2,270	A B
PH2	2,200	A B
PH3	1,390	B
PH4	1,320	B

13. poids des femelles à la fin test

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	103,346	25,837	6,270	0,000
Résidus	45	185,434	4,121		
Total	49	288,780			

Modalités	Moyenne	Regroupements
TE	5,300	A
PH1	2,940	B
PH2	2,370	B
PH3	1,440	B
PH4	1,350	B

14. taux de croissance spécifique

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	4	0,009	0,002	2,567	0,051
Résidus	45	0,039	0,001		
Total	49	0,047			

Modalités	Moyenne	Regroupements
TE	0,059	A
PH1	0,038	A
PH2	0,037	A
PH3	0,024	A
PH4	0,023	A

L'effet de pH sur la survie, la croissance et la reproduction de Daphnia magna

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en *Pollution des écosystèmes et écotoxicologie*

Résumé

Daphnia magna un microcrustacé de l'ordre des cladocères est utilisé comme espèce bioindicatrice pour évaluer la qualité environnementale des écosystèmes aquatiques et des substances toxiques. L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet écotoxiques de pH sur *Daphnia magna* exposés pour 21 jours à des gammes différentes de pH acide (4.44, 4.52, 4.61, 4.74) et pH basique (10.13, 10.31, 10.44, 10.55). Au cours de cette période où les organismes sont exposés, les observations sont menées pour évaluer la survie et la reproduction et le taux de croissance des individus, en tenant compte des variations de pH de milieu. Les résultats obtenus révèlent une réduction pour les différents paramètres de cycle de vie de *Daphnia magna* (la survie, la croissance, la longévité, la grandeur de ponte, la taille des femelles adultes et néonates à la première reproduction.....) et d'autre paramètres ont subi un prolongement dans le temps comme l'âge à la maturation, l'âge à la première ponte et l'intervalle de ponte.

Mots clés : *Daphnia magna*, espèce bioindicatrice, pH, cycle de vie, qualité environnementale.

Laboratoire de recherche : Biologie et Environnement

Jury d'évaluation :

Président du jury :	SAHLI Leila	(MCA - UFM Constantine),
Rapporteur :	TOUATI Laid	(MCB - UFM Constantine),
Examineur :	AFRI- MEHANNAOUI F-Z	(MCA - UFM Constantine).

Date de soutenance : 22/06/2016