



**UNIVERSITE DE LIEGE  
UNIVERSITE DE NAMUR**



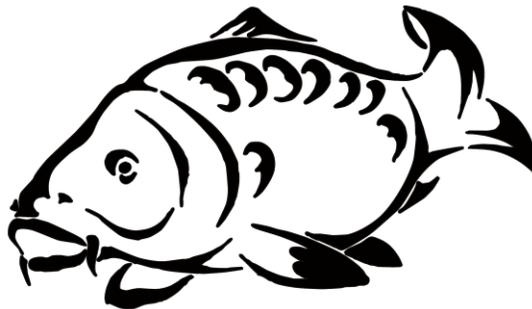
*Centre de formation et de recherche en Aquaculture (CEFRA)*

*Unité de Biologie du Comportement (UBC)*

---

**« Conditionnement de carpes communes (*Cyprinus carpio*) à la détection olfactive des composés aromatiques de décomposition de viande de porc par imprégnation des œufs et des larves »**

---



**Travail de Fin d'études présenté par**

**Soniel MERCIUS**

Pour l'obtention du diplôme de *Master Complémentaire en Aquaculture*

Sous la direction de :

**Dr. Carole ROUGEOT et Prof. Pascal PONCIN**

**Septembre 2015**

## Remerciements

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dr **Carole Rougeot** de m'avoir guidé au cours de ce travail de recherche, pour sa patience et son professionnalisme. Ensuite le Professeur **Pacal Poncin** d'avoir été l'un de mes promoteurs. Au professeur **Charles Mélard** pour ses conseils et ses supervisions à la longueur des journées.*

*Je remercie également les équipes du Centre de formation et de recherche en Aquaculture (**CEFRA**) et de l'Unité de Biologie du Comportement (**UBC**) de l'Université de Liège, pour avoir facilité les expérimentations pour la réalisation de ce travail.*

*Merci à Dr **Brian Wade Jamandre**, Post doctorant au laboratoire de l'UBC/Ulg pour ses conseils et surtout son infatigable support dans la réalisation des multiples tests, traitement et analyses des données.*

*Merci à **Christian Prignon** d'avoir été un encadreur patient et toujours disponible pour moindre problème et souci.*

*Je remercie mes camarades de promotion en **Master Complémentaire en Aquaculture 2014-2015** pour leur fraternité et leur amitié.*

*Merci à ma famille en Haïti spécialement ma maman, à ma copine, à mes amis et collègues haïtiens de la Belgique et d'Haïti pour leur support.*

*Merci à mon fils **Ralph Cédric Mercius** d'avoir supporté mon absence pendant ce temps d'absence.*

*Enfin merci à tous ceux qui d'une façon ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail.*

**Merci !!**

## Résumé

Ce présent travail est la continuité d'un ensemble de travaux déjà réalisés sur la carpe commune (*Cyprinus carpio*) en vue de la conditionner comme biodétecteurs de cadavres humains en milieu aquatique lors des catastrophes naturelles. Il entre dans la cadre du projet « *Development of a methodology for cadaver search using new biotectors adapted to aquatic and terrestrial environments* » de l'Ulg (*Université de Liège*). Beaucoup d'études mettent en évidence la capacité d'apprentissage des poissons, notamment la carpe commune. Des recherches sur le conditionnement auditif et visuel abondent le répertoire scientifique, et les résultats sont de plus en plus concluants. Cependant, peu d'études s'intéressent au conditionnement précoce et encore moins par imprégnation, c'est-à-dire par pénétration des œufs ou par bain précoce des larves fraîchement écloses avec des substances (composés) odorantes. Ainsi, ce travail vise pour sa part à tester plusieurs techniques de conditionnement précoces afin de déterminer laquelle est mieux adaptée dans le cadre de ce grand projet.

Pour des raisons sanitaires, culturelles et éthiques, la solution de cadavre d'humain a été substituée par une solution de viande de porc (*SVP*), *Sus scrofa domesticus*, se rapprochant plus ou moins de celle d'un humain mort et contenant probablement des composés aromatiques de cadavres notamment la cadaverine, la putrescine et l'histamine. L'espèce carpe commune, *Cyprinus carpio* a été utilisée en raison de sa grande taille, sa longévité moyenne de 20 ans, son poids maximal de 40 kg, son adaptabilité à des écosystèmes diverses, d'être omnivore, mais aussi et surtout le fait d'avoir un système chimiosensoriel (*olfactif et gustatif*) très développé. Ainsi, 3 techniques (*traitements*) de conditionnement ont été utilisées en plusieurs doses sur une même ponte de carpe. Les lots 1 et 2 (*Incubation à dose 1 et 2*) ont été imprégnés de la fécondation jusqu'à la résorption de la vésicule vitelline à la (*SVP*) à respectivement (0,4ml/l et 0,8 ml/l). Les lots 3 et 4 (*Bain 1 et 2*) ont subi aux mêmes doses que les précédents, un conditionnement classique de type appétitif pendant 35 jours post-éclosion (*JPE*) où la (*SVP*) a été utilisée comme stimulant conditionnel (SC) et l'aliment comme stimulant inconditionnel (SI). Le lot 5 (*nourrissage*) a été nourri normalement du gemma micro jusqu'à 16<sup>ème</sup> JPE. A partir du 17<sup>ème</sup> JPE, il a été soumis à un aliment fabriqué à la solution de viande de porc (*SVP*) dans une sorte de conditionnement classique simultané. Le témoin a été nourri au Gemma micro 150 et 300 microns jusqu'à 35 JPE.

Les variables de déplacement (*pénétration*) des alevins vers des compartiments où la *SVP* et l'eau sont versées et le temps passé à proximité des compartiments servent à déterminer l'effet de la technique d'imprégnation sur le comportement des alevins et en conséquence de conclure sur le possible conditionnement ou non des différents lots. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence pour les différents traitements sauf le lot 1 (*incubation 0,4ml/l*) qui passe préférentiellement plus de temps à proximité du compartiment où la *SVP* est versée. La comparaison des différents tests entre eux ne révèle non plus aucune différence significative. Ainsi, les résultats obtenus renforcent des hypothèses émises par *Joseph (2014)* à savoir l'imperméabilité de l'œuf de carpe, le retard du développement du système olfactif des carpes, l'effet répulsif de la solution de viande de porc, mais aussi, la possible toxicité de certains composés dans la solution. Cependant, numériquement, certaines données laissent entrevoir un début de conditionnement notamment chez les lots en *bain*. Ainsi, il serait envisageable dans une prochaine étude de prolonger le temps d'expérimentation afin que la période de réponse acquise aux stimuli d'odeurs alimentaires coïncide au plus près avec celle de l'expérience, d'éviter si possible, au moment de la reproduction, tout produit servant à renforcer la rigidité et l'imperméabilité de l'œuf (*tanin*), de réaliser des analyses des différents constituants de la *SVP* afin d'identifier ceux qui sont répulsifs, toxiques... pour la carpe.

**Mots clés :** *Cyprinus carpio*, conditionnement, Cadaverine, putrescine

## Table des matières

Remerciements.....	i
Résumé.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures .....	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des annexes .....	vii
I.- INTRODUCTION.....	1
1.1.- Généralités .....	1
1.1.- Généralités .....	1
1.2.- Objectifs.....	2
1.2.1.- <i>Objectif global</i> .....	2
1.3.- La carpe commune et ses organes de sens .....	2
1.4.- Système olfactif des poissons .....	3
1.5.- La décomposition d'un corps en milieu aquatique .....	5
1.5.1- <i>Les amines Biogènes</i> .....	5
1.5.1.1- <i>La putrescine</i> .....	6
1.5.1.2 - <i>L'histamine</i> .....	6
1.5.1. 3- <i>La cadaverine</i> .....	6
1.6.- Le conditionnement .....	6
1.6.1.- <i>Conditionnement olfactif des poissons par imprégnation</i> .....	7
II.- MATERIELS ET METHODE.....	9
2.1.- Matériels .....	9
2.1.1.- <i>Matériels biologiques</i> .....	9
2.2.- Méthode .....	9
2.2.1.- <i>Reproduction et fécondation</i> .....	9
2.2.1.6. - <i>Incubation</i> .....	9
2.2.2.- <i>Le conditionnement et élevage larvaire</i> .....	10
2.2.2.1.- <i>Solution de viande de porc</i> .....	10
2.2.2.2.- <i>Procédure expérimentale</i> .....	11
2.2.3.- <i>Méthode d'observation</i> .....	11
2.2.3.1.- <i>Structure expérimentale</i> .....	11
2.2.4.- <i>Réalisation des tests</i> .....	12
2.2.5.- <i>Analyse statistique</i> .....	12
III.- RESULTATS.....	13

3.1.- Les paramètres physiques au cours de l'expérience .....	13
3.2.- Taux de fécondation .....	13
3.3.- Suivi de croissance .....	13
3.4.- Déplacement des larves et temps moyens passé à proximité.....	13
3.4.1.- Témoins (zéro solution de viande de porc).....	13
3.4.2.- Incubation doses 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l) .....	14
3.4.4.- Nourrissage à l'aliment SVP .....	17
IV.- DISCUSSIONS .....	18
V.- CONCLUSION.....	23
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	24
ANNEXES.....	I

## Liste des figures

Figure 1: Système olfactif des poissons (Kermen et al., 2013) .....	5
Figure 2: Schéma du conditionnement de type I (Pavlov).....	7
Figure 3 : Les œufs en incubation.....	9
Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental .....	10
Figure 5: Schéma du déroulement de l'expérience par phase et par dose .....	11
Figure 6 : a) Croquis reprenant la dimension de la structure expérimentale d'étude de comportement b) Photo de la structure expérimentale .....	12
Figure 7: Comparaison de croissance au cours de l'expérience .....	13
Figure 8: Comparaison du déplacement moyen vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot à zéro solution de viande de porc (témoin) .....	14
Figure 9 : Comparaison du temps moyen (secondes, +ET) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot à zéro solution de viande de porc (témoin). .....	14
Figure 10: Comparaison du déplacement (% d'individu) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots incubés à la solution de viande de porc dose 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l) ...	15
Figure 11: Comparaison du temps moyen (secondes) passé à proximité des compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots incubés à la solution de viande de porc dose 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l) .....	15
Figure 12: Comparaison du déplacement (% d'individu) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots en bain quotidien à la SVP dose 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l) .....	16
Figure 13: Comparaison du temps moyen (secondes) passé à proximité des compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots en bain quotidien à la SVP dose 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l) .....	16
Figure 14: Comparaison du déplacement moyen vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot nourrit à l'aliment SVP .....	17
Figure 15: Comparaison du temps moyen (secondes, +ET) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot nourrit à l'aliment SVP .....	17

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des résultats obtenus avec ceux obtenus par Joseph (2013).....	19
Tableau 2: Analyses statistique (Student) du taux de fécondation pour le lot éclos à la solution de viande de porc et sans la solution de viande de porc.....	V
Tableau 3: Les taux de fécondation enregistrés.....	V
Tableau 4: Test de student pour le taux de fécondation.....	V
Tableau 5: Sommaire des données sur les croissances enregistrées au cours de l'étude.....	V
Tableau 6: ANOVA de Fischer pour les croissances enregistrées.....	V
Tableau 7: Les déplacements enregistrés pour incubation dose 0,4ml/l.....	V
Tableau 8: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour incubation dose 0,4ml/l (dose 1).....	VI
Tableau 9: Les déplacements enregistrés pour incubation dose 0,8ml/l.....	VI
Tableau 10: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour incubation dose 0,8ml/l.....	VI
Tableau 11: Les déplacements enregistrés pour les dose 0,4ml/l.....	VI
Tableau 12: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour Bain dose 0,4ml/l.....	VI
Tableau 13: Les déplacements enregistrés pour les dose 0,8ml/l.....	VI
Tableau 14: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour Bain dose 0,8ml/l.....	VII
Tableau 15: Les déplacements enregistrés pour le lot nourrissage à l'aliment SVP.....	VII
Tableau 16: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour les ASVP.....	VII
Tableau 17: Les déplacements enregistrés pour les Témoins (control).....	VII
Tableau 18: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements des témoins.....	VII
Tableau 19: Les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation dose 0,4ml/l.....	VII
Tableau 20: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation à la SVP dose 1 (0,4ml/l).....	VIII
Tableau 21: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour incubation dose 0,8ml/l.....	VIII
Tableau 22: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation à la solution de SVP dose 2 (0,8ml/l).....	VIII
Tableau 23: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour bain dose 1 (0,4ml/l).....	VIII
Tableau 24: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour bain à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l).....	VIII
Tableau 25: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour bain dose 2 (0,8ml/l).....	IX
Tableau 26: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour bain à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l).....	IX
Tableau 27: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour nourrissage à l'aliment à la SVP.....	IX
Tableau 28: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour nourrissage à l'aliment à la SVP.....	IX
Tableau 29: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour les témoins.....	IX
Tableau 30: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour les témoins (Control).....	X
Tableau 31: Comparaison de tous les traitements pris ensemble, test de Friedman.....	X

## Liste des annexes

<i>Annexe 1: Formulation d'aliment a la cadaverine .....</i>	<i>I</i>
<i>Annexe 2: Taux d'œuf œillés (Taux de fécondation).....</i>	<i>II</i>
<i>Annexe 3: Prise des poids (gramme) hebdomadaire après la mise en charge .....</i>	<i>II</i>
<i>Annexe 4: Paramètres physique (Oxygène et température) enregistrés au cours de l'étude .....</i>	<i>III</i>
<i>Annexe 6: Analyses statistiques (ANOVA) pour la croissance des différents lots .....</i>	<i>V</i>
<i>Annexe 7: Analyses statistiques (Student) pour les différents déplacements vers les deux compartiments où les solutions sont versées.....</i>	<i>V</i>
<i>Annexe 8: Analyses statistiques (Student) pour les différents temps moyens passés près des deux compartiments où les solutions sont versées.....</i>	<i>VII</i>

# I.- INTRODUCTION

## 1.1.- Généralités

### 1.1.- Généralités

Tout organisme vivant est en interaction constante avec son milieu de vie. Ainsi, il peut se mouvoir, déplacer et réagir en fonction des stimulations du milieu extérieur et de sa perception interne. Les systèmes nerveux et endocrinien constituent les deux grands moyens de communication intercellulaire. Ainsi, des cellules du système nerveux se différencient en récepteurs sensoriels, capables d'interpréter les messages renseignant l'organisme sur les variations des paramètres physico-chimiques de l'environnement. La somme des impressions provenant des organes sensoriels entraîne une sensation, qui, interprétée en fonction de l'expérience de l'organisme, constitue la perception (Stecey et al., 2002). Ainsi, plus que tout autre groupe de vertébrés, les poissons possèdent un champ énormément varié et fascinant d'adaptations de leur système sensoriel afin de survivre à des variations extrêmes de leur complexe milieu de vie. Ils peuvent être des proies ou des prédateurs ; l'eau dans laquelle ils vivent peut être claire ou turbide, chaude ou froide, douce ou salée, stagnante ou coulante... Bref, le milieu peut être très diversifié. Ce qui occasionne souvent d'énormes efforts d'adaptations et de développement des systèmes sensoriels (Marshall, J. 2006).

Le poisson possède de bonnes capacités d'apprentissage. Plusieurs études mettent en évidence cette hypothèse et des résultats intéressants sont perçus notamment chez le poisson rouge (*Carassius auratus*) où des études sur l'apprentissage acoustique ont été menées (Yan and Popper, 2000). Les systèmes sensoriels sont notamment les meilleurs moyens de communication du poisson avec son milieu. Ce sont les systèmes ; auditif, visuel, électro et mécano-sensoriel, mais aussi et surtout le système chimiosensoriel (olfactif et gustatif). Ainsi, ces systèmes varient d'une espèce à autre (Tine Valentinic, 2004). Certains avancent même que les poissons représentent la superclasse chez laquelle les problèmes liés à la chémoréception ont été les plus étudiés (Saglio, 1979). Ainsi, plusieurs études ont été réalisées afin de conditionner les animaux en exploitant leurs systèmes sensoriels. Des études notamment sur le conditionnement du saumon afin qu'il puisse regagner son cours d'eau de naissance pour la reproduction ont été concluantes (Yamamoto et al., 2010). Cependant, jusqu'à aujourd'hui, peu de chercheurs s'intéressent au conditionnement olfactif et encore moins le conditionnement par imprégnation. La majeure partie des recherches sur le conditionnement a été réalisée sur les systèmes auditif et visuel (Lalberge et Hara, 2001). De là, après s'être longtemps consacrées à l'étude presque exclusive de la vision, les recherches en psychologie sensorielle se sont attachées plus particulièrement depuis quelques années à déterminer le rôle chimiosensoriel (olfaction et gustation essentiellement) dans les comportements fondamentaux des animaux (Saglio, 1979). Citons comme exemple, les récentes recherches de Xhardez, 2013, Sepcha, 2013 et de Joseph, 2014 sur le conditionnement olfactif de la carpe commune pour lesquelles des résultats prometteurs ont été obtenus et des perspectives importantes ont été formulées.

C'est dans ce souci de continuité que notre étude vise à déterminer parmi des techniques proposées, lesquelles sont les mieux appropriées et adaptées pour conditionner la carpe commune à la détection olfactive des composés aromatiques de décomposition de viande de porc par imprégnation des œufs et des larves.

## 1.2.- Objectifs

### 1.2.1.- Objectif global

Ce mémoire entre dans le cadre d'un projet de L'Unité de Biologie de Comportement de l'Université de Liège (UBC/Ulg) « *Developpement of a methodology for cadaver search using new biotectors adapted to aquatic and terrestrial environments* ». Il vise à conditionner la carpe commune (*Cyprinus carpio*) comme bio-détecteurs de cadavres dans le milieu naturel. Ce travail est entre autre la continuité d'un ensemble de travaux de recherches déjà effectué à ce sujet à l'UBC/Ulg, notamment le travail de *Joseph, 2014* qui visait particulièrement à conditionner des œufs et des larves par imprégnation s'appuyant surtout sur l'apprentissage précoce des carpes. Cependant, les résultats ont montrés peu d'attrance par rapport à l'odeur de viande de porc décomposée utilisée à cet effet, ce qui signifiait probablement que les œufs n'ont pas été imprégnés et les laves non conditionnées. C'est pourquoi le protocole et les conditions expérimentales ont été revus, modifiés et implémentés par rapport à celui de *Joseph, 2014* notamment le nourrissage à partir d'aliment fabriqué à base de solution de viande porc, afin de poursuivre les recherches autour d'une technique de conditionnement mixte, autre que celles utilisées préalablement. Ainsi, l'objectif de cette présente étude est d'identifier les techniques les mieux appropriées et adaptées à la méthode de conditionnement de la carpe commune par imprégnation des œufs et des larves. Le protocole a été validé par le comité d'éthique de l'Ulg et le numéro de dossier 1684 lui a été attribué.

### 1.3.- La carpe commune et ses organes de sens

Systématiquement, l'ordre des cypriniformes à l'intérieur duquel on trouve famille des cyprinidés fait partie du grand groupe des ostariophyses. Le groupe des ostariophyses est caractérisé par la présence de l'appareil de *Weber* de fonction jusqu'à aujourd'hui mal connue. Cependant, plusieurs hypothèses abondent dans le sens qu'il serait intervenu dans la transmission des variations de la vessie natatoire et d'un rôle acoustique notamment les perceptions de sons, ce qui explique probablement la grande capacité auditive des cyprinidés Ostariophyses (*Billard, 1995*). Dans cette grande classe on retrouve le genre *Cyprinus* et l'espèce *Cyprinus carpio*, celle qui nous intéresse dans le cadre de cette présente étude.

La carpe commune colonise les eaux tièdes ou chaudes, stagnantes ou lentes. Cependant, elle affectionne particulièrement les eaux chaudes (27 à 32 °C). Son préférendum est de 30.8 °C (*Escoudero Garcia et al., 1997*). Sa très grande tolérance et plasticité vis-à-vis aux variations environnementales expliquent son grand succès de colonisation des milieux les plus divers et de grandes extensions géographiques. Elle est grégaire et benthique, sédentaire et plutôt nocturne. Elle est photophobe et préfère les habitats avec de faibles intensités lumineuses (*Everard, 2007*). La carpe commune est omnivore ou polyphage à forte tendance carnivore (*Michael et Oberdorff, 1995*).

Elle atteint la maturité sexuelle à 2 ans pour les mâles et 3 ans pour les femelles (*Brusle, J., & Quinard, J.P., 2004; Schultz, 2004*). Elle a une maturité sexuelle asynchrone ce qui lui confère la capacité d'être féconde plusieurs fois dans sa vie à des périodes différées (*Balon, 1995*). Elle pond généralement des œufs de 1,2 à 1,8 mm diamètre (*Brusle & Quinard, 2004 ; Nikolsky, 1963*).

Les poissons, de par leur physiologie et leur relation avec les facteurs environnementaux présentent de grandes capacités sensorielles. Ils ont un système auditif (acoustique) bien développé ce qui facilite souvent la communication avec ses congénères. Beaucoup d'études scientifiques ont d'ailleurs prouvé leur bonne capacité d'émettre des sons et dans une moindre mesure, de les percevoir (*Parmentier et al., 2013 ; Parmentier, et al., 2011*). Ainsi, la carpe commune développe de bonnes capacités d'apprentissage via ses systèmes sensorielles, particulièrement son système chimiosensoriels incluant notamment le système olfactif (*Braubach, 2009*).

Le choix de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) dans le cadre de notre étude est justifié par le fait d'être de grande taille, d'une longévité moyenne de 20 ans, d'un poids maximal de 40 kg, d'être adapté à des écosystèmes divers (*températures vairées, eau turbide, pH, oxygène ...*) (*Brusle, J., & Quinard, J.P., 2004*), d'être omnivores (polyphage) à forte tendance carnivore (*Michael et Oberdorff, 1995*). Mais aussi et surtout, la carpe commune (*Cyprinus carpio*) possède un système olfactif très développé coordonnant divers comportements notamment, la reproduction, l'alimentation, la chasse des proies mais aussi l'évitement des prédateurs. Via ses systèmes sensoriels, elle présente de fortes capacités d'apprentissage par conditionnement (*Hamdani et Doving, 2006*). Il a été démontré que le poisson rouge, de la même famille que la carpe, peut être conditionné pour éviter des particules alimentaires aromatisées associées à des injections de chlorure de lithium (*Manteifel et Karelina, 1996*). D'autres études ont démontré que le poisson Zèbre de la famille des Cyprinidés était conditionnable olfactivement (*Braubach, et al., 2012*). *Kojima et al., 2005* ont conditionné la carpe commune à la détection des sons de différentes amplitudes. L'étude de *Sokolov et al., (2001)*, montre que la carpe peut associer un stimulus visuel avec une récompense alimentaire, ainsi, elle a la capacité de se souvenir des événements passés. *Xhardez, 2013* a conditionné des carpes communes à différencier des mixtures d'acides aminées avec des acides aminées isolées.

#### **1.4.- Système olfactif des poissons**

Les organismes aquatiques évoluent dans un milieu où les informations visuelles sont souvent limitées, alors que les informations chimiques abondent. Cela est d'autant vrai pour la carpe commune qui vit préférentiellement dans le fond. Les poissons vivent alors dans un brouillon chimique complexe (*Stecey et al., 2002*). Ainsi, ils développent plein d'aptitude pour survivre grâce aux sens et au système chimiosensoriel (*Stecey et al., 2002 ; Charles & Sorensen 2008*). L'olfaction est le sens reliant les neurones aux axones dans le nerf olfactif (nerfs crâniens primaires) (*Charles & Sorensen, 2008*). Elle est entre autre une fonction par laquelle l'odorat reçoit l'impression des odeurs (*Muller, 1845*). Le système olfactif joue un rôle important pour la plupart des animaux parce qu'il leur permet de communiquer efficacement et d'interpréter les informations fournies par l'environnement (*Séverine, 2001*). Comme chez les organismes terrestres, l'olfaction et la gustation chez les animaux aquatiques sont habituellement identifiées comme les systèmes chimiosensoriels. Leurs rôles sont souvent confondus vu que leurs fonctions sont semblables. Cependant, il existe bien des différences de structure et de fonction entre elles (*Stecey et al., 2002 ; Charles & Sorensen, 2008*).

L'existence d'un sens olfactif chez les animaux aquatiques n'a été reconnue que tardivement (*Rider et Bauchaut, 1984*). *Duméril, 1807* pensait que l'olfaction était liée à des substances gazeuses. *Weber* cité par *Rider et Bauchaut, 1984* quant à lui considérait que seul le goût a un sens chimique général chez les animaux aquatiques. Ce n'est qu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle que l'existence d'un vrai sens olfactif a été reconnu et accepté chez le poisson (*Herrick, 1908 ; Parker, 1910*). Cependant, la controverse ne cessa qu'en 1929 quand *Schering, 1929* cité par *Rider et Bauchaut, (1984)* mettait en évidence le rôle de l'olfaction dans le retour des saumons aux frayères. Ainsi, d'autres études ont mis en évidence l'existence de la sensibilité chimique (olfaction et goût) chez la plupart des poissons (*Rider et Bauchaut, 1984*). Situé au-dessus de la bouche, les sacs nasaux de l'odorat jouent plusieurs rôles important dans divers types de comportement, notamment dans la recherche des aliments, les phénomènes de *homing* chez les migrateurs, la reproduction, la défense contre les prédateurs etc. (*François et Saint-André, 2015*).

Comme chez les vertébrés, le système olfactif des poissons contient 3 composantes neuroanatomiques principales (Stecey et al., 2002).

✚ **L'Épithélium olfactif** appelé aussi système olfactif périphérique est entre autre constitué des ouvertures (cavités nasales) de la face dorsale de la tête du poisson en avant des yeux (Laberge et Hara, 2001). Il comprend 3 principales classes de cellules neuronales réceptrices (Fig.1) (Hamdani and Døving, 2006, Stecey et al., 2002): les neurones ciliés qui possèdent de longues dendrites ; les neurones microvillositaires avec de courtes dendrites et les neurones de la crypte qui sont sphériques et ne possédant ni cils ni microvillosités (Hansen et al., 2003,; Hansen and Finger, 2000; Zeiske et al, 2003 ; Ichikawa et Ueda, 1977; Thommesen, 1983 ; Kermen et al., 2013). Autres que les neurones sensoriels, il existe aussi dans l'épithélium olfactif d'autres types de neurones non-sensoriels (Bazaes et al., 201 ; Kermen et al., 2013).

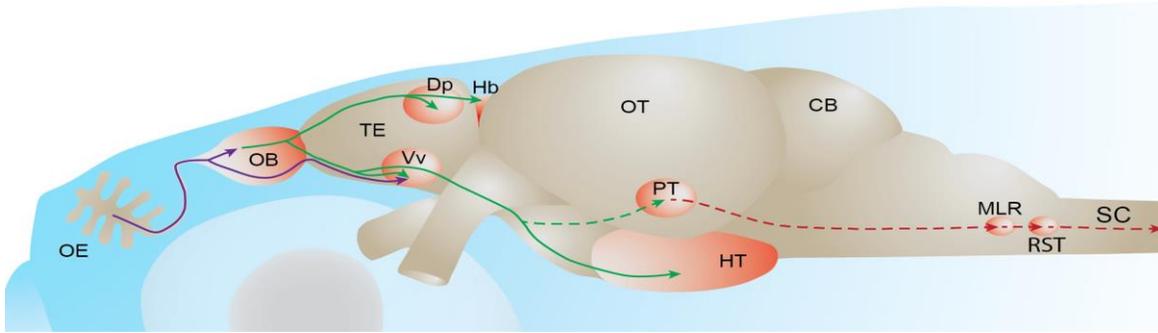
✚ **Le Bulbe olfactif** est la structure du cerveau des vertébrés qui reçoit la grande majorité des neurones sensoriels olfactifs à travers les nerfs olfactifs. Ainsi, comprendre les mécanismes neurophysiologiques qui régissent le traitement des odeurs perçues dans le bulbe olfactif nécessite une compréhension profonde de ses propriétés physiologiques (Kermen et al., 2013).

Il est structurellement organisé en 4 couches concentriques de cellules et comprend plus de 20.000 neurones (Friedrich et al., 2009). De superficielle à profonde nous trouvons:

- une couche de fibres olfactives primaires formée par les axones des neurones sensoriels olfactifs; (Sato et al., 2007)
- une couche glomérulaire contenant environ 140 modules sphériques de glomérules (Braubach et al, 2012);
- la couche externe de cellules, constituée de cellules mitrales riches en soma cellulaire (Fuller and Byrd, 2005; Fuller et al, 2006);
- la couche interne de cellules, contenant les corps cellulaires de différents inter neurones, (Edwards et Michel, 2002; Bundschuh et al, 2012). Les principales cellules du bulbe olfactif des poissons sont mitrales glutamatergiques (Edwards et Michel, 2002).

Des expériences montrent que chez les poissons, les acides aminés activent la partie ventrale du bulbe olfactif et les sels biliaires la partie médiane (Hamdani & Doving, 2007). D'autres expériences l'ont confirmé par des enregistrements d'électrodes de surface chez les salmonidés (Thommesen, 1978 ; Doving et al, 1980). Donc, il y a une structuration spatiale des récepteurs olfactifs neuronaux en fonction de l'odeur perçue. Ce qui traduira sans doute les différents types de comportement liés à chaque type d'odeur dans le bulbe olfactif. Donc, contrairement à ce qui se trouve dans l'épithélium olfactif, dans le bulbe olfactif chaque classe de substances odorantes est représentée par une zone glomérulaire distincte (Kermen et al., 2013 ; Hamdani & Doving, 2007).

✚ **Le pédoncule olfactif** est formé par la projection des neurones du second degré du bulbe olfactif. Il se divise en 2 types en fonction de leur position anatomique : le pédoncule olfactif médian (POM) et le pédoncule olfactif latéral (POL) (Laberge et Hara, 2001 ; Hamdani & Doving, 2007). Le pédoncule olfactif médian (POM) est divisé en 2 faisceaux distincts ; un faisceau latéral ou dorso-latéral (DL) et un faisceau médial ou medio ventral (MV) qui induisent respectivement, les réactions comportementales de reproduction et des réactions d'alarmes. Le pédoncule olfactif latéral (POL) quant à lui induit des réactions comportementales liées à la nutrition (Laberge et Hara, 2001 ; Daghfous et al., 2012).



**OE:** épithélium olfactif ; **OB:** bulbe olfactif ; **TE:** télencéphale ; **Dp:** partie postérieure dorsal du télencéphale ; **Vv:** Noyau ventral du télencéphale ; **HT:** hypothalamus

**Figure 1: Système olfactif des poissons** (Kermen et al., 2013)

### 1.5.- La décomposition d'un corps en milieu aquatique

En milieu aquatique, un corps se décompose différemment qu'en milieu terrestre. Ainsi, la décomposition se différencie en temps et en étapes de décomposition en fonction du milieu. Plusieurs facteurs conditionnent le temps et le type de décomposition qu'un corps subit en milieu aquatique. Citons entre autre : la température du milieu, la présence des microorganismes et leur diversité spécifique, la teneur en sel de l'eau (salée ou douce), la position du corps dans le milieu (en surface ou au fond), l'état initial du corps (malade, blessé...). Ainsi, distingue-t-on 5 grandes phases dans la décomposition d'un corps en milieu aquatique qui sont : la phase de cadavre frais ; la phase de putréfaction, la phase de fermentation ; la phase de dessèchement et la phase de squelette (Anderson & Hobischak, 2004 ; Ayers, 2010). Ainsi, dans un corps en décomposition notamment en phase de putréfaction et fermentation, les différentes réactions chimiques de décomposition (protéines du corps), sous l'effet des microorganismes du milieu quand les conditions sont favorables (température, salinité,...), libèrent des composés chimiques servant souvent de moyens pour découvrir et vérifier l'état de décomposition (phase) d'un corps. Parmi les produits, nous trouvons des composés volatiles notamment des composés phénoliques, aromatiques et surtout des polyamines biogènes.

#### 1.5.1- Les amines Biogènes

Les amines biogènes constituent une classe de composés organiques azotés de faible poids moléculaire (Lewis, 2007 ; Zhang et al., 2014). Elles sont aussi issues de la dégradation de tissus morts et sont responsables des odeurs répulsives que dégagent les cadavres en phase décomposition (Wechsle et al., 2009 ; AFSSA, 2006). En fonction de leur structure chimique, elles sont divisées en : amines aromatiques [(tyramine (TYM), 2-phényléthylamine (2-PHE)], amines aliphatiques [putrescine (PUT)], cadaverine (CAD), spermine (SPM), spermidine (SPD)] et amines hétérocycliques [histamine (HIM), tryptamine (TRM)]. Elles sont formées principalement par décarboxylation enzymatique d'acides aminés sous l'action des bactéries d'altération décarboxylases (Zhang et al., 2014). Ainsi, un corps en décomposition en présence des bactéries d'altération libère des amines biogènes. Cependant, la plus importante proportion de polyamines libérée est constituée de putrescine et de cadaverine ayant des odeurs particulières servant de moyens notamment pour les animaux pisteurs de découvrir les cadavres avant la phase de squelette ce qui facilite les suivis judiciaires légaux (Stadler, 2013).

### **1.5.1.1- La putrescine**

La putrescine est une diamine toxique formée par la putréfaction de la décarboxylation de l'arginine et de l'ornithine. Elle est synthétisée biologiquement par deux voies différentes, à la fois à partir de l'arginine et ornithine sous l'effet de l'ornithine décarboxylase (Wechsle D. et al., 2009).

### **1.5.1.2 - L'histamine**

L'histamine a été découverte en 1910 par Akerman. Elle résulte de la décarboxylation de la L-histidine essentiellement par décarboxylases microbiennes. Sa présence en forte proportion est toxique pour les organismes qui s'y exposent et provoque notamment des phénomènes d'hémoconcentration. Sa toxicité est d'autant plus élevée en présence de la cadaverine et de la putrescine (Lewis, 2007 ; AFSSA, 2006).

### **1.5.1. 3- La cadaverine**

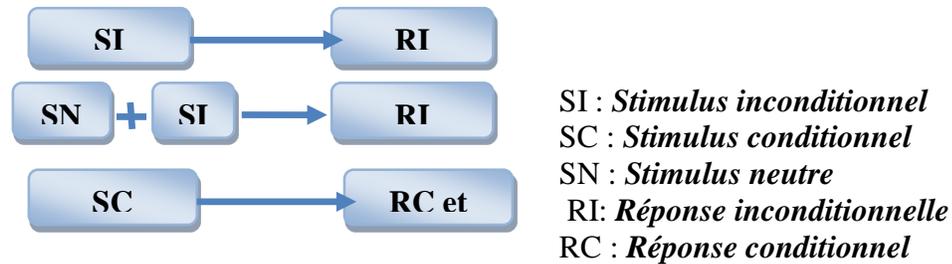
La cadaverine appelé aussi pentane-1,5-diamine est une ptomaïne formée par la désintégration de protéines animales après la mort. Elle est également produite en petites quantités par les êtres vivants et est partiellement responsable de l'odeur caractéristique de l'urine et du sperme. Elle est formée par la décarboxylation bactérienne de la lysine (Lewis, 2007 ; Zhang et al., 2014). Elle est soluble dans l'eau, l'éthanol et légèrement soluble dans l'éther éthylique. Elle est toxique et irritant pour la peau (Lewis, 2007 ; ChemEurope, 2011).

## **1.6.- Le conditionnement**

L'apprentissage, est le processus par lequel un organisme acquiert des connaissances nouvelles en modifiant son comportement sous l'effet des interactions avec les facteurs de son milieu pour mieux résister à ses multiples variations (biotique et abiotique) (Kieffer et Colgan, 1992 ; Dill, 1993). Elle permet à tout animal de s'adapter aux changements multiples et imprévisibles de leur environnement en constante évolution (Kieffer et Colgan, 1992). Plusieurs méthodes d'apprentissage existent. Chez les animaux notamment, il est réalisé de différentes façons : essais/erreurs, imitations, conditionnement.... La plus utilisée reste le conditionnement (Kirsch et al., 2004). Ainsi, existe-il deux grands types de conditionnement. D'abord celui étudié par Pavlov appelé conditionnement de type I ou répondant, permettant à un animal de prédire l'arrivée d'un danger ou la présence d'une récompense grâce à l'association d'un stimulus conditionnel avec un stimulus inconditionnel. Ensuite, le conditionnement de Skinner du nom d'opérant ou de type II, expliquant l'aptitude de certains animaux à prédire le résultat de leurs actions (Salotti et al, 2009, Kirsch et al., 2004, John D. Cone et Steven c. Hayes, 1980). Ainsi, les animaux adoptent des comportements particulièrement adaptés à leur environnement grâce aux conditionnements classiques et opérants (Pavlov, I.P. (1927) ; Skinner, B.F. (1953) cités par Salotti et al, 2009).

**Conditionnement de Type I (Répondant):** C'est *Ivan Petrovitch Pavlov*, un célèbre physiologiste Russe qui parla pour la première fois du conditionnement répondant. En effet, dans les années 1920, Pavlov s'intéressa à la digestion et est confronté à un difficile problème pratique qui est de faire saliver les chiens de laboratoire en dehors de la prise de nourriture. Il remarque qu'au cours des préparatifs d'avant expériences, rien qu'en voyant le matériel de l'expérimentateur, les chiens commencent déjà à saliver. Ainsi, il précéda systématiquement la présentation de la nourriture par un son, ce qui lui permet de procéder au recueil de la salive avant la consommation de nourriture par le chien. Ainsi, est né le premier protocole expérimental sur le conditionnement (Marc, 1977). La méthode de conditionnement de Pavlov ou conditionnement répondant consiste entre autre à associer d'abord un stimulus neutre (SN) et un stimulus inconditionnel (SI) et d'avoir une réponse

inconditionnelle. Ainsi, plusieurs stimulus inconditionnels sont utilisés (Aliment, décharge électrique, signes, images, son ...) ce qui donne lieu à plusieurs types de conditionnement dit répondant. On en distingue donc, le conditionnement appétitif quand le stimulus conditionnel est associé à un stimulus inconditionnel de type appétitif (la nourriture) et le conditionnement aversif lorsque le stimulus conditionnel est associé à stimulus inconditionnel de type aversif (Blazer et Vira, 2014). Pavlov constate que la réponse conditionnée (RC) s'amenuise puis disparaît si, de temps en temps on n'apporte pas le stimulus inconditionnel. D'où la nécessité de maintenir la liaison Stimulus conditionnel (SC) et stimulus inconditionnel (SI) pour obtenir un conditionnement durable. (Cone et Hayes, 1980; Marc, 1977 ; Hergenhahn, 1976) (Fig. 2).



**Figure 2: Schéma du conditionnement de type I (Pavlov)**

✚ **Le conditionnement opérant ou de type II :** Le deuxième type de conditionnement a été développé par BF Skinner (1904-1988). Skinner utilise le terme opérant pour s'opposer au qualificatif répondant du conditionnement de type I de Pavlov. Il est donc répondant en ce sens qu'un stimulus donne une réponse. L'animal subit la réponse. Le conditionnement opérant est un système où la réponse fait venir le stimulus qui porte le nom dans ce cas de renforçateur (Marc, 1977). C'est en d'autre terme, la situation environnementale de l'animal (poisson dans un aquarium avec une porte) qui fait que l'animal cherche une solution (il appuie sur la porte pour l'ouvrir et en conséquence, il est renforcé (Aliment : *Appétitif*). Cependant, tout comme dans le cas du conditionnement classique, le renforcement pourrait être aversif (Blazer et Vira, 2014).

Ces deux sortes de conditionnements accroissent les chances de survie d'un animal et notamment le poisson. Car, le conditionnement classique, en crée un système de signes et de symboles permettant l'anticipation d'événements significatifs, et le conditionnement opérant développe de patrons de comportements appropriés en réponse à ces événements significatifs. Les deux types de conditionnement dépendent également du renforcement (Hergenhahn, 1976).

### 1.6.1.- Conditionnement olfactif des poissons par imprégnation

Contrairement au système acoustique des poissons, les études sur le conditionnement olfactif de la carpe commune n'abondent pas. Encore moins quand il s'agit de conditionnement par imprégnation. Atéma et al., 1981 ont publié les résultats d'une étude menée sur le conditionnement des poissons à travers le pairage répété d'odeur d'acides aminés avec des récompenses alimentaires et le résultat était prometteur. Car, selon son étude, *Ameiurus spp* est conditionnable olfactivement car il arrive à faire la discrimination entre les acide aminé simple et complexes d'acides aminés. Plus récemment, Karplus, et al., 2007 arrivaient à conditionner des carpes visuellement et acoustiquement. Par cette expérience, les poissons arrivaient à reconnaître un son de 400 Hz et se diriger vers l'aliment (récompense). Plus près de nous, les études de Xhardez, 2013 et de Joseph, 2014 ont mis en évidence la possibilité de conditionnement olfactif de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) et ont essayé plusieurs techniques de conditionnement. Chez Xhardez, 2013, les poissons ont effectué des

déplacements préférentiels vers des mixtures d'Acides aminés après conditionnement. Par contre, les premiers essais d'imprégnation précoces à la solution de viandes de porc des œufs et des larves de *Joseph, 2014* n'ont pas encore montrés des résultats concluants. On supposerait le fait que les poissons de *Xhardez, (2013)* aient été conditionnés en phase juvénile pourrait influencer qu'ils soient mieux conditionnés car normalement le système nerveux devrait être mieux développé.

## II.- MATERIELS ET METHODE

### 2.1.- Matériels

#### 2.1.1.- Matériels biologiques

Comme matériels biologiques, nous avons utilisé pour la reproduction, 2 femelles de Carpe commune (*Cyprinus carpio*) souche CEFRA de respectivement 5 et 4 kg et 1 mâle de poids corporel de 2,4 kg. Après la reproduction, des laves sont utilisées pour conditionnement à la solution de viande de porc (SVP) et étude comportementale de déplacement vers la solution.

### 2.2.- Méthode

#### 2.2.1.- Reproduction et fécondation

Trois géniteurs (2 femelles et 1 male) sont sélectionnés parmi le stock de la souche CEFRA puis placés dans des bacs en plastiques et anesthésiés dans une solution de Benzocaïne (0,4 ml/l). Ils sont sélectionnés en fonction des signes de maturités: ventre mou et bien arrondi, papille génitale rouge et protubérante, légère palpation et pression abdominale laissant passer quelques ovocytes (femelle) et laitance (male). Ils ont ensuite été stockés dans des bassins (Bacs plastiques de 1000 l) séparés par sexe. La ponte et la spermiation ont été induites par une hormone de synthèse, l'OVAPRIM. Elle a été utilisée dans le but de synchroniser la ponte des femelles et la maturité gonadale du mal. L'injection est intra péritonéale. L'induction s'est réalisée en deux injections chez les femelles (préliminaire et définitive) à respectivement 0,05 ml/kg et 0,5 ml/kg réalisée à intervalle de 12 heures à 26 °C. La spermiation a été provoquée par une seule injection d'hormone soit 0,25 ml/kg au même moment que la dose définitive de la femelle. Ils ont ensuite été stockés dans leur bassin respectif. La reproduction est réalisée par fécondation à sec.

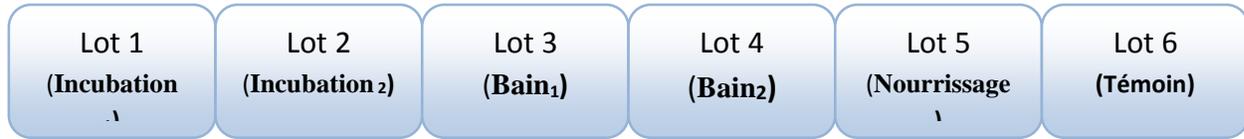
#### 2.2.1.6. - Incubation

Les œufs sont incubés à 22,5 °C dans des bouteilles de Zoug de capacité 1,5 litres reliées par des pompes pour assurer leur flottaison et des paniers dans des aquariums pour récupérer les larves une fois éclos. Ainsi, l'éclosion a eu lieu suivant plusieurs méthodes. La bouteille de Zoug 1 (*de gauche à droite dans fig. 3*) comprend le lot 1 (*incubatin<sub>1</sub>*) où l'éclosion est réalisée à la solution de viande de porc dose 1 (0,4 ml/l), soit 20 ml/50 litres 2 fois par jour. La deuxième comprend le lot 2 (*incubation<sub>2</sub>*) l'éclosion est réalisée à la SVP dose 2 (0,8 ml/l), soit 40 ml/50 litres 2 fois par jour. Les deux (2) autres ont été écloses normalement sans la solution de viande de porc (*Fig. 1*).



**Figure 3 : Les œufs en incubation**

Pendant la période d'incubation, des mesures de température et du taux d'oxygène de l'eau ont été prélevées. Les œufs non œillés ont été enlevés afin d'éviter toute attaque de champignons. A deux jours post fécondation (PF), le taux de fécondation a été déterminé dans chaque bouteille. A six jours post-fécondation, toutes les larves ont été récoltées dans les paniers, puis transférées dans 6 aquariums de capacité 50 litres en circuit ouvert à raison de 500 par aquarium (fig. 4).



**Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental**

**Légende :**

- **Incubation dose 1 :** incubation à la solution de viande de porc à 0.4ml/l (*Zéro SVP en élevage larvaire*)
- **Incubation dose 2 :** incubation à la solution de viande de porc à 0.8ml/l (*Zéro SVP en élevage larvaire*)
- **Bain dose 1 :** Bain à la solution de viande de porc à 0.4ml/l (*Zéro SVP en incubation*)
- **Bain dose 2 :** Bain à la solution de viande de porc à 0.8ml/l (*Zéro SVP en incubation*)
- **Nourrissage :** nourrissage à aliment à la solution de viande de porc (*Zéro SVP en incubation*)
- **T :** Témoin (*Zéro SVP*)

### 2.2.2.- *Le conditionnement et élevage larvaire*

Le conditionnement des carpes a été réalisé à une solution de viande de porc (*Sus scrofa domesticus*) contenant probablement des polyamines biogènes notamment la putrescine, l'histamine et la cadaverine. Il a été réalisé suivant plusieurs méthodes. Les lots 1 et 2 (**Incubation 1 et 2**) ont été imprégnés de la fécondation jusqu'à la résorption de la vésicule vitelline à la solution de viande de porc (**SVP**) à doses respectives de 0.4ml/l et 0.8 m l/l. Les lots 3 et 4 (**Bain 1 et 2**) ont subi un conditionnement classique aux mêmes doses que les précédents de type appétitif pendant 35 jours post-éclosion (**JPE**) où la solution de viande de porc a été utilisée comme stimulant conditionnel (SC) et l'aliment comme stimulant inconditionnel (SI). Jusqu'au 16<sup>ème</sup> JPE (*Jour Post Eclosion*), le lot 5 (**nourrissage**) a été nourrit normalement du gemma micro 150 à 300 microns. A partir du 17<sup>ème</sup> JPE, il a été soumis à un aliment fabriqué à la solution de viande de porc (**SVP**) dans une sorte de conditionnement classique simultané. Le témoin a été nourrit au Gemma micro 150, 300 et 500 micron jusqu'au 35<sup>ème</sup> JPE.

#### 2.2.2.1.- *Solution de viande de porc*

Pour la réalisation de notre expérience de conditionnement, bien que l'objectif soit de conditionner les poissons à la détection de cadavres d'humains en cas de catastrophes en milieu naturel, nous avons de préférence utilisé une solution de viande de porc (**SVP**) afin d'obtenir une solution rapprochant celle des cadavres humains. Cette solution a été préparée à l'unité de Biologie du Comportement de l'Université de Liège (UBC/Ulg) en mélangeant 2 kg de viande porc (Jambes de porc) dans 30 litres d'eau laissés en milieu ambiant pour décomposer pendant 7 jours à 22-25 degrés Celsius. Une solution similaire a été préparée dans le cadre du Travail de *Ferrari, 2014* et a été soumise à des analyses au laboratoire de CHU. La présence de plusieurs composés volatils et toxiques ont été identifiés notamment le phénol, le méthyl phénol, diméthyl di et tri-sulfide (*Composé volatils produisant des odeurs de viande pourrie*).

### 2.2.2.2.- Procédure expérimentale

Le conditionnement par imprégnation des œufs a été réalisé pendant 5 jours (*Période de développement embryonnaire*) et par bain et aliment imprégné de type classique pour les alevins. Ce dernier coïncidait avec l'élevage larvaire et l'alevinage en partie car il a été mené pendant les 35 JPE. D'abord les lots 1 et 2 (*incubation 1 et 2*) imprégnés à la solution de viande de porc (*SVP*) à respectivement 0,4 ml/l, soit 20 ml/ 50 litres et 0,8 ml/l, soit 40 ml/50 litres en deux bains quotidiens des œufs à partir de la fécondation jusqu'à la mise en charge. Après la mise en charge, les lots 3 et 4 (*Bain 1 et 2*) contenant 500 individus chacun ont été soumis à des bains quotidiens à la solution de viande de porc (*SVP*) chaque heure pendant 8 heures à respectivement 0.2 ml/l et 0,4 ml/l. Les ½ doses ont été décidées en considérant le renouvellement total de chaque aquarium qui a été de 0,5/heure pour un débit de 0.41 l/s. Le lot 5 (*Nourrissage*) a été soumis avec un aliment préparé à la solution de viande de porc (*SVP*) (45 % de protéines : voir annexe 1) à partir du 17<sup>ème</sup>JPE jusqu'à la fin de l'élevage (35<sup>ème</sup> JPE). Un dernier lot éclos sans la solution de viande de porc (*SVP*) et nourri au gemma micro (150 à 300 microns) est utilisé comme témoin (*T*). Tous les lots ont été nourri pendant la durée de l'expérience au gemma micro (150 à 300 microns, 59 % de protéines), sauf le lot 5 à partir du 17<sup>ème</sup> JPE (*Fig. 5*). Les aquariums sont nettoyés et les morts sont enlevés 2 fois par jour. La température moyenne de 21,5 °C et le taux d'oxygène dissous moyen de 7,5 ppm (*Voir annexe 3*) ont été enregistrés au cours de l'expérience. Une mesure hebdomadaire de poids à partir du 15<sup>ème</sup> jour de mise en charge jusqu'au 35<sup>ème</sup> jour a été prélevée. Elle a été réalisée en prélevant d'abord 50 individus par lot puis les séchés et les pesés pour avoir le poids du lot et enfin, le poids individuel en a été déduit.

	Jour 1	Jour 5	J 15	J 17	J 22	J 29	J 35
<i>Prise de poids</i>			<i>Pesée 1</i>		<i>Pesée 2</i>	<i>Pesée 3</i>	<i>Pesée 4</i>
<b>Lots/phases</b>	<b>Fécondation</b>	<b>Éclosion</b>	<b>Conduite de l'élevage</b>			<b>Fin</b>	
<b>ESVP1</b>	Début ESVP 1(0.4 ml/l)						
<b>ESVP2</b>	Début ESVP 2(0.8ml/l)						
<b>BSVP1</b>		Début BSVP (0.4 ml/l)					
<b>BSVP2</b>		Début BSVP (0.8ml/l)					
<b>ASVP</b>				Début d'ASVP			
<b>Témoin</b>		Début d'alimentation					

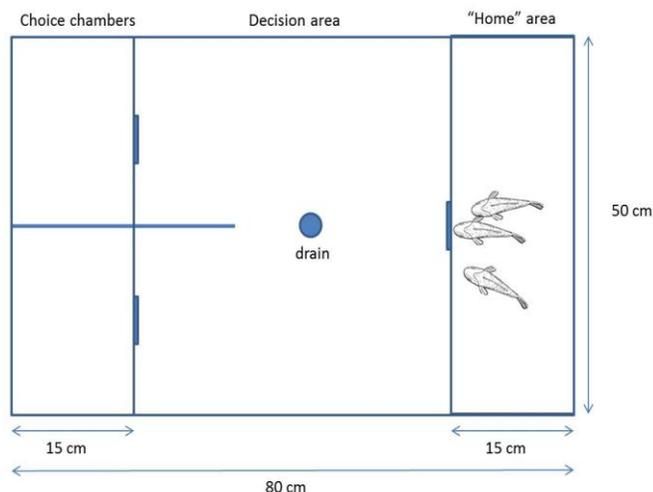
Figure 5: Schéma du déroulement de l'expérience par phase et par dose

### 2.2.3.- Méthode d'observation

Après 35 JPE, 60 individus dans chaque traitement sont transférés à UBC /Ulg (l'Unité de Biologie du Comportement de l'Université de Liège) pour l'étude de leur comportement (*l'évaluation de leur préférence olfactive par déplacement ou non vers la solution de viande de porc et le temps passé à proximité*).

#### 2.2.3.1.- Structure expérimentale

La structure expérimentale (*Fig. 6*) est composée de 2 aquariums de 200 L (80x50x50cm), rempli uniquement à 80 litres d'eau d'écloserie. Chacun de ces 2 aquariums présentent un compartiment central (50x50 cm) et 2 compartiments latéraux (50x15 cm) fermés par des portes. Ces compartiments latéraux sont formés par des cloisons qui peuvent être enlevées (*Fig. 6 a*). Un tube par lequel des substances arriveront est attaché dans les compartiments latéraux (*Fig. 6 b*). Des dispositions sont prises pour éviter que les poissons ne voient l'expérimentateur (*Fig. 6 b*). Au-dessus de chaque aquarium est placée une caméra qui filme et enregistre la séance expérimentale et envoie les données sur un ordinateur. Ces données sont traitées et exploitées manuellement.



**Figure 6 : a) Croquis reprenant la dimension de la structure expérimentale d'étude de comportement b) Photo de la structure expérimentale**

#### 2.2.4.- Réalisation des tests

40 alevins sont sélectionnés aléatoirement pour chaque lot parmi les 60 et sont soumis à des tests de groupe de 10, soit 4 tests par lot. 30 ml de SVP sont versés dans un compartiment et 30 ml d'eau de l'écloserie (neutre) dans l'autre. Les compartiments sont choisis de façon aléatoire. Ensuite les portes sont ouvertes et les comportements sont enregistrés pendant 10 minutes à l'aide d'une caméra connectée à un ordinateur.

#### 2.2.5.- Analyse statistique

A partir des enregistrements vidéo, les variables de sortie : nombre de déplacement (pénétration) de alevins dans chaque compartiment et le temps qu'au moins 50 % passent à proximité de chaque compartiment ont été relevés, traités et analysés à l'aide des logiciels *Excel* et *Statistica 10*. Le terme proximité dans notre cas signifie à l'intérieur des espaces délimités devant chaque compartiment (*Fig. 6b*). Les résultats sont donc exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type. La variable nombre de pénétration étant quantitatif discrète et de petit échantillonnage, le test non paramétrique de **Wilcoxon** pour échantillons appariés a été utilisé pour mettre évidence l'effet de l'imprégnation des œufs ou des larves. Le test appariés a été choisi en raison que les alevins une fois dans l'aquarium étaient soumis aux deux critères possibles (**Eau et SVP**). La vérification de l'homoscédasticité pour le temps passés à proximité des compartiments des variances pour chaque lot montre que les données suivent une distribution normale, ainsi, le test paramétrique **de student** pour échantillons appariés est utilisé pour comparer l'effet de l'imprégnation en fonction de la variable de sortie temps moyen à proximité. Ces tests nous permettent de mettre en évidence l'influence de la SVP sur les déplacements et les temps passés à proximité pour chaque lot. Le test de Friedman pour comparaisons multiples de rang moyen a été utilisé pour comparer tous les lots entre eux. Les autres paramètres sont comparés tantôt par ANOVA de Fisher, tantôt par Student pour échantillons indépendants en fonction de la distribution. Un effet a été considéré comme significatif pour un p-value inférieur à 0,05.

## III.- RESULTATS

### 3.1.- Les paramètres physiques au cours de l'expérience

La température moyenne au cours de l'expérience est de 21.5 °C et le taux d'oxygène moyen est de 7.5 ppm. Aucune différence significative n'a pu être relevée par comparaison d'ANOVA de Fisher dans les deux cas ( $p\text{-value température}=0.864575$  et  $p\text{-value oxygène}=0.110074$ ).

### 3.2.- Taux de fécondation

Les œufs qui sont incubés à la solution de viande de porc présentent un taux de fécondation moyen de 87 % alors que 91 % en moyenne des œufs incubés sans la solution de viande de porc ont été fécondés. Cependant, aucune différence significative entre les 2 traitements n'a pu être démontrée via l'ANOVA de Fisher ( $p\text{-value} : 0.12993$ ). Ainsi, on peut dire que la solution de viande de porc n'a pas eu d'effet sur la fécondation.

### 3.3.- Suivi de croissance

Quatre prises (*pesées*) de poids ont été effectuées au cours de l'expérience et les alevins sont passés en moyenne de 0.02 à 0.45 g en 35 jours (*fig. 7*). La présence de la solution de viande de porc (SVP) n'a pas eu d'effet négatif sur la croissance car, le résultat de l'ANOVA de Fisher n'a montré aucune différence significative entre les différents traitements ( $p\text{-value}=0.9762$ ).

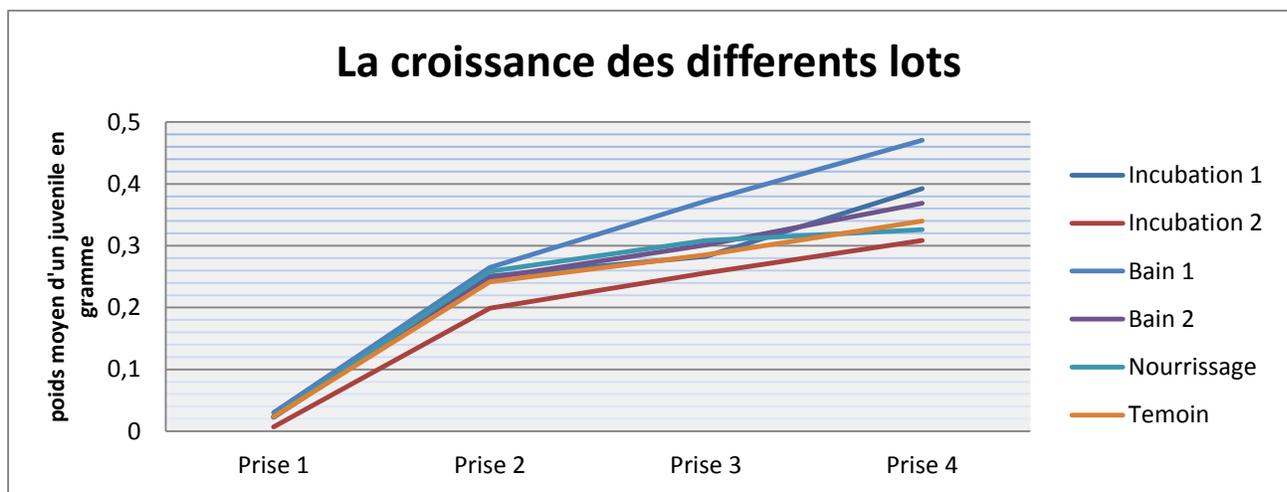
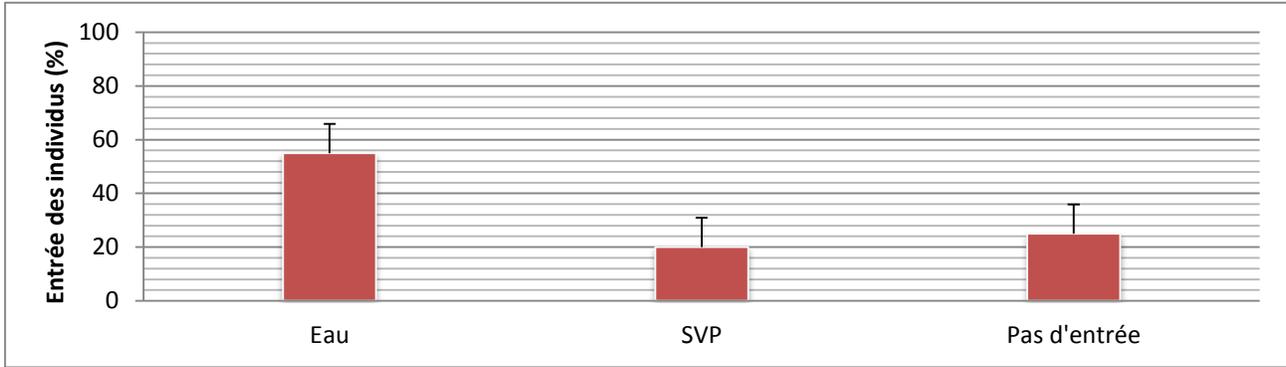


Figure 7: Comparaison de croissance au cours de l'expérience

### 3.4.- Déplacement des larves et temps moyens passé à proximité

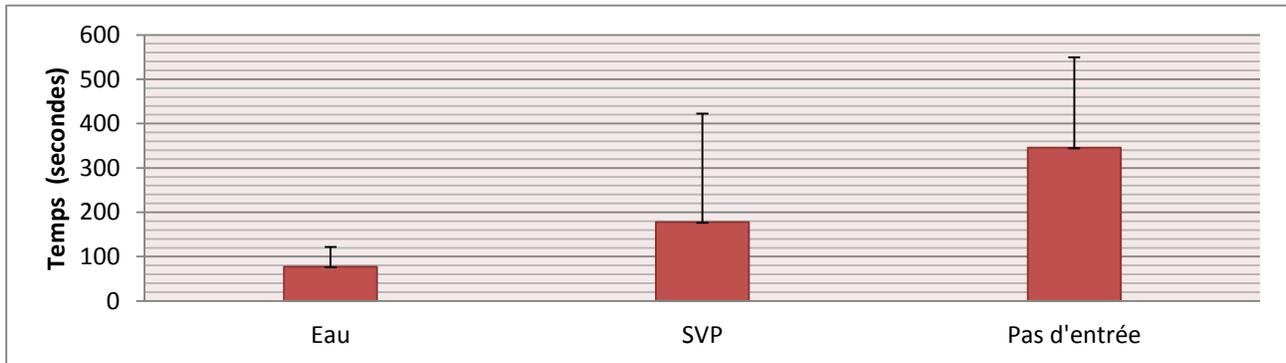
#### 3.4.1.- Témoins (zéro solution de viande de porc)

Les résultats du lot témoin montrent que les alevins se déplacent préférentiellement vers le compartiment où l'eau est versée (55 % contre 20 %). Le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne montre cependant, aucune différence significative entre les comportements de déplacement vers la SVP et l'eau ( $p\text{-value}=0,067$  et  $Z=1,825742$ ). Ainsi, on peut conclure que la présence de la solution n'a pas eu d'effet négatif sur le déplacement des larves (*fig.8*).



**Figure 8 :** Comparaison du déplacement moyen vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot à zéro solution de viande de porc (témoin)

Pour le temps moyen passé à proximité, les valeurs obtenues laissent voir à première vue une préférence pour le compartiment où la solution de viande de porc est versée car, les juvéniles ont passé en moyenne 178 secondes près du compartiment de la SVP contre 77 secondes pour celui de l'eau. Par contre, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence par le test de Student pour échantillons appariés ( $p\text{-value}=0.533$ ) (fig. 9).

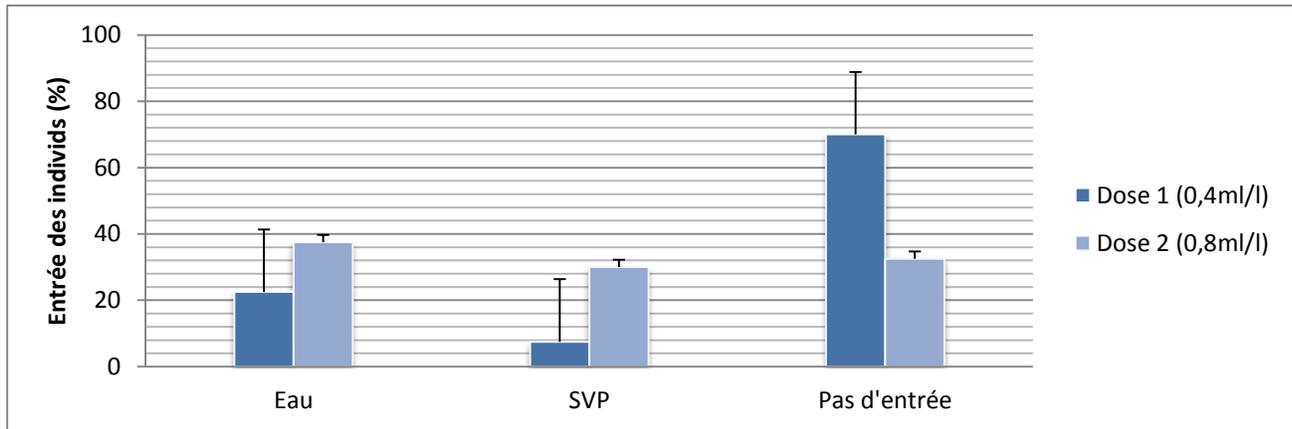


**Figure 9 :** Comparaison du temps moyen (secondes, +ET) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot à zéro solution de viande de porc (témoin).

### 3.4.2.- Incubation doses 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l)

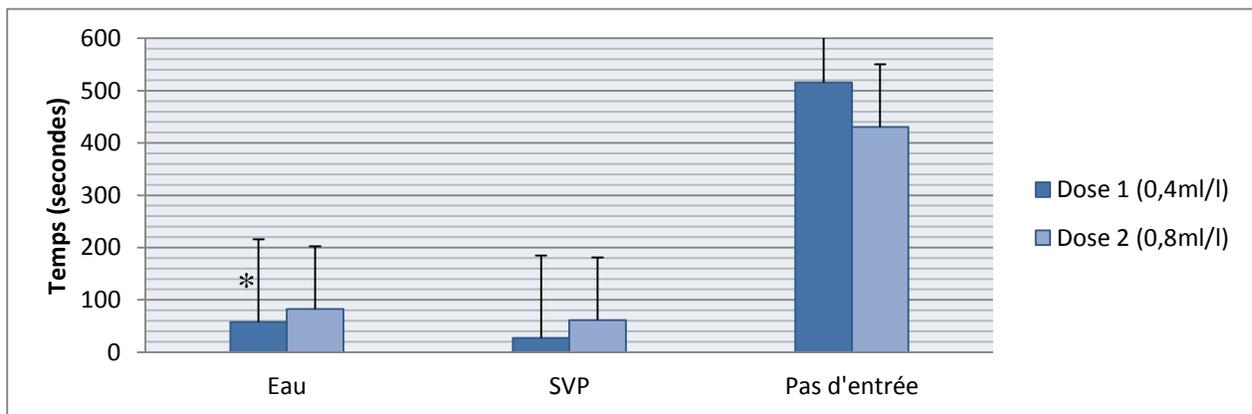
Les différents déplacements enregistrés dans le lot incubé à dose 1 (0,4ml/l) montrent qu'il y a une préférence de déplacement des alevins vers le compartiment où l'eau est versée contre celle où la solution de viande de porc est versée car, 8 % seulement entrent vers la SVP contre 22 % qui pénètrent dans le compartiment de l'eau. Cependant, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne nous permet pas de conclure sur la présence d'une différence statistique significative car, la  $p\text{-value}$  (0.0108) est supérieure à la valeur seuil limite (Fig. 10).

Comme pour le lot 1, les alevins du lot incubé à la dose 2 (0,8ml/l) ont pénétrés préférentiellement dans le compartiment où l'eau est versée par rapport à celle où la solution de viande de porc est versée, 38 % contre 30 %. Le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne met pas en évidence non plus une différence significative ( $p\text{-value}=0.42$ ), ce qui nous laisse conclure que la présence de la solution de viande de porc n'a pas eu effet sur les différents déplacements vers les compartiments (Fig. 10).



**Figure 10: Comparaison du déplacement (% d'individu) vers les compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots incubés à la solution de viande de porc dose 1 et 2 (0.4ml/l et 0,8ml/l)**

En ce qui a trait au temps moyen passé à proximité des compartiments, les alevins du lot incubation 1 sont restés préférentiellement près du compartiment où l'eau est versée par rapport à celle où la solution de viande de porc est versée avec des temps moyens respectifs de 58 secondes et 27 secondes. Le test de Student pour échantillons appariés met en évidence la présence d'une différence significative entre les temps passés à proximité des 2 compartiments ( $p\text{-value}=0.0111$ ). Ainsi, la solution de viande de porc aurait probablement un effet sur le temps passé à proximité pour le lot incubé à la dose de 0,04ml/l de SVP. Par contre, aucune différence significative n'a pu être démontrée pour le lot incubé à la dose de 0,8ml/l de SVP ( $\text{eau} = 83 \text{ secondes}$  et  $\text{SVP} = 62 \text{ secondes}$ ) (fig. 11) car, la valeur  $t=0,676$  issue du test de student pour échantillons appariés est inférieure à la valeur critique de Student (3.182) pour la distribution ( $p\text{-value}=0.744$ ).

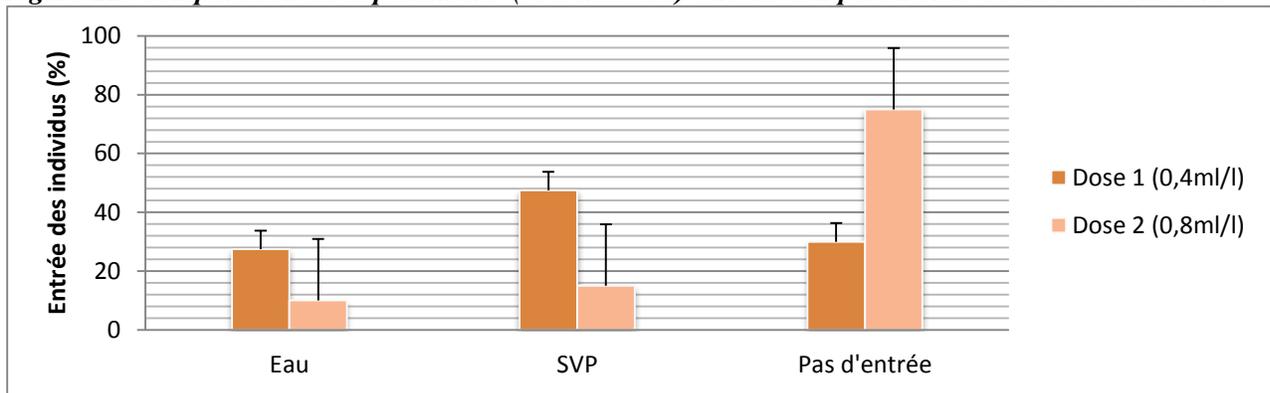


**Figure 11: Comparaison du temps moyen (secondes) passé à proximité des compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots incubés à la solution de viande de porc dose 1 et 2 (0.4ml/l et 0,8ml/l)**

### 3.4.3.- Bain dose 1 et 2 (0,4ml/l et 0,8ml/l)

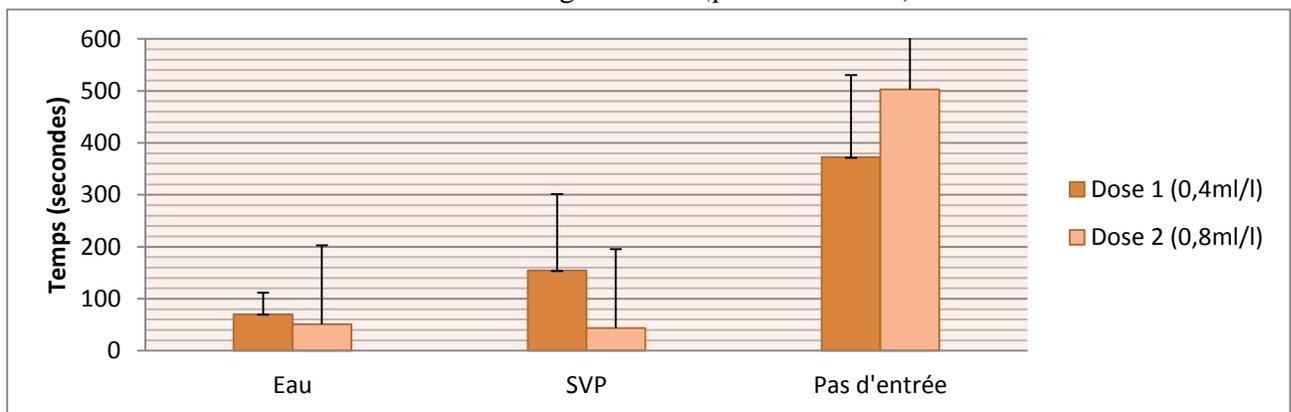
La comparaison de déplacement pour les alevins traités en bain quotidien à la solution de viande de porc à la dose de 0,4ml/l montre un déplacement positif vers le compartiment où la *SVP* est versée (48 % contre 27%). Cependant, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne révèle aucune différence significative entre les pénétrations dans les 2 compartiments (*fig. 12*) ( $p\text{-value}=0.108$ ). Alors que 10 % des alevins du lot de la dose de 0,8ml/l ont déplacé vers le compartiment où l'eau est versée contre 15 % vers la *SVP*. Comme pour le précédent lot, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne relève aucune différence entre les 2 ce qui laisse présager que la présence de la solution n'a pas eu d'effet sur les déplacements vers l'un ou l'autre compartiment ( $p\text{-value}=0.422$ ) (*fig. 12*).

**Figure 12: Comparaison du déplacement (% d'individu) vers les compartiments où les solutions sont**



*versées (SVP et eau) pour les lots en bain quotidien à la SVP dose 1 et 2 (0.4ml/l et 0,8ml/l)*

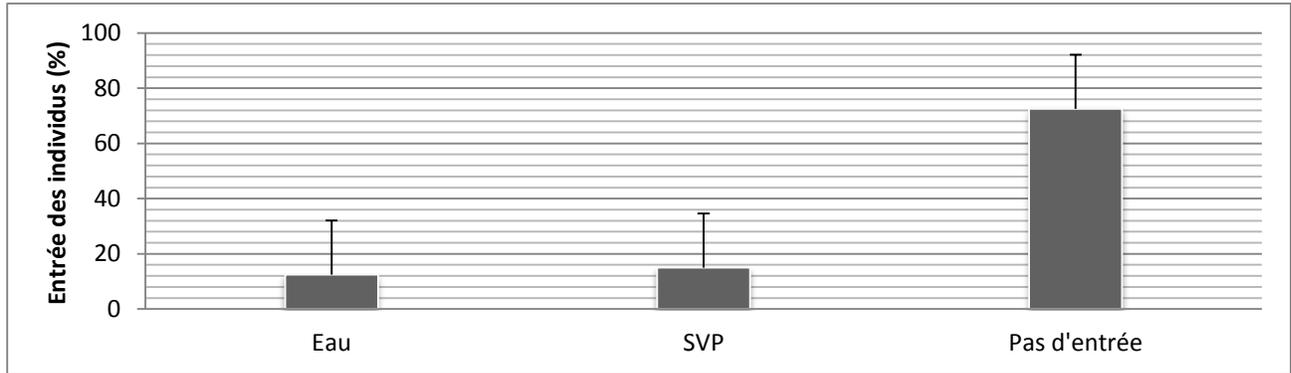
La comparaison du temps moyens passé à proximité des compartiments par les alevins du lot élevé en bain quotidien à la solution de viande de porc (*SVP*) dose 0,4ml/l, montre qu'ils passent en moyenne 154 secondes près du compartiment de la *SVP* contre 70 secondes près du compartiment de l'eau (*Fig13*). Par contre, le test de Student pour échantillons appariés ne permet pas de mettre en évidence aucune différence significative entre les traitements ( $p\text{-value}=0.349$ ). Pour la dose 0,8ml/l, les données montrent peu de différences de valeurs entre les traitements (51 secondes pour l'eau contre 44 secondes pour la *SVP*). Le test de Student pour échantillons appariés renforce cette affirmation en ne mettant en évidence aucune différence significative ( $p\text{-value}=0.574$ ).



**Figure 13: Comparaison du temps moyen (secondes) passé à proximité des compartiments où les solutions sont versées (SVP et eau) pour les lots en bain quotidien à la SVP dose 1 et 2 (0.4ml/l et 0,8ml/l)**

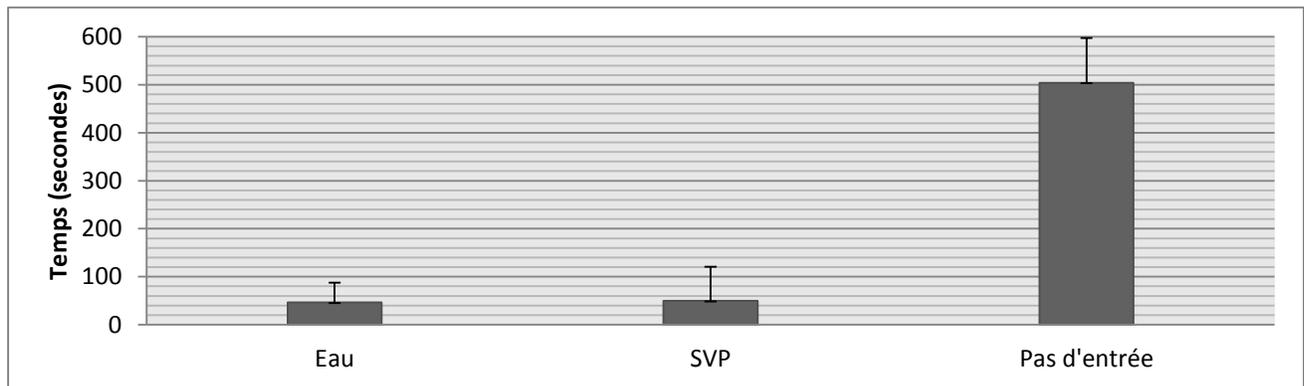
### 3.4.4.- Nourrissage à l'aliment SVP

Pour le lot soumis à l'aliment imprégné la solution de viande de porc, les résultats enregistrés montrent que 13 % des alevins se sont dirigés préférentiellement vers le compartiment de l'eau et 15 % vers celui où la SVP est versée (fig. 14). Comme pour tous les précédents traitements, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ne nous montre aucune différence significative entre eux ( $p\text{-value}=0,654$ ).



**Figure 14:** Comparaison du déplacement moyen vers les compartiments ou les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot nourri à l'aliment SVP

Pour le temps passé à proximité des compartiments par le lot nourri à l'aliment imprégné à la solution de viande de porc, on enregistre un temps moyen de 46 secondes près du compartiment de l'eau contre 50 secondes près du compartiment de la SVP (fig. 15). De ce fait, il n'existe aucune différence significative par comparaison au test de Student pour échantillons appariés ( $p\text{-value}=0,931$ ).



**Figure 15:** Comparaison du temps moyen (secondes, +ET) vers les compartiments ou les solutions sont versées (SVP et eau) pour le lot nourri à l'aliment SVP

En résumé, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence, ainsi, la présence de la solution de viande de porc n'aurait aucune influence sur le déplacement et le temps passé à proximité vers l'une ou l'autre compartiment par les alevins. La comparaison de tous les lots entre eux ne montre aucune différence,  $p\text{-value}=0,161$ .

## IV.- DISCUSSIONS

Chez les téléostéens, beaucoup de substances chimiques odorantes induisent des comportements divers en fonction de l'espèce grâce au système chimiosensoriel (*système olfactif*) (Valdés and Olivares, 2015). Certains mettent en évidence l'efficacité du système olfactif en affirmant que les poissons notamment les salmonidés détectent facilement l'odeur humaine et la classent parmi les substances qui lui sont répulsives. Beaucoup d'études mettent en évidence le développement de la mémoire chez les poissons à partir de la perception visuelle, cependant, des études très concluantes affirment que le sens olfactif est le mieux relié avec le cerveau et en conséquence influencerait au mieux le développement de la mémoire (Kerller et al, 2004). La carpe commune (*Cyprinus carpio*), comme la majorité des ostariophyses, fait partie des téléostéens à système chimiosensoriel très développé. De ce fait, elle possède une bonne capacité de détection par identification de molécules odorantes grâce aux papilles de son système olfactif servant de récepteurs pour divers types de molécules odorantes (Rolen et al, 2003). Ainsi, ce système lui sert à rechercher ses congénères (*comportement grégaire, reproduction, ...*), sa nourriture dans le milieu et à assurer sa défense contre les prédateurs (Brusle, J., & Quinard, J.P., 2004 ; Sorensen and Caprio, 1998 ; Heinen, 1980). Vivant préférentiellement dans les fonds des eaux en milieu naturel, le développement de ce système est entre autre le moyen efficace utilisé par ce dernier pour survivre. Car, non seulement la lumière manque mais aussi, beaucoup de substances nécessaires à sa survie à odeurs, goûts, et couleurs divers y sont en circulation continue. Ainsi, Atema et al, 1980 mettent en évidence chez la carpe en situation expérimentale, un changement de comportement et notamment un changement de mouvement sous l'effet de signaux chimiques des aliments perçus par son système olfactif, ce qui augmente ou diminue l'appétit. D'autres auteurs mettent affirmant que son système olfactif a la capacité de discriminer des substances, particulièrement des mixtures d'acides aminés et des acides aminés libres, par l'apprentissage (conditionnement) (Saglio et al, 1990 ; Xhardez, 2013 ; Sepchat, 2013). Ainsi, la carpe est capable d'apprendre à partir de son système olfactif et à modifier son comportement en conséquence. Cependant peu d'études, mettent en évidence la capacité d'apprentissage précoce de la carpe commune, encore moins par imprégnation. C'est-à-dire, par pénétration des œufs ou par bain précoce des larves fraîchement écloses de substances qui peuvent influencer leur comportement futur notamment des substances odorantes. Dans la majorité des cas consultés, elles tiennent surtout compte des mécanismes olfactifs chez la carpe adulte. C'est dans cette optique que notre étude, continuité de l'expérience de Joseph, 2014, bien que méthodologiquement modifiée, met en évidence l'apprentissage précoce tantôt par imprégnation des œufs, tantôt par conditionnement des larves.

Globalement, aucune différence significative n'a pu être démontrée. Ainsi, la solution de viande de porc n'a pas d'effet sur les comportements. Donc, les alevins n'étaient pas conditionnés. Une similarité avec les résultats de l'étude de Joseph, (2014) peut être mise en évidence (**tab. 1**), tout au moins pour les traitements reconduits. Exception faite (*dans mon cas*) dans le temps moyens passés à proximité des compartiments où la présence d'un effet de la solution de viande de porc ( $p\text{-value}=0,011$ ) a été mise en évidence chez le lot incubé à la dose 1 [(0.4ml/l) à la **SVP**]. Même le lot nourrissage à **SVP** (*aliment imprégné de la solution de viande de porc*) présente la même tendance (*Absence de différences significatives, c'est-à-dire, pas d'effet de la solution de viande de porc*). Ce qui nous permet d'avancer dans notre cas, que les alevins de carpe ne soient pas réellement conditionnés par imprégnation des œufs et des larves.

Tout laisse à croire que l'absence de conditionnement précoce par imprégnation obtenue dans l'étude pour l'une ou l'autre traitement est liée soit aux caractéristiques biologiques et comportementales de l'espèce (*Cyprinus carpio*), soit aux conditions expérimentales ou à la substance

odoriférante (*solution de viande de porc*) utilisée pour le conditionnement comme stimulant conditionnel... Voyons donc au cas par cas en fonction des différents traitements utilisés.

**Tableau 1 : Comparaison des résultats obtenus avec ceux obtenus par Joseph (2014)**

Traitement	Doses	Résultats Mercius, (2015)		Résultats Joseph (2014)	
		Entrées	Temps	Entrées	Temps
<i>Incubation à la solution de viande de porc</i>	1(0,4ml/l)	DNS	DS	DNS	DNS
<i>Eclosion à la solution de viande de porc</i>	2(0,8ml/l)	DNS	DNS		
<i>Œufs cadaverine juvéniles cadaverine*</i>				DNS	DNS
<i>Œufs normaux juvéniles</i>		_____	_____	DNS	DNS
<i>Bain quotidien à la solution de viande de porc</i>	1(0,4ml/l)	DNS	DNS		
<i>Bain quotidien à la solution de viande de porc</i>	2 (0,8ml/l)	DNS	DNS		
<i>Aliment imprégné à la solution de viande de porc</i>		DNS	DNS		
<i>Témoin</i>		DNS	DNS	DNS	DNS

\*Thème utilisé par **Joseph, (2014)** pour décrire la solution de viande de porc.

**DS** : Différence significative ; **DNS** : Différence non significative

Les résultats de déplacements obtenus pour les témoins montrent que les alevins se sont préférentiellement déplacés vers le compartiment où il n'y a que de l'eau versée. Ainsi, ils évitent donc celui où la solution de viande de porc est versée. Cependant, aucune différence statistique via le test de Wilcoxon n'a pu être mise en évidence. Ainsi, pour le temps passé à proximité des compartiments, aucune influence de la solution n'est mise en évidence par Student. Bien que statistiquement aucune différence n'est mise en évidence, les données laissent voir un évitement du compartiment où la SVP est versée. L'absence de différence statistique est probablement due au petit nombre d'observation utilisé. D'autre en plus, le risque d'erreur Beta est inconnu. Comme démontré précédemment, la présence de certains composés odorants dans l'eau déclenche des comportements innés diverses chez les poissons. Selon l'espèce et les substances, différents comportements sont détectables. Certains odeurs répulsives pour certains peuvent être attractives pour d'autres (*Kasumyan, 2010*). Ainsi, des cyprinidés soumis à des diamines (Cadaverine et putrescine) issues de la chair en décomposition, montrent des réactions d'évitement innées (*Hussain et al., 2013*). Le poisson zèbre mort, de la même famille que la carpe, émet des signaux chimiques qui induisent des comportements de défense innés (*augmentation du niveau de cortisol défensif*) chez les congénères (*Oliveira, et al., 2014, Hussain et al., 2013*).

La décomposition de la viande de porc, selon les analyses de laboratoire de *Ferrari, (2014)*, montre qu'elle contient des composés aromatiques volatiles notamment phénoliques, lui conférant une odeur de viande pourrie. Probablement, elle contient aussi la cadaverine et la putrescine. Cependant, aucune analyse des substances dissoutes n'est encore effectuée. Les deux composés (Cadaverine et putrescine) chez bon nombre de vertébrés jouent le rôle de repères sociaux pour le marquage de territoire, pour induire une réponse au stress... Bien que chez les carnivores et carnassiers leur présence dans un milieu induisent un comportement alimentaire, chez certains cyprinidés, ces substances (la cadaverine et la putrescine) accompagnées d'autres substances issues de la décomposition de cadavres (di et tri-méthylsulfides, phénol...) produisent des réactions plutôt répulsives innées (*Hussain et al., 2013*). Le phénol et ses dérivés sont particulièrement connus pour

avoir des effets toxiques (Lewis, 2007 ; Zhang et al., 2014). Ainsi, dans notre cas, ne serait-ce pas l'effet répulsif et toxique des composés de la solution de viande de porc qui pousse les alevins à entrer préférentiellement dans le compartiment (neutre) où l'eau est versée et rester à proximité dans un souci d'évitement. Bien que d'autres études montrent l'attractivité des amines biogènes pour la carpe (Sepchat, 2013 ; Xhardez, 2013), dans notre cas, l'effet répulsif est mis en évidence chez les individus témoins. Nos résultats sont encore renforcés par ceux de Joseph, (2014) et Ferrari, (2013) pour le même traitement (*non conditionné*).

Les ovocytes des poissons téléostéens sont couverts par une enveloppe non cellulaire d'une épaisseur de 10 à 10,2  $\mu\text{m}$  nommée le zona radiata (Shabanipour and Hossayni, 2010). La surface interne est protéique et a pour rôle de protéger l'ovocyte et la surface externe neutre, est formée d'acides mucopolysaccharides (*glycoprotéines, phospholipide, etc.*) qui servent à fixer l'œuf aux substrats (Shabanipour and Hossayni, 2010 ; Riehl et Patzner, 1998). En plus de la structure de surface, l'enveloppe possède des microvillosités et des pores (Park et Kim, 2001). Le zona radiata joue donc un rôle important dans les processus de reproduction en servant d'interface entre l'œuf et le sperme, mais aussi et surtout comme une interface entre l'embryon et son environnement immédiat (Murata, et al., 1997). La carpe commune pond généralement des œufs de 1.2 à 1.8 mm diamètre (Brusle & Quinard, 2004 ; Nikolsky, 1963). Les pores de l'enveloppe permettent le transport de matières vitellogéniques au cours de l'ovogenèse avant l'exposition des ovocytes à l'environnement externe (Stehr et Hawkes, 1979). Mansour et al. 2008 ont rapporté que l'enveloppe externe est composée de 9 types de protéines, dont 4 sont des glycoprotéines et sont probablement la cause du caractère collant des œufs de carpe. En fin de vitellogénèse, les pores de la couche externe perdent leur fonction. Il est par conséquent mis en évidence chez la carpe qu'une fois la vitellogénèse achevée, les pores jouent plutôt un rôle de protection et servent à l'imperméabilité de l'œuf en renforçant sa rigidité (Shabanipour and Hossayni, 2010).

Les lots qui étaient soumis à la solution de viande de porc pendant l'incubation (*fig. 5*), ne présentent pas des résultats significatifs, sauf le temps à proximité pour le lot 1 (*incubation à dose 0,4ml/l*). Donc, il est fort probable qu'ils ne soient pas imprégnés. Ainsi, même la dose doublée, *0,8ml/l* ne présente pas d'effet. Cependant, beaucoup d'études mettent en évidence l'imprégnation des œufs de poisson par des substances diverses en vue de contrôler ou d'orienter certains mécanismes biologiques, comportementaux, etc. Ce qui prouve la perméabilité de l'enveloppe des œufs de certaines espèces à certaines substances. Par contre, chez la carpe commune, des recherches montrent qu'il est fort probable que l'œuf soit imperméable sinon très sélectif en ce qui a trait aux échanges avec l'extérieur une fois fécondé. Une forte mortalité a été observée chez des larves de carpes soumises au dichromate de potassium après éclosion par rapport à des larves dont les œufs étaient soumis à ce même composé (Krejci et al, 2006).

La présence de substances liées aux cadavres dans la solution notamment la cadaverine et la putrescine a été mise en évidence car les témoins ont eu un comportement d'évitement mettant en cause le caractère répulsif de ces dernières. Il faut signaler qu'après éclosion, le plus bas taux de mortalité a été observé chez les lots incubés à la solution de viande de porc. L'existence de certains composés toxiques issus de la décomposition de cadavre a clairement été prouvée (Lewis, 2007). Donc, l'imperméabilité ou la perméabilité très sélective des œufs peut être à l'origine de l'absence d'imprégnation chez ces lots. C'est d'autant vraisemblable, puisqu'après fécondation, les œufs ont été traités au tanin afin de rendre rigide leur enveloppe. Bien qu'une différence significative ait pu statistiquement montrer en ce qui a trait au temps moyen passé à proximité des compartiments chez le

lot1 (*Incubation à la dose 0,4ml/l*), un réel effet ne peut pas être mis en cause. Non seulement ce résultat est contraire à la majorité des traitements dans les mêmes conditions expérimentales, mais aussi, il faut considérer le peu de répétitions par traitement qui pourrait à l'origine d'imprécisions de données. Le caractère grégaire de la carpe commune peut aussi être évoqué pour ce lot (*Couzin et al., 2005*). Ainsi, il est probable que la différence significative observée soit due au hasard (*Effet résiduel*).

Chez les poissons, la chémoréception, c'est à dire, la capacité de détecter des signaux chimiques externes, est fourni par les systèmes olfactif et gustatif, et le sens chimique commun. Ces systèmes jouent un rôle primordial dans la vie des poissons, car l'environnement aquatique en comparaison avec l'air crée les conditions particulières de la communication chimique, à savoir, pas de restrictions sur le poids moléculaire pour des molécules de signalisation, la maintenance continue des composés odorants etc. (*Kasumyan, 2010*). Beaucoup d'études se sont intéressées à la structure des systèmes chimiosensoriels (olfactif et gustatif) chez les poissons. Cependant, la majorité des données sont liées aux organismes adultes. Ainsi, la limite des études sur les petits spécimens (larves/juveniles) est liée à la difficulté d'analyser la structure des petits organes ainsi que la vulnérabilité des embryons et juveniles immatures de la plupart des poissons. L'organe olfactif, une partie périphérique du système olfactif commence à se former à des stades embryonnaires précoces du développement des poissons. Chez certaines espèces, les cellules de récepteurs olfactifs (neurones sensoriels) se trouvent déjà dans les embryons qui sont encore sous le revêtement (*Kasumyan, 2010*). Le développement et la période de la sensibilité olfactive à différents types d'odeurs induisant des réactions diverses varient d'une espèce à autre et sont en conformité étroite avec le comportement des juveniles et avec le niveau de développement des autres systèmes sensoriels. Par exemple, les juveniles de nombreuses espèces de carpes au tout début de la période larvaire, même au stade de l'alimentation mixte, répondent à des signaux chimiques naturels de danger (*défense*) (*Døving et al., 1994 ; Kasumyan, 2010*).

Comme cité ci-dessus, l'apprentissage permet à un animal de se conformer au changement de son environnement afin de survivre. Ainsi, des facteurs peuvent influencer le processus d'apprentissage. Citons notamment le renforcement qui peut être de plusieurs natures. Car, il a un effet de stimulant de mémoire et donc une motivation d'apprentissage (*Lieberman, 1990*). Dans le cadre de notre travail, les lots conditionnés en bain continu à la solution de viande de porc (*voir matériels et méthodes*) ne sont pas influencés par la *SVP*. Les résultats obtenus pour les 2 variables de sortie (déplacement et temps moyen à proximité des compartiments) ne mettent pas en évidence une influence de la solution sur le comportement des alevins des deux lots. Des recherches affirment qu'une fois éclos, les juveniles de carpe sont déjà capables de répondre à certains stimulus olfactifs notamment des solutions d'acides aminés et extraits alimentaire (*Døving et al., 1994*). C'est pourquoi, dans le cadre de notre étude, des lots ont été conditionnés en bain à la solution de viande de porc (*SVP*) (*stimulant conditionnel*) avec l'alimentaire jouant le rôle de stimulant inconditionnel dans un type de conditionnement opérant classique. Donc, les alevins de carpe étaient exposés à l'aliment et en conséquence, pouvaient associer l'odeur de la solution de viande de porc à celle de l'aliment. Il faut dire que, les données dans ce cas, laissent comprendre que le faible nombre de sujet par test pouvait influencer le résultat, car, non seulement la variabilité est élevée entre les différents tests, mais aussi, du point de vue numérique, les alevins se sont toujours préférentiellement orientés vers la *SVP* que ce soit pour les déplacements et pour le temps passé à proximité (*fig. 12 et 13*). Une comparaison montre que, dans l'ontogenèse de nombreux poissons, la sensibilité aux signaux chimiques alimentaire se pose et mûrit plus tard que la sensibilité aux odeurs suscitant les réactions défensives. Donc, les premières réponses à des stimuli d'odeurs de nourriture chez la carpe (*Cyprinus carpio*) seraient dans le milieu de la période larvaire (*Kasumyan et Ponomarev, 1990*). Ainsi, nous pouvons attribuer l'absence

d'influence de la **SVP** sur le comportement des larves des deux lots en bain à la **SVP** (0,4 et 0,8ml/l) par un système olfactif peu développé et de fonction peu complète. Car, notre période de conditionnement s'étendait sur 30 JPE, alors que la période larvaire (alevinage) chez la carpe commune dure entre 45 et 60 jours (FAO, 1992). Donc, la période du début de la capacité de la carpe commune à donner des réponses conditionnées coïncide avec la fin de notre expérience. En conséquence, le peu de temps imparti pour l'expérience pourrait être aussi à l'origine de l'absence d'effet et le non-conditionnement des alevins des lots en bain. Ce qui voudrait dire qu'il n'est pas possible de conditionner les carpes trop tôt.

L'alimentation exogène chez la carpe commune commence entre 60 à 80 degrés-jours. C'est-à-dire en environ 3 jours à 27 °C après l'éclosion (FAO, 1992). La prise alimentaire pendant cette période larvaire est surtout liée à des réflexes innés. Ce sont donc des réactions non spécialisées qui visent surtout à détecter des proies pendant les premières alimentations (Doving et al., 1994).

Comme la plupart des traitements, la solution de viande de porc n'a pas d'effet sur le déplacement et le temps passé à proximité par le lot nourri à l'aliment imprégné de la **SVP**, et en conséquence, il n'y a pas eu de conditionnement. L'aliment a été préparé en l'imprégnant de la **SVP**. Cependant, le début de l'alimentation pour ce test a eu lieu 17<sup>ème</sup> JPE, ce qui ne se coïncidait pas encore avec la période des premières réponses innées à des stimuli olfactifs alimentaire (Kasumyan et Ponomarev, 1990). Ce choix est fait par le fait que la première partie (16 premiers jours) de la phase larvaire, la carpe est très fragile car ses systèmes de défense ne sont pas encore bien développés. De ce fait, un aliment bien équilibré était nécessaire. En plus, la très probable présence de composés aux caractères toxiques et répulsifs pouvait compromettre la survie des larves fraîchement écloses. Ainsi, de J1 à J16 PE, le lot était nourri normalement avec du gemma micro (150 à 300) protéiné à 59 %. Néanmoins, l'appétence des alevins a diminué et un léger ralentissement de la croissance a été observé à partir du 17<sup>ème</sup> JPF. L'aliment à la **SVP** était moins protéique (45 %) que le gemma micro et en conséquence de moindre appétibilité, mais de qualité énergétique acceptable (Annexe 1). Cependant, la diminution de la prise alimentaire et en conséquence de la croissance s'assimilerait probablement aux caractères toxiques et répulsifs de certains composés de la **SVP**. La présence des amines biogènes (cadaverine, putrescine et histamine) aux caractères répulsif et toxique à forte dose a probablement occasionné la baisse de prise alimentaire. Il faut noter une forte mortalité enregistrée dans le lot nourrissement à partir du début de l'alimentation avec l'aliment imprégné à la solution de viande porc. Ainsi, les cas de mortalité sont surtout observés les matins après le début de l'alimentation. Avant qu'ils meurent, les sujets affaiblis présentent des battements operculaires lents et une nage erratique avant de tomber dans le fond de l'aquarium. Toutefois, chaque matin, avant le début de l'alimentation, les alevins présentent toujours une allure normale. Cependant, la présence des amines biogènes notamment la cadaverine, la putrescine et l'histamine dans le régime alimentaire des vertébrés a un effet indésirable à dose élevée et varie spécifiquement. Elle provoque entre autre une diminution de la pression artérielle, de légères augmentations de l'hématocrite, de la concentration en hémoglobine, et des thrombocytes (Lewis, 2007 ; ChemEurope, 2011). Ainsi, probablement, la faible prise alimentaire, les cas de nages erratiques et faiblesse physique, la diminution de la croissance et les cas de mortalité élevée, sont dû aux caractères répulsif et la toxicité de certains composés (cadaverine, putrescine et histamine) de la **SVP**.

## V.- CONCLUSION

Nos résultats fournissent de bonnes pistes pour des recherches futures sur le conditionnement alimentaire de la carpe commune par rapport à la solution de viande de porc et particulièrement la cadaverine, la putrescine et l'histamine. Car, la base moléculaire et cellulaire des amines biogènes et autres composés de la solution de viande de porc (*SVP*) ainsi que les récepteurs sensoriels (olfactif) qui les détectent ne sont pas bien connus. Ainsi, le prolongement de la période de conditionnement notamment pour le lot nourrissage serait un bon moyen pour conclure sur le conditionnement précoce, car numériquement, les alevins se sont toutefois déplacés vers la *SVP* ce qui laisse entrevoir un début d'effet. D'autres techniques devront être testées afin d'augmenter les possibilités d'avoir des résultats prometteurs et concluants.

En effet, Il serait intéressant de reprendre l'étude sur les mêmes angles avec des innovations et modifications surtout sur le temps de l'expérience sur toute la période d'alevinage, de ne plus utiliser si possible de substances (tanin) de renforcement de la rigidité de l'enveloppe de l'œuf, de réaliser des analyses afin d'identifier les composés de la solution de viande de porc (*SVP*). Enfin, d'augmenter le nombre de test par traitement afin de diminuer la variabilité et en conséquence de diminuer d'éventuelles erreurs. Car, les résultats obtenus bien que statistiquement non significatifs, sont prometteurs sur la possibilité de conditionnement olfactif précoce (*œufs et larves*) de la carpe commune par imprégnation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFSSA, (2006).** *Histamine*, Fiche de description de danger transmissible par les aliments, *Coordination scientifique de l'Agence française des Sécurité Alimentaires*
- Anderson, G. S. & Hobischak, N. R., (2004).** Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada, *International Journal of Legal Medicine*, 118(4), 206-9. Doi : 10.1007/s00414-004-0447-2
- Atema J. and Derby C., (1981).** The Function of chemo- and mechanoreceptors in lobster (*Homarus americanus*) Feeding behavior, *J. exp. Biol.* (1982). 98, 317-327
- Atema, J., (1980).** Chemical senses, chemical signals, and feeding behavior in fishes, *international center for ling aquatic resources management*.
- Ayers Laura E., (2010).** Differential decomposition in terrestrial, freshwater, and saltwater environments: a pilot study. *Texas State University-San Marcos*.
- Bajer P. G., Lim H., Travaline M. J., Miller B. D., Sorensen P. W., (2010).** Cognitive aspects of food searching behavior in free-ranging wild common carp, *Env. Biol. Fishes*, doi:10.1007/s10641-010-9643-8, 88, 295-300.
- Balon E. K. and Crawford S. S., (1994).** Alternative life histories of the genus *Lates niloticus*. Early ontogeny of *L. niloticus*. The rainwater Lillifish, *Env. Biol. Fish.* 40. 349-389
- Bazaes, A., Olivares J., and Schmachtenberg, O., (2013).** Properties, projections, and tuning of teleost olfactory receptor neurons. *Journal of Chemical Ecology*. 39, 451-464. Doi:10.1007
- Billard R. 1995 :** Hydrobiologie et Aquaculture, les carpes, Biologie et élevage, *INRA*.
- Braubach, O.R., Fine A., and Croll, R.P., (2012).** Distribution and functional organization of glomeruli in the olfactory bulbs of zebrafish (*Danio rerio*). *J. Comp. Neurol.* 520, 2317-2339.
- Brusle, J., and Quinard, J.P., (2004).** Biologie des poissons d'eau douce européens. *Paris, France :TEC et DOC*.
- Cone J.D. et Hayes S. C., (1984).** Environnemental problem of behavioral solution, *Cambridge University, Printed In USA, 94001, ISBN 0521-319730*.
- Couzin, I., Krause, J., Franks, N.R. and Levin, S.A., (2005).** Effective leadership and decision-making in animal groups on the move. *Nature*, 433,513-516.
- Daghfous G., Green, W. W., Zielinski B. S., Dubu, R., (2012).** Chemosensory-induced motor behaviors in fish, *Science Direct, Neuroethology*, 10.009, DOI10.10162011.
- Derby C. D. and Sorensen P. W., (2008).** Neural Processing, Perception, and Behavioral Responses to Natural Chemical Stimuli by Fish and Crustaceans, *Journal Of Chemical Ecology*, 34:898–914.

- Doving, K. B., Selset, R. and Thommesen, G., (1980).** Olfactory sensitivity to bile acids in salmonid fishes. *Acta Physiol. Scand.* 108, 123–131.
- Doving, K.B., Mårstøl, M., Andersen, J.R., et al. (1994).** Experimental Evidence of Chemokinesis in Newly Hatched Cod Larvae (*Gadus morhua* L.), *Mar. Biol.*, vol. 120, pp. 351- 358.
- Dumeril M. C., (1807).** Mémoire sur l'odorat des poissons. *Nouveau Bulletin des Sciences, Tome 1, Paris*, 1807-1809 (pp. 14-15).
- Edwards, J. G., and Michel, W. C., (2002).** Odor-stimulated glutamatergic neurotransmission in the zebrafish olfactory bulb. *Journal of Comparative Neurology*, 3,294–309. DOI: 10.1002/cne.10445.
- El Hassan Hamdani and Kjell B. Døving, (2002).** The alarm Reaction in Crucian Carp is Mediated by olfactory Neurons with long Dendrites, Division of Physiology, *Department of Biology, University of Oslo*, 27 (4), 395-8.
- El Hassan Hamdani and Kjell B. Døving, (2006).** Specific Projection of the Sensory Crypt Cells in the Olfactory System in Crucian Carp, *Carassius carassius*, *Department of Molecular Biosciences, University of Oslo, PO Box 1041, Blindern, 0316 Oslo, Norway*, 31(1): 63-67.doi: 10.1093.
- Escoudero Garcia et al., (1997).** Modelo de calidad del habitat para el carzo (*Capreolus capreolus* L.) con resolucion estadistica en estudios mediambientales. *EMAGG. Universidad nacional de la plata, Argentina*.
- FAO, (1992).** Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar, Document Technique N°4, FI : DP/MAG/88/005...
- FAO, (2007).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2006. *FAO Fisheries department* : Roma.
- Ferrari F., (2014).** Processus de conditionnement aux stimulus olfactifs chez la Carpe commune (*Cyprinus carpio*), *mémoire pour un Master en Biologie des organismes et Ecologie, Faculté de des Sciences, Département des Sciences et Gestion de l'environnement, Unité de Biologie de Comportement, Université de Liège, UBC/Ulg*.
- Friedrich, R. W., Yaksi, E., Judkewitz , B. and Wiechert M. T., (2009).** Processing of odor representations by neuronal circuits in the olfactory bulb. *Annals of the New York Academy of Science*, 1170, 293–297. DOI: 10.1111.
- Fuller, C.L., and Byrd, C. A., (2005).** Ruffed cells identified in the adult zebrafish olfactory bulb. *Neurosci. Lett.* 379, 190–194.
- Fuller, C.L., Yettaw, H. K., and Byrd, C.A., (2006).** Mitral cells in the olfactory bulb of adult zebrafish (*Danio rerio*): morphology and distribution. *Journal of Comparative Neurology*. 499, 218–230.
- Hansen, A. and Finger, T.E., (2000).** Phyletic distribution of crypt-type olfactory receptor neurons in fishes. *Brain Behav. Evol.*, 55, 100–110.
- Hansen, A., Rolen, S. H., Anderson, K., Morita Y., Caprio, J., and Finger, T. E., (2003).** Correlation between olfactory receptor cell type and function in the channel catfish. *J. Neurosci*, 23, 9328–9339.

- Heinen, J. M., (1980).** Chemoreception in decapods Crustacea and chemical feeding stimulants as potential feed additives. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 11:319-334, DOI: 10.1111.
- Hergenhahn, B.R., (1976).** An introduction to theories of learning, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Herrick C. J., (1908).** On the phylogenic differentiation of the organs of smell and taste, *Journal of comparative neurology and psychology*, 157–166, DOI: 10.1002/cne.920180205.
- Hosseini, S. V., Hamzeh, A., Moslemi, M., Lashkan, A. B., Iglesias, A. And Feás, X., (2013).** Effect of Delayed Icing on Biogenic Amines Formation and Bacterial Contribution of Iced Common Carp (*Cyprinus carpio*), *Molecules*, 18 (12), 15464-15473; doi:10.3390.
- Ichikawa, M. and Ueda, K., (1977).** Fine structure of the olfactory epithelium in the goldfish, *Carassius auratus*. A study of retrograde degeneration. *Cell Tissue Res.*, 183, 445–455.
- J. Muller, (1845).** Manuel de Physiologie Vol. 1, Paris, Ed. chez J.B. Bailliere, 1845.
- James D. Kieffer 1. And Patrick W. Colgan, (1992).** The role of learning in fish behavior, *Fish Biology and Fisheries*, 2, 125-143.
- Joseph J. R., (2014).** Conditionnement des carpes communes (*Cyprinus carpio*) à la détection olfactive des composés aromatiques de décomposition de cadavres par imprégnation des œufs et des larves, *mémoire pour un Master Complémentaire en Aquaculture, Faculté des sciences*, Ulg/CEFRA.
- Kapoor, B.G., Von der Emde, G., Mogdans, J., (2004).** Adaptations for the receptions of natural stimuli, *The senses of FISH*.
- Karplus, I., Zion, B., Rosenfeld, L., Grinshpun, Y., Slosman, T., Goshen Z., and Barki A., (2007).** Social facilitation of learning in mixed-species schools of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 71 (4), 1023-1034. Doi :10.1111/j.1095-8649.2007.01568.
- Kasumyan, A. O., (2010).** Functional Development of chemosensory Systems in the Fish Ontogeny. *Russian Journal of Development Biology*, 2011, Vol, 42, 3, 173-179, doi: 10.1134.
- Kasumyan, A.O., and Ponomarev, V.Yu. (1990).** Formation of the Food Search Response to Natural Chemical Signals in the Ontogeny of Carp Fish, *Vopr. Ikhtiol.* vol. 30, no. 3, pp. 447–456.
- Keller, M., Perrin, G., Ferreira G., Levy F., (2004).** Cortical and medial amygdala are both involved in the formation of olfactory offspring memory in sheep. *European Journal of neuroscience*, 20:3433-41.
- Kermen F., Franco, L. M. Wyatt C., and Yaksi E., (2013).** Neural circuits mediating olfactory-driven behavior in fish. *Frontiers in neural circuits*, 62 (7), 1-9. Doi: 10.3389.
- Kirsch, I., Lynn, S. J., Vigorito, M., and Mille R.R., (2004).** The Role of Cognition in Classical and Operant Conditioning, *Journal of Clinical Psychology*, DOI: 10.1002/jclp.10251.
- Kojima, T., Ito, H., Komada, T., Taniuchi, T., and Akamatsu, T., (2005).** Measurements of auditory sensitivity in common carp *Cyprinus carpio* by the auditory brainstem response technique and cardiac conditioning method, *Fisheries Science*, Volume 71, Issue 1, pages 95–100, DOI: 10.1111.

**Krejačí, R., Palikova, M. (2006).** Potassium Dichromate as a Reference Substance for Embryonic Tests of Toxicity in the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *ACTA VET. BRNO*, 75: 259–263.

**Laberge, F., and Hara, T.J., (2001).** Neurobiology of fish olfaction: A review. *Brain Research Reviews*, 36, 46-5.

**Lewis, R.J., (2007).** Hawley's Condensed Chemical Dictionary 15<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY 2007, pp. 20.

**Lim, H., & Sorensen, P.W., (2012).** Common carp implanted with prostaglandin F2 $\alpha$  release sex pheromone complex that attract conspecific males in both laboratory and field. *Journal of Chemical Ecology*, 38 (2), 127-134. Doi :10.1007/s10886-012-0062-5.

**Mansour, N.,Lahnsteiner, F., McNiven, M. A., Richardson, G. F., (2008).** Morphological characterization of Arctic char, *Salvelinus alpinus*, eggs subjected to rapid post-ovulatory aging at 7 °C, *aquaculture*, doi:10.1016, 204–208

**Manteifell, Y.B., and Karelina, M.A., (1996).** Conditioned food aversion in the gold fish, *Carrassius auratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 115A (1), 31-35.

**Marshall, J., (2006).** Adaptations for the Reception of Natural Stimuli. Fish and Fisheries, *The Senses of Fish*, 7: 76–77. Doi: 10.1111.

**Michael P. Oberdorff T, (1995).** Feeding habits of fourteen european Fresh water fish species. *Cybium* 19(1), 5-46.

**Murata, K., Sugiyama, H., Yasumasu, S., Iuchi, I.,\* Yasumasu, I. and Yamagami, K., (1997).** Cloning of cDNA and estrogen-induced hepatic gene expression for choriogenin H, a precursor protein of the fish egg envelope (chorion), *Proc Natl Acad Sci U S A*, 94(5): 2050–2055.

**Nelson J. (1984).** Fishes of the World (2<sup>nd</sup> edn). John Wiley and Sons: New York.

**Nikolsky, G.V., (1963).** The Ecology of Fishes, (Translated by L. Birkett). *Rev Fish Biol Fish. Academic Press. London*, 352 pp. In Kamler, E. (2002). 12 : 79-103.

**Njouokou, S., Tchoumboue, J., Nguenga, D., Pouomogne, V., Gaillard, J., Sulem, S. and Bidzanga. N., (2013).** Détermination des caractéristiques de maturité sexuelle du *Cyprinus carpio* en zone d'altitude Camerounaise, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(2) : 649-656.

**Oliveira, T. A., Koakoski, G., Costa da Motta, A., Luis Piato, A., Barreto, R.E., Luiz Volpato, G., Barcellos, L. J. G. (2014).** Death-associated odors induce stress in zebrafish. *Hormones and behavior*, 65 340-344.

**Park, J., Kim, I., (2001).** Fine structures of oocyte envelopes of three related Cobitid species in the genus *Iksookimia* (Cobitidae). *Ichthyol. Res.* 48, 71–75.

- Parker G. H., (1910).** Olfactory reaction in Fishes, *Journal of Expérimental Zoology*. Vol 8, no 4 ; 535-542.
- Parmentier, E., Vandewalle, P., Brié, C., Dinraths, L. and Lecchini, D., (2011).** Comparative study on sound production in different Holocentridae species. *Front. Zool.* 8, 12.
- Parmentier<sup>1</sup>, E., Kéver, L., Boyle, K., Corbisier, Y., Sawelew, L. and Malavasi, S., (2013).** Sound production mechanism in *Gobius paganellus* (Gobiidae), *The Journal of Experimental Biology* 216, 3189-3199.
- Pavlov, I.P., (1927).** Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex (translated by G. V. Anrep). *Oxford University Press*.
- Richelle M., (1977).** BF SKINNER ou le péril behavioriste, *psychologie et sciences humaines*. PIERRE MARDAGA, EDITEUR.
- Rider J. M. et Bauchaut R., (1984).** L'olfaction Chez les téléostéens, « *Equipe de neuroanatomie comparée* », *laboratoire d'Anatomie comparée, Société française d'ichtyologie*, vol. 8, n°1, pp. 9-14.
- Riehl, R., Patzner, R.A., (1998).** Minireview: the modes of egg attachment in teleost fishes. *Italian J. Zool.* 65, 415–420.
- Rolin, S. H., Sorensen P. W., Mattson, D., and Carpio, J. (2003).** Polyamines as olfactory stimuli in the goldfish *Carassius auratus*. *The Journal of Experimental Biology* 206, 1683-1696-1683, Doi :10.1242.
- Saglio, P., (1979).** Interactions sociales chez les poissons, *I.N.R.A., Laboratoire de Physiologie des Poissons* 78350 JOUY EN JOSAS, France, 173-184.
- Saglio, P., Fauconneau, B., and Blanc, J. M., (1990).** Orientation of carp, *freshwater carp* to free amino acids from tubifex extract in an olfactometer. *Journal of fish Biology*, 37, 887-898.
- Salotti J. M., Lepretre F., Berthet P., Ceccaldi B., Gomond N., (2009).** Essai de conditionnement classique et opérant appliqué à un robot, *Ecole Nationale Supérieure de Cognitive*.
- Sato, Y., Miyasaka, N. and Yoshihara, Y., (2007).** Hierarchical regulation of odorant receptor gene choice and subsequent axonal projection of olfactory sensory neurons in zebrafish. *J. Neurosci.* 27, 1606–1615.
- Schultz, K., (2004).** Ken Schultz's field guide to freshwater fish. *Hoboken, NJ : John Wiley & Sons*.
- Sepchat E., (2013).** **Attractivité olfactive et processus de conditionnement chez la carpe commune (*Cyprinus carpio*)**, mémoire pour un Master en Biologie des organismes et Ecologie, Faculté de des Sciences, Département des Sciences et Gestion de l'environnement, Unité de Biologie de Comportement, Université de Liège, UBC/Ulg.
- Séverine LECLERC, (2001).** Glucuronoconjugaison dans les organes olfactifs : rôles dans la protection du cerveau et dans le métabolisme de molécules odorantes et de médicaments, *thèse de doctorat en science du médicament, nancy university de, france*, 225 pages.

**Shabanipour, N., Hossayni, S.N., (2010).** Histological and ultrastructural study of Zona Radiata in oocyte of common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758), *Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran.*

**Sokolov, E. N. et al., (2001).** Vector representation of associative learning. *Neuroscience and Behavioral physiology*, **31**(2), 133-8.

**Sorensen, P. W. and Caprio J., (1998).** Chemoreception. In: Evens DH, *The physiology of fishes. CRC LLC, New York*, 375-5405.

**Stacey, N.E., Wisenden, B., and P.W. Sorensen., (2002).** Chemical Communication in Fish. *E.O.L.S.S. website.*

**Stadler S., (2013).** Analysis of the Volatile Organic Compounds Produced by the Decomposition of Pig Carcasses and Human Remains, *Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Applied Bioscience, University of Ontario Institute of Technology.*

**Stehr, C.M., Hawkes, J.W., (1979).** The comparative ultrastructure of the egg membrane and associated pore structures in the starry flounder *Platichthys stellatus* (Pallas) and pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum), *Cell Tissue Res*, **202**, 347–356.

**Thommesen, G., (1978).** The spatial distribution of odour induced potentials in the olfactory bulb of char and trout (Salmonidae). *Acta Physiol. Scand.*, **102**, 205–217.

**Thommesen, G., (1983).** Morphology, distribution, and specificity of olfactory receptor cells in salmonid fishes. *Acta Physiol. Scand.*, **117**, 241–249.

**Valdés, J. and Olivares J., (2015).** Analysis of olfactory sensitivity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reveals their ability to detect lactic acid pyruvic acid and four b vitamins, *Fish Physiol Biochem*, **41**:879-885, Doi:10.1007.

**Wechsler, D., Walther, B., Jakob, E., Winkler H., (2009).** Importance des amines biogènes dans l'alimentation et présence dans les différents fromages, *Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-3003 Berne, ISSN 1661-0814.*

**Xhardez S., (2013).** Evaluation du pouvoir d'attractivité des acides Aminés sur le sens de l'odorat de la carpe Commune (*cyprinus carpio*, cyprinidae) en vue de Leur utilisation dans un paradigme de Conditionnement olfactif, *mémoire pour un Master en Psychologie et des Sciences de l'Education, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Ulg.*

**Yamamoto, Y., Hino, H. and Ueda, H., (2010).** Olfactory Imprinting of Amino Acids in Lacustrine Sockeye Salmon. *journal.pone*, **5**(1): 8633. DOI:10.1371.

**Yan, H. Y., and Popper, A. N., (2000).** An automated positive reward method for measuring acoustic sensitivity in fish. *Behaviour Research Methods, instruments & computers*, **23**(3), 351-356.

**Zeiske, E., Kasumyan, A., Bartsch, P. and Hansen, A., (2003).** Early development of the olfactory organ in sturgeons of the genus *Acipenser*: A comparative and electron microscopic study. *Anat. Embriol.*, **206**, 357–372.

**Zhang, Y., Qin, N., Luo, Y., Shen, H., (2014).** Effects of different concentrations of salt and sugar on biogenic amines and quality changes of carp (*Cyprinus carpio*) during chilled storage, DOI 10.1002.

### **Sites et pages internet consultés**

Biogenic Amines, Technical Bulletin, 899 Adams Street/St. Helena Ca 94574, <http://www.etslabs.com/>

*Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 6 juillet 2015. URL  
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/poissons/>

Encyclopedia of Chemistry. *Cadaverine*, <http://www.chemeurope.com/en>.  
Fishbase: *Species summary for Cyprinus carpio diversity*  
[ummz.umich.edu/local/redirect.hp/http://www.fishbase.org](http://ummz.umich.edu/local/redirect.hp/http://www.fishbase.org)).

<http://neurobranches.chez-alice.fr/systnerv/systsens/physiogene1.html>

## ANNEXES

### *Annexe 1: Formulation d'aliment a la cadaverine*

Ingrédients	Composition des ingrédients				Composition de la ration				
	<i>PB</i>	<i>LB</i>	<i>Glucides</i>	<i>% R</i>	<i>Masse (g)</i>	<i>PB</i>	<i>LB</i>	<i>Glucides</i>	<i>ED (kcal/100g)</i>
<i>Farine de muscle de morue</i>	89	4	0	38	1520	33.82	1.52	0	769.6292
<i>Farine de gluten de blé</i>	80	6	10	14	560	11.2	0.84	1.4	278.2738
<i>Huile de foie de morue</i>	0	100	0	7.6	304	0	7.6	0	256.462
<i>Amidon</i>	0	0	100	27.4	1096	0	0	27.4	235.64
<i>alpha-cellulose</i>	0	0	0	6	240	0	0	0	0
<i>Prémix minéral</i>	0	0	0	1	40	0	0	0	0
<i>Prémix vitaminé</i>	0	0	0	1	40	0	0	0	0
<i>CMC</i>	0	0	0	2	80	0	0	0	0
<i>BHA</i>				1	40				
<i>BHT</i>	0	0	0	1	40	0	0	0	0
<i>Attractant, bêtaïne</i>	0	0	0	1	40	0	0	0	0
<b>Total</b>				<b>100.0</b>	<b>4000.0</b>	<b>45.02</b>	<b>9.96</b>	<b>28.80</b>	<b>1540.01</b>

**Annexe 2: Taux d'œuf œillés (Taux de fécondation)**

Traitement	(Incubation SVP 1)	(Incubation SVP 2)	(incubation sans SVP 1)	(incubation sans SVP 1)
Taux	85%	88%	90%	92%

**Annexe 3: Prise des poids (gramme) hebdomadaire après la mise en charge**

Date	Incubation SVP 1 (0.4ml/l)			Incubation SVP 2 (0.8ml/l)			Bain SVP 1 (0.4ml/l)			Bain SVP 2 (0.8ml/l)			Aliment SVP			Témoïn		
	50 ind.	500 ind.	1 ind.	50 ind.	500 ind.	1 ind.	50 ind.	500 ind.	1 ind.	50 ind.	500 ind.	1 ind.	50 ind.	500 ind.	1 ind.	50 ind.	500 ind.	1 ind.
6/23/2015	1.1233	11.233	0.022	0.3455	3.455	0.007	1.52	15.2	0.03	1.17	11.7	0.023	1.25	12.5	0.025	1.1817	11.817	0.024
6/30/2015	12.549	125.49	0.251	9.944	99.44	0.199	13.24	132.4	0.265	12.39	123.9	0.248	12.67	126.7	0.253	12.092	120.92	0.242
7/7/2015	14.127	141.27	0.283	12.795	127.95	0.256	18.61	186.1	0.372	15.08	150.8	0.302	15.48	154.8	0.31	14.269	142.69	0.285
13/7/2015	19.623	196.23	0.392	15.423	154.23	0.308	23.52	235.2	0.47	18.42	184.2	0.368	16.22	162.2	0.324	17.003	170.03	0.340

*Annexe 4: Paramètres physique (Oxygène et température) enregistrés au cours de l'étude*

Date	Incubation SVP 1 (0.4ml/l)		Incubation SVP 2 (0.8ml/l)		Bain SVP 1 (0.4ml/l)		Bain SVP 2 (0.8ml/l)		Aliment SVP		Témoin	
	température	Oxygène	température	Oxygène	température	Oxygène	température	Oxygène	température	Oxygène	température	Oxygène
6/3/2015	22.5		22.5		22.4		22.6					
6/4/2015	21.9	7.6	22	7.4	22.2	7.4	21.9	7.8				
6/5/2015	23.3	7	24	7.5	23.5	7.3	23.4	7.7				
6/6/2015	23.9	7	23	7.1	23.9	7.4	23.7	7.4				
6/7/2015	23.3	7.3	22.9	7.4	22.9	6.5	23.2	7.1				
6/8/2015	23.2	7.5	22.7	7.5	23.3	7.7	23.1	8				
6/9/2015	22.4	7.7	22.7	7.5	22.4	7.1	22.3	8.2	22.8	7.6	23.5	7.4
6/10/2015	22.7	8.2	22.7	8	22.7	8.4	22.7	8.5	22.5	8	22.7	8.5
6/11/2015	22.8	7.5	23	7.2	22.6	7.5	22.6	7.9	22.5	8.3	22.6	7.7
6/12/2015	23.2	7.5	23.3	7.3	23.1	7.8	23.1	7.7	22.6	7.8	23.1	7.4
6/13/2015	23.6	7.2	23.6	7.4	23.5	7.6	23.5	7.3	23	7.4	23.5	7.6
6/14/2015	22.7	7.5	23	7.5	22.7	7.7	22.8	7.2	23.4	7.2	22.8	7.4
6/15/2015	23.1	7.2	23.2	7.2	23	7.7	23	7.2	22.8	7.3	23.1	7.5
6/16/2015	22.1	8.2	22.5	7.8	22.2	7.9	22.4	7.4	22.9	7.6	22.3	7.7
6/17/2015	21.8	8.1	22.3	7.7	22.1	8	22.1	7.5	22.3	7.6	21.7	7.7
6/18/2015	22	7.9	22.5	7.4	22.2	8	22.1	7.3	22.1	7.7	22.1	7.5
6/19/2015	21	7.2	22.5	7.3	21.1	7.9	21	7.4	22.3	7.5	22.4	7.4
6/20/2015	22	7.1	21.1	7	21.8	7.3	20.9	7.7	20.9	7.8	21.4	7.5
6/21/2015	21.9	7.5	21.8	7.4	21.5	7.8	21.8	7.7	21.8	7.7	22	7.4
6/22/2015	21.5	7.2	21.6	7.4	21.1	7.8	21.3	7.4	21.3	7.6	21.6	7.6
6/23/2015	21	7.3	21.1	7.5	22.1	7.9	21	7.6	20.9	7.5	20.9	7.3
6/24/2015	21.9	7.4	22	7.3	22	7.9	21.9	7.5	20.9	7.7	21.9	7.6
6/25/2015	22	7.4	22	7.2	22	7.8	22	7.5	22	7.7	22	7.5
6/26/2015	20.2	6.7	20.2	7.1	20.2	7.4	20.2	7.8	20.2	7.5	20.3	7.3
6/27/2015	20.9	7.2	21.7	7	20.8	7.5	21	7.7	21	7.5	20.9	7.3
6/28/2015	20.6	7.4	20.7	7.2	20.5	7.4	20.7	7.6	20.7	7.8	20.7	7.2

<b>6/29/2015</b>	20.8	7.6	20.8	8	20.8	7.6	20.8	7.7	20.9	7.9	20.8	7.6
<b>6/30/2015</b>	20.4	7.7	20.4	7.7	20.3	7.4	20.4	7.7	20.6	7.6	20.5	7.2
<b>7/1/2015</b>	20.7	7.7	20.7	7.9	20.5	7.2	20.6	7.6	20.7	6.9	20.6	6.8
<b>7/2/2015</b>	22.1	6.6	22.1	7.7	21.7	7.1	21.9	6.9	22	6.8	21.8	6.7
<b>7/3/2015</b>	21.5	7.7	21.7	7.8	21.2	7.5	21.3	7.6	21.4	7.4	21.3	6.9
<b>7/4/2015</b>	21.6	7.2	21.8	7.3	21.4	7.1	21.7	7	21.8	7	21.9	6.6
<b>7/5/2015</b>	21.2	7.1	21.4	7.4	21.1	7.2	21.3	7.3	21.4	7.2	21.3	7.2
<b>7/6/2015</b>	20.4	7.3	20.5	7.6	20.4	7.1	20.5	7.4	20.6	7	20.5	7.6
<b>7/7/2015</b>	20.5	7	20.6	7.5	20.5	7.4	20.6	7	20.6	7.1	20.7	7
<b>7/8/2015</b>	20.3	8	20.3	8	20.3	7.6	20.3	8.2	20.4	8	20.4	7.7
<b>7/9/2015</b>	20.3	8.2	20.2	8.3	20.1	7.4	20.2	7.9	20.3	8.2	20.2	7.3
<b>7/10/2015</b>	20.3	8.3	20.2	8.3	20.2	7.5	20.3	8	20.4	8.3	20.4	7.2
<b>7/11/2015</b>	20.4	8.1	20.3	8.3	20.2	7.6	20.3	8.1	20.4	8.1	20.3	7.1
<b>7/12/2015</b>	20.7	8	20.7	7.8	20.7	7.3	20.7	8	20.7	7.5	21	7
<b>7/13/2015</b>	21.3	8	21.3	7.8	21.3	7.3	21.3	7.7	21.3	7.6	21.9	7.6
<b>7/14/2015</b>												

**Tableau 2: Analyses statistique (Student) du taux de fécondation pour le lot éclos à la solution de viande de porc et sans la solution de viande de porc**

**Tableau 3: Les taux de fécondation enregistrés**

	(Incubation SVP)	(Incubation sans SVP)
Bouteille 1	85%	90%
Bouteille 2	88%	92%

**Tableau 4: Test de student pour le taux de fécondation**

Test-t: Deux échantillons indépendants		
	Bouteille 1	Bouteille 2
Moyennes	0.865	0.91
Variances	0.00045	0.0002
Observations	2	2
Degré de liberté	2	
t (calculée)	-2.49615	
P (p-value)	0.129937	
t (critique)	4.302653	

**Annexe 5: Analyses statistiques (ANOVA) pour la croissance des différents lots**

**Tableau 5: Sommaire des données sur les croissances enregistrées au cours de l'étude**

Sommaire des données sur les croissances enregistrées au cours de l'étude				
variables	Nbre d'observation	Somme	moyenne	Variance
Incubation 1	4	0.9484	0.237	0.0242
Incubation 2	4	0.7702	0.193	0.0173
Bain 1	4	1.1379	0.284	0.0357
Bain 2	4	0.9412	0.235	0.0224
Nourrissage	4	0.9172	0.229	0.0195
Témoin	4	0.8909	0.223	0.0192

**Tableau 6: ANOVA de Fischer pour les croissances enregistrées**

ANOVA						
Source de variation	SC	dl	CM	F (calculée)	P-value	F (théorique)
Entre groupe (Factorielle)	0.0177	5	0.004	0.1536	0.9762	2.773
Erreur (Résiduelle)	0.4152	18	0.023			
Totale	0.4329	23				

**Annexe 6: Analyses statistiques (Student) pour les différents déplacements vers les deux compartiments où les solutions sont versées**

**Tableau 7: Les déplacements enregistrés pour incubation dose 0,4ml/l**

Incubation à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	1	1	8
2	2	1	7
3	2	0	8

4	4	1	5
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>28</b>

Tableau 8: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour incubation dose 0,4ml/l (dose 1)

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacements pour incubation dose 0,4ml/l (dose 1)) Tests significatifs marqués à $p < .05000$			
	N Actifs	T	Z	valeur p
<i>Eau &amp; SVP</i>	3	0.00	1.603567	0.108810

Tableau 9: Les déplacements enregistrés pour incubation dose 0,8ml/l

incubation à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	3	3	4
2	4	1	5
3	5	3	2
4	3	5	2
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>13</b>

Tableau 10: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour incubation dose 0,8ml/l

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacements pour incubation dose 0,8ml/l (dose 2)) Tests significatifs marqués à $p < .05000$			
	N Actifs	T	Z	valeur p
<i>Eau &amp; SVP</i>	3	1.500000	0.801784	0.422679

Tableau 11: Les déplacements enregistrés pour les dose 0,4ml/l

Bain à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	2	6	2
2	1	4	5
3	5	5	2
4	3	4	3
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>12</b>

Tableau 12: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour Bain dose 0,4ml/l

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacements pour bain dose 0,4ml/l (dose 1)) Tests significatifs marqués à $p < .05000$			
	N Actifs	T	Z	valeur p
<i>Eau &amp; SVP</i>	3	0.00	1.603567	0.108810

Tableau 13: Les déplacements enregistrés pour les dose 0,8ml/l

Bain à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	2	1	7
2	0	1	9
3	1	1	8
4	1	3	6
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>30</b>

Tableau 14: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour Bain dose 0,8ml/l

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacements pour bain dose 0,8ml/l (dose 1)) Tests significatifs marqués à p <.05000			
	N Actifs	T	Z	valeur p
Eau & SVP	3	1.500000	0.801784	0.422679

Tableau 15: Les déplacements enregistrés pour le lot nourrissage à l'aliment SVP

Nourrissage à l'aliment imprégné à la solution de viande de porc			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	0	0	10
2	2	1	7
3	0	0	10
4	3	5	2
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>29</b>

Tableau 16: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements pour les ASVP

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacement pour nourrissage à l'aliment à la SVP) Tests significatifs marqués à p <.05000			
	N Actifs	T	Z	valeur p
Eau & SVP	2	1.000000	0.447214	0.654721

Tableau 17: Les déplacements enregistrés pour les Témoins (control)

Témoin (Control)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	5	1	4
2	7	1	2
3	4	3	3
4	6	3	1
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>10</b>

Tableau 18: Test de Wilcoxon pour échantillons appariés pour les déplacements des témoins

Couples de variables	Test de Wilcoxon pour Ech. Appariés (Données déplacement (témoin)) Tests significatifs marqués à p <.05000			
	N Actifs	T	Z	valeur p
Eau & SVP	4	0.00	1.825742	0.067890

**Annexe 7: Analyses statistiques (Student) pour les différents temps moyens passés près des deux compartiments où les solutions sont versées**

Tableau 19: Les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation dose 0,4ml/l

incubation à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	70	35	495
2	65	25	510
3	50	35	515
4	45	13	542
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>108</b>	<b>2062</b>

**Tableau 20: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation à la SVP dose 1 (0,4ml/l)**

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (E5:H8)) Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	57.50000	11.90238								
SVP	27.00000	10.45626	4	30.50000	10.84743	5.623454	3	0.011120	13.23932	47.76068

**Tableau 21: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour incubation dose 0,8ml/l**

incubation à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	45	132	423
2	132	15	452
3	153	25	422
4	0	74	426
<b>Total</b>	<b>330</b>	<b>246</b>	<b>1723</b>

**Tableau 22: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour incubation à la solution de SVP dose 2 (0,8ml/l)**

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (D4:G7)) Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	82.50000	72.18726								
SVP	61.50000	53.60659	4	21.00000	117.4081	0.357727	3	0.744236	-165.823	207.8225

**Tableau 23: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour bain dose 1 (0,4ml/l)**

Bain à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	67	373	150
2	130	93	373
3	44	98	458
4	39	53	508
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>617</b>	<b>1489</b>

**Tableau 24: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour bain à la solution de viande de porc dose 1 (0,4ml/l)**

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (D4:G7)) Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	70.0000	41.8171								
SVP	154.2500	147.2172	4	-84.2500	152.4519	-1.10527	3	0.349723	-326.835	158.3350

Tableau 25: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour bain dose 2 (0,8ml/l)

Bain à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	55	30	515
2	35	35	530
3	76	48	466
4	38	61	501
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>174</b>	<b>2012</b>

Tableau 26: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour bain à la solution de viande de porc dose 2 (0,8ml/l)

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (D4:G7)) Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	51.00000	18.85029								
SVP	43.50000	13.91642	4	7.500000	23.89561	0.627730	3	0.574712	-30.5232	45.52324

Tableau 27: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour nourrissage à l'aliment à la SVP

Aliment à la solution de viande de porc			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	7	20	573
2	88	0	512
3	15	23	562
4	75	155	370
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>198</b>	<b>2017</b>

Tableau 28: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour nourrissage à l'aliment à la SVP

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (D4:G7)) Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	51.00000	18.85029								
SVP	43.50000	13.91642	4	7.500000	23.89561	0.627730	3	0.574712	-30.5232	45.52324

Tableau 29: Les temps moyens passés à proximité des compartiments enregistrés pour les témoins

Témoin (Control)			
Test	Eau	SVP	Pas d'entrée
1	115	25	460
2	110	35	455
3	63	110	427
4	20	540	40
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>710</b>	<b>1382</b>

**Tableau 30: Test-t pour échantillons appariés pour les temps moyens passés à proximité des 2 compartiments enregistrés pour les témoins (Control)**

Test t pour des Echantillons Appariés (Données temps.xlsx (D4:G7))										
Différences significatives marquées à p < .05000										
Variable	Moyenne	Ec-Type	N	Différ.	Ec-Type Différ.	t	dl	p	Confiance -95.000%	Confiance +95.000%
Eau	77.0000	44.6393								
SVP	177.5000	244.6256	4	-100.500	286.3174	-0.702018	3	0.533232	-556.095	355.0949

**Tableau 31: Comparaison de tous les traitements pris ensemble, test de Friedman**

Milieu	Traitement	Variable	Moyenne	Tps
1	ASVP	Eau	2.00	46.25
2	ASVP	SVP	5.50	49.50
3	BSVP 1	Eau	3.00	70.00
4	BSVP 1	SVP	3.75	154.25
5	BSVP 2	Eau	0.75	51.00
6	BSVP 2	SVP	2.25	43.50
7	ESVP 1	Eau	1.50	57.50
8	ESVP 1	SVP	1.00	27.00
9	ESVP 2	Eau	4.75	82.50
10	ESVP 2	SVP	2.75	61.50
11	Témoin	Eau	1.50	46.25
12	Témoin	SVP	1.25	49.50
friedman. Test				
Friedman rank sum test				
<b>Friedman chi-squared = 7.8986, df = 5, p-value = 0.1619 =&gt; NS</b>				