

## First study on the interest of the determination of the total volatile basic nitrogen in the blue crab (*Portunus segnis*) in Tunisia

### Première étude portant sur l'intérêt du dosage de l'azote basique volatil total chez le crabe bleu (*Portunus segnis*) en Tunisie

W. OUESLATI<sup>1\*</sup>, S. ZRELLI<sup>1</sup>, S. BOUCLAGHEM<sup>1</sup>, M.A. DHAOU<sup>1</sup>, B. ABIDI<sup>1</sup>, M. CHAABOUNI<sup>2</sup> AND A. ETTRIQUI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Food Microbiology, National School of Veterinary Medicine of Sidi Thabet, University Manouba, Tunisia.

<sup>2</sup>General Directorate of Veterinary Services. Agriculture Ministry, Tunisia.

\*Corresponding author: drwalid04@yahoo.fr

**Abstract** - Our study aims to determine the Total Volatile Nitrogen Level (TVNL) in 60 samples of blue crab (30 fresh and 30 frozen) intended for human consumption and to compare them with the regulatory threshold value specific to crustaceans usually harvested in Tunisia especially shrimp or lobster. This comparison aims to verify the highly altered character of the blue crab meat and to specify the most appropriate marketing method for this specie (fresh or frozen). The method used in our study is the micro-diffusion described by CONWAY. Our results show that the difference between the two groups is significant ( $p < 0.05$ ). Indeed, the average of TVNL in fresh crabs is 46.10 mg of nitrogen /100g of soft tissue whereas in frozen crabs it is 28.18 mg of nitrogen /100g of soft tissue. With reverse to our results, we can confirm the highly altered character of the crab meat. Although the Total Volatile Nitrogen Level does not provide information on the safety of the product, he remains a good indicator of freshness. To this end, it would be advisable to recommend the destination of blue crabs mainly to the industrial trail to proceed with either freezing or immediate thermal treatment of the products before their marketing.

**Keywords:** Total Volatile Nitrogen Level - blue crab - freezing.

**Resumé** – Notre étude vise à déterminer les teneurs en Azote Basique Volatil Total (ABVT) dans 60 échantillons de crabes bleus (30 frais et 30 congelés) destinés à la consommation humaine et de les comparer par rapport à la valeur seuil réglementaire spécifique aux crustacés pêchés habituellement en Tunisie notamment les crevettes, le homard ou la langouste. Cette comparaison vise à vérifier le caractère hautement périssable de la chair de crabes bleus et de préciser le mode de commercialisation le plus adapté à cette espèce (frais ou congelé). La méthode utilisée dans notre étude est celle de la micro-diffusion décrite par CONWAY. Nos résultats montrent que la différence entre les deux groupes est significative ( $p < 0,05$ ). En effet, la teneur moyenne en ABVT chez les crabes frais est de 46,10 mg d'azote /100g de chair alors que chez les crabes congelés, elle est de 28,18 mg d'azote /100g de chair. Aux égards à nos résultats, nous pouvons confirmer le caractère hautement altérable de la chair du crabe. Bien que les teneurs en ABVT ne renseignent pas sur la sécurité sanitaire du produit, elles restent un bon indicateur de fraîcheur. A cet effet, il serait judicieux, de recommander l'orientation des crabes bleus essentiellement vers le circuit industriel pour procéder, soit à la congélation soit à un traitement thermique immédiat des produits, avant leur commercialisation.

**Mots clés:** Azote Basique Volatil Total- crabes bleus- hautement altérable- congélation.

#### 1. Introduction

Le Crabe bleu, *Portunus segnis*, espèce originaire de l'ouest de l'océan Indien a été introduit en Tunisie, notamment dans le Golfe de Gabes en 2014. A cette époque, il a été considéré comme une menace par les pêcheurs tunisiens, vu qu'il leur infligeait d'énormes dégâts notamment pour leurs filets. Par ailleurs, en 2017, l'Etat Tunisien a lancé un plan pour exploiter et valoriser la pêche et l'exportation du crabe



bleu. C'est ainsi que le Ministère de l'Agriculture a décidé de subventionner le prix d'achat de ces crustacés (pour un kilo pêché et vendu en moyenne à 1,8 Dinar Tunisien, l'État verse 0,6 à 0,8 Dinar supplémentaire). En effet, la chair des crabes bleus est dotée de vertus nutritionnelles. Elle est riche en protéines, en oméga 3, en vitamines et en minéraux. Elle est pauvre en matières grasses notamment en graisses saturées et en sucre. La composition chimique de la chair des crabes bleus est quasi-analogue à celle de la chair des poissons de mer. Le crabe bleu est un carnivore, qui se nourrit principalement de poissons téléostéens, de crustacés et de mollusques nains (KUNSOOK et coll., 2014). Suite à la mise en place du programme de valorisation de cette espèce, la Tunisie a produit 1 450 tonnes de crabe bleu sur les cinq premiers mois de 2018, selon le Ministère de l'Agriculture, pour une valeur de neuf millions de dinars. Les exportations des crabes ont atteint 1 717 tonnes à la fin du mois de juillet 2019. Les recettes des exportations des crabes congelés ont pratiquement doublé en mars 2019, pour atteindre 6,2 millions de dinars contre 3,3 millions de dinars dans la même époque de l'année 2018; ce qui représente une hausse de 88%. La pêche des crabes est devenue par conséquent une activité très rentable ce qui justifie l'importance de maîtriser la qualité de ces produits. Or, très peu d'études ont été faites pour évaluer la qualité de fraîcheur des crabes commercialisés même à l'échelle internationale. Le dosage de l'Azote Basique Volatil Total (ABVT) fait partie des méthodes retenues pour le contrôle de la qualité de fraîcheur des produits de la pêche. L'ABVT rassemble l'ensemble des produits intermédiaires et terminaux provenant de la dégradation de la matière azotée des produits de la pêche. Ils sont représentés par la TMA (triméthylamine) qui consiste en la réduction de l'oxyde de triméthylamine, l'ammoniac NH<sub>3</sub> (suite à la désamination des acides aminés) et certaines amines biogènes (histamine, putrescine, cadavérine, spermine ...). Cette dégradation a lieu au cours du processus d'altération par les enzymes autolytiques et bactériennes (CHEBBI, 1994). Pour les poissons congelés, la diméthylamine (DMA) fait aussi partie des constituants de l'ABVT (FAO, 1999). Il s'agit en effet, d'un ensemble d'éléments chimiques qui renseignent indirectement sur le degré d'altération du produit, et qui présentent l'intérêt de pouvoir être dosés rapidement. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude dont l'objectif est de déterminer les teneurs en Azote Basique Volatil Total (ABVT) dans des échantillons de crabes bleus frais et congelés destinés à la consommation humaine et de les comparer par rapport à la valeur seuil réglementaire spécifique aux crustacés pêchés habituellement en Tunisie notamment les crevettes, le homard ou la langouste (Décision du Ministre de l'Agriculture n°332 du 07 février 2009). Cette comparaison vise à vérifier le caractère hautement périssable de la chair de crabes bleus et de préciser le mode de commercialisation le plus adapté à cette espèce (frais ou congelé).

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Protocole d'échantillonnage

Notre étude s'est déroulée pendant la période allant du mois de septembre 2018 jusqu'au mois de février 2019 au laboratoire de chimie et de microbiologie alimentaire de l'École Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi Thabet. Les échantillons ont été fournis par deux sociétés de transformation de crabes bleus, installées en Tunisie. Ces échantillons ont été classés en deux catégories, en tenant compte des conditions de commercialisation de ces produits en Tunisie :

- la catégorie de crabes bleus frais conservés sous la glace fondante (30 échantillons, parvenus 24 heures après la pêche (photo 1)),
- la catégorie de crabes bleus congelés vivants, immédiatement après leur pêche par l'établissement et maintenus à une température de -18°C pendant 60 jours (30 échantillons).



Photo1 : Crabe bleu (*Portunus segnis*)

### 2.2. Dosage de l'Azote Basique Volatil Total

La méthode utilisée dans notre étude est celle la micro-diffusion décrite par CONWAY (Méthode de routine pour le dosage de l'ABVT reconnue par la réglementation internationale). Le principe de la méthode est l'extraction des bases azotées volatiles par une solution d'acide trichloracétique. Ces bases seront par la suite déplacées par la solution saturée de carbonate de potassium et absorbées par la solution d'acide borique pour être dosées par neutralisation à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique (méthode de titrimétrie).

Les réactifs utilisés selon la méthode de CONWAY sont représentés par : une solution d'acide trichloracétique à 20%, une solution saturée de carbonate de potassium à 112%, une solution d'acide borique à 1%, une solution d'acide chlorhydrique à 0.01 N et l'indicateur coloré de Tashiro.

Chaque échantillon de crabe est placé dans un plateau en inox pour être décortiqué. Les échantillons de la catégorie de crabes frais ont été analysés le jour même de leur réception. A partir de chaque échantillon, 100g de chair sont prélevés à l'aide de pinces, pesés et placés dans un sachet stomacher. Les prélèvements sont mélangés à 50 ml d'eau distillée et homogénéisés dans un homogénéisateur de type stomacher. Une quantité de 50 ml d'acide trichloracétique est ajoutée au prélèvement préalablement mélangé à l'eau distillée. La solution ainsi obtenue est par la suite filtrée ce qui permet l'obtention de l'extrait trichloracétique. Dans la partie centrale de la cellule de CONWAY, sont transférés à la pipette, 1 ml de la solution d'acide borique et quelques gouttes de l'indicateur coloré de Tashiro. Dans la couronne de la cellule, sont déposés 1 ml de l'extrait trichloracétique et 1,5ml d'eau distillée. Avant de fermer hermétiquement la cellule avec le couvercle, préalablement enduit de vaseline, 1 ml de la solution de carbonate de potassium est transféré dans la couronne (à travers le petit espace qui reste dégagé). Par la suite, la cellule est soumise à un petit mouvement de rotation, effectué dans un plan horizontal pour mélanger les réactifs sans pour autant mélanger le contenu des deux compartiments, avant d'être incubée dans une étuve réglée à 37°C, pendant une durée de deux heures. Après la période d'incubation, la solution d'acide borique, ayant pris la coloration verte suite à l'absorption des bases volatiles, est titrée par la solution d'acide chlorhydrique (0,01 N). La neutralisation se produit lorsque l'indicateur coloré vire au rose. La teneur en ABVT est exprimée en milligramme d'azote par 100 grammes de chair et correspond au volume de la solution d'acide chlorhydrique (0,01N) nécessaire pour neutraliser l'extrait trichloracétique ( $V_{HCl}$ ) multiplié par 56.

### 2.3. Etude statistique

L'analyse des données et le calcul des moyennes ont été réalisés par le logiciel SPSS 20. Pour la comparaison des données statistiques de nos résultats, nous avons eu recours au test du khi-deux de Pearson. C'est un test permettant de tester l'adéquation d'une série de données à une famille de lois de probabilités ou de tester l'indépendance entre deux groupes ou plusieurs variables. Il s'agit de vérifier si la distribution entre ces groupes est significativement différente. La différence observée est considérée significative lorsque la valeur du risque d'erreur est suffisamment faible, c'est-à-dire que la valeur «  $p$  » est inférieure à 0,05 ( $p < 0,05$ ) et ceci signifie qu'il est peu probable que la différence observée soit due au hasard.

## 3. Résultats et interprétation

### 3.1. Résultats

Les résultats du dosage de l'ABVT pour la catégorie de crabes frais et la catégorie de crabes congelés sont présentés respectivement dans les tableaux 1 et 2.

**Tableau 1:** Teneurs en ABVT des échantillons frais

Code de l'échantillon	V <sub>HCl</sub> (ml)	Teneur en ABVT (mg/100g)	Code de l'échantillon	V <sub>HCl</sub> (ml)	Teneur en ABVT (mg/100g)
1	1,5	84	16	0,4	22,4
2	1,8	100,8	17	0,5	28
3	1,6	89,6	18	0,7	39,2
4	1,5	84	19	1,2	67,2
5	0,8	44,8	20	1,4	78,4
6	0,5	28	21	0,2	11,2
7	0,7	39,2	22	0,6	33,6
8	0,9	50,4	23	0,6	33,6
9	0,7	39,2	24	2	112
10	0,7	39,2	25	0,2	11,2
11	0,5	28	26	0,2	11,2
12	0,6	33,6	27	2,1	117,6
13	0,2	11,2	28	0,5	28
14	0,5	28	29	0,4	22,4
15	0,6	33,6	30	0,6	33,6

**Tableau 2:** Teneurs en ABVT des échantillons congelés

Code de l'échantillon	V <sub>HCl</sub> (ml)	Teneur en ABVT (mg/100g)	Code de l'échantillon	V <sub>HCl</sub> (ml)	Teneur en ABVT (mg/100g)
1	0,8	44,8	16	0,4	22,4
2	0,6	33,6	17	0,3	16,8
3	0,7	39,2	18	0,5	28
4	0,4	22,4	19	0,3	16,8
5	0,7	39,2	20	0,2	11,2
6	0,5	28	21	0,2	11,2
7	0,5	28	22	0,3	16,8
8	0,6	33,6	23	0,7	39,2
9	0,6	33,6	24	0,7	39,2
10	0,5	28	25	0,7	39,2
11	0,6	33,6	26	0,5	28
12	0,3	16,8	27	0,5	28
13	0,5	28	28	0,4	22,4
14	0,5	28	29	0,6	33,6
15	0,4	22,4	30	0,6	33,6

### 3.2. Interprétation

La moyenne des teneurs en ABVT pour les deux catégories a été calculée et les valeurs sont présentées dans le tableau 3. La différence entre les deux groupes est significative ( $p < 0,05$ ). En effet, la teneur moyenne en ABVT chez les crabes frais est de 46,10 mg d'azote /100g de chair alors que chez les crabes congelés, elle est de 28,18 mg d'azote /100g de chair.

**Tableau 3:** Teneurs moyennes en ABVT

Echantillons	Teneur moyenne (mg/100g)	Valeur minimale (mg/100g)	Valeur maximale (mg/100g)	Seuil réglementaire (mg/100g)
Catégorie de crabes frais	46,10	11,20	117,60	
Catégorie de crabes congelés	28,18	11,20	44,80	30

## 4. Discussion

### 4.1. Choix du produit

Notre travail a porté sur des échantillons de crabes bleus (*Portunus segnis*). Le choix de cette espèce a été fait en rapport avec son invasion relativement récente des côtes Tunisiennes (en2014). Il s'agit d'un nouveau produit destiné à la consommation humaine, qui présente des particularités commerciales notamment en Tunisie et pour lequel nous ne disposons pas de critères de qualité, notamment relatifs à l'ABVT à l'image des crustacés tels que les crevettes, le homard ou la langouste. D'autre part, en 2017, l'Etat tunisien a lancé un plan pour exploiter et valoriser ce crustacé.

#### 4.2. Choix de la méthode

La micro-diffusion décrite par CONWAY est une méthode de routine pour le dosage de l'ABVT selon la réglementation Tunisienne et Européenne. Il est vrai que la méthode de référence est la méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide perchlorique. Mais le choix de la méthode de CONWAY a été dicté par les nombreux avantages qu'elle présente. En effet, elle constitue une méthode simple, peu coûteuse, reproductible et utilisant un faible volume de réactifs.

#### 4.3. Teneurs en ABVT pour la catégorie de crabes frais

L'analyse de nos résultats montre que la moyenne des teneurs en ABVT pour la catégorie de crabes frais est égale à 46,10 mg d'azote /100 g de chair avec une valeur minimale de 11,2 mg/100g et une valeur maximale de 117,6 mg/100g. Cette teneur est significativement supérieure à la limite d'acceptabilité des crustacés pour la consommation humaine, qui est égale à 30 mg d'azote /100 g de chair ( $p < 0,05$ ) (Décision du MARH n°332 du 07 février 2009).

Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés dans d'autres études réalisées sur différents types de produits de la pêche frais. En effet, ELFEKIH-BAATOUT (1992) chez la crevette royale (*Penaeus kerathurus*) fraîchement capturée, une moyenne de 29,69 mg d'azote /100 g de chair et une moyenne de 20,79 mg d'azote /100 g chez la seiche (*Sepia officinalis*). CHEBBI (1994) et GUEDICHE (1996) ont trouvé des teneurs moyennes respectives de 12,30 mg d'azote /100 g de chair chez la seiche et 11,30 mg d'azote /100 g de chair chez le Mulet (*Mugil cephalus*). BOUCHNAK en 1994 a trouvé une teneur en ABVT égale à 20 mg d'azote /100 g de chair chez le Maquereau (*Scomber scombrus*) pêché au large des côtes Tunisiennes et de qualité de fraîcheur satisfaisante. L'étude de MRABET (2005) a montré une valeur moyenne de 28,03 mg d'azote /100 g de chair chez la seiche noire non traitée.

D'après AMMAR (2006), les poissons ayant une catégorie de fraîcheur acceptable, ont présenté une teneur moyenne de 16,90 mg d'azote /100 g de chair. Alors que les poissons de catégorie de fraîcheur limite, ont une teneur moyenne égale à 35,43 mg d'azote /100g. De même, CIVERA et coll.(1993) ont trouvé une moyenne égale à 31,90 mg d'azote /100 g de muscle dans des échantillons de Maquereau (*Scomber scombrus*) à la limite de la fraîcheur.

Les résultats rapportés par OTHMEN (2013) ont montré une moyenne en ABVT de 11,88 mg d'azote /100 g de muscle pour les sardines (*Sardina pilchardus*) fraîchement capturées. BOKOSSA YAOU et coll. (2016) ont trouvé des moyennes en ABVT variant de 18,26 mg d'azote /100 g de muscle chez des crabes (*Cardisoma armatum*) fraîchement capturés à 33,52 mg d'azote /100 g de muscle chez des crabes vivants mal conservés.

Les teneurs élevées en ABVT observées dans notre étude pourraient s'expliquer par le fait que les échantillons de la catégorie de crabes frais correspondent à des crabes qui, bien que pêchés dans les 24 heures, sont analysés morts (dans les mêmes conditions de leur commercialisation). Or, la chair de ces animaux, au même titre que d'autres grands crustacés et contrairement à la majorité des autres produits de la pêche, s'altère immédiatement après la mort (FAO, 1999).

L'altération rapide de la chair du crabe est due au processus d'autolyse, qui fait intervenir plusieurs protéases (trypsine, cathepsine D, pepsine), très actives particulièrement chez ce crustacé. Ces enzymes dégradent les protéines en polypeptides qui seront ensuite transformés en peptides par des exopeptidases. D'autre part, la chair du crabe est plus riche en acides aminés libres (taurine, proline, glycine, alanine et arginine) comparativement aux poissons (BENJAKUL et SUTTHIPAN, 2009). Ainsi, la chair du crabe constitue un substrat idéal aux activités enzymatiques constitutives et bactériennes. Il convient de rappeler que l'ABVT résulte de la dégradation des composés azotés protéiques et non protéiques par l'action des enzymes puis des bactéries présentes dans la chair des produits halieutiques (AGUSTSSON et STROEM, 1981).

#### 4.4. Teneurs en ABVT pour la catégorie de crabes congelés

La moyenne des teneurs en ABVT pour les échantillons de crabes congelés pendant 60 jours à  $-18^{\circ}\text{C}$  est de 28,18 mg d'azote /100 g de chair avec une teneur minimale de 11,2 mg/100g et une teneur maximale de 44,8 mg d'azote /100g.

Nos résultats sont inférieurs à ceux trouvés par ELFEKIH-BAATOUT (1992) chez la crevette et la seiche congelées. Les teneurs ont évolué de 31,57 mg d'azote /100 g après 30 jours jusqu'à 36,96 mg d'azote /100 g de chair après 90 jours chez la crevette. Alors que chez la seiche, la teneur en ABVT enregistrée après 30 jours était égale à 34,56 mg d'azote /100 g, puis elle a rapidement évolué jusqu'à 49,48 mg d'azote /100 g de chair après 90 jours.

CHEBBI a montré en 1994 que lors de la congélation de la seiche à  $-18^{\circ}\text{C}$ , pendant 90 jours, le taux d'accroissement d'ABVT est de 145,98%. Alors qu'à  $-10^{\circ}\text{C}$ , il est de 203,34%. OTHMEN(2013) a

montré en que le taux d'ABVT chez les sardines augmente significativement avec la congélation. En effet, il est passé de 16,85 mg d'azote /100 g après 30 jours jusqu'à 21,17 mg d'azote /100g de chair après 60 jours pour finir avec une valeur de 22,85 mg d'N/100 g après 90 jours de congélation.

Au cours de l'entreposage des produits de la pêche congelés, la production des constituants de l'ABVT est maintenue. Chez les poissons congelés, l'ABVT est principalement constitué par la diméthylamine (DMA) (ALEMAN et coll., 1982). En effet, les poissons contiennent une enzyme, l'oxyde de triméthylamine diméthylase (OTMA-ase), qui transforme l'OTMA en quantités équimolaires de DMA et de formaldéhyde (FA). Ainsi, la DMA est produite par autolyse pendant le stockage à l'état congelé, sous l'action de l'OTMA-ase qui reste active jusqu'aux températures de -30°C (GILL et coll., 1992). La DMA n'a que peu ou pas d'effet sur la flaveur ou la texture du poisson en soi, mais elle est un indicateur indirect de la dénaturation des protéines qui est souvent due à une mauvaise manutention avant et/ou pendant le stockage à l'état congelé (FAO, 1999).

Par ailleurs, nos résultats ont montré que les teneurs en ABVT pour la catégorie des échantillons de crabes congelés restent significativement inférieures aux teneurs en ABVT pour la catégorie de crabes frais ( $p < 0,05$ ). Ceci pourrait être lié au fait que les échantillons de la catégorie de crabes frais correspondent à des crabes déjà morts pour lesquels l'autolyse a donc commencé, alors que pour la catégorie de crabes congelés, les échantillons ont été congelés vivants. D'après CONDURSO et coll. (2016) l'évolution des teneurs en ABVT chez des crustacés au cours de la congélation, montre une augmentation en moyenne, au bout de 60 jours d'entreposage à -20°C, suivie d'une stabilisation de ces éléments chimiques jusqu'au huitième mois de conservation, au bout duquel une autre augmentation est observée.

## 5. Conclusion

Notre travail a porté sur l'étude de l'évolution de l'Azote Basique Volatil Total dans les crabes bleus frais et congelés, qui fait partie des méthodes retenues pour le contrôle de la qualité de fraîcheur des produits de la pêche. Aux égards à nos résultats, nous pouvons confirmer le caractère hautement altérable de la chair du crabe. Bien que les teneurs en ABVT ne renseignent pas sur la sécurité sanitaire du produit, elles restent un bon indicateur de fraîcheur. A cet effet, il serait judicieux, de recommander la destination des crabes bleus essentiellement vers le circuit industriel pour procéder, soit à la congélation soit à un traitement thermique immédiat des produits, avant leur commercialisation.

## 6. Références

- Agustsson et Stroem A.R (1981)** Biosynthesis and turnover of trimethylamine oxide in the teleostcod, *Gadus morhua*. *J. Biol. Chem.*, 256:8045-8049.
- Aleman M.P., Kaluda K. et Uchiyama H. (1982)** Partial freezing as a means of keeping freshness of fish. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 106, 11-26.
- Ammar A. (2006)** Qualité du poisson: Relation entre l'évaluation de la fraîcheur et le dosage de l'Azote Basique Volatil Total (ABVT). *These Doct. Vet., E.N.M.V Sidi Thabet, Tunisie*, 47p.
- Benjakul S. et Sutthipan N. (2009)** Modification des muscles de crabe à carapace dure et molle durant un stockage surgelé. *Food Sci. Technol.*, 42(3) : 723-729.
- Bokossa Yaou I., Sachi P., Banon J.S.B., Adigun N., Tchekess C.C.K., Djogbe A., Gandehe J., Sen I.S.R. Et Alamon Y. (2016)** Détermination de la concentration en ABVT dans les poissons, crevettes et crabes prélevés dans certaines zones de pêche des lacs Ahémé et Nokoué et de la lagune de Porto-Novo. *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, 17 : 144-149.
- Bouchnak E. (1994)** Application du dosage de l'azote basique volatil total et de la triméthylamine à l'appréciation de la fraîcheur du maquereau conservé sous glace. *Thèse Doct. Méd. Vét., E.N.M.V Sidi Thabet Tunisie*, 58 p.
- Chebbi C. (1994)** : Evolution de l'azote basique volatil total et de la triméthylamine dans les seiches (*Sepia officinalis*) congelées. *Thèse Doct. Méd. Vét., E.N.M.V Sidi Thabet Tunisie*, 36p.
- Civera T., Turi R.M., Bisio C. Fazio G. (1993)** Sensory and chemical assessment of marine teleosts: relationship between total basic nitrogen, trimethylamine and sensory characteristics. *Sci. Alim.* 13: 109-117.
- Elfekih-Baatout S. (1992)** Evolution de l'azote basique volatil total dans les crevettes et les seiches congelées. *Thèse Doct. Méd. Vét., E.N.M.V Sidi Thabet Tunisie*, 41-42p.

- Condurso C., Tripodi G., Cincotta F., Lanza C.M., Mazzaglia A. Et Verzera A. (2016)** Quality assessment of mediterranean shrimps during frozen storage. *Ital. J. Food Sci.*, **28**: 2016-497.
- Gill T.A., Conway J. et Evrovskij. (1992)** Changes in fish muscle proteins at high and low temperature. *In: G.J. Flick and R.E. Martin (eds.) Advances in seafood biochemistry-composition and quality*, Economic Publishing, Lancaster, Pennsylvania, 213-231.
- Kunsook C., Gajasen N. Et Paphavasit N. (2014)** The feeding ecology of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758), at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand. *Trop. Life Sci. Res.*, **25**: 13-27.
- Mrabet Y. (2005)** Effet du traitement industriel sur la qualité de la seiche (*Sepia officinalis*). Thèse Doct. Vet., E.N.M.V Sidi Thabet Tunisie, 43p.
- Othmen S. (2013)** Etude de l'évolution de l'Azote Basique Volatil Total et de la Triméthylamine dans les sardines congelées (*Sardina pilchardus*). Thèse Doct. Vet., E.N.M.V Sidi Thabet Tunisie, 46p.