HAL
open science

Dosage en microplaque de l'activité enzymatique AChE du gammare

P. Noury

To cite this version:

P. Noury. Dosage en microplaque de l'activité enzymatique AChE du gammare. 2016, pp.9. hal-02602445v5

HAL Id: hal-02602445

https://hal.inrae.fr/hal-02602445v5

Submitted on 26 Jan 2024

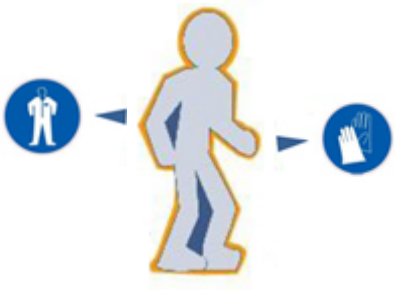
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODE OPERATOIRE/PROTOCOLE

Dosage en microplaque de l'activité enzymatique AChE du gammare

AVERTISSEMENT ET PRECAUTIONS DE SECURITE



Le présent mode opératoire nécessite l'utilisation de **5,5'-Dithio-bis(2-nitrobenzoic acid)** et d' **Acétyl Thiocholine Iodide** il convient donc de respecter les règles de sécurité indispensables à l'utilisation de tels produits.

Le schéma ci-contre rappelle les Equipements de Protection Individuels (EPI) indispensables

Les produits et manipulations à risques ainsi que les moyens de protections spécifiques sont détaillés dans le contenu de ce document.

N° de version	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
1	Nom : NOURY Fonction : IE	Nom : TUNTUNDJIAN Fonction : IR	Nom : CHAUMOT Fonction : Responsable du laboratoire d'Ecotoxicologie

Mises à jour			
N° de version	Date	Auteur	Modifications apportées par rapport à la précédente version
1.1	25/08/2021	PN	Ajout d'un tableau et d'un graphique, corrections et précisions
1.2	08/04/2022	PN	Mention de la soustraction du blanc réactif dans le calcul de la cinétique ; ajout d'un titre de tableau
1.3	05/05/2023	PN	Modification de l'expression du coefficient d'absorptions molaire Modification de la présentation du calcul de l'activité
1.4	24/01/2024	PN	Ajustement du volume réactionnel à 350 µl (1cm de trajet optique)

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 2
1.1 Objet et domaine d'application 2
1.2 Références 2
1.3 Conditions d'application 2
1.4 Définitions et abréviations 3
2 VOLET SECURITE 3
3 PROTOCOLE 3
3.1 Principe 3
3.2 Matériel et réactifs 4
3.2.1 Matériel 4
3.2.2 Produits utilisés 4
3.2.3 Solutions préparées 5
3.3 Mode opératoire 6
3.3.1 Préparation de la fraction S9 6
3.3.2 Réglage du spectrophotomètre 7
3.3.3 Préparation de la microplaque et lecture 7
3.3.4 Calculs 8
4 SYNTHESE DU DOCUMENT 9

1 INTRODUCTION

1.1 Objet et domaine d'application

Mesure de l'activité enzymatique AChE (Acétylcholinestérase) par une méthode colorimétrique sur microplaque 96 puits à partir de la fraction post-mitochondriale (S9) d'un homogénat de gammare. Cette mesure peut être réalisée avec des homogénats gammares pêchés sur le terrain ou exposés en laboratoire. Elle permet le diagnostic de l'exposition des organismes aquatiques à des inhibiteurs de l'activité AChE tels que les pesticides organophosphorés et les carbamates.

1.2 Références

La méthode utilisée est basée sur le dosage colorimétrique en cuve de Ellman *et al*. (1961)[1] adapté sur microplaque pour le gammare par Xuereb (2007)[2]. Il existe de cette méthode, une version normalisée AFNOR : XP T90-722-2 / Octobre 2020

1.3 Conditions d'application

La station d'étude sur le terrain ou la condition expérimentale de laboratoire est caractérisée par l'échantillonnage de 5 lots de 5 gammares mâles d'un point de vue phénotypique. Chaque lot de gammares doit avoir une masse comprise entre 80 et 100 mg afin de s'affranchir d'un effet taille observé avec ce biomarqueur.

Pour la récolte sur le terrain, les substrats propices sont grattés, les gammares recueillis au filet de Surber, tamisés entre 2,5 et 2 mm puis stabulés jusqu'au laboratoire dans un seau avec de l'eau de la rivière.

Ils sont successivement pesés par lots de 5 individus après un bref essorage sur papier absorbant (noter le poids). Chacun des 5 lots est conditionné en tube de 2 ml polypropylène à bouchon vissant, congelé dans l'azote liquide puis conservé à – 80°C jusqu'au dosage.

L'extraction, la centrifugation et la conservation des surnageant jusqu'à l'analyse sont réalisés à 4°C (bain de glace). La réaction enzymatique en microplaque doit être réalisée à 19-21 °C (climatisation en été).

---

[1] Ellman, G. L., K. D. Courtney, V. Andres, Jr. and R. M. Feather-Stone (1961). "A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity." Biochemical pharmacology **7**: 88-95.

[2] Xuereb, B., P. Noury, V. Felten, J. Garric and O. Geffard (2007). "Cholinesterase activity in Gammarus pulex (Crustacea Amphipoda): Characterization and effects of chlorpyrifos." Toxicology **236**(3): 178-189.

1.4 Définitions et abréviations

Pour les besoins du présent mode opératoire, les définitions et abréviations suivantes sont nécessaires :

Fraction S9 : surnageant obtenu après centrifugation 15 minutes à 9000g des homogénats de gammares.

AChE : Acétylcholinestérase

ATCi : Acétylthiocoline

DTNB : dithiobisnitrobenzoate

TNB : 5-thio-2-nitro-acide benzoïque

BSA : Bovine Serum Albumine

FCR : Force Centrifuge Relative

2 VOLET SECURITE

DTNB

Toxique, irritant

ATCI

Toxique

3 PROTOCOLE

3.1 Principe

Après broyage et centrifugation de l'échantillon on mesure, sur la fraction S9, la capacité de l'AChE à dégrader l'acétylthiocoline (ATCi), analogue de l'acétylcholine. La thiocholine formée réagit avec l'ion dithiobisnitrobenzoate (DTNB) pour former le 5-thio-2-nitro-acide benzoïque (TNB), un complexe de coloration jaune, stable à un pH voisin de 7,8 et à la température ambiante aux environs de 20°C.

Acétylthiocoline ⟶ *Thiocoline + Acétate*

Thiocholine + Dithiobisnitrobenzoate ⟶ *5-thio-2-nitro-acide-benzoïque*

L'intensité de la coloration jaune est mesurée au spectrophotomètre à 405 nm, toutes les 30 secondes à partir du début de la réaction.

Une activité AChE étalon peut être mesurée parallèlement sur une gamme d'enzyme commerciale.

Contrairement au dosage sur poisson, l'activité témoin sans substrats (ATCi) est négligeable ; sa mesure devient donc facultative.

Pour le gammare, l'activité enzymatique AChE peut être exprimée directement en nmol /min pour des conditions constantes de mise en œuvre (rapport masse/volume de tampon de 1/10 et prise d'essai de S9 de 20 µl). Il est cependant plus commun de l'exprimer en lien avec un avec un facteur de pondération tels que le poids frais (nmol/min/mg frais) ou les protéines (nmol/min/mg prot)

Avec étalonnage de la mesure au moyen d'une gamme étalon d'enzyme, l'activité est exprimée en Unité enzymatique par gramme frais (U/g).

3.2 Matériel et réactifs

3.2.1 Matériel

- Microtubes Eppendorf 1,5ml
- Tubes 2 ml en polypropylène bouchon à vis
- Bille acier 4 mm + billes de verre 2 mm
- Broyeur à bille muni d'un carrousel 24 tubes 2 ml
- Azote liquide
- Congélateur -80°C
- Spectrophotomètre à microplaques
- Centrifugeuse réfrigérée.
- Machine à glace
- Verrerie courante de laboratoire
- Pipettes automatiques monocanal (10µl, 200µl 1000 µlet 5000 µl) et multicanaux (8 canaux - volumes 50-300µl)
- Embouts pour pipettes
- Pipette automatique multi coup + réservoirs 1 ml (10µl/coup)
- Microplaques 96 puits sans couvercle (Greiner)

3.2.2 Produits utilisés

Tableau I : Produits utilisés pour le dosage de l'Acétylcholinestérase

Nom	N° CAS	Ref. Fournisseur	Localisation
Disodium Hydogenophosphate (Na_2HPO_4, 12 H_20)	10039-32-4	Sigma # 71650	Armoire 1 (E9)
Potassium dihydrogenophosphate, (KH_2PO4)	7778-77-0	Sigma # P5655	Armoire 1 (C7)
Triton X 100	9002-93-1	Sigma # 234729	Armoire 1
DTNB	69-78-3	Aldrich # D218200	Armoire 2
Acétyl Thiocholine Iodide	1866-15-5	Sigma # A5751	Congél. -20°C
AChE étalon	9000-81-1	Sigma # C3389	Congél. -80°C
Bovine Serum Albumine (BSA)	9048-46-8	Sigma # A7906	Congél. -20°C

3.2.3 Solutions préparées

Tampon phosphates (100 mM, pH 7,8)

- solution A : 35,8 g de Na_2HPO^4 , $12H_2O$ (358 $g.mol^{-1}$) dans 1l d'eau ultra pure.
- solution B : 3,4 g de KH_2PO^4 (136 $g.mol^{-1}$) dans 250ml d'eau ultra pure

La solution A est ajustée à pH 7,8 avec la solution B. Se conserve au frais (3-7°C) jusqu'à 6 mois. Verrerie spécifique.

Tampon de broyage

Le tampon de broyage est du tampon phosphate (100mM, pH7,8) additionné de 0,1 % de Triton X100 (exemple pour 50 µl + 50 ml). Bien agité à l'aide d'un barreau aimanté.

Solution de DTNB 0,0076 M

Le jour du dosage, dissoudre 30,119 mg de DTNB (396,4 $g.mol^{-1}$) dans 10 ml de tampon phosphate (100mM, pH 7,8). Conserver à température ambiante

Solution de D'ATCI 0,076 M

Extemporanément, dissoudre 21,9776 mg d'ATCI (289,2 $g.mol^{-1}$) par ml d'eau pure (32,9664 mg /1,5 ml pour une plaque). Conserver au froid dans la glace.

Etalon commercial d'AChE

On utilise une AChE commerciale (Sigma, réf : C3389) extraite d'une anguille électrique (*Electrophorus electricus*). Une solution mère (SM) est préparée en dissolvant les 500 Unités du flacon d'AChE dans 1000 µl de tampon phosphate additionné de BSA à 1mg/ml. Cette solution à 500 U/ml est ensuite aliquotée en tube de 0,5 ml à raison de 40 µl (20 U) par tube puis congelés et conservés à -80°C.

Gamme étalon d'AChE

L'utilisation d'une gamme étalon d'enzyme apporte la possibilité de convertir les activités de nmol par minute en unité enzymatique (U). L'unité enzymatique représente la quantité d'enzyme nécessaire pour traiter une micromole de substrat en une minute dans des conditions opératoires. Pour information, au cours de 16 sessions de dosage, et pour un même lot commercial d'enzyme le facteur de conversion (pente de la gamme d'étalonnage) varie dans les conditions décrites dans le **Tableau 2**.

Tableau II : Pente de la gamme d'étalonnage de plusieurs sessions analytiques

Moyenne	Ecart type	%var	N	Médiane	3eme quartile	1er quartile	CENTILE 95%	CENTILE 5%
21,14	1,28	6,05	16	20,95	22,33	20,21	24,02	19,56

Extemporanément, un aliquote d'AChE commerciale est décongelé puis dilué au 1/200ème (10µl+1990µl) dans du tampon phosphate + BSA (1mg/ml)

A partir de cette solution de travail (**ST**) à 2,5 U/ml une gamme en progression géométrique de raison 2/3 est réalisée en microtube dans du tampon+BSA (**Tableau II**).

Tableau III : Exemple de gamme étalon d'AChE

N°Tube	0	1	2	3	4	5	6	7	***ST***
Volume tampon+BSA (µl)	400	400	400	400	400	400	400	400	***0***
volume d'AChE (µl)	0	800 de 2	800 de 3	800 de 4	800 de 5	800 de 6	800 de 7	800 de ST	***2000***
U/ml	0	0,15	0,22	0,33	0,49	0,74	1,11	1,67	***2,5***
U/puit (prise d'essai = 20 µl)	0	0,0029	0,0044	0,0065	0,010	0,015	0,022	0,033	

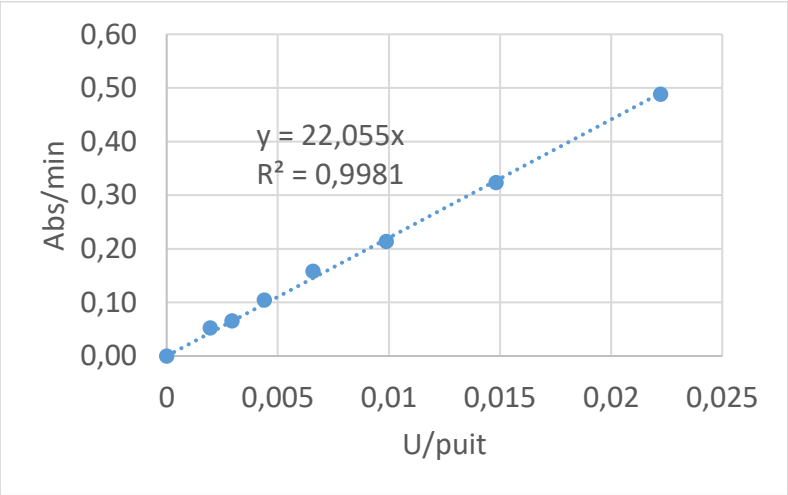


Figure 1 : Exemple de courbe étalon d'enzyme d'AChE

3.3 Mode opératoire

3.3.1 Préparation de la fraction S9

- Allumer et régler la centrifugeuse (4°C, FCR= 9000, 15 min)
- Sortir les échantillons du congélateur par petit nombre (4 à 6) en les maintenant en bain de glace et au fur et à mesure transférer dans chaque tube une bille d'acier + 3 billes de verre ainsi qu'un volume de tampon (0,1% triton) à la proportion de 1/10 (m/V)
- Placer ensuite les tubes dans le broyeur à bille et lancer le premier broyage (vitesse 6 – 20 secondes)
- Sortir les tubes du broyeur et les placer 5 minutes dans la glace avant de lancer le deuxième broyage (même réglage)
- Placer ensuite les tubes en centrifugeuse réfrigérée à 4°C
- Centrifuger 15 minutes à 9000 g
- Transférer environs 400 µl de surnageant (S9) en microtube et conserver en bain de glace jusqu'au dosage à effectuer dans l'heure.

3.3.2 Réglage du spectrophotomètre

La procédure ci-dessous se réfère au matériel Tecan Safire du laboratoire d'Ecoxicologie d'Irstea Villeurbanne :

- Allumer le spectrofluorimètre (bouton derrière en bas à gauche) et l'ordinateur.
- Ouvrir le programme Xfluor4 : Demarrer/Programme/Tecan/Xfluor4 (menu Windows)
- Activer la connexion avec le Safire : Xfluor/Connect/Safire (menu Excel)
- Ouvrir le menu d'onglets dans Xfluor/Edit measurement (menu Excel)
- Régler les paramètres de mesure comme ci-après :

Measurement mode:	Absorbance	
Measurement wavelength:	405	nm
Number of flashes:	1	
Plate definition file:	GRE96ft.pdf	
Number of kinetic cycles:	15	
Kinetic interval (Minimal):	26	s
Shake duration (Orbital Normal):	4	s

3.3.3 Préparation de la microplaque et lecture

Après ajustement de la température du tampon phosphate à 20°C (bain marie), déposer en triplicat dans chaque puit d'une microplaque Greiner 96 puits :

- 300 µl de tampon phosphate 0,1M pH 7,8 (2x150 µl ; pipette multicanaux)
- 20 µl d'homogénat ou de solution étalon d'AChE
- 20 µl de DTNB (pipette multicanaux)
- 10 µl rapidement de substrat ATCI (Multipette)*

*Etant donné la rapidité de la réaction et la faible durée de la cinétique on choisit par convention d'ajouter l'ATCI en premier dans la gamme puis dans les échantillons.

Mesurer ensuite l'absorbance à 405 nm toutes les 30 secondes minimums et durant au moins 3 minutes (7 cycles de mesure)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0			0,0029			0,0044			0,0065		
B	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6	Ech.7	Ech.8	Ech.9	Ech.10	Ech.11	Ech.12
C												
D												
E	Ech.13	Ech.14	Ech.15	Ech.16	Ech.17	Ech.18	Ech.19	Ech.20	Ech.21	Ech.22	Ech.23	Ech.24
F												
G												
H	0,01			0,015			0,022			0,033		

Figure 2 : Exemple de schéma de plaque pour 24 échantillons et une gamme étalon

3.3.4 Calculs

Pour chaque étape de la cinétique, calculer la moyenne, l'écart type et le pourcentage de variation de chaque triplicat de mesure, en écartant les valeurs qui éventuellement entraîne plus de 10 % de variation.

A partir des moyennes de chaque temps de mesure, calculer la pente (DO/min) de la cinétique de l'intervalle 0-3 minutes à laquelle est soustraite la pente du blanc réactif.

Calcul de l'AChE en nmol/min/mg frais

On calcul au préalable l'activité AChE en nmol/min qui est la quantité de TNB produite par minute dans un puit de microplaque aux conditions définies par la méthode : extraction 1/10 (m/V), 20 µl de prise d'essai, 350 µl de milieu réactionnel et 1 cm de trajet optique.

Activité AChE (nmol/min) $= \frac{dDO \times V}{\varepsilon \times L} = \frac{dDO \times 0{,}00038 * 10^8}{13600 \times 1}$

dDO = pente de la cinétique entre 0 et 3 min (abs/min)
V = volume réactionnel (L)
ε = coefficient d'absorption molaire du TNB = 13600 M^{-1} cm^{-1}.
L = trajet optique (cm)

Activité AChE (nmol/min/mg frais) = Activité AChE (nmol/min) / équivalent matière fraiche dans la prise d'essai = Activité AChE (nmol/min) / 2 mg

Calcul de l'AChE en U/g frais

L'unité enzymatique AChE est la quantité d'enzyme qui hydrolyse 1,0 micromole d'acétylcholine par minute ; communément à pH 8,0 et 37 °C (notice Sigma) mais par extension à pH 7,8 et à 20°C pour le dosage chez les organismes aquatiques.

Au moyen de la gamme étalon d'enzyme, l'activité AChE en DO/min est convertie en U/puit selon une relation de type y = a*x :

(AChE U/puit) = (AChE Do/min) / a

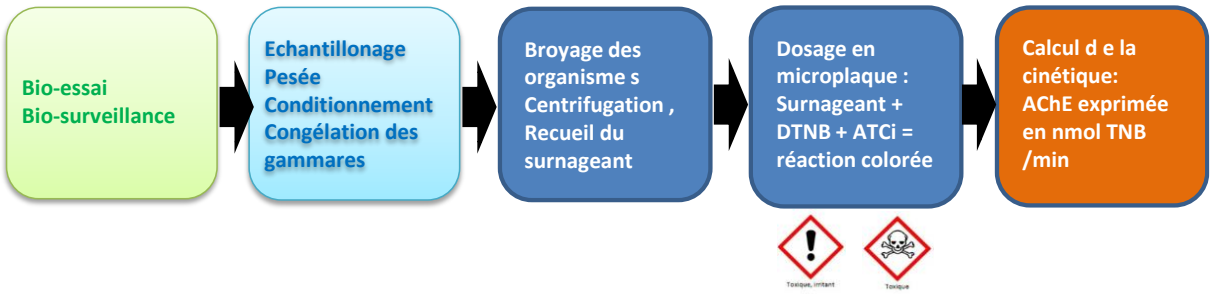
Pour 20 µl de prise d'essai de S9 (2 mg équivalent poids frais) on a donc :

(AChE U/ g frais) = ((AChE U/puit) / 2) *1000

L'étalonnage au moyen d'un enzyme étalon peut être utilisé pour le suivi de la qualité des mesures (carte de contrôle) et d'éventuelles comparaisons inter laboratoire. Dans l'absolu il permet de s'affranchir des incertitudes[3] liées aux valeurs respectives du trajet optique[4] et du coefficient d'absorption molaire utilisés pour l'expression en nmol/min. La qualité de l'étalonnage dépend revanche de facteurs pouvant entrainer une fluctuation de la qualité de l'enzyme (origine, lot de fabrication, conditions de transport et de conservation, préparation des aliquotes…).

Par ailleurs, une calibration peut être réalisée en comparant le résultat obtenu avec celui d'un échantillon de référence. Cet échantillon de référence est issu d'un mélange de S9 témoins aliquoté en nombre suffisant pour au moins une année de travail, période au-delà de laquelle un risque de dérive qualitative peut être observé.

4 SYNTHESE DU DOCUMENT



[3] *Note technique :* Eléments de réflexion pour la révision du protocole de mesure de l'activité acétylcholinestérase (AChE) chez le gammare. P. Noury ; Document interne Irstea (2014)

[4] Dans cette version 1.4 du protocole, le volume réactionnel passe de 380 à 350 µl qui correspond réellement à 1 cm de trajet optique avec une plaque Greiner 96 puit. Deux gammes étalon réalisées selon les deux conditions de volume de tampon (300 et 330 µl) ne montre pas de différence.