



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

La décontamination des organophosphorés : vers de nouvelles alternatives

Decontamination of organophosphorus compounds: Towards new alternatives

L. Poirier^{a,1}, P. Jacquet^{a,1}, M. Elias^b, D. Daudé^{c,*},
E. Chabrière^{a,c,*}

^a Inserm, CNRS, IRD, URMITE, Aix Marseille université, Marseille, France

^b Department of Biochemistry, Molecular Biology and Biophysics & Biotechnology Institute, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108, États-Unis

^c Gene&GreenTK, faculté de médecine, 27, boulevard Jean-Moulin, 13385 Marseille cedex 5, France

Reçu le 16 septembre 2016 ; accepté le 24 janvier 2017

MOTS CLÉS

Bioremédiation ;
Phosphotriestérase ;
Organophosphorés ;
Insecticides ;
Agents chimiques de
guerre ;
SsoPox ;
Enzyme ;
Décontamination

Résumé Les organophosphorés (OP) sont des composés hautement toxiques principalement utilisés en tant qu'insecticides. Certains d'entre eux sont des agents de guerre neurotoxiques dont l'utilisation est proscrite. Ces composés sont des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, une enzyme clé pour la régulation des systèmes nerveux central et périphérique. De nombreuses approches chimiques, physiques et biologiques, ont été considérées pour développer des méthodes de décontamination contre les OP. Cette revue dresse un bilan des stratégies actuelles et émergentes pour la décontamination externe des OP avec une attention particulière portée aux techniques enzymatiques. Ces dernières années, de nombreuses études ont permis le développement de biocatalyseurs efficaces pour la dégradation des OP. Parmi ces derniers, de récents résultats ont mis en lumière un biocatalyseur prometteur, SsoPox, isolé de l'archée *Sulfolobus solfataricus*. Cette enzyme hyper-thermostable s'avère particulièrement intéressante pour des applications de décontamination externe de par ses propriétés catalytiques et son impressionnante stabilité.

© 2017 Académie Nationale de Pharmacie. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

* Auteurs correspondants.

Adresses e-mail : david.daude@gene-greentk.com (D. Daudé), eric.chabriere@univ-amu.fr (E. Chabrière).

¹ Contribution équivalente au travail.

KEYWORDS

Bioremediation;
Phosphotriesterase;
Organophosphorus
compounds;
Insecticides;
Chemical warfare
agents;
SsoPox;
Enzymes;
Decontamination

Summary Organophosphorus compounds (OP) are toxic chemicals mainly used for agricultural purpose such as insecticides and were also developed and used as warfare nerve agents. OP are inhibitors of acetylcholinesterase, a key enzyme involved in the regulation of the central nervous system. Chemical, physical and biological approaches have been considered to decontaminate OP. This review summarizes the current and emerging strategies that are investigated to tackle this issue with a special emphasis on enzymatic remediation methods. During the last decade, many studies have been dedicated to the development of biocatalysts for OP removal. Among these, recent reports have pointed out the promising enzyme SsoPox isolated from the archaea *Sulfolobus solfataricus*. Considering both its intrinsic stability and activity, this hyperthermostable enzyme is highly appealing for the decontamination of OP.

© 2017 Académie Nationale de Pharmacie. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Les organophosphorés (OP) sont des composés hautement toxiques initialement développés à des fins militaires en tant qu'agents neurotoxiques (CWNA pour « chemical warfare nerve agents ») dans le but de blesser, tuer ou encore incapaciter les opposants. La première production massive des OP a été réalisée par des scientifiques allemands avant et pendant la Seconde Guerre mondiale, avec différentes molécules appelées Agents G (pour « Germany ») telles que le tabun (1936), le sarin (1937) et le soman (1944) [1]. Après la Seconde Guerre mondiale, d'autres molécules toxiques appelées Agents V (pour « victory », « venomous » ou « viscuous ») ont été développées par divers pays telles que le VX (États-Unis), le RVX (Russie) ou encore le CVX (Chine) (Fig. 1). D'importants stocks de ces composés ont été accumulés durant la guerre Froide [2]. En 1993, une convention internationale visant, d'une part, à arrêter le développement de ces armes chimiques, et d'autre part, à amorcer un processus de destruction des stocks existants avant 2007, a été signée par deux cents pays environ [2,3]. Cependant, d'importants stocks existent encore, en partie lié au manque de solutions à bas prix, rapide, sans danger pour l'environnement et l'homme pour détruire ces composés chimiques. De plus, certains agents neurotoxiques, comme le sarin, ont été détournés à des fins terroristes comme en témoignent les attaques à Matsumoto et dans le métro de Tokyo (Japon) en 1994 et 1995.

Les OP et plus particulièrement les dérivés des Agents V, ont aussi été commercialisés en tant qu'insecticides dans les années 1950 sous le nom Amiton. Ils ont progressivement remplacé l'insecticide Dichlorodiphényl-trichloroéthane (DDT), un organochloré proscrit dans les années 1970. Étant moins persistants dans l'environnement que le DDT, l'utilisation des OP a été néanmoins restreinte en Europe et aux États-Unis. Cependant, ils restent massivement utilisés dans certains pays pour l'agriculture intensive. Les insecticides OP les plus utilisés sont le malathion, l'éthyl- ou méthylparathion et le chlorpyrifos (Fig. 1). Les OP font partie des principaux polluants environnementaux (sols, eaux et des aliments) [4] et leur utilisation serait responsable de 3 millions d'intoxications, et 300 000 décès dans le monde par an. La plupart de ces décès sont associés à des suicides après ingestion délibérée de pesticides [5,6]. Par ailleurs, les insecticides organophosphorés présentent également une sérieuse menace sécuritaire puisqu'ils sont à la

fois fortement toxiques et largement répandus et pourraient alors être utilisés à des fins terroristes ou dans le cadre des conflits asymétriques.

La toxicité extrême des OP provient de leur capacité à inhiber de manière irréversible l'acétylcholinestérase (AChE), une enzyme clef du système nerveux. En effet, l'AChE termine la dégradation du neurotransmetteur acétylcholine au niveau de la fente synaptique et des jonctions neuromusculaires. Lorsque l'AChE est inhibée, l'acétylcholine s'accumule et sature les récepteurs cholinergiques. Une intoxication aiguë par les OP mène à l'apparition de divers symptômes parmi lesquels convulsion, salivation, larmolement, miction, diaphorèse, troubles gastro-intestinaux, myosis et vomissements [7,8]. Le mécanisme d'inhibition est composé d'une première étape durant laquelle les OP réagissent avec la serine catalytique (Ser200) de l'AChE humaine, via phosphorylation, formant alors une phosphoenzyme covalente [9]. Cet intermédiaire OP-AChE peut ensuite subir, selon la nature de l'OP, un processus de vieillissement (une désalkylation sur le produit d'addition). Ce processus empêche la réactivation de la phosphoenzyme. La cinétique de vieillissement est un paramètre très important à prendre en compte lors d'un traitement contre l'empoisonnement aux OP.

En raison de la menace présentée par les OP à la fois au niveau sécuritaire, sanitaire et écologique, une attention particulière a été consacrée à l'élaboration de stratégies de décontamination. Idéalement, une solution de décontamination devrait offrir une grande efficacité, un large spectre d'action, une utilisation douce compatible avec la peau, les muqueuses ou le matériel sensible, sans impact environnemental, aucune contamination secondaire et un faible coût. Ci-après est présenté un aperçu des méthodes de décontamination actuelles et émergentes qu'elles soient physiques, chimiques ou biologiques. Leurs caractéristiques respectives sont résumées et de nouveaux développements ainsi que les perspectives d'avenir sont discutés.

Méthodes actuelles de décontamination des OP

Les méthodes actuelles de décontamination des insecticides et des CWNA peuvent être séparées en trois catégories :

- décontamination physique : cela comprend toutes les méthodes passives visant à éliminer l'agent contaminant

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/5546978>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/5546978>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)