

# Le rôle du fer zérovalent sur le devenir des gènes de résistance à la tétracycline et des intégrons de classe 1 lors de la codigestion anaérobie thermophile des boues résiduaires et des déchets de cuisine

## Points forts

Fe<sup>0</sup> a amélioré l'atténuation de sept gènes *tet* et *int11* dans la digestion anaérobie.

L'excès de Fe<sup>0</sup> n'a pas pu augmenter de manière significative la réduction des gènes *tet* et *int11*.

Les gènes *tet* codant pour différentes résistances se comportaient différemment avec ou sans Fe<sup>0</sup>.

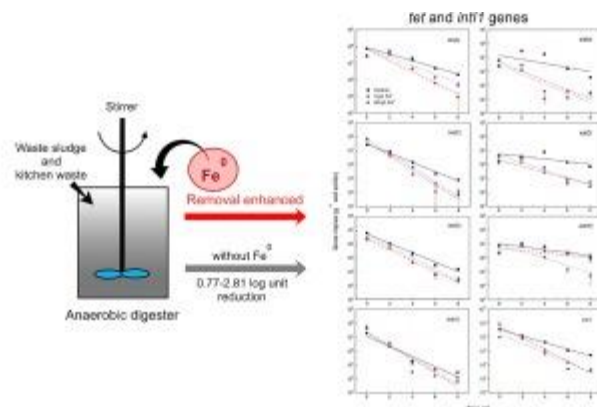
Le gène *tet* (G) a été trouvé en corrélation positive et significative avec *int11*.

Un modèle cinétique de premier ordre décrit favorablement les tendances des gènes *tet* et *int11*.

## Abstrait

Les boues activées ont été identifiées comme une source potentielle importante de gènes de résistance aux antibiotiques (GRA) dans l'environnement. La digestion anaérobie est largement utilisée pour la stabilisation des boues et la récupération des ressources, et représente un processus crucial pour contrôler la dissémination des GRA avant l'épandage des boues digérées. L'objectif de cette étude est d'examiner l'effet du fer zérovalent (Fe<sup>0</sup>) sur l'atténuation de sept gènes représentatifs de résistance à la tétracycline (*tet*, *tet*(A), *tet*(C), *tet*(G), *tet*(M), *tet*(O), *tet*(W) et *tet*(X)), et du gène d'intégrase *int11* lors de la co-digestion anaérobie thermophile des boues usées et des déchets de cuisine. Une diminution significative ( $P < 0,05$ ) des quantités de *tet* (sauf *tet*(W)) et *int11* a été observée à une dose de Fe<sup>0</sup> de 5 g/L, alors qu'aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été trouvée pour toutes les cibles géniques entre les digesteurs avec des doses de Fe<sup>0</sup> de 5 et 60 g/L. Un modèle cinétique de premier ordre décrit favorablement les tendances des concentrations de *tet* et *int11* pendant la digestion anaérobie thermophile avec ou sans Fe<sup>0</sup>. Notamment, *tet* codant différents mécanismes de résistance se sont comportés distinctement dans les digesteurs anaérobies, bien que l'ajout de Fe<sup>0</sup> puisse améliorer leur réduction. Les résultats globaux de cette recherche suggèrent que la digestion anaérobie thermophile avec Fe<sup>0</sup> peut être une technologie alternative potentielle pour l'atténuation de *tet* et *int11* dans les boues résiduaires.

## Résumé graphique



1. [Télécharger : Télécharger l'image haute résolution \(156 Ko\)](#)
2. [Télécharger : Télécharger l'image en taille réelle](#)

## Introduction

Les gènes de résistance aux antibiotiques (GRA) ont été considérés comme des contaminants émergents ces dernières années (Pruden et al., 2006) et ont été fréquemment trouvés dans différents compartiments environnementaux (Allen et al., 2010, Gao et al., 2012, Munir et al., 2011). Il est communément considéré que les stations d'épuration des eaux usées municipales (STEP) sont l'une des sources les plus importantes de GRA dans l'environnement (Gao et al., 2015, Rizzo et al., 2013). Les boues activées, produites par les STEP, ont été identifiées comme un réservoir important de GRA (Calero-Cáceres et al., 2014), et l'épandage potentiel des boues des STEP sur les terres peut entraîner la dissémination des GRA (Chen et al., 2016).

De nombreuses technologies ont été utilisées pour réduire les quantités d'ARG dans les boues activées (Burch et al., 2013, Ma et al., 2011, Zhang et al., 2016), et la digestion anaérobie s'est avérée être un moyen efficace. En Chine, environ 34 millions de tonnes de boues résiduaires ont été produites en 2015 (Feng et al., 2015), dont la plupart ont été traitées par digestion anaérobie. De grands efforts ont été entrepris pour améliorer la réduction des boues et pour améliorer la transformation des matières organiques en ressources durables et en énergie (Cao et Pawłowski, 2012). Cependant, les recherches sur l'évolution des ARG pendant la digestion anaérobie des boues sont limitées, et l'effet des technologies alternatives sur l'atténuation de l'ARG dans ce processus est encore mal compris.

Quelques études ont examiné l'élimination des ARG des boues usées pendant la digestion anaérobie, et l'effet de différents paramètres opérationnels a été étudié, tels que la température (Diehl et LaPara, 2010, Zhang et al., 2015), le temps de rétention (Ma et al., 2011), le pH (Huang et al., 2016) et diverses options de prétraitement (Pei et al., 2016, Zhang et al., 2016). À titre d'exemple, la température s'est avérée être une variable cruciale pour l'élimination des ARG, car une température élevée pouvait inactiver et détruire efficacement les cellules bactériennes portant des ARG pendant la digestion anaérobie des boues. Ensuite, il a été constaté que le processus de digestion thermophile surpassait la digestion mésophile en réduisant une partie des ARG (Diehl et LaPara, 2010). Cependant, des performances de réduction similaires ou inférieures de plusieurs ARG ont été observées dans la digestion thermophile par rapport au processus mésophile (Ma et al., 2011). Ce fait suggère que les différents ARG réagissent probablement différemment aux conditions opérationnelles lors de la digestion anaérobie des boues. De plus, l'évolution des communautés bactériennes, en particulier des porteurs d'ARG dans différentes conditions de digestion, pourrait contribuer au sort différent des ARG (Zhang et al., 2016).

Des études antérieures ont démontré que le fer zéro valent ( $Fe^0$ ) pouvait améliorer les processus biologiques anaérobies et modifier la distribution phylogénétique des bactéries dominantes dans les digesteurs anaérobies (Feng et al., 2014, Liu et al., 2012, Yang et al., 2013). Non seulement le  $Fe^0$  peut rapidement diminuer le potentiel d'oxydoréduction (ORP) dans les systèmes anaérobies, mais il peut également être un donneur d'électrons pour le métabolisme microbien participant (Karri et al., 2005, Newman et Kolter, 2000). Ainsi, les communautés microbiennes portant des ARG se comportent probablement différemment en présence de  $Fe^0$  pendant la digestion anaérobie. Guo et al. (2014) ont rapporté que l'exposition au fer dans le microbiote intestinal de la souris pourrait entraîner des changements dans les ARG (c'est-à-dire *tet* (M), *tet* (O) et *tet* (Q)) en raison de l'altération de la diversité microbienne intestinale. Néanmoins, l'effet du  $Fe^0$  sur le devenir des ARG dans les digesteurs anaérobies traitant les boues résiduaires a rarement été étudié.

L'objectif de ce travail est d'évaluer le potentiel de  $Fe^0$  pour l'atténuation des ARG lors de la co-digestion anaérobie thermophile des boues résiduaires et des déchets de cuisine. L'objectif de l'ajout de déchets

de cuisine était d'ajuster le rapport C/N du système de digestion anaérobie, ce qui s'est avéré être une option faisable et bénéfique pour améliorer les performances de digestion (Jang et al., 2016, Zhang et al., 2016). Sept gènes fréquemment détectés codant pour la résistance à la tétracycline (gènes *tet*), dont *tet* (A), *tet* (C), *tet* (G), *tet* (M), *tet* (O), *tet* (W) et *tet* (X), ont été sélectionnés. De plus, le gène d'intégrase *int11* des intégrons de classe 1 a été quantifié pour explorer le potentiel de transfert horizontal de gènes. Enfin, un modèle cinétique de premier ordre a été utilisé pour décrire l'évolution des cibles génétiques ci-dessus en présence ou en l'absence de  $Fe^0$  pendant la digestion anaérobie.

Accès via votre organisation

Vérifiez l'accès au texte intégral en vous connectant via votre organisation.

[Accès via votre organisation](#)

Extraits de section

### **Dispositif expérimental**

Trois séries de digesteurs anaérobies à l'échelle du laboratoire ont été lancées à l'aide de bouteilles coniques de 1 L avec un volume utile de 0,8 L. Les boues d'alimentation étaient des boues activées concentrées collectées dans le bassin de sédimentation secondaire d'une station d'épuration municipale du district de Songjiang à Shanghai, qui a une capacité de traitement totale de 300 000 équivalents habitants. Les eaux usées traitées sont un mélange d'eaux usées municipales et industrielles (~ 30 %). Le principal traitement biologique consiste en un traitement anoxique, anaérobie et aérobie

### **Evolution des gènes *tet***

Comme le montre la Fig. 1, toutes les cibles du gène *tet* ont été détectées dans les co-substrats avec des quantités absolues comprises entre  $2,5 \times 10^6$  (*tet* (M)) et  $7,4 \times 10^7$  (*tet* (A)) copies/g de solides humides. Les quantités de ces gènes étaient inférieures à celles rapportées dans les études précédentes (Zhang et al., 2016, Pei et al., 2016), probablement en raison de substrats alimentaires distincts. La biomasse reflétée par l'ARNr 16S d'environ  $2,9 \times 10^{10}$  copies/g de solides humides était similaire aux résultats de Zhang et al. (2016).

Des performances très similaires ont été observées

### **Conclusions**

La digestion anaérobie thermophile a montré un avantage favorable pour la réduction de sept gènes *tet* et *int11* dans cette étude. L'ajout de poudre de  $Fe^0$  a amélioré l'atténuation des quantités absolues de ces cibles géniques. Cependant, la différence entre les digesteurs à des dosages de  $Fe^0$  de 5 et 60 g/L n'était pas statistiquement significative. Une corrélation significative a été trouvée entre les quantités et les abondances de *int11* et du gène *tet* (G) dans tous les digesteurs avec ou sans  $Fe^0$ . Les concentrations de *tet* et *int11*

### **Remerciements**

Ce travail a été soutenu financièrement par le programme DHU Distinguished Young Professor (Université de Donghua), le Fonds de recherche fondamentale pour les universités centrales (Université de Donghua) et la subvention financière spéciale de la Fondation chinoise pour la science postdoctorale (2016T90322).