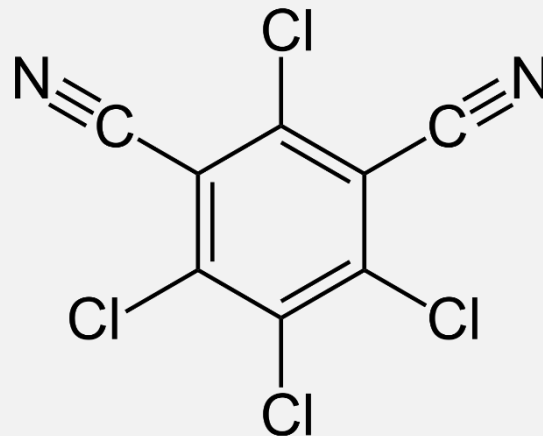

Etude comparative de différents traitements
d'élimination des métabolites du
chlorothalonil dans l'eau potable

Design Project



Superviseurs :
von Guten Urs (EPFL),
Urfer Daniel (RWB),
Cardot Romain (RWB)

Sarah Courdier
Sixtine Guinard

Introduction

Contexte

Le
chlorothalonil

Méthodes &
traitements

Comparaison

Conclusion



Détection des
métabolites

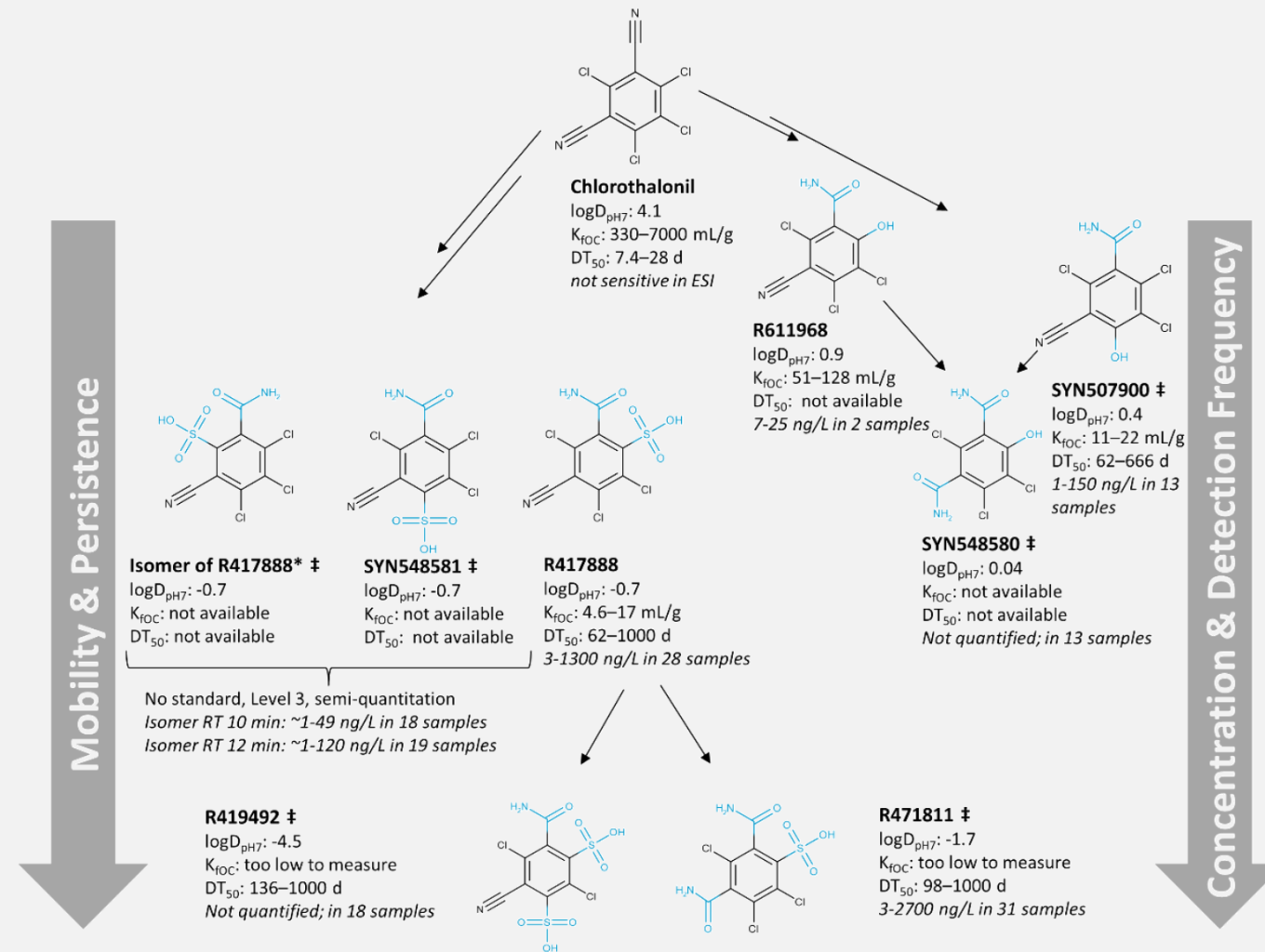


Réserves en eau
polluées



Potentielle
dangerosité

Propriétés physico-chimiques



Chlorothalonil et ses métabolites détectés dans les eaux souterraines. Source : Kiefer et. al, 2020.

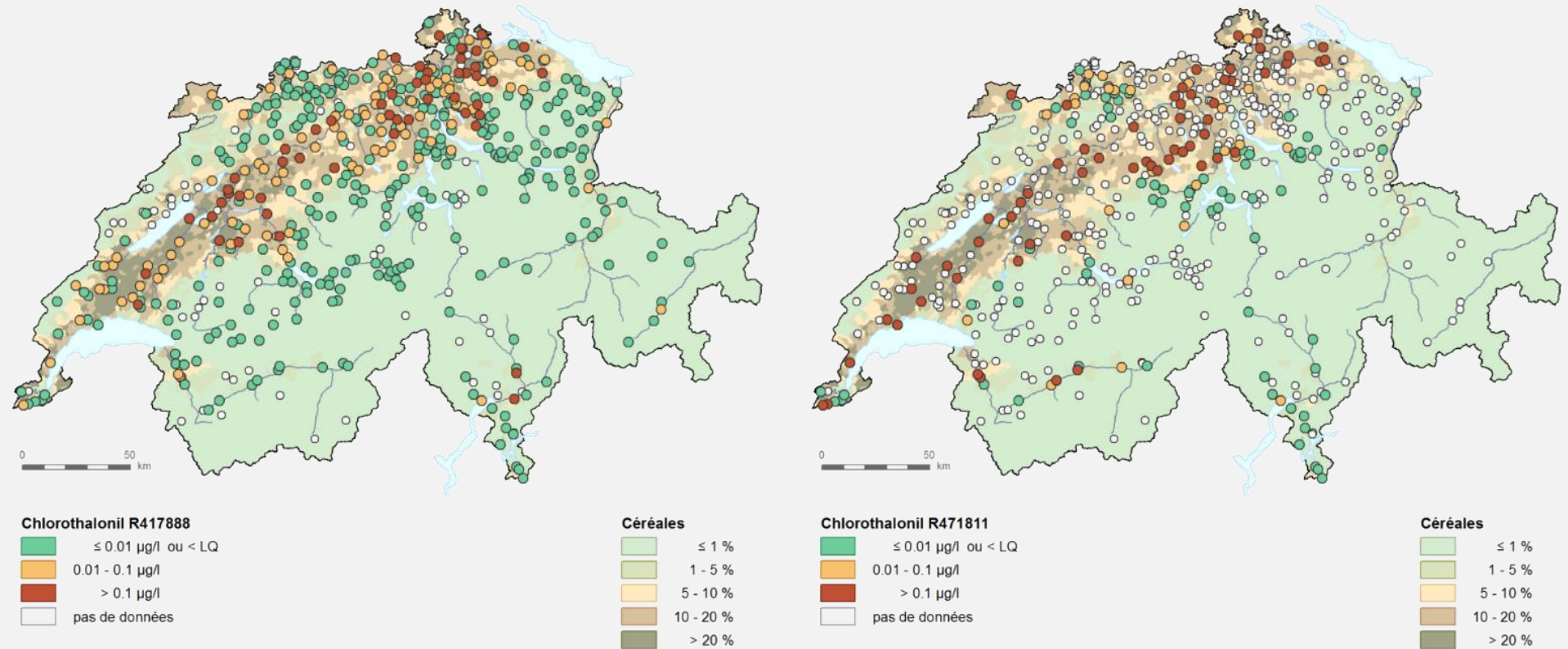
Base légale et valeurs seuils

- Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD) :

Paramètres	Valeurs maximales	Unités
Pesticides	0,1	µg/L
Pesticides (somme)	0,5	µg/L

- OFAG : interdiction de vente et d'utilisation du chlorothalonil
- OSAV : considère les métabolites du chlorothalonil comme pertinents

Evaluation du niveau de contamination des eaux suisses



Concentration maximale par station de mesure NAQUA. LQ : limite de quantification analytique. Fondée sur les résultats de quelque 400 stations de mesure (étude pilote 2017/2018 et monitoring à long terme 2019) © OFEV

Introduction

Principe du traitement au charbon actif

Le
chlorothalonil

Méthodes &
traitements

- Choix des matières premières
- Production
- Types de charbon actif : poudre et grain
- Principe de l'adsorption
- Capacité utile
- Régénération

Comparaison

Conclusion

Traitement au charbon actif granuleux optimisés

LUCA – Adsorption ascendante à remplissage progressif

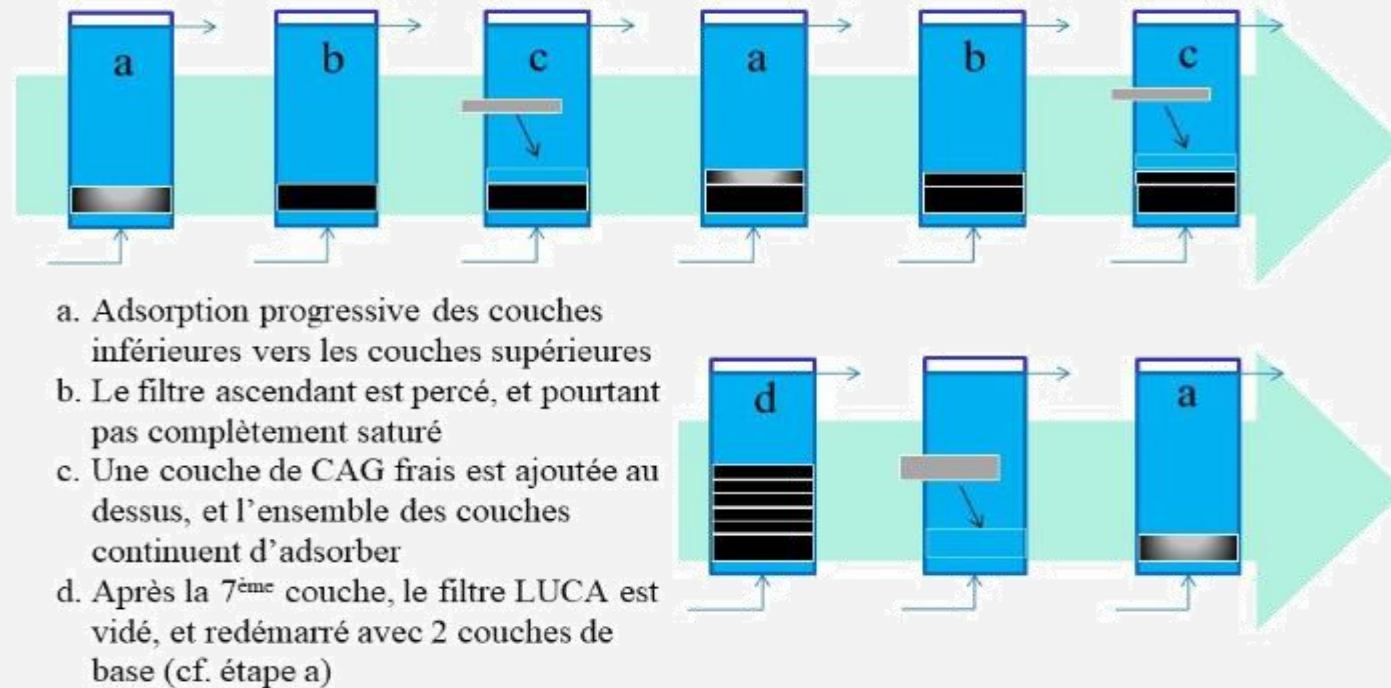


Schéma du principe du fonctionnement du LUCA. Source: RWB

Introduction

Traitement au charbon actif granuleux optimisés

Le
chlorothalonil

CarboPlus – Adsorption ascendante avec ajout continu de CAG

Méthodes &
traitements

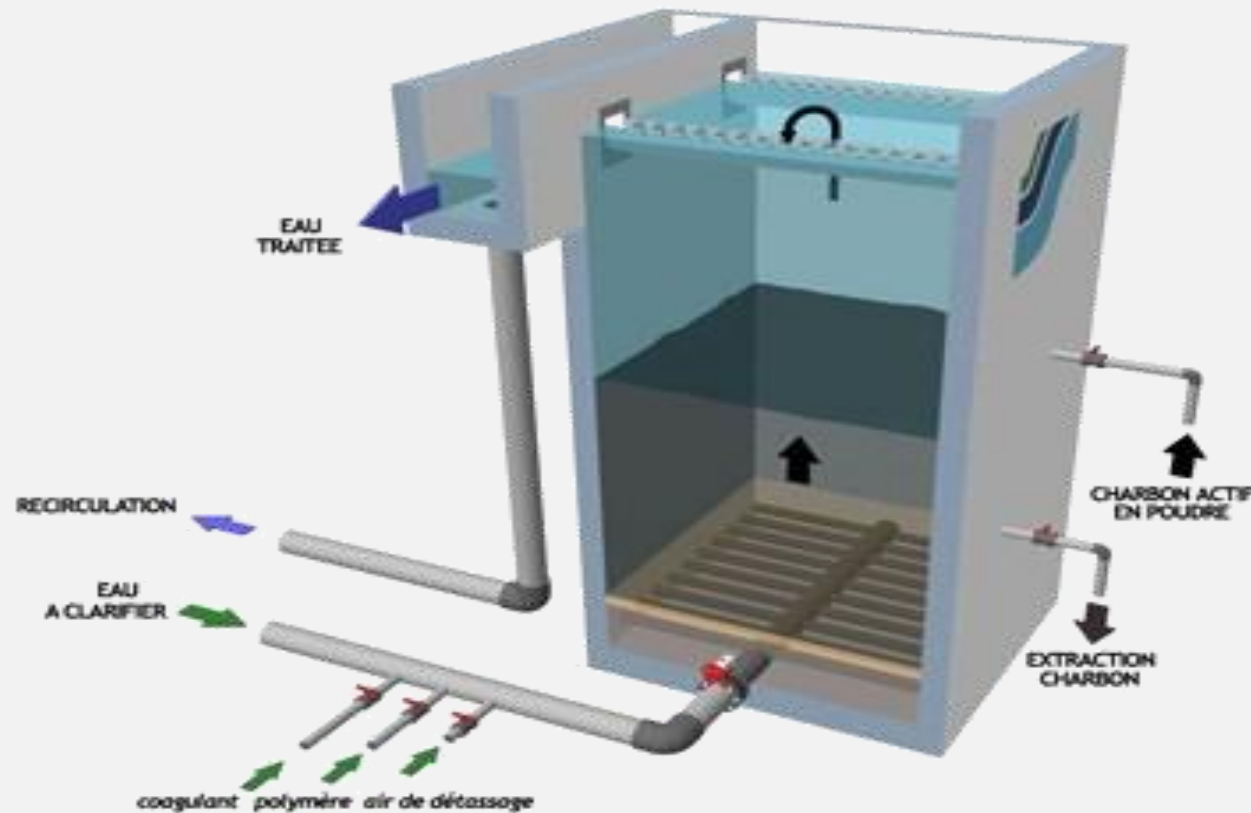


Schéma du principe de
fonctionnement du CarboPlus.
Source: Saur

Comparaison

Conclusion

Traitements au charbon actif granuleux optimisés

Traitement décentralisé

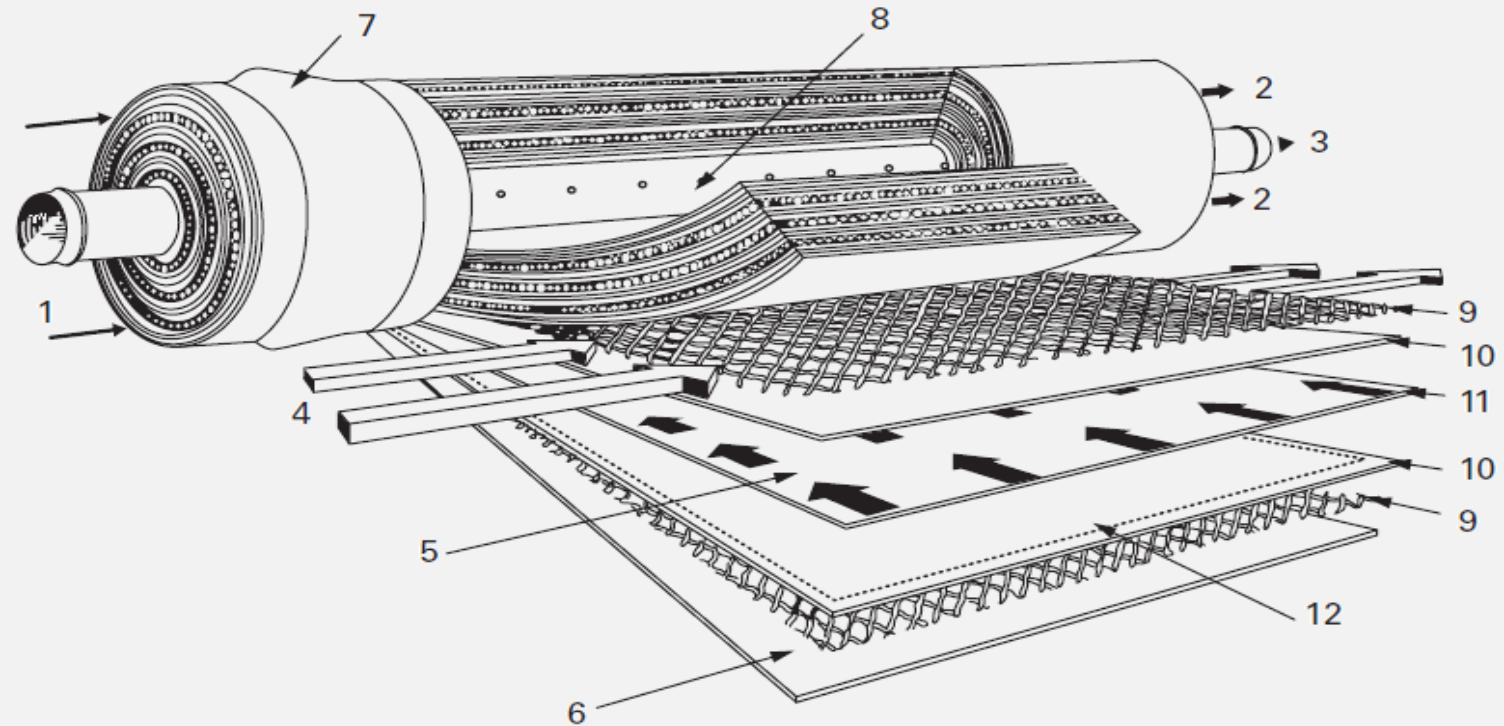
- Applicable aux hot spots
- Production eau potable : 300 l/jour/personne
- Consommation eau potable : 142 l/jour/personne
- Deux scénarios envisagés :

Scénario A – eau de cuisine : traitement de 22 l/jour/personne

Scénario B – eau de boisson : traitement de 2 l/jour/personne

Traitement par Osmose Inverse

Principe



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Water inlet | 7. Seal between module and casing |
| 2. Concentrate outlet | 8. Permeate collection perforations |
| 3. Permeate collection tube | 9. Spacer |
| 4. Raw water direction of flow | 10. Membrane |
| 5. Permeate direction of flow | 11. Permeate collector |
| 6. Protective material | 12. Weld line between two membranes |

Schéma du principe d'un module d'OI à enroulement spiral.

Source: Degremont

Introduction

Traitement par Osmose Inverse

Limites

- Création d'un concentrât chargé en polluants et produits antitartre
- Nécessité d'adoucir l'eau en amont du traitement
- Couteux

Le
chlorothalonil

Méthodes &
traitements

Comparaison

Conclusion

Matériel et méthodes

Conditions d'exploitations

LUCA

- 1^{ère} couche de 50 cm (RB 0.8 C pour le LUCA 1 et Filtrasorb 400 pour le LUCA 2)
- 2^{ème} couche de 25 cm
- Débit de 0,15 m³/h correspondant à une vitesse de 8 m/h

CarboPlus

- 1^{ère} couche de 1 m de Microsorb 400
- Injection bi-hebdomadaire
- Taux de traitement de 15 g/m³
- Hauteur nominale de 1.6 m
- Débit de 1.5 m³/h correspondant à une vitesse de 16 m/h

Lit Fixe

- Couche unique de 1 m de Filtrasorb 400
- Débit de 0.15 m³/h correspondant à une vitesse de 16 m/h

Le

chlorothalonil

Méthodes &
traitements

Comparaison

Conclusion

Matériel et méthode

Caractéristiques du CA

	LUCA 1 RB 0.8 C	LUCA 2 Filtrorb 400	Lit fixe Filtrisorb 400	CarboPlus Microsorb 400
Granulométrie [mm]	0,8	0,45 à 1,7	0,45 à 1,7	0,3 à 0.85
Surface spécifique [m ² /g]	1150	1050	1050	1000
Densité du lit [kg/m ³]	450	425	425	460

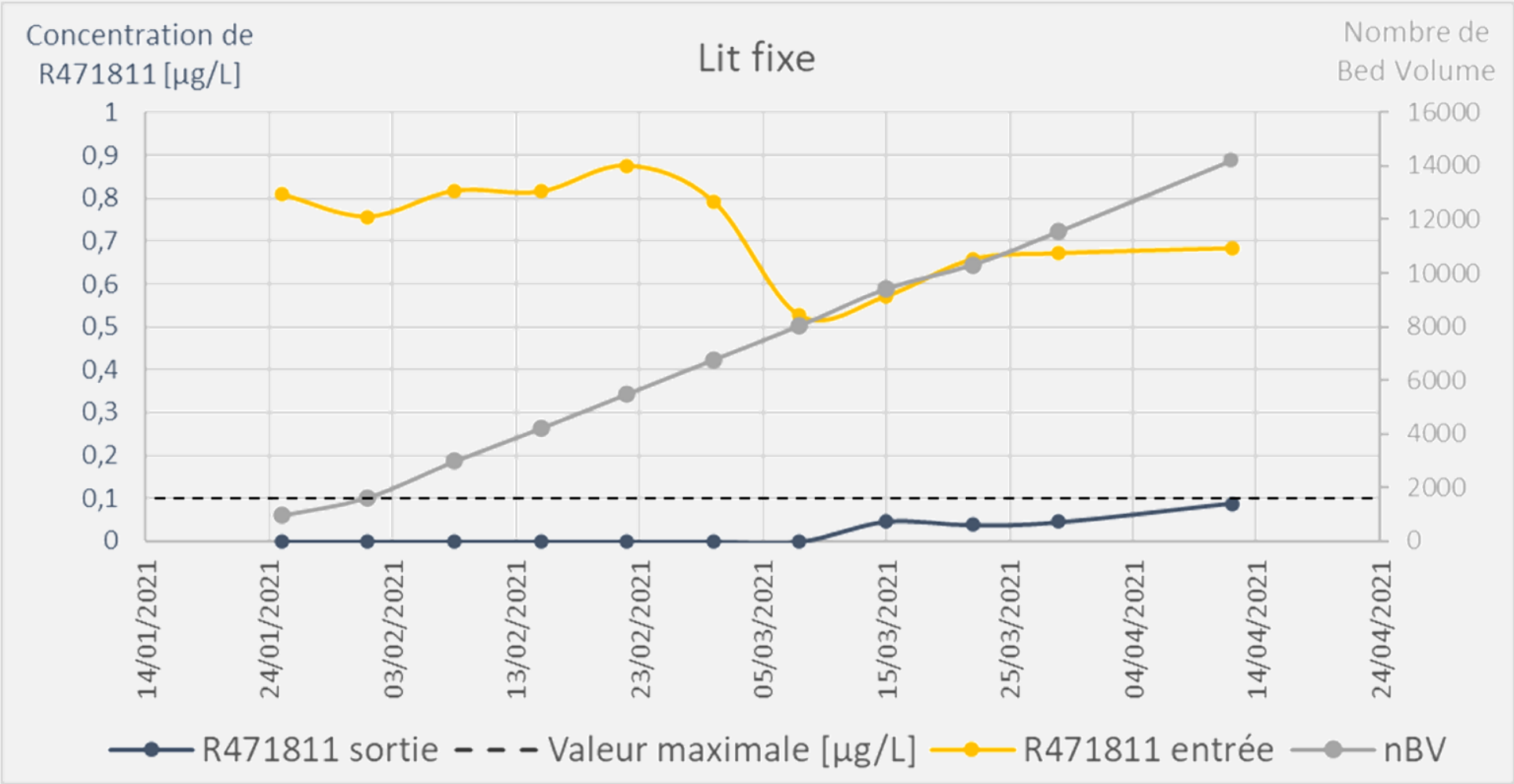
Relevés et méthodes d'analyse

- Relevés hebdomadaires des concentrations en R471811 par l'OFCO depuis le 25 janvier
- Méthode : chromatographie en phase liquide - spectrométrie de masse en tandem (LC-MS-MS).
- Niveau acceptable d'incertitude de mesure : 35%

LOQ : 0.02 µg/L

LOD : 0.006 µg/L

Comparaison des CAG



Introduction

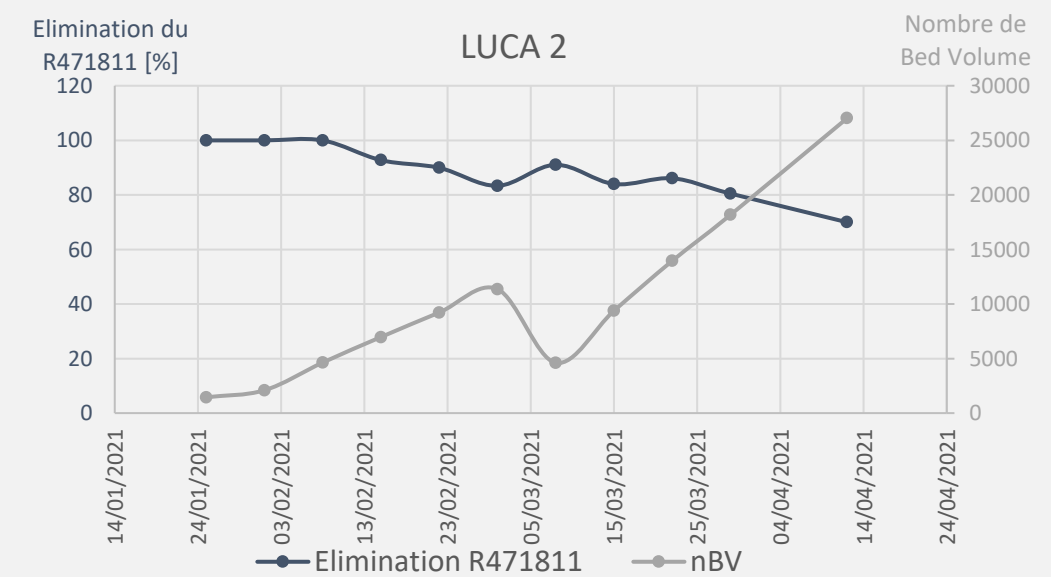
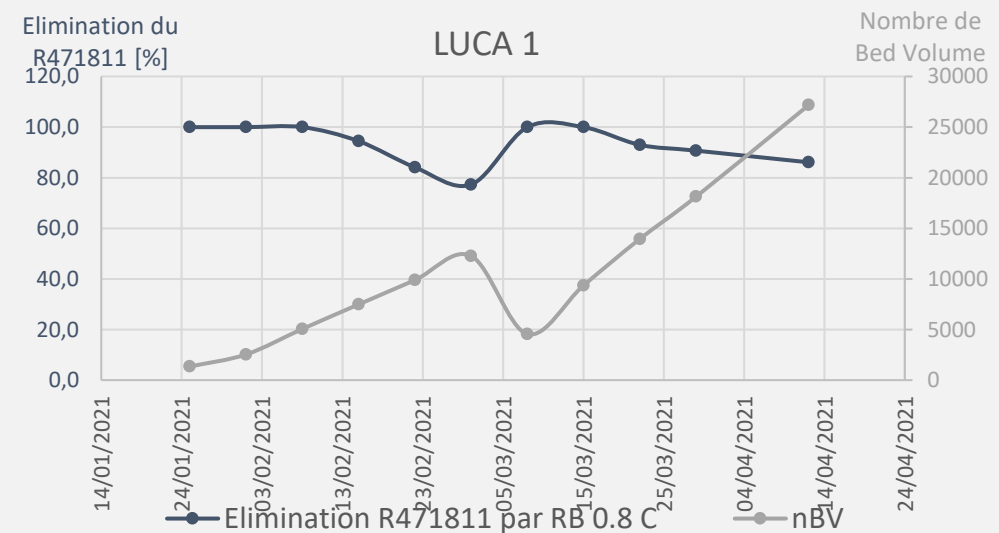
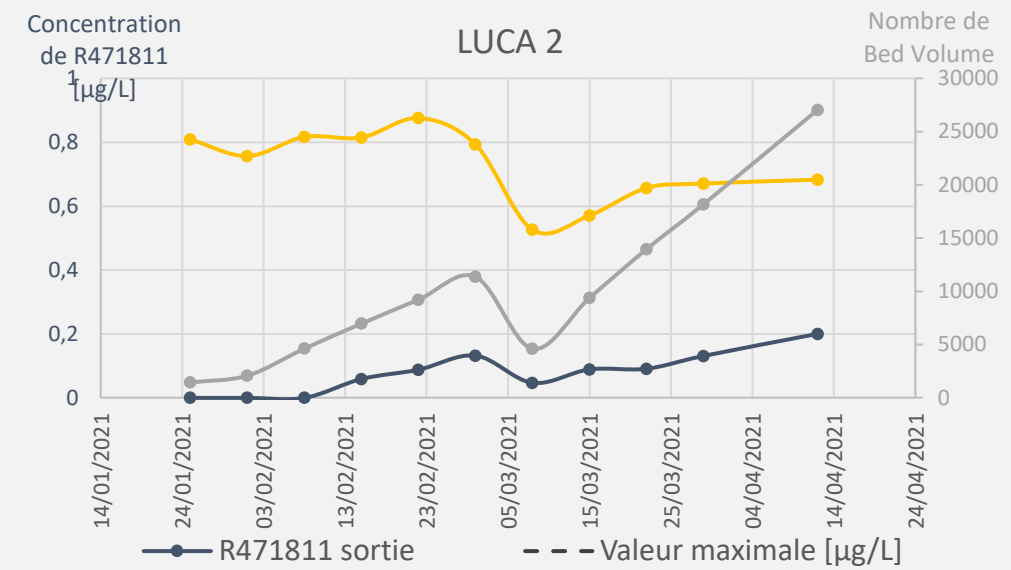
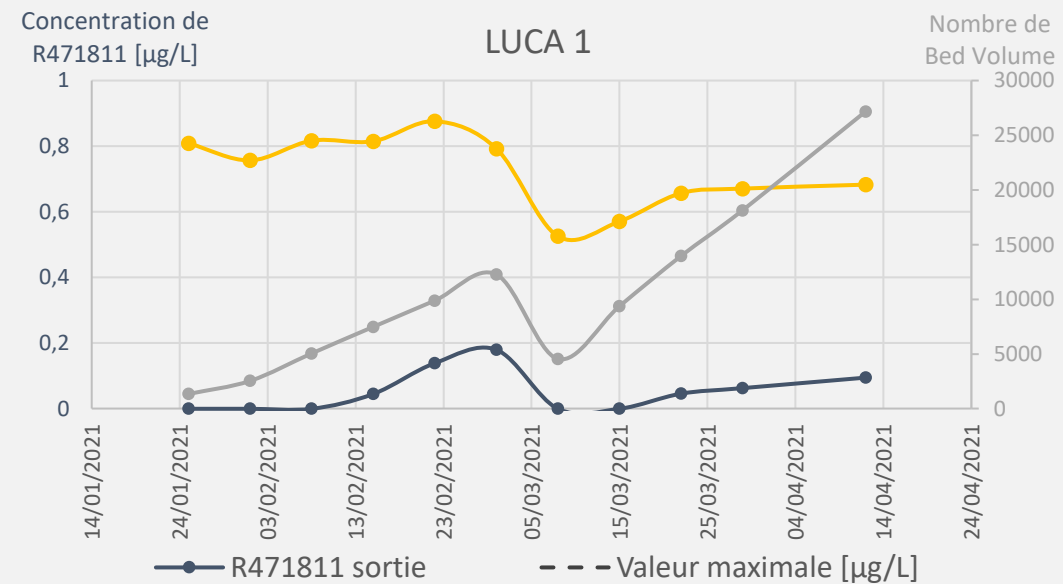
Le
chlorothalonil

Méthodes &
traitements

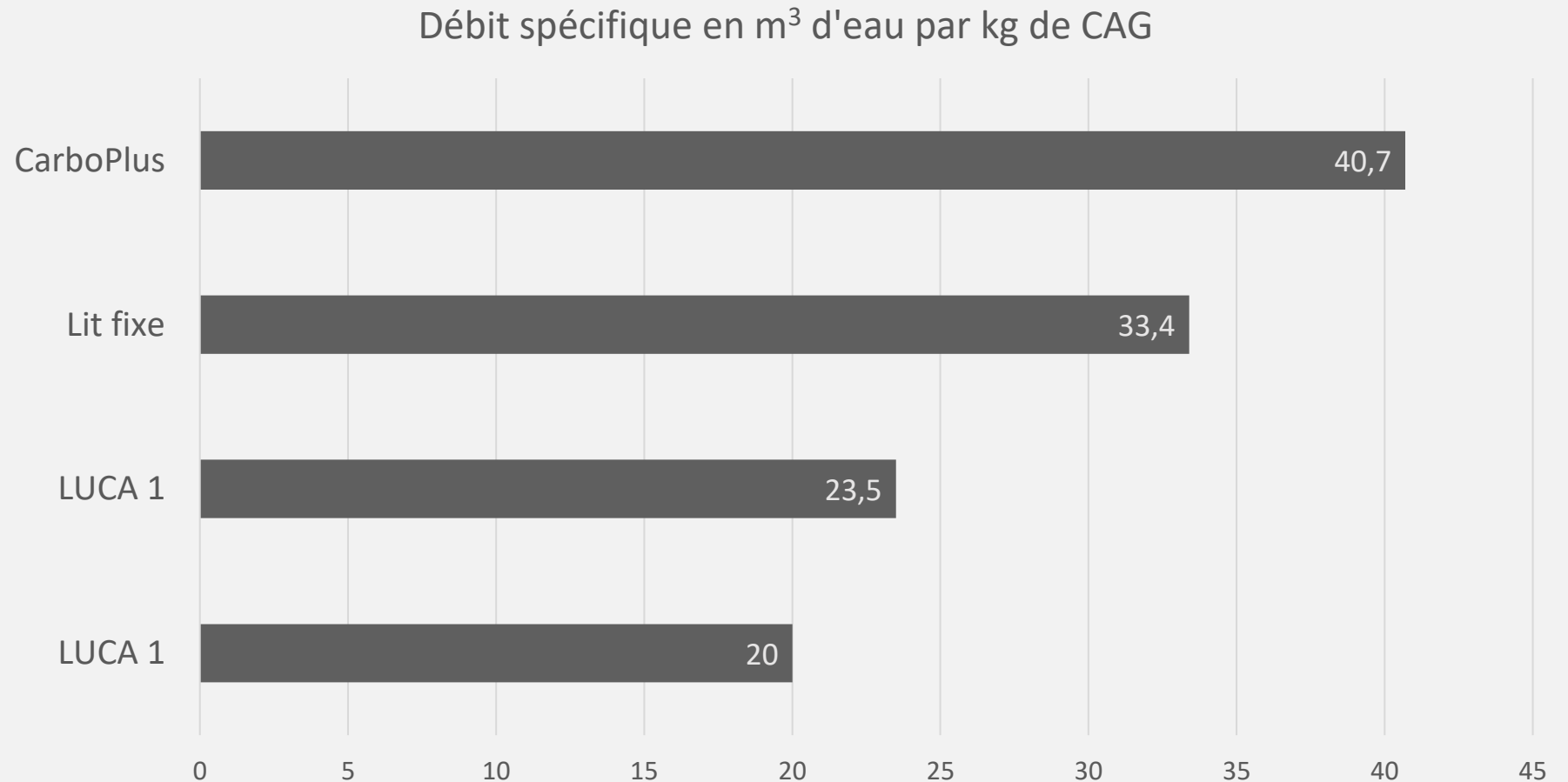
Comparaison

Conclusion

Comparaison des CAG

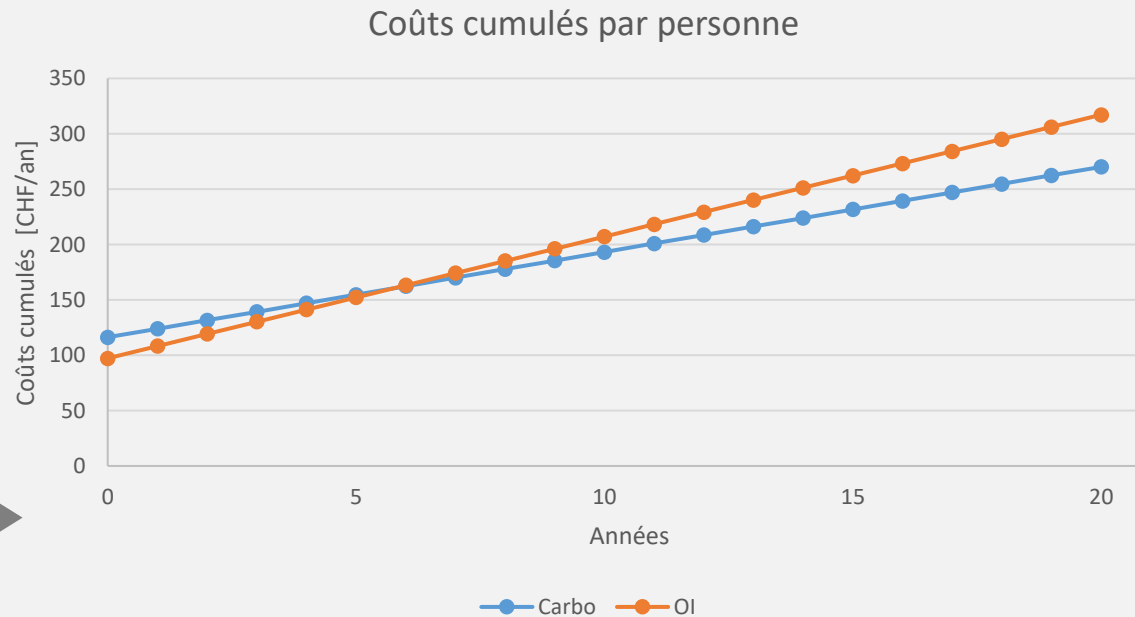


Estimation de faisabilité et efficacité



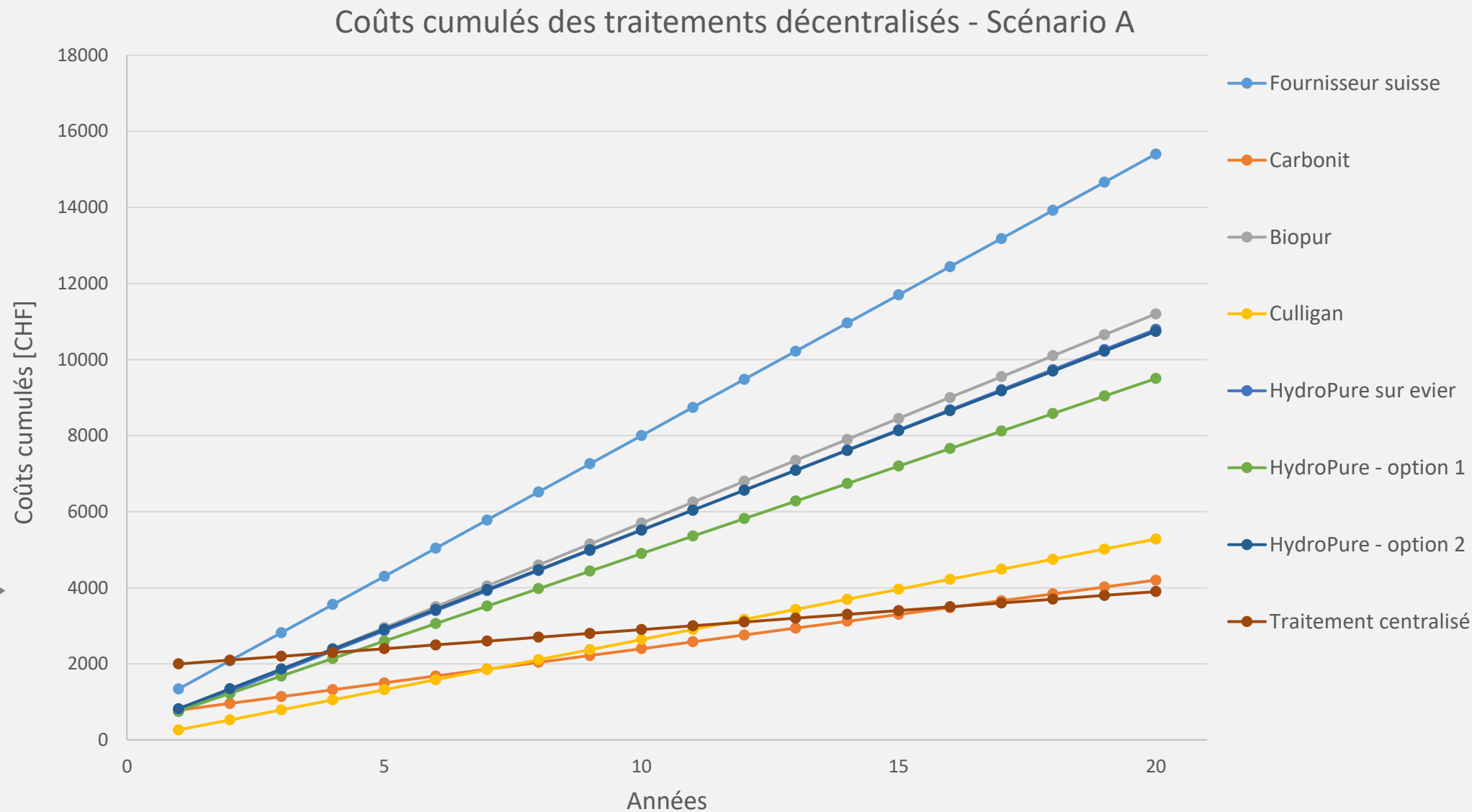
Estimation de faisabilité et efficacité

Etude de cas : comparaison économique des procédés CarboPlus et d'Osmose Inverse



	CarboPlus (Saur)	Osmose Inverse (Membratec)
Référence	Penthaz (VD) 2017 $Q_{\max} : 324 \text{ m}^3/\text{h}$	Roche (VD) 2017 $Q_{\max} : 400 \text{ m}^3/\text{h}$
Investissement (CHF) (Installations + bâtiments)	3 Mio	3.1 Mio
Coût d'exploitation (CHF/m ³)	0.07	0.1

Estimation de faisabilité et efficacité



Conclusion

- L'OI est un procédé approuvé et efficace dans le traitement des micropolluants. Cependant, elle présente des limitations non négligeables.
- Bien qu'encore inaboutis, les projets pilotes montrent des résultats prometteurs quant à l'utilisation du CAG pour le traitement du R417811.
- Appliquée à des petites collectivités, l'option d'un traitement décentralisée apparaît comme économiquement viable.
- Chaque technologie ayant ses avantages, le choix du procédé doit être fait au cas par cas en fonction des contraintes locales, de l'origine et la composition de l'eau à traiter, des impératifs économiques et du contexte politique.

Références

- [1] “BLW.” [En ligne]. Disponible : <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home.html>
- [2] K. Kiefer, A. Müller, H. Singer, and J. Hollender, “New relevant pesticide transformation products in groundwater detected using target and suspect screening for agricultural and urban micropollutants with LC-HRMS,” *Water Research*, vol. 165, 11 2019.
- [3] P. E. Davies and R. W. White, “The toxicology and metabolism of chlorothalonil in fish. I. Lethal levels for *Salmo gairdneri*, *Galaxias maculatus*, *G. truttaceus* and *G. auratus* and the fate of 14C-TCIN in *S. gairdneri*,” *Aquatic Toxicology*, vol. 7, no. 1-2, pp. 93–105, 10 1985.
- [4] P. Y. Caux, R. A. Kent, G. T. Fan, and G. L. Stephenson, “Environmental fate and effects of chlorothalonil : A Canadian perspective,” pp. 45–93, 1996. [En ligne]. Disponible : <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389609388486>
- [5] A. Draper, P. Cullinan, C. Campbell, M. Jones, and A. Newman Taylor, “Occupational asthma from fungicides fluazinam and chlorothalonil,” *Environ Med*, 2003. [En ligne]. Disponible : <http://oem.bmj.com/>
- [6] Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaire, “Eau potable,” 2021. [En ligne]. Disponible : <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/verantwortlichkeiten/sicheres-trinkwasser.html>
- [7] Conseil fédéral suisse, “Ordonnance sur la protection des eaux,” 10 1998.
- [8] Assemblée fédérale de la Confédération suisse, “Loi fédérale sur la protection des eaux,” 10 1991.
- [9] Le Département fédéral de l’intérieur (DFI), “Ordonnance du DFI sur l’eau potable et l’eau des installations de baignade et de douche accessibles au public,” 12 2016.
- [10] Office fédéral de l’agriculture, “Retrait du chlorothalonil avec effet immédiat,” 12 2019. [En ligne]. Disponible : <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/services/medienmitteilungen.msg-id-77491.html>
- [11] Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires, “Cette information a été retirée.” 3 2021. [En ligne]. Disponible : <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/dokumentation/nsb-news-list.msg-id-80397.html>
- [12] European Communities, “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive(2000/60/EC),” *Tech. Rep.*, 2011. [En ligne]. Disponible : <http://ec.europa.eu>
- [13] M. Korkaric, R. Kase, M. Junghans, and I. Werner, “Critères de qualité environnementale : définition d’exigences chiffrées pour l’ordonnance sur la protection des eaux,” 2020.
- [14] K. Kiefer, “Polar micropollutants and their transformation products in groundwater : identification with LC-HRMS and their abatement in water treatment,” *Tech. Rep.*, 2020.

- [15] Office fédéral de l'environnement OFEV, "Métabolites du chlorothalonil dans les eaux souterraines", 2021. [En ligne]. Disponible : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/etat-des-eaux/etat-des-eaux-souterraines/eaux-souterraines--qualite/produits-phytosanitaires-dans-les-eaux-souterraines/metabolites-chlorothalonil-dans-les-eaux-souterraines.html>
- [16] EAWAG - Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau, "Fact Sheet «métabolites du chlorothalonil»,” Tech. Rep., 2 2020.
- [17] F. Çeçen, "Activated Carbon," in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., 4 2014, pp. 1–34. [En ligne]. Disponible : <http://doi.wiley.com/10.1002/0471238961.0103200902011105.a01.pub3>
- [18] SUEZ, "Traitement de l'eau- Adsorption mise en œuvre des charbons actifs - Degremont®." [En ligne]. Disponible : <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/adsorption/principes-de-mise-en-oeuvre-des-charbons-actifs>
- [19] SUEZ, "Traitement de l'eau – Adsorption Mécanisme - Degremont®." [En ligne]. Disponible : <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/adsorption/mecanisme-adsorption>
- [20] M. Bastos-Neto, D. C. S. Azevedo, and S. M. P. Lucena, "Adsorption," in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Wiley, 3 2020, pp. 1–59. [En ligne]. Disponible : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471238961.0104191518212008.a01.pub3>
- [21] C. Munz, J.-L. Walther, G. Baldauf, M. Boller, and R. Bland, "Evaluating Layered Upflow Carbon Adsorption for the Removal of Trace Organic Contaminants," Journal - American Water Works Association, vol. 82, no. 3, pp. 63–76, 3 1990. [En ligne]. Disponible : <http://doi.wiley.com/10.1002/j.1551-8833.1990.tb06937.x>
- [22] von Guten Urs, "Estimation du coût d'un traitement centralisé vs décentralisé pour l'élimination du métabolite R471811," EAWAG - EPFL, Tech. Rep., 2021.
- [23] SONATEC, "SONATEC - Osmoseur Naturo," 12 2020. [En ligne]. Disponible : <https://www.sonatec.com/fr/produits-osmoseur-naturo.php>
- [24] C. J. Fell, "Chapter 4 Reverse osmosis," Membrane Science and Technology, vol. 2, no. C, pp.113–142, 1 1995.
- [25] A. Yokozeki, "Osmotic pressures studied using a simple equation of state and its applications," Applied Energy, vol. 83, no. 1, pp. 15–41, 2006.
- [26] R. K. Sinnott and G. Towler, Chemical Engineering Design, 2013.
- [27] C. Liu, K. Rainwater, and L. Song, "Energy analysis and efficiency assessment of reverse osmosis desalination process," Desalination, vol. 276, no. 1-3, pp. 352–358, 8 2011.
- [28] E. M. Vrijenhoek, S. Hong, and M. Elimelech, "Influence of membrane surface properties on initial rate of colloidal fouling of reverse osmosis and nanofiltration membranes," Journal of Membrane Science, vol. 188, no. 1, pp. 115–128, 6 2001.

- [29] M. A. Al-Obaidi, C. Kara-Zaïtri, and I. M. Mujtaba, "Simulation and optimisation of spiral-wound reverse osmosis process for the removal of N-nitrosamine from wastewater," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 133, pp. 168–182, 5 2018.
- [30] M. Qasim, M. Badrelzaman, N. N. Darwish, N. A. Darwish, and N. Hilal, "Reverse osmosis desalination : A state-of-the-art review," pp. 59–104, 6 2019.
- [31] L. GICQUEL, "Elimination par adsorption sur charbon actif des pesticides contenus dans les eaux à potabiliser : étude de la compétition avec les matières organiques et minérales dissoutes," <http://www.theses.fr>, 1 1996. [En ligne]. Disponible : <http://www.theses.fr/1996REN10106>
- [32] M. Ullberg, E. Lavonen, S. J. Köhler, O. Golovko, and K. Wiberg, "Pilot-scale removal of organic micropollutants and natural organic matter from drinking water using ozonation followed by granular activated carbon," *Environmental Science : Water Research and Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 535–548, 3 2021. [En ligne]. Disponible : <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/ew/d0ew00933d><https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ew/d0ew00933d>
- [33] V. Albergamo, B. Blankert, E. R. Cornelissen, B. Hofs, W. J. Knibbe, W. van der Meer, and P. de Voogt, "Removal of polar organic micropollutants by pilot-scale reverse osmosis drinking water treatment," *Water Research*, vol. 148, pp. 535–545, 1 2019.
- [34] "SONATEC - Accueil." [En ligne]. Disponible : <https://www.sonatec.com/fr/accueil.php>