

Influence de la conductivité sur la propagation dans l'eau d'un champ électrique produit par un engin de pêche électrique

Gaétan Pottier¹
Jean-Pierre Destouches²

Résumé. Lors de sessions de pêche électrique, les cours d'eau peuvent présenter des conductivités différentes. Cette étude a été mise en place pour vérifier si la conductivité a une influence sur la dispersion du champ électrique dans l'eau. Un dispositif expérimental a été mis en place pour analyser le profil du gradient de tension à partir de l'anode tout en contrôlant la conductivité. Les résultats montrent que le champ électrique présente deux comportements différents : lorsque la conductivité augmente de 15 à 133 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, le gradient de tension augmente ; et au-delà de 133 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, le gradient de tension reste constant alors que la conductivité augmente.

Mots clés : pêche électrique, gradient de tension, influence de la conductivité

Abstract. During electrofishing, streams can present different conductivities. This study has been implemented to check whether the conductivity has an influence on the dispersion of the electric field within the water. An experimental device was developed to analyze the profile of the tension gradient from the anode when controlling the conductivity at the same time. The results show that the electric field presents two different behaviour patterns: when the conductivity rises from 15 to 133 $\mu\text{S cm}^{-1}$, the voltage gradient rises also; and beyond 133 $\mu\text{S cm}^{-1}$, the voltage gradient remains constant while the conductivity is rising.

Keywords. Electrofishing, voltage gradient, influence of the conductivity

Introduction

L'utilisation d'ichtyotoxiques comme la roténone dans les cours d'eau présentant une très faible conductivité a longtemps été considéré comme l'unique méthode efficace et fiable pour évaluer la structure et la composition des populations de poissons (Głowacki et Penczak, 2005). Bien que des procédures aient été proposées pour réduire l'impact de la roténone (Mérigoux et al., 1998; Penczak et al., 2003) cette méthode reste destructive pour la faune. Une alternative sans danger pour la faune est donc nécessaire pour pouvoir continuer à recenser la faune piscicole dans ces cours d'eau particuliers.

La pêche électrique est basée sur l'utilisation d'un champ électrique qui cause une réaction neuromusculaire aux poissons, ce qui facilite leur capture (Cowx et Lamarque, 1990 ; Snyder, 2003). Les causes et les mécanismes amenant à la réponse d'un poisson soumis au champ électrique restent controversées (Kolz, 1989 ; Lamarque, 1990a vs Sharber et Black, 1999), alors que le principe général ne l'est pas : le champ électrique stimule le système nerveux ce qui induit une réponse musculaire du poisson et le force à se rapprocher de l'anode jusqu'à devenir immobile.

¹ Laboratoire Environnement de Petit Saut, Hydreco Guyane, Kourou Cedex, Guyane Française, France

² U3E, Pôle GEST'AQUA, Inra, 5042, Rennes, France

ga.pottier@gmail.com

jean-pierre.destouches@inra.fr

En milieu peu profond, cette méthode de capture présente des avantages vis-à-vis d'autres comme la capture au filet (Growth et al., 1996 ; Penczak et al., 1998) ou à la seine (Penczak et al., 1998) pour recenser notamment la richesse spécifique. *A contrario*, en milieu profond, les filets s'avèrent plus efficaces que la pêche à l'électricité étant donné son champ d'attraction limité (Achleitner et al., 2012).

Plusieurs études ont testé l'effet de la conductivité sur l'efficacité de la pêche électrique. Certains auteurs ont montré que la pêche électrique est inefficace en-dessous de $60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Pusey et al., 1998) et $43 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Allard et al., 2014). Alabaster et Hartley (1962) ont également montré une relation linéaire positive entre la conductivité ($70\text{-}270 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) et l'efficacité de pêche. À l'inverse d'autres études n'ont pas trouvé de corrélation entre la conductivité et l'efficacité de pêche (Mazzoni et al., 2000; Penczak et al., 1997). Lamarque (1990b) racontait que la pêche électrique dans le bassin amazonien ($10\text{-}20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) s'avérait difficile et que les meilleurs résultats étaient obtenus avec des pics de tension élevés (800-1650 V, forme de courant de $\frac{1}{4}$ de sinusoïde, 100 Hz).

Pour pallier de faibles conductivités, Penczak et al. (2003, 1997) ont pensé à ajouter du sel dans l'eau à l'aide de sacs troués immergés dans le cours d'eau mais cette méthode n'est pas forcément suffisante pour augmenter l'efficacité de pêche. Elle peut également être très difficile à mettre en place lorsque le débit de cours d'eau prospecté augmente : plus le débit augmente, plus la quantité de sel est nécessaire pour faire augmenter la conductivité.

Actuellement le fait d'augmenter la conductivité permettrait d'augmenter le transfert de puissance dans le poisson pour faciliter sa capture (Kolz, 1989). Cependant, aucune étude n'a évalué si la conductivité avait une influence sur la dispersion du champ électrique dans l'eau, c'est-à-dire que le gradient de tension soit influencé par une variation de conductivité. Le champ électrique provenant d'un engin de pêche électrique a donc été étudié selon des paliers de conductivité.

Matériels et méthodes

Protocole expérimental

Pour vérifier l'influence possible de la conductivité sur la dispersion du champ électrique, un protocole a été mis en place. Il s'agit d'effectuer le test en condition contrôlée dans un bac à l'aide d'un engin de pêche à l'électricité (LR-24, Smith Root, 400W). L'anode était un cercle en acier inoxydable de 20 cm de diamètre et d'une section transversale de 0,6 cm de diamètre. La cathode était constituée d'un câble en acier inoxydable de 110 cm de long et d'une section transversale de 0,5 cm de diamètre.

Le bassin a été rempli d'eau à une hauteur de 45 cm. L'anode a ensuite été placée à 55 cm du bord du bac. Elle a été positionnée à 30 cm de la hauteur d'eau pour éviter les effets de bord (tension de surface, bords du bac). La cathode a été totalement immergée au niveau de l'autre extrémité du bac (**Figure 1**).

Une sonde Penny (terme défini dans Beaumont, 2011) a été fixée à un socle pour mesurer le gradient de tension dans l'eau, elle était positionnée à 40 cm de l'anode. Cela permettait d'avoir une position horizontale et verticale fixe lors des mesures. Avant de prendre les mesures, la sonde a été installée à la même hauteur que l'anode et en direction de son centre, perpendiculaire aux équipotentielles, pour mesurer le gradient de tension maximal à une position unique. La sonde était reliée à un oscilloscope (Industrial Scopemeter Fluke®) pour avoir maximiser la lecture des mesures.

Figure 1 page suivante

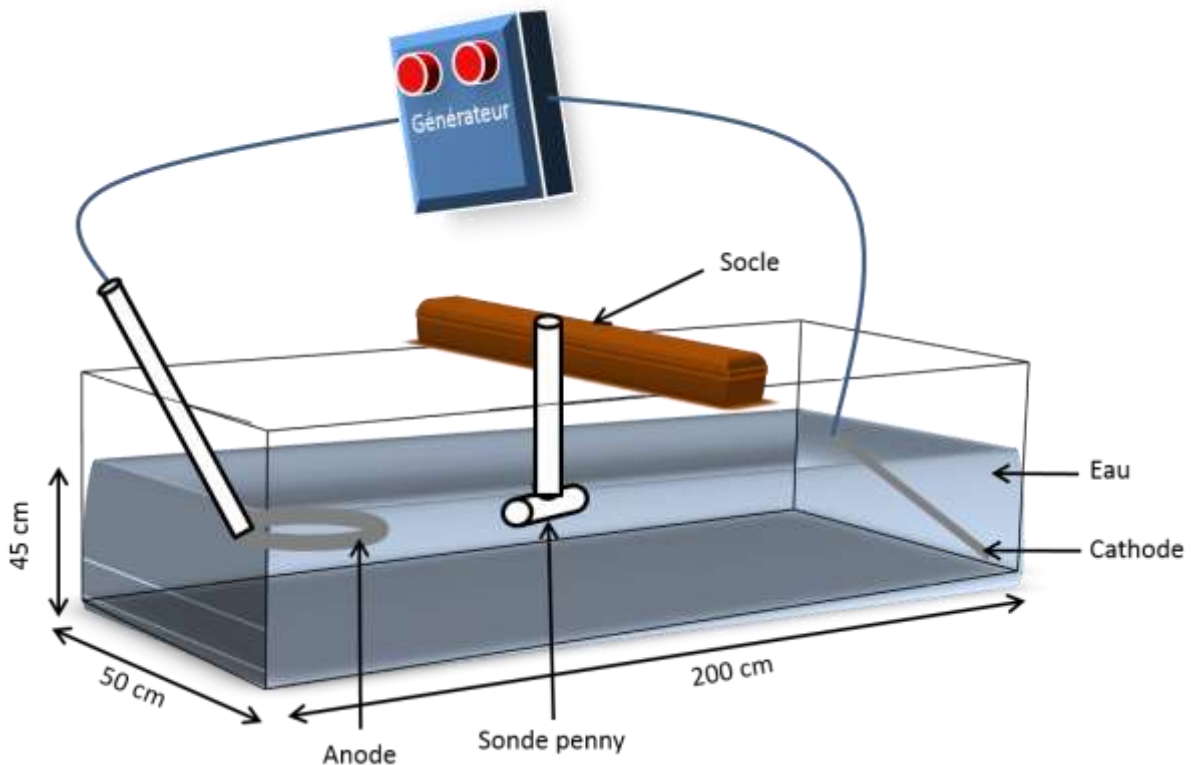


Figure 1. Protocole expérimental pour évaluer l'influence de la conductivité sur la dispersion du champ électrique dans l'eau.

Une tension de 100 V a été réglée sur l'engin de pêche électrique pour pouvoir constater des possibles variations nettes du gradient de tension. Deux formes de courant ont été utilisées : le courant continu (DC) et le courant pulsé crénelé (PDC, 40 Hz, 25%). Le fait que la tension entre l'anode et la cathode immergées soit constante a été vérifié avec un oscilloscope.

Pour chaque forme de courant, un gradient de conductivité a été créé en ajoutant progressivement du sel (NaCl) dans l'eau. Après ajout de sel, la solution a été brassée durant 15 min pour s'assurer de sa totale dissolution et d'une homogénéité de conductivité dans la solution d'eau salée. La conductivité spécifique à 25°C et la température étaient ensuite mesurées avec un conductimètre (Cond 3110 and probe Tetracon 325, WTW®). Cela permettait de calculer la conductivité ambiante. Elle prend en compte la température et la conductivité spécifique. La conductivité ambiante ($C_{amb}(t)$) peut être calculée en fonction de la conductivité spécifique (K) pour la température de référence de 25°C et la température ambiante (t) grâce à l'Equation 1 (Mackereth et al., 1978) :

$$C_{amb}(t) = \frac{K}{1,023^{(25-t)}} \quad \text{Équation 1}$$

Le gradient de tension a été mesuré à 40 cm à partir du bord de l'anode. Pour chaque conductivité ambiante, cinq mesures de gradient de tension ont été effectuées.

Résultats

Entre 15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et 133 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, lorsque la conductivité ambiante augmente, le gradient de tension augmente également (Figure 2). Au-delà de 133 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, même si la conductivité augmente (jusqu'à 1077 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), le gradient de tension reste constant et crée un plateau. Cette tendance est observée pour le DC et le PDC.

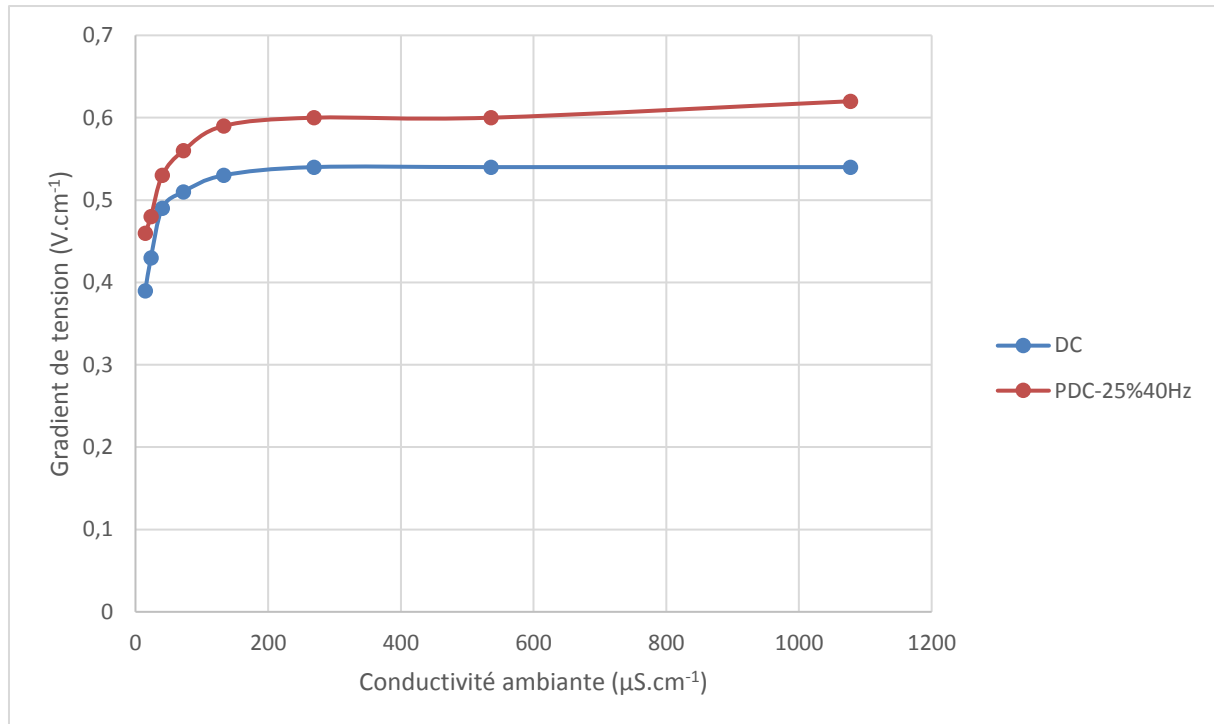


Figure 2. Gradient de tension à un point fixe en fonction de la conductivité ambiante. DC : courant continu. PDC-25% 40Hz : courant pulsé crénelé réglé avec un rapport cyclique de 25% et une fréquence de 40Hz. Tension réglée : 100 V.

Discussion

Selon la loi de Kirchhoff, lorsque la conductivité évolue de la même manière au niveau de l'anode et de la cathode, la tension de sortie à l'anode reste la même. À un point fixe donné, le gradient de tension aurait donc dû garder la même valeur quelle que soit la conductivité ce qui n'a pas été le cas. Lorsque les conductivités étaient extrêmement faibles (inférieures à $133 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), le gradient de tension a varié en fonction de la conductivité ambiante. Lorsque la conductivité diminue, la résistivité (inverse de la conductivité) augmente : le milieu devient de plus en plus isolant avec la baisse de conductivité. Si la conductivité avait une valeur de $0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, la résistivité prendrait la valeur de $+\infty$. Dans cette expérience, la résistivité augmentait progressivement lorsque la conductivité ambiante diminuait en-dessous de $133 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Cela induisait une ouverture progressive du circuit électrique entre les électrodes. Par analogie avec un tuyau d'eau, la sonde penny se trouvait entre deux vannes se situant dans le tuyau, elles représentent la résistivité. La pression de l'eau dans le tuyau représente le gradient de tension. Si les vannes se ferment au fur et à mesure, la pression se trouvant entre-elles va diminuer jusqu'à être nulle, comme le gradient de tension dans cette expérience.

Cette étude met aussi en évidence un pallier de conductivité ambiante qui ne permet pas au champ électrique de se propager davantage pour une même tension de sortie à l'anode. En effet, la tension réglée sur l'appareil ayant une valeur fixe, si le circuit électrique se ferme de manière progressive, il arrive un niveau où la totalité du courant circule et donc le gradient de tension n'augmentera pas.

La conductivité efficace d'un poisson est la valeur de la conductivité ambiante de l'eau qui requiert un minimum de puissance pour induire une réponse du poisson (la taxie par exemple). Dans le cadre de la théorie des transferts de puissance (Kolz, 1989), la American Fisheries Society a adopté la valeur de $115 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ comme valeur standard de la conductivité efficace d'un poisson (Miranda, 2009). C'est le point où la conductivité efficace d'un poisson est essentiellement constante alors que la conductivité de l'eau peut varier énormément. Cette valeur est proche de celle qui détermine le point d'inflexion des courbes du gradient de tension. L'efficacité du transfert de puissance de l'eau dans le poisson chute fortement lorsque la conductivité de l'eau est inférieure à celle du poisson (Kolz, 1989).

Cela peut maintenant être expliqué en partie par le fait que le gradient de tension chute fortement lorsque la conductivité diminue en-dessous de $133 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, et non uniquement par le ratio entre la conductivité du poisson et celle de l'eau. Il est également important de noter que les résultats de cette étude sont liés à la configuration de l'appareil de pêche électrique et de son réglage. En effet si la tension réglée ou les électrodes diffèrent, les valeurs du gradient de tension varieront. Par contre la tendance restera la même : une forte variation du gradient de tension en très faibles conductivités et une valeur stable du gradient de tension lorsque la conductivité ambiante est forte.

Conclusion

Cette expérience a été effectuée en conditions contrôlées pour pouvoir comprendre le phénomène qui peut apparaître *in natura*. Lors de la mise en œuvre de la pêche électrique en milieu de faible conductivité (inférieure à $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), il est généralement constaté une baisse d'attraction au niveau des poissons. Cela s'explique par une diminution naturelle du champ électrique dans l'eau. Pour compenser cette perte d'intensité du champ électrique, les résultats suggèrent donc d'augmenter la tension de sortie à l'anode.

Pour limiter une grande variation de la distance du champ d'attraction autour de l'anode, il est donc conseillé de vérifier systématiquement la valeur de la conductivité de l'eau et de mesurer le champ d'attraction autour de l'anode avant chaque session de pêche.

Références bibliographiques

Achleitner D, Gassner H, Luger M (2012) Comparison of three standardised fish sampling methods in 14 alpine lakes in Austria. *Fish Manag Ecol.* **19** : 352-361.

Alabaster JS, Hartley W (1962) The Efficiency of a Direct Current Electric Fishing Method in Trout Streams. *J Anim Ecol.* **31** : 385.

Allard L, Grenouillet G, Khazraie K, Tudesque L, Vigouroux R, Brosse S (2014) Electrofishing efficiency in low conductivity neotropical streams: towards a non-destructive fish sampling method. *Fish Manag Ecol.* **21** : 234-243.

Beaumont WC (2011) *Electric fishing: a complete guide to theory and practice*. Game & Wildlife Conservation Trust, Wareham.

Cowx IG, Lamarque P (1990) *Fishing with electricity. Applications in Freshwater Fisheries Management*, Fishing News Books, ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.

Głowacki L, Penczak T (2005) Species richness estimators applied to fish in a small tropical river sampled by conventional methods and rotenone. *Aquat Living Resour.* **18** : 159-168.

Growns IO, Pollard DA, Harris JH (1996) A comparison of electric fishing and gillnetting to examine the effects of anthropogenic disturbance on riverine fish communities. *Fish Manag Ecol.* **3** : 13-24.

Kolz AL (1989) *A power transfer theory for electrofishing. Electrofishing, a power related phenomenon* (Fish and Wildlife Technical Report). United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service, Washington, DC, USA.

Lamarque P (1990a) *Electrophysiology of fish in electric field*, in: *Fishing with Electricity, Applications in Freshwater Fisheries Management*, Fishing News Books. Oxford, England, pp. 4-33.

Gaétan Pottier, Jean-Pierre Destouches

Lamarque P (1990b) *Twenty years of electric fishing expeditions throughout the World*. Cowx Ed Dev. Electr. Fish. Proceeding Int. Symp. Fish. Electr. Hull UK 1998 Oxf. Fish. News Books Blackwell Sci. Publ.

Mackereth FJ, Heron J, Talling JF (1978) *Water Analysis*. Windemere : Freshwater Biological Association Scientific Publication.

Mazzoni R, Fenerich-Verani N, Caramaschi EP (2000) Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the Southeast of Brazil. *Rev Bras Biol.* **60** : 205-216.

Mérigoux S, Ponton D, De Mérona B (1998) Fish richness and species-habitat relationships in two coastal streams of French Guiana, South America. *Environ Biol Fishes.* **51** : 25-39.

Miranda LE (2009) *Standardizing electrofishing power for boat electrofishing*: chapter 14, in: Standard Methods for Sampling North American Freshwater Fishes. Scott A Bonar, Wayne A Hubert, and David W Willis, editors, Bethesda, Maryland, pp. 223-230.

Penczak T, Agostinho AA, Glowacki L, Gomes LC (1997) The effect of artificial increases in water conductivity on the efficiency of electric fishing in tropical streams (Paraná, Brazil). *Hydrobiologia* **350** : 189-202.

Penczak T, Agostinho AA, Latini JD (2003) Rotenone calibration of fish density and biomass in a tropical stream sampled by two removal methods. *Hydrobiologia.* **510** : 23-38.

Penczak T, Gomes LC, Bini LM, Agostinho AA (1998) The importance of qualitative inventory sampling using electric fishing and nets in a large, tropical river (Brazil). *Hydrobiologia.* **389** : 89-100.

Pusey BJ, Kennard MJ, Arthur JM, Arthington AH (1998) Quantitative sampling of stream fish assemblages: Single- vs multiple-pass electrofishing. *Aust J Ecol.* **23** : 365-374.

Sharber NG, Black JS (1999) Epilepsy as a unifying principle in electrofishing theory: a proposal. *Trans Am Fish. Soc.* **128** : 666-671.

Snyder DE (2003) Invited overview : conclusions from a review of electrofishing and its harmful effects on fish. *Rev Fish Biol Fish.* **13** : 445-453.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-SA).



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Le Cahier des Techniques de l'INRA », la date de sa publication et son URL).