

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 94 (2014-2015)
Heft: 2

Artikel: Détermination des contingents du repoissonnement en rivière à l'échelle d'un canton : le cas de la truite dans le canton de Vaud
Autor: Theler, David / Hofmann, Frédéric / Patthey, Patrick
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-513644>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Détermination des contingents du repoissonnement en rivière à l'échelle d'un canton: le cas de la truite dans le canton de Vaud

par

David THELER¹, Frédéric HOFMANN² & Patrick PATTHEY²

Résumé.—THELER D., HOFMANN F. & PATTHEY P., 2014. Détermination of durable stocking plan for streams at large scale: the case of trout in Vaud state. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 94.2: 155-173.

Depuis 2014, les quelques 3'600 km de cours d'eau à écoulement permanent du canton font l'objet d'un nouveau plan de repeuplement annuel, qui tient compte de la capacité d'accueil et de rendement des cours d'eau. Ce plan définit les contingents et les stades de maturité des poissons immergés, en particulier de la truite commune qui fait l'objet d'élevages par l'Etat de Vaud et la Société vaudoise des pêcheurs en rivières (SVPR). Comme les inventaires piscicoles actuellement disponibles ne couvrent pas la totalité du réseau hydrographique, le plan s'appuie sur une formule fournissant des valeurs théoriques, issues des composantes physiques, chimiques et morphologiques des cours d'eau. Cette formule offre l'avantage d'automatiser les calculs pour différents tronçons de cours d'eau, à partir des données contenues dans la base de données cantonale GESREAU. A l'échelle du canton, les résultats obtenus indiquent une baisse des contingents de poissons à immerger, de l'ordre d'environ 65%. Mais l'estimation des rendements (et du repeuplement) est avant tout un processus itératif passant par une actualisation des paramètres utilisés dans la formule, comme l'écomorphologie ou la capacité biogénique des cours d'eau. Un suivi des populations piscicoles et un contrôle de l'efficacité du repoissonnement permettront de vérifier la pertinence des repeuplements. Ceci permettra également d'affiner les repeuplements en tenant compte des différentes caractéristiques biogéographiques du canton de Vaud. En parallèle, le soutien des mesures visant à améliorer l'écomorphologie, la qualité de l'eau et le retour vers un régime hydrologique proche d'un état naturel doivent être consentis en priorité.

Mots-clés: cours d'eau, repeuplement durable, poisson, truite, écomorphologie, SIG, Vuille

Abstract.—THELER D., HOFMANN F. & PATTHEY P., 2014. Titre anglais Détermination des contingents du repoissonnement en rivière à l'échelle d'un canton: le cas de la truite dans le canton de Vaud. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 94.2: 155-173.

The Vaud state is in charge of 3'600 km of constantly flowing's streams from lowland to Alps. From 2014, a new hatchery stocking plan has been defined based on a theoretical equation adapted to Vaud context. This equation integrates physical, chemical and morphological characteristics of streams as well as biological information. As all these parameters were already georeferenced, the equation could

¹géau environnements sàrl, Technopôle 3, CH-3960 Sierre.

E-mail: david@geau.ch

²Direction générale de l'environnement (DGE), Inspection de la pêche, chemin du Marquisat 1, CH-1025 St-Sulpice.

be applied homogeneously on the entire Vaud state. The results of the formula were comparable to those estimated by classical electric fishing methods. Nevertheless its efficiency should be controlled and it must and could be easily adapted to modifications of the streams ecosystems. The consequence of this new stocking plan is a 65% decrease of the total amount of released fishes, due mainly to the integration of the evaluation of the quality of natural reproduction in the formula. In parallel, support measures to improve ecomorphology, water quality and return to a hydrological regime close to a natural state should be a priority.

Keywords: stream, durable stocking, fish, trout, ecomorphology, GIS, Vuille.

INTRODUCTION

Pour soutenir la reproduction naturelle dans les cours d'eau, compenser les altérations des milieux aquatiques ou plus simplement augmenter les stocks de poissons afin d'améliorer le rendement de la pêche, les pratiques de repeuplement en salmonidés sont devenues systématiques dès le milieu du XX^e siècle, lorsque les techniques d'élevage et de reproduction artificielle devinrent maîtrisées (DODGE & MACK 1996, KEITH & ALLARDI 1997, BÜTTIKER 2007, BEISEL & LÉVÊQUE 2010).

Malgré les doutes régulièrement émis sur la diversité des pratiques et des densités alevinées ainsi que sur l'efficacité même des repeuplements depuis plusieurs décennies (CUINAT & CASAUBON 1963, CUINAT 1971, PETER 1987, BEAUDOU *et al.* 1995, Caudron *et al.* 2004), la gestion piscicole de nombreux cours d'eau suisses est encore réalisée au moyen de repeuplements dont l'apogée fut atteinte en 1982, avec près de 118 millions de truites déversées dans les cours d'eau suisses (OFEFP 1999, OFEFP 2002a, FRIEDL & HERTIG 2003, FIBER 2008). En 2012, ce chiffre atteignait encore plus de soixante millions d'individus, soit l'équivalent d'un poisson par mètre linéaire de cours d'eau environ. Or, la capacité d'accueil d'un hydrosystème, soit le nombre maximal d'individus qu'un milieu peut contenir, est définie par les paramètres environnementaux qui le caractérisent. Aucune action de rempoissonnement ne permet d'ailleurs de l'accroître à l'inverse des mesures de renaturation. Dans le canton de Vaud, BÜTTIKER (1989) démontra il y a plus de vingt ans que le nombre de truites pêchées avait diminué d'environ 20% malgré le triplement de l'effort de repeuplement sur l'ensemble des cours d'eau vaudois.

Il ressort de l'abondante littérature relative aux pratiques et expériences de repeuplement que les poissons introduits n'engendrent souvent pas d'impacts positifs sur les populations en place (GRANDCHAMP 2006, ARAKI & SCHMID 2010, RICHARD 2014)) et se soldent plutôt par des échecs, notamment en raison de taux de mortalité supérieurs, d'une voracité plus marquée des poissons d'élevage et/ou de leur inadaptation aux conditions naturelles. Enfin, d'autres études ont mis en évidence les risques que des repeuplements de truites de rivières pouvaient entraîner en termes de perte de patrimoine génétique sur les populations locales (BEAUDOU *et al.* 1994, POTEAUX *et al.* 1998, CSP & INRA 2000, MEZZERA & LAGARDÈR 2001) ou sur certaines sous-espèces endémiques comme la truite marbrée (*Salmo trutta marmoratus*) dans le bassin versant du Pô (BERREBI *et al.* 2000).

En revanche, diverses expériences ont démontré qu'un arrêt des repeuplements pouvait entraîner localement un effondrement des stocks et une forte baisse des captures (FISCHNETZ 2004), surtout dans des cours d'eau présentant des problèmes de renouvellement des populations (faiblesse du recrutement naturel) ou sujets à des températures élevées favorisant

le développement de la maladie rénale proliférative (MRP). Les repeuplements peuvent aussi être une alternative intéressante pour la sauvegarde et la réhabilitation d'espèces menacées (p. ex. *Salmo trutta*), la restauration d'une population indigène qui aurait disparu ou fortement diminué à la suite d'une pollution ou d'une sécheresse. Cette méthode peut aussi permettre le remplacement des populations de truites de souche atlantique issues des anciennes pratiques de repeuplement par des truites de souche méditerranéenne autochtones (CAUDRON *et al.* 2004, THELER *et al.* 2012).

L'établissement de plans de repeuplement, qui s'est généralisé dans la plupart des cantons suisses durant la dernière décennie, tend à limiter les repeuplements en fonction de la capacité d'accueil des cours d'eau. La capacité de rendement ou productivité piscicole d'un cours d'eau peut être évaluée à l'aide de deux types de méthodes (ARRIGNON 1998): 1) celles reposant sur des échantillonnages et des inventaires piscicoles permettant de quantifier la biomasse piscicole par divers calculs statistiques et 2) celles fournissant des valeurs théoriques en s'appuyant sur des composantes physiques, chimiques et morphologiques des cours d'eau.

Conformément aux articles 42 et 43 de la loi cantonale sur la pêche (LPêche), le canton de Vaud a entrepris de réviser son plan de repeuplement datant des années 1980 en poursuivant deux objectifs principaux:

- garantir une gestion durable et équilibrée des populations piscicoles en tenant compte des particularités physiques et biologiques de chaque cours d'eau, tout en optimisant le rendement de la pêche amateur;
- favoriser la reproduction naturelle des espèces salmonicoles (potentiellement) menacées comme la truite (*Salmo trutta fario/lacustris*) et l'ombre de rivière (*Thymallus thymallus*).

Cet article présente la méthodologie développée par ECOTEC ENVIRONNEMENT (2012) et la formule d'estimation de rendement utilisée pour le canton de Vaud dont les différents paramètres sont décrits ci-après. La méthode et les résultats présentés ici ne concernent que les repeuplements réalisés avec l'espèce truite (résidente: *Salmo trutta fario* et migratrice: *Salmo trutta lacustris*), bien que d'autres espèces fassent également l'objet de repeuplements dans les cours d'eau (ombre *Thymallus thymallus*) ou les plans d'eau (p.ex. omble chevalier *Salvelinus alpinus* ou corégone *Coregonus sp.*).

MÉTHODOLOGIE

Le Français Léger est le premier ichtyologue à publier une formule permettant de déterminer la capacité de rendement d'un cours d'eau trutticole (LÉGER 1910). En élargissant cette formule aux rivières à cyprinidés, le Belge HUET (1949b) ajoute un coefficient de productivité (K). LASSLEBEN (1977) puis ROTH (1985), estimant que les conditions chimiques sont déjà suffisamment prises en considération dans le choix du facteur de la capacité biogénique, utilisent le facteur k_2 pour caractériser l'espace vital des poissons. VUILLE (1997) propose ensuite une amélioration du facteur de biogénicité (d'où l'appellation «Bmod») et rajoute un facteur de correction lié aux débits (RQ) et des facteurs d'ajustements à l'espèce repeuplée.

Le choix du canton de Vaud s'est porté sur cette dernière formule, laquelle tient compte de différents facteurs représentatifs de la réalité du terrain et déterminants pour la survie des poissons et qui a notamment été appliquée pour les plans de repeuplement des cours d'eau

des cantons du Valais (SCPF 2008) et de Bâle-Campagne (WFN 2005). La formule a été complétée en ajoutant divers facteurs d'ajustement hydrologiques et biologiques (figure 1).

Afin de tenir compte de l'évolutivité et de la dynamique des milieux aquatiques et d'adapter les calculs à l'échelle du tronçon d'un cours d'eau, le nouveau plan de repeuplement vaudois s'appuie sur des outils de cartographie et de gestion des données modernes utilisés par le canton, plus précisément la base de données GESREAU (TOPOMAT TECHNOLOGIES 2009) ainsi que sur les systèmes d'informations géographiques. Les données existantes des cinq facteurs de base température (k1), habitats (k2), hydrologie (RQ), zonation piscicole (k3) et nourriture (B mod) sont ainsi insérées dans une base de données géoréférencée permettant de calculer automatiquement les rendements à l'échelle du tronçon de cours d'eau (figure 1).

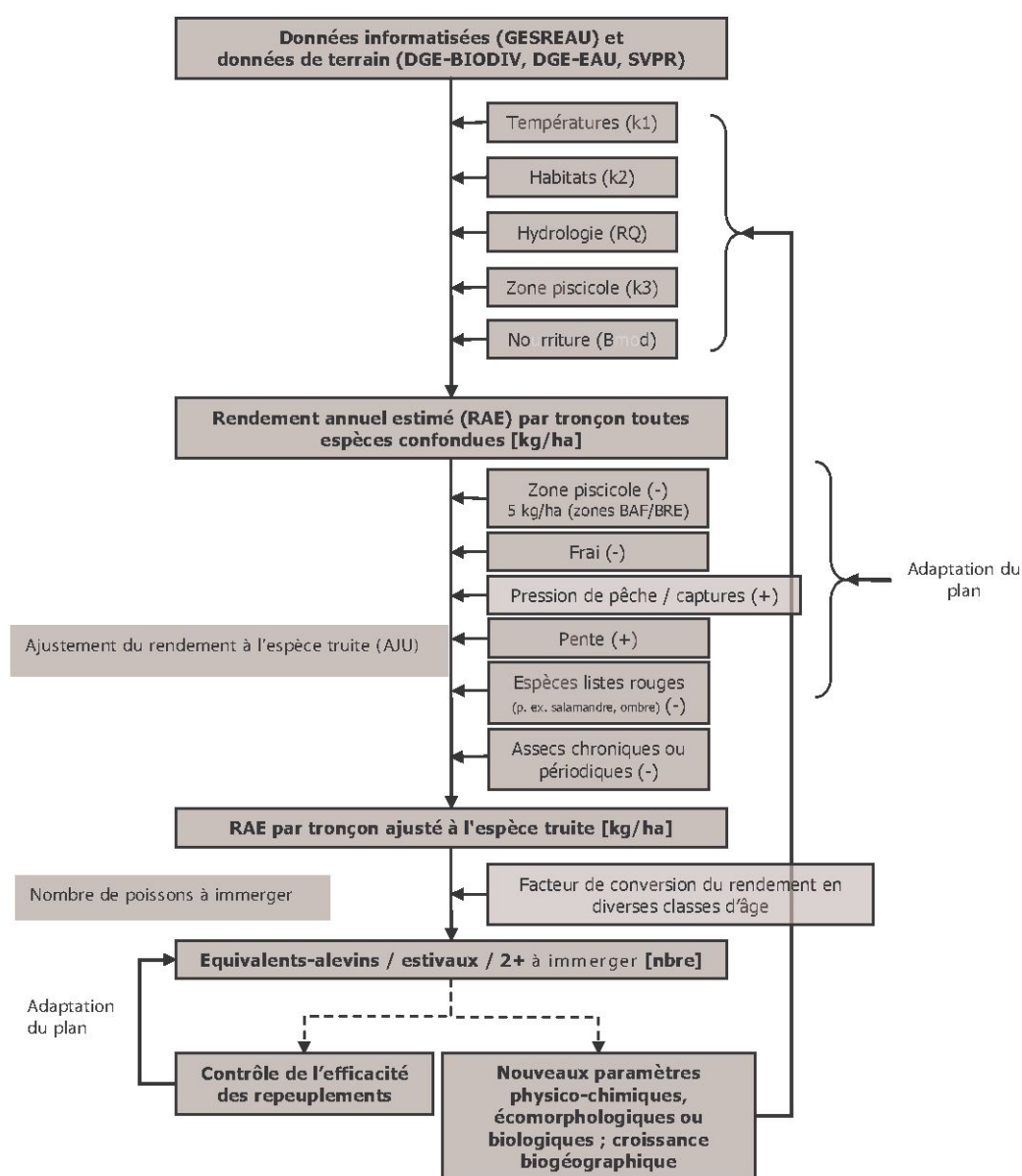


Figure 1.—Méthodologie appliquée par le calcul du rendement à l'espèce. Les + et - indiquent respectivement une tendance à l'augmentation ou à la diminution du repeuplement.

Tableau 1.–Formules d'estimation de capacité de rendement ou productivité salmonicole des cours d'eau (tiré de OFPE 1986).

Source	Formule	Explication
LÉGER (1910)	$RAE = 10 \cdot B$	où (RAE) est la productivité théorique en truites (kg/ha); (B) la capacité biogénique ou valeur nutritive de l'eau pour le poisson, chiffrée de 1 (eaux pauvres ou oligotrophes) à 10 (eaux riches ou eutrophes) et (10) la conversion à l'hectare de la productivité d'un cours d'eau d'une longueur de 1'000 m et d'une largeur moyenne en eau de 1 mètre. Avec cette formule, des rendements de 100 kg/ha sont obtenus dans les cas les plus favorables.
HUET (1949b)	$RAE = 10 \cdot B \cdot K$	où (K) est le coefficient de productivité se composant des sous-coefficients k1 (conditions de température selon la formule; k2 (physico-chimie des eaux; pour des valeurs de pH inférieures à 7, les eaux reçoivent une valeur de 1 et 1.5 pour des valeurs supérieures à 7) et k3 (zonation piscicole).
LASSLEBEN (1977)	$RAE = 10 \cdot B \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3$	où (k2) est un coefficient valant de 0.5 à 1.5 pour des conditions respectivement moyennes à bonnes de l'espace vital.
ROTH (1985) et VUILLE (1997)	$RAE = 10 \cdot B_{mod} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot RQ$	où Bmod est le facteur biogénique modifié et RQ le facteur de correction lié aux modifications de débits (marnage et débits résiduels).
VD (2012)	$RAE = [10 \cdot B_{mod} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot RQ] \cdot AJU$	où AJU est un ajustement lié à la reproduction naturelle, la pression de pêche, la zonation biogéographique du cours d'eau, la zonation piscicole et les pentes.

*Description et évaluation des paramètres de calcul du rendement annuel à l'espèce**Température (k1)*

La température de l'eau (facteur k1) est l'un des facteurs de contrôle majeur des écosystèmes aquatiques où sont majoritairement présents les salmonidés, en intervenant notamment sur le comportement migratoire et reproductif des poissons mais aussi sur le taux de croissance des juvéniles (JUNGWIRTH & WINKLER 1984, ELLIOTT & ELLIOTT 1995, ARRIGNON 1998). Selon VUILLE (1997), le calcul du facteur k1 se base sur les températures moyennes mensuelles des mois les plus chauds respectivement les plus froids selon la formule suivante:

$$Tk1 = T_{min} \cdot (T_{max} - T_{min})$$

où T_{min} = température moyenne du mois le plus froid

T_{max} = température moyenne du mois le plus chaud

Pour des tronçons où des températures moyennes journalières élevées ($> 22^{\circ}\text{C}$) s'étalant sur plus de trois jours - pouvant être létales pour les salmonidés - sont observées, le facteur k_1 est nul. Les données utilisées pour les calculs datent de 1991 et ont été corrigées ou extrapolées à partir de trois réseaux de sondes répartis sur plus de 130 sites.

Tableau 2.–Calcul du facteur K_1 et coefficients selon Vuille (1997). La valeur T_{k1} est donnée par la formule suivante: $T_{k1} = T_{\min} * (T_{\max} - T_{\min})$ où T_{\max} est la température moyenne du mois le plus chaud et T_{\min} la température moyenne du mois le plus froid.

Valeur du facteur T_{k1}	Valeur du Coefficient k_1	En général le cours d'eau est caractérisé par
$T_{\max} > 22$	0	Au minimum 3 jours avec des températures moyennes journalières $> 22^{\circ}\text{C}$ (conditions létales)
$T_{k1} < 25$	0.75	Gel local et températures estivales moyennes $< 12^{\circ}\text{C}$
$T_{k1} = 25-45$	1	T_{\min} de $2-4^{\circ}\text{C}$ et estivales $> 12^{\circ}\text{C}$
$T_{k1} = 45-70$	1.25	T_{\min} de $4-5^{\circ}\text{C}$ et estivales $> 16^{\circ}\text{C}$
$T_{k1} = 70-80$	1.5	T_{\min} de $4-5^{\circ}\text{C}$ et estivales $> 18^{\circ}\text{C}$
$T_{k1} > 80$	1.75	Principalement des émissaires de lacs du Plateau suisse / pas appliqué pour le calcul de rendement d'espèces salmonicoles (températures létales)

Habitats (k_2)

Le calcul du facteur d'habitat (k_2) se base sur les caractéristiques physiques du cours d'eau (largeur du lit mouillé, profondeurs, vitesses de courant, granulométries et sinuosité du tracé), la disponibilité des habitats piscicoles et la présence de végétation riveraine ainsi que la migration piscicole.

La plupart de ces paramètres correspondent aux données de l'inventaire écomorphologique des rivières vaudoises (ECOSCAN 2005), contenues dans la base de données GESREAU. L'évaluation pour chaque tronçon de la libre migration piscicole est faite à partir de la hauteur des seuils naturels et artificiels inventoriés dans la base de données précitée.

$$k_2 = 2.54 - (0.34 * \text{VAR}) - (0.26 * \text{HAB}) - (0.06 * \text{LIB})$$

Les informations concernant la variabilité de la largeur, des profondeurs, des granulométries et du tracé de chaque tronçon sont directement exportées de la base de données GESREAU. Une adaptation de la notation est réalisée puisque la variabilité du courant n'est pas intégrée au calcul, faute de données à disposition. Une moyenne arithmétique des quatre paramètres précités est réalisée.

Aucune donnée concernant les habitats piscicoles n'étant actuellement disponible dans la base GESREAU, ce paramètre découle directement de la note écomorphologique globale du tronçon de rivière considéré. Des relevés réalisés par les gardes-pêche et/ou la SVPR permettront à l'avenir d'affiner ce paramètre. Pour calculer la valeur de la végétation riveraine, une moyenne entre la note de la rive droite ("NATURERIVE2") et la note de la rive gauche ("NATURI_1") est réalisée. Une adaptation de la notation est ensuite réalisée sur la base de la formule de Vuille.

Tableau 3.–Calcul du facteur K2 selon Vuille (1997).

Paramètres du facteur d'habitat K2	Calcul	Paramètres du calcul selon Vuille
Variabilité (VAR)	$(a+b+c+d+e)/5$	5 paramètres (notés de 1 (élevée) à 4 (faible)) pour la variabilité: a) de la largeur; b) des profondeurs; c) du courant; d) des granulométries et e) du tracé, voir tableau 4.
Habitats piscicoles (a) et végétation riveraine (b) (HAB)	$(3*a + b)/4$	a) Habitats piscicoles (notés de 1 (nombreux ou naturels – p. ex. alternance de pools et de radiers en quantité équilibrée avec présence de nombreuses caches) à 4 (aucun ou absence ou très faible densité de caches pour toutes les classes d'âge; berges et fond du lit sans abri); les notes 2 et 3 correspondraient respectivement à a) présence de pools et radiers mais déséquilibre en faveur de l'un ou l'autre et b) et absence de caches pour les géniteurs; caches pour les juvéniles dépendant principalement de la végétation ou des interstices)); la diversité et le nombre d'espèces présentes n'est pas considéré ici; b) Valeur de la végétation riveraine (notée de 1 (typique d'un cours d'eau ou très bonne) à 4 (artificielle ou mauvaise)), voir tableau 5.
Libre migration piscicole (LIB)	-	Notée de 1 (possible pour toutes les espèces de toutes classes d'âge) à 4 (infranchissable), voir tableau 6.

Tableau 4.–Correspondances entre les données du paramètre « VAR » utilisé dans le formule de Vuille et dans le cadre du PR du canton de Vaud (données de la couche Ecomorphologie 2003 (SESA)). Les termes entre guillemets sont directement tirés de la base de données GESREAU.

Base GESREAU		Formule de Vuille	
Nom du paramètre	Valeur du paramètre	Valeur du paramètre	Nom du paramètre
«VARIATIONL» (1 à 3)	1	1	Variabilité de la largeur VAR a
	2	3	
	3	4	
«VARIATIONP» (1 à 3)	1	1	Variabilité des profondeurs VAR b
	2	3	
	3	4	
Données non disponibles		Variabilité du courant VAR c	
((«AMENAGEMENT» (1 à 6) + «MATERIAUL» (1 à 5)) / 2)	1-1.5	1	Variabilité des granulométries VAR d
	2-2.5	2	
	3-3.5	3	
	> 4	4	
((«RENFORCEME» (1 à 6) + «RENFORCE_1» (1 à 5)) / 2)	1-1.5	1	Variabilité du tracé VAR e
	2-2.5	2	
	3-3.5	3	
	> 4	4	

L'évaluation, pour chaque tronçon, de la libre-migration piscicole est évaluée à partir de la hauteur des seuils naturels (dans le cas d'une succession de seuils, la hauteur la plus haute est retenue) et artificiels inventoriés dans la base de données GESREAU. La signification s'inspire du module Ecomorphologie niveau C (OFEV, 2006).

Tableau 5.–Correspondances entre les données du paramètre «HAB» de la formule de Vuille et les données de la couche Ecomorphologie 2003.

Base GESREAU		Formule de Vuille	Base GESREAU
Nom du paramètre	Valeur du paramètre et description	Valeur du paramètre	Valeur du paramètre
«NATURERIVE2» (1 à 3) + «NATURERI_1» (1 à 3))/2	1-1.5 (typique d'un cours d'eau - p.ex. peuplement dense et diversifié (recouvrement > 25%) d'arbres et de buissons indigènes, surfaces ouvertes de prairie extensive, forêt continue jusqu'au cours d'eau etc.)	1	Valeur de la végétation riveraine HAB
	2 (atypique d'un cours d'eau – p. ex. boisement très réduit, plantation uniforme et linéaire ou plantes vivaces hygrophiles et nitrophiles atteignant une hauteur d'un mètre)	2	
	2.5	3	
	3 (artificielle – p. ex. végétation interstitielle dans des rives totalement endiguées)	4	

Tableau 6.–Notation du paramètre «LIB» par rapport à la hauteur des seuils.

Hauteur du seuil selon GESREAU	Signification	Valeur du paramètre LIB
< 20 cm	Possible pour toutes les espèces de toutes classes d'âge	1
20-30 cm	Difficile pour les petites espèces (p. ex. chabot)	2
30-70 cm	Difficile pour toutes les espèces d'âge juvénile	3
> 70 cm	Difficile ou impossible pour toutes les espèces de toutes classes d'âge	4

Hydrologie

Les rendements dépendent également des débits (RQ). Ces derniers peuvent présenter des atteintes, qui peuvent concerner le marnage (ou éclusées), la restitution d'un débit de dotation trop faible, les purges et vidanges de bassins de retenue ou la répétition d'assecs sur certains secteurs localisés. Vuille multiplie le rendement par un facteur RQ:

- de 0.5 lorsque le débit est jugé insuffisant une grande partie de l'année ou lorsque le secteur est fortement soumis à un marnage journalier ($Q_{max}/Q_{min} > 4$);

- de 0.8 lorsque le débit est jugé insuffisant pendant la période de reproduction ou lorsque le secteur est sensiblement soumis à un marnage journalier ($Q_{max} > Q_{min} < 4$);

- de 0.9 lorsque le débit est jugé insuffisant durant 1-2 mois hors période de reproduction ou lorsque le secteur est faiblement soumis à un marnage journalier ($Q_{max}/Q_{min} < 2$);
- de 0.0 lorsque des assècs chroniques (naturels ou liés à des causes anthropiques) sont constatés.

Zone piscicole

La zonation piscicole (facteur k_3) d'un cours d'eau est définie en fonction de sa pente - expression de la vitesse du courant et de la température de l'eau - et de sa largeur. La classification de HUET (1949) suggère notamment qu'en-dessus d'une pente de 10%, les eaux ne sont théoriquement plus piscicoles. Un linéaire d'environ 800 km de cours d'eau - localisés pour la plupart dans les Préalpes et dans la région du Lavaux - présente de telles caractéristiques.

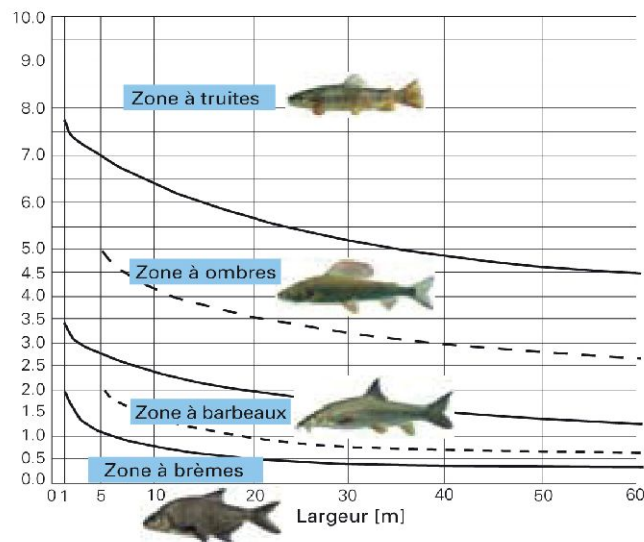


Figure 2.–Définition de la zonation piscicole selon Huet et valeurs du coefficient k_3 correspondantes (source: OFEFP, 2004). On considère les valeurs suivantes: zone à truites ($k_3 = 1$); zone à ombres ($k_3 = 1.25 * 0.75$); zone à barbeaux ($k_3 = 1.5$ (limite à 5 kg/ha) et zone à brèmes ($k_3 = 2$ (limite à 5 kg/ha)).

Nourriture

La capacité biogénique (facteur B) tient compte de la nourriture autochtone (produite dans le cours d'eau) et allochtone (venant de l'extérieur du cours d'eau). La capacité biogénique est un nombre qui se situe entre 1 et 10 et classifie la valeur d'un cours d'eau d'un point de vue de la quantité et de la qualité des organismes servant de pâture. On admet ainsi que (OFPE 1986, tableau 7):

- B = 1-3 (0.5-3 g de nourriture/m²) pour des eaux à faible capacité de rendement;
- B = 4-6 (15-40 g/m²) pour des eaux à capacité de rendement moyen;
- B = 7-9 (45-70 g/m²) pour des eaux ayant un bon rendement;
- B = 10 (> 80 g/m²) pour eaux ayant un rendement exceptionnel.

Un échantillonnage stratifié du cours d'eau selon les faciès sera réalisé au moyen d'un piège Surber selon les standards habituels. Le poids humide (sans coquilles et fourreau,

après séchage sur un papier buvard) est mesuré avec une balance d'une précision minimale de 1 mg.

Vuille (1997) a proposé de modifier le facteur B (d'où l'appellation «Bmod») en fonction de la disponibilité de la nourriture et de la qualité physico-chimique et biologique des eaux. Le facteur est ainsi réduit si la proportion de macroinvertébrés «moins appropriés» à la nourriture des poissons (p.ex. mollusques ou trichoptères) est élevée, lorsque la turbidité du cours d'eau est importante (de manière permanente ou saisonnière) ou lorsque la qualité des eaux est considérée comme polluée de manière chronique (OFPE 1986). Ce dernier est augmenté d'un point si la proportion des gammaridés est supérieure à 40%, pour autant que la valeur du facteur soit inférieure ou égale à 7.

Tableau 7.–Valeur du facteur B en fonction de la quantité de nourriture (g/m^2). En rose mise en évidence des valeurs actuellement rencontrées dans les cours d'eau vaudois.

Type de cours d'eau et caractéristiques générales	Quantité de nourriture (g/m^2) – poids humide	Facteur B
Cours d'eau «pauvres» Eaux généralement froides avec un débit rapide et peu profondes (p. ex. ruisseaux de montagne à forte pente, partie amont des Préalpes); lit instable; absence de plantes évoluées sur la rive. Faune nutritive peu abondante où dominant des insectes de type éphéméroptères ou trichoptères.	0-1.5	0.5
	1.5-3	1
	3-4.5	1.5
	4.5-6	2
	6-8	2.5
	8-10	3
	10-15	3.5
	15-20	4
Cours d'eau «moyens» Cours d'eau aux débits relativement rapides mais réguliers; lit stabilisé avec mousses et plantes plus évoluées; charriage des sédiments plus réduit. Prédominance d'éphéméroptères, de plécoptères, de trichoptères et de gammares. Rôle important de la nourriture allochtone provenant des prairies et des arbrisseaux que les cours d'eau traversent.	20-25	4.5
	25-30	5
	30-35	5.5
	35-40	6
	40-45	6.5
	45-50	7
	50-55	7.5
55-60	8	
Cours d'eau «riches» Cours d'eau de plaine et de hauts plateaux; débit moyen et régulier; température annuelle moyenne élevée; faible turbidité et stabilisation du lit; présence de mollusques et de vers.	60-65	8.5
	65-70	9
	70-80	9.5
	> 80	10

Ajustement(s) des rendements à l'espèce soumise au repeuplement

Pour l'espèce truite, le rendement annuel estimé est ajusté en tenant compte: 1) de la zonation piscicole; 2) de la reproduction naturelle; 3) du rendement de la pêche; 4) de

la topographie du cours d'eau; 5) de la présence d'espèces protégées pouvant subir une prédation de l'espèce truite et 6) d'atteintes hydrologiques graves comme des assècs.

La composition de l'ichtyofaune est différente selon les zones piscicoles et ainsi la proportion d'une espèce varie naturellement. Pour la truite, une limite de rendement de 5 kg/ha a été fixée pour les tronçons situés dans les zones à barbeaux et à brèmes. Par ailleurs, dans les tronçons situés dans les zones à ombres et lorsque cette espèce y est présente, le RAE est multiplié par un facteur 0.75 afin de limiter la concurrence interspécifique avec les truites.

Un facteur de correction des rendements est également appliqué pour les secteurs où la reproduction naturelle est présente et fonctionnelle. Lorsque la reproduction naturelle est considérée comme inexistante ou non fonctionnelle, le facteur de conversion/multiplication est de 1, soit pas de diminution du rendement, comme faible (0.75) moyenne (0.5), importante (0.25) et très importante (0, soit aucun repeuplement).

Certains cours d'eau ou tronçons d'une pente moyenne supérieure à 10% considérés comme non piscicole par Huet (1949b) peuvent cependant présenter un potentiel piscicole intéressant, notamment en termes de zone de grossissement des stades juvéniles; une sélection rétroactive de tels cours d'eau a été réalisée d'entente avec la SVPR et les garde-pêches permanents afin de les inclure dans le plan de repeuplement.

La présence d'autres espèces aquatiques (p. ex. salamandre tachetée) présentant un certain degré de menace et qui pourraient souffrir d'un repeuplement en truite (prédation et/ou entrant en compétition alimentaire) est également prise en compte.

Les rendements ajustés à l'espèce sont finalement corrigés. Les tronçons sur lesquels des assècs chroniques sont constatés ne sont pas repeuplés (multiplication par un facteur 0).

Conversion du contingent en classes de taille et d'âges

Une fois calculé, le rendement annuel théorique (kg de poissons/ha) est converti en un «équivalent-poissons» à déverser, selon la règle de conversion suivante:

- un kilo de poisson correspond, en conditions naturelles et au regard de nombreux inventaires réalisés par la DGE, à 6 truites d'âge 2+ d'un poids moyen de 130 à 140 g;
- conformément aux recommandations du bureau suisse de conseil pour la pêche (FIBER 2005), un facteur multiplicatif de 1.5 est appliqué entre les classes d'âge $\geq 2+$ et «truitelles» ou «estivaux» (jeunes truites âgées d'environ six mois ayant été élevées en pisciculture ou dans un canal d'élevage jusqu'au mois de septembre ou octobre de leur année de naissance);
- un facteur 2 est utilisé entre les catégories «pré-estivaux» et «alevins» (jeunes truites n'ayant pas encore été nourries);

Au final, la conversion utilisée indique qu'il faut donc immerger six alevins pour obtenir une truite d'âge 2+, ce qui correspond aux taux de mortalités observés en conditions naturelles. Le rendement en kg/ha est ainsi multiplié par 36 pour obtenir le nombre d'équivalents alevins.

Dans le cas d'utilisation de boîtes d'éclosion (6), dont le principe des écloséries est de reconstituer le plus naturellement possible la ponte d'un couple de truites dans une frayère, le nombre d'œufs oeillés a été estimé à 60, en tenant compte d'un taux de mortalité de 80% respectivement aux stades d'éclosion et d'émergence (tableau 8).

Tableau 8.–Facteurs de conversion proposés par l’OFEV, FIBER et utilisés dans différents cantons. La taille des poissons des différentes classes d’âge peut varier en fonction des cantons. N.B.: la forte différence de valeurs pour les classes «pré-estivaux» et «estivaux» utilisées en Valais s’explique par la non prise en compte d’un taux de mortalité.

(Eufs oeillés	Alevins	Pré-estivaux	Estivaux	1+	≥2+	Poids (kg)	Source
	20	4	2	1	-	-	OFEV (2003)
	15	3	1.5	1	1	-	FIBER (2005)
500-800	-	200	36	-	6	1	Valais (2008)-a
100-200		36	6		1		Valais (2008)-b
	5	-	2	1	-	-	Fribourg (2011)
	6	3	2	1.5	1	-	Vaud (2010)
60	36	18	12	9	6	1	Vaud nouveau PR

Test de la méthode sur deux tronçons d’une rivière

Comme l’avait déjà relevé BÜTTIKER (1989), les rivières jurassiennes (comme l’Orbe ou l’Arnon) du Plateau (Broye, Venoge ou Aubonne) sont les plus riches, notamment en raison de la nature calcaire (et donc la teneur en calcium) de leurs bassins versants. A l’échelle du tronçon de cours d’eau, des inventaires piscicoles réalisés sur les cours supérieur et inférieur de la Morges entre 2008 et 2011 ont permis de comparer les rendements calculés aux rendements annuels estimés (RAE) à l’aide de la formule de Vuille adaptée au canton de Vaud.

Des pêches électriques avec 2 passages et mesures des poissons ont été réalisées sur deux tronçons à Vufflens-le-Château (longueur: 125 m; surface: 500 m²) et Clarmont (100 m; 350 m²) pour estimer la taille de la population et en déduire le rendement selon Carl et Strub (1978). Le rendement annuel moyen a été ensuite calculé.

RÉSULTATS

Rendements

L’estimation du rendement annuel des cours d’eau vaudois s’est faite en plusieurs étapes. Chaque étape a permis de créer des cartes pouvant être utiles aux gestionnaires du réseau hydrographique. Nous présentons ici uniquement les cartes les plus intéressantes. Les autres se trouvent dans les annexes.

De nombreux secteurs du canton sont soumis à des assecs chroniques. Ces derniers sont situés majoritairement dans l’ouest du canton (figure 3). La quantité de macrofaune dans les cours d’eau est très variable. Certains cours d’eau abritent une biomasse très importante alors que d’autres en sont quasiment exempts. La qualité de la reproduction naturelle est très variable. Les bassins versants de la Venoge et du Talent sont en moyenne plus favorables que les autres secteurs du canton, notamment ceux de la Côte, du Lavaux voire des Alpes. Les obstacles aux déplacements de la faune piscicole tant naturels qu’artificiels sont nombreux. Les GPP et la SVPR ont déterminé le premier obstacle naturel empêchant la remontée des truites lacustres lors du frai.

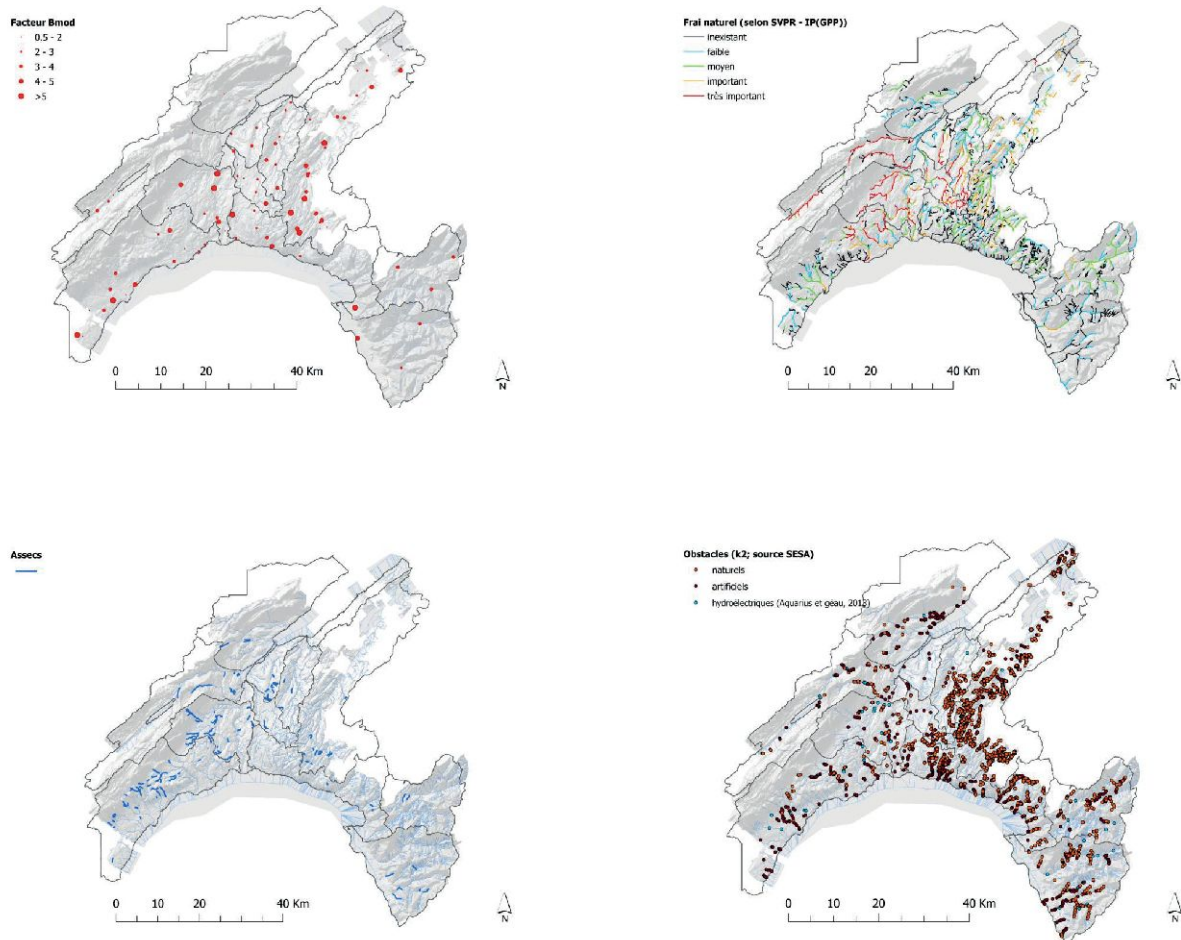


Figure 3.–a) Quantité de nourriture, b) qualité de la reproduction naturelle pour la truite, c) assacs et d) obstacles à la migration piscicole. Pour plus de détails, se référer au texte.

Le rendement piscicole toutes espèces confondues reflète le patron général de la productivité piscicole en rivière, à savoir une augmentation de la productivité de la montagne à la plaine, selon la zonation piscicole. Des fortes variations existent, principalement liées à une dégradation de la qualité écomorphologique et/ou de la biomasse de la macrofaune présente (figure 4).

Test de la méthode

Sur le tronçon aval de la Morge à Vufflens-le-Château, les rendements estimés par pêche électrique au printemps (23.8 kg/ha) correspondent aux rendements annuels estimés par la formule de Vuille adaptée au canton de Vaud (RAE de 24 kg/ha). De même, à Clarmont, les rendements estimés par pêche électrique (54 kg/ha), sont légèrement supérieurs à ceux déterminés par le nouveau plan de repeuplement (RAE 45 kg/ha). Pour ce dernier secteur, la différence peut s'expliquer par une sous-estimation du facteur Bmod.

Repeuplement

De la carte du rendement piscicole toutes espèces confondues (figure 4) est déduite, pour l'espèce truite, la charge maximale autorisée pour le repeuplement (figure 5). On discerne facilement que de nombreux tronçons ne doivent pas ou plus être repeuplés. Ainsi, par rapport à l'ancien plan de repeuplement de 2.5 millions d'équivalent-alevins (EA), le nombre de poissons immergés a globalement été divisé par trois pour atteindre environ 850'000 EA. Ceci s'explique, essentiellement, par la réussite du frai naturel sur les tronçons inférieurs de certains cours d'eau et par la prise en compte de zonation piscicole.

DISCUSSION

Si la validation du modèle doit encore se poursuivre sur d'autres tronçons de rivière, la méthode se révèle efficace. Les résultats sont cohérents et homogènes à l'échelle du canton et ceci a été facilité par l'automatisation des calculs. Il est à relever que même si la méthode peut sembler théorique, elle est alimentée uniquement par observations et mesures de terrain, réalisées de façon rigoureuses et reproductibles par les experts des cours d'eau et de la faune piscicole que sont les gardes-pêches, les pêcheurs et les hydrologues. Dans la pratique, chaque étape ou estimation d'un paramètre a été soumise à ce collègue d'experts. Ces discussions se sont avérées nécessaires dans certains cas pour ajuster la méthode d'estimation, voire la valeur d'un paramètre de la formule de Vuille adaptée au canton. A titre d'exemple, l'évaluation de la qualité de la reproduction naturelle a suscité logiquement de nombreuses discussions, car son estimation est difficile et doit être réalisée majoritairement de façon experte. Elle peut influencer fortement le nombre de poissons qui seront remis à l'eau. Ces discussions ont permis non seulement d'adapter le plan de repeuplement, mais aussi de réunir les acteurs qui ont pu confronter leurs expériences et échanger de façon constructive sur la gestion du repeuplement et des cours d'eau en général.

Il est cependant nécessaire de considérer tout plan de repeuplement comme un outil évolutif devant s'adapter aux conditions du milieu mais également aux pratiques proposées, qui évoluent elles aussi. Aussi, la mise en œuvre du plan, en 2014, doit poursuivre trois axes principaux: 1) une actualisation des données; 2) un ajustement du plan à l'aide d'autres paramètres et 3) la poursuite de l'évaluation du succès du repeuplement.

(1) Les données récoltées dans le cadre des travaux pour rétablir les voies piscicoles fonctionnelles sont continuellement mises à jour par la DGE dans la base de données GESREAU, puis appliquées au plan de repeuplement pour l'évaluation de la libre migration piscicole (facteur k_2). Les études réalisées dans le cadre des planifications stratégiques cantonales (éclusées, migration piscicole, revitalisations et charriage) permettront aussi de mettre à jour la base de données sur laquelle s'appuie le plan de repeuplement. Ces actions de terrain amélioreront la qualité générale des cours d'eau. De ce fait, les contingents de poissons destinés au repeuplement seront logiquement diminués. La diminution pourra être évaluée via la formule développée pour le canton en mettant à jour les valeurs des paramètres ont fonction des actions menées sur le terrain. Dans certains cas, il est probable que les pratiques de repeuplement cessent si les conditions du milieu permettent à nouveau une reproduction naturelle fonctionnelle.

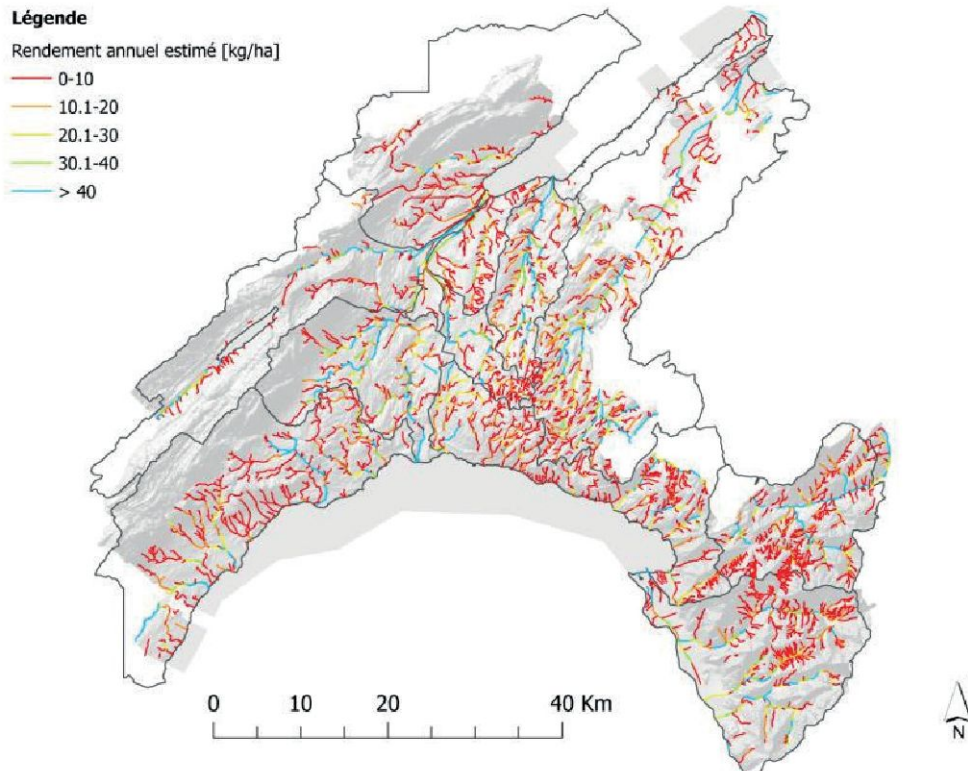


Figure 4.–Rendements annuels estimés (kg/ha) à l'aide de la formule de Vuille.

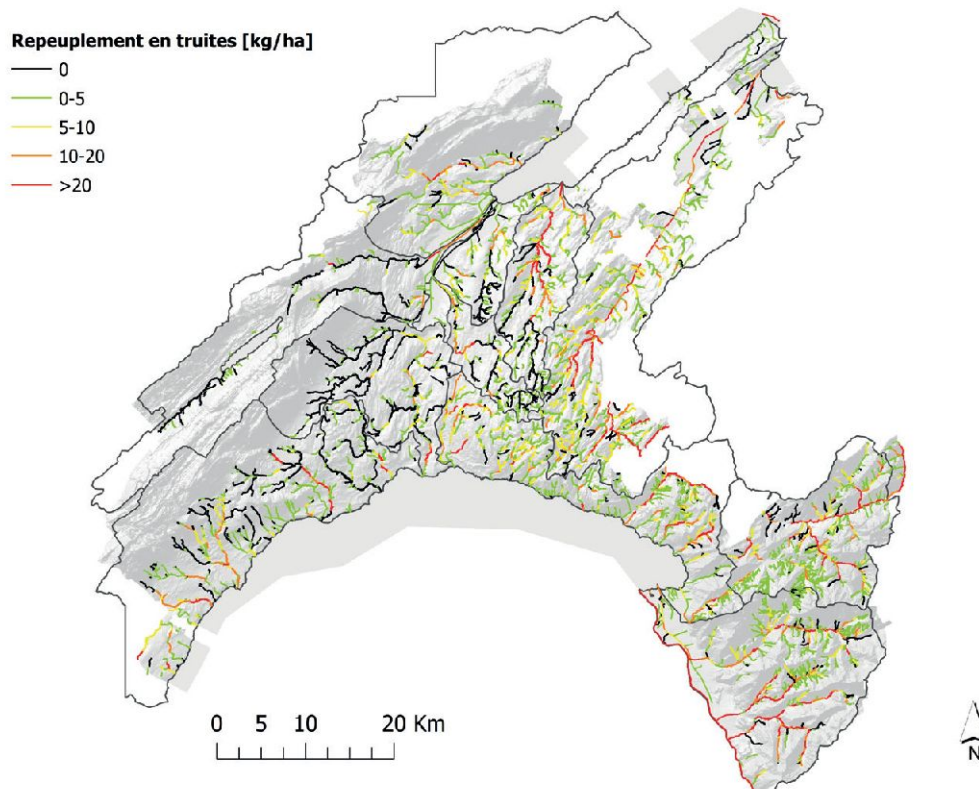


Figure 5.–Repeuplement annuel estimés (kg/ha) à l'aide de la formule de Vuille et ajusté à l'espèce truite.

(2) Les différences de croissance relatives aux cinq différents contextes biogéographiques du canton de Vaud (Alpes du Nord, Préalpes, Plateau, bassin lémanique et Jura) doivent être affinées. La croissance des juvéniles dans la partie basse des affluents du Léman est par exemple considérée comme bonne alors que les torrents préalpins abritent des populations plus faibles en raison d'une productivité moindre (MAISSE & BAGLINIÈRE 1991). Il est envisageable d'affiner ces plages de valeurs en déterminant le poids des individus capturés afin d'établir les courbes de croissance selon la formule développée par Elliott & Elliott (1995), dans laquelle le taux de croissance spécifique est fonction du poids de l'individu et de la température. Des facteurs de conversion plus «fins» pourraient ainsi être appliqués aux différentes régions et cours d'eau, en compilant des données biométriques existantes ou acquises dans le futur, par les biais de pêches d'inventaire.

(3) Dans le passé, les activités de repeuplement ont rarement fait l'objet d'une évaluation précise quant à leur efficacité. Une évaluation régulière de l'efficacité des mesures de repeuplement et une adaptation des pratiques est donc essentielle, surtout dans la première phase de la mise en place du nouveau plan, dont la réussite pourra être évaluée par le biais de deux critères:

- le taux de survie, qui est calculé à partir de la quantité de poissons initialement immergés et indique le nombre de poissons repeuplés qui survivent au fil du temps; ce taux de survie peut cependant varier en fonction d'événements naturels comme les crues (FRIEDL 1996) difficilement quantifiables;

- la proportion de poissons de repeuplement par rapport à la population in situ (du même âge ou totale); des marquages à l'aide d'une substance fluorescente (alizarine ou calcéine) colorant les tissus osseux du poisson (otolithes, rayons de nageoires ou écailles), ont permis de marquer plusieurs millions d'individus, depuis 2008, dans les affluents lémaniques et quelques cours d'eau du bassin versant du Rhin.

L'estimation du rendement piscicole par la formule mis en place pour le canton également être utilisée pour estimer de manière quantitative quelle devrait être la densité de poissons avant pollution d'une part pour évaluer l'impact d'une pollution sur le peuplement piscicole mais aussi pour évaluer le contingent de poissons à remplacer dans le cours d'eau, pour si nécessaire, accélérer le rétablissement du peuplement piscicole.

CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Le défi principal du plan de repeuplement est de poursuivre une gestion piscicole différenciée et adaptée pour chaque cours d'eau, en privilégiant la reproduction naturelle des espèces piscicoles. En compilant des relevés et des données datant de 1991 (zonations piscicoles) à 2011 (échantillons de biomasse), il a été possible d'estimer des rendements annuels réalistes et conformes aux valeurs observées et déterminées de façon empirique dans certains cours d'eau vaudois. A l'échelle du canton, les résultats obtenus indiquent globalement une baisse de 65% des contingents.

Les pratiques du repeuplement doivent également évoluer au regard des régimes hydrologiques mais aussi par rapport au type de poissons immergés. La taille des poissons immergés, pour les stades juvéniles, devra être autant que possible similaire à celle des

poissons naturellement présents dans le cours d'eau, de sorte à limiter la prédation intra-spécifique. Comme BÜTTIKER (1989) l'avait déjà recommandé, le recours à des poissons issus de géniteurs sauvages provenant du même bassin versant limitera les risques d'impacts sanitaires ou de pollution génétique causés par des réintroductions de poissons allochtones et/ou non adaptés. KRÄMER (1993) a montré qu'un repeuplement réalisé à l'aide d'individus sauvages présentait une tendance supérieure à renforcer une population à long terme. Enfin, le recours à des éclosiers *in situ* (boîtes d'éclosion de type VIBERT (1949) par exemple) pourra revêtir un rôle majeur dans la réussite des opérations de repeuplement. Il s'agira de privilégier de petits cours d'eau de bonne qualité physico-chimique et présentant une turbidité hivernale très faible voire nulle, une végétalisation des rives et une granulométrie grossière (galets) offrant de nombreux abris aux alevins ainsi qu'un déficit en géniteurs et une absence de prédateurs (chabot, vairons).

Comme les repeuplements en alevins, en pré-estivaux ou en estivaux apparaissent comme étant les plus efficaces (CHAMPIGNEULLE & CAUDRON, 2012, RICHARD, 2014), ces stades de développement seront privilégiés et choisis en fonction des conditions locales. La mise à l'eau de poissons de taille adulte (classe d'âge 2+) sera, quant à elle, restreinte à quelques secteurs dégradés et/ou artificialisés dans les secteurs où la pression de pêche est élevée. Dans ce cas, on doit plutôt parler de repoissonnement pour soutenir la pêche en rivière que de repeuplement, car le taux de survie de ces poissons, qui ont pour la plupart vécu dans des espaces restreints et artificiels et nourris artificiellement, est très faible voire nul.

L'importance des ressources humaines, matérielles et financières consenties pour le repeuplement nécessite un suivi de l'efficacité de ces opérations, qui permettra aux gestionnaires de la pêche d'affiner les contingents de poissons immergés.

Dans tous les cas, le repeuplement doit être considéré comme une solution transitoire. La reconstitution de conditions écologiques permettant au poisson de vivre, de se reproduire et de se déplacer dans la rivière est fondamentale pour le maintien durable de la diversité de la faune aquatique. Le soutien des mesures visant à améliorer l'écomorphologie, la qualité de l'eau et le retour vers un régime hydrologique proche d'un état naturel doit donc être consenti en priorité.

REMERCIEMENTS

Nos vifs remerciements s'adressent à toutes les personnes de la Société vaudoise des pêcheurs en rivières et de la direction générale de l'environnement ayant participé à la collecte, au traitement et à l'analyse des données piscicoles, ainsi qu'à la mise en œuvre du nouveau plan de repeuplement des rivières du canton de Vaud.

BIBLIOGRAPHIE

- ARAKI H. & SCHMID C., 2010. Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture* 308: 2-11.
- ARRIGNON J., 1998. Aménagement piscicole des eaux douces. 5^e édition. Lavoisier Tec & Doc, Paris. 589 p.
- BEAUDOU D., BARIL D., ROCHÉ B., LE BARON M., CATTANEO-BERREBI G. & BERREBI P., 1995. Recolonisation d'un cours d'eau corse dévasté: contribution respective des truites sauvages et domestiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339: 259-266.

- BEAUDOU D., CATTANEO-BERREBI G. & BERREBI P., 1994. Impacts génétiques des repeuplements de truites communes (*Salmo trutta L.*) sur les populations en place: cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bull. Fr. P. Pisc.* 332: 83-92.
- BEISEL J.-N. & LÉVÊQUE C., 2010. Introductions d'espèces dans les milieux aquatiques. Faut-il avoir peur des invasions biologiques? Editions Quae, Paris. 232 p.
- BERREBI P., POVZ M., JESENSEK D., CATTANEO-BERREBI G. & CRIVELLI A.J., 2000. The genetic diversity of native, stocked and hybrid populations of marble trout in the Soca river, Slovenia. *Heredity* 85: 277-287.
- BUREAU SUISSE DE CONSEIL POUR LA PÊCHE (FIBER), 2008. Rempoissonnement en cours d'eau. 5 p.
- BÜTTIKER B., 1984. Inventaire et estimation du rendement piscicole d'un ruisseau à truites: Le Greny. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 77.2: 119-134.
- BÜTTIKER B., 1989. Production piscicole et succès du repeuplement de la truite dans les rivières du canton de Vaud (Suisse). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 79: 285-300.
- BÜTTIKER B., 2007. Repeuplement des cours d'eau du Jura en truites. Objectifs, stratégies, succès et effets indésirables. Office des eaux et de la protection de la nature du canton du Jura. 18 p.
- CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A. & LARGE A., 2004. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta L.*) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie. Campagne 2003. Etude du stade 0+ dans le Borne, le Giffre, le Foron du Reposoir, la Fillière et le Foron de Fillinges. Fédération de Pêche 74 et INRA. 47 p.
- CHAMPIGNEULLE A. & CAUDRON A., 2012. Projet franco-suisse «Truite-omble-corégone» au Léman. Rapport final (octobre 2012), 110 p.
- CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA PÊCHE (CSP) & INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA) (2000). Diagnose piscicole et mesure de l'efficacité des alevinages en truite sur le Doubs franco-helvétique. Thonon-Les-Bains. 83 p.
- CUINAT R. & CASAUBON J., 1963. Résultats des déversements de truites d'élevage marquées dans quelques rivières du Puy-de-Dôme, de 1958 à 1960. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 32: 73-82.
- CUINAT R., 1971. Ecologie et repeuplement des cours d'eau à truites. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 43: 72-106.
- DODGE D.P. & MACK C.C., 1996. Direct control of fauna: role of hatcheries, fish stoking and fishing regulations. In: Petts G. Calow P. (Eds.) River restoration. Blackwell Science. 231 p.
- ECOTEC ENVIRONNEMENT SA, 2012. Repeuplement des cours d'eau du canton de Vaud. Rapport méthodologique pour l'estimation des rendements piscicoles. Service des forêts, de la faune et de la nature du canton de Vaud, Inspection de la pêche. 44 p.
- ELLIOTT J.M. & ELLIOTT J.A., 1995. The effect of the rate of temperature increase on the critical thermal maximum for parr of atlantic salmon and brown trout. *Journal of Fish Biology* 47: 917-19.
- FISCHNETZ, 2004. Sur la trace du déclin piscicole. Rapport final. Eawag et OFEFP, Dübendorf, Berne, 188 p.
- FRIEDL C. & HERTIG A. (2003). Besitzpolitik für die schweizerischen Fließgewässer. BUWAL, Bern. 10 S.
- GRANDCHAMP V., 2006. Activités de repeuplement en truites de rivières. Analyse du point de vue des pêcheurs et associations de pêcheurs dans cinq cantons suisses romands. Travail de diplôme ECOFOC. 68 p.
- HUET M., 1949a. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.* 11: 332-351.
- HUET M., 1949b. Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces. Tx. Stat. Rech., Groenendaal Tx, D, n°10.
- JUNGWIRTH M. & WINKLER H., 1984. The temperature dependence of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), arctic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta fario*). *Aquaculture* 38: 315-27.
- KRÄMER A., 1993. Besitzversuche mit Bachforellen unterschiedlicher Herkunft. Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau.
- KEITH P. & ALLARDI J., 1997. Bilan des introductions de poissons d'eau douce en France. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 344/345: 181-191.
- LASSLEBEN P., 1977. Das Schätzungsverfahren für Fischgewässer nach Léger und Huet. *Österreiches Fischerei* 28: 53-64.
- LÉGER L., 1910. Principes de la méthode rationnelle du peuplement des cours d'eau à salmonidés. *Trav. lab. Piscic. Univ. Grenoble* 1: 531-602.

- MAISSE, G. & BAGLINIÈRE, J.-L., 1991. Biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans les rivières françaises. In: Baglinière J.-L. & Maisse G. (eds) La truite. Biologie et écologie. INRA Editions, 25-45.
- MEZZERA M. & LARGIADÈR R., 2001. Evidence for selective angling of introduced trout and their hybrids in a stocked brown trout population. *Journal of Fish Biology* 59: 287-301.
- OFEFP, 1999. Baisse des captures de poisson dans les cours d'eau suisses. *Informations concernant la pêche* 63, Berne. 38 p.
- OFEFP, 2002a. Efficacité des repeuplements piscicoles effectués en Suisse. *Informations concernant la pêche* 71, Berne. 50 p.
- OFEFP, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons niveau R (région). *Informations concernant la protection des eaux* 44, Berne. 63 p.
- OFEV, 2006. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau selon le système modulaire gradué. Ecomorphologie Niveau C (Cours d'eau), *L'environnement pratique – Protection des eaux*, Berne. 72 p.
- OFEFP, 2002b. Principes génétiques de conservation et de gestion piscicole. *Informations concernant la pêche* 73, Berne. 122 p.
- OFPE, 1986. Calcul des dommages résultant de l'empoisonnement d'un cours d'eau. *Les cahiers de la pêche* 44. 67 p.
- PETER A., 1987. Untersuchungen über Populationsdynamik der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) im System der Wigger, mit besonderer Berücksichtigung der Besatzproblematik. Thèse EPFZ, Zürich.
- POTEAUX C., BEAUDOU D. & BERREBI P., 1998. Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *Journal of Fish Biology* 53: 701-713.
- RANDALL R.G., KELSO J.R. & MINNS C.K., 1995. Fish production in freshwaters: Are rivers more productive than lakes? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 631-643.
- RIBAUT J.-P., 1966. Les poissons du canton de Vaud (Suisse). *Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles* 87: 69-127.
- RICHARD A., 2014. Régulation densité-dépendante des juvéniles de truites *Salmo trutta* sous l'effet du repoissonnement: implications pour la gestion. Université de Grenoble. 218 p.
- ROTH H., 1985. Schadenberechnung bei Fischsterben in Fliessgewässern. Schriftenreihe Fischerei 44, Berne.
- SERVICE DE LA CHASSE, DE LA PÊCHE ET DE LA FAUNE (SCPF) DU CANTON DU VALAIS, 2008. Rapport final du plan de repeuplement piscicole. Sion. 23 p.
- THELER D., DURAND P. & MAILLARD B., 2012. CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DE L'ICHTHYOFAUNE VALAISANNE: DISTRIBUTION, RÉPARTITION ET COLONISATION. *Bull. Murithienne* 129/2011: 23-41.
- TOPOMAT TECHNOLOGIES, 2009. GESREAU Qualité. Manuel utilisateur. Unité Informatique départementale du canton de Vaud. 21 p.
- VIBERT R., 1949. Du repeuplement en truites et saumons par enfouissement de «boîtes d'alevinage» garnies d'œufs dans les graviers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 153: 125.
- VUILLE T., 1997. Ertragsvermögen der Patent-gewässer im Kanton Bern. Fischereiinspektorat des Kantons, Bern. 31 S.
- WASSER FISCH NATUR (WFN), 2005. Fischereiliche Bewirtschaftung der Fliessgewässer im Kanton Basel-Landschaft. Pilotprojekt Birs - Bewirtschaftungsplan, Veterinär-, Jagd- und Fischereiwesen Kanton Basel-Landschaft. 48 p.

Manuscrit reçu le 4 septembre 2014

ANNEXES

Les annexes sont disponibles sur le site web de la SVSN (<http://www3.unil.ch/wpmu/svsn/bulletin-de-la-svsn/annexes/>).

1.–Cartographie des données de base pour estimer les rendements

2.–Cartographie des données permettant d'ajuster les rendements

