



LES EFFETS DU REMÉANDREMENT DE RUISSEAUX
TEMPORAIRES EN FORÊT DE CHAUX (JURA, FRANCE)
SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES SOLS RIVERAINS :
PREMIERS RÉSULTATS

ÉRIC LUCOT – FRANÇOIS DEGIORGI – VINCENT AUGÉ
VINCENT PEREIRA – PIERRE-MARIE BADOT – PIERRE DURLET

Le drainage des peuplements forestiers a vécu de beaux jours. Hérité des pratiques agricoles, il montre depuis plusieurs années ses limites en conditions forestières. Une expérience menée dans le Jura français a tenté de ressusciter le réseau hydrographique naturel. L'idée sous-jacente est de diminuer les stress hydriques des arbres et restaurer la qualité des habitats aquatiques présents sur le massif.

La forêt de Chaux (département du Jura) est le deuxième plus grand massif feuillu de France métropolitaine (22 000 hectares). La richesse écologique de ses cours d'eau forestiers a justifié la création du site Natura 2000 « vallons forestiers, rivières, ruisseaux, milieux humides et temporaires de la forêt de Chaux » sur environ 1 900 hectares. Pour autant, elle n'est pas épargnée par l'altération du

régime hydrique des ruisseaux avec, entre autres conséquences, la forte régression de l'emblématique écrevisse à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*). Il n'en reste plus qu'une seule population, cantonnée sur quelques centaines de mètres de linéaire malgré les précipitations abondantes et l'absence de flux polluants visibles. Cette tendance préoccupante est générale en Bourgogne et en Franche-Comté et

semble liée à l'érosion de la qualité mais aussi de la quantité des eaux qui s'écoulent dans les têtes de bassin.

Or l'analyse de l'évolution historique de la qualité du réseau hydrographique de la forêt de Chaux a montré que les linéaires pérennes des deux cours d'eau principaux, la Clauge et les Doulonnes, ont diminué de plusieurs kilomètres en 30 ans⁵. L'Office National des Forêts (ONF) a cartographié sur le massif 460 km de ruisseaux, dont un dixième seulement est alimenté de manière permanente contre un cinquième à la fin des années '60¹. De plus, l'allure des tracés et les mesures de terrains montrent que la quasi-totalité des cours d'eau temporaires a été rectifiée et curée.

Parallèlement, les études effectuées par l'UMR Chrono-Environnement (Université de Franche-Comté) ont permis de rapprocher l'intensité du stress hydrique subi par les arbres avec l'importance du drainage des sols forestiers⁴. Les forestiers de

Figure 1 – Racines mises à nu par l'érosion régressive dans un secteur amont d'un ruisseau temporaire.



ce secteur observent, pour les chênes pédonculés en particulier, une accentuation des phénomènes de dépérissement.

Dans ce contexte, un projet de reconstitution des réserves hydriques a été élaboré dans le cadre du programme LIFE Nature « Ruisseaux de tête de bassin et faune patrimoniale associée »⁶. Cette démarche repose sur une collaboration étroite entre l'ONF et l'Université de Franche-Comté. Son objectif est la restauration de la dynamique des écoulements de quatre affluents temporaires de la Clauge amont. Cette restauration aura aussi pour effet de bloquer l'érosion régressive (figure 1).

LES PRINCIPES DU PROGRAMME DE RESTAURATION

Pour garantir la pertinence des aménagements et pouvoir ensuite vérifier leur efficacité, un état initial a été dressé. Les caractéristiques du fonctionnement hydrologique ont ainsi été analysées entre 2005 et 2006. Dans le même temps, les potentiels biologiques du réseau hydrographique ont été mesurés à l'aide d'un inventaire des insectes à larves aquatiques, indicateurs sensibles du régime hydrique.

À partir des données récoltées et de la compréhension du fonctionnement des écosystèmes aquatiques dans leur état rectifié, des solutions techniques adaptées aux différentes configurations rencontrées sur le terrain ont été proposées. Le principe d'action adopté consiste à reconstituer les écoulements de surface en oblitérant les fossés rectilignes et en réactivant les lits méandriformes des ruisseaux tempo-

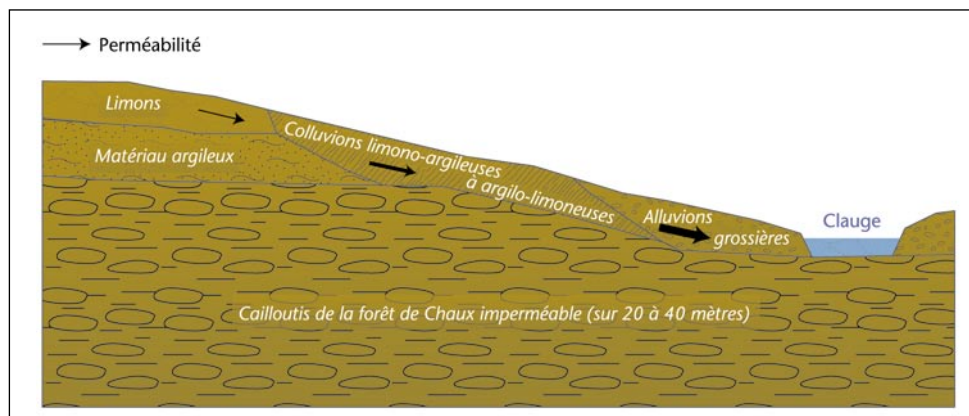


Figure 2 – Coupe longitudinale théorique au niveau d'un ruisseau affluent de la Clauge : répartition des grands types de matériaux et des types de sols associés. L'épaisseur de la flèche représente le niveau de la perméabilité.

raires. Les modalités de cette restauration ont été précisées en fonction du contexte local (topographie, profondeur du lit, nature des sols...).

Les travaux de reméandrement ont été réalisés en automne 2007 et en été 2008. La poursuite des mesures hydrologiques et biologiques en 2007 et 2008, permet une première évaluation des effets des travaux de 2007.

LE CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Les études ont été menées en forêt domaniale de Chaux. Le climat est de type océanique à tendance continentale avec un cumul de précipitations annuel moyen voisin de 1 000 mm. L'altitude moyenne est voisine de 250 mètres. Le substrat géologique est imperméable. Ceci est à l'origine d'un chevelu dense de ruisseaux temporaires et de la présence de sols hydromorphes. Excepté en bordure du massif, il n'existe pas de nappe profonde

pérenne reliée aux cours d'eau. Les cours d'eau sont alimentés par les nappes d'eau qui s'installent dans les sols.

La topographie est peu marquée et présente une succession de plateaux entaillés de vallons peu profonds. La variabilité des sols dépend de la position topographique par rapport aux plateaux (figure 2).

Sur les plateaux, les sols sont très profonds (> 1,5 mètre), très hydromorphes (glossiques) et humifères, limoneux en surface et de plus en plus argileux en profondeur (figure 3, stations 22, 56, 103). Leur porosité est bonne en surface (60 %) et s'abaisse à 35-40 % au-delà de 50 cm de profondeur.

Sur les pentes qui bordent les vallons, les sols sont profonds (1 à 1,5 mètre) et hydromorphes (figure 3, stations A3, 476 et A2). Ils sont moyennement humifères. Ils présentent le même gradient d'argile que celui des sols de plateau, mais se distinguent par l'apparition du substrat

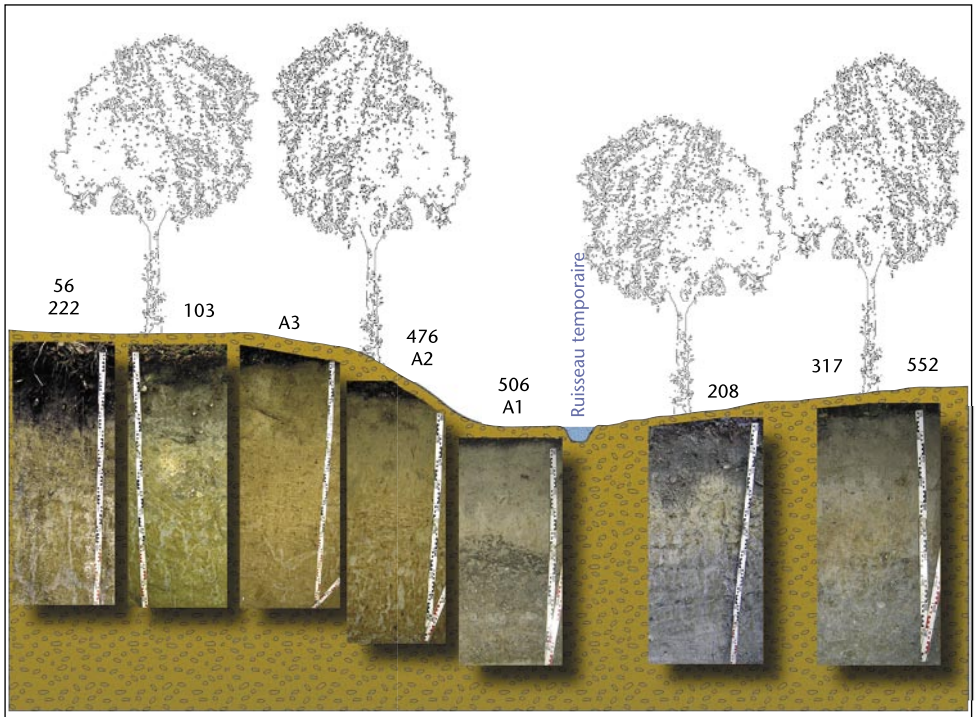


Figure 3 – Variabilité des sols dans les parties amont des ruisseaux, au niveau des stations de suivi du fonctionnement hydrique.

(cailloutis imperméable) entre 1 et 1,5 mètre de profondeur. Leur porosité est bonne en surface (60 %) et s'abaisse à 40 % au-delà de 50 cm de profondeur.

Les caractéristiques des sols de fond de vallon varient entre l'amont et l'aval. Ils possèdent des caractéristiques proches des sols de plateau en amont (figure 3, stations 503, A1, 208, 317 et 552) et deviennent moins profonds (entre 1 et 0,5 mètre) dans la partie médiane.

Dans la partie aval des ruisseaux, les sols sont profonds, caillouteux et à texture équilibrée. Ils sont moyennement humifères et peu hydromorphes. Ils sont très po-

reux en surface et conservent une porosité totale supérieure à 45 % en profondeur.

Au niveau des bassins versants concernés par les travaux de restauration, les peuplements sont gérés en taillis sous futaie. Ils sont principalement constitués de chênes, charme, hêtre et tremble. Des peuplements avec un recouvrement dense de molinie (peuplements « dégradés ») occupent certaines zones de plateau.

LES RUISSEAUX

Quatre affluents de la Clauge dont les bassins versants sont contigus ont été sélectionnés.

tionnés. Leurs bassins versants totalisent une surface de 250 hectares. La longueur des trois principaux ruisseaux avant reméandrement est comprise entre 1,3 et 1,5 km ; le quatrième a une longueur de 0,4 km. Les quatre bassins versants sont densément parcourus de fossés connectés aux ruisseaux. Sur les plateaux, de nombreuses parcelles présentent un réseau de fossés d'environ 50 cm de profondeur et espacés de 15 à 20 mètres.

Les quatre affluents sélectionnés ont été chenalisés dans les années '50 sur toute leur longueur (figure 4), d'où un fonctionnement de type « oued ». L'évacuation rapide des hautes eaux y engendre de fortes érosions et ils restent la plupart du temps à sec. L'érosion régressive s'est développée graduellement vers l'amont des ruisseaux, en rendant le drainage de plus en plus efficace. Cette lente évolution morphologique explique que les effets des curages et des rectifications des affluents sur le régime de la Clauge, n'aient été visibles qu'à partir des années '80.

PLAN DE RESTAURATION DES ÉCOULEMENTS DE SURFACE

Pour restaurer complètement le fonctionnement hydrologique des quatre ruisseaux et reconstituer leurs capacités biologiques originelles, l'idéal serait de combler complètement les cours rectilignes ainsi que la totalité des fossés. Cependant, l'ampleur des travaux nécessaires à la mise en œuvre de cette approche « exhaustive » induirait un bouleversement profond du couvert forestier, tout en risquant de dégrader les sols. Son coût s'avérerait également prohibitif, en particulier en raison de la quantité de matériaux à transporter.

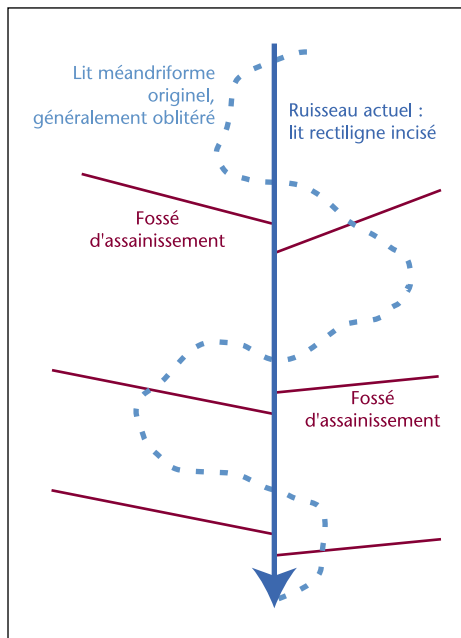
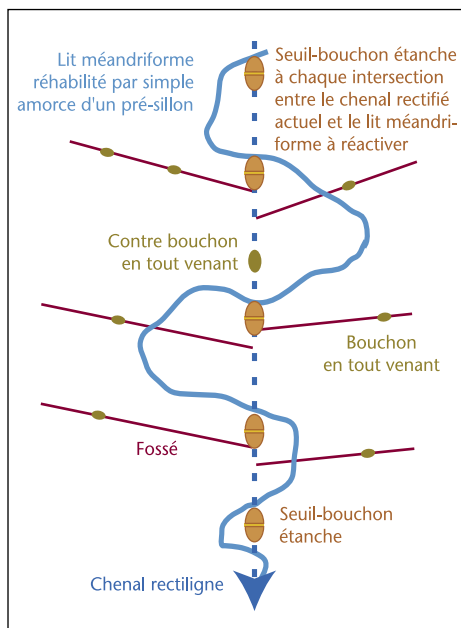


Figure 4 – Plan schématique de la situation avant travaux.

Figure 5 – Stratégie de restauration des écoulements par implantation de bouchons.



Par conséquent, nous avons proposé d'enrayer les mécanismes de banalisation et d'assèchement des quatre bassins versants à l'aide d'une stratégie plus douce associée à un meilleur rapport coût/bénéfice. Il s'agit de réhabiliter le lit méandrique original en oblitérant le fonctionnement du lit rectiligne à l'aide d'une série de « bouchons » étanches (figures 5 et 6). Parallèlement, l'effet drainant des principaux fossés d'assainissement latéraux est ralenti à l'aide de bouchons de tout venant.

Pour réactiver le tracé méandrique, un bouchon étanche est implanté à chaque intersection entre le chenal rectiligne et l'ancien tracé du ruisseau. Afin d'éviter les affouillements en hautes eaux et de limiter en étiage l'effet drainant résiduel du chenal rectiligne relictuel, un contre bouchon intermédiaire est implanté chaque fois que l'altitude du pied du bouchon amont est supérieure au sommet du bouchon aval. Ces ouvrages sont constitués

d'un géotextile de rétention des fines, tendu sur un bardage de bois et placé au cœur d'un remplissage en tout-venant (figure 7). Ce matériau est prélevé à quelques dizaines de mètres de distance, après décapage des 50 premiers centimètres du sol. Après cette extraction ménagée, la cavité est rebouchée partiellement à l'aide du matériau de décapage et aménagée en pente douce.

Simultanément, un sillon étroit, peu profond et sinueux est creusé pour amorcer le tracé méandrique mais uniquement lorsque le tracé original, ou sa connexion avec le méandre aval, n'est plus visible. Cette « rainure » ne servira que de guide pour éloigner l'écoulement du tracé rectiligne : elle est donc impérativement sous-dimensionnée par rapport au gabarit supposé du lit méandrique.

Pour contrôler les processus d'ajustement morphologique, des rampes de fond empierrées ont été installées dans

Figure 6 – Schéma d'implantation des bouchons en fonction de la pente du ruisseau.

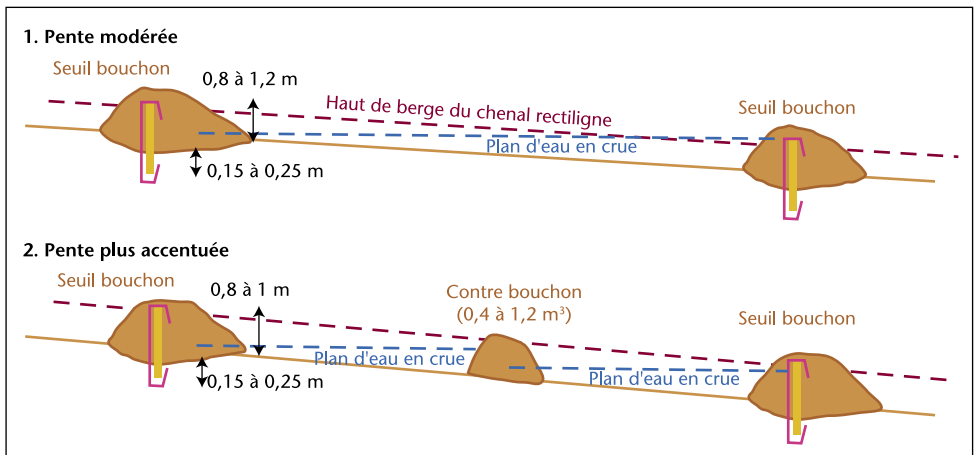




Figure 7 – Mise en place d'un bouchon étanche. À gauche : fixation du géotextile sur le bardage en bois. À droite : recouvrement à l'aide de matériau prélevé à proximité.

le lit de la Clauge pour limiter l'érosion régressive, le lit de cette rivière étant lui-même surcreusé.

À moyen terme, les segments de lit rectilignes et les fossés relictuels devraient être partiellement oblitérés par l'accumulation de la matière organique (débris ligneux, feuilles). Pour favoriser ce processus naturel, l'enlèvement des débris, encombres et embâcles dans le lit des ruisseaux et même toute intervention sur leur ripisylve ont été proscrits.

rectilignes et de drains non comblés (figure 8). Cet effet devrait toutefois s'atténuer au bout de quelques années grâce à l'accumulation de matières organiques.

Corrélativement, la comparaison des mesures piézométriques effectuées avant et après intervention montre que le fonctionnement hydrique des sols a changé. Les enregistrements de profondeur d'apparition de la nappe ont été réalisés par

PREMIERS EFFETS DES TRAVAUX DE RESTAURATION SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE

Après travaux, les premières données limnimétriques (mesure du niveau des eaux de surface) montrent qu'en période de hautes eaux, le niveau est fortement rehaussé. Parallèlement un écoulement méandrique plus lent et plus favorable à la faune aquatique est immédiatement restauré, même si des pertes de charges phréatiques subsistent en raison des tronçons de chenaux

Figure 8 – Ruisseau reméandré. Le fossé rectiligne en eau est visible au deuxième plan à gauche de la photographie.



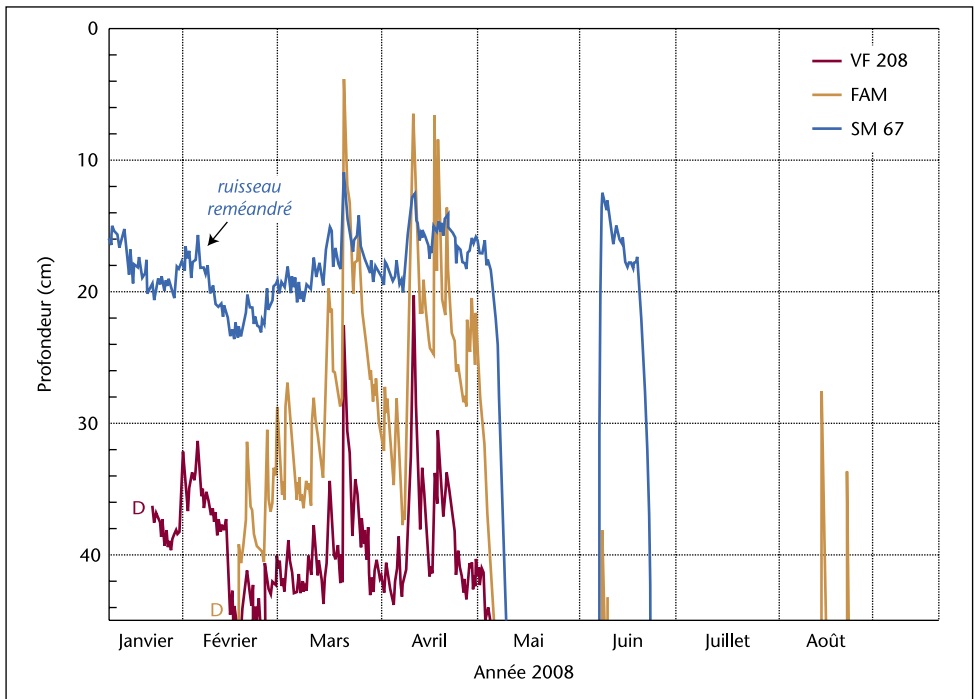


Figure 9 – Comparaison du fonctionnement piézométrique (une mesure toutes les 12 heures) de trois ruisseaux temporaires dans des stations ayant des positions identiques (3/4 amont). La station SM67 correspond au ruisseau reméandré en 2007. D : début des mesures.

des mesures manuelles tous les 10 jours et par des mesures automatiques toutes les 12 heures (sonde Schlumberger WS). Au total, trente-huit piézomètres ont été installés, répartis sur trois ruisseaux, dont un a été reméandré en 2007 et les deux autres, qui ont temporairement valeur de « témoin », ne l'ont été que fin août 2008.

Ce dispositif a permis de montrer que les battements de nappe sont fortement modifiés par le reméandrement (figure 9). La nappe est plus superficielle (-20 cm) et l'amplitude des battements est atténuée. La durée de présence de la nappe à moins de 45 cm de profondeur, qui permet la

circulation de l'eau dans les fossés et ruisseaux, est augmentée d'environ 8 jours au moment de l'abaissement de la nappe en mai 2008. En juin 2008, la nappe s'est réinstallée entre 12 et 20 cm de profondeur durant près de 15 jours au niveau du ruisseau reméandré. Pour les deux autres ruisseaux, elle n'est réapparue que de manière sporadique aux environs de 40 cm de profondeur.

De façon plus ponctuelle, un rehaussement brutal de la nappe a été observé en août, suite à un orage, au niveau de la station FAM (figure 9) située sur un ruisseau non restauré à proximité d'une route départementale. Ce phénomène montre

l'importance de l'impact drainant des fossés creusés le long des routes et des sommières ainsi que son renforcement par l'imperméabilisation des chaussées. Les effets de tels épisodes étaient fortement amplifiés par la rectification des chenaux d'écoulement.

En revanche dès la mise en place des bouchons, le ruisseau reprend les anciens méandres dans un lit de 5 à 15 cm de profondeur et une largeur de 0,5 à 1 mètre. Le débit de l'écoulement est ainsi fortement réduit.

De façon plus générale, au cours de la première année après les travaux de restauration, le matériau qui constitue les bouchons se tasse et devient de plus en plus étanche, ce qui augmente la capacité de rétention de l'eau. Dans l'ancien fossé rectiligne, des poches d'eau restent présentes au niveau de certains bouchons sur une durée qui a dépassé de plus de 3 semaines la durée de présence de la nappe dans les piézomètres et l'écoulement du ruisseau.

CONCLUSIONS

Les travaux de reméandrement menés sur les ruisseaux temporaires permettent donc de tamponner le régime hydrique des ruisseaux et des sols riverains. Les premiers résultats montrent un gain d'une semaine sur les écoulements et de trois semaines sur la durée de présence de poches d'eau. L'augmentation de l'humidité des sols est proportionnelle à ce gain. Il est probable que ces effets vont s'intensifier grâce à l'imperméabilisation des bouchons par tassement du matériau et au comblement progressif des segments rectilignes relictuels. Malgré les bouchons, la remontée

des nappes et les débits plus faibles, les nappes restent circulantes. Le manque d'oxygène est donc limité.

Les mesures réalisées sur le fonctionnement hydrique des sols durant l'année suivant les travaux doivent être prolongées. En effet, les régimes hydriques vont évoluer sur plusieurs années en raison des modifications des propriétés des sols induites par un ennoyage plus long. À long terme, les effets des travaux de reméandrement devraient être plus marqués.

Dans ce contexte, la restauration des écoulements devrait favoriser le peuplement forestier. En effet, en présence d'espèces (voire de provenances ou écotypes) adaptées à l'ennoyage, la contrainte principale à laquelle les arbres doivent faire face est le manque d'eau^{2,4}. Ces données remettent en question les conclusions tirées par les forestiers dans les années '50 et '60 et inspirées par les agronomes, sur le caractère nuisible des nappes dans les sols pour les arbres³.

Cette nouvelle approche sera aussi très bénéfique pour les écosystèmes aquatiques forestiers. En effet, ces réseaux hydrographiques constituent de précieuses ressources en eau, tant en quantité qu'en qualité. Ils abritent une faune patrimoniale unique, y compris sur les linéaires naturellement temporaires. Cependant, en forêt, une grande partie de ces chevelus ont subi des rectifications drastiques et/ou ont souffert de la répétition des curages « vieux fond/vieux bord ». Ces aménagements ont provoqué l'enfoncement et le drainage des nappes, le réchauffement et la réduction des écoulements estivaux et pour finir la banalisation des mosaïques d'habitats aquatiques. À l'échelle des

grands bassins, ce syndrome participe à l'amplification des crues et à l'érosion des débits d'étiage.

La restauration des capacités de stockage de l'eau gravitaire en forêt revêt, pour les arbres comme pour les cours d'eau, une importance d'autant plus cruciale que les périodes de sécheresse sont annoncées plus fréquentes et plus intenses. Dans la perspective de ce changement climatique annoncé, c'est ce type de restauration qui serait à mettre en place en sol hydromorphe, éventuellement en combinaison avec une adaptation du type de sylviculture, avant d'envisager des introductions d'espèces « exotiques ». Le maintien, ou le retour, d'espèces aquatiques patrimoniales sensibles et parfois succulentes comme l'écrevisse pied blanc constituera une prime à cette approche de restauration intégrée. ■

Blancs » (*Austroptomobius pallipes*). Rapport d'étude, 97 p.

⁶ www.liferuisseaux.org

Cet article est adapté de l'article intitulé « Reboucher les fossés de drainage en forêt : une solution pour restaurer le fonctionnement hydrique des sols riverains et des ruisseaux. » paru dans la revue « Rendez-Vous Techniques » n° 21 de l'ONF.

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ AUGÉ V. [2007]. *Comment réduire l'impact de l'exploitation forestière et des travaux mécanisés sur le réseau hydrographique ? Le schéma de dessert et d'exploitabilité « orienté eau »*. Rapport ONF-LIFE « ruisseaux », 81 p.
- ² LEVY G., LEFÈVRE Y. [2001]. *La forêt et sa culture sur sol à nappe temporaire*. Éd. ENGREF, 223 p.
- ³ PLAISANCE G. [1965]. Les sols à marbrure de la forêt de Chaux (Jura). *Ann. Sci. For.* 22(4) : 449-676.
- ⁴ SHARIARI A. R. [2003]. *Étude des relations sol-racine et des réponses de croissance et de développement du chêne pédonculé et du chêne sessile aux situations de stress hypoxique ou anoxique liées à l'ennoyage temporaire*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 184 p.
- ⁵ TELEOS [2004]. *Contribution à la recherche des causes de régression de l'écrevisse « Pieds*

ÉRIC LUCOT

eric.lucot@univ-fcomte.fr

FRANÇOIS DEGIORGI

PIERRE-MARIE BADOT

UMR Chrono-Environnement,
CNRS - Université de Franche-Comté

Place Leclerc
F-25030 Besançon

VINCENT PEREIRA

VINCENT AUGÉ

Office National des Forêt

PIERRE DURLET

Parc naturel régional du Morvan,
Coordinateur LIFE « ruisseaux »
www.liferuisseaux.org