

Une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau : vers un outil de gestion des hydrosystèmes périurbains.

FICHE TECHNIQUE OTHU: N°14

Dénominations et codes des types de cours d'eau	Code
Torrents des Monts du lyonnais	A1
Cours d'eau à énergie modérée des replats des Monts du lyonnais	A2
Cours d'eau à haute énergie de l'extrémité amont des secteurs à fond de vallée encaissé	B1
Cours d'eau à énergie modérée et à fond de vallée peu encaissé du plateau lyonnais	B2
Cours d'eau à énergie modérée et à fond de vallée encaissé et étroit du plateau lyonnais	B3
Cours d'eau à énergie modérée et à fond de vallée encaissé et large du plateau lyonnais	B4
Cours d'eau sur arène granitique de la région de Charbonnières	B5
Cours d'eau des paléo-vallées du Rhône et de la Saône	C

Figure 3 : Exemple de la sectorisation d'un affluent de l'Yzeron (la Chaudanne).

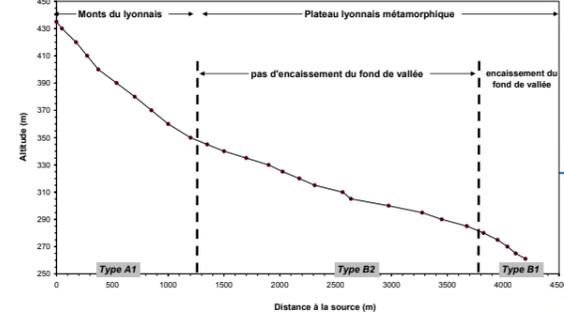


Figure 5 : Résultats de l'ACP inter-classes des variables de contrôle.

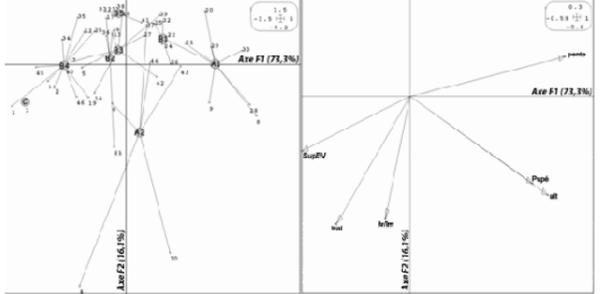


Figure 7 : Exemple de Fiche descriptive d'un type de cours d'eau.

Type B4
Cours d'eau à énergie modérée et à fond de vallée encaissé et large de la bordure orientale du plateau lyonnais

Description générale
Les cours d'eau de type B4 parcourent l'unité naturelle du plateau lyonnais recouvert de cailloutis. Le fond de vallée est encaissé et large, ce qui autorise une dynamique latérale active. L'intensité de celle-ci est variable selon les secteurs. La charge solide, assez hétérométrique, est constituée de galets, graviers, sables et limons. Les unités morphodynamiques s'organisent en séquences seuils/mouilles, associées à des plats, voire localement des rapides. Le colmatage sableux est important.

Données qualitatives
Unité naturelle : plateau lyonnais recouvert de cailloutis miocènes/pliocènes
Type de fond de vallée : alluvial
Charge solide dominante : sables, graviers, galets

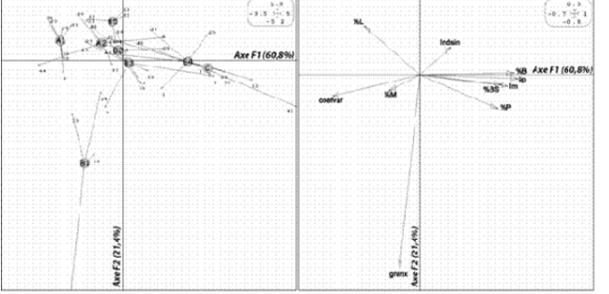
Données quantitatives

Pente moyenne (%)	0,91 (0,4)	Tri des sédiments du fond du lit	0,70 (0,2)
Largeur du fond de vallée (m)	103,3 (0,5)	% de faciès lotiques	42,3 (0,3)
Rapport d'encaissement	17,5 (0,7)	% de mouilles	37,5 (0,3)
Puissance spécifique (W.m ⁻²)	99,9 (0,4)	% de plats	20,3 (0,9)
Sinuosité	1,18 (0,2)	% de berges sapées	37,2 (1,1)
Rapport largeur/profondeur	6,98 (0,4)	% de rives occupées par des bancs	22,4 (0,8)
Diamètre moyen (mm)	47,7 (0,2)	Indice de mobilité pondéré	9,23 (1,1)

Moyenne (coefficient de variation)

Site de référence : YzPchabB4.

Figure 6 : Résultats de l'ACP inter-classes des variables de réponse.



■ Cadre Général et problématique

La géomorphologie fluviale (ou hydro-géomorphologie) est la science qui étudie les formes des cours d'eau (méandres, géométrie...), ainsi que les processus contrôlant l'évolution de ces formes (débits liquide et solide, érosion, sédimentation...). Il est important de prendre en compte la géomorphologie fluviale dans les études intégrées des cours d'eau car elle permet de caractériser les biotopes physiques des écosystèmes aquatiques et contribue à résoudre les problèmes d'érosion (latérale et verticale), de transport solide (excès ou déficit), de gestion de la ripisylve et de risque d'inondation.

Les cours d'eau étant très diversifiés, les classifications hydro-géomorphologiques d'états de référence de rivières reflètent la diversité de fonctionnements physiques « naturels » des hydrosystèmes. Elles constituent un outil de gestion pour les suivis écologiques, l'évaluation de la qualité des biotopes physiques et la restauration (Directive Cadre Européenne sur l'Eau ; Kondolf et al., 2003). En milieu périurbain, l'étude du bassin de l'Yzeron (fig. 1) est fondée sur l'hypothèse que les impacts des rejets urbains de temps de pluie différent en fonction du contexte hydro-géomorphologique des tronçons de cours d'eau récepteurs.

■ Objectifs spécifiques de l'étude :

Cette étude présente une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau potentiellement utilisable en Europe et adaptée, entre autres, aux hydrosystèmes périurbains. Une application au bassin versant de l'Yzeron illustre ici cette méthode.

■ Méthode typologique pouvant être utilisée par les gestionnaires

La méthode typologique découle de recherches antérieures portant sur les cours d'eau d'Alsace. L'approche repose sur un emboîtement hiérarchique d'échelles du système fluvial : le bassin versant, le fond de vallée et le lit mineur. La méthode comporte les étapes suivantes (Schmitt et al., 2006a) :

- Déterminer à l'échelle du bassin versant, les unités hydro-géomorphologiques homogènes. Pour cela, le bassin versant est découpé par expertise sur la base de variables contrôlant la fonctionnement des cours d'eau : climat, relief, géologie, héritages géomorphologiques (empreintes dans le paysage de processus géomorphologiques anciens, souvent quaternaires : paléo-dynamique fluviale, dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires, formations péri-glaciaires...), occupation du sol. Des études cartographiques (cartes topographiques et géologiques) et bibliographique (articles et monographies climatologiques, hydrologiques, géologiques et géomorphologiques) sont nécessaires. Ce découpage du bassin versant en unités hydro-géomorphologiques homogènes peut être testé relativement aisément à partir de variables de contrôle relatives au fond de vallée ou à l'hydrologie, notamment la pente du fond de vallée, le rapport d'encaissement (rapport de la largeur du fond de vallée sur la largeur du lit mineur ; tabl. 1) et, si le nombre de stations hydrométriques dans le bassin le permet, des descripteurs hydrologiques. Il est par exemple possible de tester si les relations crues biennales surface drainée ou débit spécifique de l'étiage décennal débit spécifique de la crue décennale discriminent les différentes unités hydro-géomorphologiques ;
- Sectorisation des cours d'eau à partir de variables faciles d'accès :
 - les changements d'unités hydro-géomorphologiques traversées par la rivière ;
 - les variations de la pente longitudinale (du fond de vallée ou, à défaut, du lit mineur), estimée à partir de profils en long (données topométriques, Modèles Numériques de Terrain, cartes topographiques au 1/25 000è, profils des Grandes Forces Hydrauliques) ;
 - les changements de morphologie du fond de vallée (largeur) ;
 - les discontinuités liées aux héritages géomorphologiques (empreintes dans le paysage de processus géomorphologiques anciens, souvent quaternaires : paléo-dynamique fluviale, dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires, formations péri-glaciaires...);
 - les changements de styles fluviaux et de sinuosité (cartes topographiques au 1/25 000è, photographies aériennes) ;

■ Contacts

Laurent SCHMITT, Université Lyon2 - Faculté de Géographie, Histoire, Histoire de l'Art, Tourisme - UMR 5600 CNRS - Laboratoire Rhodanien de Géographie de l'Environnement - 5, av. Pierre Mendès-France 69676 BRON cedex - laurent.schmitt@univ-lyon2.fr - tél : 04 78 77 23 23 - fax : 04 78 77 24 26

Tableau 1 : Variables sélectionnées et modes d'estimation

VARIABLE	MODE D'ESTIMATION
Variables informatives	
Coordonnées de l'extrémité amont du site	Terrain (GPS) ou SIG
Longueur du site	Terrain, topofil
Variables indépendantes (de contrôle)	
Superficie du bassin versant (SupBV)	SIG
Altitude du site (alt)	SIG
Largeur du fond de vallée (lval)	Terrain, topofil
Rapport d'encaissement (lvlm)	Largeur du fond de vallée/largeur du lit mineur ; Terrain, topofil
Pente moyenne du lit mineur (pente)	SIG
Puissance spécifique (Pspé)	Terrain, SIG
Variables dépendantes (de réponse)	
Rapport largeur/profondeur du lit mineur (l/p)	Terrain, topométrie simplifiée
Indice de sinuosité (Indsin)	Terrain, topofil
Granulométrie moyenne des sédiments du fond du lit (granx)	Terrain, Méthode de Wolman (1954) sur les seuils naturels et les rapides, Méthode de Chin (1998) sur les torrents à séquences marches-cuvettes
Tri des sédiments du fond du lit (coefvar)	Coefficient de variation de la largeur (axe-B) des sédiments du fond du lit
Pourcentage de faciès découlement lotiques (%L)	Terrain, topofil, Faciès pris en compte : seuils naturels, rapides, marches, bedrock
Pourcentage de mouilles (%M)	Terrain, topofil
Pourcentage de plats (%P)	Terrain, topofil
Pourcentage de berges sapées (%BS)	Terrain, topofil
Pourcentage de bancs (%B)	Terrain, topofil
Indice de mobilité pondéré I_m	Terrain, topofil, $I_m = \frac{S+3B}{4L} \cdot 100$; S=longueur des berges sapées, B=longueur des bancs, L=longueur du site.

Tableau 2 : Caractéristiques hydro-géomorphologiques quantitatives des types de cours d'eau, [Moyenne (coefficient de variation)].

	lval (m)	lvlm	Indsin	pente (%)	l/p	Pspé (W.m ⁻²)	granX (mm)	coefvar	%M	%P	%L	%BS	%B	I_m
A1	16 (1,2)	8,6 (0,9)	1,11 (0,1)	7,58 (0,3)	3,1 (0,2)	313 (0,5)	42 (0,4)	1,05 (0,2)	43 (0,3)	1 (0,2)	56 (1,2)	3 (2)	2 (2,8)	1,9 (1,5)
A2	110 (1,4)	39,7 (1,1)	1,20 (0,1)	2,77 (0,4)	5,1 (0,7)	275 (0,4)	44 (0,3)	0,97 (0,2)	42 (0,9)	6 (0,9)	52 (0,2)	11 (1,1)	9 (0,9)	9,2 (0,9)
B1	17 (0,9)	6,4 (1,1)	1,09 (0,1)	4,90 (0,7)	3,8 (0,3)	267 (0,7)	145 (0,5)	1,10 (0,3)	43 (1,3)	14 (0,2)	43 (0,2)	12 (1,5)	7 (1,4)	7,8 (1,5)
B2	63 (0,9)	30,2 (1)	1,06 (0)	2,38 (0,4)	4,3 (0,5)	103 (0,4)	37 (0,1)	1,00 (0,2)	37 (0,4)	15 (1,0)	48 (0,3)	29 (0,9)	14 (0,7)	17,8 (0,2)
B3	46 (0,7)	16,2 (0,8)	1,10 (0,1)	3,05 (0,6)	4,7 (0,3)	181 (0,4)	47 (0,4)	0,85 (0,2)	41 (0,2)	18 (0,8)	40 (0,3)	24 (1,4)	13 (0,5)	17,0 (0,6)
B4+C	103 (0,5)	17,5 (0,7)	1,18 (0,2)	0,91 (0,4)	7,0 (0,4)	100 (0,2)	48 (0,2)	0,70 (0,2)	38 (0,3)	20 (0,9)	42 (0,3)	37 (1)	22 (0,8)	26,1 (0,6)
B5	19 (0,4)	12,0 (0,3)	1,16 (0,1)	3,14 (0,5)	3,8 (0,4)	89 (0,5)	14 (0,4)	0,94 (0,2)	38 (0,4)	15 (0,5)	46 (0,3)	14 (1,1)	12 (0,9)	12,7 (0,7)

■ Méthode typologique pouvant être utilisée par les gestionnaires:

3. Regroupements, par expertise, des différents secteurs pour élaborer une classification. Chaque type est caractérisé par une dénomination ;
4. Validation et/ou amélioration de la typologie à partir de données morphodynamiques de terrain, variables de « réponse » et d'analyses statistiques multivariées (Classification Ascendante Hiérarchique, Analyse en Composantes Principales, Analyse Discriminante...). Des analyses statistiques peuvent également être réalisées à partir des variables de contrôle du fond de vallée ou relatives à la taille des cours d'eau (tabl. 1) pour faire apparaître la structure de la typologie ;
5. Caractérisation morphodynamique des types de cours d'eau à partir de l'ensemble des données collectées et relatives aux trois échelles spatiales prises en compte (bassin versant, fond de vallée, lit mineur).

■ Application au bassin versant de l'Yzeron

- Mise en évidence d'unités hydro-géomorphologiques homogènes (bassin versant)

Cinq unités hydro-géomorphologiques sont discriminées : (i) Monts du Lyonnais ; (ii) plateau lyonnais métamorphique ; (iii) plateau lyonnais recouvert de cailloutis miocènes et pliocènes ; (iv) arène granitique de Charbonnières ; (v) formes héritées d'origine fluviale et glaciaire (fig. 2 ; Valette, 2004). Ce découpage a été validé à partir des variables de contrôle de la pente des fonds de vallée et le rapport d'encaissement (Valette, 2004 ; Schmitt et al., 2006a).

- Sectorisation des cours d'eau et élaboration de la typologie

Le réseau hydrographique de l'Yzeron a été sectorisé à partir des variables citées précédemment. L'exemple de la Chaudanne est donné dans la figure 3. Des rapprochements entre les secteurs homogènes, ont permis de classer tout le réseau hydrographique de l'Yzeron en 8 types (fig. 4).

- Validation statistique à partir de variables de terrain

46 sites de mesures ont été localisés sur les différents types (fig. 4 ; Valette, 2004 ; Valin, 2004). Seuls les secteurs les moins anthropisés ont été pris en compte car la typologie porte sur les états de référence. La longueur d'un site est égale à 36 fois la largeur à pleins bords. L'analyse statistique retenue ici est l'Analyse en Composantes Principales (ACP) Inter-classes (logiciel : ADE4). Elle a été appliquée sur :

- les variables de contrôle relatives au fond de vallée et à la superficie drainée, pour montrer comment la typologie est structurée vis-à-vis de ces variables. Nous ne présentons pas ici ces résultats pour ne pas alourdir la Fiche Technique. Le lecteur pourra se reporter à Schmitt et al. (2006).

- les variables de réponse pour valider la typologie.

10 variables de réponse sont prises en compte (tabl. 1). Le premier axe (F1 : 60,8 % de variance ; fig. 5) est lié à l'intensité de la dynamique latérale, au rapport largeur/profondeur et au pourcentage de plats. Ces variables s'opposent au coefficient de variation des sédiments du fond des lits et au pourcentage de mouilles. Le deuxième axe (F2 : 21,4 % de variance) traduit la granulométrie. Inertie inter-classes : 27,8%. Ce résultat reste cependant satisfaisant puisque, sur 1000 permutations aléatoires, une seule combinaison donne une variance inter-classes plus élevée.

L'ACP discrimine les types comme suit : (i) B1, lié à une granulométrie très grossière ; (ii) lié à une granulométrie fine (sableuse) ; (iii) A1, pour lequel le tri sédimentaire est faible, comme l'intensité de la dynamique latérale, le rapport largeur/profondeur et le pourcentage de plats ; (iv) B4 et C sont proches et présentent un bon tri sédimentaire, ainsi qu'une intensité de la dynamique latérale, un rapport largeur/profondeur et un pourcentage de plats élevés. Notre expertise confirme que les types C et B4 sont semblables. En effet, le poids des héritages géomorphologiques vis-à-vis de la morphodynamique actuelle apparaît faible pour le type C. Les types C et B4 pourraient donc être agglomérés ; (v) les types A2, B2 et B3 se chevauchent partiellement. Il sont toutefois discriminés par expertise en raison de différences d'encaissement des fonds de vallée et de géologie (Schmitt et al., 2006a).

- Caractérisation des types

Le fonctionnement hydro-géomorphologique de chaque type d'état de référence est synthétisé dans des Fiches Descriptives (fig. 6).

■ Les avancées de l'OTHU : principaux résultats

- élaboration d'une typologie hydro-géomorphologique fonctionnelle d'états de référence du réseau hydrographique de l'Yzeron ;
- mise en évidence de la structure de la typologie ;
- validation de cette dernière avec des variables de terrain (dépendantes) ;
- caractérisation fonctionnelle des types (fig. 6) ;
- large utilisation de la typologie dans les études biologiques, physico-chimiques et géomorphologiques de l'Yzeron.

■ Cadre d'utilisation et développements futurs

Cette classification hydro-géomorphologique constitue un cadre de référence pour l'étude écologique de l'Yzeron.

Elle a permis :

- de localiser les sites d'étude de la qualité de l'eau, des biocénoses et de la capacité d'auto-épuration (cf. Fiche Technique « Appréciation et suivi du potentiel écologique PE : application aux cours d'eau en paysages urbanisés ») ;

- d'interpréter les résultats biologiques et physico-chimiques en prenant en compte la géomorphologie (Breil et al., 2006 ; Lafont et al., 2006) ;
- de proposer une carte de la capacité d'auto-épuration des polluants de l'ensemble du réseau hydrographique de l'Yzeron. Nos premiers résultats montrent en effet que la capacité d'auto-épuration est liée à l'énergie des types géomorphologiques (Jezequel, 2006). La carte de la capacité d'auto-épuration doit encore être validée. Des recherches dans ce sens sont en cours ;
- de proposer une carte de la sensibilité aux phénomènes d'incision et d'ensablement du réseau hydrographique de l'Yzeron. Des recherches se poursuivent également sur ce thème (Grosprêtre et Schmitt, 2006).

Le modèle méthodologique présenté est susceptible d'être utilisée sur tout bassin versant, notamment périurbain, dont la taille n'excède pas 2 000 km². Pour des bassins plus grands, il peut s'avérer important de développer des méthodes automatiques ou semi-automatiques, fondées sur des modèles numériques de terrain, de sectorisation-classification de cours d'eau (Hallot et al., 2006).

■ Documents publiés :

Références bibliographiques citées

- Hallot E. J., Schmitt L., Mols J. & Petit F., 2006. Elaboration d'une typologie hydro-géomorphologique de cours d'eau dans l'Euregio Meuse-Rhin. Mosella, XXIX, 3-4, pp. 309-322.
- Kondolf G.M., Montgomery D.R., Piégay H. & Schmitt L., 2003. Geomorphic classification of rivers and streams. In: Kondolf G.M. & Piégay H. (Eds), Tools in fluvial geomorphology. John Wiley & Sons, pp. 169-202.

Documents publiés

- Breil P., Lafont M., Namour P., Perrin J.-F., Vivier A., Bariac T., Sebilo M., Schmitt L., Chocat B., Aucour A.-M., Zuddas P., 2005. Dynamique du Carbone et de l'Azote en rivière dans un gradient rural - urbain. Actes du Premier colloque de restitution scientifique du Programme National / ACI « Ecosphère continentale, risques environnementaux (ECCO) », CNRS, 5-7 déc. 2005, Toulouse, pp. 387-392.
- Grosprêtre L. et Schmitt L., 2006 (août). Etude hydro-géomorphologique de l'Yzeron et définition d'indicateurs de suivi - Rapport d'avancement n°2. Université Lyon 2 - CNRS/UMR 5600. Réalisé pour le compte du Grand Lyon et du S.A.G.Y.R.C. 92 p. + ann.
- Jezequel C., 2006. Le rôle de la géomorphologie sur les échanges nappe-rivière et les écosystèmes aquatiques interstitiels en milieu pollué (compartiments superficiel et hyporhéique). Mémoire de Master 1, Université Lyon 2, CEMAGREF-Lyon, 52 p. + ann. Co-direction avec M. Michel Lafont (Cemagref Lyon).
- Lafont M., Breil P., Perrin J.-F., Schmitt L., Namour P., Malard F., Asté J.-P., Burnoud S., Guérin S., & Bonnefille M., 2006. Rapport final du Projet GEREHPUR (Gestion de la Ressource en Eau des hydrosystèmes péri-urbains), Thématique prioritaire Région Rhône-Alpes 2003 - 2005 « Développement Durable », 19 p. + ann.
- Schmitt L., Valette L., Valin K., Piégay H. & Hallot E., 2006a. Proposition d'une méthode de typologie hydro-géomorphologique des cours d'eau et test sur un sous-bassin du Rhône (bassin de l'Yzeron). Mosella, XXIX, 3-4, pp. 323-340.
- Schmitt L., Trémolières M., Lafont M., Vivier A., Jezequel C., Breil P., Perrin J.-F., Namour P., Valin K. and Valette L., 2006b. Hydro-geomorphological typologies of rivers as a basis for ecological monitoring and management of aquatic ecosystems. Extended abstracts, International Symposium "Man and River Systems II, Interactions among Rivers, their Watersheds, and the Sociosystem", Paris, December 4-6, 2006, pp. 212-215.
- Piégay H., Naylor L.A., Habersack H., Kail J., Schmitt L. & Bourdin L., in press. Some European Experiences in River Restoration. In: Brierley G. & Fryirs K. (Eds), River Futures, Island Press.
- Valette L., 2004. Typologie hydro-géomorphologique naturelle des cours d'eau du bassin versant de l'Yzeron. Mémoire de Maîtrise, Université Lyon 2, 106 p.
- Valin K., 2004. Intégration d'une typologie hydro-géomorphologique dans l'étude écologique d'un bassin versant périurbain. Premiers résultats et perspectives. Mémoire de DEA, Université Lyon 2, CEMAGREF-Lyon, 52 p. + ann.

■ Figures et tableaux

