

Modifications d'une zone alluviale suite à l'endiguement : approche
méthodologique/*Evolution of an alluvial flood plain after embanking:
a methodological approach*

Maria de Lourdes Mendonça Santos, Claire Guenat, Corinne Thevoz, Fabrice Bureau

Résumé

Résumé Les modifications d'une zone alluviale alpine suite à l'endiguement ont été étudiées en comparant la situation actuelle (sol, végétation et position géomorphologique) avec différentes situations dans le passé. Pour cette reconstitution historique, deux approches complémentaires ont été employées : la première, traditionnelle, basée sur la photo-interprétation, a permis de décrire l'état du site à différentes dates; la seconde, s'appuie sur un SIG et a permis d'établir des cartes montrant les changements (qualitatifs et quantitatifs) du mode d'occupation du sol au cours du temps. Ces cartes sont utiles pour identifier les situations-types actuelles et expliquer la distribution spatiale actuelle du sol et de la végétation.

Abstract

Abstract We compare two methodological approaches with the aim to understand the effects of embankments on soil and vegetation spatial distribution along an alpine river. Modifications will be explained by comparing present conditions (soil, vegetation, geomorphological position) with different situations in the past. Two complementary approaches are being used : first, traditional photo-interpretation allow us to describe variations along the alluvial plain. Second, a GIS enables us to make maps showing the changes in the land use (qualitatively and quantitatively) in time. These maps are useful to identify the current typical situations and to explain the present spatial distribution of soil and vegetation.

Citer ce document / Cite this document :

Mendonça Santos Maria de Lourdes, Guenat Claire, Thevoz Corinne, Bureau Fabrice. Modifications d'une zone alluviale suite à l'endiguement : approche méthodologique/*Evolution of an alluvial flood plain after embanking: a methodological approach*. In: Géomorphologie : relief, processus, environnement, Décembre 1997, vol. 3, n°4. pp. 365-374;

doi : <https://doi.org/10.3406/morfo.1997.934>

https://www.persee.fr/doc/morfo_1266-5304_1997_num_3_4_934

Fichier pdf généré le 30/04/2018

Modifications d'une zone alluviale suite à l'endiguement : approche méthodologique

Evolution of an alluvial flood plain after embanking : a methodological approach

Maria de Lourdes MENDONÇA SANTOS *, Claire GUENAT °, Corinne THEVOZ †,
Fabrice BUREAU ^

Résumé

Les modifications d'une zone alluviale alpine suite à l'endiguement ont été étudiées en comparant la situation actuelle (sol, végétation et position géomorphologique) avec différentes situations dans le passé. Pour cette reconstitution historique, deux approches complémentaires ont été employées : la première, traditionnelle, basée sur la photo-interprétation, a permis de décrire l'état du site à différentes dates ; la seconde, s'appuie sur un SIG et a permis d'établir des cartes montrant les changements (qualitatifs et quantitatifs) du mode d'occupation du sol au cours du temps. Ces cartes sont utiles pour identifier les situations-types actuelles et expliquer la distribution spatiale actuelle du sol et de la végétation.

Mots clés : zone alluviale, sol alluvial, SIG, endiguement, reconstitution historique, Suisse.

Abstract

We compare two methodological approaches with the aim to understand the effects of embankments on soil and vegetation spatial distribution along an alpine river. Modifications will be explained by comparing present conditions (soil, vegetation, geomorphological position) with different situations in the past. Two complementary approaches are being used : first, traditional photo-interpretation allow us to describe variations along the alluvial plain. Second, a GIS enables us to make maps showing the changes in the land use (qualitatively and quantitatively) in time. These maps are useful to identify the current typical situations and to explain the present spatial distribution of soil and vegetation.

Key-words : flood plain, alluvial soil, GIS, embanking, historical reconstitution, Switzerland.

INTRODUCTION

Les écosystèmes alluviaux européens, menacés de disparition, sont caractérisés par une grande complexité et diversité biologique dépassant généralement celles des autres milieux des régions tempérées (Yon et Tendron, 1981). Par ailleurs, leur intérêt économique fait que leur degré d'anthropisation est élevé. Il en résulte une destruction des milieux humides et leur remplacement progressif par des écosystèmes terrestres moins diversifiés.

Pour garantir la sauvegarde de ces milieux, un premier pas a été franchi en 1982 par le Conseil de l'Europe, qui a demandé à ses états-membres de recenser leurs zones alluviales, dans un but de conservation et de protection, voire même de restauration

* EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), Rua Jardim Botânico 1024, 22.460-000, Rio de Janeiro-RJ (Brésil)

° IATE-Pédologie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne (Suisse)

† Institut de Géographie, Université de Lausanne, 1015 Lausanne (Suisse)

^ IATE-Pédologie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne (Suisse)

(Conseil de l'Europe, 1982). Suite à cette requête, la Suisse a été le premier pays à établir un inventaire de ses zones alluviales (0,25 % de la surface du territoire) (Kuhn et Amiet, 1988) et à en cartographier la végétation. Enfin, depuis 1992, une Ordonnance fédérale régit la protection des sites considérés d'importance nationale (Conseil Fédéral Suisse, 1992).

En Suisse, l'atteinte la plus fréquente observée sur l'ensemble des sites d'importance nationale est l'endiguement (59 % des sites) (Gallandat *et al.*, 1993). Cette atteinte modifie la dynamique fluviale et entraîne des changements au niveau du sol et de la végétation (Bureau *et al.*, 1995; Mendonça Santos *et al.*, 1997). L'objet de cet article est la confrontation de deux approches méthodologiques permettant d'explicitier la répartition spatiale actuelle des sols et de la végétation dans une zone alluviale endiguée. La première approche fait appel à la photo-interprétation traditionnelle, la seconde à un Système d'Information Géographique (S.I.G.).

PRÉSENTATION DU SITE

Les données générales

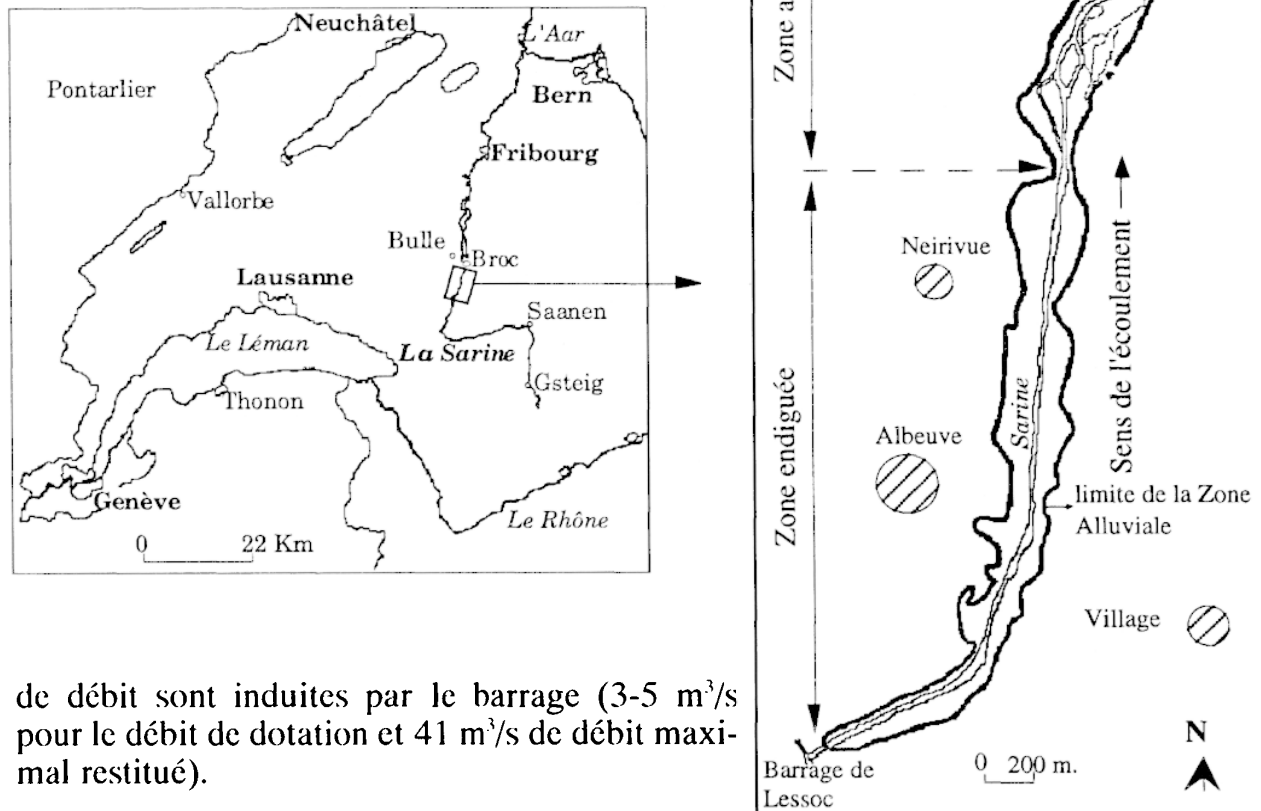
L'étude porte sur le site d'importance nationale n° 66 – Les Auges de Neirivue – à l'aval du barrage de Lessoc, dans les Préalpes fribourgeoises, à une altitude d'environ 750 m. Le site étudié se restreint à la zone endiguée (fig. 1). D'après les données météorologiques de la station de Broc, située à proximité du site, le climat est préalpin, avec des précipitations annuelles moyennes de 1200 mm; la température annuelle moyenne est de 7,1 °C, avec un minimum de 2,7 °C en janvier et un maximum de 16,5 °C en juillet (Fallot, 1991). Le bassin versant est essentiellement constitué de roches à dominante calcaire, ainsi que de marnes et de flysch (Gétaz, 1977). Selon la carte de J. D. Gallandat *et al.* (1993), l'unité de végétation dominante porte le n° 16 : « autres forêts, manteaux et groupements arbustifs ». Cette unité inclut toutes les formations arborescentes ou arbustives qui n'ont pas pu être identifiées lors de la cartographie de la végétation. Dans le cas présent, il s'agit essentiellement de forêts dominées par des espèces non typiquement alluviales comme le hêtre et l'épicéa.

Les aménagements hydrauliques

Le cours de la Sarine a été systématiquement endigué entre 1910 et 1920 pour garantir la protection des zones riveraines contre les inondations lors des crues. Ces travaux ont consisté en la construction de gabions métalliques, dans le sens transversal puis longitudinal de la rivière, accompagnée de la rectification du cours (lit de 30 à 45 m de largeur et pente longitudinale moyenne variant entre 5 et 7‰) (Gétaz, 1977). Ces aménagements ont augmenté la capacité érosive de la rivière et provoqué l'enfoncement du lit de 1 à 3 mètres (Gétaz, 1977; Bureau *et al.*, 1994; Bureau, 1995). De plus, deux ouvrages hydroélectriques ont été construits en amont du site (barrages de Rossinière et de Lessoc) et fonctionnent respectivement depuis 1972 et 1973. Suite à ces aménagements, le régime de la Sarine s'est modifié : à l'origine le débit annuel moyen était de 23,7 m³/s (moyenne de 60 ans), avec un maximum de 43,8 m³/s en mai et un minimum de 12,4 m³/s en janvier) (Gétaz, 1977), le plus fort débit de pointe (480 m³/s) a été enregistré en septembre 1940. Actuellement les variations journalières

Fig. 1 – Localisation du site d'étude

Fig. 1 – Geographical location of the study site



de débit sont induites par le barrage (3-5 m³/s pour le débit de dotation et 41 m³/s de débit maximal restitué).

DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La répartition spatiale actuelle du sol et de la végétation est explicitée à l'aide d'une reconstitution historique du paysage. Cette approche diachronique est primordiale pour mieux cerner l'évolution des zones alluviales, écosystèmes à dynamique rapide et souvent anthropisés (Girel, 1991 ; Girel, 1991b ; Girel, 1994 ; Pautou, 1988). Dans le cadre de ce travail, deux méthodes de reconstitution historique ont été employées (fig. 2) : la première traditionnelle, est basée sur la photo-interprétation manuelle et la seconde fait appel à un Système d'Information Géographique (S.I.G.). Dans les deux cas, deux étapes successives sont essentielles : 1) établissement de cartes d'occupation du sol pour plusieurs dates clés, 2) identification et caractérisation des situations types indiquant des zones stables ou avec des changements importants au niveau hydrologique essentiellement ; ces deux étapes permettent d'explicitier la répartition spatiale actuelle des sols et de la végétation, par l'extrapolation ou la spatialisation. Nous confronterons ces deux méthodes et dégagerons leurs avantages et inconvénients respectifs.

MÉTHODES

Les documents à disposition sont les suivants : plan des aménagements de 1918 (échelle 1: 2 000), photos aériennes noir et blanc de 1930, 1955 et 1992, carte de la végétation actuelle (échelle 1:10 000) (Gallandat *et al.*, 1993). Ces documents sont

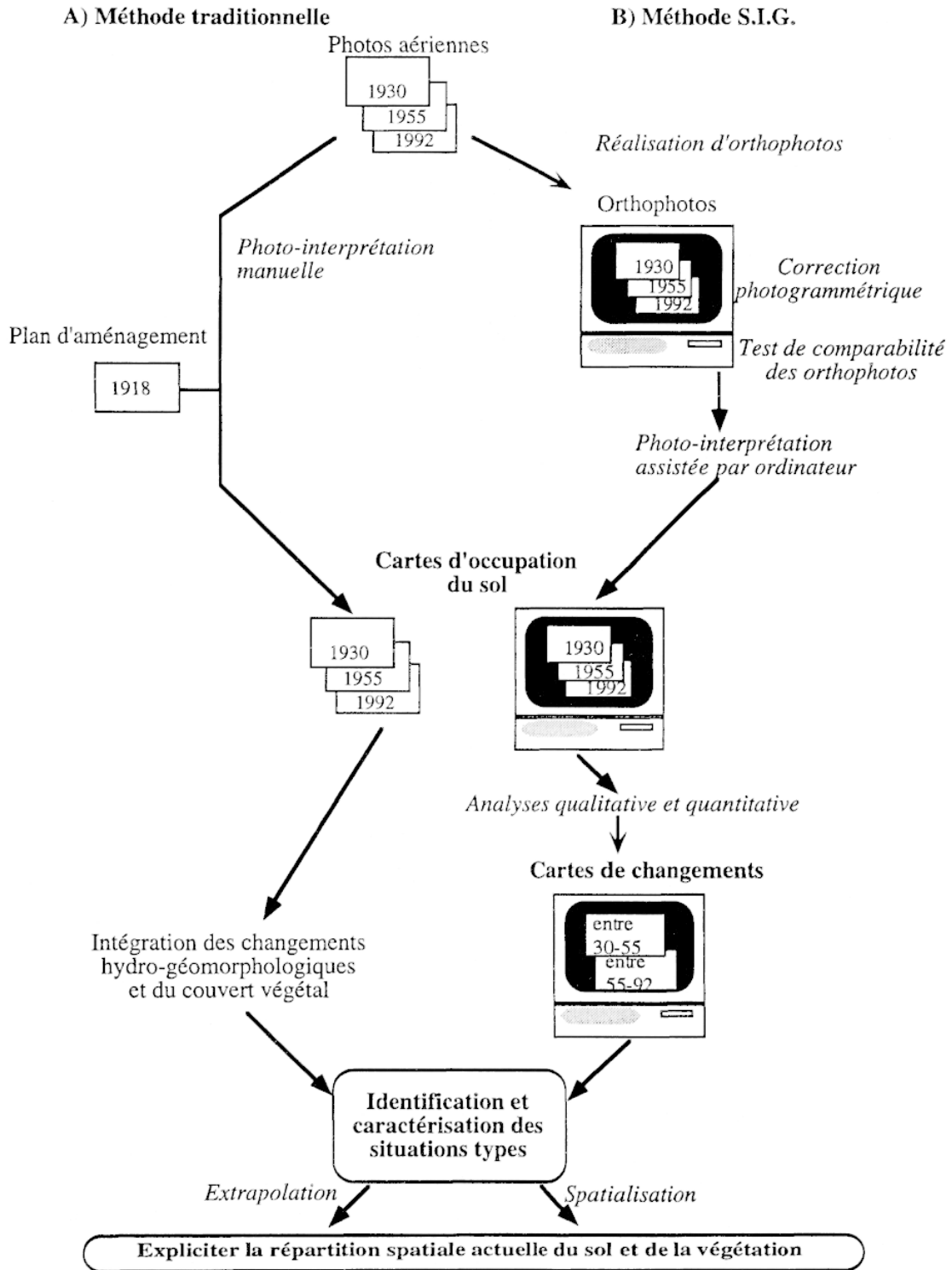


Fig. 2 – Schéma de la démarche méthodologique Fig. 2 – Schema of the methodological approach

complémentaires mais leur précision n'est pas la même du fait de leur échelle. Les données concernant les sols sont issues de la description, la caractérisation et les analyses physico-chimiques classiques de 8 fosses pédologiques.

Traitement des données

Méthode traditionnelle

Le mode d'occupation du sol est cartographié par photo-interprétation manuelle et l'analyse visuelle de cartes et plan d'aménagement pour quelques dates clés : 1918 : date de l'endiguement ; 1930 et 1955 : états consécutifs à l'endiguement ; 1992 : état actuel. Les changements du mode d'occupation sont déduits de la comparaison visuelle de cette série de cartes et plan. Ensuite, des situations types qui représentent différents cas d'évolution historique ont été identifiées. Ces situations types sont le reflet des modifications au cours du temps des conditions stationnelles (géomorphologique, topographique, hydrologique, pédologique, nature du couvert végétal).

Méthode S.I.G.

L'emploi d'un S.I.G. nécessite, au préalable, la numérisation des données. Dans le cas présent, les photos aériennes ont été transformées en orthophotos sur une station INTERGRAPH, avec une précision de quatre mètres. Une régression linéaire permet de vérifier si les orthophotos sont statistiquement comparables. A ce niveau, certaines distorsions photogrammétriques peuvent être corrigées.

Pour la reconstitution historique, ces orthophotos ont été interprétées et analysées avec un système de traitement d'image (Eastman, 1992). Pour chaque date on obtient des cartes d'occupation du sol par la voie de la digitalisation des vecteurs et leur transformation ultérieure en image *raster*. A partir de ces cartes, deux techniques d'analyses de changements dans l'espace et le temps, de nature complémentaire, peuvent être réalisées : l'analyse quantitative et l'analyse qualitative. Ces analyses permettent de : 1) mettre en évidence les changements du milieu entre deux dates, 2) séparer, à l'aide de tests statistiques les changements significatifs de ceux dus à la variation normale, 3) connaître la dynamique et la qualité des changements dans le temps et l'espace.

L'analyse quantitative fait appel à la technique de soustraction d'images ou *image differencing*. L'image résultante a été ensuite traitée à l'aide de tests statistiques basés sur la déviation standard, afin d'établir les vrais changements du milieu.

L'analyse qualitative (classification croisée ou *crossclassification*) aboutit à l'établissement de cartes de changement. Cette technique compare toutes les classes présentes dans les deux images, permettant ainsi, de visualiser sur l'image résultante les changements survenus dans chaque classe d'occupation du sol entre les deux dates d'observation. En ce qui concerne spécifiquement ces analyses spatio-temporelles, les S.I.G. sont largement utilisés pour la détection des changements quantitatifs et qualitatifs (Girard et Girard, 1989 ; Mendonça Santos et Brown, 1992 ; Mendonça Santos, 1995 ; Rock *et al.*, 1986 ; Waring *et al.*, 1986). Cependant, cette technique d'analyse n'est pas encore bien développée (Singh, 1989) et présente des limites (Eastman et Mc Kendry, 1991). Ses limites rencontrées dans le cadre de ce travail, seront évoquées ultérieurement.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Méthode traditionnelle

La figure 3 illustre les cartes d'occupation des sols pour quelques dates. Par photo-interprétation, 4 classes ont été identifiées (eau, sédiments nus, sédiments colonisés par une végétation peu dense, végétation dense). Ce nombre limité de classes est lié à la médiocre qualité des photos aériennes les plus anciennes, dans le cas présent celles de 1930. La délimitation des unités est uniquement visuelle et dépend de l'appréciation subjective du photo-interpréteur.

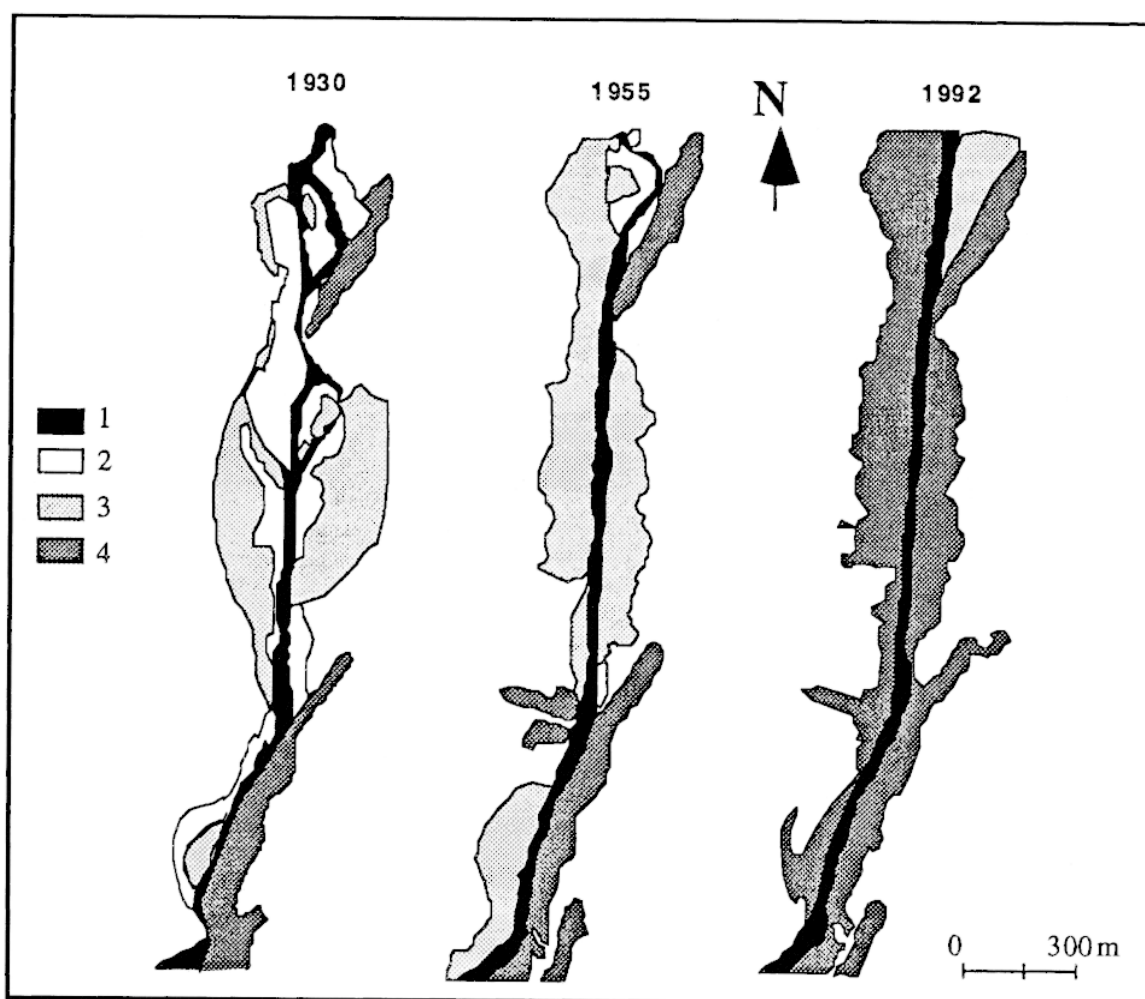


Fig. 3 – Cartes d'occupation du sol pour 1930, 1955 et 1992. 1 : eau ; 2 : sédiments nus ; 3 : végétation peu dense ; 4 : végétation dense.

Fig. 3 – Land use maps of 1930, 1955 and 1992. 1 : water ; 2 : gravel deposits ; 3 : sparse vegetation ; 4 : dense vegetation.

La synthèse cognitive de ces cartes permet d'identifier 4 situations types (tab. 1). En a) nous avons indiqué la situation géomorphologique à trois époques différentes, en b) le mode d'occupation du sol. Pour 1992, suit encore une indication sur le type de sol, dont la nomenclature fait appel au Référentiel Pédologique (A.F.E.S., 1992).

Situations types	1918 ou 1930	1955	1992
1	a) Zone exhaussée, rive droite	a) Ilot	a) Zone exhaussée, sur la rive gauche (3 mètres au-dessus de la plaine)
	b) Boisé	b) Boisé	b) Boisé (unité 16) Fluvisol calcaire humifère peu profond (env. 10 cm)
2	a) Zone d'inondation du lit majeur	a) Zone éloignée de la rive (de 80 à 200 mètres)	a) Zone éloignée de la rive (de 80 à 200 mètres)
	b) Prairie	b) Prairie	b) Prairie (unité 20) Fluvisol calcaire à tendance brunifiée (22 % d'argiles)
3	a) Zone située derrière des gabions (< 50 mètres)	a) Zone située derrière des gabions (< 50 mètres)	a) Zone située derrière des gabions (< 50 mètres)
	b) Boisé	b) Boisé	b) Boisé (unité 16) Fluvisol calcaire polyphasé profond (> 80 cm)
4	a) Zone de tressage fonctionnelle	a) Rive endiguée	a) Rive endiguée
	b) Mosaïque de sédiments nus et colonisés	b) Boisé	b) Boisé (unité 16) Mosaïque de Fluvisols calcaires de profondeurs différentes (de 25 à 80 cm)

Tab. 1 – Description des situations types

Tab. 1 – Description of the typical situations

L'interprétation des données historiques fait ressortir deux grands types de situations. Les deux premiers cas traduisent une évolution en milieu stable; en effet, ces zones sont soustraites à la dynamique fluviale, l'une par sa position topographique plus élevée (1), l'autre par son éloignement par rapport à la rive (2). Par contre, les deux derniers cas montrent des changements liés à une situation d'instabilité : la situation 3 résulte de la modification de la sédimentation suite à l'endiguement (piégeage sélectif d'alluvions), alors que la situation 4 exprime l'effet de divagations du cours antérieures à l'endiguement (sédiments entrecroisés).

Méthode S.I.G.

Lors de l'établissement des cartes d'occupation du sol, assistées par ordinateur, cinq classes ont été identifiées : eau, sédiment nu, sédiment colonisé, végétation peu dense,

végétation dense. Leur délimitation spatiale est précise (résolution de 4 m), en raison de la précision initiale des orthophotos.

L'image résultante de l'analyse qualitative (classification croisée) des cartes d'occupation du sol, permet de visualiser les changements d'une classe d'occupation du sol à l'autre dans le temps (fig. 4). Les classes du mode d'occupation du sol correspondantes à chaque chiffre sont expliquées dans la légende. La légende numérique à droite de la figure se lit de la manière suivante : l'égalité ou l'inégalité des chiffres signifie respectivement l'absence ou la présence de changement de classe d'occupation du sol entre les deux dates mentionnées dans le titre. Par exemple, le code 2:1 signifie que la zone correspondante était occupée par des sédiments nus en 1955 et par l'eau en 1992.

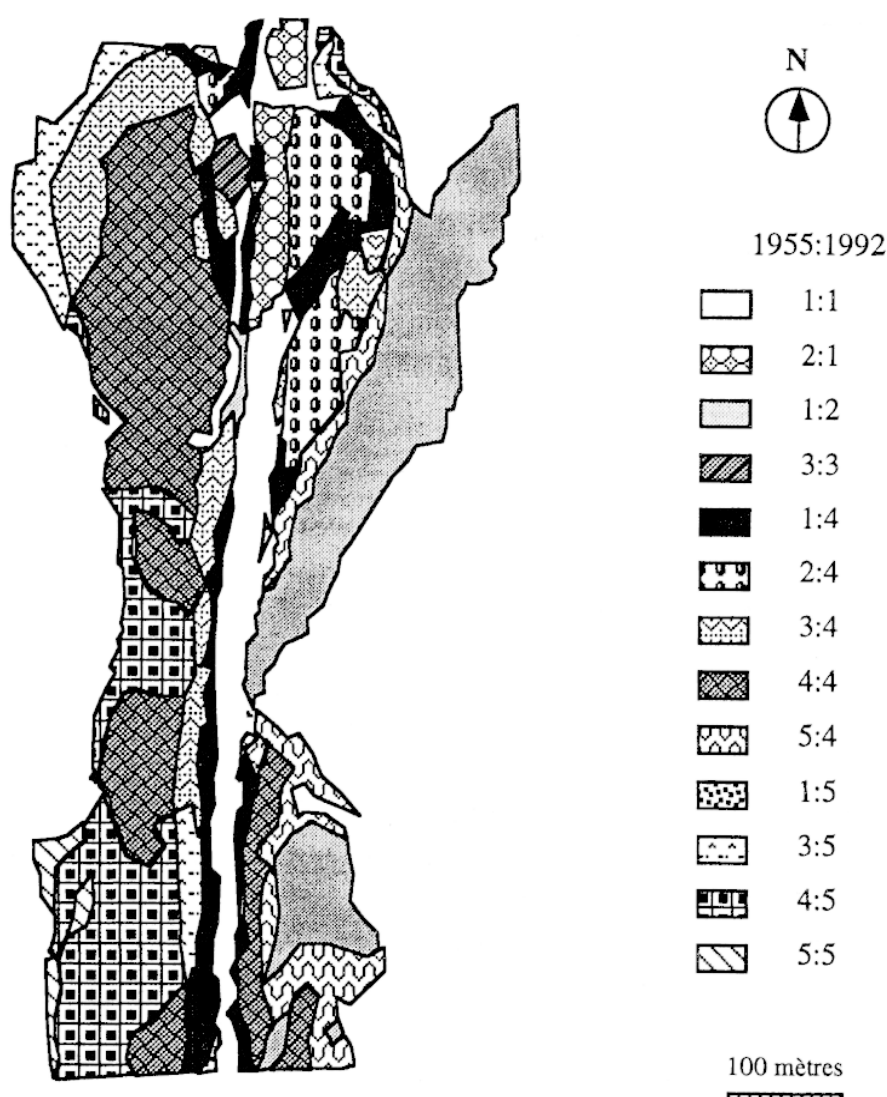


Fig. 4 – Carte des changements (classification croisée) entre 1955 et 1992. 1 : eau; 2 : sédiments nus; 3 : sédiments colonisés; 4 : végétation peu dense; 5 : végétation dense.

Fig. 4 – Change map (cross classification) between 1955 and 1992. 1 : water; 2 : gravel deposits; 3 : vegetated gravels; 4 : sparse vegetation; 5 : dense vegetation.

Cette méthode permet d'intégrer deux notions, une spatiale et une temporelle. Au niveau spatial on peut délimiter et quantifier avec précision les surfaces affectées par les changements. Au niveau temporel, les entités spatiales peuvent être suivies au cours du temps. Par ailleurs, il est, à ce stade, également possible d'identifier et localiser précisément des situations types. Dans le cas présent, nous n'avons pas exploité cette possibilité.

Intérêt des deux méthodes

Les deux méthodes de reconstitution historique permettent toutes deux d'établir des cartes d'occupation du sol. Cependant la qualité de ces cartes n'est pas la même. Le recours à un S.I.G. facilite la reconstitution historique (Burrough, 1986 ; Delcros, 1993) et permet d'obtenir des cartes de meilleure qualité et plus précises : le nombre d'unités identifiables est plus important, la séparation entre les unités moins subjective et la délimitation spatiale des unités est plus précise. Cependant, ces deux méthodes restent tributaires de la qualité initiale des documents et notamment des photos aériennes.

De plus, l'outil S.I.G. offre d'autres possibilités pour exploiter ces cartes d'occupation du sol. Il permet notamment d'identifier les vrais changements par rapport à ceux qui sont aléatoires et de produire des cartes synthétiques de changements du mode d'occupation du sol. L'emploi d'un S.I.G. impose des contraintes qui peuvent être limitantes ; par exemple, pour ce type d'analyse, toutes les images doivent posséder les mêmes paramètres : nombre de colonnes et de lignes ainsi que position géographique et résolution spatiale.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les deux approches, méthode traditionnelle et Système d'Information Géographique, sont, dans l'état actuel de notre recherche, complémentaires. En particulier, l'expérience acquise avec la méthode traditionnelle peut faciliter l'interprétation des résultats obtenus de manière automatique. En ce qui concerne le S.I.G., il permet également de gérer, rapidement et de manière fiable, une importante quantité de données. Cette méthode peut être un appui pour expliciter les situations types : ce système géographique permet de localiser avec précision les points sur divers types de documents. Les situations types ponctuelles peuvent être extrapolées avec plus de fiabilité, grâce à la carte des changements. De plus, l'analyse quantitative permet de séparer les vrais changements du mode d'occupation du sol de ceux dus à des variations normales dans le paysage ; l'approche classique n'est par contre qu'une simple comparaison visuelle de deux documents et n'offre aucune garantie statistique. Dans l'état actuel de nos recherches, le S.I.G. n'est qu'un préambule à l'interprétation des situations types mais il offre des perspectives intéressantes. Par exemple, l'emploi d'un S.I.G. facilite le stockage des données spatiales sous forme digitale, à l'origine d'une base de données spatio-temporelles. Ces données, facilement accessibles peuvent être transformées, analysées et manipulées de manière interactive. Par ailleurs, cela permet le développement des modèles prévisionnels d'évolution en vue de la gestion et le monitoring des écosystèmes alluviaux.

Remerciements

Nous remercions l'EMBRAPA/CNPS-Brésil, le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, et Nestec S.A. pour leur soutien financier.

Références

- A.F.E.S. (1992) – *Référentiel pédologique : principaux sols d'Europe*. Paris, Ed. INRA. 222 p.
Bureau F. (1995) – *Évolution et fonctionnement des sols en milieu alluvial peu anthropisé*. Thèse de Doctorat, Département de Génie Rural, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 126p. + annexes.
Bureau F., Guenat C., Huber K., Védy J.-C. (1994) – Dynamique des sols et de la végétation en milieu alluvial carbonaté : exemple du cours supérieur de la Sarine. *Ecologie*, 25, 4, 217-230.

- Bureau F., Guenat C., Thomas C., Védy J.-C. (1995)** – Human impacts on alluvial flood plain stretches : effects on soils and soil-vegetation relations. *Archiv für Hydrobiologie*, 9, 3/4, 147-161.
- Burrough P.A. (1986)** – *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, 194 p.
- Conseil de l'Europe (1982)** – *Recommandation n° R (82) 12 aux états membres relative aux forêts alluviales en Europe*. 2p.
- Conseil Fédéral Suisse (1992)** – Ordonnance sur la protection des zones alluviales d'importance nationale (Ordonnance sur les zones alluviales) du 28.10.1992, *Recueil officiel des lois fédérales*, Berne, 13 p.
- Delcros P. (1993)** – *Ecologie du paysage et dynamique végétale post-culturale en zone de montagne*, Laboratoire de Biologie Végétale. Université Joseph Fourier, Grenoble, 334 p.
- Eastman J.-R. (1992)** – *Idrisi – technical reference and user's manuals*. Worcester, Massachusetts, Clark university graduate school of geography.
- Eastman J.-R., Mc Kendry J.E. (1991)** – *Explorations in geographic information systems technology – change and time series analysis*. Worcester, Massachusetts, Clark University graduate school of geography. 86 p.
- Fallot J.-M. (1991)** – *Etude de la ventilation d'une grande vallée préalpine suisse : la vallée de la Sarine en Gruyère*. Thèse Doctorat ès Sciences Naturelles, Institut de Géographie. Université de Fribourg (Suisse), 57-70.
- Gallandat J.-D., Gobat J.-M., Roulier C. (1993)** – *Cartographie des zones alluviales d'importance nationale*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 116 p.
- Gétaz H. (1977)** – *1877-1977 : Protection contre les crues en Suisse – 100 ans de loi fédérale sur la police des eaux*. Service fédéral des routes et des digues Berne, 93-97.
- Girard M.C., Girard C.M. (1989)** – *Téledétection appliquée, zones tempérées et intertropicales*. Paris, Masson. 259 p.
- Girel J. (1991)** – Aménagements anciens et incidences sur la végétation actuelle : l'Isère et la Combe de Savoie entre Albertville et Montmelian. *116^e congrès national des Sociétés Savantes*, Chambéry, C.T.H.S., Paris, 147-160.
- Girel J. (1991b)** – Aménagements anciens et récents. Incidences sur l'écologie d'un corridor fluvial : la Leysse dans le bassin chambérien. *Rev. Ecol. Alp. Grenoble*, I, 81-95.
- Girel J. (1994)** – Les aménagements du XIX^e siècle dans les basses vallées de la Durance et du Var (France) – impacts sur l'écologie du paysage. Actes du Colloque *Aménagements et gestion des grandes rivières méditerranéennes*, Avignon, 1993, 37-42.
- Kuhn N., Amiet R. (1988)** – *Inventaire des zones alluviales d'importance nationale*, Berne, Département fédéral de l'intérieur. 41 p.
- Mendonça Santos M.L. (1995)** – *L'impact des endiguements sur l'évolution des sols alluviaux – l'apport d'un S.I.G. pour l'étude des changements du paysage*. Mémoire de recherche 3^e Cycle en Sciences de l'Environnement, Lausanne-Suisse, EPFL-DGR. 72 p.
- Mendonça Santos M.L., Brown I.F. (1992)** – Interpretação de imagens de satélite e de fotografias aéreas para o mapeamento e monitoramento do uso da terra em duas comunidades do Rio Capim – Paragominas-Para – Brasil. Anais do VII Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Curitiba-PR, Brasil.
- Mendonça Santos M.L., Guenat C., Thevoz C., Bureau F., Védy J.-C. (1997)** – Impacts of embanking on the soil-vegetation relationships in a floodplain of a pre-alpine river. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6, 339-348.
- Pautou G. (1988)** – Perturbations anthropiques et changements de végétation dans les systèmes fluviaux – l'organisation du paysage rhodanien entre Genève et Lyon. *Documents de cartographie Ecologique*, Grenoble, 31, 73-96.
- Rock B.N., Vogelmann J.E., Williams D.L., Vogelmann A.F., Hoshizaki T. (1986)** – Remote detection of forest damage. *Bioscience*, 36, 7, 439-445.
- Singh A. (1989)** – Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International journal of remote sensing*, 52, 2, 223-227.
- Waring R.H., Aber J.-D., Melillo J.-M., Moore III B. (1986)** – Precursors of change in terrestrial ecosystems. *Bioscience*, 36, 7, 433-437.
- Yon D., Tendron G. (1981)** – *Les forêts alluviales en Europe : élément du patrimoine naturel international*. 76 p.