

La cartographie des zones inondées : approche géomorphologique et enquêtes de terrain

PEETERS A., VAN CAMPENHOUT J.,
DONNAY F., MOLS J., SNIJDERS J.-P., PETIT F.
LABORATOIRE D'HYDROGRAPHIE ET DE GÉOMORPHOLOGIE FLUVIATILE (LHGF)
DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE - UNIVERSITÉ DE LIÈGE
ALLÉE DU 6 AOÛT, 2, BÂT. B11 - SART TILMAN
4000 LIÈGE

Introduction

Depuis avril 2002, la Région wallonne a fait appel au Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviale de l'Université de Liège afin de réaliser le volet «enquêtes de terrain» de la cartographie des zones inondées, par l'intermédiaire de trois conventions successives. Celle qui a pris cours en mars 2004 s'intègre dans le projet global du plan P.L.U.I.E.S. Le projet est financé par le biais d'une subvention accordée au centre Crescendeau, approuvée par le Gouvernement wallon le 22 mai 2003.

Cette convention «Crescendeau» s'articule ainsi sur trois volets, à savoir le volet «enquêtes de terrain», le volet «modélisation hydraulique» et les calculs statistiques, ainsi que le volet «méthode hydro-pédologique». Ces volets étant réalisés par des équipes universitaires de Gembloux et de Liège.

Objectifs

Le volet «enquêtes de terrain» consiste en une collecte la plus exhaustive possible d'informations concernant les inondations «historiques» dans des bassins hydrographiques donnés. Il a été convenu que la période d'étude remontait à environ 20 - 25 ans, une période qui semble réaliste quant aux capacités de mémorisation des événements anciens par la population et par les différents gestionnaires des cours d'eau. L'objectif final de cette étude est de fournir un atlas digital sur CD ainsi qu'un autre sous forme papier. Cet atlas reprend, pour chaque site, une carte où le type d'inondations est représenté et une autre carte où la fréquence des inondations est cartographiée. La version numérique dispose, quant à elle, d'un accès à une base de données conservant toutes les caractéristiques des zones inondées définies par l'étude. La visualisation cartographique et attributaire s'effectue par le biais d'une interface SIG (Système d'Information Géographique).

Méthodologie : les sources de l'étude

La méthodologie comporte trois étapes (Figure 1). La première consiste en une vaste campagne de terrain au cours de laquelle est récolté un maximum d'informations. La seconde étape comprend l'encodage et la digitalisation des données relevées sur le terrain ainsi que la phase d'affinage des résultats cartographiques. La dernière étape correspond à la finalisation de l'atlas papier, du projet SIG interactif sur CD et des fiches communales.

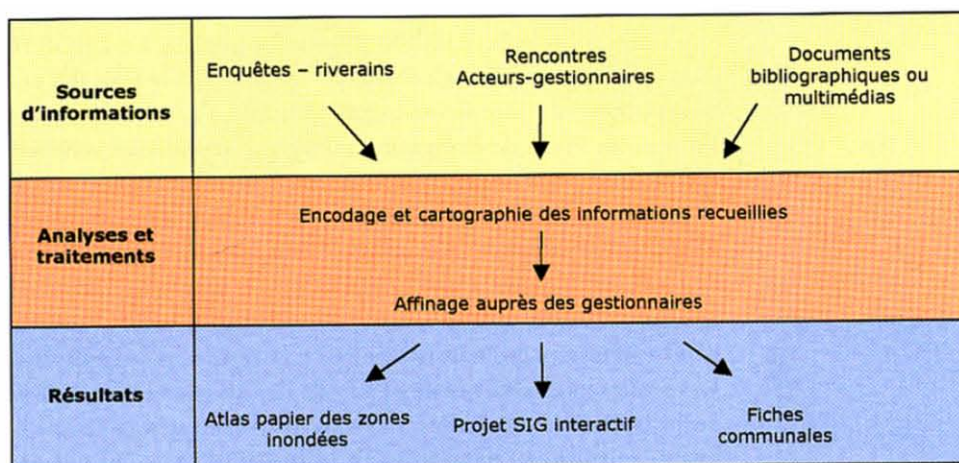


Figure 1 • L'approche méthodologique du volet «Enquêtes de Terrain»

Notre méthodologie a été améliorée au fil du temps pour répondre aux besoins du service qui coordonne l'ensemble des données dont celles issues des deux autres volets. Elle se base sur les nombreuses études françaises traitant de la réalisation des cartes des zones inondables en France. En effet, des travaux de même nature ont débuté dans ce pays dès 1984, suite aux inondations exceptionnelles qui ont touché le Midi à partir de 1988 (crue des cadereaux de Nîmes, le 3 octobre 1988). Une approche géomorphologique a été mise en œuvre pour réaliser la cartographie des zones inondées. Les repères géomorphologiques relevés sur le terrain (présence de basses terrasses, talus en plaine alluviale, remblais naturels ou anthropiques, ...) permettent d'accroître la précision des limites de zones inondées sur base des informations fournies par les enquêtes de terrain. Lorsque cela est possible, c'est-à-dire en dehors des zones urbanisées, les limites externes du lit majeur d'un cours d'eau sont identifiées ; elles constituent la courbe enveloppe des crues passées de ce cours d'eau (GARRY, 2002). Les indices géomorphologiques relevés sur le terrain permettent ainsi de compléter rapidement les enquêtes, essentiellement en zone rurale.

L'impact des constructions anthropiques sur la superficie des zones inondées est également apprécié, surtout dans les parcelles où les aménagements de berges (digues, canaux, ...) renforcent l'aspect «psychologique» de la protection. Ces équipements peuvent devenir partiellement inefficaces en cas de crue exceptionnelle (formation d'embâcles au niveau des aménagements anthropiques, rupture de digue, ...). La dynamique des crues varie d'un événement à l'autre, notamment à cause des embâcles de corps flottants (arbres morts ou vifs, poutres, déchets, ...) qui peuvent survenir à l'endroit des ponts trop étroits ou trop bas, ou dans les resserrements du lit de plein-bord, ou même

suite au développement des constructions (bâtiments, clôtures, ...) qui entravent l'écoulement de l'eau (LAMBERT, 1995). Ces phénomènes locaux ne peuvent être appréhendés que par des enquêtes auprès des riverains. Les simulations d'inondation ne sont pas en mesure de prévoir la localisation de ces obstacles et leur impact sur les débordements.

Les cartes des zones inondées sont réalisées à l'échelle du 1/10.000^{ème}, soit celle de la carte de base de l'Institut Géographique National et des plans de secteur. C'est aussi celle qui convient le mieux à l'usage sur le terrain, à l'encodage et à la réalisation des cartes. La nouvelle édition des cartes IGN est utilisée pour l'ensemble des planchettes disponibles au moment de l'étude. En cas d'absence de celle-ci, c'est l'ancienne version des cartes à l'échelle 1/10.000^{ème} qui est exploitée. Le LHGF (Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviale) apporte, par le biais des enquêtes, les informations nécessaires pour fournir une carte détaillée à cette échelle. Il y a lieu de noter qu'en France, les Plans de Prévention du Risque Inondation sont réalisés au 1/25.000^{ème}, ce qui requiert une densité d'informations nettement moins importante.

A la différence de la méthodologie de base, les analyses stéréoscopiques des photographies aériennes ne sont pas utilisées pour identifier les aspects hydrogéomorphologiques de la plaine alluviale. Cette composante est appréciée directement sur le terrain car les rivières et fleuves wallons sont d'une taille relativement modeste par rapport aux larges plaines alluviales des fleuves français. Les repères géomorphologiques n'apparaissent dès lors pas toujours clairement à l'échelle des photographies aériennes. Cependant, afin de positionner avec précision sur la carte les repères visualisés sur le terrain, les Plans Photographiques Numériques Communaux (PPNC) sont fréquemment utilisés.

BASSINS HYDROGRAPHIQUES ÉTUDIÉS

A ce jour, une grande partie de la cartographie de la Wallonie a été réalisée (Figure 2). Lors de la première convention passée entre l'ULg et la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE) (d'avril 2002 à avril 2003), les sous-bassins de la Gette et du Geer ont été prospectés. La deuxième convention (de mai 2003 à novembre 2004) a permis de réaliser la cartographie des affluents de l'Amblève, du bassin de la Gueule et des affluents de l'Ourthe navigable. La troisième convention (initialement prévue de mars 2004 à mars 2006), a porté sur les bassins suivants : Meuse aval (sans la Mehaigne), Sambre (excepté l'Orneau, la Thyria et le ruisseau de Fosses), l'Amblève et l'Ourthe navigables ainsi que la Dendre et la partie nord du bassin de la Haine. L'étude des bassins de l'Escaut et de la Senne est en cours ; les bassins de la Lys et de la Roer seront prospectés en 2006.

Il y a lieu de noter que les bassins et sous-bassins n'ayant pas fait l'objet d'investigations de notre part, ont été étudiés par d'autres équipes.

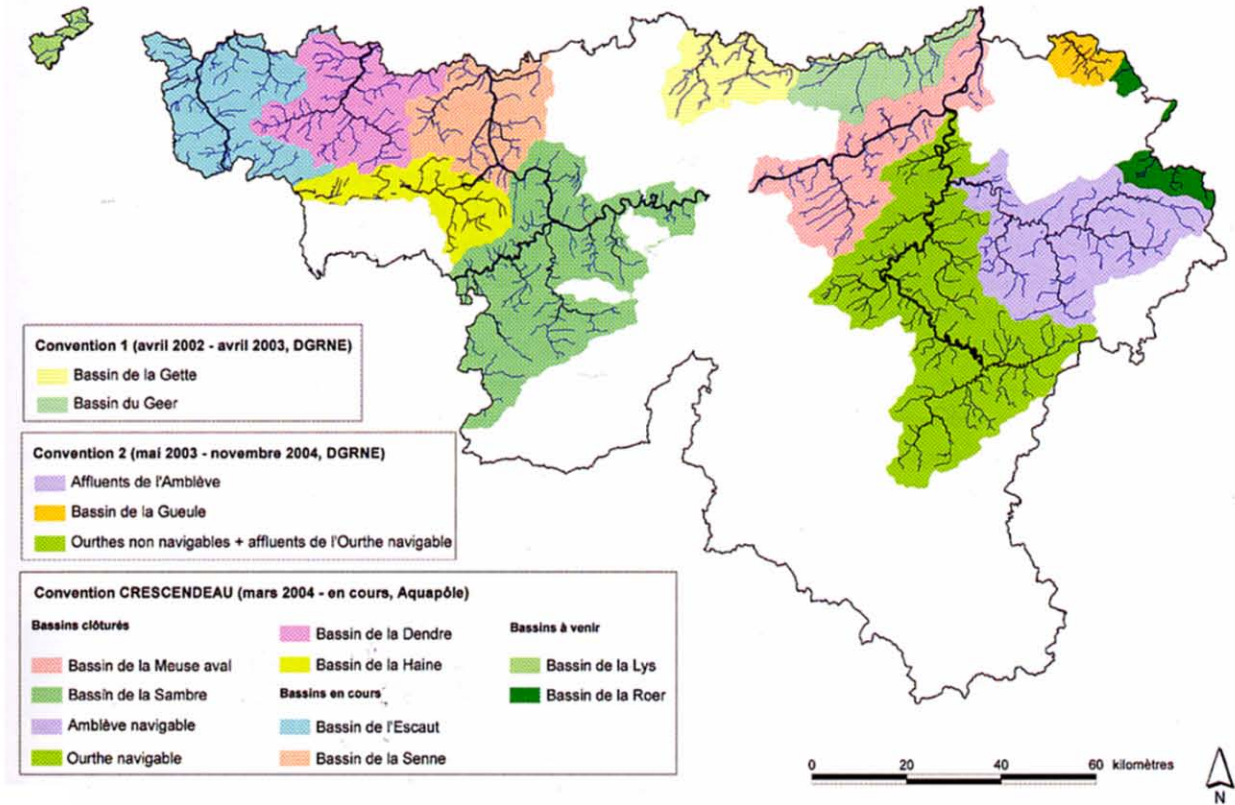


Figure 2 • Etat d'avancement de la cartographie des zones inondées (12/2005)

La méthodologie utilisée implique d'effectuer des enquêtes de terrain le long des cours d'eau navigables et des rivières et ruisseaux de 1^{ère} et 2^{ème} catégories (Figure 3). Les informations reçues auprès des gestionnaires ou des riverains concernant les ruisseaux de 3^{ème} catégorie ou les ruisseaux non classés sont également cartographiées mais, afin de réduire la durée de prospection, les enquêtes de contrôle n'y sont pas systématiquement réalisées.

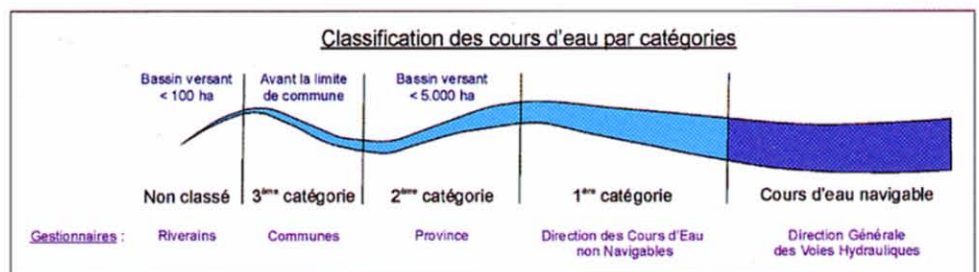


Figure 3 • Classification des cours d'eau par catégories
Adapté de : <http://www.province.luxembourg.be/equipement/dsteau.html>

ENQUÊTES DE TERRAIN : LA MÉMOIRE DES RIVERAINS

Avant de débiter le travail sur le terrain, le bassin versant étudié est divisé en un ensemble de canevas. Chacun d'entre eux est représenté par une planche au format A3 à l'échelle de 1/10.000^{ème}, ce qui représente sur le terrain un rectangle de 4 km sur 2,8 km. On s'assure de couvrir l'entièreté des plaines alluviales des cours d'eau navigables, de première et de deuxième catégories.

Dans un second temps, chaque canevas est étudié en détail. Les limites présumées des plaines d'inondation sont délimitées sur la carte ou appréhendées directement sur le terrain selon la configuration des lieux. Les habitations qui présentent la meilleure localisation, a priori, pour fournir des informations à propos des inondations sont présélectionnées. S'il existe un doute sur la précision des propos d'un riverain ou lorsque les habitants ne résident pas à proximité de l'endroit étudié depuis de nombreuses années, une ou plusieurs enquêtes sont réalisées dans le voisinage, quand cela est possible, pour recouper les informations obtenues. En cas d'absence des riverains lors des journées d'enquêtes, on essaie d'obtenir des informations auprès des habitations qui sont plus éloignées de la plaine alluviale présumée, jusqu'à ce que les renseignements soient suffisants pour établir une cartographie précise des inondations historiques (Figure 4).

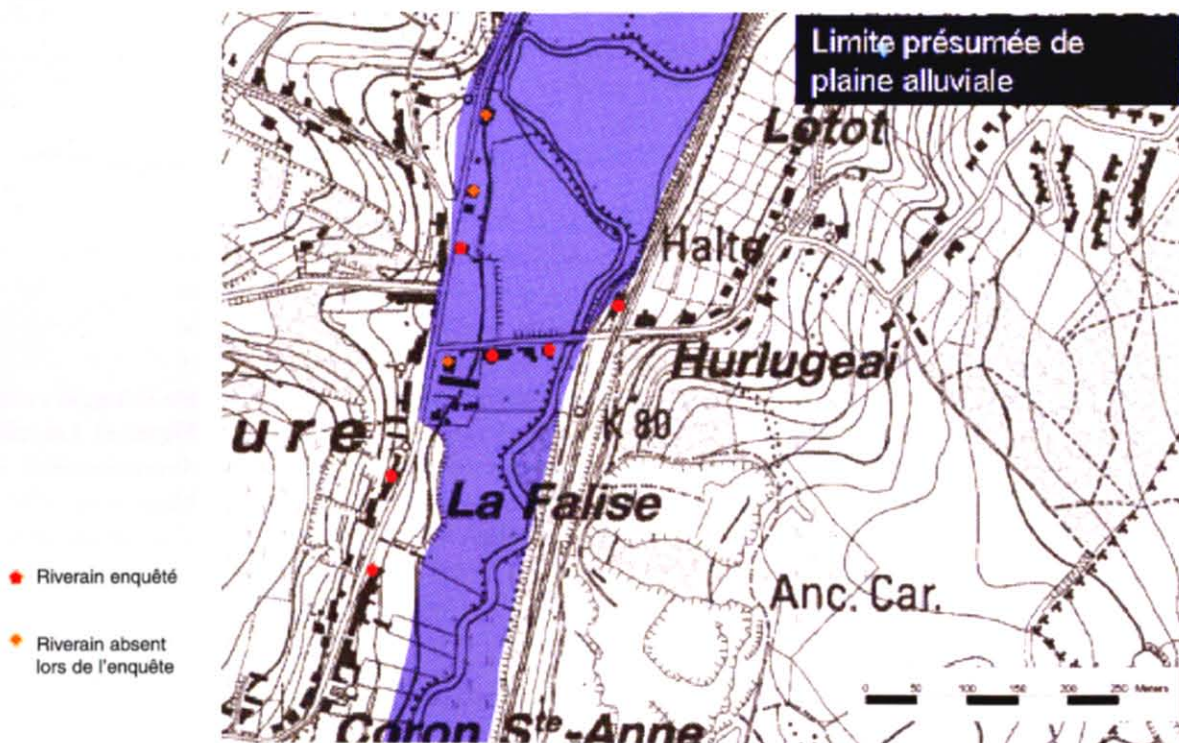


Figure 4 • Sélection des riverains à enquêter (exemple : Cour-sur-Heure, commune de Ham-sur-Heure-Nalinnes)

Lorsque ces données sont disponibles, les photographies aériennes effectuées en période d'inondations sont consultées. Les données existantes (rapports, travaux de fin d'études, ...) sont exploitées et un premier contact avec les gestionnaires permet, en général, de recueillir des documents photographiques ou cartographiques des crues débordantes ayant eu lieu dans le passé.

Les principales sources de données, les photos et les cartes relevant les inondations de ces vingt dernières années sont récupérées auprès des différents organes administratifs assurant la gestion des cours d'eau, à savoir : la Direction des Cours d'Eau non Navigables (DCENN), les agents de la Division Nature et Forêts (DNF), la Direction générale des Voies Hydrauliques (MET - D.G.2), les administrations communales, les Services Techniques Provinciaux (STP), les pompiers, les Contrats Rivières, le Fonds des Calamités, les piégeurs de rats musqués. Ainsi, plusieurs sources d'informations sont consultées de manière à obtenir les données les plus complètes et précises.

Les enquêtes sont effectuées sur base d'un formulaire que l'enquêteur remplit au fur et à mesure que les informations sont récoltées. Dans un premier temps, le questionnaire concerne l'habitation et le terrain du riverain pour lesquels un maximum de témoignages est obtenu, à savoir, les dates et les extensions des zones inondées, leur type, les niveaux d'eau atteints et la durée de la submersion. Cependant, tous ces renseignements ne sont pas toujours disponibles. En effet, on constate que les dates d'inondations sont moins précises lorsque les crues sont fréquentes. Au contraire, les informations sont généralement plus précises quand il n'y a eu qu'une seule inondation. Ensuite, le riverain est questionné au sujet d'autres zones qui ont été inondées à proximité de son lieu d'habitation. Les informations relatives aux dates d'inondation, aux différents types de terrains concernés (habitat, voirie, forêt, activité économique, ...) et à l'importance des dégâts occasionnés, sont ainsi enregistrées.

Il est impératif d'interroger les riverains profitant d'une large vue sur la plaine alluviale (ex. : des riverains habitant sur les crêtes ou sur les versants d'une vallée) ainsi que les agriculteurs possédant les terrains situés en plaine alluviale et hors agglomération. Ce sont en effet les personnes les plus à même de fournir des renseignements sur les zones inondées situées en plaine alluviale, en dehors des zones habitées.

SOURCES D'INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES PAR LEVÉS DE TERRAIN

Des photographies aériennes ou des campagnes de terrain effectuées en période de crue constituent des informations très utiles pour compléter et/ou confirmer la cartographie, notamment dans les secteurs où il existe peu de témoignages. Dans le meilleur des cas, la présence de laisses de crue confirme l'inondabilité des parcelles concernées (photo 1).

Si des inondations devaient se déclencher durant la période de la convention, des prises de vue aériennes seraient organisées en vue de couvrir les segments de cours d'eau pour lesquels les informations sont insuffisantes. Les plans de vol et l'hélicoptère permettant d'assurer les prises de vue dans de bonnes conditions sont prêts et opérationnels quelles que soient la date et l'heure de l'alerte de crue.



Photo n°1 • Photo prise à Méry le 22 décembre 1993 montrant une laisse de crue déposée lors du maximum de la crue de l'Ourthe LHGF (ULG), 1993

FONDEMENTS ET DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNIQUE DE CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDÉES

Les informations obtenues des riverains et des acteurs-gestionnaires sont ensuite encodées sous forme de tables au format Excel. La localisation des enquêtes et l'extension des zones inondées sont digitalisées à l'aide du logiciel «ArcView 3.2» d'ESRI(c). Les PPNC sont utilisés pour faciliter le repérage des habitations et la délimitation des zones à risque. A chacune des zones inondées sont attribués un type d'inondation (débordement, ruissellement, ...) et une fréquence de retour basée sur la période de référence.

A ce niveau, on établit une distinction entre d'une part quatre types d'inondations identifiables d'après les observations des riverains d'une part et d'autre part quatre classes de fréquence sur base du nombre des événements recensés.

Les types d'inondation retenus sont :

- le débordement de rivières (plan d'eau généralement à forte charge sédimentaire en suspension et animée d'un mouvement important) ;
- les remontées phréatiques (souvent caractérisées par une eau claire et stagnante) ;
- les refoulements d'égouts (sur la voirie ou via les canalisations des habitations) ;
- les ruissellements de versants (suite à de fortes précipitations sur des terrains agricoles nus par exemple).

Une légende est associée à cette première carte des types d'inondation (Figure 5).

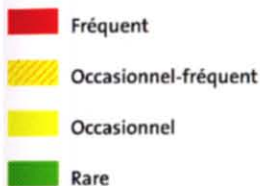


Figure 5 • Les quatre types d'inondations

Il est important de noter que les ruissellements de versants ne sont cartographiés que lorsqu'ils sont signalés par les riverains ou par les gestionnaires. L'exhaustivité du recensement des ruissellements n'est dès lors pas assurée, notamment sur les surfaces agricoles, en dehors du réseau hydrographique permanent. Cette information dépasse le cadre du projet. Cependant, l'information reçue est répertoriée en vue d'une éventuelle mise en valeur ultérieure. De la même manière, les remontées phréatiques sont souvent difficiles à distinguer des débordements, surtout lorsque les riverains ne disposent pas de photographies ou de vidéos sur lesquelles la turbidité de l'eau peut trahir son origine. En conséquence, l'exhaustivité absolue du recensement des remontées de nappe n'est pas garantie.

Les classes de fréquence d'inondation retenues sont :

- fréquent (à plus de 20 reprises sur 20 ans) ;
- occasionnel-fréquent (à plus de 7 reprises sur 20 ans) ;
- occasionnel (de 3 à 7 reprises sur 20 ans) ;
- rare (d'une à 2 reprises sur 20 ans).



Les quatre classes de fréquence

Une légende est associée à cette seconde carte des fréquences d'inondation (Figure 6).

En outre, afin d'enrichir la représentation cartographique, on utilise parfois différents symboles ponctuels ou linéaires pour mettre en évidence certains éléments comme la présence d'embâcles ou de remblais, mais aussi pour distinguer les tronçons de cours d'eau pour lesquels aucune information n'a pu être collectée, de ceux pour lesquels aucun problème majeur n'est à souligner.

AFFINAGE CARTOGRAPHIQUE

La phase appelée «affinage» consiste en une seconde consultation auprès des gestionnaires, afin de vérifier l'extension des zones inondées cartographiées ainsi que leur type et leur fréquence. La DCENN, les STP et la D.G.2 reçoivent alors une copie de l'atlas provisoire.

Les corrections transmises par ces services sont ensuite intégrées dans le SIG (Système d'Information Géographique). L'exemplaire final de l'atlas est alors imprimé et les données informatiques, sauvegardées.

EXEMPLES

Nous avons sélectionné deux exemples de manière à illustrer les cartes de zones inondées et à expliquer la méthode de réalisation de ces cartes. Les exemples choisis sont l'Ourthe à Hony-Méry (commune d'Esneux) et la Dendre à Deux-Acren (commune de Lessines). Les bassins hydrographiques de l'Ourthe et de la Dendre sont fort différents tant au niveau physique (géologie, géomorphologie, dynamique fluviale,...) qu'au niveau anthropique (affectation du sol, structure de l'habitat, taux d'urbanisation,...). C'est la raison pour laquelle, selon le bassin hydrographique étudié, notre méthode de travail est adaptée en fonction des caractéristiques évoquées ci-dessus ainsi que des données disponibles. Ces deux exemples mettent ainsi en évidence deux approches différentes.

L'Ourthe à Hony-Méry (commune d'Esneux)

Avec un bassin versant de près de 3500 km², l'Ourthe est le principal affluent de la Meuse. Son tronçon inférieur connaît de sérieux problèmes d'inondations du fait de la présence d'un habitat relativement dense installé en fond de vallée, notamment au niveau de certaines localités de la commune d'Esneux. La carte ci-dessous (figure 7) représente les zones inondées lors des vingt-cinq dernières années au niveau du méandre de Fêchereux.

Pour déterminer les zones inondées de l'Ourthe navigable, nous disposons de nombreux documents relatifs aux inondations, tels que des données de débits et de hauteurs d'eau, des photographies aériennes, des photographies de terrain, des cartographies d'anciennes inondations, des travaux de fin d'études..., ce qui a permis de réduire considérablement le nombre d'enquêtes à réaliser auprès des riverains.

Grâce aux photographies aériennes et aux photographies de terrain réalisées lors des crues de l'Ourthe, nous avons pu reporter sur une carte les zones inondées. Il faut cependant faire attention à la date et à l'heure de prise de vue du cliché. En effet, les photographies n'ont pas été nécessairement prises lors du maximum de la crue, correspondant à l'étendue maximale de l'inondation. Les valeurs de débits horaires enregistrées aux stations limnigraphiques nous permettent de savoir à quel moment de la crue la photo a été prise.

Par exemple, la photographie 2 permet de localiser les limites du débordement lors de la crue de décembre 1993, notamment au niveau des campings de Méry. Ce cliché permet également de distinguer les remontées phréatiques des débordements. En effet, nous remarquons que les maisons situées entre la voie ferrée et le talus de la route (en haut de la photographie) sont inondées par une eau relativement claire, résultant de la remontée de la nappe phréatique.

Les photographies de terrain (photo 3), permettent de bien visualiser la hauteur atteinte en période de crue. La photographie 4, prise du pont de Méry, montre que le quai des Pêcheurs, situé en rive droite, se trouvait également sous eau lors de la crue de décembre 1993. Enfin, les laisses de crues visibles sur la photographie 1 permettent de préciser l'étendue du débordement.

Une grande partie du village de Hony est régulièrement inondée (photo 5). Ce fut notamment le cas lors de la crue du 21 décembre 1993, dont la récurrence dépasse 25 ans. Cette crue très importante submergea partiellement la basse terrasse sur laquelle est située la ferme de l'Oneux (photo 6). Cette vue aérienne permet aussi de voir que le barrage de l'Oneux était presque en régime noyé. Notre visite sur le terrain nous a permis d'effectuer des relevés de hauteurs de submersion. Les hauteurs atteintes par la crue de 1993 ont globalement été inférieures à celles atteintes par la crue de 1925 pour la région d'Esneux-Tilff. Cependant, comme nous le voyons à la «maison du Passeur» (photo 7), la cote d'inondation atteinte lors de la crue de 1993 a localement dépassé la cote de la crue de 1925. Les laisses de crues déposées lors de la crue de 1993 à proximité de la «maison du Passeur» nous confirment bien cette observation. Ce constat est également valable pour le village de Hony. Selon Bernimolin (1993), «l'occupation du sol dans le lit majeur s'est modifiée, ce qui contribue à freiner le flux, donc à accroître au moins localement le niveau de l'eau dans la plaine alluviale et à aggraver ainsi l'importance des inondations. Par ailleurs, le remblaiement du canal de l'Ourthe a probablement eu lui aussi un impact sur la portée des inondations».

Parallèlement à l'interprétation des photographies des crues de l'Ourthe, nous avons réalisé des enquêtes auprès des riverains. Nous avons également consulté les différents organismes travaillant sur les cours d'eau concernés. Ces différentes informations recueillies nous ont permis de délimiter les zones d'inondation et de leur attribuer une fréquence (Figures 7 et 8).

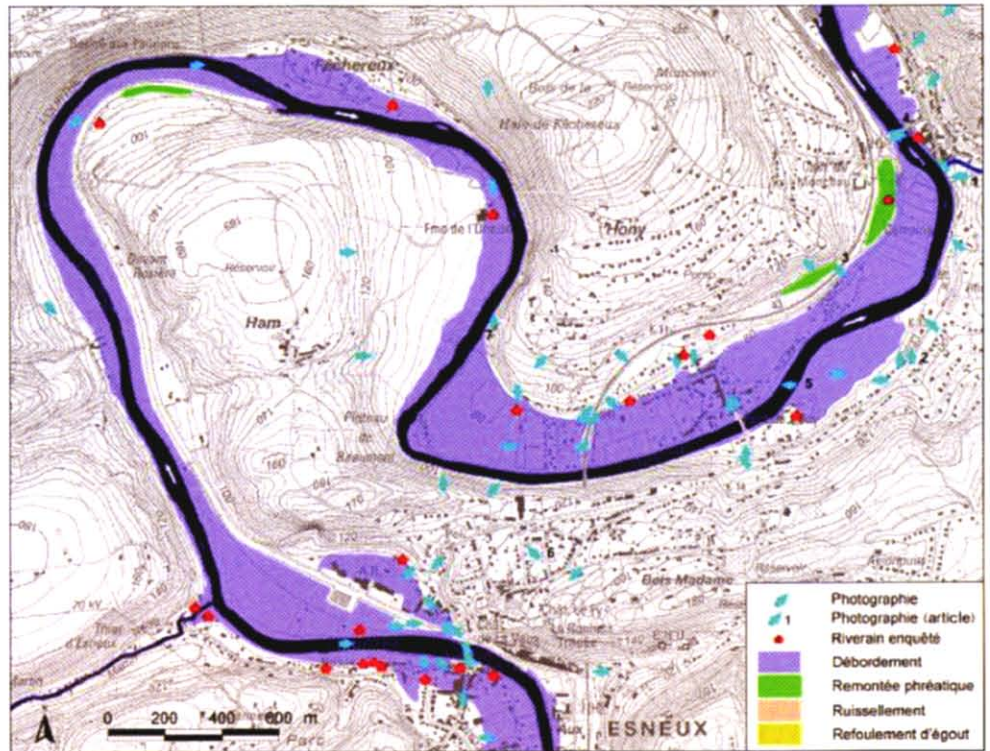


Figure 7 - Carte des types de zones inondées de l'Ourthe au méandre de Fêchereux (commune d'Esneux)

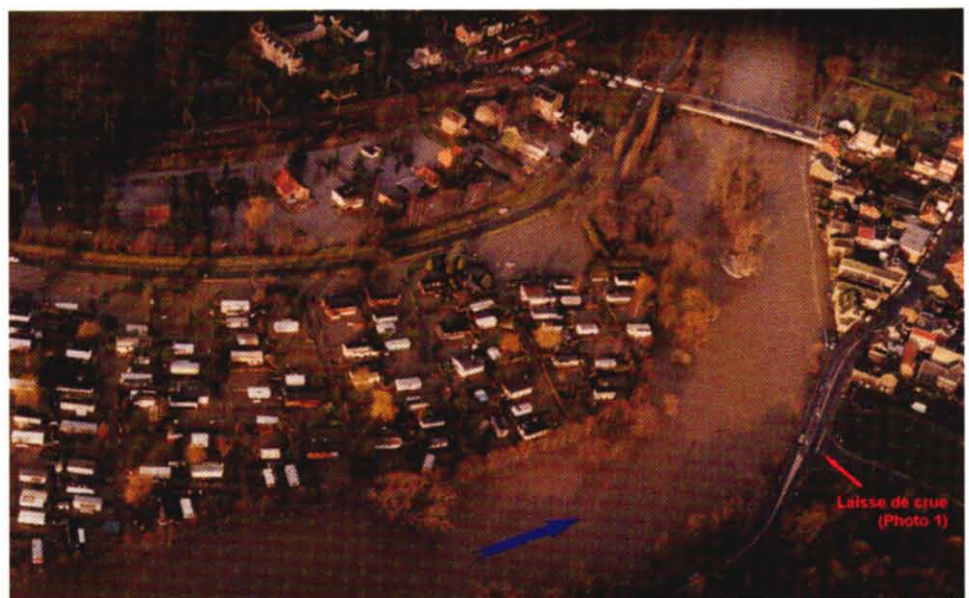


Photo n°2 - Crue de l'Ourthe à Méry le 21 décembre 1993
LHGF (ULg), 1993



Photos n°3 & 4 • Crue de l'Ourthe à Méry le 21 décembre 1993
LHGF (ULg), 1993



Photo n°5 • Crue de l'Ourthe à Hony le 21 décembre 1993
LHGF (ULg), 1993



Photo n°6 • Crue de l'Ourthe au méandre de Féchereux le 21 décembre 1993
LHGF (ULg), 1993



Photo n°7 - Crue de l'Ourthe à la maison du passeur (Hony) le 22 décembre 1993
LHGF (ULg), 1993

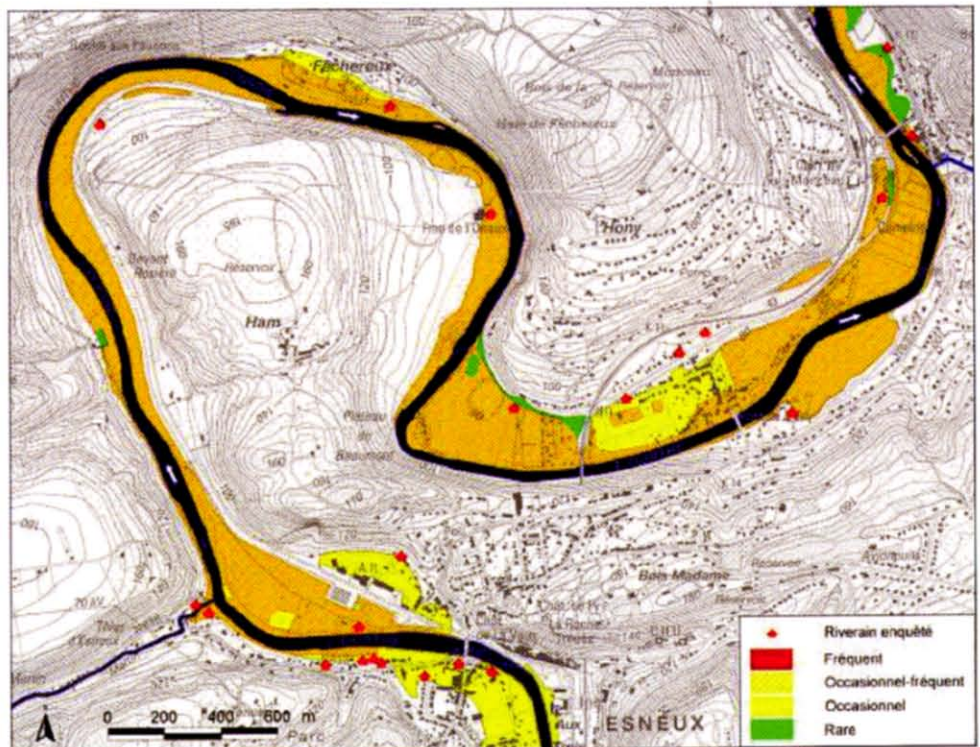


Figure 8 - Carte des fréquences des zones inondées de l'Ourthe au méandre de Fêchereux (commune d'Esneux)

La Dendre à Deux-Acren (commune de Lessines)

Le bassin hydrographique de la Dendre s'étend sur près de 673 km² en région wallonne. Pour rappel, le bassin de la Dendre diffère fortement du bassin de l'Ourthe. Par conséquent, notre approche de travail est relativement différente de celle utilisée pour l'Ourthe. De plus, nous n'avons pas à notre disposition des documents, tels que des photographies aériennes, comme c'est le cas pour l'Ourthe.

Nous avons donc réalisé la cartographie des zones inondées presque exclusivement sur base des enquêtes de terrain réalisées auprès des riverains. Cette multiplication des enquêtes de terrain se traduit bien par le nombre d'enquêtes par kilomètre de cours d'eau, qui est égal à 2,5 pour le bassin de la Dendre, alors qu'il n'atteint que 0,61 pour le bassin de l'Ourthe. Les différents services travaillant sur les cours d'eau concernés nous ont fourni des documents cartographiques, ainsi que de précieux renseignements concernant les inondations.

Notons aussi que des photographies de terrain nous ont été remises par les gestionnaires de cours d'eau et par les riverains. Ces différentes informations recueillies nous ont permis de délimiter les zones d'inondation et de leur attribuer une fréquence.



Photo n°8 • Crue de la Dendre à Deux Acren le 26 décembre 1999
MET DGVH, District de la navigation de Ath, 1999



Les cartes ci-dessous (figures 9 et 10) représentent les types et les fréquences des zones inondées lors des vingt-cinq dernières années au niveau de Deux-Acren, village situé le long de la Dendre, entre Lessines et Gramont.

Nous pouvons voir sur la figure 9 que la zone de débordement dépasse par endroit 800 mètres de largeur. Cependant, il faut souligner que la majeure partie de la zone d'inondation couvre des terrains non urbanisés. Il est à ce titre intéressant d'observer la localisation de l'habitat par rapport à la zone inondée, notamment aux hameaux de Remincourt, Wangrose et Boureng. Le village de Deux-Acren fait toutefois figure d'exception car il connaît de sérieux problèmes d'inondations, comme ce fut le cas le 26 décembre 1999 et le 31 décembre 2002. Nous voyons sur la photographie 8 que la place du village était sous eau et que certains bâtiments étaient partiellement inondés lors de la crue de décembre 1999. La photographie 9 permet de se rendre compte de l'étendue de la zone d'inondation lors de la crue de décembre 2002.

Photo n°9 • Crue de la Dendre à Deux Acren le 31 décembre 2002
Riverain, 2002

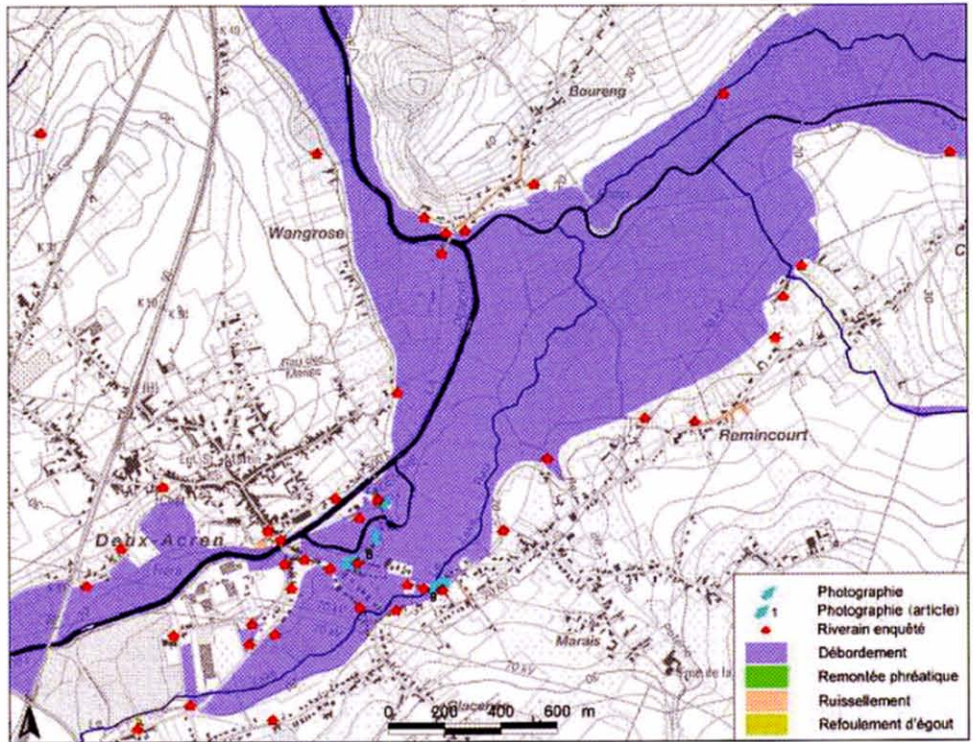


Figure 9 - Carte des types de zones inondées de la Dendre à Deux-Acres (commune de Lessines)

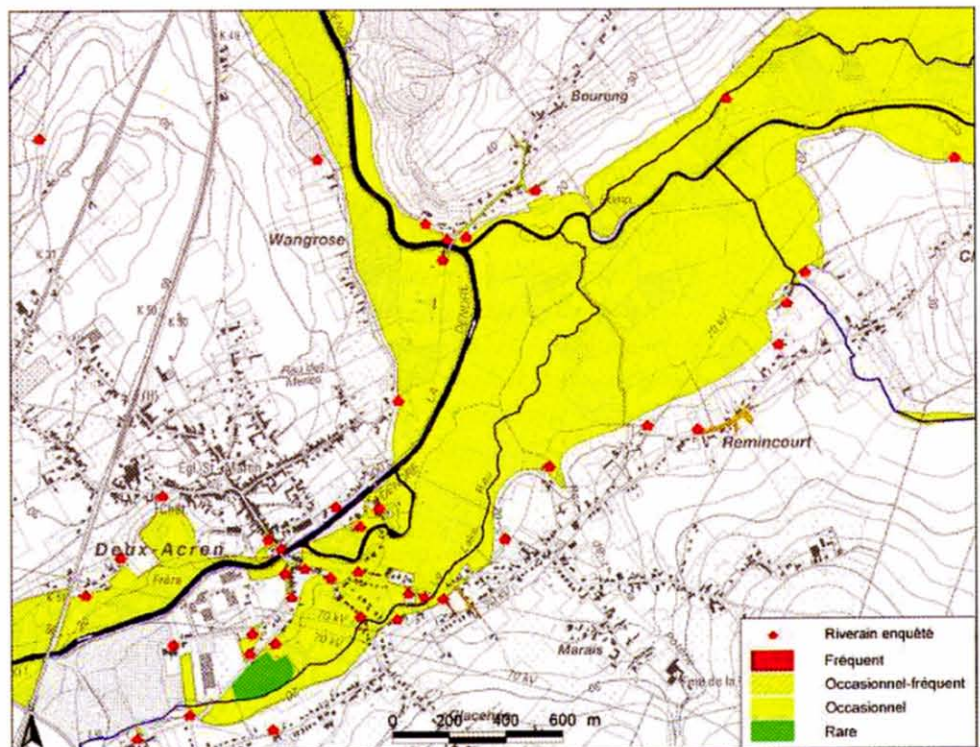


Figure 10 - Carte des fréquences des zones inondées de la Dendre à Deux-Acres (commune de Lessines)

APERÇU DES RÉSULTATS OBTENUS

Liste des bassins étudiés	Nombre d'enquêtes effectuées	Nombre de kilomètres de cours d'eau (NA, 01, 02)	Densité d'enquêtes
Bassin de la Gette	249	150,25	1,66
Bassin du Geer	391	123,57	3,16
Bassin de l'Amblève (navigable + affluents)	393	453,51	0,87
Bassin de la Gueule	177	58,21	3,04
Bassin de l'Ourthe (navigable + affluents)	537	885,50	0,61
Bassin de la Meuse aval	423	354,74	1,19
Bassin de la Sambre	313	650,52	0,48
Bassin de la Dendre	833	333,57	2,50
Bassin de la Haine	152	295,82	0,51
Bassin de l'Escaut	en cours	450,68	en cours
Bassin de la Senne	en cours	288,82	en cours
Bassin de la Lys	en cours	65,82	en cours
Bassin de la Roer	en cours	43,67	en cours
TOTAL	3468	4154,68	

Tableau 1 • Densité d'enquêtes par kilomètre de cours d'eau

Le tableau 1 indique, pour chaque bassin hydrographique, le nombre d'enquêtes par kilomètre de cours d'eau navigable, de première et deuxième catégories.

Après les vastes campagnes d'enquêtes qui ont été réalisées par le LHGF, nous pouvons préciser quelques facteurs qui influencent la densité d'enquêtes :

- la densité de population dans les noyaux d'habitat situés en plaine alluviale ou en bas de versant ;
- l'importance des débordements enregistrés (la densité d'enquêtes diminue lorsque l'on sait avec certitude qu'un ruisseau ne déborde pas dans un secteur donné, d'après les renseignements fournis par les riverains ou les gestionnaires) ;
- l'abondance de données exogènes (photos, cartes préexistantes, bibliographie) qui réduit le nombre d'enquêtes nécessaires pour obtenir des informations précises et validées.

Parmi les valeurs indiquées dans le tableau, les densités d'enquêtes supérieures à 2 enq./km correspondent aux bassins pour lesquels peu de données exogènes étaient disponibles (bassins du Geer, de la Gueule et de la Dendre). En outre, les débordements très importants recensés dans le bassin de la Dendre ont eu pour conséquence une multiplication des enquêtes nécessaires pour préciser les limites des zones inondées. À l'inverse, de nombreuses photographies aériennes en temps de crue ont été réalisées dans le bassin de la Sambre, ce qui explique la densité inférieure à 0,5 enq./km. La partie nord du bassin de la Haine montre également une densité faible, mais elle est due à l'éloignement des noyaux d'habitat par rapport aux zones inondées, d'autant plus qu'il s'agit essentiellement d'inondations par remontées phréatiques (885 hectares inondés par ce biais, contre 231 hectares inondés par des débordements). Dans les autres bassins, pour lesquels la densité est proche de 1 enq./km, la possibilité de réaliser plus d'enquêtes grâce au nombre d'habitations proches des zones inondées compense l'éventuel manque de données.

Remarque : les bassins de la Senne, de l'Escaut, de la Lys et de la Roer étaient encore en cours d'enquête lors de la rédaction de cet article.

CONCLUSION

La cartographie mise en œuvre par le LHGF réunit, dans un seul processus d'étude : l'approche géomorphologique appréhendée sur le terrain selon la topographie des lieux prospectés et la collecte de toutes les données disponibles concernant les inondations, auprès des riverains et des gestionnaires des cours d'eau.

Intégrée au plan PLUIES, cette cartographie est directement mise en valeur dans le processus de réalisation des cartes de l'aléa d'inondation. Elle permet d'affiner les modèles hydrauliques appliqués dans les simulations numériques et de valider les résultats obtenus.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNIMOLIN J.**, 1993, L'Ourthe au fil du temps, *Cahiers du Ministère wallon de l'équipement et des transports*, DGVH, 32 p.
- Direction Régionale de l'Environnement : Midi-Pyrénées et GEOSPHAIR**, 2002, De la Cartographie Informatrice à la Cartographie des Aléas, *Une démarche technique en Midi-Pyrénées*, version 2, 31 p.
- FABRE G.**, 1989, Les inondations catastrophiques de Nîmes et de sa région du lundi 3 octobre 1988, *Revue géographique de Lyon*, vol. 64, 4, pp 224-230.
- GARRY G., BALLAIS J.-L. et MASSON M.**, 2002, La Place de l'hydrogéomorphologie dans les études d'inondation en France méditerranéenne, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n°1, pp 93-103.
- GARRY G.**, 1996, Cartographie des zones inondables : approche méthodologique, *Villes et Territoires*, 100 p.
- LAMBERT R.**, 1995, Méthodologie pour une Cartographie Informatrice des Zones Inondables en Région Midi-Pyrénées : Rapport, Université de Toulouse le Mirail, non publié, 59 p.
- LINOTTE S.**, 1995, Etude hydrologique et économique des inondations : cas de l'Ourthe inférieure, Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, inédit, 98 p.
- Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement et des Transports**, 1988, Plans d'Exposition aux Risques, La Cartographie des Plans d'Exposition au Risque Inondation, *La Documentation Française*, 115 p.
- OBERLIN G., GAUTIER J.-N., CHASTAN B., FARISSIER P., GIVONE P.**, 1993, Une méthode globale pour la gestion rationnelle des zones inondables : le programme «Inondabilité» du CEMAGREF, *Sécheresse*, n°3, vol. 4, pp 171-176.
- PAUQUET A. et PETIT F.**, 1993, Evolution de la fréquence des inondations de l'Ourthe inférieure, *Bull. soc. Belge Etudes Géogr.*, vol. 62(2), pp 361-375.
- SERRAT P. et CALVET M.**, 2000, La Salanque (Pyrénées-Orientales) face à la crue des 12 et 13 novembre 1999, *Géocarrefour*, vol. 75, 3, pp 209-220.