Unité Erosion Torrentielle Neige et Avalanches - Grenoble

Service départemental de Restauration des Terrains en Montagne de l'Isère

UMR 5024 Laboratoire Environnements, Dynamiques et Territoires de Montagne

Pôle grenoblois d'Etudes et de Recherche pour la prévention des risques naturels

---

Programme de recherche 2006 financé par le Conseil Général de l'Isère

---

Expertise du risque torrentiel

Description de scénarios d'évolution morphologique d'un bassin versant torrentiel

Traçabilité des raisonnements et partage d'information

Rapport de synthèse

J.M. Tacnet (coordonnateur) , F.Liébault, L. Barral, M. Deschâtres, E. Mermin — *Cemagref*
F. Allignol — EDYTEM/CNRS
P. Diot, C. Maraval, C. Peteuil — ONF/Service RTM de l'Isère

Janvier 2008

Table des matières

1 Description générale du projet 4

1.1 Objectifs initiaux et réalisation 4

1.1.1 Objectifs initiaux 4

1.1.2 Réalisation 5

1.2 Equipe de projet 5

2 Contribution a la proposition de scenarios d'evolution morphologique 6

2.1 Description du site d'étude 6

2.2 Modélisation conceptuelle préalable à la définition des scénarios 7

2.3 Analyse de terrain – exploitation des résultats 14

2.3.1 Acquisition de données lidar en vue de l'analyse géomorphologique fine 14

2.3.2 Dossier photographique 16

2.3.3 Apport des données topographiques pour le diagnostic géomorphologique 19

2.4 Eléments d'analyse des scénarios morphologiques : exemple d'estimation des volumes 24

2.4.1 Approche ONF 24

2.4.2 Approche EDYTEM 26

2.4.3 Conclusions 28

3 Capitalisation et partage des données d'observation 28

3.1 Collecte des données 29

3.2 Mise en œuvre d'un outil de catalogage des données 31

4 Conclusion generale 35

5 Bibliographie partielle 37

Liste des figures

Figure 1 : Caractère interdisciplinaire de l'expertise du risque torrentiel 4

Figure 2 : Plan de situation et zone d'étude des scénarios d'évolution morphologique (localisation, évolution des apports en matériaux) 6

Figure 3 : Identification des zones d'apport majoritaire en matériau sur le Vorz – découplage des zones de production sédimentaire du torrent du Vorz 7

Figure 4 : Unités morphologiques d'un bassin versant torrentiel 8

Figure 5 : Exemple de modélisation conceptuelle des composants d'un système torrentiel 9

Figure 6 : Modélisation des composants transversaux et longitudinaux du torrent 9

Figure 7 : Composant et structures morphologiques (classes candidates) 10

Figure 8 : Diagrammes de packages et classes appliqués au contexte d'un bassin versant torrentiel 10

Figure 9 : exemple de scénario d'évolution latérale 11

Figure 10 : exemple de scénario d'évolution longitudinale 12

Figure 11 : Principe d'un arbre de défaillance 13

Figure 12 : principe d'un diagramme de séquence 13

Figure 13 : Différentes zones géomorphologiques homogènes sont identifiées (du point de vue du transport solide) 14

Figure 14 : Carte géomorphologique globale de référence pour l'analyse morphologique détaillée (Source EDYTEM) 15

Figure 15 : Vue globale et détaillée de la zone de production sédimentaire majoritaire (de la passerelle à la microcentrale) 15
Figure 16 : localisation des points d'analyse ONF/RTM – *Cemagref* (description qualitative et topographie détaillée) 16
Figure 17 : Repérage des clichés *Cemagref* (position et azimut) 16
Figure 18 : Exemple de positionnement des points de référence 17
Figure 19 : exemple de description photographique des points ONF levés 18
Figure 20 : Exemple de synthèse des relevés sur le terrain (ONF/RTM) avec analyse topographique fine (exploitation relevé Lidar *Cemagref*) 18
Figure 21 : Localisation des profils en travers sur l'image Lidar (du point 1 passerelle au point 11 microcentrale) 19
Figure 22 : Localisation des profils en travers sur l'image Lidar (du point 11 microcentrale à la prise d'eau) 19
Figure 23: Profil en long simplifié – acquisition GPS (du point 23 au point 17) 19
Figure 24 : Profil en long complet (du moulin aux cascades du Lac Blanc) 20
Figure 25 : Analyse des pentes sur le profil en long complet : on distingue les différentes zones géomorphologiques 20
Figure 26 : Profil en long détaillé de l'aval de la plage de dépôt (23) à la prise d'eau du Pleynet (17) : lever Lidar avec repérage des points ONF/RTM 21
Figure 27: Analyse des pentes – Comparaison entre le relevé simplifié (à partir des données GPS ponctuelles) et le relevé Lidar : On note la différence 21
Figure 28 : Profil en long entre les points 6 et 11 ONF (noter la différence de densité) 22
Figure 29: Profil en long réalisé avec la résolution maximale : on visualise nettement les formes morphologiques grâce à la précision de l'acquisition Lidar. 22
Figure 30 : Profil en travers au niveau du point 15 (Zone d'alimentation en matériaux solides en aval de la prise d'eau du Pleynet) 23
Figure 31: Détail au niveau du lit du profil en travers n°15 (noter la résolution permettant la visualisation des terrasses, niches d'arrachement, escarpement en rive droite à droite de la figure) . 23
Figure 32 : Profil en long du torrent au niveau de la zone d'étude 24
Figure 33 : Compte-rendu de lever de terrain qualitatif ONF (estimation globale sommaire des volumes disponible) 25
Figure 34 : Synthèse des volumes mobilisables 25
Figure 35 : estimation du volume de matériau mobilisable par la méthode PREVENT 27
Figure 36 : Les types d'expertise de documents produits sont multiples et souvent ignorés d'une sphère à une autre 28
Figure 37 : Le catalogage vise à référencer les documents disponibles sur une zone donnée, sur une thématique définie 29
Figure 38 : Exemples de données disponibles sur le torrent du Vorz 29
Figure 39 : Exemple de masque de saisie d'une ressource documentaire 30
Figure 40 : Exemple de recherche cartographique 30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemple de typologie de ressources disponibles relatives à l'étude du risque torrentiel sur un site d'étude 31
Tableau 2 : Utilisation de gabarit prédéfinis pour le référencement des ressources 34

Cette étude a conduit à la production d'un nombre important de données de terrain dont l'ensemble ne peut pas être reproduit dans le cadre de ce rapport. Le dossier global est donc composé :

1) du présent rapport ;
2) d'une annexe relative à la description des différentes zones à partir de l'imagerie laserscan ;
3) d'une annexe décrivant les différents points de mesures et d'analyse (recueil photographique);
4) d'une annexe regroupant les profils en long et en travers produits dans le cadre de l'étude.

Le lecteur se référera notamment aux annexes pour consulter les données recueillies lors de l'exécution du projet.

1 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

1.1 Objectifs initiaux et réalisation

Ce paragraphe rappelle les objectifs initiaux du projet et décrit la nature de la contribution réalisée. Un certain nombre de points n'ont en effet pas été couverts à la mesure des objectifs.

1.1.1 Objectifs initiaux

L'expertise est nécessaire dans le cadre de la gestion du risque torrentiel. L'analyse du risque torrentiel comprend de manière classique une phase de qualification de l'aléa (le phénomène quantifié) puis de la vulnérabilité (ou dommages potentiels) (Tacnet, Laigle et al. 2005). Sur ces bases, des stratégies de protection peuvent être proposées. Ce choix de stratégie de protection sur un bassin versant torrentiel nécessite la définition préalable de scénarios de fonctionnement du bassin versant torrentiel. Il s'agit d'imaginer et/ou quantifier puis localiser les apports liquides et solides. Ces volumes constituent des données de base pour la conception d'ouvrages de stockage tels que des plages de dépôt. Cette phase d'expertise et de formulations sous formes de scénarios n'a pour le moment pas fait l'objet de formalisation particulière. Si des travaux détaillés existent dans le domaine des rivières torrentielles, les classifications morphologiques ne concernent pas spécifiquement les torrents.

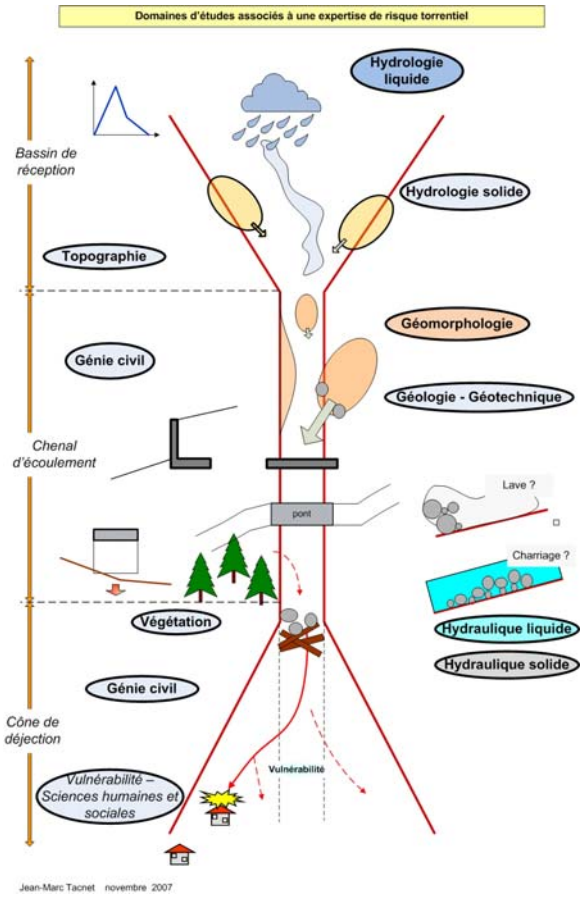


Figure 1 : Caractère interdisciplinaire de l'expertise du risque torrentiel

En cas de crise, de nombreuses données d'observation de terrain, des clichés photographiques, des limites d'extension de phénomènes sont acquis par les riverains, les services techniques chargés de l'assistance aux personnes et aux collectivités. L'information manipulable provient de sources diffuses, sous des formats différents. A la suite d'une crise, ces données sont ensuite utilisées, compilées et complétées dans le cadre de la définition des mesures de protection et de sauvegarde. Aujourd'hui, il n'existe pas de bases de données ou de bases de connaissances historiques et/ou actuelles sur l'aléa torrentiel. Aucune procédure de capitalisation et de partage des données disponibles ne permet aux gestionnaires, décideurs et chercheurs d'analyser efficacement le risque torrentiel. De plus, dans le cadre des différentes expertises, la traçabilité des données réalisées est rarement assurée : quelles sont les données pertinentes ? Utilisées ? D'où proviennent-elles ? S'agit-il de données brutes ou bien d'un résultat d'une expertise ? L'objectif est donc de regrouper et cataloguer les informations relatives aux évènements récents et futurs utilisée dans le cadre d'une expertise.

Cette étude propose tout d'abord de caractériser et expliciter une partie de la démarche d'expertise du risque torrentiel relative à la géomorphologie du bassin versant. Elle concerne notamment la description de scénarios d'évolution morphologique des éléments d'un bassin versant torrentiel. L'étude s'intéresse particulièrement à la détermination des volumes de matériaux disponibles en lien avec les données topographiques disponibles et les méthodes d'expertise utilisées. Dans un second temps, elle vise à structurer l'information utilisée et produite dans le cadre de cette expertise pour permettre à la fois une capitalisation mais aussi un partage entre les différents acteurs de la gestion des risques sur un bassin versant torrentiel.

Trois axes sont développés :

1) Sur un plan thématique, ce projet explore la possibilité de **décrire** des **scénarios d'évolution morphologique** d'éléments du **bassin versant torrentiel** (lit, versant...). On distingue les observations effectuées sur le terrain et les hypothèses émises par les experts. Les composants, concepts métier sont décrits et combinés pour produire des scénarios.

2) Dans le cadre d'une expertise du risque torrentiel, la détermination des volumes solides mobilisables constitue une des principales difficultés. Le projet compare plusieurs méthodes et s'intéresse plus particulièrement à l'importance et l'intérêt des méthodes d'acquisition topographiques laser (technique lidar) pour l'identification des zones d'apport et de production des matériaux solides. Une part importante du travail a été consacrée à la définition du programme de vol, à l'exploitation et à la mise en forme des résultats de la campagne topographique laser.

3) Sur le plan de la mise à disposition des données, le projet aborde deux aspects : l'acquisition et le référencement des données de l'expertise acquise sur le terrain et un mode de catalogage inédit (conforme à la norme ISO 19-115 sur les métadonnées) pour un tel type d'expertise sur les risques naturels. Il s'agit d'utiliser une application internet de référencement des données relatives aux événements et au fonctionnement d'un bassin versant torrentiel utilisées dans le cadre d'une expertise.

1.1.2 Réalisation

L'accent a été mis sur la production et l'exploitation (non immédiate...) de données topographiques ultra-précises (levé Lidar) et sur le référencement des données de l'expertise. Dans ce contexte, l'objectif du projet est rempli sur l'aspect données les aspects métier mais l'analyse de scénarios (de production) n'a été que partiellement abordée. Les objectifs initiaux ne sont donc pas totalement atteints sur ce volet. Les données acquises devraient nous permettre de développer des analyses beaucoup plus fines de la morphologie (changement d'échelle). Les cas d'application des techniques Lidar pour le diagnostic torrentiel sont émergentes et très prometteuses à notre avis, ce qui a motivé notre investissement (humain et ... financier) sur cette technique au détriment des autres aspects. Pour rendre les informations accessibles (tel que prévu dans le projet), une application web a été conçue.

1.2 Equipe de projet

L'équipe de projet comprend un établissement public de recherche, une université et un service de terrain (ONF/RTM Isère). Le *Cemagref* (Unité ETNA) a participé à l'identification et à la formalisation des scénarios d'évolution en collaboration avec le laboratoire EDYTEM du CNRS. Il a piloté l'acquisition et l'exploitation des données topographiques acquises par LIDAR aéroporté. L'équipe EDYTEM a participé à la description des entités morphologiques du bassin versant, analysé et caractérisé le contexte hydrogéologique et assuré la collecte et la synthèse des données bibliographiques (archives, données topographiques disponibles sur les sites d'études…).Le service de Restauration des Terrains en montagne de l'Isère (ONF) a pris en charge les phases de collecte des données, participe aux relevés de terrain et au report des données.

2 CONTRIBUTION A LA PROPOSITION DE SCENARIOS D'EVOLUTION MORPHOLOGIQUE

Le risque torrentiel est dû aux effets d'écoulements liquides rapides fortement chargés en matériaux. Cette étude comprend des volets méthodologiques et des analyses de terrain.

2.1 Description du site d'étude

La démarche s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des méthodologies d'expertise du risque torrentiel.

De récentes inondations ont eu lieu en aout 2005 en bordure du massif de Belledonne (Isère). Elles ont notamment concerné le torrent du Doménon (de Becdelièvre, 2005) et le torrent du Vorz (Communes de Saint-Agnès en rive droite et de Saint-Mury Monteymond en rive gauche) sur lequel des travaux d'urgence ont été réalisés. De nouveaux phénomènes ont eu lieu en 2007.

Le torrent du Vorz (commune de Saint-Agnès et Saint-Mury Monteymond, département de l'Isère) a servi de site d'études pour l'application de la méthodologie. La zone étudiée correspond aux secteurs d'apport en matériau majoritaire sur le profil en long du Vorz. Les visites de terrain ont permis de conclure que la zone des cascades du Boulon constituait une limite déconnectant les zones de production amont et la zone de production majoritaire à l'aval de la prise d'eau du Pleynet.

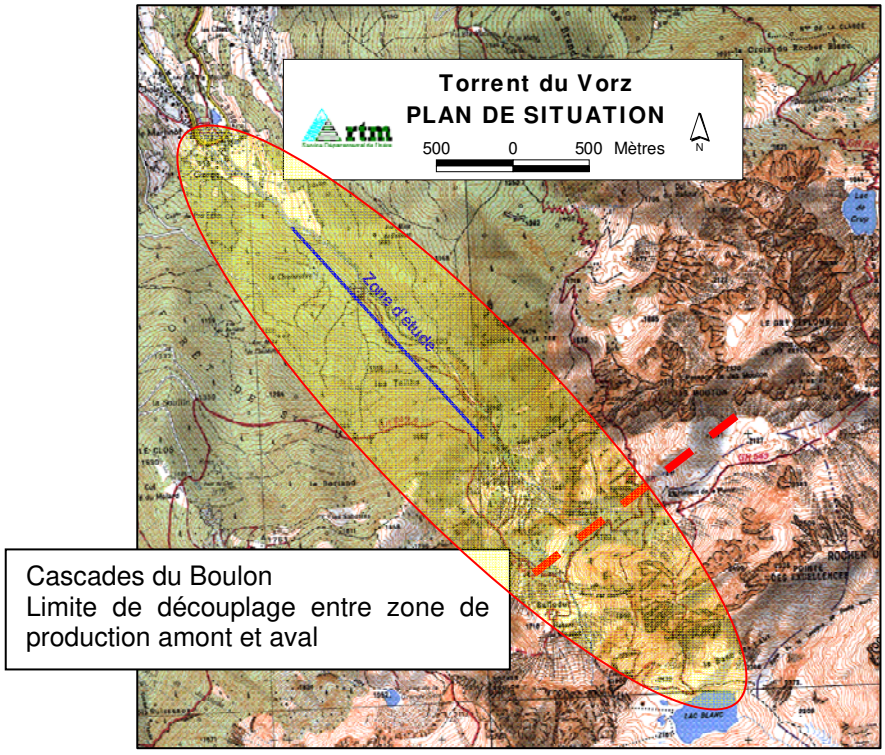


Figure 2 : Plan de situation et zone d'étude des scénarios d'évolution morphologique (localisation, évolution des apports en matériaux)

La démarche d'étude consiste à identifier les différentes zones morphologiques puis à décrire comment elles contribuent à la production des matériaux solides lors des crues. Elle s'appuie sur des enquêtes de terrain et sur des techniques topographiques avancées (lidar).

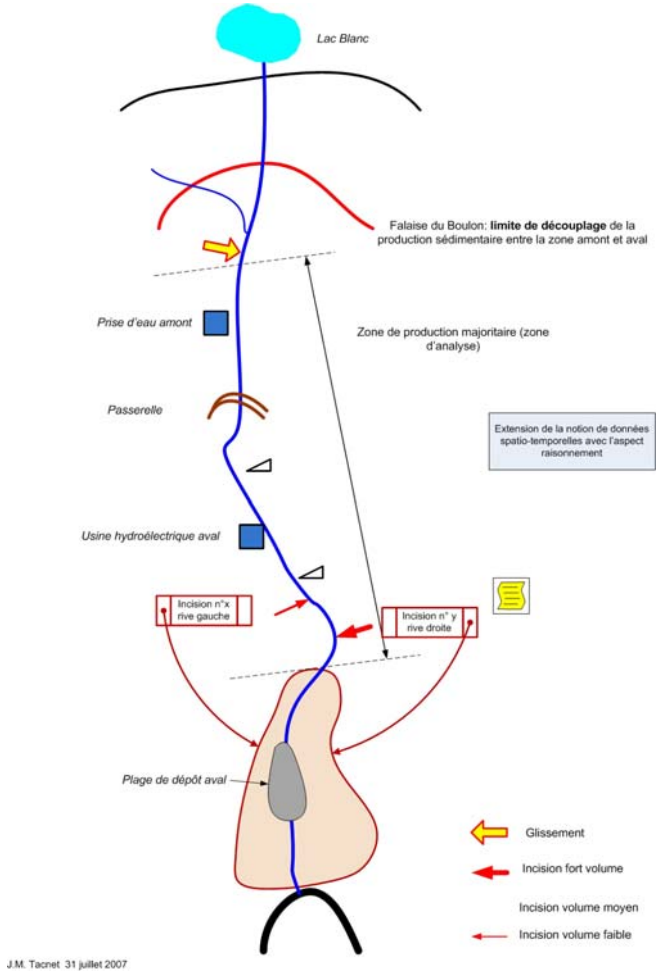


Figure 3 : Identification des zones d'apport majoritaire en matériau sur le Vorz – découplage des zones de production sédimentaire du torrent du Vorz

2.2 Modélisation conceptuelle préalable à la définition des scénarios

Modélisation statique

La crue des 24 et 25 Août 2005 sur le torrent du Vorz a entraîné des dégâts considérables dans le hameau de la Gorge. Les premiers travaux de remise en état et de reconstruction ont concerné les infrastructures telles que les routes et réseaux. Comme d'habitude, il a rapidement fallu analyser les conditions d'occurrence du phénomène observé, analyser le niveau de risque résiduel et proposer des mesures de protection. Ces différentes interventions se sont faites sans analyse détaillée du fonctionnement morphologique du lit. Cette situation est assez courante dans le cadre de travaux d'urgence par manque de temps et/ou d'impossibilité d'accès dans les parties hautes du bassin versant. Cette partie de l'étude vise à proposer un mode de description des unités morphologiques présente sur les tronçons contributeurs.

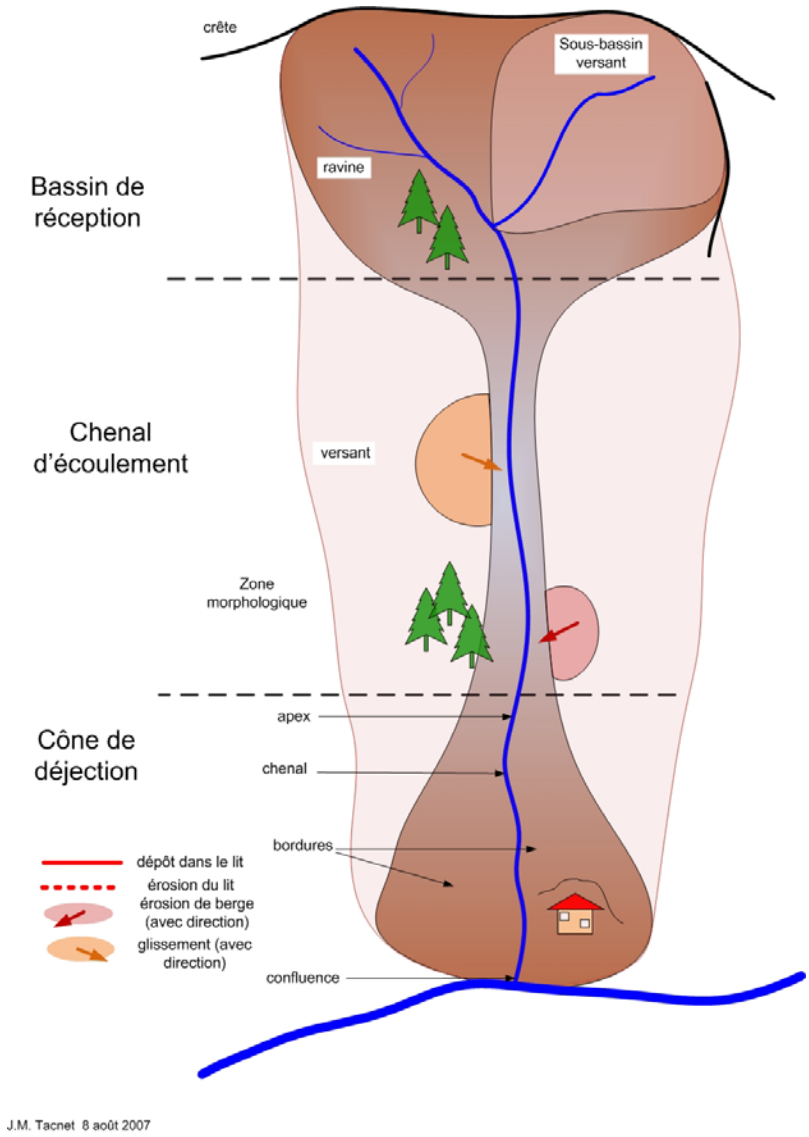


Figure 4 : Unités morphologiques d'un bassin versant torrentiel

Pour permettre de décrire les scénarios d'évolution morphologique, la démarche vise tout d'abord à expliciter d'un point de vue statique les composants du système torrentiel.

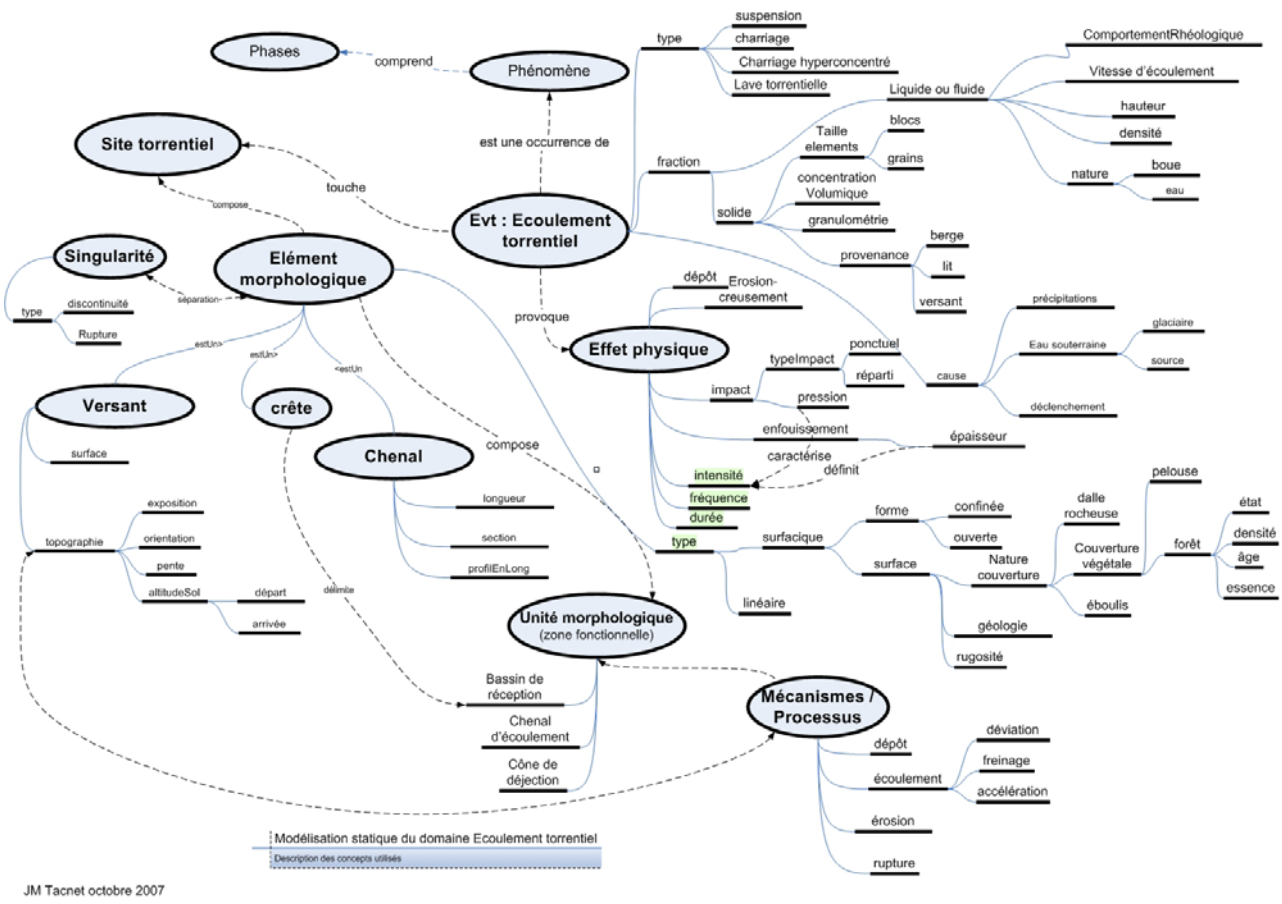


Figure 5 : Exemple de modélisation conceptuelle des composants d'un système torrentiel

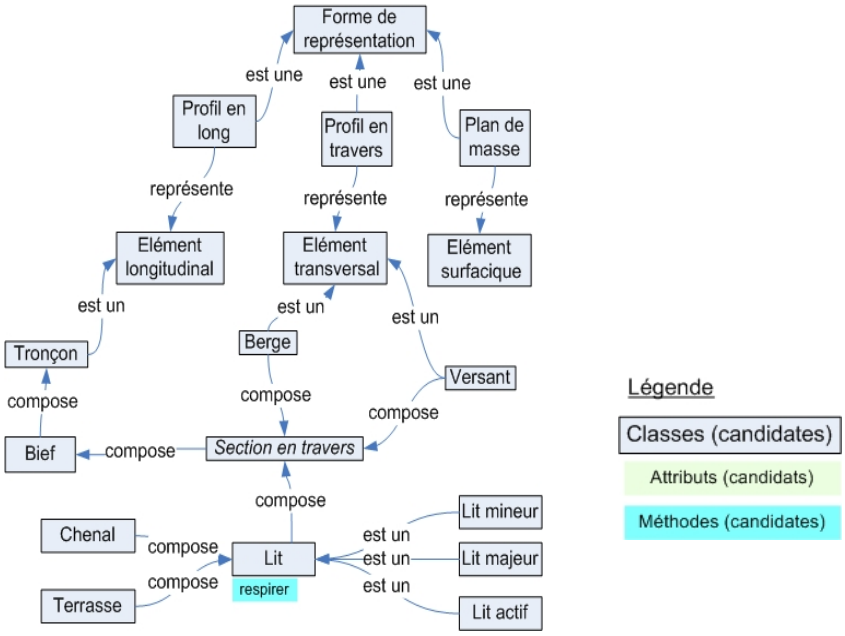


Figure 6 : Modélisation des composants transversaux et longitudinaux du torrent

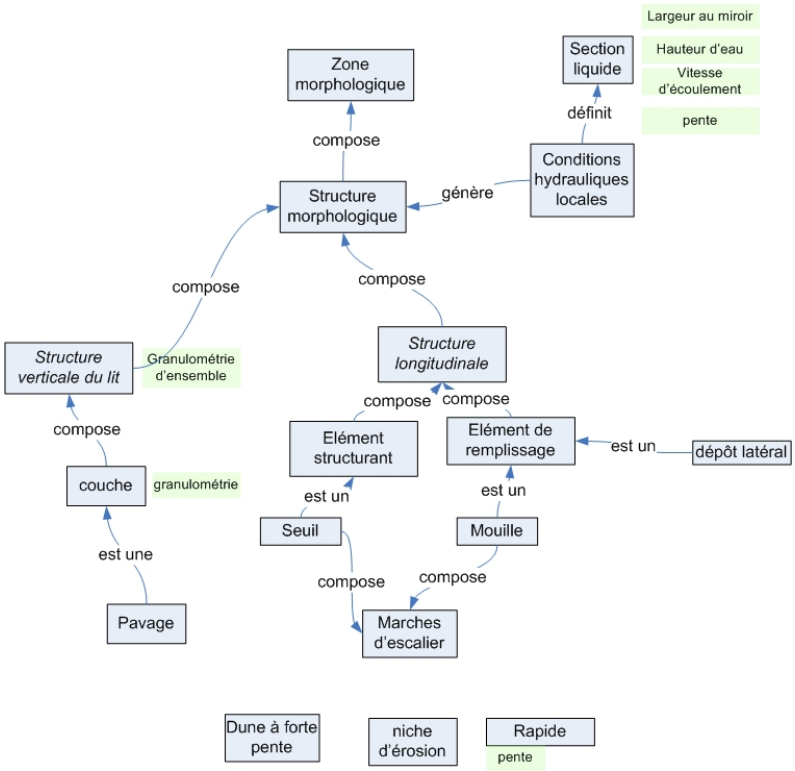


Figure 7 : Composant et structures morphologiques (classes candidates)

Ces différents éléments sont ensuite représentés en tant qu'objets dans le cadre de diagrammes de classes de type UML .

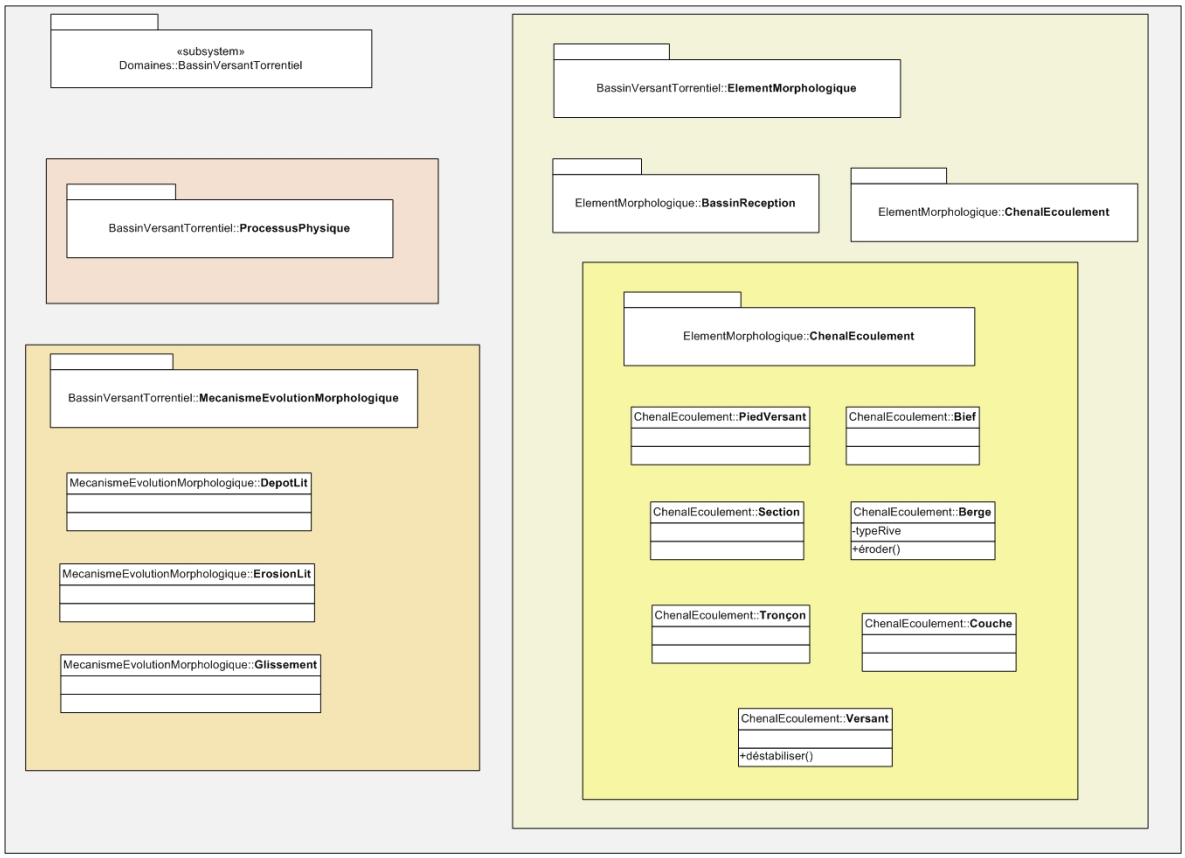


Figure 8 : Diagrammes de packages et classes appliqués au contexte d'un bassin versant torrentiel

Description qualitative des scénarios d'évolution

Les apports en matériaux sont issus de processus affectant le lit (érosion longitudinale ou dépôt) et/ou les berges et les versants (érosion latérale). Un scénario d'évolution morphologique va combiner les deux mécanismes dans un certain enchaînement temporel. Les schémas ci-dessous décrivent des exemples d'évolution dans les deux plans considérés.

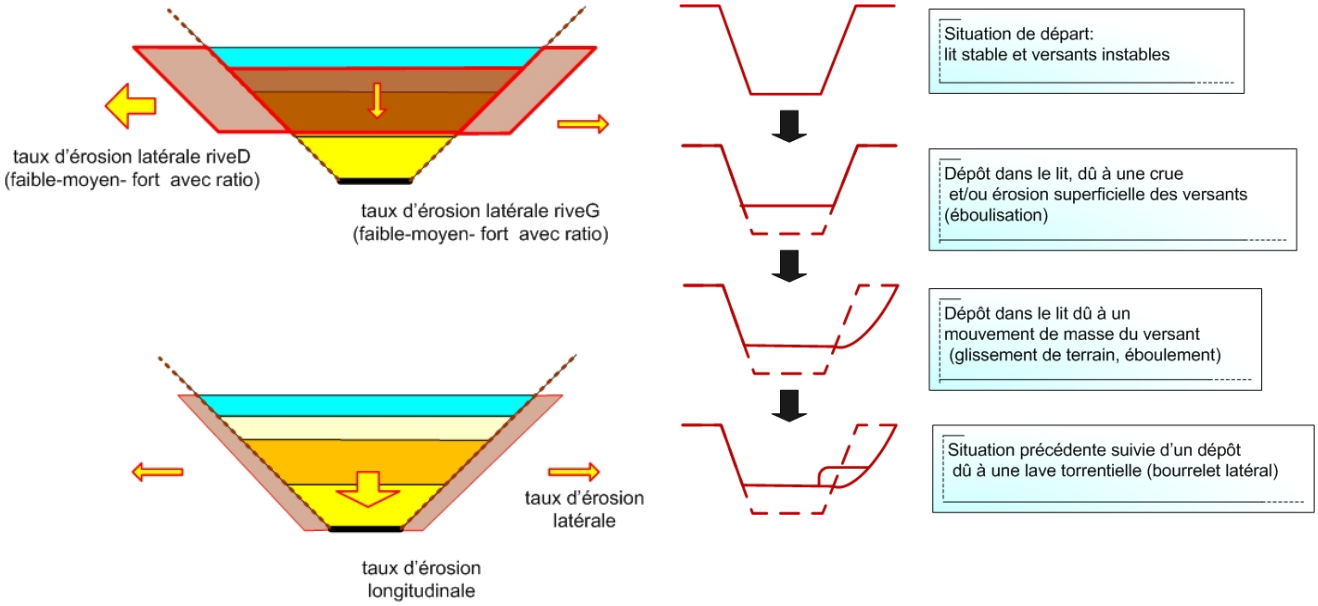


Figure 9 : exemple de scénario d'évolution latérale

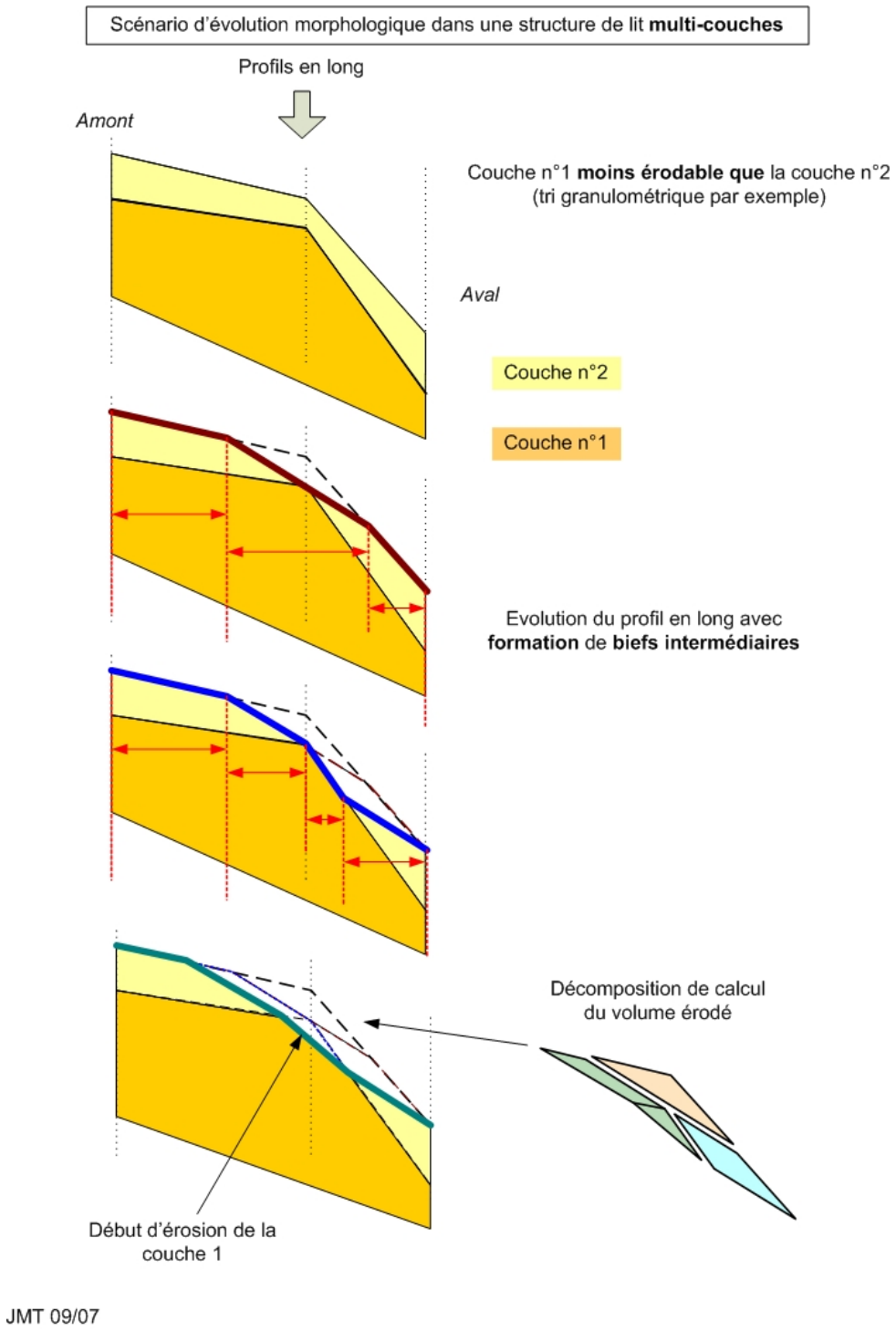


Figure 10 : exemple de scénario d'évolution longitudinale

Représentation de scénarios d'évolution

Hors contexte d'étude des risques naturels, différents modes de représentations de scénarios d'évolution existent. Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, on peut citer les arbres de causes, les AMDE et AMDEC (Analyse des modes de défaillance). Ces méthodes sont basées sur une décomposition en composants dont on étudie l'enchaînement. Ces méthodes sont principalement utilisées dans le cadre de

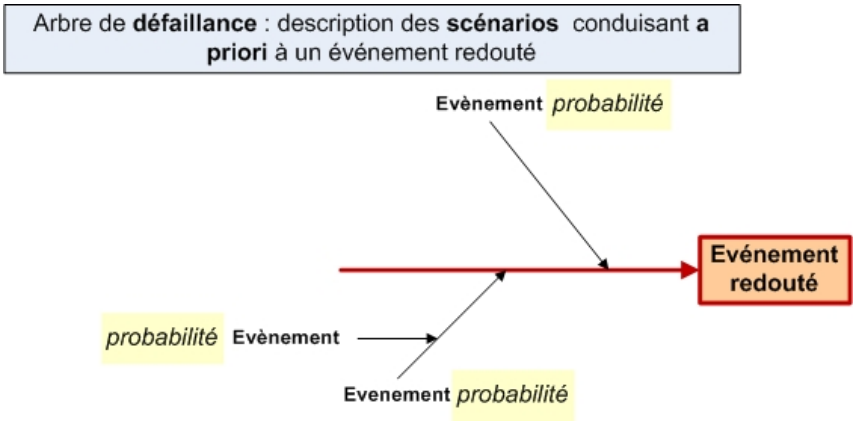


Figure 11 : Principe d'un arbre de défaillance

D'autres méthodes peuvent être proposées. Dans le formalisme UML, on peut aussi imaginer de représenter les différents stades d'évolution morphologique d'un torrent sous la forme d'un diagramme dynamique de type séquence. Dans ce type de schéma, les relations entre objets intègrent en effet un aspect temporel.

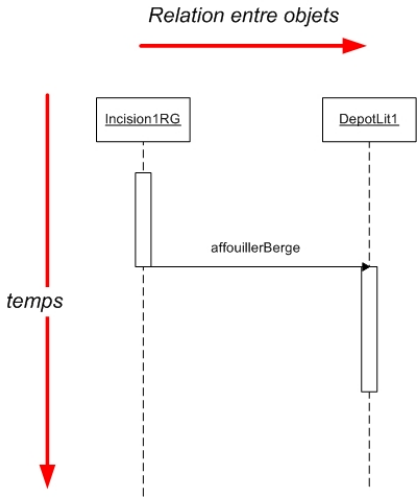


Figure 12 : principe d'un diagramme de séquence

2.3 Analyse de terrain – exploitation des résultats

2.3.1 Acquisition de données lidar en vue de l'analyse géomorphologique fine

Différentes campagnes de terrain ont été réalisées de manière indépendante par les trois organismes partenaires du projet. Dans un premier temps, elles ont permis d'identifier les principales zones contribuant à la production de matériaux solides sur le Vorz. Les différents relevés ont fait l'objet de repérages par GPS. Des séries de clichés géo référencés décrivent les zones morphologiques. Ces levés ont fait l'objet d'un report avec calcul des volumes mobilisables. Un levé LIDAR aéroporté a été réalisé pour permettre d'établir une référence topographique et réaliser un MNT à haute précision (sol et sursol, 5 points/m2). Quelques figures illustrent les résultats obtenus ci-dessous. Au-delà de l'obtention d'un modèle numérique de terrain très précis, l'analyse des clichés permet d'identifier des zones morphologiques difficilement visibles à l'œil nu telles terrasses, anciens tracés, cônes d'éboulis…

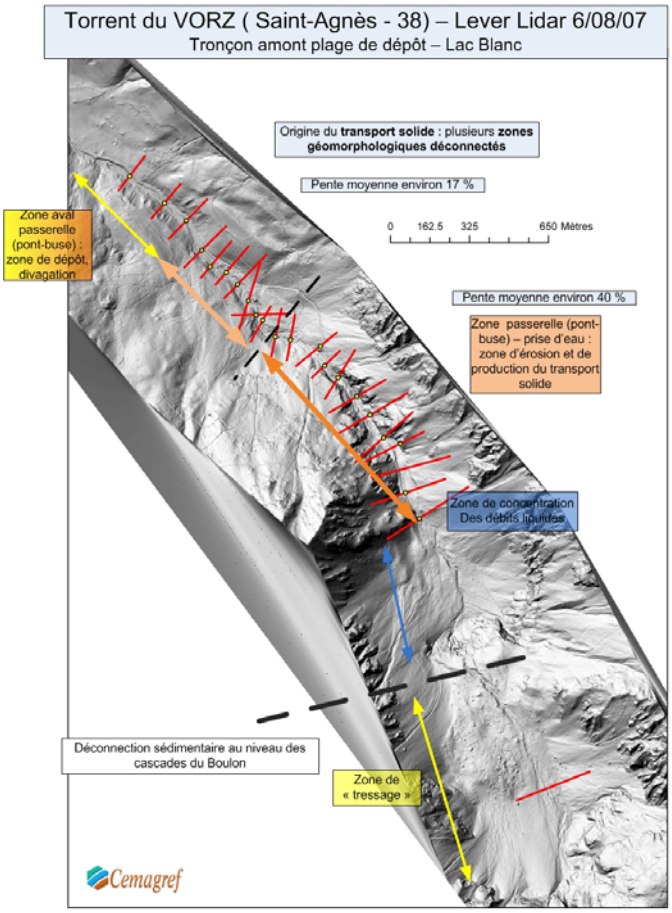


Figure 13 : Différentes zones géomorphologiques homogènes sont identifiées (du point de vue du transport solide)

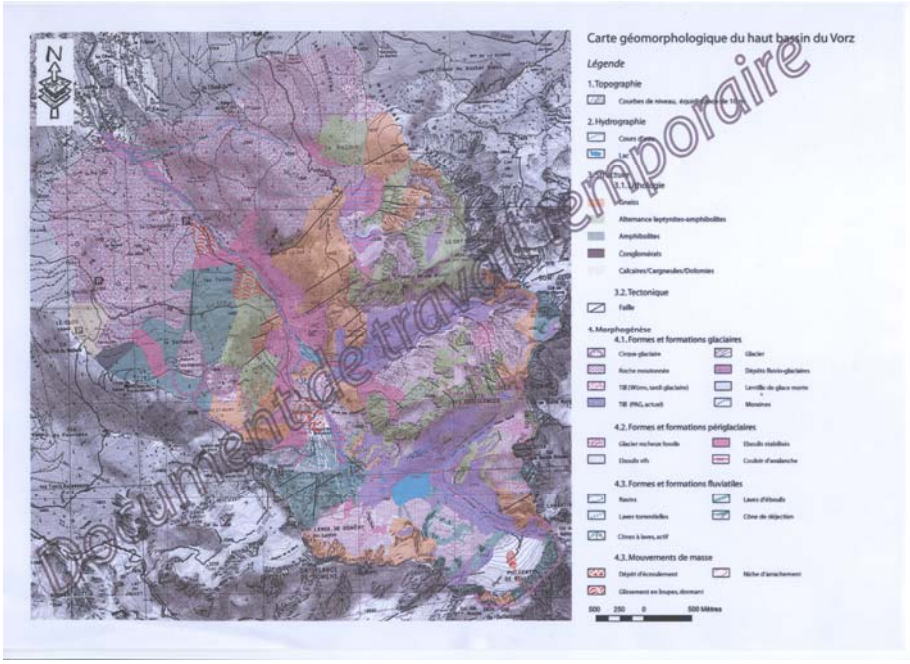
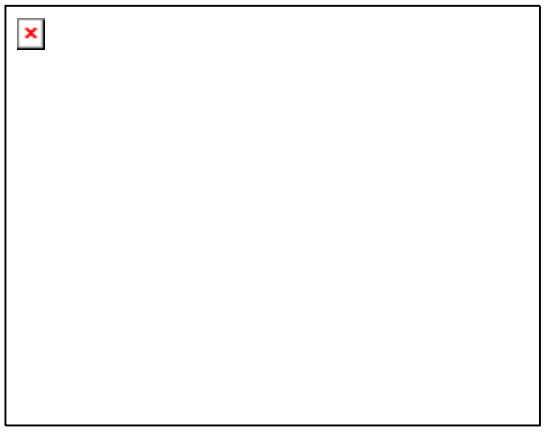


Figure 14 : Carte géomorphologique globale de référence pour l'analyse morphologique détaillée (Source EDYTEM)

Les différents profils sont repérés et font l'objet d'élaboration de profils en travers par exploitation des données Lidar.



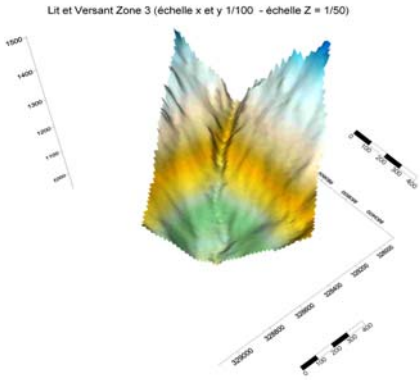


Figure 15 : Vue globale et détaillée de la zone de production sédimentaire majoritaire (de la passerelle à la microcentrale)

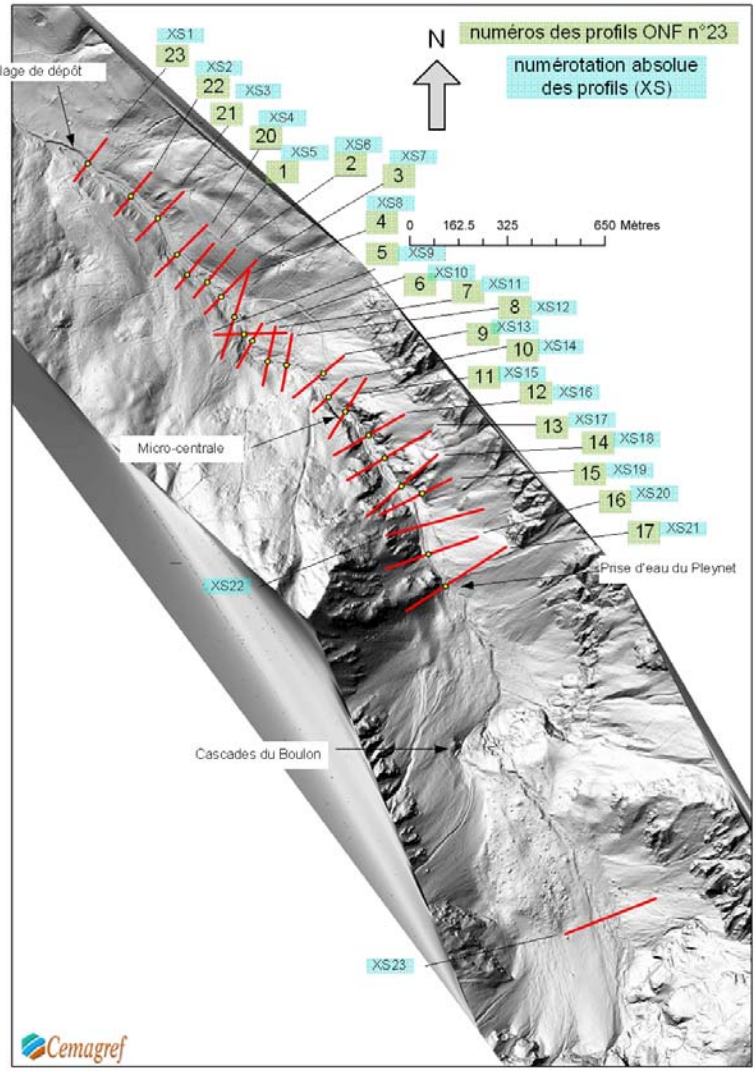


Figure 16 : localisation des points d'analyse ONF/RTM – *Cemagref* (description qualitative et topographie détaillée)

2.3.2 Dossier photographique

Le tronçon contribuant le plus au transport solide fait l'objet d'une description qualitative détaillée sous la forme de dossier photographique géo référencé. Les clichés RTM/ONF reproduits en annexe sont repérés par GPS. Les clichés *Cemagref* sont repérés également en fonction de leur azimut de prise de vue. Cette méthodologie alourdit la phase de collecte des données mais permet une traçabilité accrue (figure 17).

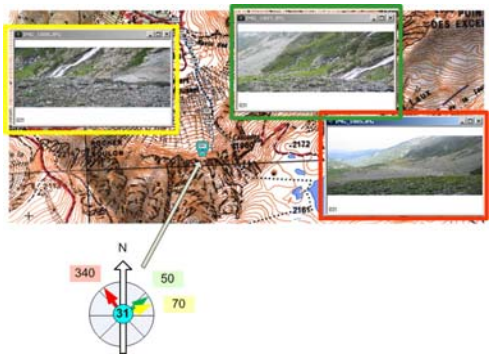
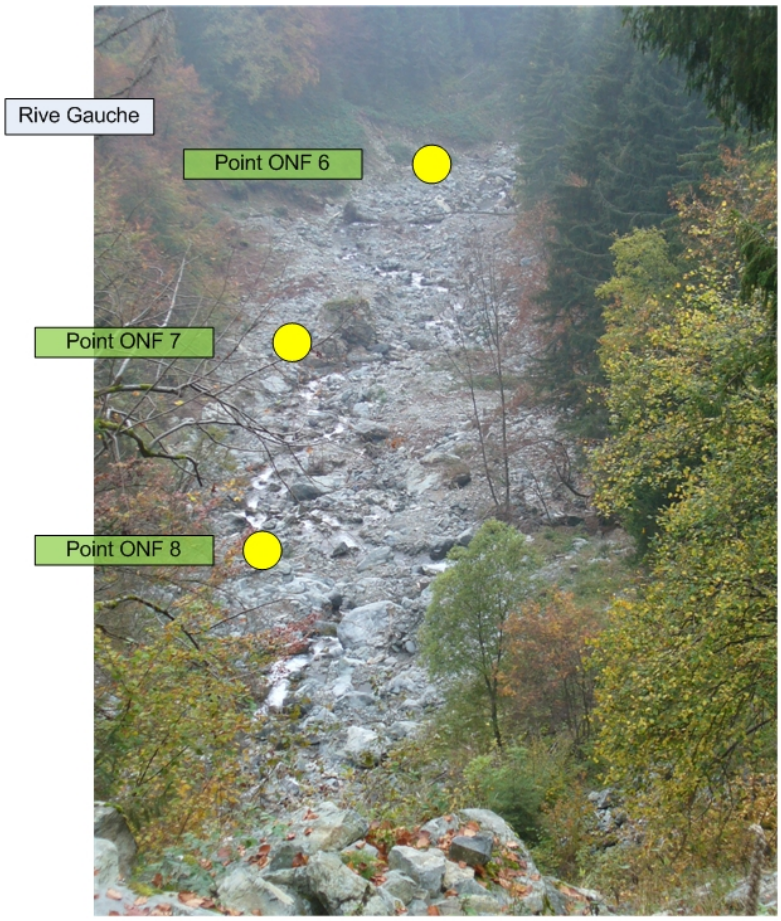


Figure 17 : Repérage des clichés *Cemagref* (position et azimut)

Les différents points caractéristiques du profil en long identifiés lors des phases de terrain sont décrits à titre d'exemple sur les figures 18, 19 et 20.



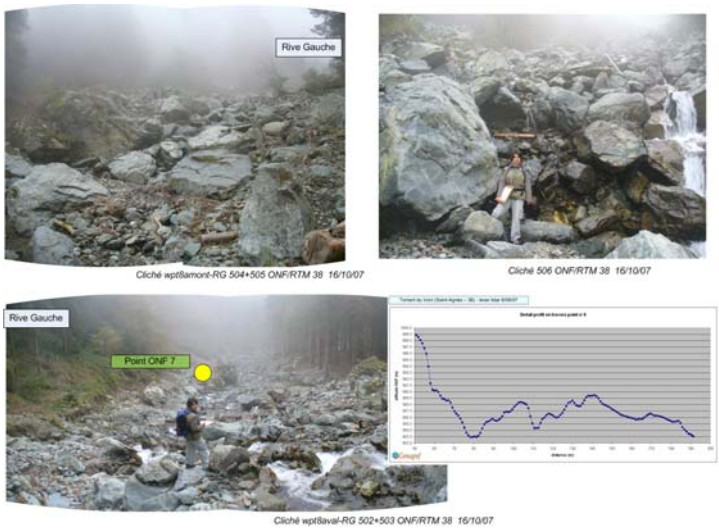
Cliché 589 ONF/RTM 38 16/10/07

Cliché 587 ONF/RTM 38 16/10/07

Figure 18 : Exemple de positionnement des points de référence

Panoramique partie basse 5 vues ONF/RTM 38 16/10/07

Figure 19 : exemple de description photographique des points ONF levés



Cliché wpt8amont-RG 504+505 ONF/RTM 38 16/10/07

Cliché 506 ONF/RTM 38 16/10/07

Cliché wpt8aval-RG 502+503 ONF/RTM 38 16/10/07

Figure 20 : Exemple de synthèse des relevés sur le terrain (ONF/RTM) avec analyse topographique fine (exploitation relevé Lidar *Cemagref*)

2.3.3 Apport des données topographiques pour le diagnostic géomorphologique

Les données topographiques sont essentielles pour l'établissement du diagnostic du fonctionnement torrentiel. L'analyse du profil en long constitue la première étape incontournable de l'expertise. Au niveau de chaque point, des profils en travers sont réalisés pour analyser la structure transversale du lit. Les figures 22 et 21 localisent les points de relevé dans les secteurs du profil où se localisent principalement et respectivement les zones d'érosion et de dépôt majoritaires.

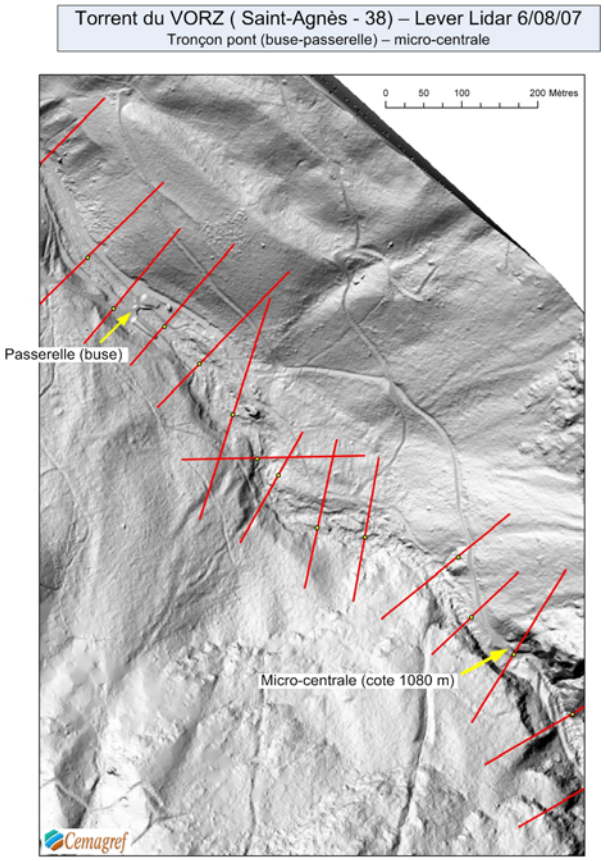


Figure 21 : Localisation des profils en travers sur l'image Lidar (du point 1 passerelle au point 11 microcentrale)

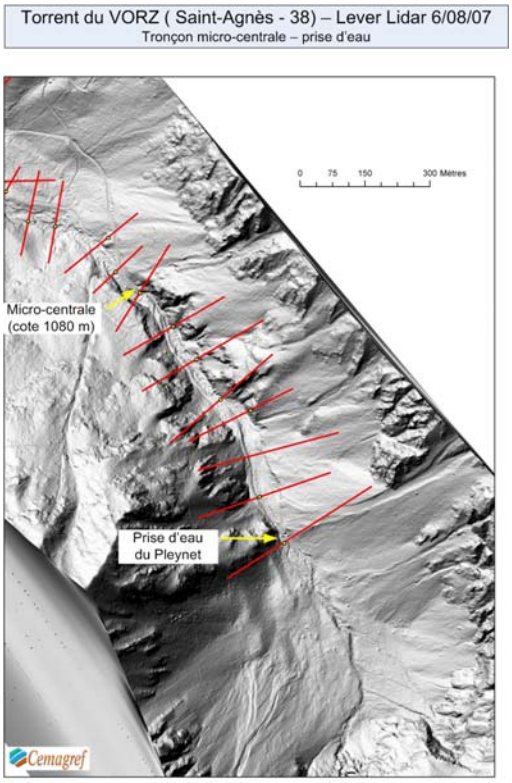


Figure 22 : Localisation des profils en travers sur l'image Lidar (du point 11 microcentrale à la prise d'eau)

Au-delà des différents profils en long, l'intérêt de l'analyse réside dans la comparaison des informations associées à ces différents modes de représentation. La figure 23 représente le profil en long simplifié obtenu à partir d'un levé GPS lors de la campagne ONF.

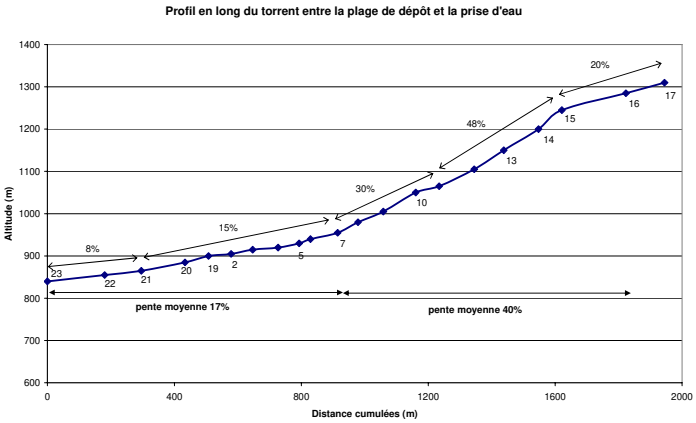


Figure 23: Profil en long simplifié – acquisition GPS (du point 23 au point 17)

Profil en long et analyse des pentes sur le profil en long complet (de la plage de dépôt au lac Blanc)

Les points de relevé ONF sont mentionnés en rose sur le profil ci-dessous. On visualise nettement sur le profil (figure 24) et sur le diagramme des pentes, les ruptures dans le profil en long qui marquent des déconnections entre des systèmes de production sédimentaire. Les zones de replat (et d'accumulation de matériaux) sont séparées par des falaises (aval du lac Blanc, cascades du Boulon). Il y a peu ou pas de transfert de sédiment de ces zones vers les zones aval pour les crues courantes. Une accumulation se produit dans ces zones sans connexion systématique avec l'aval.

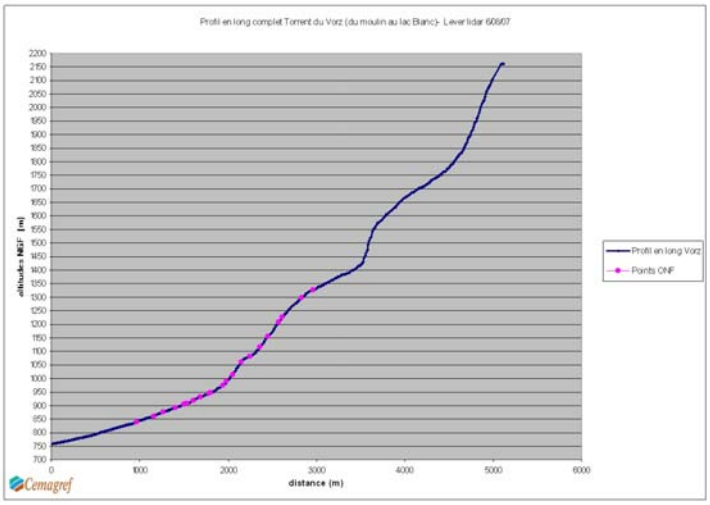


Figure 24 : Profil en long complet (du moulin aux cascades du Lac Blanc)

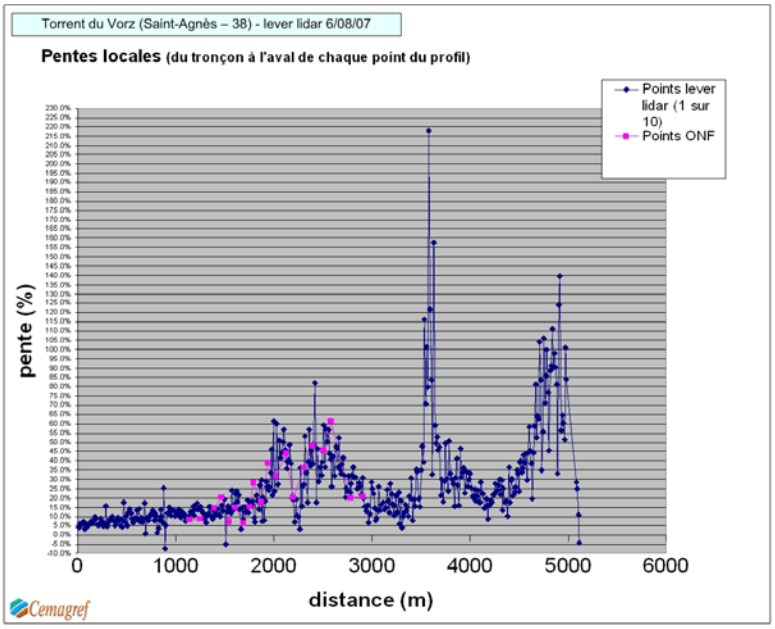


Figure 25 : Analyse des pentes sur le profil en long complet : on distingue les différentes zones géomorphologiques

Profil en long et analyse des pentes sur le profil en long partiel (de la plage de dépôt à la prise d'eau du Pleynet)

Cette zone constitue le tronçon actif dans lequel les matériaux sont prélevés au niveau des berges et du lit puis déposés en aval sur les zones à plus faible pente à partir du point 7. Les figures ci-dessous constituent des vues de détail du tronçon étudié. On note sur la figure 27, la variabilité locale de pentes observées dans le torrent. Cette hétérogénéité permet de se faire une idée de la structure longitudinale du lit avec une succession de marches de taille métrique (voir les photos en annexe). La question de la valeur de pente représentative d'un fonctionnement hydraulique caractéristique prend ici tout son sens : quelle valeur moyenne faut-il choisir ? La finesse des données Lidar n'affranchit pas de cette décision mais traduit objectivement l'hétérogénéité du lit.

Torrent du Vorz (Saint-Agnès – 38)

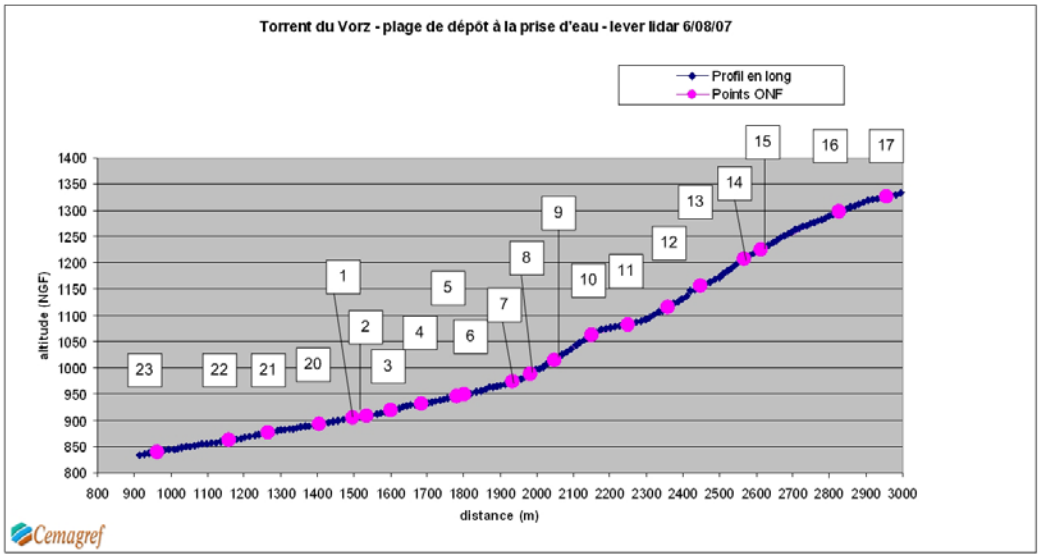


Figure 26 : Profil en long détaillé de l'aval de la plage de dépôt (23) à la prise d'eau du Pleynet (17) : lever Lidar avec repérage des points ONF/RTM

Torrent du Vorz (Saint-Agnès – 38) - lever lidar 6/08/07

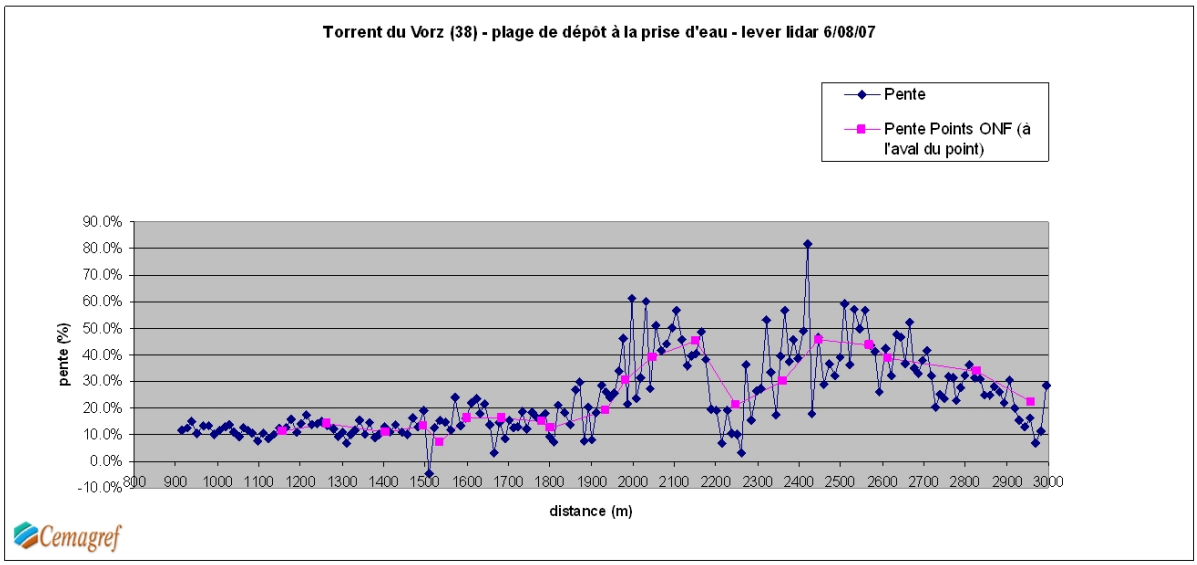


Figure 27: Analyse des pentes – Comparaison entre le relevé simplifié (à partir des données GPS ponctuelles) et le relevé Lidar : On note la différence

Profil en long et analyse des pentes sur le profil en long partiel (des points 6 à 11 - microcentrale)

Le profil en long (figure 28) constitue une vue plus détaillée du secteur entre les points 6 à 11. La figure 29 représente la densité maximale des points pouvant être représentés. Cette finesse peut être exploitée pour décrire les formes morphologiques.

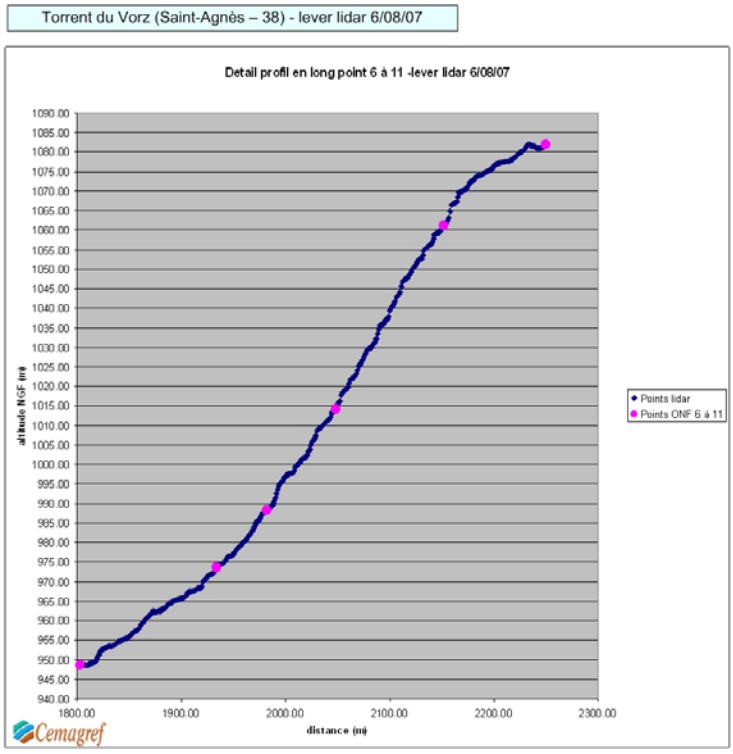


Figure 28 : Profil en long entre les points 6 et 11 ONF (noter la différence de densité)

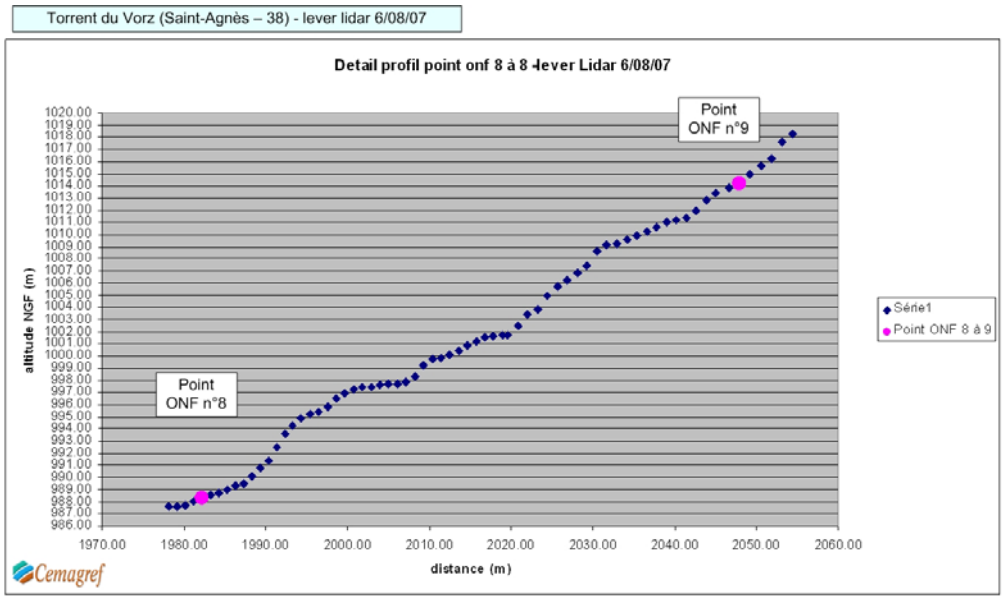


Figure 29: Profil en long réalisé avec la résolution maximale : on visualise nettement les formes morphologiques grâce à la précision de l'acquisition Lidar.

Profil en travers complet et partiel (limité au chenal d'écoulement) au niveau du point 15 (zone d'érosion en aval de la prise d'eau du Pleynet)

Les sections du profil en travers sont analysées avec des niveaux de précision variables. La figure 30 correspond à un profil sur la largeur de la vallée alors que la figure 31 correspond à un détail de la zone du chenal d'écoulement. Cette figure permet de visualiser les niches d'arrachement en rive gauche et droite et la zone de dépôt (ayant fait l'objet d'un reprofilage).

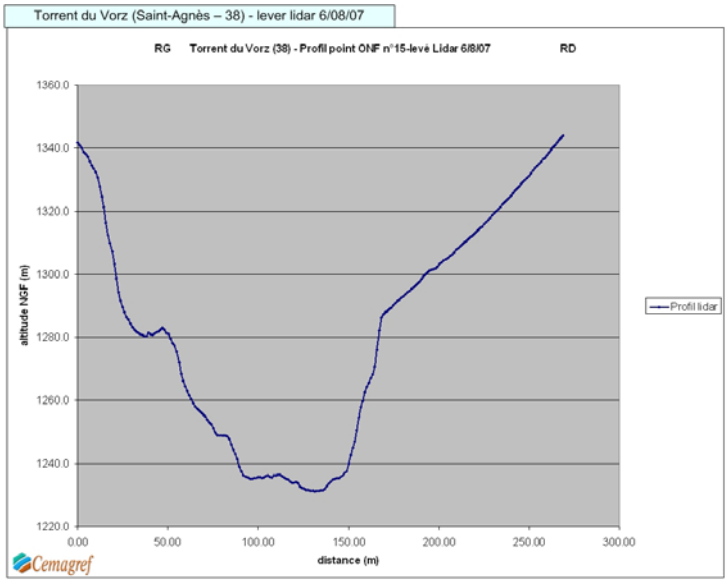


Figure 30 : Profil en travers au niveau du point 15 (Zone d'alimentation en matériaux solides en aval de la prise d'eau du Pleynet)

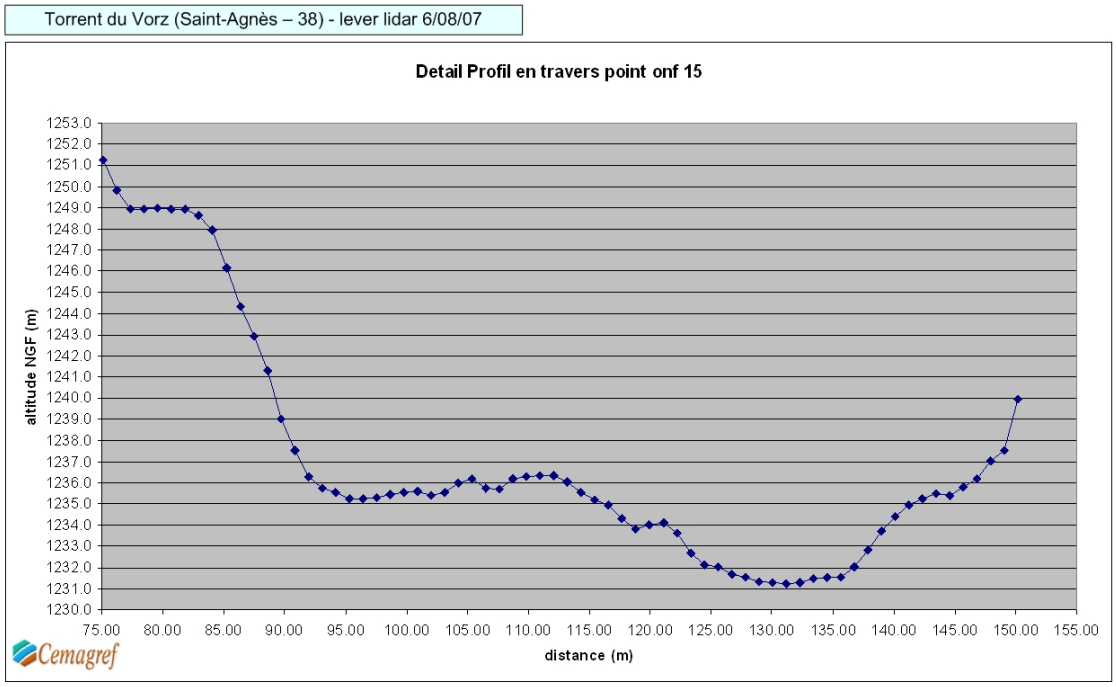


Figure 31: Détail au niveau du lit du profil en travers n°15 (noter la résolution permettant la visualisation des terrasses, niches d'arrachement, escarpement en rive droite à droite de la figure)

2.4 Eléments d'analyse des scénarios morphologiques : exemple d'estimation des volumes

L'analyse morphologique vise à identifier les sources de matériaux et quantifier leurs volumes. Cette analyse est soumise à de nombreuses incertitudes en fonction de la qualité des données topographiques et de la méthode d'estimation utilisée. Dans la plupart des cas, un avis d'expert est requis

Les approches présentées ci-dessous correspondent à des exemples de calcul et d'estimation réalisés à partir d'une approche sommaire par l'ONF et par application de la méthode PREVENT (Veyrat-Charvillon, 2003)

2.4.1 Approche ONF

2.4.1.1 Analyse du profil en long

Le profil en long du torrent tracé à partir des points GPS (X,Y) et des données de l'altimètre (Y) entre la plage de dépôt et la prise d'eau du Pleynet est représenté ci-dessous. Les numéros reportés correspondent aux points de levés de terrain.

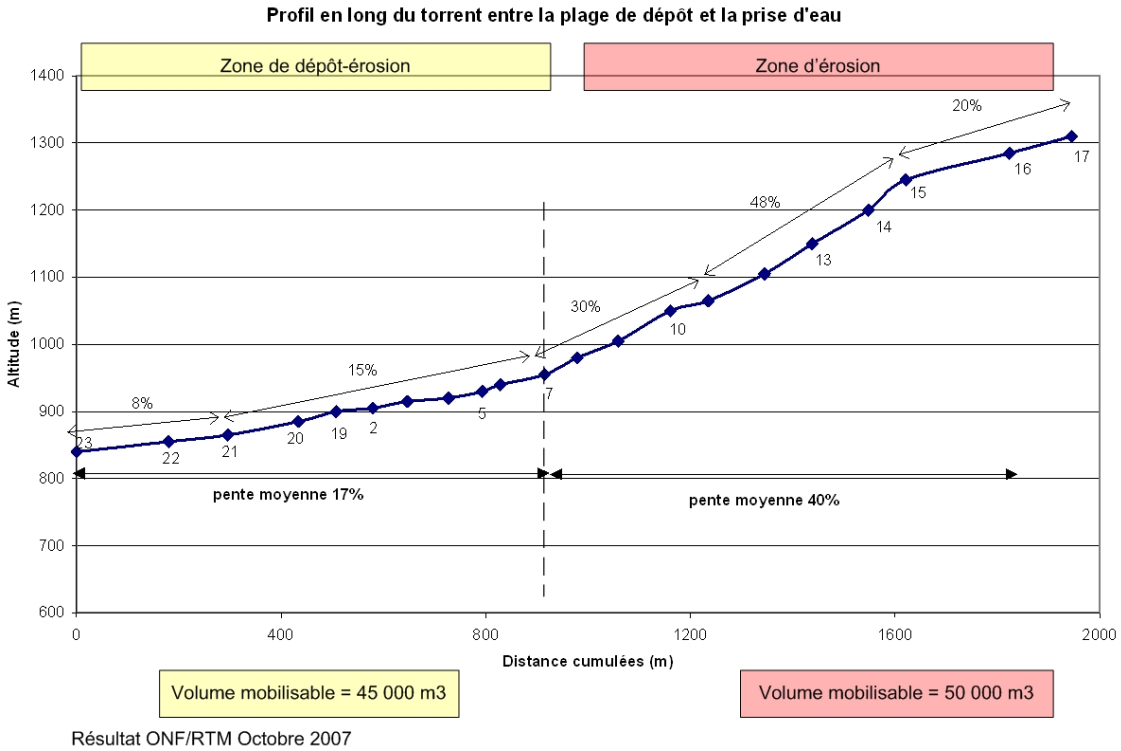


Figure 32 : Profil en long du torrent au niveau de la zone d'étude

Au niveau du point 7, on remarque une rupture de pente assez marquée qui a nettement été repérée sur le terrain. En amont de ce point, le torrent érode les berges et le fond de lit dans les zones

avec des dépôts/reprises par endroit. En aval de ce point, on observe essentiellement des dépôts au sein desquels le lit a tendance à divaguer.

2.4.1.2 Volumes

Le tableau ci-dessous illustre les éléments acquis de manière sommaire pour définir les volumes disponibles au niveau des différents points d'étude.

GPS Lambert II Point station	Description repère plan	Photos Description	Situation existante : Description (initiales profils indiqués ou autre) Nature, situation, quantités, méthode (**Decam**ètre, **Tele**mètre, **Clisi**mètre, Lire d'expert), **i.e.** x%	Scénario crue 2005
Nom : 23 883249 : E 2029523 : N z : 908 EPE : m nb sat : altim : 940	Entrée PDD radier sec	N°: 107-0604	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~	zone de dépôt / reprise
Nom : 22 883392 : E 2029413 : N z : 896 EPE : m nb sat : altim : 855	T 22 à 23 Combe à gauche	N°: 107-0603	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux sur 150 ml pistes des 2 cotés (RD goudronnées) mesuré 8m*5m * 2= 80 m3/ml Fond mobilisable 5m3/ml soit 85 m3/ml donc 12 700 m3 sur le tronçon Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~ Fiabilité : +/-	zone de dépôt / reprise
Nom : 21 883482 : E 2029341 : N z : 882 EPE : m nb sat : altim : 860	T21à 22 Combe à gauche	N°: 107-0602	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux sur 100 ml pistes des 2 cotés (RD goudronnées) mesuré 7m*5m * 2= 70 m3/ml présence de blocs > 5m3 - pente en long forte - pas de reprise de fond de lit soit 70 m3/ml donc 7000 m3 sur le tronçon Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~ Fiabilité : +/-	zone de dépôt / reprise
Nom : 20 883546 : E 2029219 : N z : 902 EPE : m nb sat : altim : 885	T 20 à 21 face cabane béton RD	N°: 107-0601	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux sur 140 ml pistes des 2 cotés (RD goudronnées) mesuré RD 7m*3m +TRG 7*5m= 56 m3/ml Piste RD moins haute (3m/l.e.) fond de lit granulo moyenne + 5 m3/ml soit 61 m3/ml donc 8500 m3 sur le tronçon Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~ Fiabilité : +/-	zone de dépôt / reprise
Nom : 19 883615 : E 2029153 : N z : 896 EPE : m nb sat : altim : 900	T 19 à 20 Ponceau = n°19 et 1	N°: 107-0594	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux Sur 100ml pistes des 2 cotés (RD goudronnées) mesuré 7m*5m * 2= 70 m3/ml dépôt et fond de lit granulo moyenne 20l : + 5m3/ml soit 75 m3/ml donc 7500 m3 sur le tronçon Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~ Fiabilité : +/-	zone de dépôt / reprise
Nom : 1 883580 : E 2029161 : N z : 947 EPE : m nb sat : altim : 900	T 1 à 2 Ponceau route forestière	N°: 473 à 475	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux Entonnement amont pont - gros blocs secs - pavage fond de lit blocs 0 à 30l Reprise de matériaux possible sur les 2 rives (remblais) - 1 pt dur RD (blocs) mais pas en fond Sur 60ml reprise de matériaux possible 3m*12m * 2= 72 m3 + 3m3 fond soit 75 m3/ml donc 4500 m3 sur le tronçon Point Dur : Non – ~~Oui – Nature~~ Fiabilité : +	zone de dépôt / reprise
Nom : 2 883647 : E 2029129 : N z : 927 EPE : m nb sat : altim : 905	T 2 à 3 Bloc 5m3 en RG	N°: 476 477	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ profil naturel - ~~Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux Lit avec bourrelet repris en cas de crue - plusieurs points durs, gros blocs - RD plus dur que RG - prolongation possible de granulo de 0 à 80l Sur 80ml reprise de matériaux 5m3 + 1*20 m3 fond soit 25 m3/ml donc 2000 m3 sur le tronçon Point Dur : ~~Non~~ - Oui - Nature / lit Fiabilité : +	zone de dépôt / reprise
Nom : 3 883684 : E 2029080 : N z : 941 EPE : m nb sat : altim : 915	T 3 à 4	N°: 478 à 482	profil retravaillé : ~~Chenal Artificiel - Terrassements (RG, Fond, RD) - Seul -~~ ~~profil naturel - Incision - Déstabilisation~~ - Reprise De Matériaux Passage petite RG - remodelage des terrains - incision RG - arrivée d'une source RG granulo de 0 à 80l mais présence de plus gros blocs en plus grand nombre Sur 80ml reprise de matériaux 200m3 en RG + 0,5*40 m3 fond soit 20 m3/ml + 200 m3 RG donc 1800 m3 sur le tronçon Point Dur : ~~Non~~ - Oui - Nature : blocs Fiabilité : +	Incision RG due à point dur RD - énormes blocs - berges peu protégées

Torrent du VORZ (38) - Compte-rendu lever octobre 2007

Figure 33 : Compte-rendu de lever de terrain qualitatif ONF (estimation globale sommaire des volumes disponible)

Dans le tableau ci dessous, figurent les longueurs de tronçons et les volumes mobilisables estimés lors des relevés de terrain. Le volume ponctuel correspond à une estimation d'un volume mobilisable sur une zone précise du tronçon. Le volume linéaire est quant à lui une estimation au vu de la quantité de matériaux érodables par section.

Profil	Volume ponctuel	Volume linéaire m3/ml	Longueur tronçon estimée	V estimé avec L estimée	Distances partielles	Distances cumulées	Longueur tronçon calculée	V calculé avec L tronçon
23					0	0		
22		85	150	12 750	180	180	180	15 335
21		70	100	7 000	115	296	115	8 068
20		61	140	8 540	138	433	138	8 404
19		75	100	7 500	74	507	74	5 550
1		75	60	4 500	0	507	71	5 338
2		25	80	2 000	71	579	68	1 697
3	200	20	80	1 800	68	647	80	1 803
4		10	60	600	80	727	66	662
5		5	60	300	66	793	36	178
6	2000	7	300	4 100	36	829	86	2 601
Sous total 1				**49 090**			**914**	**49 636**
7	800			800	86	914	64	800
8	500			500	64	978	80	500
9	400			400	80	1058	102	400
10	1500			1 500	102	1160	74	1 500
11	2000			2 000	74	1234	110	2 000
12	100	7	200	1 500	110	1345	93	753
13	500	7	200	1 900	93	1438	109	1 266
14	1000	2	100	1 200	109	1547	73	1 147
15	500	121	200	24 700	73	1621	202	24 953
16	200	95	50	4 800	202	1823	122	11 762
17					122	1944		
Sous-total 2				**39 300**			**1 030**	**45 081**
Total				**88 390**				**94 717**

Résultat ONF/RTM Octobre 2007

Figure 34 : Synthèse des volumes mobilisables

Au vu des conditions météorologiques peu propices, les longueurs de tronçons n'ont pu être mesurées sur le terrain au lasermètre. Elles ont donc été estimées sur site. Au vu des résultats obtenus, elles semblent sous estimées. Ainsi les volumes mobilisables estimés sur les fiches de terrain le sont aussi. Ces longueurs ont donc été réévaluées à l'aide des données GPS collectées. Ainsi, le volume de matériaux mobilisable sur la zone d'étude peut être estimé à 95 000m3 dont 50 000 m3 entre les tronçons 7 et 16 et à 45 000m3 à l'aval du point 7.

Conclusion

Il apparaît que la quantité de matériaux mobilisables dans le torrent est très importante, de l'ordre de 100 000m3 sur la zone d'étude. Il est nécessaire de noter que seul le lit du torrent du Vorz a été pris en compte. Les affluents du torrent, même s'ils n'ont pas été mobilisés pendant la crue d'août 2005 présentent des accumulations de matériaux (voir photographie n°106-0920) qui pourraient être éventuellement repris dans le cas d'une crue avec un scénario hydrologique différent. En effet, pendant la crue d'août 2005, les précipitations abondantes ont été localisées sur les hauts bassins uniquement.

En tout état de cause, la quantité de matériaux disponible n'est donc probablement pas le facteur le plus limitant lors d'un phénomène de crue. Dans le cas étudié, il semble que le facteur principal limitant du phénomène soit surtout la capacité de transport du torrent, même si aucune vérification tenant compte de la topographie du chenal et des scénarii hydrologiques plausibles n'a été menée

Au vu de l'analyse du profil et des ruptures de pente, on peut néanmoins imaginer le déroulement du phénomène de la manière suivante :
Des précipitations durables et/ou Intenses engendrent un débit liquide important sur le haut bassin
Mobilisation des matériaux conditionnée par le débit du torrent et sa pente en long en amont du point 7 (de l'ordre de 40%)
En aval du point 7, la diminution de la pente (15 à 20%) engendre une diminution de la capacité de transport du torrent. On observe donc des dépôts importants, la divagation latérale du lit et l'érosion des berges, conduisant à une véritable substitution de charge.
Ultérieurement, ces dépôts sont ensuite repris et transportés vers l'aval par des écoulements moins chargés en matériaux et en fonction de la capacité de transport du tronçon (lié à la pente de 17%)

De ce fait, il est très probable que le volume de matériaux attendu à l'aval de la zone d'étude au niveau de la plage de dépôt soit surtout conditionné par la capacité de transport de la zone située en aval du point 7 elle-même dépendant de la forte pente en long de ce secteur (15 à 20%).

2.4.2 Approche EDYTEM

2.4.2.1 Méthodes

La méthode PREVENT a été mise en œuvre par l'équipe EDYTEM pour quantifier les volumes disponibles. Le bassin versant torrentiel du Vorz (en amont de La Gorge) est un bassin relativement étendu, ce qui n'est pas *à priori* une caractéristique des torrents transportant des matériaux sous forme de lave torrentielle. Le torrent du Vorz, dans sa partie haute, est composé de différents secteurs déconnectés les uns des autres quant transports solides. Il s'agit de l'amont vers l'aval :
1) le secteur en amont du lac Blanc,
2) le replat entre la cascade sous le lac Blanc et les cascades du Boulon,
3) le replat entre les cascades du Boulon et celles provenant du lac Blanc (rive gauche) d'une part, et la prise d'eau où la végétation au niveau du rétrécissement indique un transfert de matériaux quasiment nul d'autre part,
4) les fortes pentes entre la prise d'eau et le petit pont (chemin goudronné),
5) la partie en aval du petit pont, jusqu'à la plage de dépôt où la pente est assez faible (inférieure à 8°).

De plus, le bassin versant dispose de matériaux provenant en grande partie d'héritages glaciaires. On peut se demander si le stock sédimentaire ne peut pas être considéré comme illimité pour notre étude sur le risque qui se place à une échelle de temps courte (de quelques décennies). Si tel était le cas, ce torrent sortirait du domaine d'application de la méthode PREVENT puisqu'il appartiendrait au type « transport limited system » (à recharge illimité) et non pas au type « weathering limited system » (à recharge limité). Mais l'on sait également qu'un torrent du premier groupe, dans le cas d'un héritage sédimentaire, peut un jour passer dans le second. Dans le cas du Vorz il n'est pas facile de le classer avec certitude dans l'un des deux groupes, c'est pourquoi nous avons décidé d'utiliser tout de même la méthode PREVENT.

Des mesures topographiques sont faites dans le chenal sur l'ensemble de ces cinq zones, mais seule la quatrième peut-être étudiée comme une zone produisant potentiellement des laves torrentielles. Cela signifie que des laves torrentielles peuvent survenir, mais pas que ce soit le seul mode de transport solide. Par conséquent la méthode PREVENT n'a été appliquée que sur cette zone (fortes pentes entre la prise d'eau et le petit pont).

Pour l'ensemble des secteurs, les mesures topographiques ne sont pas inutiles puisqu'elles constituent un état des lieux qui va permettre d'appréhender l'évolution des mouvements sédimentaires dans les années à venir. La méthode d'échantillonnage sous forme d'un profil en long et de profils en travers « allégés » (4 points dont un appartenant au profil en long) a été maintenue. Même pour des zones où le transport par charriage et la divagation prédominent, outre l'altitude du profil en long, cette méthode de mesure permet également de rendre compte des variations de largeur et des modifications du tracé du lit.

Pour la zone 4, où la méthode PREVENT a été appliquée, les résultats sont assez variables car cette zone n'est pas homogène ; nous l'avons donc scindée en deux :

a) de la prise d'eau à la centrale,
b) de la centrale au petit pont.

Dans la partie aval (b) aucun points durs (escarpements rocheux) n'ont été relevés. Comme cela est signalé dans la méthode, le niveau du fond (PLAN) n'est pas connu et est estimé à partir des points durs. En l'absence de ceux-ci, étant donné que le profil en long est généralement concave vers le haut, le niveau topographique se situe alors souvent en dessous du niveau PLAN donnant des résultats négatifs. Une question essentielle à se poser est de savoir s'il existe des points durs (escarpements rocheux) sous-jacents, actuellement ensevelis sous les matériaux. Seuls des témoignages ou des données d'archives (photographies) pourraient donner rapidement des réponses. Des méthodes plus lourdes de géophysique peuvent aussi être envisagées.

Dans la partie amont (a), plus pentue, plusieurs affleurements rocheux (points durs) dans le talweg ont été recensés. Les résultats ont une incertitude moindre, mais donnent de fortes valeurs, de l'ordre de 150 000 m^3. Cette valeur semble élevée en tant que volume d'une lave torrentielle. En tout cas elle reflète un volume important de matériaux stockés dans le chenal. Il faut également mentionner que dans ce secteur un important remaniement des matériaux à la pelle mécanique a été effectué après la crue de 2005. Nos mesures interviennent 2 ans plus tard, et l'interprétation géomorphologique est alors très délicate. Je pense toutefois que cette valeur de 150 000 m^3 doit être prise en compte comme un stock de matériaux qui à l'avenir sera remobilisé, mais peut-être pas au cours d'un seul événement. Cette hypothèse classerait donc le torrent du Vorz dans le type des torrents à recharge illimité, puisqu'il dispose encore d'un important volume sédimentaire. Dans ce cas une corrélation doit exister entre un seuil hydro-pluviométrique et les événements torrentiels. Malheureusement, cette relation est impossible à mettre en évidence sans mesures pluviométriques dans le bassin de réception.

Le transport solide dans cette zone peut se produire sous forme de lave torrentielle et aussi sous forme de charriage torrentiel (hyperconcentré), et ce, au cours d'une même crue.

	PREVENTsup	PREVENTinf	Mediane	Incertitude %
Total (PDD)	-156 422	201 844	22 711	789
Amont passerelle	-158 092	189 888	15 898	1 094
etAvalPriseEau	-160 766	180 509	9 871	1 729
entrePasserelleetCentrale	-271 891	-16 256	-144 073	-89
entreCentraletPriseEau	111 125	196 765	153 945	28

Résultat EDYTEM

Figure 35 : estimation du volume de matériau mobilisable par la méthode PREVENT

2.4.3 Conclusions

Les estimations de volume conduites par différents opérateurs selon des techniques variables conduisent à des valeurs trés dispersées (de 90000 à 150000 m3). L'importance de la topographie est avérée dans tous les cas. Les données Lidar, non exploitées pour le moment avec cet objectif sont une alternative prometteuse. La proposition de niveau de référence pour caler les estimations de volume est en cours notamment au travers de l'exploitation d'anciens profils en long.

3 CAPITALISATION ET PARTAGE DES DONNEES D'OBSERVATION

Ce point constitue le dernier volet de l'étude. Il vise à recenser les données et les référencer. Cette description concerne des informations de nature et de format différents. Il peut s'agir de données de base de type cartographique, littérale, météorologique, articles de presse, témoignages. Il peut également s'agir de données issues de l'expertise ou de phases de terrain. Cet outil sera utilisable dans le cadre d'une expertise et de la gestion collective du risque sur un bassin versant torrentiel. Il s'appuiera sur une structuration de métadonnées conformes au standard ISO 19115. Il portera dans un premier temps sur les données brutes ou élémentaires n'ayant pas fait l'objet d'une interprétation. Les données peuvent être d'une part des informations génériques disponibles sur l'ensemble du territoire français comme les cartes IGN, bases de données géographiques standard, cartes géologiques, données de pluie (intensité, durée de l'épisode etc.) ; d'autre part des données spécifiques à chaque évènement, dont il est plus difficile de garantir la fiabilité. Ces données sont intégrées ou fondent les raisonnements experts. Assurer la traçabilité est un enjeu essentiel. La norme ISO 19 115 peut permettre de décrire, au travers de métadonnées, la « généalogie » des données.

L'implémentation de cette partie de la norme a fait l'objet de peu d'applications à l'heure actuelle, a fortiori dans le domaine de l'expertise des risques naturels. Cette démarche a fait l'objet d'une étude exploratoire dans le cadre de l'établissement d'un PPR avalanches (Tacnet, Burnet,Maurel, 2005).

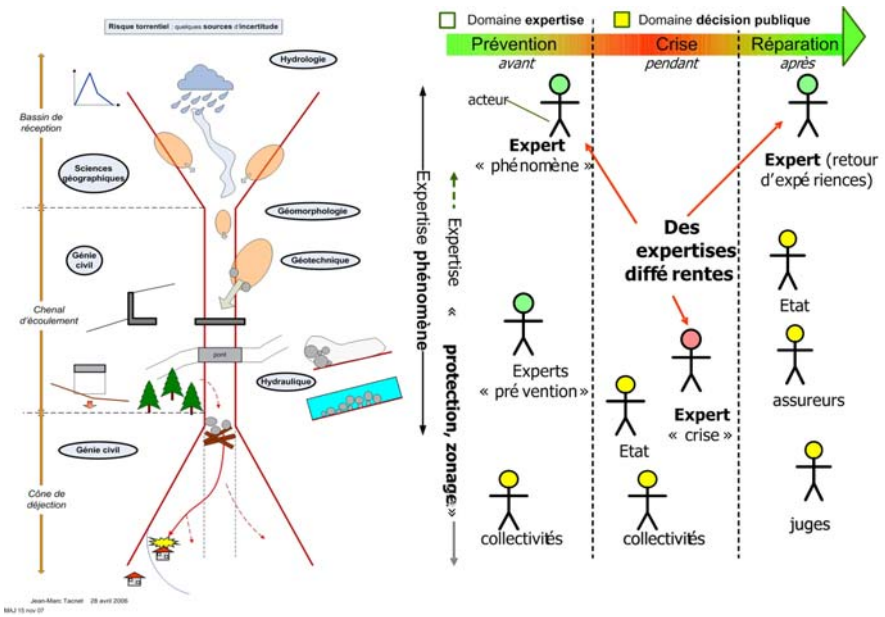


Figure 36 : Les types d'expertise de documents produits sont multiples et souvent ignorés d'une sphère à une autre

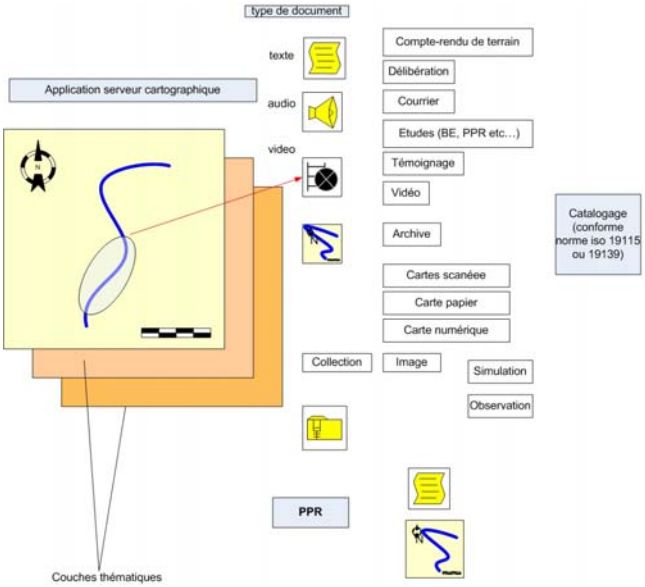


Figure 37 : Le catalogage vise à référencer les documents disponibles sur une zone donnée, sur une thématique définie

3.1 Collecte des données

Depuis la dernière crue d'Août 2005, différentes études, projets, visites ont permis de recenser et/ou produire des données relatives au torrent du Vorz. Comme souvent, ces données sont acquises par des opérateurs de natures différentes dans des contextes et avec des objectifs variables. La liste fournie en annexe récapitule les données disponibles. Le schéma ci-dessous donne quelques exemples des données et études relatives au torrent du Vorz et susceptibles d'être référencées dans le cadre d'une application de catalogage dénommée MdWeb. La démarche mise en œuvre consiste à définir des profils (gabarits) adaptés à chacun des types de documents rencontrés (voir figure 37) en vue de leur saisie dans un outil d'accès à l'information partagé.

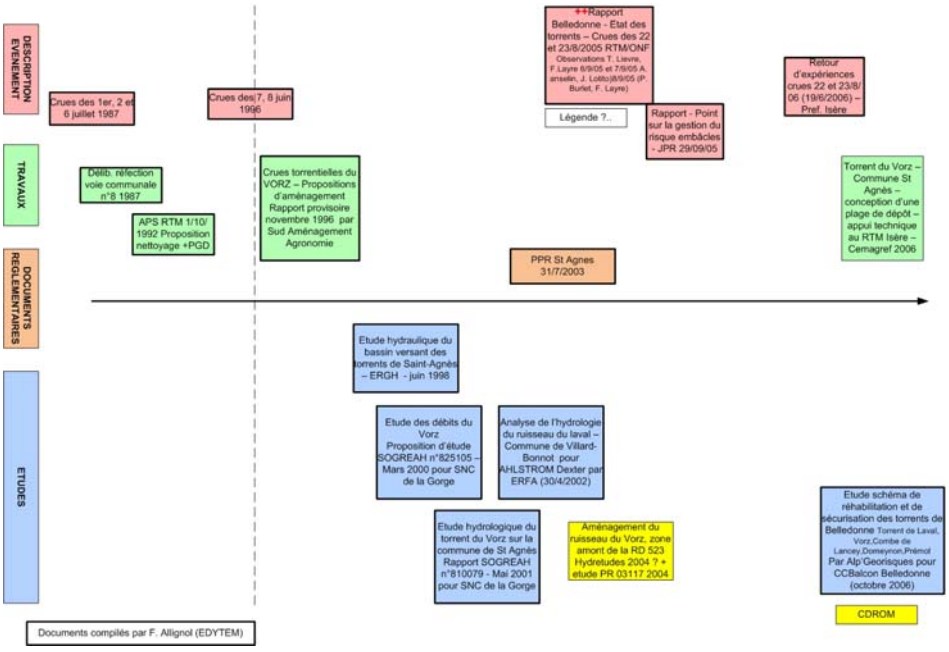


Figure 38 : Exemples de données disponibles sur le torrent du Vorz

Ces informations sont saisies dans un outil de catalogage permettant d'effectuer des recherches thématiques et cartographique. Différents profils d'utilisateur sont définis pour la saisie et la consultation des données. Cette application prototype est accessible via internet et permet de réellement partager de l'information dans le cadre d'une expertise de risques naturels. Le principe n'est pas de mettre l'information de base à disposition mais d'informer sur l'existence, la nature et les conditions d'accès à ces données.

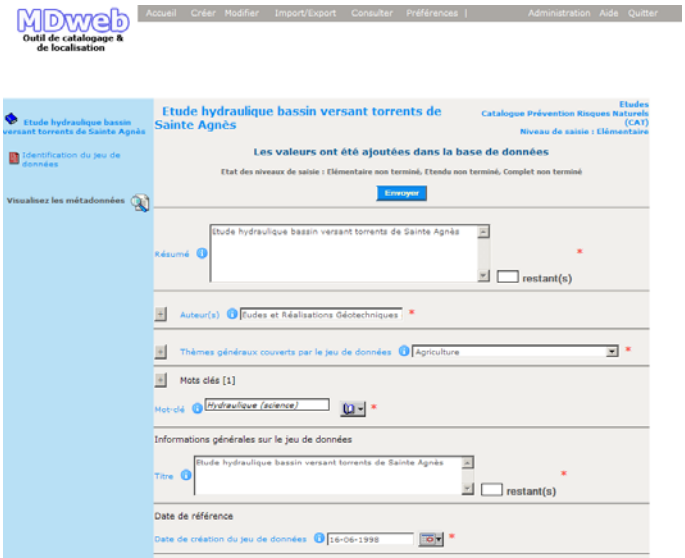


Figure 39 : Exemple de masque de saisie d'une ressource documentaire

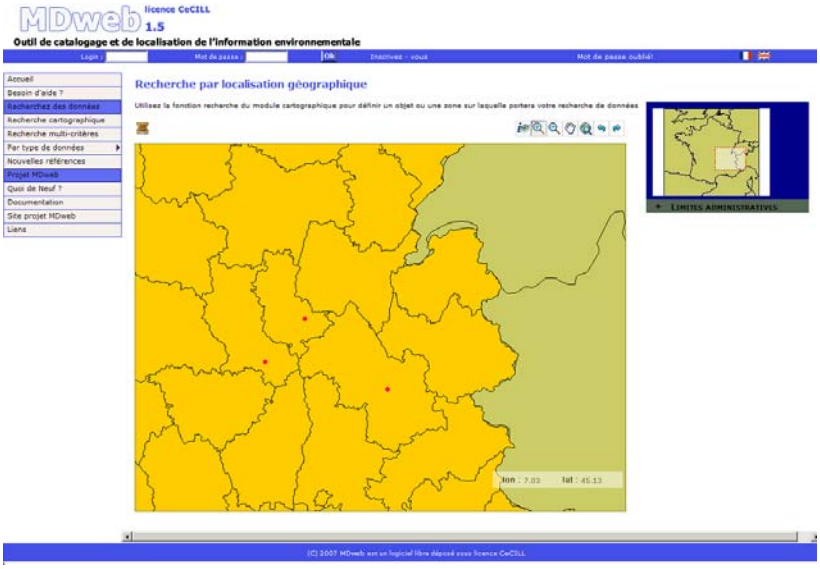


Figure 40 : Exemple de recherche cartographique

3.2 Mise en œuvre d'un outil de catalogage des données

Les données sont rarement libres de droit et accessibles à tous publics. L'objectif recherché n'est pas de mettre à disposition ces données dans une base de données ouverte mais de les référencer afin de faire connaître leur existence aux utilisateurs potentiels. Ceci concerne aussi bien les élus, les techniciens que les citoyens qui peuvent disposer d'informations importantes relatives par exemple à la description d'évènements de crue. Plus que les données en elles-mêmes, ce sont donc les métadonnées qui sont particulièrement importantes dans le cadre de ce travail.

Le principal objectif du catalogage de métadonnées vise à partager la connaissance et le travail réalisé autour et dans le cadre d'une expertise. Les documents utilisés et produits sont référencés de manière à être connus des utilisateurs potentiels des données.

Les tableaux ci-dessous décrivent un certain nombre de documents et leurs liens avec des gabarits de données pré-existants. Les supports utilisés ou produits peuvent être très variés :

Nom ressource	Composite (C) / Elémentaire (E)	Format du document : Numérique (N) / Analogique ou Papier (AP)	Localisable (L) / Non localisée (NL)
Plan de prévention des risques (PPR)	C	N et A	L
Plan d'exposition aux risques (PER)	C	N et A	L
Plan des surfaces submersibles (PSS)	C	N et A	L
Plan d'intérêt général (PIG)	C	N et A	L
Dossier Information communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)	C	N et A	L
Dossiers Communaux Synthétiques (DCS)	C	N et A	L
Plan Communaux de Sauvegarde (PCS)	C	N et A	L
Plan d'Occupation des sols (POS)	C	N et A	L
Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM)	C	N et A	L
Schéma de cohérence territoriale (SCOT)	C	N et A	L
Plan Local d'Urbanisme (PLU)	C	N et A	L
Atlas Zones Inondables (AZI)	C	N et A	L
Dossier Information Acquéreurs Locataires	C	N et A	L
Carte R111-3	E	A	L
Carte communale	E	N et A	L
Carte des aléas	E	N et A	L
Carte enjeux risques	E	N et A	L
Etude générale	E	N et A	L
Etude communale	E	N et A	L
Etude hydraulique	E	N et A	L
Etude géologique	E	N et A	L
Base de données Excel	C	N	L
Base de données géographiques MapInfo	C	N	L
Base de données géographiques ArcGIS	C	N	L
Base de données Access	C	N	L
Photo	E	N et A	L
Collection photos	C	N et A	L
Video	E	N et A	L
Collection vidéos	C	N et A	L
Rapport	C	N et A	L
Poster	E	N et A	NL
Prospectus	E	N et A	NL
Cahier des charges	E	N et A	NL
Procédures	E	N et A	NL
Livres	E	N et A	NL
Publications	E	N et A	NL
Encyclopédie	E	N et A	NL

Tableau 1 : Exemple de typologie de ressources disponibles relatives à l'étude du risque torrentiel sur un site d'étude

Les documents spécifiques relatifs à l'expertise sont les suivants :

Domaine de ressources	Nom ressource	Composite (C) / Elémentaire (E)	Format du document : Numérique (N) / Analogique ou Papier (AP)	Localisable (L) / Non localisée (NL)	GabRisk_carte Papier	GabRisk_carte Numerique	GabRisk_Classeur	GabRisk_BDrelationnelle	GabRisk_ImageRaster	GabRisk_Vecteur	GabRisk_BDgeographique	GabRisk_DocSimple	GabRisk_DocPartage
Documents de retour d'expériences													
	Compte-rendus de terrain												
Documents administratifs			P										
	6S3/98. (1831). Lettre au Préfet de l'Isère du propriétaire Claude Perrin. 6S3/98. (1832). Lettre des propriétaires de Villard-Bonnot au Préfet de l'Isère. 6S3/98. (1831). Lettre du Maire de Villard-Bonnot au Préfet de l'Isère. 7O1982. (1898). Extrait du registre des délibérations du conseil municipal de Sainte-Agnès du 2 octobre 1989. 7O1982. (1898). Extrait du registre des délibérations du conseil municipal de Sainte-Agnès du 29 octobre 1898. 7O1982. (1898). Rapport descriptif et estimatif du lac Blanc et du glacier de Freydane. 7O1982. (1898). Soumission de Mr Bergès dans le cadre de la vente du lac Blanc et du glacier de Freydane. 7O1982. (1899). Avis du Maire de Sainte-Agnès sur la vente du lac Blanc et du glacier de Freydane. 7O1982. (1899). Extrait du registre des délibérations du conseil municipal de Sainte-Agnès du 5 février 1899. 7O1982. (1899). Lettre de Mr Fredet à Mr le Commissaire Enquêteur dans l'enquête ouverte à la Mairie de Sainte-Agnès pour les travaux projetés au lac Blanc. 12S12/43. (1882-1897). Gestion des digues, syndicat de Tencin à Lancey. 7116W307. (1922). Rapport du subdivisionnaire des Ponts et Chaussées. Syndicat de Tencin à Lancey du 15 juillet 1922. 7116W307. (1925). Rapport du subdivisionnaire des Ponts et Chaussées. Syndicat de Tencin à Lancey du 17 janvier 1925. Ponts et Chaussées, Grenoble. 7116W307. (1933). Rapport du subdivisionnaire des Ponts et												

Domaine de ressources	Nom ressource	Composite (C) / Elémentaire (E)	Format du document : Numérique (N) / Analogique ou Papier (AP)	Localisable (L) / Non localisée (NL)	GabRisk_carte Papier	GabRisk_carte Numerique	GabRisk_Classeur	GabRisk_BDrelationnelle	GabRisk_ImageRaster	GabRisk_Vecteur	GabRisk_BDgeographique	GabRisk_DocSimple	GabRisk_DocPartage
	Chaussées. Syndicat de Tencin à Lancey du 15 juillet 1933. Ponts et Chaussées, Grenoble.												
Etudes													
	AHLSTOM DEXTER SA. (2002). Analyse de l'hydrologie du ruisseau de Laval (affluent de l'Isère), pp. 9. Alp'Géorisques. (2006). Etude d'un schéma de réhabilitation des torrents de Belledonne suite aux crues des 22 et 23 août 2005 : torrent de Laval, Vorz, Combe de Lancey, Domeynon, Prémol, pp. 94. Communauté de Communes du Balcon de Belledonne. Besson, L. (2005). "Les risques naturels, de la connaissance pratique à la gestion administrative." Editions Techni.Citées. ERGH. (1998). Eude hydraulique du bassin versant des torrents de Sainte-Agnès, pp. 26. Le Roy Ladurie, E. (2006). "Histoire humaine et comparée du climat, disettes et révolutions 1740-1860." Editions Fayard. Préfecture de l'Isère. (2006). Retour d'expérience et suites à donner aux inondations des 22 et 23 août 2005 dans le massif de Belledonne, pp. 15. Préfecture, Grenoble. RTM. (2003). Plan de Prévision des Risques Naturels prévisibles de Sainte-Agnès, pp. 51. Préfecture de l'Isère. RTM. (2005). Belledonne, crues des 22 et 23 août 2005, état des torrents, pp. 113-121. ONF. RTM. (2005). Le point sur la gestion du risque d'embacles en extrême urgence suite aux crues torrentielles du 22 et 23 août en Belledonne, pp. 5. DDAF, Grenoble. SOGREAH. (2001). Etude hydrologique du Vorz sur la commune de Sainte-Agnès, pp. 10. SNC de la Gorge. Sud aménagement agronomie. (1996). Crues torrentielles du Vorz, propositions d'aménagement, pp. 14. RTM. un rapport des eaux et forêts sur la forêt communale des Brandières vers les années 1900 Etude sur la partie basse du Vorz par les spéléos de Hydrokarst Administration des forêts (1897). Forêt communale de Ste Agnès, Procès verbal de révision d'aménagement: 40. Document d'archive à la Mairie												

Domaine de ressources	Nom ressource	Composite (C) / Elémentaire (E)	Format du document : Numérique (N) / Analogique ou Papier (AP)	Localisable (L) / Non localisée (NL)	GabRisk_carte Papier	GabRisk_carte Numerique	GabRisk_Classeur	GabRisk_BDrelationnelle	GabRisk_ImageRaster	GabRisk_Vecteur	GabRisk_BDgeographique	GabRisk_DocSimple	GabRisk_DocPartage
	Météo France (1999). Estimation des hauteurs de précipitations d'occurrence rare pour des durées de cumul de 1 à 10 jours sur 3000 postes français. Office National des Forêts (2000). Diagnostic et plan d'objectifs d'entretien de la végétation des berges des cours d'eau des lacs et des zones humides: 227. Document public consultable à l'ONF Office National des Forêts (2005). Forêt communale de Sainte-Agnès, révision d'aménagement forestier: 88.Document public consultable en Mairie												
Données géographiques ou cartographiques générales													
	BD Ortho 2003												
	BD Parcellaire												
	BD Topo : - occupation du sol (sommaire, seulement les zones boisées) - limites administraives - MNT 25 m - occupation humaine, bâti, réseaux divers (routier, électrique, voies ferrées, chemins forestiers, chemins de rando etc.)												
	cadastres napoléoniens échelle 1/10 000 et 1/5000, aux archives départementales et communales, documents publiques et consultables sur place												
Données géographiques ou cartographiques spécifiques													
	Profil en long												
	Levé lidar lit												

Tableau 2 : Utilisation de gabarit prédéfinis pour le référencement des ressources

4 CONCLUSION GENERALE

Une adaptation des objectifs

Bien que les objectifs initiaux aient été conservés, la mise en œuvre de cette étude a été marquée par une adaptation en termes de réalisation. La formalisation conceptuelle de la démarche de caractérisation des scénarios d'évolution morphologique n'a été qu'abordée d'un point de vue méthodologique sans avoir été mis en œuvre dans le cas d'application. Un important travail de description des concepts, des entités physiques et de leurs interactions dynamiques a été effectué en amont. Cette modélisation conceptuelle de scénarios d'évolution présente un intérêt dans l'absolu. Elle nécessite une phase d'analyse de terrain et d'expertise pour être mise en œuvre (« implémentée ») dans un cas réel. Ces techniques ne sont en effet qu'un moyen de représenter la connaissance et l'expertise introduites au cours de l'étude. Nous aurions pu appliquer ces méthodes à la description d'évolutions locales de la morphologie conformément aux objectifs initiaux du projet. La difficulté de caractériser et d'interpréter la géomorphologie torrentielle est connue des praticiens et experts du domaine. Les résultats de ces approches sont souvent très variables du fait de l'hétérogénéité des méthodologies employées et de la précision des données disponibles. Confrontés à cette réalité, nous avons fait le choix de développer les aspects relatifs à l'acquisition et à la comparaison des données utilisées pour la construction de scénarios. La pertinence des analyses topographiques, essentielles pour décrire la nature des évolutions morphologiques, est fortement conditionnée par la méthode utilisée. En mettant en œuvre des techniques d'imagerie lidar, l'objectif était de construire une référence et d'explorer les possibilités d'interprétation.

Du point de vue de l'expertise, nous avons mise au point et en œuvre une démarche d'acquisition des données originale sur la base d'un lever lidar et de campagnes de photographies géo référencées. Par rapport à des données topographiques classiques, cette méthode nécessite la définition d'un cahier des charges précis ou par défaut la possibilité d'interagir avec le bureau d'études de topographie. La proximité est donc un avantage pour l'obtention et l'exploitation des résultats. La technique Lidar peut être longue à mettre en œuvre et d'exploitation complexe avant d'obtenir des données exploitables facilement dans le cadre d'un système d'information géographique. Les résultats sont d'un intérêt important pour l'analyse géomorphologique et l'estimation des volumes disponibles. L'état initial avant les crues de 2005 reste cependant assez mal connu, ce qui constitue encore, comme souvent, un facteur limitant de toutes les expertises ultérieures. L'acquisition de données topographiques de haute-précision (levé LIDAR) permet d'obtenir une référence en vue du suivi des évolutions morphologiques du torrent.

Le résultat atteint nous apparaît évidemment frustrant dans la mesure où une grande part des moyens humains a été consacrée à la production et l'exploitation de données plutôt qu'à leur interprétation. En ce sens, les objectifs initiaux du projet ne sont pas atteints. Le travail réalisé constitue par contre un investissement précieux et a permis de mettre au point une méthodologie de traitement adaptée au contexte torrentiel. Les applications de ces techniques dans le cadre torrentiel sont encore très peu nombreuses et la définition des conditions et limites de leur utilisation reste à faire.

Des résultats à partager…

Du point de vue de la gestion et de la manipulation de l'information, une méthodologie d'organisation des données acquises au cours de l'expertise et de structuration des données pour l'expertise sur la base d'outils de catalogage a été proposée. Elle donne lieu à un démonstrateur opérationnel qui permet notamment de gérer un contexte de production et d'exploitation des données multiutilisateurs. Ce type d'application de partage nous semble être une voie d'avenir pour référencer les données à support géographique et les partager. Ces méthodologies n'avaient à notre connaissance jamais été implémentées dans le cadre spécifique d'une expertise. Cette démarche place l'information au centre du processus et permet. Le choix de l'outil de catalogage des données

apparaît par contre comme accessoire, l'important étant avant tout d'assurer la compatibilité des informations de catalogage.

Perspectives

D'un point de vue opérationnel, l'acquisition d'information topographique à haute-résolution dans les zones de production de matériaux mais aussi d'enjeux exposés offre de nombreuses perspectives en vue de la gestion des risques sur un site torrentiel. L'analyse fine de la topographie est en effet une des données de base pour le diagnostic torrentiel et l'identification des points de débordement.

L'analyse géomorphologique et l'analyse des volumes disponibles comprennent une grande part d'incertitude associée à l'acquisition des données et à l'analyse experte. L'acquisition et la possession de données topographiques très précises à un instant donné présentent un intérêt évident pour décrire un état à un instant donné. La quantification précise reste à faire par comparaison avec des méthodes sommaires.

Dans un contexte dynamique d'analyse de scénarios, c'est la comparaison qui apporte des informations quantitatives. La localisation des zones de production de matériaux, l'estimation des évolutions du profil données de volume La caractérisation du niveau d'incertitude en fonction des méthodes apparaît d'un intérêt essentiel dans le cadre d'une utilisation opérationnelle des résultats. La comparaison des méthodologies, l'analyse critique de l'influence des résultats sur les décisions de gestion nous apparaît comme essentielle.

5 BIBLIOGRAPHIE PARTIELLE

A.D.A.E., 2004a. Le cadre commun d'interopérabilité des systèmes d'information publics - Dossier d'introduction version 2.1 septembre 2003 - http://www.adae.gouv.fr/IMG/rtf/cci_v2.1_Intro_vfinale_2003.rtf, ADAE - Ministère du Budget et de la Réforme de l'Etat - Agence pour le développement de l'administration électronique.

AFNOR (2003). Norme française NF X 50-110 - Qualité en expertise : Prescriptions générales de compétence pour une expertise. Saint-Denis La Plaine, AFNOR.

Barde J., Libourel T. and Maurel P., 2004. Ontologies et métadonnées pour le partage de l'information géographique. Revue internationale de géomatique, 14: 199-216.

Kalbermatten, M. (2004). Détermination d'indicateurs géomorphologiques à partir de données altimétriques laser - Rapport de fin - d'étudeshttp://lasig.epfl.ch/recherche/rapports/mk2004.pdf. Lausanne, Ecole Polytechnique Federale.

Tacnet, J.-M., D. Laigle, et al. (2005). Expertise des risques naturels gravitaires en montagne et estimation du risque résiduel : un exemple de contribution et des limites actuelles des systèmes d'information. Colloque SIRNAT (Systèmes d'information et risques naturels) - 10 et 11 mars 2005, Montpellier.

Desconnets J.C., Libourel T., Maurel P., Miralles A. and Passouant M., 2001. Proposition de structuration des métadonnées en géosciences : Spécificité de la communauté scientifique. Journées Cassini: 1-17.

MDWeb (2005) - site web du projet - Catalogage et localisation de l'information environnementale : http://www.mdweb-project.org/

OMG (2005). Object Management Group - Unified Modelling Langage specifications - http://www.uml.org/.

TACNET, J.-M., R. BURNET, et al. (2005). Systèmes d'information et P.P.R. avalanches : contribution à l'amélioration de la traçabilité des données et des raisonnements - Rapport d'étude, *Cemagref* - ONF/RTM - Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable/ Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques.

TACNET, J.-M., D. LAIGLE, et al. (2005). Expertise des risques naturels gravitaires en montagne et estimation du risque résiduel : un exemple de contribution et des limites actuelles des systèmes d'information. Colloque SIRNAT (Systèmes d'information et risques naturels) - 10 et 11 mars 2005, Montpellier.