COMMUNE
DE
RAMATUELLE



Révision n°4 du Plan Local d'Urbanisme de Ramatuelle

6C Annexes risques et nuisances

6C3 Aléa inondation

Février 2026

CITADIA
GROUPE SCET

ATLAS DES ZONES INONDABLES

COURS D'EAU : La Liquette - Le Gros Vallat

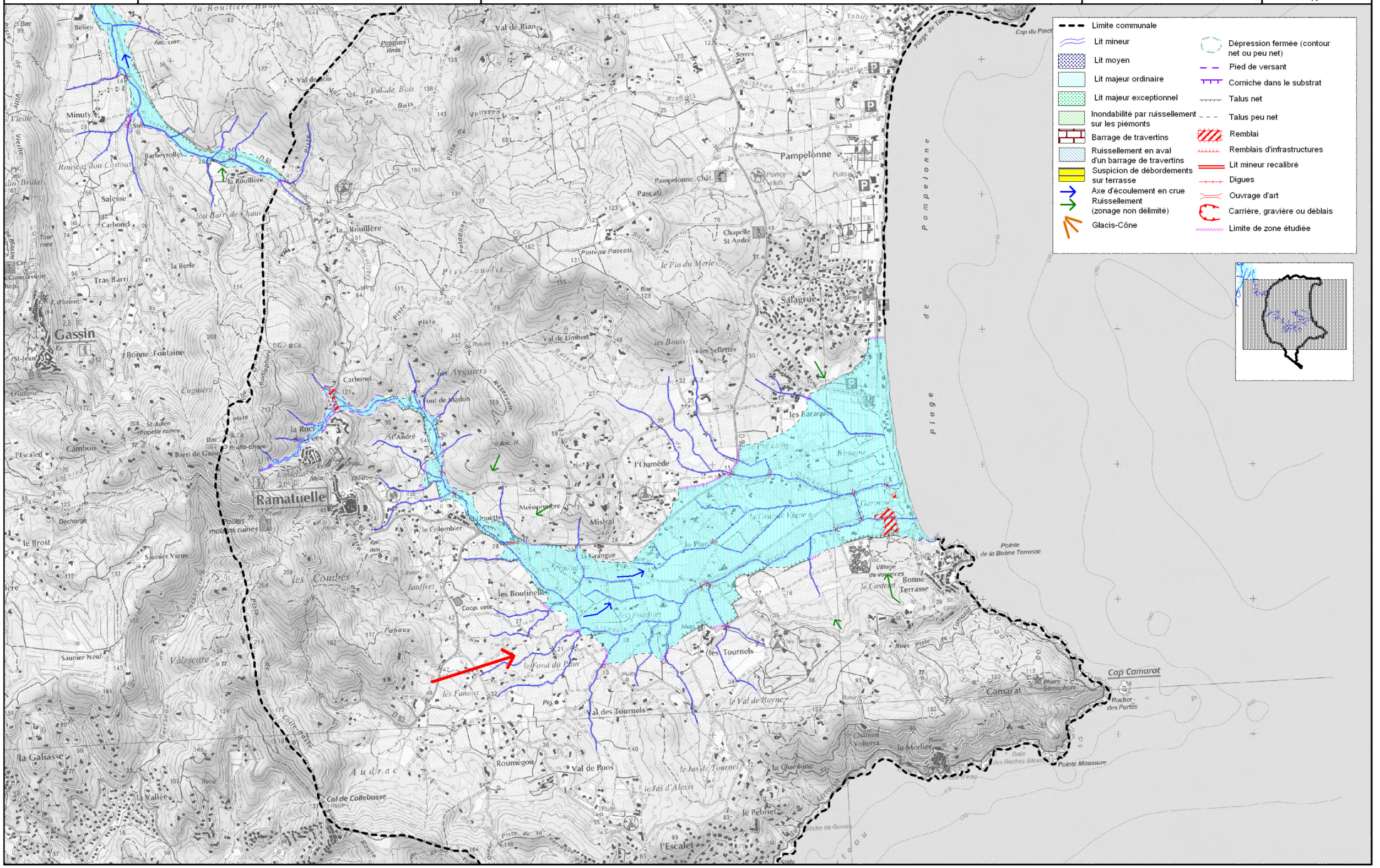
Commune : RAMATUELLE

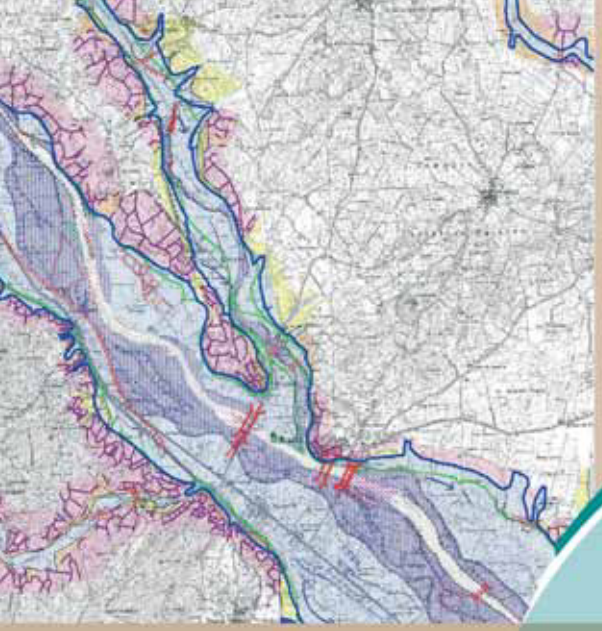
DECEMBRE 2008

Echelle : 1/ 25000

Source : IPSEAU
SCAN25©IGN2007

N









L'approche hydrogéomorphologique en milieux méditerranéens

Une méthode de détermination des zones inondables

Avril 2007

Direction Régionale de l'Environnement
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction

L'approche hydrogéomorphologique en milieux méditerranéens

Une méthode de détermination des zones inondables

Ce document a été réalisé à l'initiative de la DIREN PACA et élaboré sous la direction d'un comité de pilotage composé de Julien MATHIEU, Laurent MICHELS, Michel BACOU (DIREN PACA), Gérald GARRY (DGUHC) et Marie RENNE (MEDD-DPPR).
Expertise et assistance au maître d'ouvrage : Sébastien DAVID (IPSEAU).

Il a été conçu par Véronique DURIN et Laurent MATHIEU (SIEE - GINGER Environnement) avec la collaboration de :
Jean-Christophe RODITIS (ENVEO) et de Rachel VINDRY (AUTREMENT DIT *Communication & Environnement).*
Sébastien DAVID (IPSEAU) a réalisé les annexes techniques.

Avril 2007
Crédits photos : SIEE, IPSEAU, DIREN Provence-Alpes-Côte d'Azur, DIREN Languedoc Roussillon, DDE 04, DDE 05, DDE 84, DDE 83, CAREX Environnement, Syndicat Mixte Camargue Gardoise, V. DURIN, G. GARRY, S. DAVID, L. MATHIEU, J. MATHIEU, P. BLOT (www.photoblot.com).
Crédits photos page de couverture : DIREN PACA, MEDD-DPPR, S. DAVID, DIREN Languedoc-Roussillon.
Tous droits de reproduction réservés.
Imprimé par



Le présent document est un guide pédagogique sur l'application de la méthode hydrogéomorphologique en région PACA. Il s'appuie sur les retours d'expériences de l'application de la méthode hydrogéomorphologique en milieux méditerranéens et sur les guides méthodologiques produits par la DGUHC (Ministère de l'Equipement).

Particulièrement bien adaptée aux cours d'eau méditerranéens sur lesquels elle a été formalisée, cette approche est employée depuis quelques années par les services de l'Etat pour réaliser les Atlas de Zones Inondables.

L'avancement de ces travaux qui couvrent désormais la quasi-totalité des grands cours d'eau de la région et leur diffusion progressive à un large public, notamment sur Internet, ont mis en évidence la nécessité de disposer d'un document à portée pédagogique qui explique cette approche des inondations.

Ce guide richement illustré en exemples régionaux a pour objectif d'expliquer la méthode hydrogéomorphologique pour la rendre abordable à l'ensemble de ses utilisateurs (services de l'État, techniciens, élus, riverains, bureaux d'études…) en présentant ses fondements, son contenu et ses résultats.

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 : Principes et mise en oeuvre de l'approche hydrogéomorphologique

1. 1- Les origines de la méthode 1
1. 2- Les principes de l'hydrogéomorphologie 2
1. 3- Le phasage 4
1. 4- Les résultats 7

Chapitre 2 : Contenu cartographique

2. 1- De la cartographie hydrogéomorphologique…

Les unités hydrogéomorphologiques 10
Les unités encaissantes 13
Les modelés géomorphologiques connexes 15
Les configurations géomorphologiques complexes 18

2. 2- … à la cartographie de l'occupation du sol

Les éléments naturels d'occupation du sol 20
Les éléments anthropiques d'occupation du sol 21

Chapitre 3 : Les champs d'utilisation de l'approche hydrogéomorphologique

3. 1- Comment lire et interpréter les cartes ? 25
3. 2- Les atouts et les limites de la méthode 26
3. 3- Champs d'utilisation de la méthode 28
3. 4- Où trouver ces cartographies ? 32

Chapitre 4 : Les études complémentaires de l'hydrogéomorphologie

4. 1- L'étude des crues historiques 33
4. 2- Les modélisations hydrauliques 36
4. 3- Complémentarités entre méthodes 38
4. 4- La cartographie des enjeux 40

Chapitre 5 : Les zones inondables en région PACA

5. 1- Le contexte physique et hydrologique de la région PACA 41
5. 2- Une région variée 41

Chapitre 6 : Annexes

6. 1- Annexes techniques 45

Les fréquences de crues 45
Les dépressions fermées 45
Les barrages de travertins 48

6. 2- Bibliographie 53
6. 3- Lexique des sigles 55
6. 4- Lexique des termes techniques 56
6. 5- Index des concepts techniques 59

Introduction

Qu'est-ce que l'approche hydrogéomorphologique ?

Il s'agit d'une approche géographique qui étudie le fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées et en particulier les formes fluviales mises en place au fur et à mesure des crues successives.

A quoi sert-elle ?

Elaborée essentiellement dans le but d'identifier et de délimiter les zones inondables, elle peut aussi servir à diagnostiquer le fonctionnement d'un cours d'eau. C'est une des méthodes recommandées par les ministères en charge de la prévention des inondations, pour la réalisation des Atlas de Zones Inondables et en préalable aux plans de prévention des risques d'inondation (PPRI).

Comment la mettre en oeuvre ?

Un spécialiste, le géomorphologue, observe les reliefs des fonds de vallée à partir de photographies aériennes, puis sur le terrain. De ces observations, il déduit le fonctionnement des cours d'eau et les limites de leurs zones inondables.

Quels sont ses avantages ?

Par rapport à d'autres méthodes de diagnostic des zones inondables, elle correspond à des phénomènes qui ont laissé leur empreinte sur le terrain. Elle facilite ainsi l'appropriation des résultats par ses utilisateurs.

Elle est plus rapide et moins coûteuse à mettre en œuvre. Elle permet aussi de couvrir de grands linéaires (plusieurs centaines de kilomètres) d'une manière homogène, tandis que ses principales limites résident dans l'absence de quantification des phénomènes.

Quels sont ses résultats ?

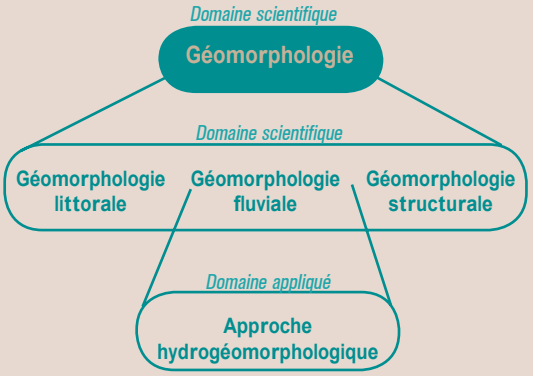
Elle produit des cartes représentant les emprises naturelles des zones inondables, accompagnées d'analyses hydrogéomorphologiques du fonctionnement des cours d'eau.

Principes et mise en oeuvre de l'approche hydrogéomorphologique

1.1- Les origines de la méthode

Une approche appliquée issue d'une discipline scientifique

Cette approche appliquée est issue d'une discipline scientifique : la *GEOMORPHOLOGIE**, science qui étudie, décrit et interprète les formes du relief terrestre.
Elle se divise en plusieurs branches, dont la *géomorphologie fluviale** qui étudie la formation et le fonctionnement des plaines alluviales des cours d'eau sur lequel se fonde l'hydrogéomorphologie, méthode appliquée au diagnostic des zones inondables.

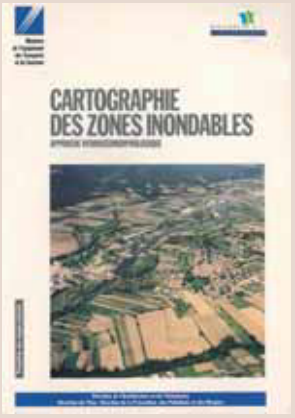


Historique de la méthode

La méthode a été mise au point dans les années 1980 par des experts du ministère de l'Équipement *(DGUHC*, CETE* Méditerranée*), des scientifiques et des bureaux d'études privés.

Elle est reconnue et validée depuis 1996 par les différents ministères en charge de la prévention des inondations et codifiée à travers un guide méthodologique : « Cartographie des zones inondables, Approche hydrogéomorphologique, 1996, Éditions Villes et Territoires, *METT-MATE** ». Elle trouve alors sa place dans l'ingénierie appliquée aux cours d'eau.

Mise en œuvre à grande échelle au niveau national dans le cadre de la nouvelle génération des *Atlas de Zones Inondables (AZI)**, elle est aujourd'hui recommandée pour la réalisation des *PPRI**.



Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

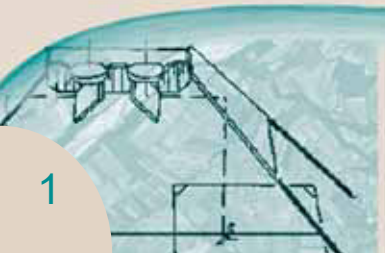
2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

*Les astérisques signalent les mots définis dans le lexique page 55 et 58






1.2- Les principes de l'hydrogéomorphologie

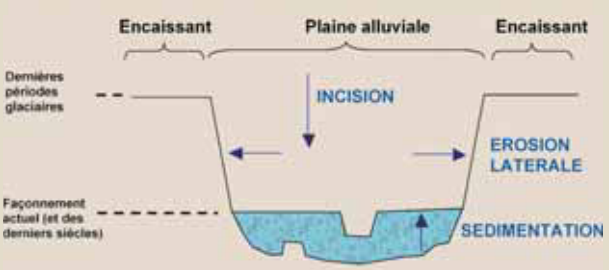
Principe : l'étude de la plaine alluviale

C'est une approche qualifiée de *« naturaliste »** car elle se fonde principalement sur l'observation et l'interprétation du terrain naturel.
Une plaine alluviale est **composée de plusieurs unités hydrogéomorphologiques** : ce sont les différents lits topographiques que la rivière a façonnés dans le fond de vallée au fil des siècles, au fur et à mesure des crues successives.

Ces lits résultent d'une **combinaison entre les phénomènes d'accumulation des *sédiments** et leur érosion**. En effet, chaque crue dépose des matériaux dans certains secteurs, tandis qu'elle érode ailleurs. C'est le rapport entre ces deux phénomènes qui préside au façonnement progressif des différentes unités. L'accumulation dans le temps des *sédiments** construit les lits hydrogéomorphologiques tandis que l'érosion marque leurs limites (talus) et modèle leur surface.

L'étude de ces unités hydrogéomorphologiques constitue la base de la méthode. Elles sont des **témoins des crues passées et récentes** dont elles traduisent le fonctionnement et l'extension, ce qui permet d'identifier les zones inondables correspondantes.
Plusieurs grandes crues en 1992 (Vaison-la-Romaine), 1993 (Pertuis-Vaucluse), 1994 (Coulon-Calavon), 1999 (Aude) et 2002 (Gard) ont rempli les plaines alluviales et validé ainsi l'utilisation de la méthode pour **délimiter les zones inondables actuelles.**

Schéma de la construction d'un plancher alluvial

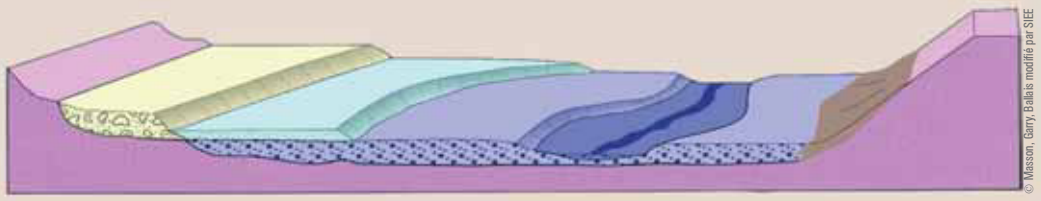




Le Buëch - D943 à Châteauneuf de Chabre (05)

© SIEE

Schéma d'une plaine alluviale type avec ses différentes unités



© Masson, Garry, Ballais modifié par SIEE

Plaine alluviale moderne inondable
- Lit mineur : emprise des crues non débordantes
- Lit moyen : emprise du champ d'inondation des crues fréquentes
- Lit majeur : emprise du champ d'inondation des crues rares à exceptionnelles
- Talus

Unités hydrogéomorphologiques

Encaissant (non inondable)
- Roche en place (versants)
- Colluvions
- Terrasse ancienne

Chap. 1 : PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 : CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 : CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les critères d'identification des unités hydrogéomorphologiques

Pour identifier et délimiter les unités hydrogéomorphologiques, la méthode s'appuie essentiellement sur deux principaux critères :

- *La morphologie** : reconnaissance des talus, des ruptures de pente, des micro-topographies… de toutes les structures topographiques.

- La *sédimentologie** : analyse de la granulométrie, de la nature, de la couleur des formations superficielles, étude des coupes naturelles dans les terrains.
La *granulométrie** des *sédiments* fournit une indication sur les vitesses des courants qui les ont déposés.



L'Ouvèze (84)
© SIEE



Coupe dans le talus d'une terrasse
© V. DURIN



Coupe dans le lit majeur
© V. DURIN

D'autres indices fournissent une aide appréciable :

- **Les traces d'inondation** : laisses de crues, érosions, dépôts de *sédiments** dans le lit majeur, traces des courants sur les photographies aériennes.

- **L'occupation du sol** : la végétation diffère en fonction de la nature du sol et de ses caractéristiques hydriques.

- **La présence d'eau à faible profondeur** : les cours d'eau sont souvent accompagnés d'une nappe qui peut être à fleur de sol dans le lit majeur. C'est donc un indice supplémentaire pour caractériser une unité hydrogéomorphologique.

- Par ailleurs, l'analyse des **crues historiques** fournit des informations qui permettent de confirmer l'étude hydrogéomorphologique (cf. page 33).


Traces d'érosion dans un champ après une crue (crue du Gardons en 2002)
©DREN Languedoc-Roussillon


Le changement de couleur indique la présence d'eau à faible profondeur
© SIEE

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

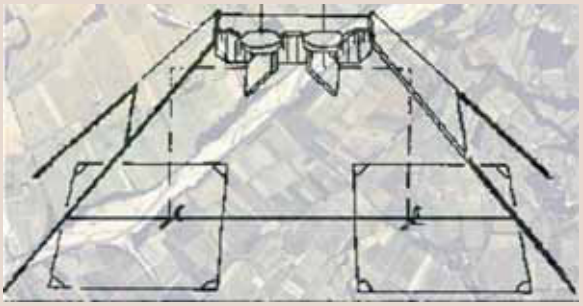


1.3- Le phasage

La mise en œuvre de l'approche est basée sur deux outils complémentaires : la photo-interprétation et les missions de terrain. Elle nécessite plusieurs allers-retours entre ces deux phases.

Phase 1 : La photo-interprétation

La photo-interprétation *stéréoscopique** des photographies aériennes permet la réalisation de cartographies « minutes », c'est-à-dire « dessinées à la main ».



Stéréoscope ou lunettes binoculaires

Phase 2 : La mission de terrain

Des missions de terrain visent à corriger et valider les cartographies minutes. Elles constituent la plus grande part du travail (environ 60 %).



L'Ouvèze (84)

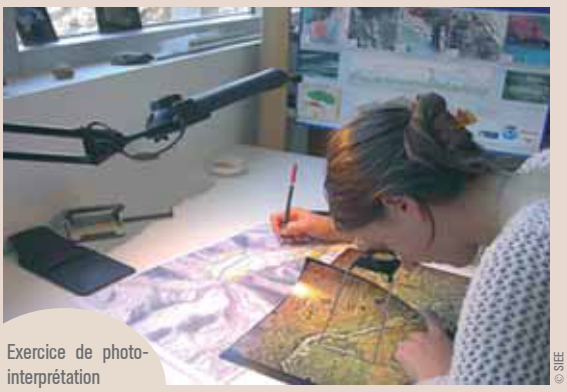
© V. DURIN

Phase 1 : La photo-interprétation

Il s'agit d'une technique utilisant des photographies aériennes verticales prises par avion. Obtenues au cours d'une même campagne de prises de vue, elles présentent un recouvrement d'environ 60 %.



L'opérateur utilise un *stéréoscope** (appareil binoculaire) sur un couple de photographies pour acquérir la vision du relief : un même détail est perçu par chaque œil sous un angle différent et la fusion des images par le cerveau donne l'impression de relief. Le géomorphologue analyse et interprète le fonctionnement du cours d'eau à partir de la morphologie qu'il perçoit et reporte sur un fond de plan les unités hydrogéomorphologiques.



Exercice de photo-interprétation

© SIEE

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Réalisation des cartes minutes

1- Préparation des fonds de plans



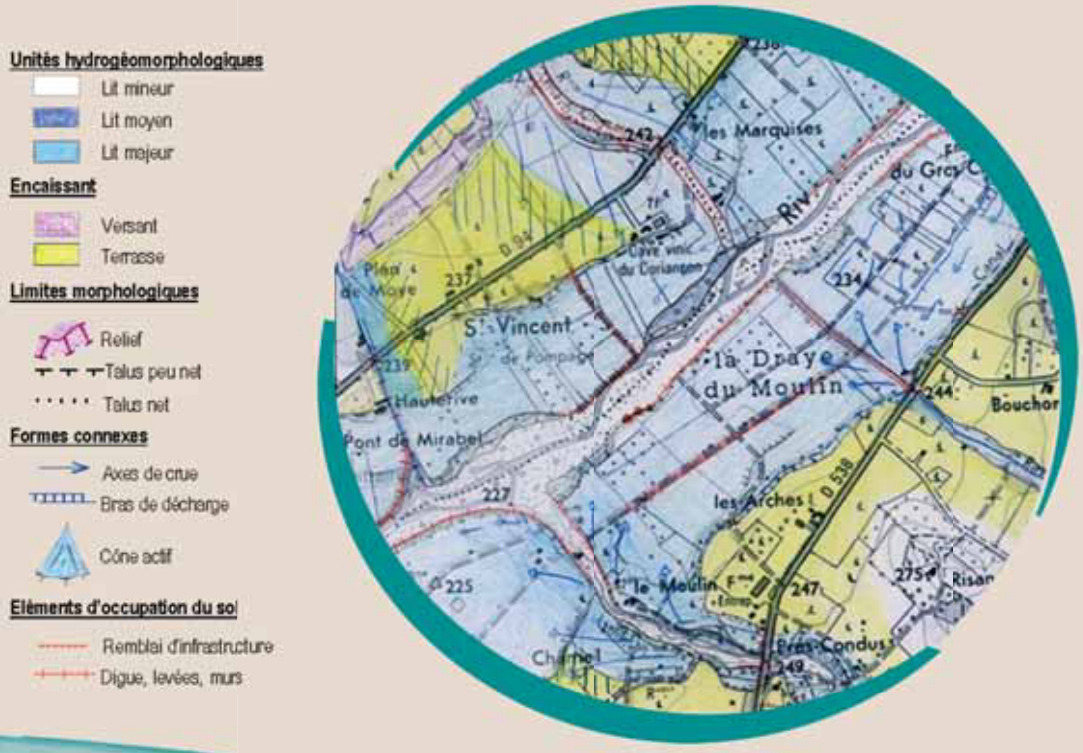
La carte hydrogéomorphologique peut être réalisée sur différents fonds (cartes IGN, cadastres, photographies aériennes, plans parcellaires...) en fonction des objectifs (cf. chapitre 3.3 page 28).

2- Photo-interprétation



Les photographies aériennes peuvent être acquises auprès de l'IGN ou d'autres organismes ou réalisées expressément pour l'étude.
Les échelles les plus couramment employées varient entre le 1/8 000 et le 1/25 000.

3- Report des objets sur les cartes - Exemple de carte minute



Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Phase 2 : La mission de terrain et la validation des cartes minutes

Sur le terrain, la validation des cartes passe par la reconnaissance des structures topographiques identifiées sur les photographies. Les géomorphologues ayant réalisé les cartes parcourent les cours d'eau accessibles en vérifiant la réalité des reliefs, de la morphologie repérée sur les photographies. Ils s'assurent du bon positionnement des objets sur le fond de plan et valident l'interprétation des unités hydrogéomorphologiques, privilégiant les secteurs où la photo-interprétation a rencontré des difficultés afin de lever les incertitudes.


© V. DURIN


© SIEE


© IPSEAU

L'analyse de la *sédimentologie** in situ permet de confirmer ou d'identifier la nature des unités. Il est souvent nécessaire de chercher et de rafraîchir des coupes dans le sol (c'est-à-dire de les dégager de la végétation) pour pouvoir étudier la texture, la couleur, la composition, la *granulométrie** et la disposition des matériaux.

Limons de débordement constituant le lit majeur*

Galets mêlés à des limons montrant l'emplacement d'un ancien lit moyen


© SIEE

L'Ouvèze (84)

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



1.4- Les résultats

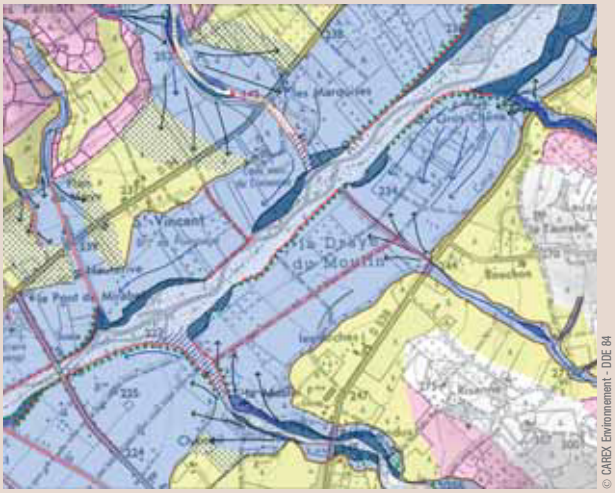
Les résultats de la mise en œuvre de cette méthode de diagnostic des zones inondables sont formalisés dans des rapports intégrant les cartes numérisées (informatisées) et leurs analyses qui expliquent le fonctionnement des plaines alluviales étudiées.

Informatisation des cartes minutes



Carte minute (dessinée)

© CAREX Environnement - DDE 84



Carte numérisée (informatisée)

© CAREX Environnement - DDE 84

Depuis une dizaine d'années, les bases de données géographiques numériques sont de plus en plus utilisées dans l'ingénierie. Elles facilitent les missions des services de l'Etat et des gestionnaires de cours d'eau. Les données produites dans les *Atlas des Zones Inondables**, dans les *PPRI**, etc... sont aujourd'hui systématiquement numérisées et intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG) qui permet par la suite de les superposer avec toute autre information disponible numériquement sur le même secteur. Par exemple, il est intéressant de superposer les couches de zones inondables avec des couches représentant le bâti, pour recenser la population située en zone inondable.

Type	Code	Id	Toponyme	Code_hydro	Id_hydro	Origine
Lit majeur	30	1	riou, le (ruisseau)	Y5530500	1-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	2	riou, le (ruisseau)	Y5530500	2-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	3	riou, le (ruisseau)	Y5530500	3-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	4	riou, le (ruisseau)	Y5530500	4-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	5	riou, le (ruisseau)	Y5530500	5-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	6	riou, le (ruisseau)	Y5530500	6-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	7	riou, le (ruisseau)	Y5530500	7-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	8	riou, le (ruisseau)	Y5530500	8-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	9	riou, le (ruisseau)	Y5530500	9-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	10	riou, le (ruisseau)	Y5530500	10-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	11	riou, le (ruisseau)	Y5530500	11-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	12	riou, le (ruisseau)	Y5530500	12-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	13	riou, le (ruisseau)	Y5530500	13-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	14	riou, le (ruisseau)	Y5530500	14-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	15	riou, le (ruisseau)	Y5530500	15-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	16	riou, le (ruisseau)	Y5530500	16-Y5530500	SIEE Aix en Provence
Lit majeur	30	17	riou, le (ruisseau)	Y5530500	17-Y5530500	SIEE Aix en Provence

Extrait de base de données

La base de données contient des informations relatives aux zones étudiées. Par exemple : « Code-hydro » correspond au code hydrographique du cours d'eau, « Toponyme » à son nom, « Id-hydro » à un numéro identifiant.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



COMMENTAIRE PLANCHES 2 ET 3 AU 1/25 000		
Autres planches	**Cours d'eau concernés :**	**Communes concernées :**
- Carte au 1/10 000 n°2, 3, 4 page 19, 20 et 21 - Carte historique n°2 page 36	- L'Aygues - La Gaude - Le Rieu - La Combe-Boutin	- Nyons - Vinsobres - Villedieu- Visan - Mirabel-aux-Baronnies - Buisson - St-Maurice-sur-Eygues - Tulette

Ces planches couvrent une section de la zone de transfert des crues que nous avons défini à l'échelle du bassin versant. La vallée, qui s'élargit très progressivement présente une configuration classique, avec l'étagement des unités hydrogéomorphologiques fonctionnelles et d'une ancienne terrasse dont le talus est très bien marqué (plus de 3 m de haut). L'analyse de la plaine alluviale fonctionnelle montre que les crues sont encore très dynamiques. Les informations historiques nous ont permis de déterminer que le lit moyen actuel ne présente pas du tout les mêmes dimensions que celui qui existait au XVIIIème siècle. En effet, les nombreux travaux de défense qui ont eu lieu, avec la construction de digues tout le long de la rivière l'ont réduit au maximum. L'examen des chenaux et axes de crue permet de retrouver ce que devait être son extension dans des conditions plus naturelles. La construction des digues a été accompagnée d'opérations de colmatage forcé des terrains situés en arrière, et ainsi « gagnés sur la rivière ». On comprend mieux alors pourquoi le lit majeur actuel présente autant de traces d'hydrodynamique forte. Les archives en témoignent bien, avec mention d'érosions de berge affectant la départementale 94 (ancienne route royale)

L'Aygues reçoit sur ce tronçon quatre affluents très dynamiques : le Coriançon, la Gaude la Combe-Boutin et le Rieu. Ils charrient une charge solide constituée de galets calcaires de diamètre moyen 10-15 cm, issus en majorité du remaniement des stocks hérités. Tout comme les affluents plus petits, ils ont construit de vastes cônes qui surmontent la terrasse, la rendant ainsi partiellement inondable. Ils possèdent une capacité érosive très forte et peuvent provoquer des dommages importants tant aux infrastructures qu'aux cultures. Les plus petits vallons ne possèdent pas réellement de cône actif, mais sont susceptibles de provoquer sur la terrasse des ruissellements (de type agricoles avec formation de rigoles…) au pouvoir érosif non négligeable sur ces sols souvent laissés à nu par les pratiques culturales.



Sur cette photo, on discerne nettement le cône torrentiel du Coriançon qui surmonte la terrasse de l'Aygue, qu'il peut donc inonder (correspond aux zones de ruissellement depuis les cônes)

Contenu cartographique

Introduction

Pour la réalisation des *Atlas des Zones Inondables**, les services de l'Etat utilisent un cahier des charges national qui définit précisément le contenu type d'une carte hydrogéomorphologique.

Dans la plupart de ces études, deux thématiques sont représentées en deux phases successives :

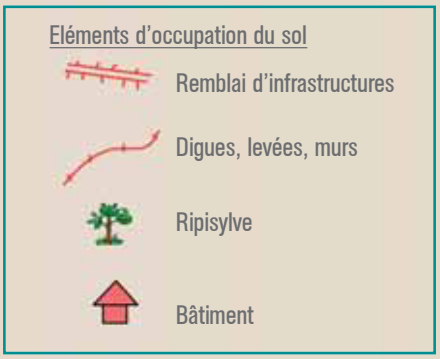
1- Les éléments hydrogéomorphologiques

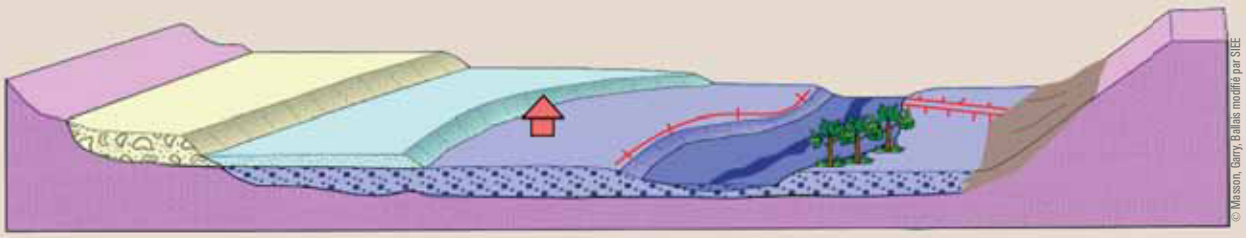
Ils constituent le fondement de la carte et représentent les espaces de la plaine alluviale et leur fonctionnement en l'état naturel.



2- Les éléments de l'occupation du sol

Un habillage supplémentaire situent les principaux aménagements et ouvrages anthropiques. Ces éléments sont identifiés sur la carte sans toutefois quantifier leur incidence sur la zone inondable naturelle.





© Masson, Garry, Balais modifié par SIEE

Le contenu des cartes hydrogéomorphologiques peut être plus ou moins complet en fonction des objectifs retenus.
A minima, elles doivent présenter :

- les unités actives : lits mineur, moyen, majeur,
- les talus les séparant,
- les axes de crue,
- les cônes de déjection.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les unités hydrogéomorphologiques (inondables)

Elles sont au nombre de 4 :

1- Le lit mineur qui correspond au chenal principal du cours d'eau.

2- Le lit moyen, situé à proximité du lit mineur et inondé par les crues les plus fréquentes.

3- Le lit majeur, inondé par les grandes crues.

3 (bis)- Le lit majeur exceptionnel, situé un peu plus haut que le lit majeur et inondable exceptionnellement.



1- Le lit mineur

Il est généralement constitué d'un chenal d'étiage (l'espace dans lequel se concentrent les écoulements l'été lors des basses eaux) et d'atterrissements (accumulations de matériaux transportés par la rivière et formant des plages de dépôts).
Le fond du lit mineur est le plus souvent recouvert de galets dont la taille varie en fonction de la capacité de transport du cours d'eau et de la localisation au sein du bassin versant. Il peut aussi être constitué d'éléments fins *(limons*)* en fonction de la nature géologique du bassin drainé.



L'Aygues (84)

Le lit mineur peut présenter plusieurs physionomies, dont deux principales :

● Un chenal unique : petits cours d'eau, rivières très aménagées, cours d'eau non méditerranéens.



L'Arc (13)

● Un lit en tresse *(bande active*)* : grands cours d'eau, rivières à fort charriage, rivières pas ou peu aménagées.



La Durance (84)

Le lit mineur contient les crues annuelles à fréquentes. On appelle débit de plein bord le débit qui remplit le lit mineur sans débordement.

Annexes page 45

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



2- Le lit moyen

Il est constitué d'une **surface bosselée** formée de creux et de monticules.
Cette topographie irrégulière est liée aux dynamiques très fortes qui l'affectent lors des crues : les courants violents creusent des chenaux tandis qu'ailleurs les écoulements plus faibles accumulent des galets ou des limons.

Le lit moyen est séparé du lit mineur par un **talus** souvent érodé. On peut y voir l'accumulation de matériaux grossiers et fins.



L'Ouvèze (84)
© SIEE



Le Buëch (05)
© SIEE

Annexes
page 45

En milieu méditerranéen, il est inondé par les crues fréquentes à moyennement fréquentes.

Il est souvent colonisé par une forêt adaptée à la proximité de l'eau : la *ripisylve**.



La Durance (04),
crue de 1994
©DDE 04



La Durance (04)
© DIREN PACA

La fréquence et la dynamique des crues dans le lit moyen le rendent impropre à l'urbanisation.

Variabilité locale de la présence du lit moyen

Contrairement aux lits mineur et majeur, le lit moyen ne se rencontre pas sur tous les cours d'eau. C'est une forme associée à des fonctionnements de type torrentiel et à ce titre, même en région PACA, des rivières peuvent ne pas avoir l'énergie nécessaire pour le façonner. C'est par exemple le cas de certains cours d'eau dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse. Par ailleurs, la configuration du lit moyen est étroitement dépendante du régime hydrologique du cours d'eau considéré et de son degré d'aménagement hydraulique.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéo-morphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

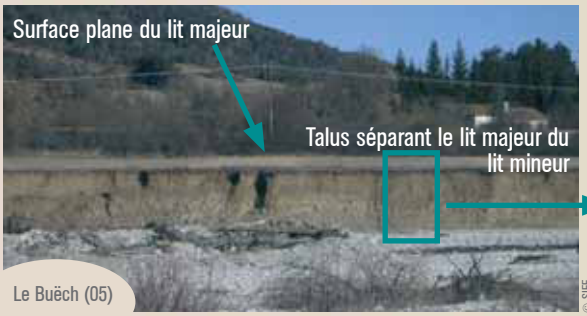
• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEO-MORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

3- Le lit majeur

Il est formé d'un niveau topographique plan, constitué généralement de *sédiments** très fins : les *limons** (environ 0.05 mm de diamètre) déposés par les crues passées.
Dans certains cas, quand la pente du cours d'eau génère de fortes vitesses, des cailloux et des galets viennent se mêler aux limons (exemple des torrents). Un talus le sépare du lit moyen ou du lit mineur. Il fait depuis très longtemps l'objet d'une mise en culture systématique car les sols y sont riches et productifs.



Le Buëch (05) © SIEE


Limons formant le lit majeur

Inondable par des crues rares à exceptionnelles, il est parfois mobilisé par des crues plus fréquentes, mais reste en général moins souvent submergé que le lit moyen. Les courants y sont aussi moins forts, ce qui n'empêche pas que les hauteurs d'eau et les vitesses puissent y être importantes, notamment dans les axes d'écoulement. Toutes les grandes crues récentes montrent qu'il peut aussi être affecté localement par des phénomènes violents (avec érosion des sols, des talus, endommagement des constructions…).

Annexes page 45

On y trouve la majorité des *enjeux** situés en zone inondable, car :
- ses surfaces planes constituent un support qui paraît attractif pour l'implantation d'aménagements
- les crues qui le submergent peuvent être espacées dans le temps, facilitant l'oubli du risque.

Le risque d'inondation dans les lits majeurs existe et a tendance à être méconnu.


Rocher de Roquebrune (83), crue de l'Argens de 1978 © UDE 83


Bollène (84) © DIREN PACA

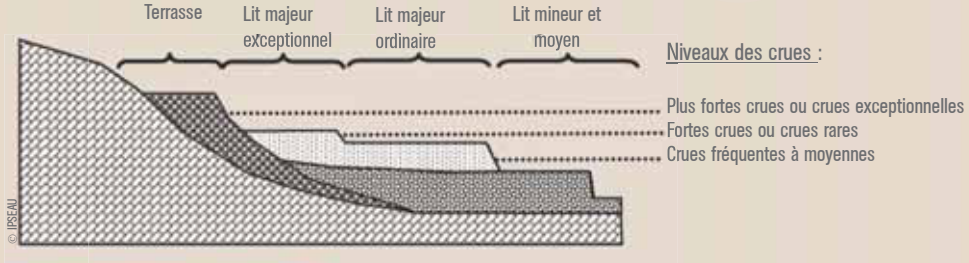
3 (bis)- Le lit majeur exceptionnel

Lorsque le lit majeur est constitué de plusieurs niveaux alluviaux, le niveau le plus haut est alors nommé lit majeur exceptionnel, moins fréquemment inondable.
Ces lits majeurs exceptionnels sont liés à une évolution morphodynamique spécifique et récente du cours d'eau, qui a successivement privilégié des dynamiques de sédimentation puis d'incision dans la plaine.

Annexes page 45



Lit majeur exceptionnel (en vert) à Varages (83) © DIREN PACA



Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…
- *Les unités hydrogéomorphologiques*
- *Les unités encaissantes*
- *Les modelés géomorphologiques connexes*
- *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol
- *Les éléments naturels d'occupation du sol*
- *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les unités encaissantes (non inondables)

Les plaines alluviales sont encadrées par des reliefs plus ou moins marqués qui sont regroupés sous le vocable *«encaissant»**.

1- L'encaissant peut être de la roche en place : on parle de versant.

2- Les terrasses sont des formations alluviales anciennes construites par accumulation de matériaux apportés par les cours d'eau lors des dernières périodes glaciaires.

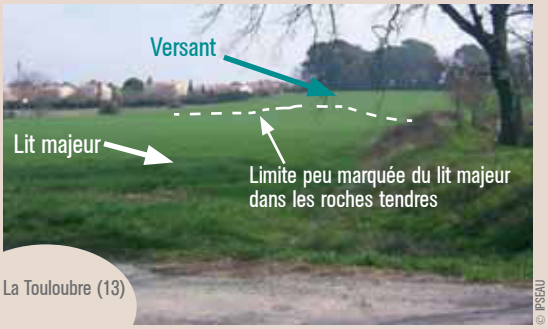
3- Les colluvions sont des matériaux divers issus de l'érosion des versants.

1- Les versants

Il s'agit de la roche en place (*substrat**), visible ou masquée par un sol. Les roches dures peu sensibles à l'érosion encadrent les plaines alluviales en limitant leur extension latérale.
Lorsque des roches tendres affleurent, elles sont plus sensibles à l'érosion et *l'encaissant** est moins marqué.



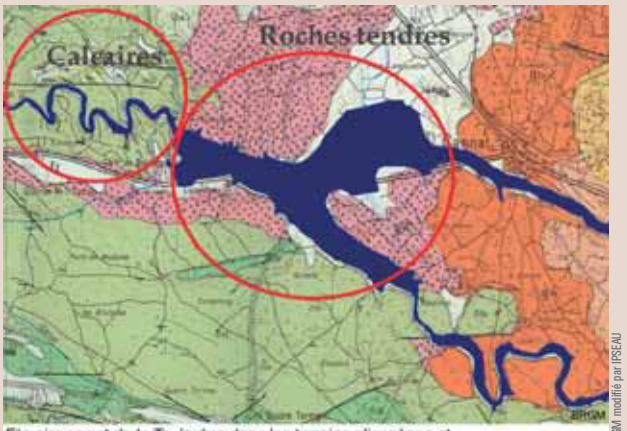
Le Sermane (05)
© SIEE



La Touloubre (13)
© IPSEAU

La largeur des plaines alluviales est fortement influencée par la nature des terrains dans lesquels elles s'inscrivent. Lorsqu'un cours d'eau traverse des roches très dures (grès, calcaires, roches cristallines), il aura tendance à tailler des gorges.
Dans les roches tendres (sables, argiles, marnes), il dégagera facilement les terrains encaissants et formera de larges plaines d'inondation.

Il est intéressant de connaître la nature des terrains encaissants pour comprendre les variations morphologiques des vallées.



Elargissement de la Touloubre dans les terrains oligocènes et passage en gorges dans les calcaires (13).
© BRGM modifié par IPSEAU

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

2- Les terrasses

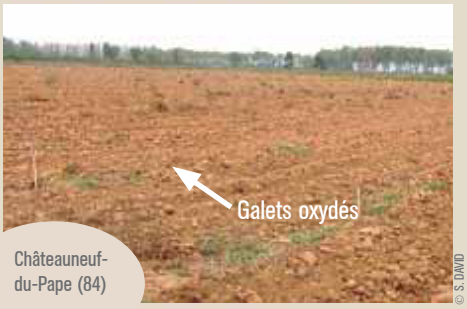
Ce sont des formes topographiques situées au-dessus de la plaine d'inondation. Il s'agit d'anciens dépôts *fluviatiles** accumulés par les cours d'eau au cours des dernières périodes glaciaires.

Depuis leur formation, les cours d'eau se sont encaissés fortement : ces terrasses sont séparées du lit majeur par un talus et ne sont plus inondables (sauf cas particuliers cf. page 18).

D'origine *fluviale**, elles sont souvent constituées de galets de diamètre centimétrique qui peuvent être oxydés et présenter une couleur rougeâtre caractéristique.
Les terrasses constituent des stocks importants de charge solide que les cours d'eau peuvent éventuellement éroder et remobiliser lors des crues. Ce sont aussi des surfaces planes facilement urbanisables qui constituent de vastes réserves foncières pour un développement réfléchi de l'urbanisation.



L'Ouvèze (84)
© V. DURIN



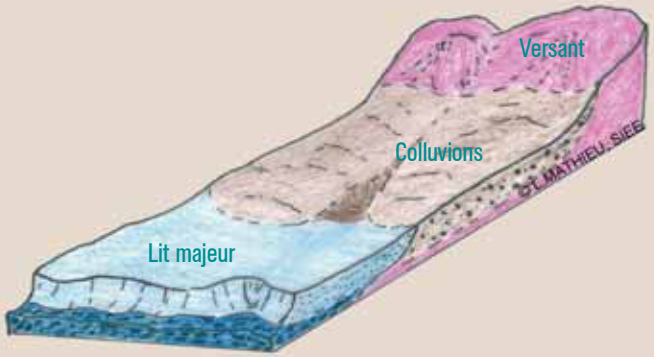
Châteauneuf-du-Pape (84)
© S. DAVID

3- Les colluvions

Ce sont des matériaux divers issus de l'érosion des versants, des montagnes, des collines, qui glissent le long des pentes par l'effet de la gravité ou de *l'érosion hydrique** et s'accumulent sur les pieds de versants.

Les colluvions sont constituées de matériaux de différentes natures, qui reflètent la *lithologie** des versants d'où elles proviennent. On y trouve de nombreux cailloutis qu'on peut facilement différencier des galets des terrasses car ils ne sont pas émoussés, mais anguleux.

Exemple de colluvions accumulées sur le pied de versant




© SIEE
Cailloux anguleux dans des colluvions


© V. DURIN
Galets de terrasse

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les modelés géomorphologiques connexes

Dans la plaine alluviale, au sein des unités hydrogéomorphologiques, la méthode identifie des modelés de détail qui traduisent l'hydrodynamisme des écoulements lors des crues :

1- Les axes de crue et bras de décharge
2- Les cônes de déjection
3- Les apports latéraux par ruissellement

1- Les axes de crue et bras de décharge

Les axes de crues et bras de décharge sont des dépressions allongées qui parcourent les lits moyens et majeurs et sont plus ou moins marqués topographiquement.

Ils peuvent avoir deux origines :

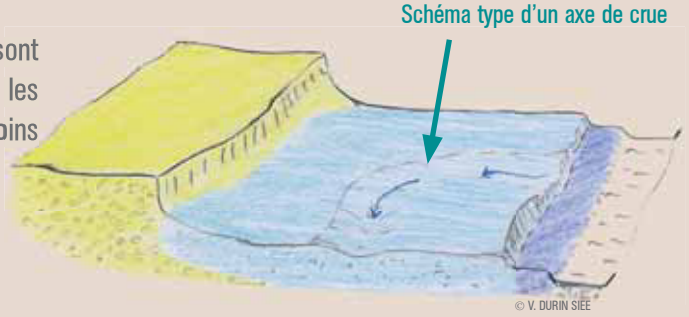
- Etre formés par des écoulements concentrés qui traversent les lits moyens ou majeurs lors des grandes crues.
- Correspondre à d'anciens lits abandonnés par le cours d'eau.

On les rencontre fréquemment dans les *méandres*.*

Ils sont particulièrement présents dans les lits moyens et majeurs des cours d'eau méditerranéens qui peuvent être parcourus par des écoulements concentrés violents aux dynamiques érosives fortes et dangereuses (cours d'eau torrentiels).

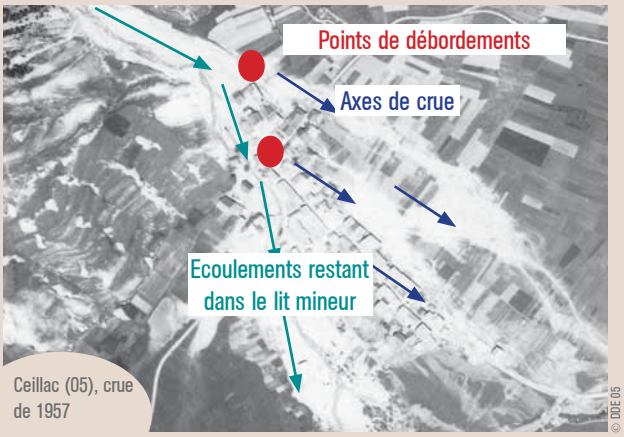
Sur les cours d'eau de plaine plus lents (plaine des Sorgues, basse plaine du Rhône), ces formes se traduisent par une augmentation des hauteurs d'eau et des vitesses.

Schéma type d'un axe de crue



© V. DURIN SIEE

Exemple de fonctionnement de plusieurs axes de crue



Ceillac (05), crue de 1957

© DDE 05

Trace d'un axe de crue sur une photographie aérienne



L'Aygues (84)

© IGN

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



2- Les cônes de déjection

Ce sont des accumulations de *sédiments** en forme d'éventail façonnées par des affluents lorsqu'ils débouchent dans une vallée principale.

Il existe deux types de cônes :
- Les cônes torrentiels, à pente forte.
- Les glacis-cônes, à pente faible.



Source : Archives Départementales 05

Ceillac (05), crue de 1957

Exemple de maisons situées sur un cône de déjection et engravées par une crue

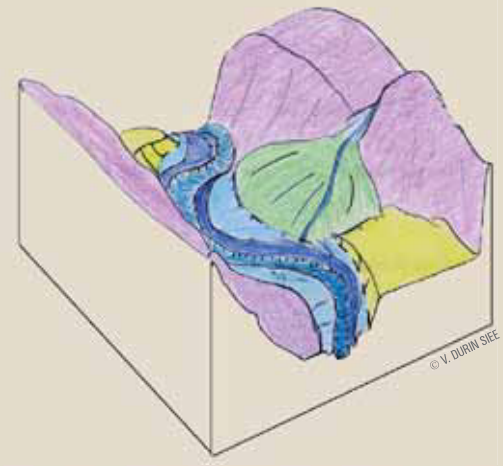
- Les cônes torrentiels, constitués de sédiments grossiers forment une surface bombée particulièrement marquée. Leur lit mineur peut être perché sur le haut du cône ou être déjeté sur un côté (cf. schéma).

Ces cônes possèdent un fonctionnement particulier :

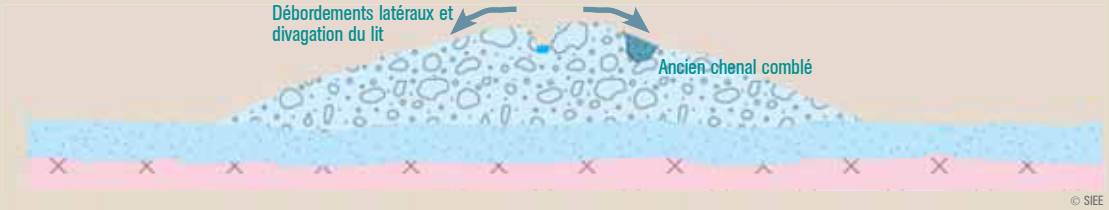
• Leur morphologie bombée dite « en toit » empêche tout débordement de revenir dans leur lit mineur,

• Les cours d'eau concernés transportent une charge solide considérable. Ainsi leur chenal d'écoulement peut se combler et se mettre à divaguer, allant parfois jusqu'à former d'autres lits à la surface du cône.

Schéma type d'un cône torrentiel

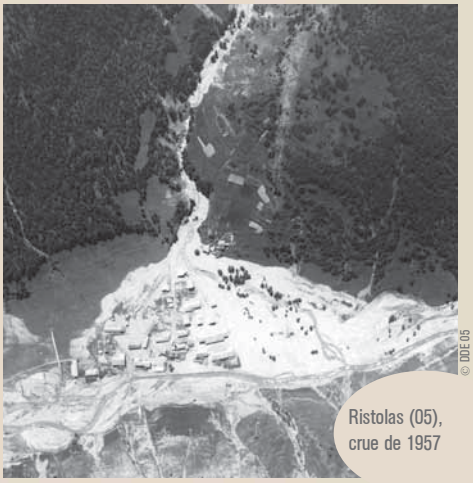


Coupe en travers d'un cône



© SIEE

Un cône torrentiel est généralement caractérisé par un phénomène d'intensité forte et imprévisible sur tout ou partie de sa surface.
L'importance de la charge solide se conjugue à des vitesses très élevées du fait de la pente forte pour occasionner lors des débordements des dégâts importants aux constructions et aménagements. Non seulement les terrains et habitations construits sur le cône sont inondables, mais ils peuvent aussi être localement engravés ou détruits.


© DDE 05

Ristolas (05), crue de 1957



Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

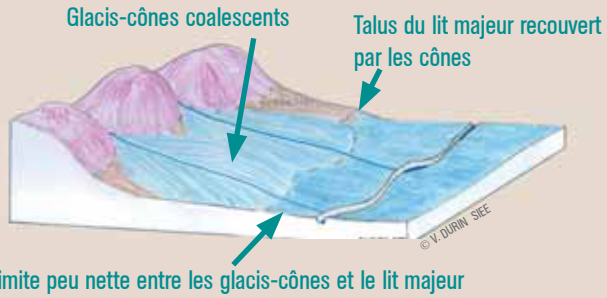
• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

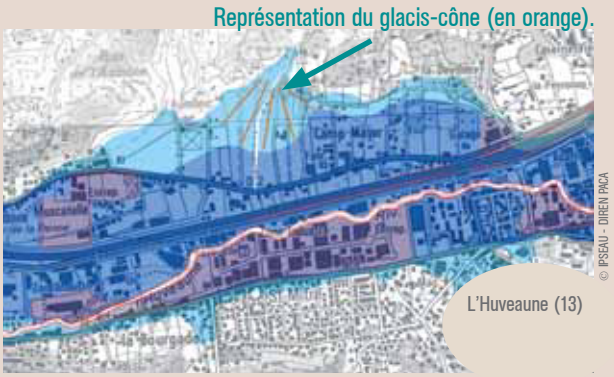
Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

● Les glacis-cônes sont généralement constitués de *sédiments** fins.
Leur surface bombée est moins marquée que celle des cônes torrentiels et leur fonctionnement est similaire avec une intensité bien moins importante.

Ces glacis-cônes sont caractéristiques des zones de piémont des collines ou des montagnes peu élevées. Ils peuvent être coalescents (c'est-à-dire que plusieurs cônes adjacents se touchent sur leur bordure), ce qui élargit considérablement la zone inondable.
Le phénomène qui peut les affecter se situe parfois à la limite entre l'inondabilité fluviale et le ruissellement pluvial concentré. Son intensité peut être facilement sous-estimée.





L'Huveaune (13)

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

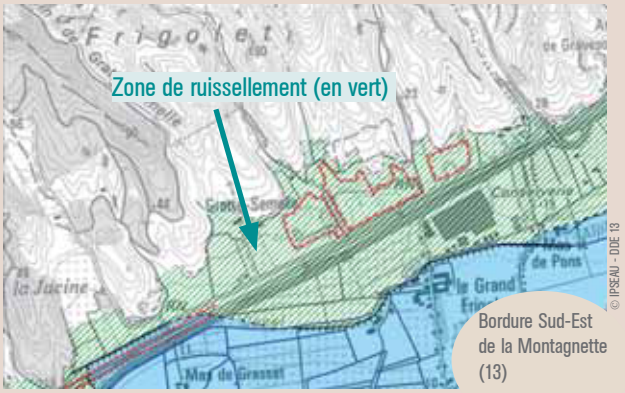
3- Les apports latéraux par ruissellement

Les phénomènes de ruissellement peuvent être responsables d'apports latéraux importants. Les zones les plus touchées sont les zones de raccordement entre reliefs et plaine (piémonts). Ces piémonts peuvent être affectés d'inondations par ruissellement au débouché des vallons secs (vallons dont le drain n'est pas en permanence en eau ou qui ne possède pas de drain marqué).

Du fait de l'absence ou du faible encaissement à l'état naturel des cours d'eau, les zones inondables par ruissellement sont souvent très étendues. Ces zones sont généralement drainées par des réseaux de fossés artificiels.

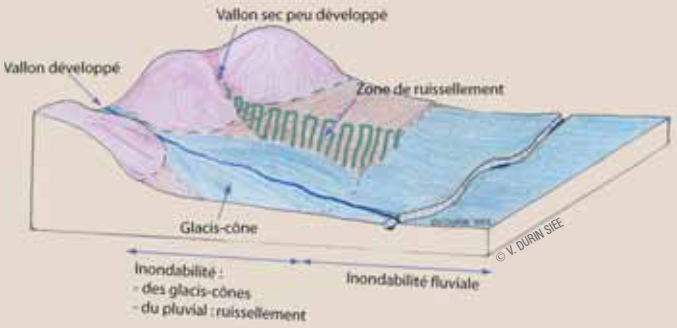
La dynamique de ces écoulements est diverse : ils peuvent se concentrer ou s'écouler en « nappe ».

La différence entre les zones de ruissellement et les glacis-cônes est parfois subtile et dépend essentiellement des bassins versants situés à l'amont.



Bordure Sud-Est de la Montagnette (13)

La problématique des piémonts : zones de ruissellement et glacis-cône





Les configurations géomorphologiques complexes

L'organisation classique de la plaine alluviale présentée ci-avant laisse parfois place à des configurations plus complexes, souvent liées à des particularités géomorphologiques. La région PACA se caractérise par un substrat géologique très varié et une histoire géologique mouvementée qui expliquent la variété des cas particuliers rencontrés dans l'étude des cours d'eau.

1- Les cas de suspicion de débordement sur terrasse
2- Les dépressions fermées
3- Les barrages de travertins
4- Les diffluences
5- Les deltas

1- Les cas de suspicion de débordement sur terrasse

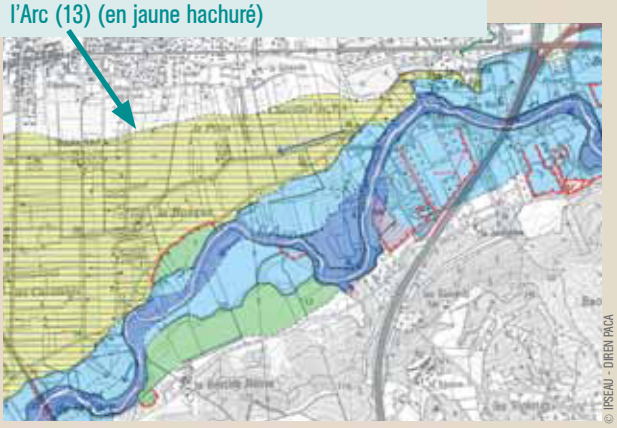
Dans certains cas, l'analyse hydrogéomorphologique met en évidence des phénomènes particuliers qui peuvent rendre des terrasses potentiellement inondables pour des événements exceptionnels, bien que leur *sédimentologie** soit typique des terrasses anciennes (galets et sols oxydés).

De tels cas ont été avérés lors de grandes crues : des terrasses ont localement été inondées dans les basses plaines de l'Aude en 1999 et dans le Gard et l'Hérault en 2002.

Les causes de débordement sur terrasse peuvent être simples ou multiples, et dérivées de facteurs anthropiques (action de l'homme) ou naturels.

Dans tous les cas, la cartographie indique une incertitude sur la limite de la zone inondable qu'il faudrait lever au moyen d'études complémentaires.

Terrasse potentiellement inondable à l'embouchure de l'Arc (13) (en jaune hachuré)



L'origine de cette inondabilité peut être multiple :

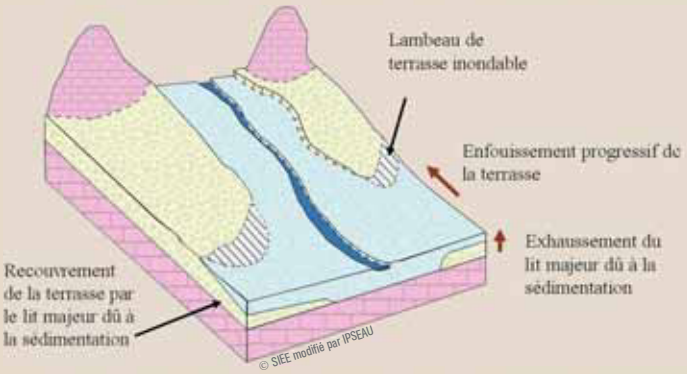
- **Inondation par le cours d'eau principal** : la sédimentation progressive dans la plaine alluviale au cours des crues et son exhaussement consécutif réduit sa section d'écoulement qui devient insuffisante pour les plus fortes crues. Elles débordent sur la terrasse qui est progressivement enfouie sous le lit majeur (souvent dans les secteurs côtiers ou contrôlés par un *niveau de base**).

Si ces phénomènes sont plus couramment observés sur les terrasses, ils peuvent également l'être sur les autres types de structures encaissantes.

- **Inondation par d'autres phénomènes naturels :**
  - Remontée de nappe directement sur la terrasse, ruissellement depuis des vallons secs (cas de la Durançole sur la terrasse de l'Arc aval, 13).
  - Affluent inondant la terrasse du cours d'eau principal (cas de l'Aygues à St-Maurice, 26).

- **Inondation liée à un facteur anthropique** : les aménagements dans les plaines alluviales peuvent réduire artificiellement les sections d'écoulement et générer des débordements sur l'encaissant (en amont d'un pont ou d'un remblai par exemple) (cf. page 22). L'analyse ne quantifie pas l'impact de ces facteurs anthropiques.

Inondabilité des terrasses liée à la sédimentation dans les plaines aval



Chap. 1 : PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE
1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats
Chap. 2 : CONTENU CARTOGRAPHIQUE
2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…
• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes
2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol
• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol
Chap. 3 : CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE
3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



2- Les dépressions fermées

Comme le nom l'indique, il s'agit d'une dépression, d'une « cuvette », plus ou moins marquée et profonde qui est fermée, c'est-à-dire qui n'a pas d'exutoire par lequel les eaux pourraient s'évacuer. Les dépressions fermées sont naturellement inondables. Lorsqu'elles ne sont pas drainées par un cours d'eau, elles peuvent être inondées par les pluies ou les remontées de nappe. Quand elles sont drainées, elles peuvent être responsables d'élargissements importants de la plaine d'inondation.

Annexes page 45

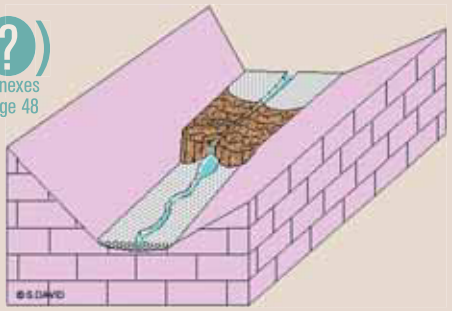


Doline du Grand Laoucien (83)

3- Les barrages de travertins, une spécificité des terrains calcaires

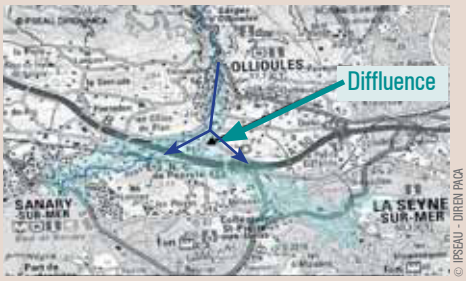
Les travertins sont des formations calcaires déposées par les cours d'eau dont l'eau est saturée en bicarbonate de calcium. L'identification de ces dépôts de calcaire est particulièrement importante car ils peuvent former de véritables barrages dans les fonds de vallée de certains cours d'eau. Dans ce cas, l'écoulement est perturbé par une cascade et le barrage exerce une contrainte forte sur les écoulements en crue.

Annexes page 48



4- Les diffluences

On observe parfois un phénomène singulier : la plaine inondable se scinde en deux branches divergentes. C'est la diffluence. Ce phénomène peut être lié à plusieurs facteurs. La nature des terrains géologiques que les cours d'eau traversent est l'une des causes les plus courantes, notamment dans les roches tendres.



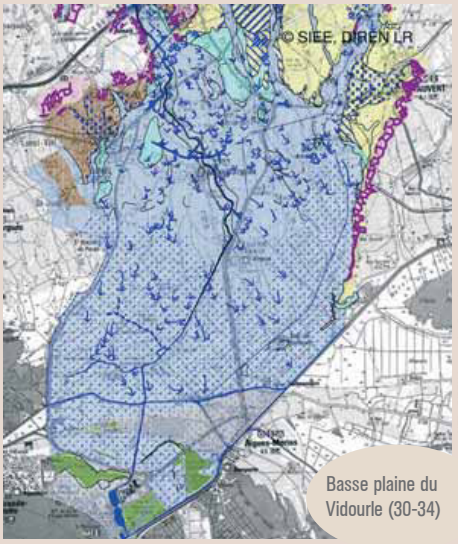
Séparation en deux bras de la plaine alluviale de la Reppe dans les argilites permiennes (83)

5- Les deltas et basses plaines littorales

Formés par l'accumulation des sédiments apportés par les fleuves à leur débouché en mer, les deltas sont des formes spécifiques entièrement inondables, à la fois par le cours d'eau, mais aussi dans leur partie basse par des surcotes marines (lors de tempêtes), des remontées de nappe ou des saturations pluviales.

La cartographie hydrogéomorphologique de ces milieux différencie dans l'espace différents types de dynamiques ou d'influences. Par exemple, elle permet d'identifier :

- la zone hydromorphe sous influence marine, où le *ressuyage** est très long,
- les zones humides toujours en eau,
- les cordons dunaires actuels et anciens (fossilisés),
- les points de débordement privilégiés du lit mineur qui est souvent perché au-dessus du lit majeur,
- les anciens lits aujourd'hui comblés par les *sédiments**,
- les secteurs où les terrasses anciennes deviennent inondables,



Basse plaine du Vidourle (30-34)

- les secteurs favorables à une sur-sédimentation importante (en amont d'ouvrages par exemple).

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydro-géomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



2.2- ... à la cartographie de l'occupation du sol

Un certain nombre d'éléments d'occupation du sol affectent le fonctionnement d'une rivière, notamment en faisant obstacle aux écoulements. Pour cette raison, il est d'usage lors de la mise en œuvre de l'approche d'identifier dans une seconde phase les plus importants et de les positionner par-dessus les unités hydrogéomorphologiques, sans toutefois quantifier leur incidence sur la zone inondable. On distingue les éléments de l'occupation du sol :

- Naturels : la ripisylve
- *Anthropiques* *: remblais, digues, protections de berges...

Les éléments naturels d'occupation du sol

1- Les éléments naturels d'occupation du sol : la *ripisylve**

La *ripisylve** constitue un corridor boisé qui borde le lit mineur des cours d'eau et occupe des surfaces plus ou moins importantes au sein des plaines alluviales. Cette végétation des berges joue un rôle majeur dans le fonctionnement hydraulique des rivières.

Par effet mécanique (obstacle à l'écoulement), elle favorise le ralentissement des crues (dispersion des lignes de courant, diminution de la force érosive) ainsi que le stockage temporaire des eaux.

Certains éléments arrachés par le courant deviennent des corps flottants charriés par les flots qui peuvent s'accumuler (par exemple sous les ponts) et former des embâcles (bouchons).

Ces amas réduisent les sections d'écoulement, aggravent localement les conditions d'inondabilité dans les secteurs à *enjeux**, mais favorisent le *ralentissement dynamique** dans les zones naturelles.

La *ripisylve** est essentiellement limitée aux lits moyens auxquels elle est étroitement associée. Sa composition et son développement sont fonction des conditions climatiques régionales (la *ripisylve** à peupliers domine en région méditerranéenne), de la nature des sols, de la fréquence et de la force des crues.



© SIEE



© P. BLOT

Vidourle (30), crue de 2002

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• *Les unités hydrogéomorphologiques*
• *Les unités encaissantes*
• *Les modelés géomorphologiques connexes*
• *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• *Les éléments naturels d'occupation du sol*
• *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les éléments anthropiques d'occupation du sol

1- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : les digues

Les digues sont des ouvrages construits volontairement pour essayer d'influencer le fonctionnement naturel d'un cours d'eau.
La plupart des digues sont très anciennes (par exemple les digues de l'Ouvèze dans le Vaucluse existaient déjà au XII^{ème} siècle). La méthode identifie les digues les plus importantes sans pouvoir prendre en compte leur effet de protection qui est tributaire de l'état des ouvrages et de leur dimensionnement.
Elles peuvent être de plusieurs types : merlons en terre, digues maçonnées, ou de composition hétérogène du fait des nombreux travaux de réparation, d'élargissement ou de rehaussement dont elles ont fait l'objet.
Leur vocation peut être :

- de limiter les débordements latéraux pour protéger un *enjeu**,
- de détourner les écoulements de leur lit naturel,
- de forcer la *sédimentation** à des fins agricoles.



La Béoux (05)
© SIEE

2- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : les *remblais**

Le fonctionnement de la rivière en crue peut être affecté plus ou moins profondément par des aménagements. Les *remblais** de terre, quelque soit leur vocation initiale, peuvent empiéter sur tout ou partie d'une unité hydrogéomorphologique, influençant ainsi le cours des écoulements.

On représente en superposition sur les unités hydrogéomorphologiques :

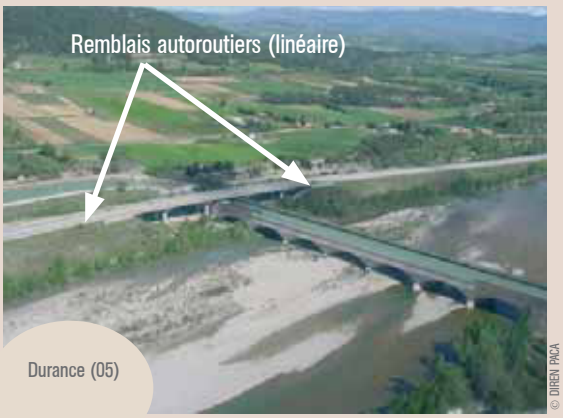
- Les remblais surfaciques, le plus souvent liés à un *enjeu**, mais qui peuvent aussi être des laissés de carrière ou des décharges plus ou moins sauvages.
- Les remblais linéaires, liés à une infrastructure (route, canal…).

Les remblais sont dimensionnés à une certaine taille, en fonction de leur vocation :

- Simple mise à niveau du terrain naturel en pente pour permettre l'installation d'une construction.
- Ou remblaiement effectif dont la vocation est de mettre hors d'eau l'*enjeu** en question pour un certain niveau de crue.



© SIEE



Durance (05)
© DIREN PACA

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

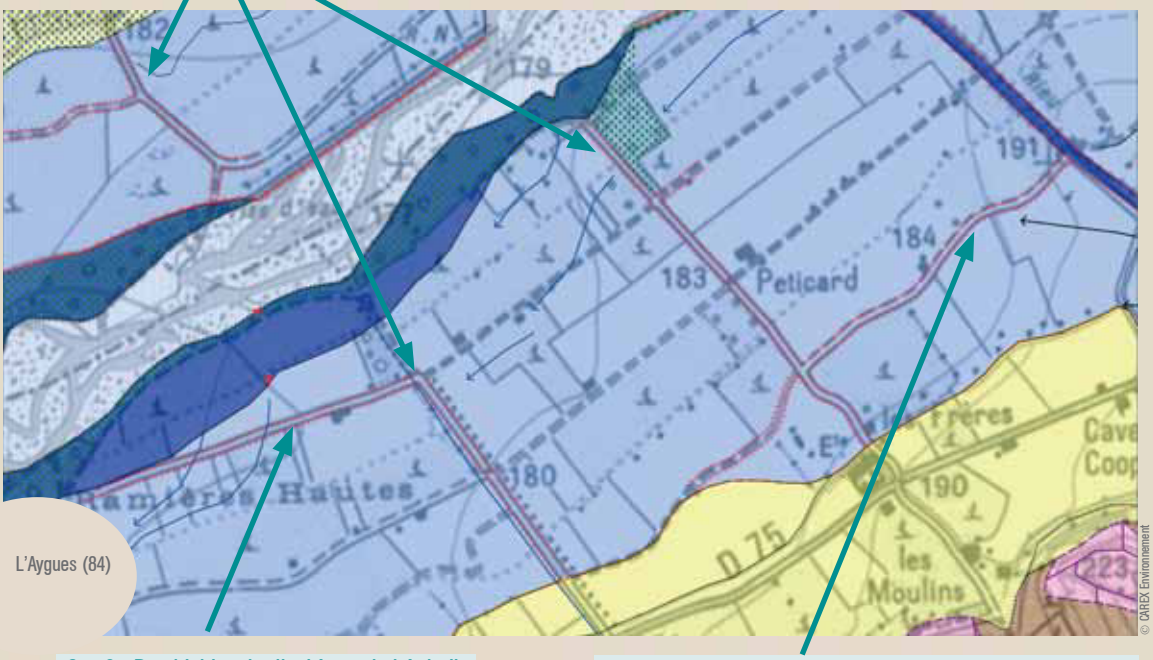
Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



En empiétant sur la zone inondable, les remblais réduisent la largeur du champ d'inondation et limitent l'étalement des crues.
En conséquence, les hauteurs d'eau, et éventuellement les vitesses, augmentent pour un même débit.
Leur influence est directement liée à la proportion de champ d'inondation naturel qui est ainsi soustraite aux écoulements.

Cas 1 : Remblais transversaux barrant la totalité de la zone inondable → IMPACT potentiellement FORT



L'Aygues (84)

© CAREX Environnement

Cas 2 : Remblai longitudinal à proximité du lit mineur → IMPACT potentiellement FORT

Cas 3 : Remblai longitudinal à la marge de la zone inondable → IMPACT LIMITE (sauf en présence d'un axe de crue)

S'ils peuvent améliorer la situation vis-à-vis des débordements du cours d'eau principal, ils peuvent aussi l'aggraver vis-à-vis d'autres phénomènes (ruissellement pluvial, crue d'un affluent,…) ou en se rompant.

3- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : les ponts

Les ponts peuvent représenter potentiellement une contrainte forte pour les écoulements en crue,

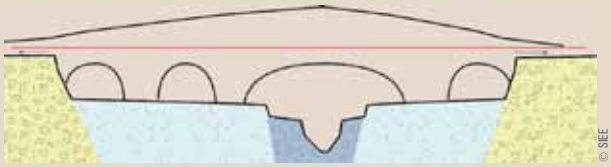
- soit quand leur section est trop étroite pour laisser passer les débits,
- soit quand l'accumulation d'embâcles au niveau des ouvertures la réduit artificiellement.



© SIEE

L'Ouvèze (84)

Pont romain de Vaison-la-Romaine, submergé lors de la crue de 1992



© SIEE

La mise en charge d'un ouvrage entraîne une surélévation artificielle de la ligne d'eau (en rouge) et éventuellement des débordements sur les terrasses (cf. page 18).

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



4- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : les seuils

Les seuils construits dans les lits mineurs répondent à des vocations multiples :

- Fixation du profil en long du cours d'eau pour stopper une *érosion régressive** par exemple.
- Dérivation des eaux pour alimenter des canaux d'irrigation ou d'alimentation de moulins, d'usines…
- Maintien d'un niveau d'eau minimal dans une section pour des besoins divers (loisirs nautiques, irrigation…).

Pendant les crues, ils provoquent une augmentation importante de la vitesse qui peut engendrer des érosions en aval. Ils peuvent également augmenter la ligne d'eau en amont.

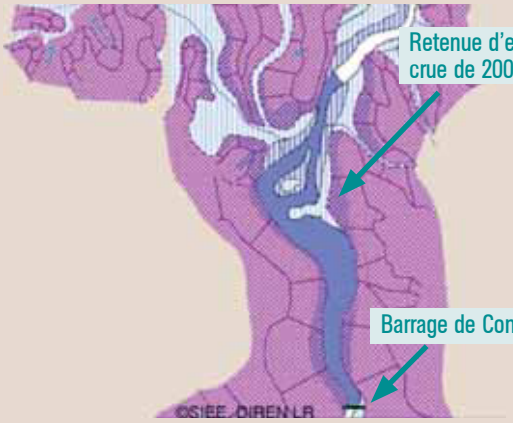


Le Var (06)

5- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : les barrages

Les barrages, quelque soit leur vocation initiale (destinés à l'alimentation en eau, à l'hydroélectricité, à l'irrigation, à la régulation des rivières ou au tourisme), sont reportés sur la cartographie hydrogéomorphologique puisqu'ils influencent les écoulements naturels en crue :

- en retenant tout ou partie des débits de crue, s'ils ne sont pas déjà à leur taux de remplissage maximum,
- s'ils se remplissent au-delà de la cote normale, en augmentant anormalement en amont les hauteurs d'eau et l'extension des zones inondables sur l'*encaissant**, au-delà des limites hydrogéomorphologiques,





Le Gard (30)

- en générant une vague dévastatrice pour l'aval en cas de rupture. Ce phénomène relève des risques technologiques. Le dernier évènement connu en France est celui du barrage de Malpasset en 1959.



Malpasset (83)

« Le 2 décembre 1959, lors de pluies torrentielles, le nouveau barrage de Malpasset construit pour constituer un réservoir d'eau permettant d'irriguer les cultures, céda soudainement à 21h13, déversant près de 50 millions de mètres cubes d'eau qui déferlèrent, ravageant la vallée du Reyran». Une vague de 40 m de haut déferle dans l'étroite vallée à la vitesse de 70 km/h. Balayant tout sur son passage, elle débouche sur Fréjus 20 minutes plus tard. Cette catastrophe a fait 423 victimes.

Des consignes de gestion des barrages en crues sont généralement mises en place pour éviter qu'ils n'aggravent les risques lors des plus forts évènements.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



6- Les éléments anthropiques d'occupation du sol : le lit rectifié et les protections de berges

Dans les traversées urbaines, les lits mineurs font souvent l'objet de travaux importants.

- Les **travaux de recalibrage** consistent à modifier la section d'écoulement, en général pour l'augmenter et diminuer la fréquence des débordements.

- Les **travaux de rectification** consistent notamment à modifier le tracé du cours d'eau sur une partie de son linéaire, soit pour protéger un *enjeu**, soit pour augmenter la pente et favoriser l'évacuation des eaux vers l'aval.

- Dans certaines configurations exceptionnelles, des **lits artificiels** peuvent être creusés pour dévier les écoulements.

- Lorsque les berges sont soumises à des phénomènes d'érosion, elles peuvent faire l'objet de **protections dans les secteurs à enjeux** sous la forme d'enrochements, de gabions ou d'ouvrages utilisant le génie végétal.

Pendant les crues, ces aménagements :

- Perturbent les directions naturelles des écoulements et engendrent quelques fois en aval des érosions importantes.

- Augmentent les vitesses d'écoulement en réduisant la *rugosité** des berges et les possibilités naturelles de débordement.

Réalisés dans le but de limiter les débordements dans un secteur en évacuant plus rapidement des débits importants, ces aménagements ont pour effet pervers d'aggraver l'*aléa** inondation en aval du secteur concerné. Sur un même bassin versant, la multiplication de ces ouvrages peut engendrer une réelle péjoration pour les secteurs situés en aval plus fréquemment inondés. La prise de conscience de cette problématique dans la décennie 90 a permis l'émergence des notions de solidarité amont-aval au sein d'un bassin versant.



Affluent du Buëch (05)

Exemple de lit rectifié détourné de son lit naturel

Tracé de l'Huveaune en amont de St-Marcel en 1950 (source : IGN)

Tracé actuel de l'Huveaune en amont de St-Marcel (source : IGN)



Les champs d'utilisation de l'approche hydrogéomorphologique

3.1- Comment lire et interpréter les cartes ?

La carte hydrogéomorphologique superpose deux grands types d'informations, comme le montre le chapitre précédent :

- des informations relatives au fonctionnement naturel des cours d'eau,
- des informations relatives aux éléments perturbants.

Elle nécessite donc une lecture en deux phases.

Phase 1

Dans un premier temps, le lecteur doit s'attacher aux objets naturels représentés :

- Les unités hydrogéomorphologiques, en bleu ou vert de différentes nuances. Elles constituent les zones potentiellement inondables et les dégradés de couleur permettent d'apprécier visuellement les variations de l'inondabilité.
- Les unités encaissantes : en rose, jaune ou marron, elles indiquent que les zones concernées ne sont pas inondables (sauf si un figuré bleu y est superposé) (cf. page 18).
- Les modelés géomorphologiques secondaires : ce sont les flèches, les objets ponctuels qui vont représenter le fonctionnement des écoulements lors des crues. Par exemple les flèches symbolisant les axes de crue informent sur des écoulements plus violents, plus rapides qu'ailleurs dans le lit concerné (cf. page 15).

Ces éléments permettent au lecteur d'appréhender l'extension des zones inondables naturelles et le fonctionnement des crues dans cet espace, en conditions naturelles.

Phase 2

Puis, le lecteur visualise les éléments de l'occupation du sol qui peuvent modifier les écoulements naturels (cf. page 21 à 24).

- Les digues : elles sont censées protéger des crues pour lesquelles elles sont dimensionnées, mais peuvent être submergées pour les crues exceptionnelles, ou érodées (brèches). Les secteurs situés derrière sont alors fortement exposés.
- Les remblais surfaciques, empiètent sur la zone inondable : ils la réduisent artificiellement.
- Les remblais linéaires : en fonction de leur orientation, ils perturbent plus ou moins les écoulements.
- Les ponts, seuils, et barrages : ils attirent l'attention sur des secteurs clefs où peuvent se produire des phénomènes particulièrement violents (rupture d'embâcle, déversement, érosions…).

Dans le commentaire qui accompagne toute carte hydrogéomorphologique, le lecteur pourra trouver une analyse qualitative des éventuelles perturbations provoquées par ces aménagements.



Brèche de Fourques sur le Petit Rhône en 2003

© Syndicat Mixte Camargue Gardoise



Pont détruit à Roaix, Ouvèze en 1992

© G. GARRY

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



3.2- Les atouts et les limites de la méthode

Les atouts

La méthode hydrogéomorphologique est aujourd'hui un des outils préconisés par les ministères en charge de la prévention des inondations pour la réalisation de cartographies des zones inondables, documents informatifs qui incombent aux services de l'Etat en préalable à la programmation ou l'élaboration des *PPRI**.

Les principaux ATOUTS de cette approche résident :

- dans **l'exhaustivité d'une cartographie** qui couvre l'emprise maximale **des zones** potentiellement inondables et qui prend en compte la continuité des champs d'inondation sur l'ensemble d'une vallée, d'un bassin versant,

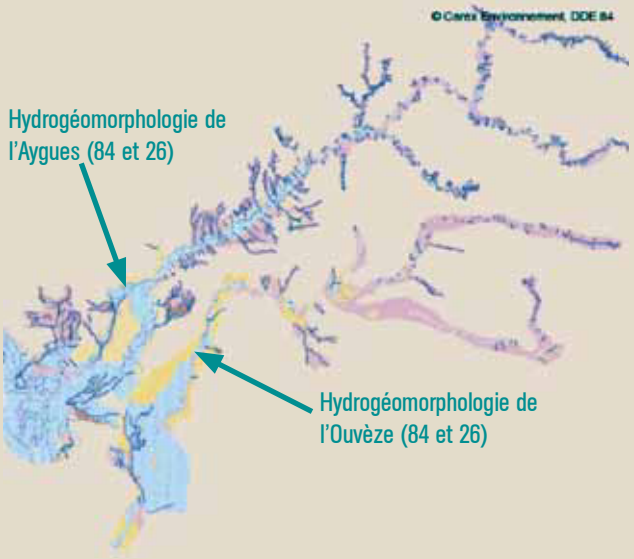
- dans le fait qu'elle s'appuie sur des **structures topographiques visibles indiscutables** et prend en compte certains éléments particuliers (axes de crues, zones d'érosion) qui offrent une vision dynamique du cours d'eau,

- dans la délimitation au sein des plaines alluviales des **zones qui sont exposées à des crues fréquentes, rares ou exceptionnelles** et celles qui ne seront, sauf exception, jamais submergées, identifiant ainsi des zones qui peuvent être urbanisées sans danger d'inondation,

- dans la **prise en compte des confluences** : la facilité de mise en œuvre de la méthode permet d'assurer une plus grande exhaustivité de la cartographie des zones inondables des cours d'eau et de leurs affluents,

- dans ses **coûts de mise en œuvre**, inférieurs à ceux d'autres méthodes (notamment la modélisation hydraulique), qui nécessitent l'acquisition de données topographiques,

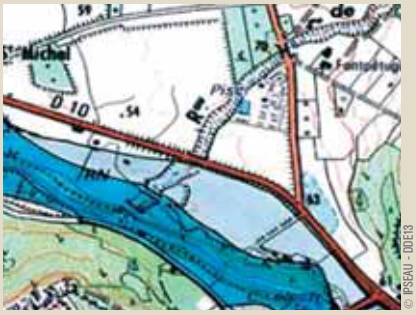
- dans la **rapidité** avec laquelle le diagnostic sur la zone inondable peut être établi.




© V. DURIN

L'Ouvèze (84)

Au second plan, talus définissant la limite du lit majeur et de la zone inondable de l'Ouvèze



© IPSEAU - DDE13

Cartographie des zones inondables de l'Arc (13) réalisée sans prise en compte d'un ruisseau affluent



© IPSEAU - DIREN PACA

Le même secteur avec prise en compte du ruisseau affluent

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Les limites

- En tant qu'analyse naturaliste fondée sur une science d'observation, elle fournit des informations qualitatives mais ne quantifie pas les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement qui peuvent survenir.

- Elle identifie, sans pouvoir les quantifier, certains effets hydrauliques néfastes des aménagements anthropiques présents dans la zone inondable. La cartographie ne prend pas en compte les aménagements qui sont censés réduire la zone inondable car ils ne peuvent être considérés comme pérennes dans le temps.

- La méthode ne donne pas la fréquence précise d'inondation des différents lits d'une rivière.

- Dans certains cas très complexes, ou lorsque l'urbanisation a profondément modifié la morphologie naturelle, il subsiste des incertitudes sur la limite de la zone inondable.

- Son champ d'application est normalement limité aux cours d'eau ayant suffisamment de puissance pour pouvoir façonner une plaine alluviale. Cela exclut les drains artificiels, drains agricoles, canaux, réseaux d'assainissement…

Ces limites de l'approche hydrogéomorphologique ne constituent pas une contrainte dans le cadre des *Atlas des Zones Inondables**.

Conclusion

L'analyse scientifique des formes et de la nature des sols permet de rendre compte du fonctionnement naturel des cours d'eau d'une manière claire et abordable. Elle est complémentaire des autres approches du risque d'inondation (historique et hydraulique) (cf. page 33). Elle est particulièrement bien adaptée au contexte méditerranéen et alpin où les dynamiques violentes façonnent des formes bien nettes.

Cette méthode est aujourd'hui recommandée dans le cadre des démarches de cartographie informative et dans la réalisation de documents réglementaires comme les *Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI*).* Elle est également bien adaptée pour délimiter et prendre en compte les zones inondables dans les documents d'urbanisme (*PLU*, SCOT**, etc).

Extrait de la circulaire du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisme et adaptation des constructions en zone inondable (qui s'applique essentiellement aux départements du sud de la France sous influence méditerranéenne).

« Les événements les plus récents, qui se sont produits dans certains de vos départements en 1999, 2002 et 2003, ont montré qu'au-delà de toute notion de période de retour, les inondations pouvaient fréquemment réoccuper l'ensemble de la plaine alluviale des cours d'eau. Il vous faut donc intégrer dans vos réflexions les conséquences d'une crue plus forte, notamment sur la base de la crue exceptionnelle de référence « hydrogéomorphologique », pour pouvoir, après la délimitation des niveaux d'aléas, traiter les choix d'urbanisation, l'information de la population et la préparation de la gestion de crise ».

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



3.3- Champs d'utilisation de la méthode

Le diagnostic des zones inondables

La méthode hydrogéomorphologique est essentiellement utilisée pour le diagnostic des zones inondables.
Aujourd'hui, en matière d'inondations, la répartition des rôles entre les différents acteurs publics est définie réglementairement :

- L'État a pour mission d'évaluer et de porter à connaissance aux collectivités locales compétentes en matière d'urbanisme, les risques d'inondation pour leur prise en compte dans les documents d'urbanisme.
- Les communes ont un rôle essentiel : le maire est responsable de la sécurité publique. Il doit prendre en compte les risques prévisibles dans le document d'urbanisme de sa commune et dans l'application du droit des sols. Il organise les secours lorsque survient l'inondation.

La cartographie des zones inondables peut être réalisée dans trois contextes :

1- Document informatif

2- Porter à connaissance

3- Réglementaire (PPR)

1- Document informatif

Il s'agit de produire ou de rassembler de l'information sur le fonctionnement des cours d'eau et sur les crues historiques.

L'*Atlas des Zones Inondables** constitue un outil de référence pour les services de l'État dans les différentes missions dont ils ont la responsabilité.
Réalisés le plus fréquemment à l'échelle du 1/ 25 000, les Atlas ont une valeur informative et ne sont pas opposables comme document juridique aux tiers. Les cartes et informations diverses qu'ils contiennent ne se substituent pas aux documents d'urbanisme en vigueur comme les *Plans d'Occupation des Sols (POS)**, les *Plans Locaux d'Urbanisme (PLU)** ou les *Plans de Prévention des Risques (PPR)**.

Ces documents visent essentiellement à :
- sensibiliser tous les acteurs à la problématique «inondation»,
- apporter l'information préventive la plus complète possible compte tenu de l'état des connaissances à ce jour,
- aider les décideurs en matière d'aménagement du territoire ou les services de l'État dans la préparation des *Plans de Prévention des Risques (PPR)**.

Références :
Circulaire interministérielle METL-MEDD du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisme et adaptation des constructions en zone inondable.
Circulaire du MEDD du 14 octobre 2003 relative à la politique de l'État en matière d'établissement des Atlas des Zones Inondables.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?

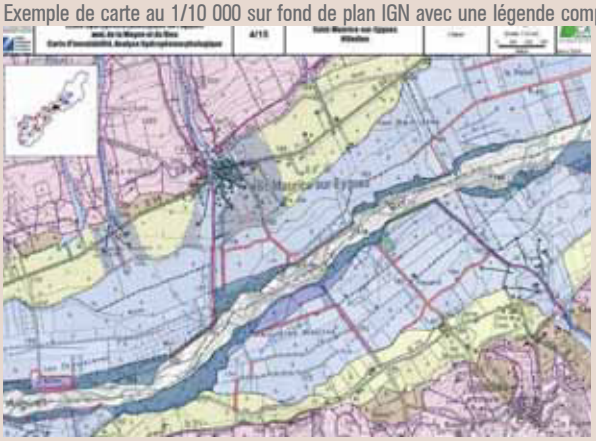


Dans le cadre des *Atlas des Zones Inondables**, la cartographie hydrogéomorphologique constitue un outil privilégié, car elle répond parfaitement aux attentes de ce type de document, qui sont de fournir une information sur le fonctionnement naturel des crues sur de grands linéaires. Souvent, elle sera couplée avec une étude historique des inondations qui lui est complémentaire (cf chapitre suivant).

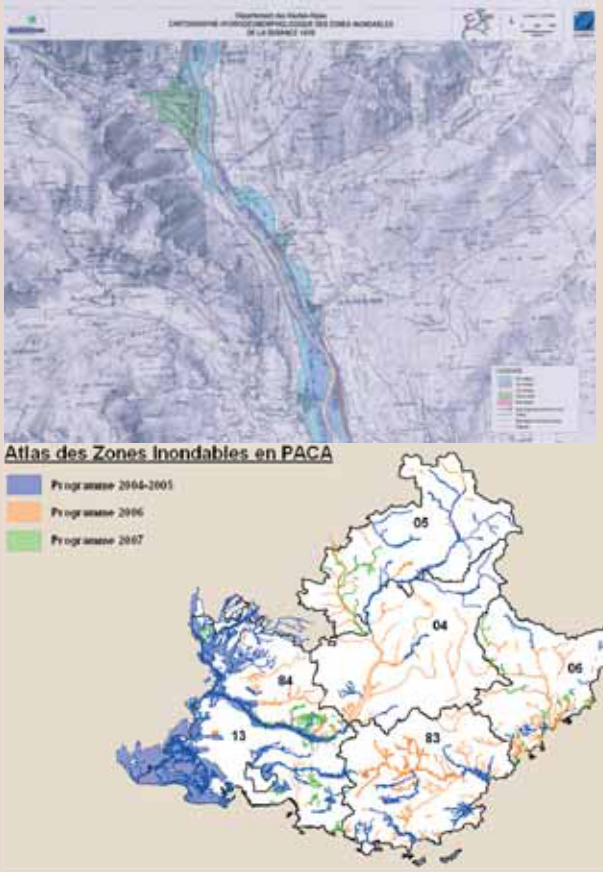
Dans cet objectif, elle peut être réalisée :
• aux échelles du 1/25 000 et du 1/10 000. Habituellement, les atlas sont réalisés par bassin versant au 1/25 000, et avec des zooms au 1/10 000 sur les secteurs à *enjeux**,
• sur le fond de plan IGN au 1/25 000, agrandi au 1/10 000 pour les zooms,
• avec une légende plus ou moins complète : en fonction des objectifs, il est possible par exemple de ne pas représenter *l'encaissant**.

En région PACA, un certain nombre de cours d'eau ont été cartographiés avec cette approche, à l'exception du Rhône qui reprend actuellement l'enveloppe de la crue de 2003.

Exemple de carte au 1/10 000 sur fond de plan IGN avec une légende complète



Exemple de carte au 1/25 000 sur fond de plan IGN avec une légende simplifiée



2- Porter à connaissance

L'État a la responsabilité de porter à la connaissance des collectivités locales compétentes en matière d'urbanisme l'existence de risques liés aux inondations.
Le porter à connaissance fait apparaître les dispositions particulières applicables au territoire telles les directives territoriales d'aménagement, les dispositions relatives aux zones de montagne et au littoral (…), les servitudes d'utilité publique, mais aussi les projets d'intérêt général de l'État et des autres collectivités publiques ainsi que les opérations d'intérêt national. Il fournit également les études techniques dont dispose l'État en matière de prévention des risques et de protection de l'environnement. En matière d'inondation, le porter à connaissance s'appuie notamment sur les *Atlas des Zones Inondables**.

Références : Articles L.121-1, R.121-1 et R.121-2 du code de l'urbanisme. Circulaire du 6 septembre 2001 relative au porter à connaissance.
« Il revient à l'État de prendre l'initiative d'informer les collectivités locales des éléments d'appréciation sur les risques dont il a connaissance, de façon à ce que ces dernières puissent prendre ces éléments en compte dans les documents d'urbanisme et les décisions qui relèvent de leur responsabilité (permis de construire, ZAC...).*
Cette information est contenue dans le porter à connaissance (PAC) .*

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



3- Le PPR, outil réglementaire

Le *PPR** constitue une servitude d'utilité publique annexée au *PLU**. Le *PPR* Inondation est un outil de définition des réglementations à appliquer en zone inondable. Il délimite les zones du territoire exposées aux risques naturels. Il prévoit également les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à mettre en œuvre par les propriétaires et les collectivités locales ou les établissements publics. Il vise également à réduire la vulnérabilité de l'existant.

Le *PLU* est un outil qui prévoit l'aménagement futur de la commune. Il précise les règles d'urbanisme qui s'y appliquent. Il doit prendre en compte les risques majeurs.

Le PPR comprend trois documents :

- **Une note de présentation** indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances.

- **Les documents graphiques** qui délimitent les zones où la réglementation du *PPR* s'applique. On parle de «zones rouges» pour celles où les constructions nouvelles sont interdites et de «zones bleues» pour celles où celles-ci restent autorisées sous réserve de prescriptions particulières. On peut ajouter trois documents cartographiques non réglementaires pour faciliter la compréhension des contraintes du zonage réglementaire : la carte informative des phénomènes naturels, la carte des *aléas** et la carte des *enjeux**.

- Le **règlement** qui détermine différents types de règles applicables dans les zones considérées.

Références : Le PPR est institué par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 modifiant la loi n°87-565 du 22 juillet 1987.



PPRI de Laragne. Carte hydrogéomorphologique au 1/5 000 sur fond de plan cadastral agrandi



Etude préalable au PPRI d'Aix-en-Provence - Carte hydrogéomorphologique au 1/5 000 sur fond de plan IGN agrandi

Dans le cadre des *Plans de Prévention des Risques d'inondation,* la cartographie hydrogéomorphologique peut être utilisée :

- soit en outil principal à partir duquel on définira par la suite le règlement (cf. page 31),
- soit en outil préalable et complémentaire de l'étude hydraulique (cf page 38), lorsqu'il est nécessaire de quantifier l'aléa à partir duquel on définira par la suite le règlement,
- en complément de PPRI déjà approuvés pour délimiter les zones inondables pour des crues supérieures à la crue de référence du *PPRI*.

Selon les cas et les besoins, elle peut être réalisée :

- aux échelles du 1/10 000, 1/5 000 et du 1/2 500,
- sur le fond de plan IGN agrandi au 1/10 000, sur fond cadastral ou orthophotoplan,
- avec une légende réduite le plus souvent aux unités hydrogéomorphologiques, mais qui peut être adaptée selon les cas.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

• Les unités hydrogéomorphologiques
• Les unités encaissantes
• Les modelés géomorphologiques connexes
• Les configurations géomorphologiques complexes

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

• Les éléments naturels d'occupation du sol
• Les éléments anthropiques d'occupation du sol

Chap. 3 :
CHAMPS D'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



Qualification des aléas à partir de la méthode hydrogéomorphologique

Dans le cadre des *Plans de Prévention des Risques d'inondation**, la cartographie hydrogéomorphologique peut être utilisée en outil principal de la qualification de l'aléa inondation. Cette application ne faisant pas encore l'objet de guide ou de recommandations systématiques est actuellement appliquée au cas par cas.

Les principes de base de la définition des aléas sont conformes à ceux définis dans le guide méthodologique pour l'établissement des *Plans de Prévention des Risques d'Inondation** : leur qualification doit s'effectuer sur la base des analyses historiques et hydrogéomorphologiques croisées.

Le fonctionnement naturel du cours d'eau constitue le fondement de cette qualification qui nécessite une très bonne analyse du terrain.

Ce type de cartographie n'est pour l'instant appliqué que ponctuellement, mais est appelé à un fort développement : des nombreuses réflexions méthodologiques sont en cours pour formaliser cette méthode de qualification des aléas en région PACA.

Exemple de grille d'aléas issue d'une étude réalisée sur le Buëch (05)

EXEMPLE

Nature géomorphologique (d'après carte hydrogéomorphologique)	Lit mineur / Lit moyen / Lit majeur Zone d'écoulement dynamique, lit mineur et bande active *yc*, iscles boisées, chenaux de crue, anciens bras et anciens lits actifs remblayés, talweg et abords des petits affluents, ancien lit moyen endigué /remblayé, lit majeur étroit.	Lit majeur Hors zone d'écoulement dynamique Lit majeur étroit, inondations fréquentes, ancien lit moyen endigué, cône des affluents des versants ouest en aval de la voie ferrée, ancien lit moyen endigiué/ remblayé.	Lit majeur étendu, rarement ou jamais inondé historiquement, secteur éloigné, protégé. Zone de ruissellement diffus sur les anciens cônes de déjection (partie faiblement active, hors torrent de montagne) transformés par l'urbanisation. .
Hauteur d'eau	Hauteurs importantes (supérieures à 1 mètre)	Hauteurs moyennes	Hauteurs faibles
Vitesses d'écoulement	Vitesses élevées	Vitesses moyennes à faibles	Vitesses faibles
ALEA	FORT	MOYEN	FAIBLE

Aléa faible : intensité faible et occurrence faible à moyenne
Aléa moyen : intensité moyenne et occurrence faible à moyenne
Aléa fort : intensité fort (ou occurrence forte)

ATTENTION : ce tableau n'a de valeur que pour le site étudié et ne peut en aucun cas être transposé directement à d'autres sites d'étude.

Autres utilisations de la méthode hydrogéomorphologique

Outre le diagnostic des zones inondables, l'approche hydrogéomorphologique est particulièrement adaptée pour :

1- L'étude des espaces de liberté : zones de grand écoulement et de mobilité

Le *SDAGE RMC** préconise la préservation des *espaces de liberté**, ou espaces de mobilité des cours d'eau. Ce sont les zones dynamiques de la plaine alluviale où se concentre l'essentiel de la mobilisation des sédiments.

A l'intérieur de la plaine alluviale, les zones de grand écoulement sont affectées par les hauteurs d'eau et les vitesses les plus élevées. Elles correspondent le plus souvent au lit moyen et à ses bras de décharge. Au sein de celles-ci, la zone de mobilité est l'espace dans lequel les limites des unités peuvent évoluer du fait de la force érosive et des vitesses d'écoulement en crue.

L'approche hydrogéomorphologique permet d'aborder objectivement la problématique des zones de mobilité et de grand écoulement sur la base de l'analyse morphodynamique des formes alluviales :

- Les traces multiples d'érosion linéaire ou de sédimentation différencient facilement les zones d'écoulement dynamique des zones d'écoulement lent.
- Les talus séparant ces différentes zones marquent des ruptures nettes dans les processus.

Dans ce cadre, elle s'appuie sur ses outils traditionnels, complétés par une analyse *diachronique** de l'évolution des lits fluviaux et par l'étude de la végétation qui permet d'estimer les tendances à la mobilité.

Chap. 1 :
PRINCIPES ET MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

1.1 Les origines de la méthode
1.2 Les principes de l'hydrogéomorphologie
1.3 Le phasage
1.4 Les résultats

Chap. 2 :
CONTENU CARTOGRAPHIQUE

2.1 De la cartographie hydrogéomorphologique…

- *Les unités hydrogéomorphologiques*
- *Les unités encaissantes*
- *Les modelés géomorphologiques connexes*
- *Les configurations géomorphologiques complexes*

2.2 … à la cartographie de l'occupation du sol

- *Les éléments naturels d'occupation du sol*
- *Les éléments anthropiques d'occupation du sol*

Chap. 3 :
CHAMPS d'UTILISATION DE L'APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

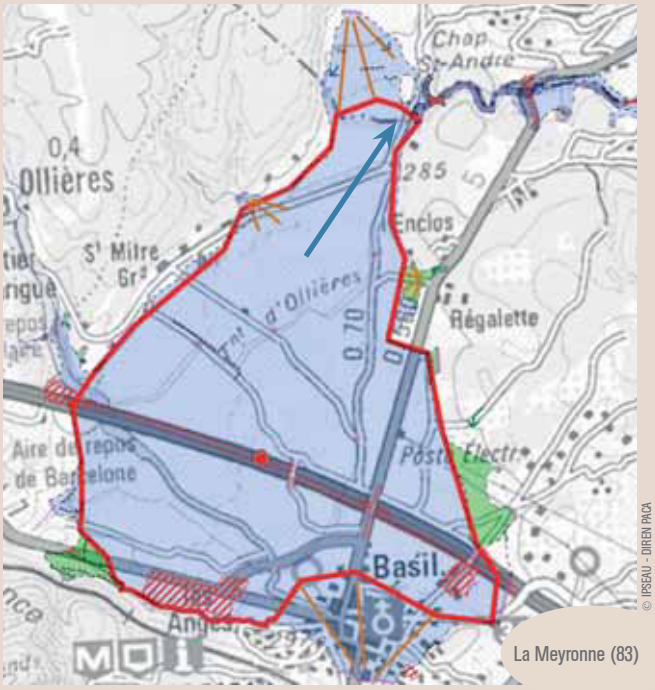
3.1 Comment lire et interpréter les cartes ?
3.2 Les atouts et les limites
3.3 Champs d'utilisation de la méthode
3.4 Où trouver ces cartographies ?



2- L'étude des zones d'expansion des crues

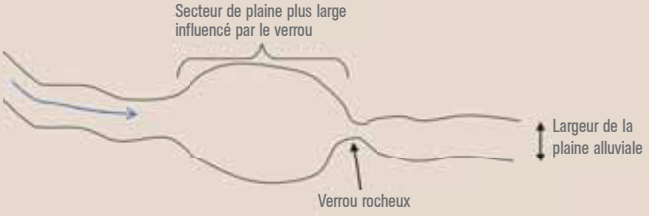
Les *zones d'expansion des crues (ZEC)* sont des zones inondables où un volume d'eau important peut être stocké en crue. De ce fait, elles constituent des espaces à préserver car elles participent à la réduction du risque d'inondation pour les secteurs situés en aval.

L'approche hydrogéomorphologique est l'un des outils permettant de les identifier car elle cartographie à la fois les zones inondables et les structures topographiques (talus, remblais, barrages, digues…) qui peuvent favoriser un stockage. Elle est dans ce cas couplée avec une analyse de l'occupation du sol (zones peu ou pas urbanisées) et leur combinaison permet de cerner efficacement et rapidement sur de vastes territoires les zones les plus favorables à l'expansion des crues, qui pourront par la suite être étudiées au cas par cas.



La Meyronne (83)

L'exemple ci-contre montre une situation où le resserrement d'une vallée provoque une augmentation des hauteurs d'eau en crue dans une plaine en amont, ce qui a pour effet d'y stocker l'eau de manière temporaire.



Délimitation de l'extension d'une Zone d'Expansion des Crues (ZEC) contrôlée par un verrou rocheux (vue en plan)

3.4- Où trouver ces cartographies ?

Les cartes hydrogéomorphologiques sont essentiellement produites dans le cadre des *Atlas de Zones Inondables** qui sont gérés par les services de l'État :

- Les *DIREN** : la DIREN PACA fait réaliser des Atlas sur tous les départements de la région, avec pour objectif de couvrir progressivement tous les cours d'eau présentant un *enjeu** important.

- Les *DDE** : les DDE de Vaucluse, des Bouches-du-Rhône et des Hautes-Alpes ont fait réaliser des études hydrogéomorphologiques dans le cadre de l'élaboration de *PPRI**.

- Les *DDAF** : La DDAF de Vaucluse a fait réaliser des études hydrogéomorphologiques sur les affluents du sud-ouest du Mont Ventoux et sur le Coulon/Calavon.

- Les collectivités locales (communes, syndicats de rivières,...) peuvent collaborer à ces travaux ou en faire réaliser à l'échelle de leur territoire. Le Conseil Général du Var a participé à l'élaboration de la cartographie sur le haut bassin versant de l'Argens (83).

Ces documents peuvent être consultés dans ces services ou sur leurs sites Internet lorsqu'ils ont été mis en ligne. Les *AZI** de PACA peuvent par exemple être consultés sur le site Internet de la DIREN PACA : www.paca.ecologie.gouv.fr



Les études complémentaires de l'hydrogéomorphologie

L'approche hydrogéomorphologique fait partie d'un panel de 3 méthodes disponibles pour étudier les inondations. Les deux autres approches sont :

- les études historiques,
- les modélisations hydrauliques.

Chacune représente une manière différente d'aborder le risque inondation et possède de ce fait ses propres atouts et limites. Ces trois méthodes sont complémentaires et doivent s'articuler les unes avec les autres pour fournir une meilleure connaissance des inondations.

4.1- L'étude des crues historiques

L'analyse historique est une approche essentiellement littéraire : elle consiste à recenser toutes les données disponibles sur les inondations passées à partir de différentes sources :

- les relevés des plus hautes eaux à chaque crue et des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC),
- les limites des différentes crues historiques qui existent,
- les bases documentaires type monographies régionales,
- les archives journalistiques (presse locale, régionale ou nationale),
- les recherches auprès des Archives départementales et communales,
- les enquêtes terrain à partir d'un questionnaire type adressé aux communes,
- les enquêtes auprès des riverains : elles peuvent localement donner des informations sur l'emprise des zones inondées et leurs manifestations (hauteur d'eau, dégâts,…).

L'approche historique obtient des résultats très parlants :

- Elle reconstitue des chronologies des inondations qui peuvent remonter jusqu'au XII^{ème} siècle parfois, ou plus dans des cas particuliers.
- En rappelant les évènements passés, elle permet de raviver la mémoire du risque des riverains et leur facilite l'appropriation de ces crues.



Delta du Rhône au XVIII^{ème} siècle

Elle est par contre particulièrement dépendante de ce qui existe : des données peuvent manquer dans certains secteurs,

- soit parce que nos prédécesseurs n'ont pas pris le temps et la peine de décrire les évènements (pour les très petits cours d'eau par exemple ou lorsqu'il n'y a pas d'*enjeu** affecté),
- soit parce que les documents ont disparu (lors des périodes d'instabilité, suite à des incendies, des inondations...),
- soit parce qu'ils ne sont pas disponibles à la consultation.

Dans l'analyse des informations historiques, le problème de la précision géographique des données recensées constitue un frein important qui limite leur valorisation optimale. La subjectivité de l'information historique peut également constituer une limite de son utilisation.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA
5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

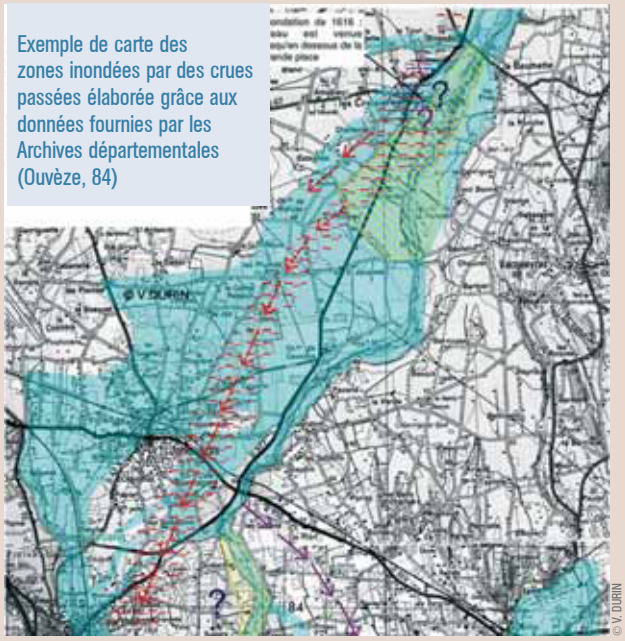
Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



Exemple de chronologie obtenue à partir de recherches d'archives sur l'Aygues (Carex Environnement, DDE 84)

	On trouve trace d'une crue dès la fin du premier siècle qui provoqua l'abandon des habitations gallo-romaines de Pourtoules et Saint-Florent	*Vaucluse*
26 août 1622	*La Meyne emporta le Pont de Langes*	*Vaucluse*
1717	*Une délibération (conseil municipal de Nyons) « expose à l'intendant de la misère du pays et des ravages de l'Eygues, grossie par les pluies de mars, qui a emporté le canal du Moulin servant à l'arrosage»*	*Drôme*
1726	*«Elle (la Meyne) entra dans la ville par la porte du Pont-neuf, envahissant l'église des Carmes»*	*Vaucluse*
14 et 15 septembre 1745	*«La constatation des ravages des eaux par suite de la crue extraordinaire de l'Eygues et des torrents, les 14 et 15 septembre 1745, les caves du bourg ayant été inondées, les murs des jardins emportés, les terres ensablées, le béal et le chemin coupés». Album du Dauphiné (1837 : «La crue du 15 septembre 1745 est encore célèbre; elle dépassa le cordon de la petite arche dont est percée la culée gauche du Pont».*	*Drôme*
1745	*Ravin des Ruines : «son seul nom annonce quelque chose de désastreux, il vient de la montagne de Vaux et se précipite à travers le champ le plus précieux du territoire. Depuis l'année 1745 on n'a point tenté de le remettre dans son lit». 17 propriétaires «demandent au contraire que ce même torrent soit maintenu dans son lit actuel qui lui fut assigné, disent-ils, après l'inondation du 29 juin 1745»*	*Drôme*
1749	*«Ils ont vu inonder une partie de leur territoire»*	*Vaucluse*
21 septembre 1760	*Crue*	*Drôme*
1793	*La communauté de Nyons demande à la Convention Nationale «une somme de dix mille francs pour commencer une digue d'Eygues pour regagner le terrain inondé et infiniment précieux qu'elle s'est acquise»*	*Drôme*

Exemple de carte des zones inondées par des crues passées élaborée grâce aux données fournies par les Archives départementales (Ouvèze, 84)



Exemple de carte synthétisant les informations historiques disponibles (Laragne, 04)



Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA
5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



L'étude historique apporte au géomorphologue un certain nombre d'informations qui vont :

- confirmer qu'un secteur est bien inondable,

- ou poser question lorsque l'information historique est située dans *l'encaissant** : dans ce cas, il se peut que les perturbations *anthropiques** soient la cause de débordements sur l'encaissant qui n'auraient pas lieu dans un fonctionnement totalement naturel ou que la donnée soit défaillante (problème de localisation, etc...).

Dans la majorité des cas, les limites historiques viennent confirmer les limites hydrogéomorphologiques. Les informations récoltées auprès de la population et des riverains permettent alors de compléter l'interprétation hydrogéomorphologique et d'améliorer la connaissance du fonctionnement des crues.

- Elle peut aussi apporter des précisions sur la périodicité de l'inondabilité des zones et l'intensité des phénomènes observés.



© CAREX - DIREN LR

Comparaison sur un grand linéaire entre la crue historique de 2002 et les limites hydrogéomorphologiques sur le Gardon (30).

Crue de 2002

Enveloppe hydrogéomorphologique

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

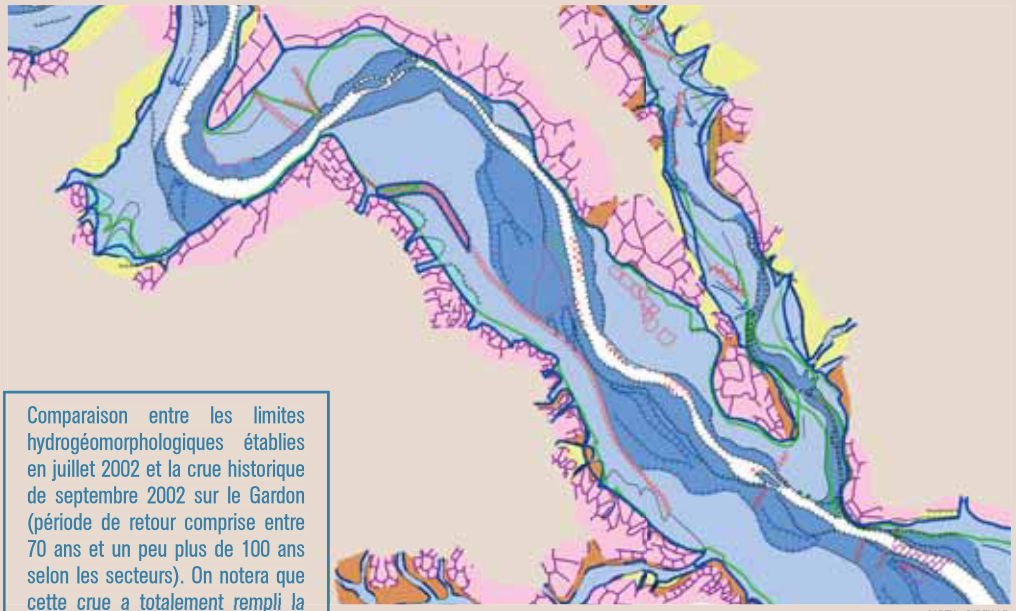
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



© CAREX - DIREN LR

Comparaison entre les limites hydrogéomorphologiques établies en juillet 2002 et la crue historique de septembre 2002 sur le Gardon (période de retour comprise entre 70 ans et un peu plus de 100 ans selon les secteurs). On notera que cette crue a totalement *rempli* la plaine alluviale sur le tronçon représenté ici, ce que n'avait pas fait la crue de 1958.

Crue de 2002

Crue de 1958



4.2- Les modélisations hydrauliques

L'hydraulique fluviale est une science qui s'attache à comprendre et formaliser les écoulements des cours d'eau, qualitativement, puis quantitativement par des formules mathématiques. Cette méthode s'est longtemps imposée comme le principal moyen de détermination des zones inondables.
Son principe consiste à essayer de reproduire une crue donnée en fonction d'un certain nombre de paramètres qui permettent de représenter d'une manière simplifiée la réalité complexe du terrain et du fonctionnement des cours d'eau.

Sa mise en œuvre repose sur les étapes suivantes :

1- Analyse hydrologique	Définir des hydrogrammes de crue, des couples débits/ fréquence pour une série d'événements de référence	Analyse des données hydrométéorologiques disponibles : • étude climatologique des précipitations, des scénarios caractéristiques du bassin versant • étude des chroniques de mesures de débits pour acquérir une connaissance statistique du régime des crues
2- Topographie	Acquérir de la donnée pour décrire la topographie du terrain et des ouvrages.	• Levés bathymétriques du lit mineur • Levés topographiques de la plaine alluviale • Levés de la géométrie des ouvrages et aménagements
3- Analyse du fonctionnement hydraulique	Acquérir une bonne connaissance du fonctionnement qu'il s'agit de reproduire	• Analyse du régime d'écoulement • Analyse de la rugosité liée à l'occupation du sol • Analyse des fonctionnements spécifiques en crue (axe de crue, recoupement de méandre...), du comportement des ouvrages.
4- Calcul et transcription cartographique	Déterminer l'emprise et les paramètres hauteur/vitesse d'une crue de fréquence donnée	• Construction d'un modèle numérique : intégration des données topographiques et hydrologiques • Simulation pour différents événements hydrologiques de références et différentes configurations • Exploitation du modèle (comparaison de plusieurs simulations) et définition des hauteurs d'eau et des vitesses par profils ou casiers • Cartographie

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques

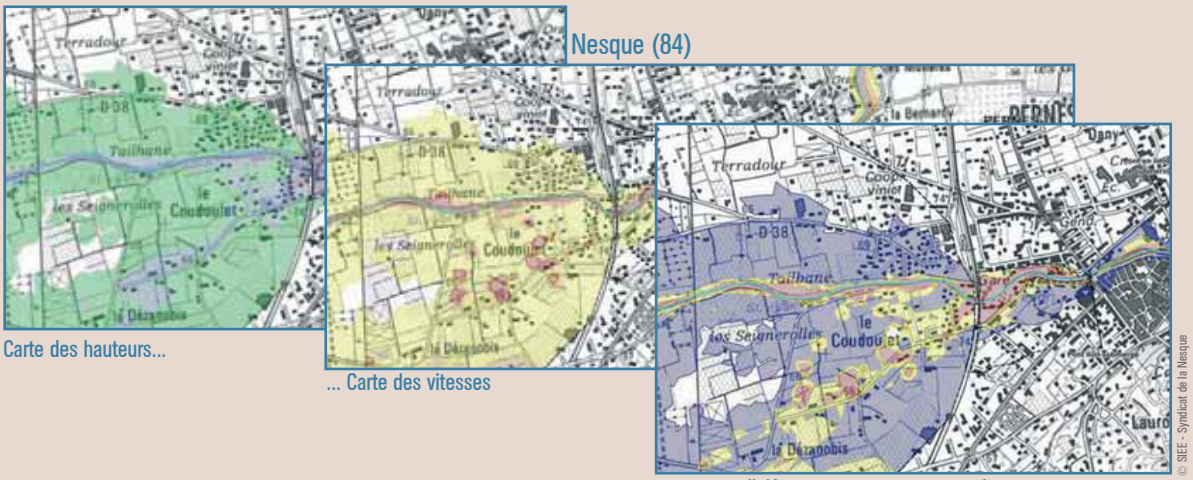


La modélisation hydraulique permet d'estimer les caractéristiques :

- spatiales (étendue, hauteur)
- et temporelles (temps de montée des eaux, durée du pic de crue, de la décrue)

] d'une inondation de *fréquence* donnée sur un bassin versant.

Elle fournit des cartes d'aléas inondation pour plusieurs crues de référence. On distingue les cartes des hauteurs et des vitesses qui sont croisées pour obtenir la carte d'*aléa**.



Les atouts

Elle permet :

- une quantification des principaux paramètres hydrauliques : hauteurs, vitesses et durées de submersion,
- une prise en compte des aménagements,
- l'étude des différentes *occurrences** de crue.

Les limites et les incertitudes

- Elle est basée sur des hypothèses simplificatrices introduisant des marges d'erreur qui peuvent se cumuler, par exemple :
  - imprécision des données topographiques,
  - hypothèses simplificatrices sur les données géométriques : difficultés à déterminer et prendre en compte les modifications internes de la géométrie du lit mineur pendant la crue ou ses divagations dans la plaine alluviale,
  - hypothèses simplificatrices sur le comportement des ouvrages,
  - faible représentativité des chroniques hydrologiques, souvent trop courtes par rapport aux crues exceptionnelles étudiées,
  - difficultés à intégrer le transport solide.

- Un modèle hydraulique nécessite d'être calé sur des données récentes de crue historique (repères de crue par exemple) : le manque de données de calage introduit une marge d'erreur dans la représentativité du modèle.

- Elle ne fournit qu'une enveloppe pour une crue d'occurrence donnée et ne détermine pas la limite maximale de la plaine alluviale façonnée par les cours d'eau.

- C'est une méthode coûteuse et complexe à mettre en place.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



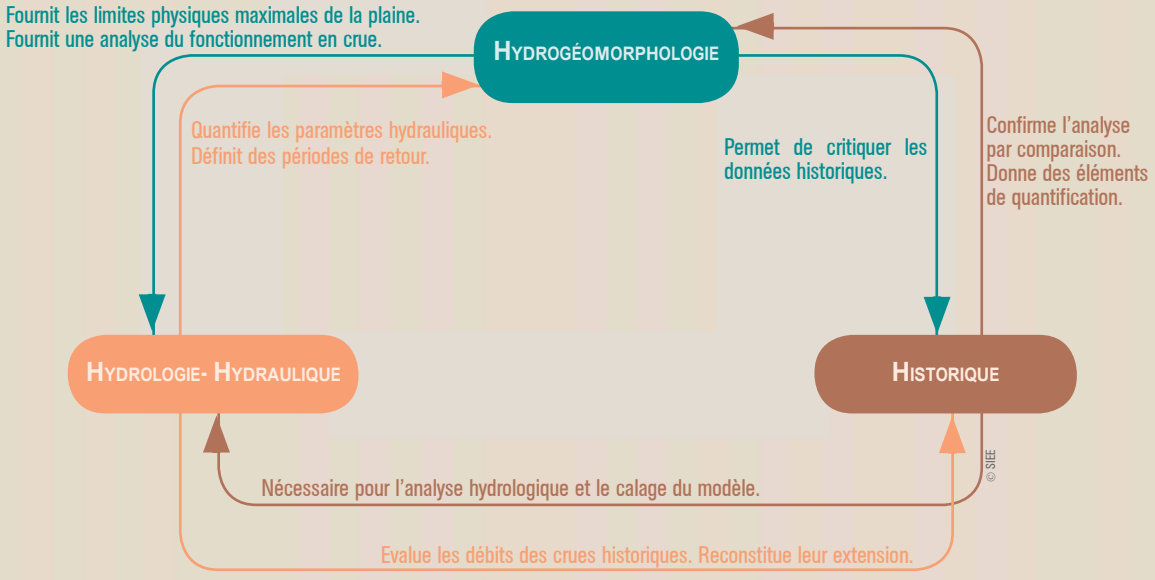
4.3- Complémentarités entre méthodes

Des méthodes plus complémentaires que contradictoires

Les différentes catastrophes de la décennie 90 ont fait prendre conscience :
- des limites de l'utilisation traditionnelle des études hydrauliques,
- de la nécessité de mieux prendre en compte les crues rares et exceptionnelles et les phénomènes hydrodynamiques spécifiques qui leur sont liés,
- de la faiblesse des chroniques hydrométéorologiques disponibles par rapport aux crues rares (centennales et plus).

Pendant longtemps, les méthodes d'analyse des phénomènes d'inondation (hydrogéomorphologie, historique et hydrologie-hydraulique) ont été employées en parallèle, sans lien entre elles, avec pour conséquence des pertes d'information et une sous-utilisation des données.
Les grands événements récents ont mis en exergue la nécessité d'établir des interrelations entre ces trois approches plus complémentaires que contradictoires.

Illustration des complémentarités entre les différentes approches de l'aléa inondation



Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

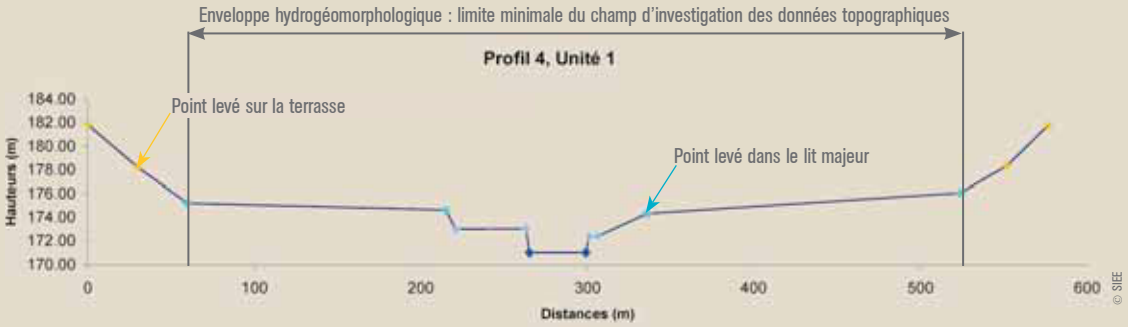
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques

Les apports de l'hydrogéomorphologie aux études hydrauliques

1- Volet topographique

● Positionnement et construction des profils en travers en fonction de la géomorphologie. L'hydrogéomorphologie permet de caler les profils en travers sur la totalité de la zone potentiellement inondable, de manière à représenter fidèlement les unités géomorphologiques et les dynamiques en crue (prise en compte des axes de crue…).





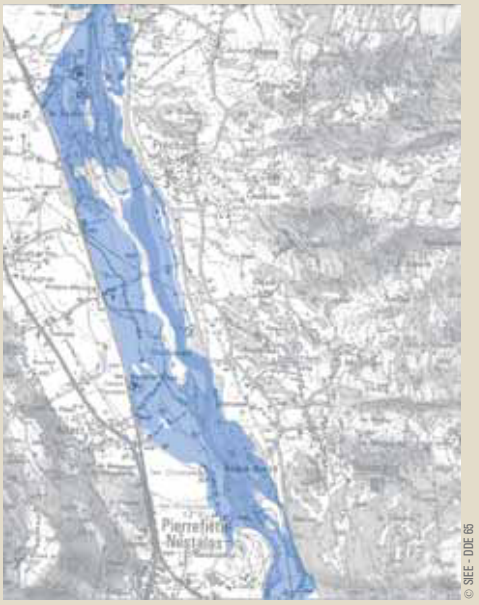
2- Volet modélisation hydraulique

● Prise en compte plus fine des dynamiques à travers le coefficient de rugosité (notamment dans les axes de crue).
● Mise en perspective des résultats de chacune des méthodes à la lumière de l'autre.

PPRI du Gave de Pau, Hautes-Pyrénées



Crue centennale sans apports de l'hydrogéomorphologie



Crue centennale avec apports de l'hydrogéomorphologie

La prise en compte de la carte hydrogéomorphologique dans la modélisation mathématique a permis de mieux rendre compte des débordements en rive gauche de la rivière et d'un axe de crue en lit majeur.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



4.4- La cartographie des enjeux

Le cahier des charges national des *Atlas des Zones Inondables** met l'accent sur l'intérêt de compléter la cartographie des éléments hydrogéomorphologiques et d'occupation du sol par la représentation des principaux *enjeux** situés en zone inondable.

L'objectif est double :

- Mettre l'accent sur les principaux équipements collectifs et qui sont fréquemment implantés à proximité immédiate des cours d'eau :

  - Station d'épuration
  - Captages
  - Campings



Camping en zone inondable

- Indiquer les zones urbanisées qui n'apparaissent pas sur le fond de plan car construites après son édition (un figuré indique le front actuel des zones récemment urbanisées).

Ce report s'accompagne d'une analyse qualitative de l'intensité des phénomènes à laquelle les enjeux peuvent être exposés.



Front d'urbanisation (en pointillé rouge)

Les zones inondables en région PACA

5.1- Le contexte physique et hydrologique de la région PACA

A l'échelle de la France, la région PACA possède une certaine unicité, caractérisée par :

- des conditions climatiques et hydrologiques contrastées :
  - La bande littorale entre le Rhône et l'Italie bénéficie du climat méditerranéen. La sécheresse estivale caractéristique du climat s'accompagne de précipitations irrégulièrement réparties dans l'année, qui tombent souvent sous forme d'averses orageuses très intenses.
  - Au-delà du littoral, le climat de montagne prend progressivement le pas, marqué par une augmentation importante mais irrégulière de la pluviométrie.

- des reliefs marqués, aux pentes importantes, qui conditionnent largement les micros climats.

Les cours d'eau de la région PACA présentent comme caractéristiques communes :

- Un régime hydrologique contrasté, entre assecs sévères et crues soudaines, rapides et violentes.
- Des pentes fortes influencées par la variété des conditions *lithologiques*.*
- Des formes d'érosion marquées.

5.2- Une région variée

La région PACA se compose de quatre unités naturelles régionales qui se distinguent par leur relief, leur géologie, leur climat et les caractéristiques des cours d'eau.

- La Basse Provence Calcaire constituée de plateaux, collines, et basses montagnes ponctuées par quelques plaines.

- Les grandes vallées rhodaniennes et durranciennes, caractérisées par de vastes plaines de matériaux récents encadrées par des collines calcaires ou *molassiques*.*

- Les massifs du socle primaire aux reliefs vifs qui surplombent la mer.

- Le domaine alpin constitué de la Haute Provence (Préalpes) et des massifs montagneux des Alpes du Sud.



© Conseil Régional PACA

Chacune de ces unités naturelles régionales présente de ce fait des particularités géomorphologiques spécifiques qui se traduisent dans la cartographie des zones inondables.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques





La basse Provence calcaire

Localisation

Var
Est des Bouches-du-Rhône
Ouest des Alpes-Maritimes
Est Vaucluse
Sud des Alpes-de-Haute-Provence

Contexte physique

Cette unité est constituée de reliefs calcaires formant des plateaux et des collines, ou de petites montagnes qui alternent avec des bassins sédimentaires localisés.

Caractéristiques des cours d'eau

• Les plaines alluviales larges dans les bassins sédimentaires alternent avec des tronçons étroits dans la traversée des roches dures qui forment des verrous et gorges.
• Les pentes sont moyennes à faibles.

Particularités géomorphologiques

Prédominance des systèmes karstiques d'où :

• Un régime hydrologique contrôlé par le *karst** qui joue un rôle tampon. La rareté des petites crues (précipitations absorbées par le *karst*) fait oublier le risque des crues exceptionnelles (lorsque le *karst* est saturé d'eau).

• Omniprésence des formes *karstiques** : nombreuses *dépressions fermées* et *barrages de travertins.*

Annexes page 46
Annexes page 45
Annexes page 48

Cours d'eau type : L'Arc, L'Argens, La Siagne


© IPSEAU
Trans-en-Provence (83)



Les massifs du socle primaire

Localisation

Littoral du Var et des Alpes-Maritimes

Contexte physique

Les massifs vigoureux des Maures, du Tanneron et de l'Esterel dominent la Méditerranée. Ils sont constitués de matériaux du socle, métamorphiques et magmatiques.

Caractéristiques des cours d'eau

• Des plaines alluviales étroites et des vallées cloisonnées limitées par des versants abrupts.
• Des pentes très fortes, qui se réduisent brutalement à proximité du littoral.
• Des temps de réponse aux pluies assez courts.
• Colmatage des fonds de vallée par un transit sédimentaire important (*arènes granitiques**).

Particularités géomorphologiques

Densité du réseau hydrographique liée à l'imperméabilité du *substrat** : problématique importante de ruissellement et d'érosion.

Cours d'eau type : La Verne, La Môle


Estérel (83)

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA
5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques





Les grandes vallées

Localisation

Vallée de la Durance, du Rhône, plaine du Comtat Venaissin, Camargue

Contexte physique

Cette unité est constituée de vastes plaines. Sur le plan géologique, les terrains, qui s'appuient souvent sur des formations tendres, sont des alluvions quaternaires.
Elle subit les influences du climat languedocien : les averses intenses qui touchent l'Hérault et le Gard concernent souvent l'ouest vauclusien, le nord et l'ouest des Bouches-du-Rhône.

Caractéristiques des cours d'eau

• Des plaines alluviales très larges dominées par des terrasses.

• Des pentes très faibles.

• Des cours d'eau extrêmement aménagés : mobilité naturelle contrainte.

• Longueur des temps de réponse aux pluies (plusieurs heures) pour le Rhône et la Durance, des régimes hydrologiques contrôlés par des climats différents.

• Importante problématique de pluvial et de ruissellement concentré dans les petits vallons qui dissèquent les coteaux : pentes très fortes, vitesses importantes, un fonctionnement par à-coups avec une réponse immédiate aux précipitations (cf. page 17).

• Problématique du drainage des anciennes plaines marécageuses (marais des Baux…) inondables par accumulation in situ des pluies ou par débordement des canaux de drainage ou d'irrigation (Camargue, 2003).

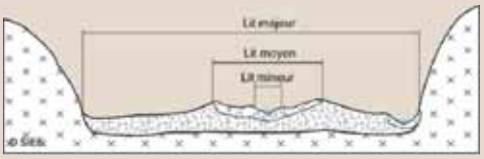
Particularités géomorphologiques

• Nombreuses dépressions fermées nivéo-éoliennes dans les *molasses** tendres (exemple Fos, étang de Berre).

Annexes page 47

• Configuration de delta, de lits en toit : les lits mineurs souvent endigués sont perchés au-dessus des lits majeurs (cf. page 19).

• Importance des terrasses inondables, en liaison avec les variations des *niveaux de base** (cf. page 18).



Configuration type de lit en toit


© SIEE
Vallée du Rhône


© DIREN PACA
Vallée de la Durance

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques





Le domaine alpin : les Préalpes

Localisation

Alpes-de-Haute-Provence
Hautes-Alpes
Vaucluse
Alpes-Maritimes

Contexte physique

Ce sont les chaînes subalpines aux altitudes modestes, constituées de succession de niveaux calcaires et marneux : Baronnies, Ventoux-Lure, région de Digne-Castellane, arrière-pays niçois. Le relief de *bad lands** se développe particulièrement dans ces terrains marneux (terres noires).

Caractéristiques des cours d'eau

- Des plaines aux talus bien marqués, avec une bande active (lit moyen) occupant la majeure partie du plancher alluvial.
- Prédominance des lits en tresse, à chenaux multiples, particulièrement mobiles en crue.
- Des pentes moyennes.
- Une *charge solide** importante formant des *iscles** et des atterrissements dans la bande active.

Particularités géomorphologiques

Ravinements intenses dans les parties supérieures des bassins versants.

Cours d'eau type : Basse vallée du Var, Le Buëch, L'Aygues, L'Asse



© SIEE

L'Aygues (84)



Le domaine alpin : les Alpes

Localisation

Hautes-Alpes
Alpes-de-Haute-Provence
Alpes-Maritimes

Contexte physique

Au nord d'une ligne Gapençais / Mercantour, les massifs des Alpes du Sud dépassent les 2 000 mètres d'altitude pour atteindre jusqu'à 4 000 mètres. Leur géologie est très complexe en liaison avec le plissement alpin.

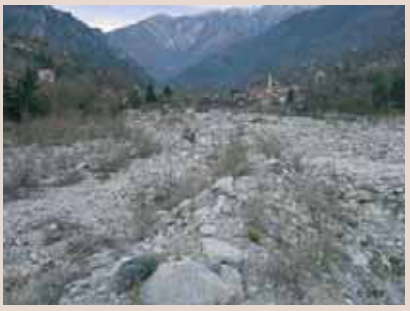
Caractéristiques des cours d'eau

- Des vallées souvent étroites et très encaissées.
- Des torrents de montagne aux pentes très fortes.
- Une charge solide importante.
- Un régime hydrologique contrasté.

Particularités géomorphologiques

Problématique des cônes torrentiels (cf. page 16).
Intensité de l'activité morphodynamique (charriage, transport solide, risque de laves torrentielles).

Cours d'eau type : La Vésubie, L'Ubaye, Le Guil



© SIEE

La Vésubie (06)



Annexes

6.1- Annexes techniques

Les fréquences de crues

Les différents lits topographiques d'une vallée sont inondés pour des gammes de crue croissantes, de plus en plus rares du lit mineur vers le lit majeur. Le tableau ci-dessous donne la correspondance qui est classiquement rencontrée sur les cours d'eau méditerranéens. Elle peut cependant varier en fonction des cours d'eau, de leur régime hydrologique et des aménagements dont ils ont fait l'objet. Pour le lit majeur, elle peut fluctuer de 10 à 500 ans par exemple.

Expression	Période de retour	Unités géomorphologiques concernées théoriquement	*Crue qu'une personne est susceptible de voir…*
Crue fréquente	Inférieure à 2 ans	Lit mineur	Pratiquement tous les ans
Crue moyenne	Entre 2 et 10 ans	Lit mineur et moyen	4 à 5 fois dans sa vie, voire plus
Crue rare	Entre 10 et 100 ans	Lit mineur et moyen. Lit majeur, parfois lit majeur exceptionnel	1 fois dans sa vie, voire plus
Crue exceptionnelle	Supérieure à 100 ans	Lit mineur et moyen. Lit majeur, lit majeur exceptionnel. Dans certains cas, terrasses	On peut ne pas la voir au cours de sa vie

La « fréquence » est la probabilité qu'une crue survienne chaque année.
La « période de retour » est égale à l'inverse de la fréquence.
Période de retour 10 ans = crue ayant une chance sur 10 de se produire en moyenne chaque année.
Période de retour 100 ans = crue ayant une chance sur 100 de se produire en moyenne chaque année.

Les dépressions fermées

Comme le nom l'indique, il s'agit d'une dépression, d'un « trou » plus ou moins marqué et profond, qui est fermé, c'est-à-dire qui n'a pas d'exutoire, de sortie par laquelle les eaux pourraient s'évacuer.
On distingue deux grands types de dépressions :

- Les dépressions du domaine calcaire (ou dépressions *karstiques**).


Doline du Grand Laoucien (83)
© S. IAMO

- Les dépressions des plaines molassiques (ou dépressions nivéo-éoliennes).

Les *molasses** sont des terrains meubles (sables, argiles…) facilement érodables.


© IGN
Dépressions nivéo-éoliennes des bordures de l'Etang de Berre (13)

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

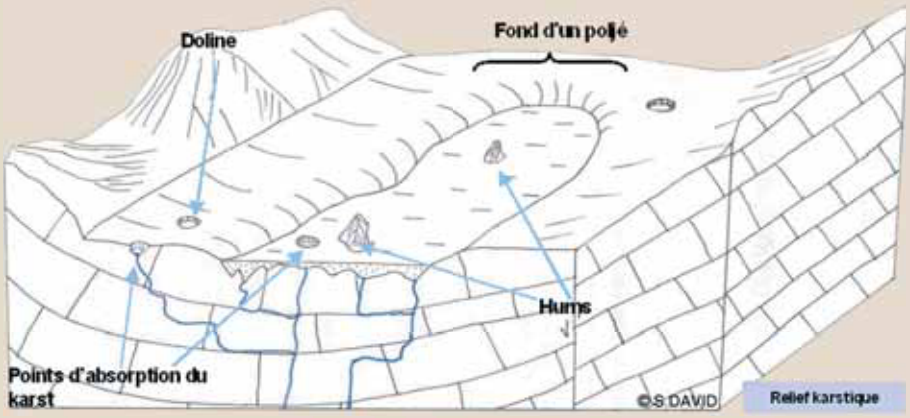
Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA
5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



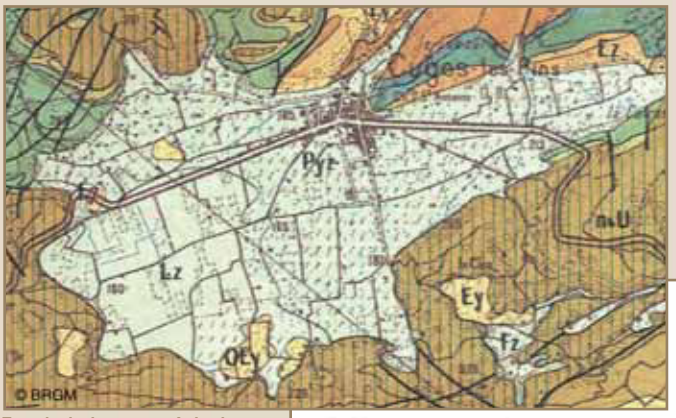
1- Les dépressions fermées d'origine karstique

Les dépressions fermées d'origine karstique se forment par dissolution du calcaire en surface. Ce processus de formation est à l'origine de *dolines** et de *poljés**.



Le calcaire dissous en surface est absorbé par le *karst** (qui peut former de véritables rivières souterraines). Des reliefs résiduels (humms) peuvent subsister.

Dans la région, l'exemple le plus typique des *poljés* est celui de Cuges (13).



Extrait de la carte géologique





Extrait de la carte IGN

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

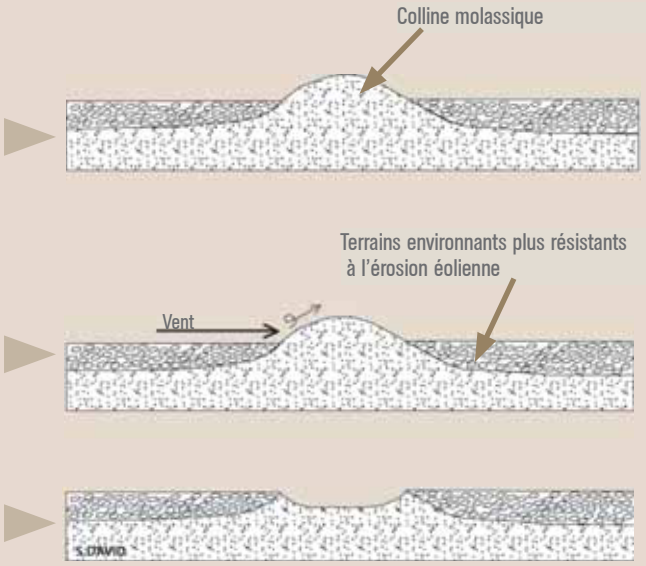
Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



2- Les dépressions fermées d'origine nivéo-éolienne

Les dépressions nivéo-éoliennes se sont formées lors des dernières périodes glaciaires sur des terrains facilement érodables par le vent. On les rencontre surtout dans la vallée du Rhône.



● Phase 1 : Une colline molassique domine une plaine alluviale ou des terrains environnants plus durs.

● Phase 2 : Sous l'effet des alternances gel – dégel (conditions périglaciaires) et du vent, les particules composant la colline sont entraînées. Les terrains environnants plus résistants ne sont pas érodés.

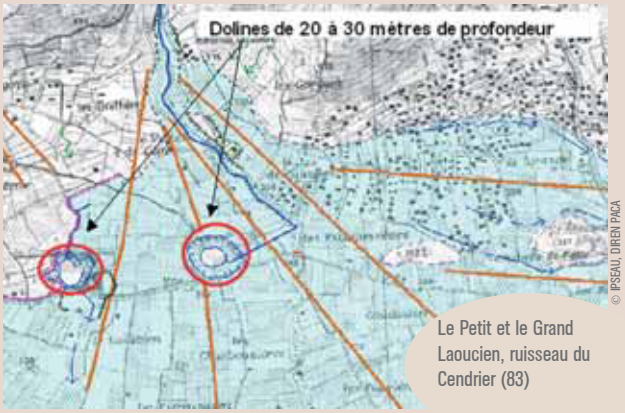
● Phase 3 : Sous l'effet de l'érosion nivéo-éolienne, la colline a laissé place à une dépression fermée.

3- L'inondabilité des dépressions fermées

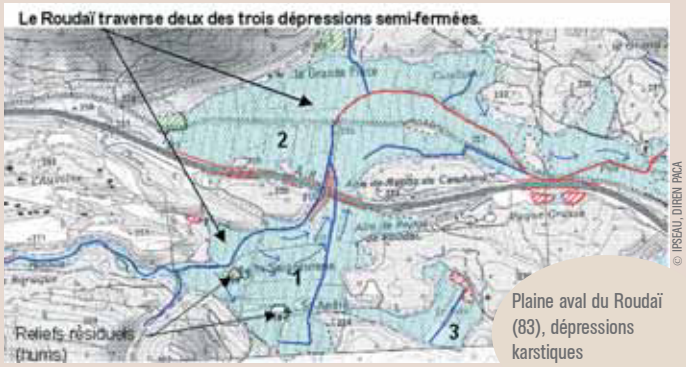
Les dépressions fermées sont naturellement inondables car elles ne sont pas drainées par un cours d'eau et peuvent être inondées par la pluie ou les remontées de nappes.

Dans certains cas elles peuvent aussi l'être par un cours d'eau si elles se trouvent dans une plaine d'inondation. Les hauteurs d'eau y sont alors plus importantes que dans le reste de la plaine et le *ressuyage** des crues plus difficile.

Elles deviennent des dépressions semi-fermées si le cours d'eau les draine. Dans ce cas elles sont responsables d'élargissements importants de la plaine d'inondation.



Le Petit et le Grand Laoucien, ruisseau du Cendrier (83)



Plaine aval du Roudaï (83), dépressions karstiques



Dépression nivéo-éolienne du Delà, Touloubre (13)

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



Les barrages de travertins, une spécificité des terrains calcaires

Les travertins (aussi appelés tufs) sont des formations calcaires déposées par les cours d'eau dont l'eau est saturée en bicarbonate de calcium. Comme le calcaire se déposant à la sortie des robinets, le dépôt est dû au dégazage du liquide sous l'effet de l'agitation et se produit principalement au niveau des chutes.
En Provence, de nombreuses fontaines pétrifiantes en forme de champignon doivent leur forme originale au dépôt de travertins.
Au fil des années, ils recouvrent les sculptures originelles. La vitesse de dépôt est rapide, si bien que les services municipaux sont obligés de les « tailler » régulièrement (par exemple à peu près tous les 4 ans à Barjols dans le Var).
Ces dépôts sont aisément reconnaissables car ils fossilisent des débris végétaux et comportent des vides.



Fontaine Raynouard à Barjols (83) en 1900 et en 2006



© S. DAVID



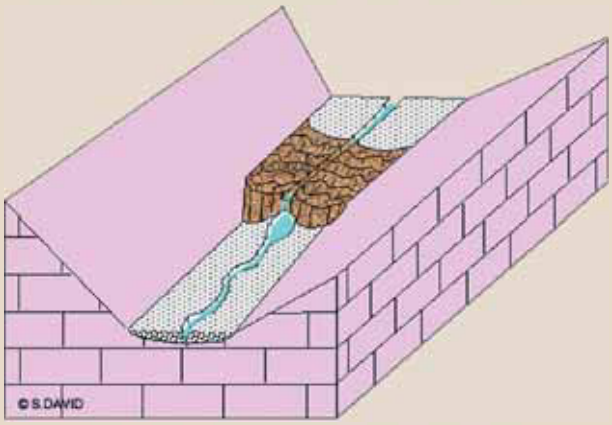
Macrophotographie de travertins de l'Argens (83)

© S. DAVID

L'identification de ces dépôts de calcaire est particulièrement importante dans la cartographie des zones inondables car ils peuvent former de véritables barrages dans les fonds de vallée de certains cours d'eau.

Lorsque le barrage barre la totalité du fond de vallée, l'écoulement du cours d'eau est perturbé par un saut ou cascade.

Bloc-diagramme d'une vallée barrée par les travertins



Si ces barrages présentent des risques, ils constituent avant tout des milieux remarquables sur le plan écologique et présentent des atouts touristiques.



Cascade de Sillans (83)

© S. DAVID

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

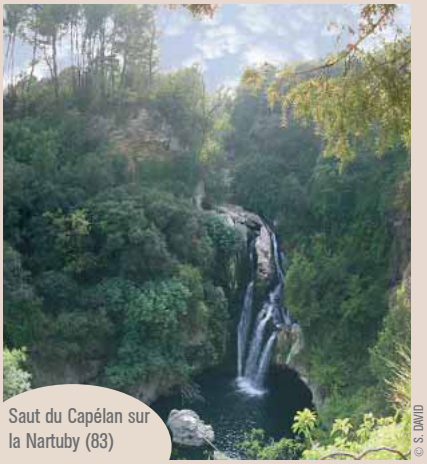
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



Bien que fréquents sur certains bassins versants comme celui de l'Argens (Var), les barrages de travertins obstruant la totalité d'une vallée sont des formes rares.
On rencontre plus fréquemment des petits barrages appelés gours, qui n'obstruent que le lit mineur.


© S. DAVID

Gour sur l'Argens (83)

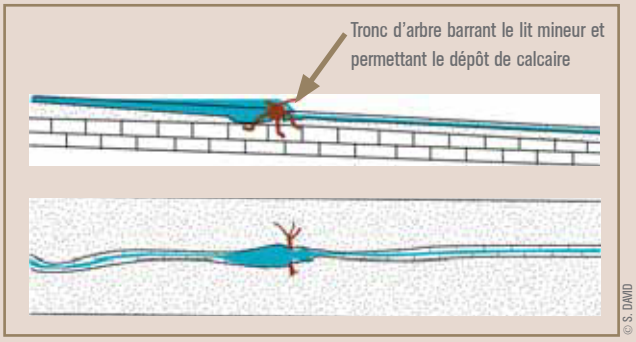

© S. DAVID

Saut du Capélan sur la Nartuby (83)

La formation des barrages de travertins est marquée par plusieurs étapes d'évolution.

1- Une rupture dans le profil en long du cours d'eau (tronc, seuil rocheux) est d'abord nécessaire pour créer un dégazage des eaux saturées en bicarbonates et permettre un dépôt de calcaires sur l'obstacle.

A ce stade, le barrage (de petite taille car il ne barre que le lit mineur) ne forme encore qu'un gour.



© S. DAVID

Vue de profil et en plan du stade 1


© S. DAVID

Tronc d'arbre en cours de fossilisation par les travertins sur le ru de Pontevès à Barjols (83)

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

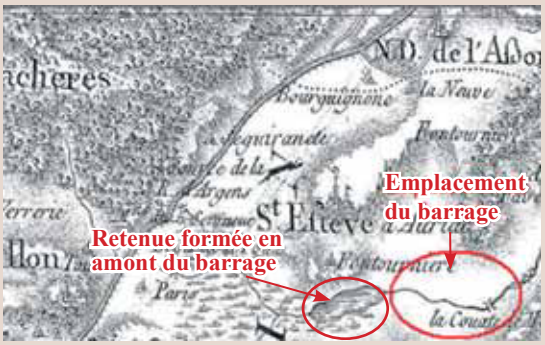
Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques

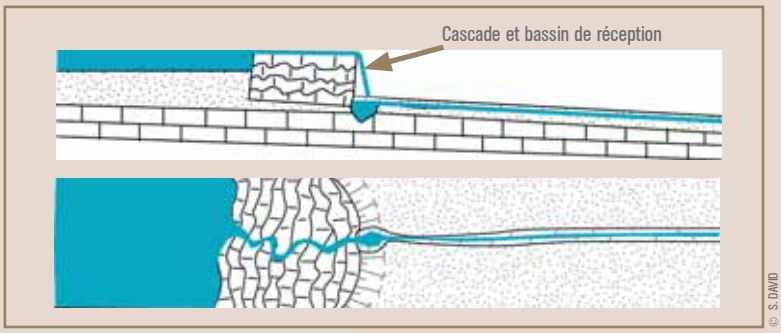


2- Quand le dépôt calcaire prend de l'ampleur et occupe la totalité du fond de vallée, le barrage de travertins ainsi formé peut créer un lac de retenue inondant tout le fond de vallée en amont.
En aval, le lit mineur forme une cascade pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres qui chute dans un bassin de réception.

A notre connaissance, il n'existe pas de barrage de travertins retenant un lac dans la région. Cependant, des documents d'archives témoignent de leur existence passée sur l'Argens (83).

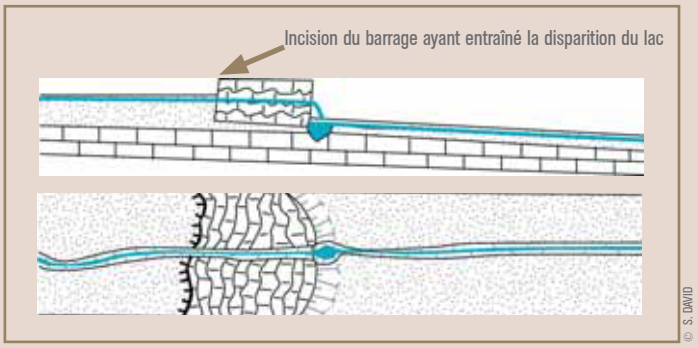


Lac et marais en amont d'un barrage de travertins sur l'Argens (83). Extrait de la Carte de Cassini, XVIII[ème] siècle



Vue de profil et en plan du stade 2

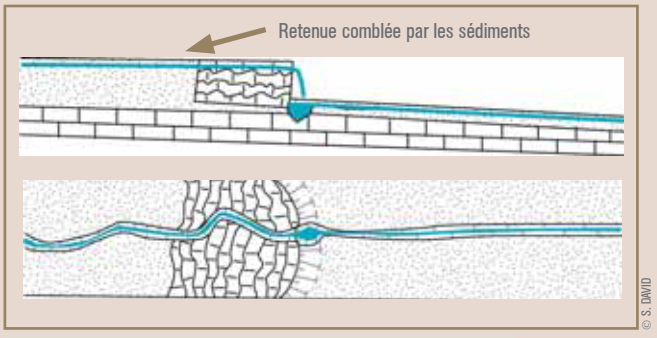
3- Du fait de la présence d'un lac ou de marécages en amont des barrages, ceux-ci ont parfois été incisés artificiellement par le recalibrage du lit mineur au sein de la masse de travertins dans le but de drainer le fond de vallée en amont.
Parfois la réincision est d'origine naturelle.
Sur l'Argens (83), les barrages du Tombereau et du Pont de Saint-Sumian sont incisés.



Vue de profil et en plan du stade 3 avec évolution stoppée par incision du barrage

4- En l'absence de réincision du barrage, la retenue finit par se remplir de sédiments. Le lac est alors comblé et laisse place à une plaine alluviale de niveau avec la crête du barrage. La majorité des barrages du Var sont de ce type : Sillans, Salernes, Villecroze, Barjols, Cotignac,…

Remarque : le modèle d'évolution proposé peut connaître des variantes comme le comblement en même temps que l'exhaussement du barrage de travertins, etc… Il relie entre elles les quatre types de configuration de barrages de travertins rencontrés.



Vue de profil et en plan du stade 4 avec évolution aboutie

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE
4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux
Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA
5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée
Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



La présence des travertins a une grande influence sur l'inondabilité comme l'illustre parfaitement le cas du village de Cotignac dans le Var, par :

- un élargissement de la zone inondable,
- des écoulements aux directions aléatoires,
- un déversement des écoulements au niveau du barrage engendrant un phénomène inhabituel : l'inondation arrive « par le haut », par chute d'eau.



Vue du site de Cotignac (83)

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

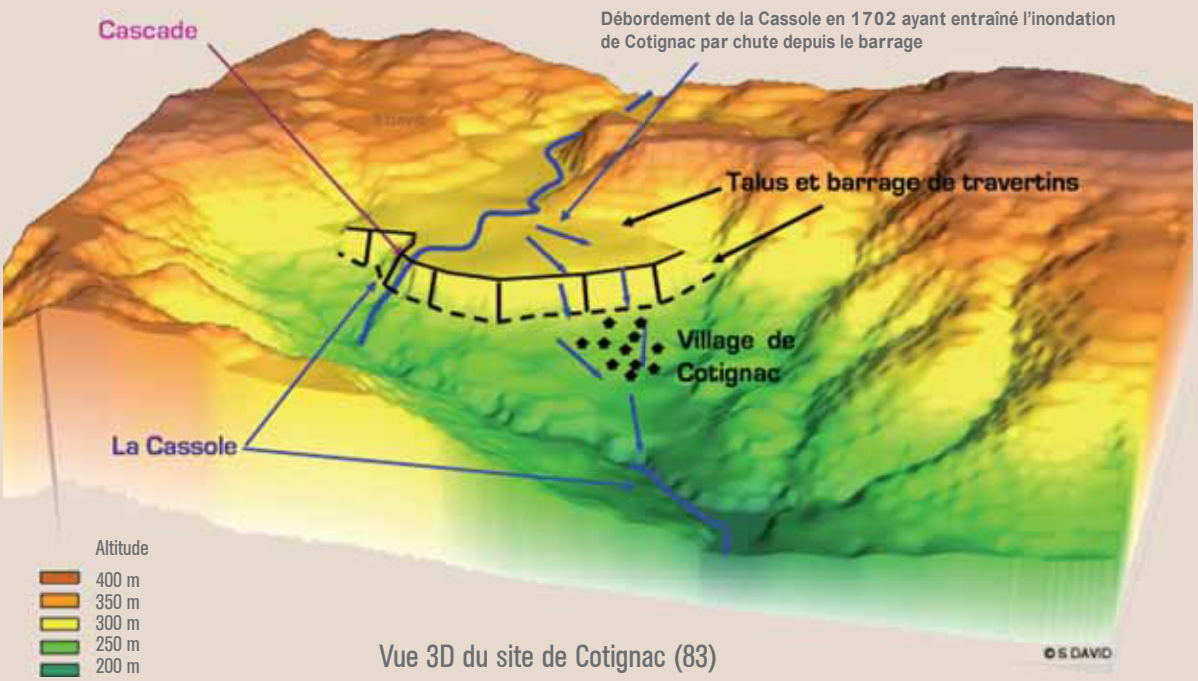
Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

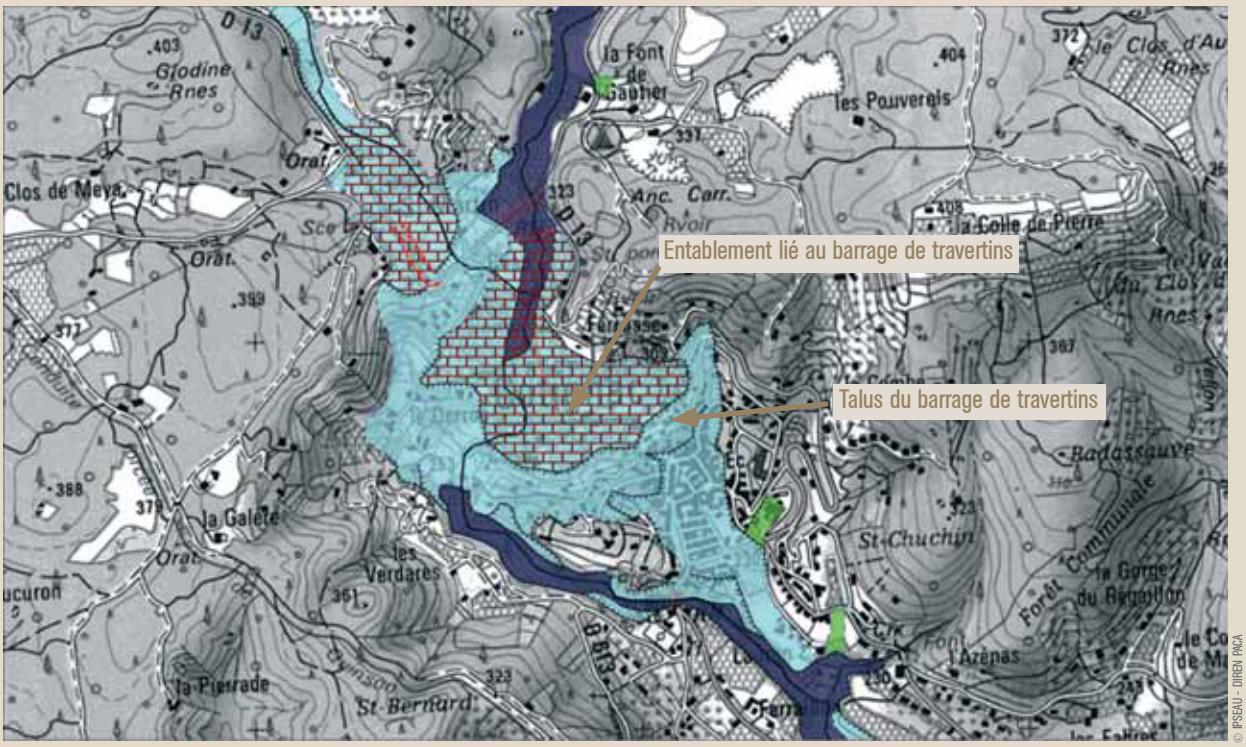
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques

Exemple d'un barrage travertineux : le cas de la commune de Cotignac (83)



Vue 3D du site de Cotignac (83)





Traduction de la présence d'un barrage de travertins dans la cartographie des zones inondables

La Cassole à Cotignac

La singularité de la Cassole réside dans l'immense barrage de travertins qui domine le centre de Cotignac, et dont le front domine le village de plusieurs dizaines de mètres. Ce barrage comblé constitue un plateau duquel les eaux peuvent se déverser sur le village depuis la corniche rocheuse en cas de crue importante de la Cassole. Le village lui-même est en grande partie situé dans un vallon qui récupère les eaux ayant chuté du plateau et les draine vers la Cassole. Du fait de sa situation, le village est donc particulièrement vulnérable aux crues de la Cassole : l'eau en provenance du plateau doit ruisseler avec vitesse dans le village étant donnée la pente et l'imperméabilisation. En 1702, la Cassole a quitté son lit sur le plateau de Cotignac et s'est répandue à l'aval du plateau sur le centre ville. Il y eut deux morts. Suite à cette crue, en 1703, un mur a été construit sur le plateau pour contenir la Cassole en cas de crue exceptionnelle. Ce mur de 1,5 à 2 mètres est peu entretenu et présente des brèches.

Extrait du rapport *« Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables du haut bassin versant de l'Argens - Identification des potentialités d'écrêtement des crues »* IPSEAU-DIREN PACA, 2006

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



6.2- Bibliographie

- Agence de l'Eau R.M.C, 1998, Guide technique n° 2 : Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau

- Ballais JL., Garry G., 2005, Contribution de l'hydrogéomorphologie à l'évaluation du risque d'inondation : le cas du midi méditerranéen français, compte rendu Géosciences 337 pages 1120 – 1130

- Bravard JP., Petit F., 1997, Les cours d'eau, dynamique du système fluvial, Armand Colin, 222 pages

- Carex Environnement, DIREN Languedoc-Roussillon, 2003, Atlas des Zones Inondables du bassin versant des Gardons

- Carex Environnement, DIREN Languedoc-Roussillon, 2004, Atlas des Zones Inondables des bassins versants du Vidourle, du Vistre et du Rhony

- Carex Environnement, DDE 84 et 26, 2002, Etude hydrogéomorphologique de l'Ouvèze

- Carex Environnement, DDE 84 et 26, 2003, Etude hydrogéomorphologique de l'Aygues

- Chave S., 2002, Pertinence de la cartographie hydrogéomorphologique dans l'approche des inondations rares à exceptionnelles : exemple de sept bassins fluviaux dans les Corbières et le Minervois. Géomorphologie : relief, processus , environnement, n° 4, p. 297-306

- Coque R., 1993, Géomorphologie, Armand Colin, 503 pages

- Durin V., 2001, Université de Provence, Aix-Marseille 1, Recherches géomorphologiques et historiques sur la plaine alluviale de l'Ouvèze (84) entre Entrechaux et Bédarrides. Impact de la sédimentation sur l'évolution de l'inondabilité

- Garry G., Masson M., Ballais JL., 2002, La place de l'hydrogéomorphologie dans les études d'inondation en France Méditerranéenne. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n° 4, p.297-306

- IPSEAU, DIREN PACA, 2005, Travaux de cartographie des zones inondables dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Var

- IPSEAU, DIREN PACA, 2006, Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables du haut bassin versant de l'Argens - Identification des potentialités d'écrêtement des crues

- Masson M., Garry G., Ballais JL., 1996. Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique. ministère de l'Equipement, ministère de l'Environnement, Les éditions villes et Territoires, Paris La Défense, 100 pages

- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, 1999, Plans de prévention des risques naturels. Risques d'inondation : guide méthodologique, La documentation française, 123 pages

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



- Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, en préparation, Démarche intégrée des études de zones inondables

- SIEE, DDE 05, 2006, PPRI de Laragne

- SIEE, DDE 05, 2002, Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables et définition des aléas inondation sur le Grand Buëch

- SIEE, DDE Hautes-Pyrénées, 2006, Etudes préalables au PPRI du Gave de Pau

- SIEE, DIREN PACA, 2005, Travaux de cartographie des zones inondables dans les départements des Alpes-Maritimes, des Hautes-Alpes et des Alpes-de-Haute-Provence

- SIEE, Syndicat de la Nesque, 2005, Etude hydraulique des zones inondables de la Nesque

Sites Internet - Liens utiles

Sites Institutionnels

- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : www.ecologie.gouv.fr
- Ministère de l'Equipement : www.equipement.gouv.fr
- Site informationnel du Ministère de l'Ecologie sur la gestion des risques : www.prim.net
- Site informationnel suivant l'actualité des évènements naturels : www.catnat.net

Sites associatifs ou personnels :

- Centre Européen de Prévention du Risque Inondation (CEPRI) : www.cepri.fr
- Institut des Risques Majeurs de Grenoble (IRMA) : www.irma-grenoble.com

Informations sur l'hydrogéomorphologie :

- Article sur l'hydrogéomorphologie : dossier.univ-st-etienne.fr/gfg/www/revue/03_Garry_et_al.pdf

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins
6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



6.3- Lexique des sigles

AZI : Atlas des Zones Inondables

CETE : Centre d'Étude Technique de l'Équipement

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

DGUHC : Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (actuellement MEDD)

MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

METL : Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement

METT : Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme

MTETM : Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer

PAC : Porter À Connaissance

PLU : le Plan Local d'Urbanisme est le document de planification de l'urbanisme communal ou intercommunal. Il remplace le Plan d'Occupation des Sols (POS) depuis la loi 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain, dite loi SRU.

POS : Plan d'Occupation des Sols

PPRI : Plan de Prévention des Risques d'Inondation

RMC : Rhône-Méditerranée et Corse

RTM : Restauration des Terrains de Montagne

SCOT : le Schéma de COhérence Territoriale est un document d'urbanisme (au même titre que le PLU ou la carte communale) institué par la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) du 13 décembre 2000. Il fixe, à l'échelle d'un secteur géographique, les organisations fondamentales du territoire et de l'évolution des zones urbaines, afin de préserver un équilibre entre zones urbaines, industrielles, touristiques, agricoles et naturelles. Il fixe les objectifs des diverses politiques publiques en matière d'habitat, de développement économique, de déplacement.

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

ZAC : Zone d'Aménagement Concerté

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



6.4- Lexique des termes techniques

ARÈNES GRANITIQUES : sables grossiers résultant de l'altération sur place des roches granitiques.

ALÉA : manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données. Pour les inondations, il s'agit généralement de la hauteur de submersion, de la vitesse, ou du croisement de ces deux paramètres.

ANTHROPIQUE : fait par l'homme, relatif à l'homme, à la présence humaine.

BAD LANDS : dans des terrains tendres (marnes), ensemble de ravins très étroits et rapprochés séparés par des crêtes aiguës qui offre un paysage particulier, où l'on ne peut pas circuler.

BANDE ACTIVE : sur les rivières dynamiques, emprise des chenaux d'écoulement et des bandes de galets dépourvus de végétation.

CHARGE SOLIDE (ou débit solide) : ensemble des matériaux transportés par un cours d'eau.

COMPÉTENCE : se définit par la masse des plus gros éléments que l'écoulement réussit à déplacer dans un cours d'eau. Par extension, désigne la capacité d'un cours d'eau à transporter sa charge solide.

CRUE CENTENNALE : crue ayant une chance sur 100 de se produire en moyenne chaque année.

DIACHRONIQUE : comparaison d'informations correspondant à des périodes différentes.

DOLINE : dépression de terrain dont le fond est en général plat et fertile. Les dolines sont dues à des phénomènes de dissolution des calcaires, et mesurent de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Leur fond argileux est souvent constitué de terre rouge. La rétention locale d'eau qu'elles permettent les rend propices au développement d'une riche végétation qui contraste avec le pourtour de la doline.

ENCAISSANT : tous les reliefs qui encadrent la plaine alluviale inondable.

ENJEU : personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc... susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et de subir des préjudices ou des dommages.

ÉROSION HYDRIQUE : érosion des sols liée à l'action des eaux de ruissellement superficielles.

ÉROSION RÉGRESSIVE : érosion verticale du fond du lit d'un cours d'eau, qui progresse d'aval en amont.

ESPACE DE LIBERTÉ : espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres.

FLUVIALE, FLUVIATILE : relatif aux cours d'eau, rivières ou fleuves.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



GÉOMORPHOLOGIE : science qui a pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin.

GRANULOMÉTRIE : taille des particules de matière formant les terrains.

ISCLES : bandes d'atterrissement en lit mineur, souvent végétalisées, et parfois assimilables à un lit moyen.

KARST : le karst est un paysage façonné dans des roches solubles carbonatées. Ce n'est pas une roche mais bien un paysage constitué de formes spécifiques qui peuvent se développer dans le calcaire (principalement), le marbre, la dolomie ou la craie.

KARSTIQUE : relatif au paysage du karst.

LIMONS : sédiments dont la granulométrie est comprise entre 2 et 50 micromètres µm.

LITHOLOGIE : nature des roches.

MÉANDRE : sinuosité décrite par le lit d'un cours d'eau ou d'une vallée.

MODÉLISATION HYDRAULIQUE : utilisation d'un logiciel mathématique pour simuler les écoulements dans un cours d'eau et obtenir des paramètres quantifiés de hauteurs et de vitesse pour différentes crues.

MOLASSE : roche sédimentaire détritique formée par accumulation de matériaux érodés et qui s'est accumulée dans les bassins sédimentaires périphériques.

MORPHOLOGIE : relief, configuration et structure externe de la surface terrestre.

NATURALISTE : relatif aux sciences naturelles (biologie, botanique, géologie, ...) où la part d'observation de la nature prédomine.

NIVEAU DE BASE : niveau topographique aval d'un cours d'eau, en dessous duquel il ne peut s'abaisser. Il peut s'agir soit du niveau de la mer, soit du niveau d'un autre cours d'eau.

OCCURRENCE : période de retour d'une crue.

POLJÉ : dépression à fond plat fermée par des bords rocheux. Cette forme se rencontre dans le domaine calcaire.

RALENTISSEMENT DYNAMIQUE : le ralentissement dynamique ressort d'une nouvelle approche de la gestion du risque inondation qui souhaite s'inscrire dans un développement durable. Le ralentissement dynamique consiste en des actions visant à ralentir les ruissellements dans leur cheminement vers le cours d'eau, atténuer l'accélération des eaux dans les lits des cours d'eau, si possible dériver les écoulements vers les annexes fluviales et mobiliser temporairement les espaces de stockage pour laminer les crues...

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



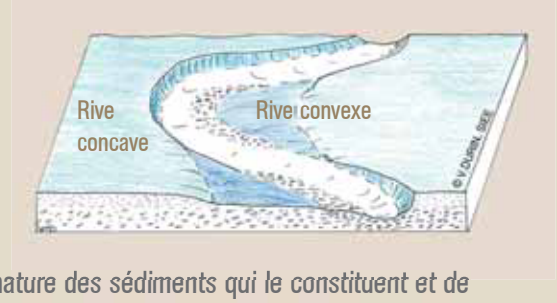
REMBLAI : accumulation de terre permettant de faire une levée ou de combler une cavité.

RESSUYAGE : élimination naturelle ou provoquée (pour l'agriculture par exemple) de l'eau en excès stockée dans le sol.

RIPISYLVE : formation végétale et arborée en bordure de cours d'eau, qui joue un rôle de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre.

RISQUE : confrontation d'un aléa avec des enjeux.

RIVE CONCAVE, RIVE CONVEXE : dans un méandre, la rive concave est la rive extérieure, plus ou moins verticale et érodée; la rive convexe est la rive intérieure, où se déposent des sédiments.



RUGOSITÉ : aspect « rugueux » d'un lit alluvial en fonction de la nature des sédiments qui le constituent et de l'occupation du sol qui le caractérise, qui fait que les écoulements se font plus ou moins facilement dessus.

SÉDIMENTS : dépôts solides ayant été transportés par l'eau ; ils peuvent être qualifiés de cohésifs ou non selon qu'ils sont consolidés ou non (sables).

SÉDIMENTATION : ensemble des processus par lesquels les particules en suspension et en transit cessent de se déplacer et se déposent, devenant ainsi des sédiments.

SÉDIMENTOLOGIE : discipline qui étudie les caractéristiques, les processus de mise en place et la disposition des particules meubles soit pendant leurs déplacements, soit une fois déposées.

STÉRÉOSCOPE : appareil binoculaire servant à observer des couples stéréoscopiques (deux photographies différentes mais se superposant), de telle sorte que chaque oeil ne perçoit que l'une des images, ce qui produit un effet de profondeur identique à celui de la vision binoculaire directe (vision du relief).

STÉRÉOSCOPIE : science qui s'intéresse aux effets tridimensionnels et aux méthodes permettant de produire ces effets.

SUBSTRAT (ou substratum) : désigne dans le langage de la méthode la roche en place, qui n'a pas ou peu subi d'altérations. Ce mot est souvent employé pour parler des versants.

VALLON EN BERCEAU : vallon dont le profil en travers décrit une courbe concave régulière sans rupture de pente marquée. Il n'y a pas de limite nette entre le fond du vallon et le versant, contrairement au vallon à fond plat.



VULNÉRABILITÉ : elle exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent la réduire en atténuant l'intensité de certains aléas ou en limitant les dommages sur les enjeux.

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques



6.5- Index des concepts techniques

Dans ce guide pédagogique, où trouver la définition et l'explication des concepts de... ?

Atlas des Zones Inondables, page 28
Aléas définis sur la base de l'hydrogéomorphologie, page 31
Axe de crue / Bras de décharge, page 15
Barrages de travertins, page 48
Cône de déjection / torrentiel, page 16
Colluvions, page 14
Deltas, page 19
Dépressions fermées, page 45
Diffluences, page 19
Encaissant, page 13
Espaces de liberté, zones de grand écoulement et de mobilité, page 31
Fréquence, page 45
Glacis-cônes, page 17
Lit en toit, page 16, 19 et 43
Lit mineur, page 10
Lit moyen, page 11
Lit majeur, page 12
Lit majeur exceptionnel, page 12
Plaine alluviale, page 2
Plans de prévention des risques d'inondation, page 30
Photo-interprétation, page 4
Risque d'inondation par ruissellement, page 17
Suspicion de débordement sur terrasse, page 18
Terrasse, page 14
Versant, page 13
Zones d'expansion des crues, page 32

Chap. 4 :
LES ETUDES COMPLEMENTAIRES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE

4.1 Les études historiques
4.2 La modélisation hydraulique
4.3 Complémentarités entre méthodes
4.4 La cartographie des enjeux

Chap. 5 :
LES ZONES INONDABLES EN REGION PACA

5.1. Contexte physique et hydrologique de la région PACA
5.2. Une région variée

Chap. 6 :
LES ANNEXES
6.1 Annexe technique :
Les fréquences de crues
Les dépressions fermées
Les barrages de travertins

6.2. Bibliographie
6.3. Lexique des sigles
6.4. Lexique des termes techniques
6.5. Index des concepts techniques





Direction Régionale de l'Environnement
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Direction Régionale de l'Environnement
Provence-Alpes-Côte d'Azur
Service de l'Eau, de la Mer et des Risques
Unité Risques Naturels
Le Tholonet BP 120
Allée Louis Philibert
13 603 Aix-en-Provence Cedex 1
Tél. : 04 42 66 66 00 Fax : 04 42 66 66 01

www.paca.ecologie.gouv.fr
diren@paca.ecologie.gouv.fr



Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction
Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme (SAU)

Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat
et de la Construction
Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme
Sous-direction de la planification et de l'aménagement
Pôle risques majeurs et planification
Arche sud
92 055 Paris la Défense Cedex
Tel. : 01 40 81 92 27 Fax : 01 40 81 82 92

www.equipement.gouv.fr
gerald.garry@equipement.gouv.fr

Conception graphique : Autrement Dit *Communication & Environnement* - Rédaction : SIEE / GINGER Environnement et Infrastructures - Avril 2007 - Tous droits de reproduction réservés