

# Le risque inondation

dans le Pays de Montbéliard

livret enseignant

projet pédagogique / 2011-2014



Le risque **0** n'existe pas.

Je m'informe, j'anticipe, je me protège,  
ainsi que mes concitoyens.



Le Pays de Montbéliard connaît régulièrement des inondations, dont les deux derniers épisodes, en décembre 2009 et en décembre 2010, ont démontré la nécessité de protéger les riverains.

Malgré les travaux entrepris, les habitants et acteurs du territoire qui se situent sur des zones à risque ne pourront jamais éradiquer ces inondations. Il faut donc apprendre à vivre avec elles et développer une culture du risque et de l'anticipation.

Cette intégration du risque, moteur de la prévention et de la conscience, doit s'accompagner d'une sensibilisation permettant à la population de saisir également les enjeux et les mécanismes du risque.

Ce projet éducatif, soutenu par la DREAL Franche-Comté, et porté par Pays de Montbéliard Agglomération, se veut donc un outil pour éduquer à la prévention et à l'anticipation des risques d'inondations.

Il s'agit de développer la démarche d'information préventive et d'accompagner pédagogiquement les travaux de terrain relatifs à la gestion des inondations.

Etre informé, c'est mieux participer à la vie de son territoire et mieux le comprendre.



# Mode d'emploi

Ce livret se compose de 5 thèmes, identifiés par couleur, proposant respectivement des notions d'ordre général et une adaptation au contexte local. De nombreuses illustrations peuvent être directement réutilisées en classe : carte, tableau, schéma, photo, en complément de celles intégrées dans le livret élève.

Des exemples d'activités, à réaliser avec vos élèves, vous sont également proposés pour prolonger ou approfondir le cours.

Ces exemples témoignent d'une pratique, dans un groupe précis et dans un contexte particulier : ils ne sont que des pistes de travail ! à chacun de les adapter à ses objectifs, à ses méthodes.... Plusieurs types d'activités sont proposés : expériences, sorties terrain, travaux pratiques, débats, enquêtes...

Enfin, un glossaire reprend les principales notions et une bibliographie simplifiée rassemble les principaux sites et ouvrages de références sur le thème.

## Thèmes abordés

-  Cycle de l'eau et bassin versant
-  La rivière, un système complexe
-  Crues et inondations
-  Protection des biens et des personnes
-  Culture du risque et prévention

## Pictogrammes utilisés



Notion : notions générales sur le thème abordé



Contexte local : notions appliquées au contexte local du Pays de Montbéliard Agglomération



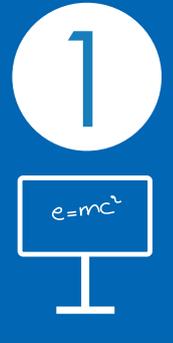
Activités : exemples d'activités proposées en lien avec le thème abordé (sorties terrains, expériences, travaux pratiques, enquêtes...)

# S o m m a i r e

1		 Cycle de l'eau et bassin versant.....9
		 Le bassin versant Doubs-Allan.....13
		 L'érosion.....17
2		 La rivière, un système complexe.....19
		 Les rivières dans notre agglomération.....21
		 Maquette d'une rivière.....23
		 Fonctionnement d'une rivière.....25
3		 Crues et inondations.....27
		 Caractéristiques des crues dans notre agglomération.....31
		 Notre agglomération face aux inondations.....33
		 Les aménagements.....37
		 De la carte au terrain.....41
		 Le risque inondation chez les particuliers.....43
4		 Protection des biens et des personnes.....45
		 Protection des biens et des personnes.....47
		 Comment lutter contre les inondations ?.....53
5		 Culture du risque et prévention.....55
		 Prévention dans notre agglomération.....57
		 Débat à la Mairie.....59
		Glossaire.....63
		Bibliographie.....67



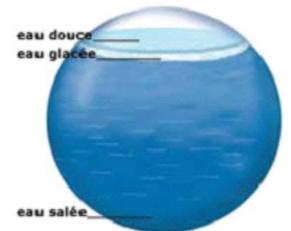
# Cycle de l'eau et bassin versant



## Les réservoirs de la planète

L'eau est présente partout autour de nous et constitue un des éléments principaux de notre planète. Elle est présente sous différentes formes :

- les océans et les mers, composés d'eau salée (environ 97%) ;
- les glaciers et la banquise, composés de glace (environ 2 %) ;
- les lacs, les rivières, les zones humides et les eaux souterraines, composés d'eau douce (moins de 1%) ;
- les nuages, la vapeur d'eau de l'atmosphère (0.001%).



## Le cycle de l'eau

Toute l'eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre terre.

### Evapotranspiration

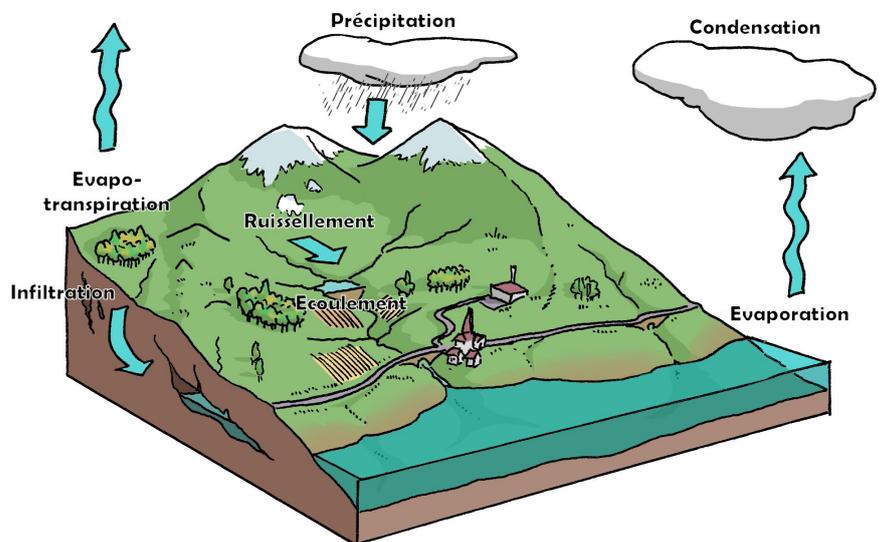
Résulte de 2 phénomènes : l'évaporation du sol et la transpiration des végétaux et des animaux.

### Condensation

En altitude, la vapeur d'eau se refroidit et se condense. L'eau reste en suspension sous forme de nuages.

### Evaporation

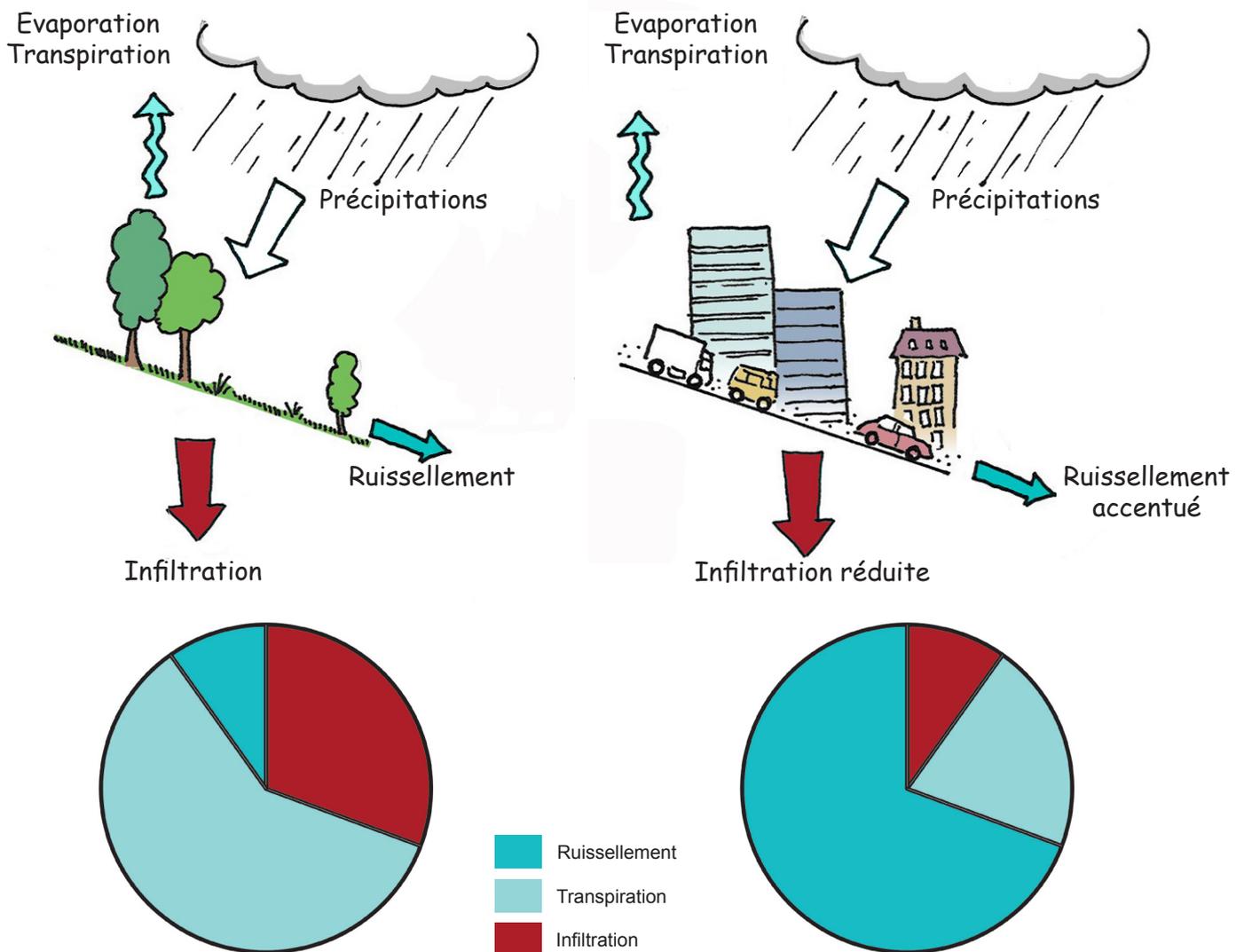
Passage de l'état liquide à l'état gazeux. Elle provient de la surface des océans, des lacs, des rivières, des sols.



Lorsque l'eau de pluie tombe sur le sol, elle peut suivre différents chemins :

- une partie s'évapore,
- une partie s'infiltrate et rejoint les eaux souterraines, qui sont reliées aux rivières,
- une partie ruisselle en surface jusqu'à la rivière : c'est la principale responsable des crues.

# La végétation et les hommes modifient le cycle de l'eau



Le couvert végétal favorise l'infiltration et limite le ruissellement. Plusieurs activités humaines peuvent modifier le cycle de l'eau et favoriser les inondations.

Certaines activités humaines diminuent l'infiltration et augmentent le ruissellement :

- **l'imperméabilisation des sols**, liée à l'urbanisation,
- **les usages agricoles** : suppression des prairies et des haies qui retiennent l'eau, sols nus en hiver ;

D'autres accélèrent le transport de l'eau vers la rivière :

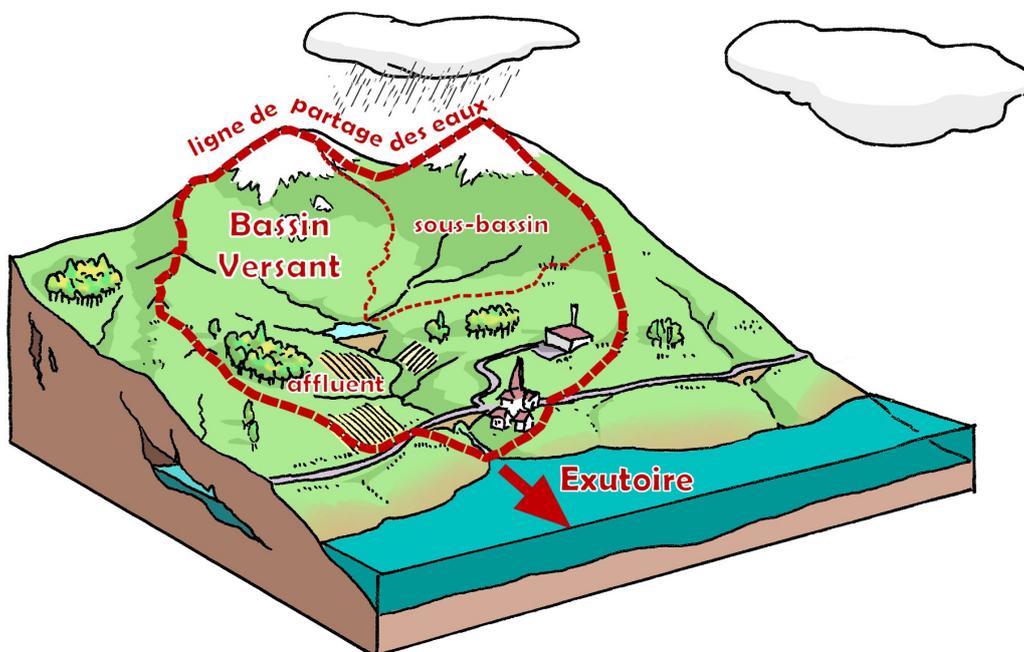
- **le drainage et la création de réseaux** de collecte des eaux (fossés, égouts),
- **la rectification des lits de rivières**.

Enfin, le dérèglement climatique pourrait être responsable de l'augmentation du nombre d'événements météorologiques violents.

## Ressources

[http://www.prim.net/education/espace\\_education.html](http://www.prim.net/education/espace_education.html)

<http://www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pedagogiques/cycle-eau.php>



### Bassin versant

C'est généralement la surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac.

## Le bassin versant

Il peut être défini plus précisément, à partir d'un **exutoire\*** donné, comme le territoire à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux de pluie qui s'écoulent vers cette sortie. Ses limites correspondent aux lignes de partage des eaux.

Cette notion est donc relative : on peut considérer autant de bassins versants qu'on peut placer de points « de sortie » (ou d'exutoires) le long d'un axe d'écoulement ou d'une rivière. On peut également diviser un bassin versant principal (exemple le bassin versant du Rhône) en plusieurs sous-bassins imbriqués (dont celui de la Saône, du Doubs, etc).

Il est également possible de distinguer le bassin versant superficiel, dont la limite correspond aux lignes de partage des eaux superficielles, du bassin versant souterrain, dont les contours peuvent être différents, en raison des écoulements souterrains qui ne suivent pas les pentes du terrain. C'est très fréquemment le cas dans les **zones karstiques\*** ou les fractures des roches souterraines offrent des parcours d'écoulement privilégiés.

### Exutoire

Se dit d'un cours d'eau qui sort d'une grande étendue d'eau ou d'un territoire donné.

## Ses caractéristiques

Il joue un rôle prépondérant dans le type de crues et d'inondations qui se produisent sur son cours d'eau principal.

**La taille** du bassin versant détermine le temps que met l'eau pour atteindre son exutoire.

Plus ce temps est court (petite taille), plus le bassin réagira à des épisodes pluvieux courts (orages), et donc statistiquement plus intenses.

Les grands cours d'eau, issus de bassins versants de plusieurs milliers de km<sup>2</sup> réagissent plutôt à des pluies plus longues (plusieurs jours).

**La forme** du bassin versant est également déterminante dans le type de crues.

Si le bassin est très allongé, le cours d'eau principal aura plus d'influence que tous les affluents, alors que pour un bassin et un réseau hydrographique « en étoile », les caractéristiques de tous les affluents possèdent la même importance.

**La pente du terrain** intervient localement sur la quantité d'eau qui ruisselle.

A l'échelle du bassin, la pente des cours d'eau agit sur la vitesse d'écoulement et donc les vitesses de propagation de la crue et de montée des eaux.

**La répartition des altitudes, l'exposition et la position géographique** du bassin sur le continent ont une influence sur le type de pluies rencontrées (longues pluies océaniques, orages cévenols...) et éventuellement sur la composante « nivale » des crues (importance de la fonte des neiges)

**L'occupation des sols et la composition du sous-sol** déterminent en partie la quantité d'eau non infiltrée ainsi que la rapidité des écoulements souterrains.



# Le bassin Versant Doubs-Allan

1



## D'où vient l'eau qui coule à Montbéliard ?

L'eau des rivières de notre agglomération vient de deux secteurs géographiques différents.

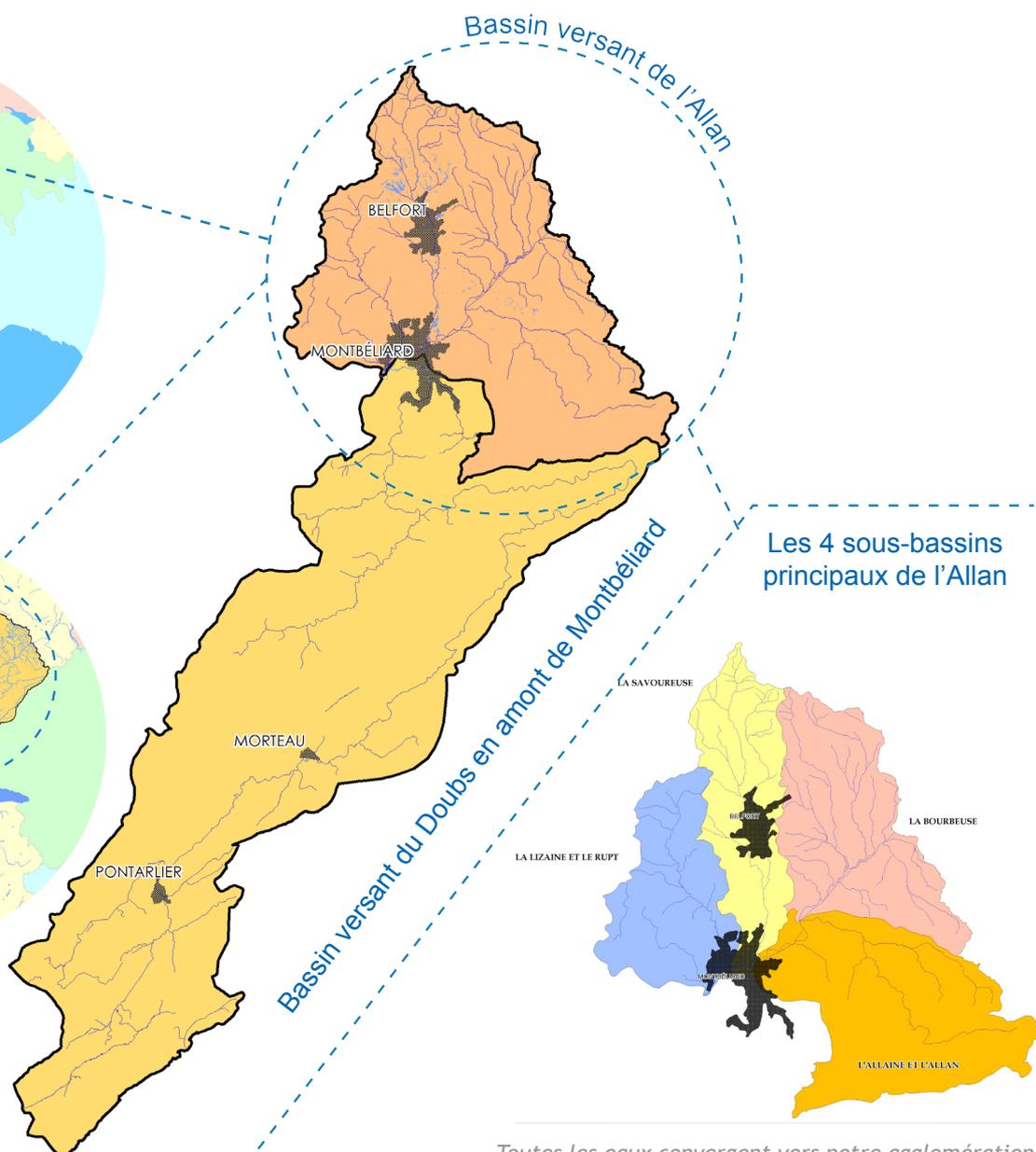
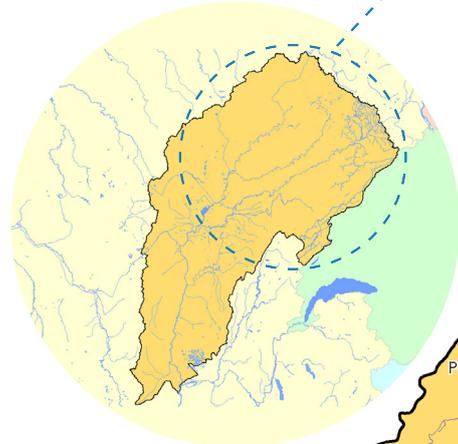
- La Savoureuse, la Lizaine et le Rupt sont des rivières du bassin versant de l'Allan : ces rivières drainent les eaux du Nord-Est de la Franche-Comté et d'une petite partie de la Suisse.
- L'eau qui coule dans le Doubs vient du sud : Haut Doubs et Suisse.

Cependant, ces deux bassins versants se ressemblent par la présence de la montagne, donc de pentes et de précipitations abondantes.

## Localisation de notre bassin versant dans le bassin... ...du Rhône :



## ...de la Saône :



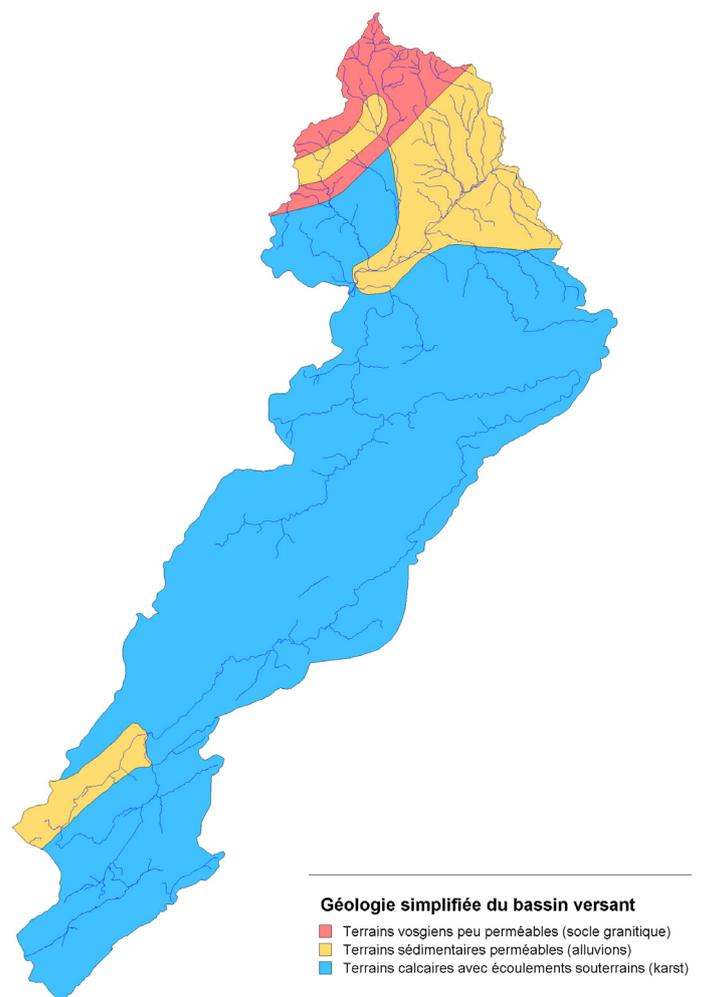
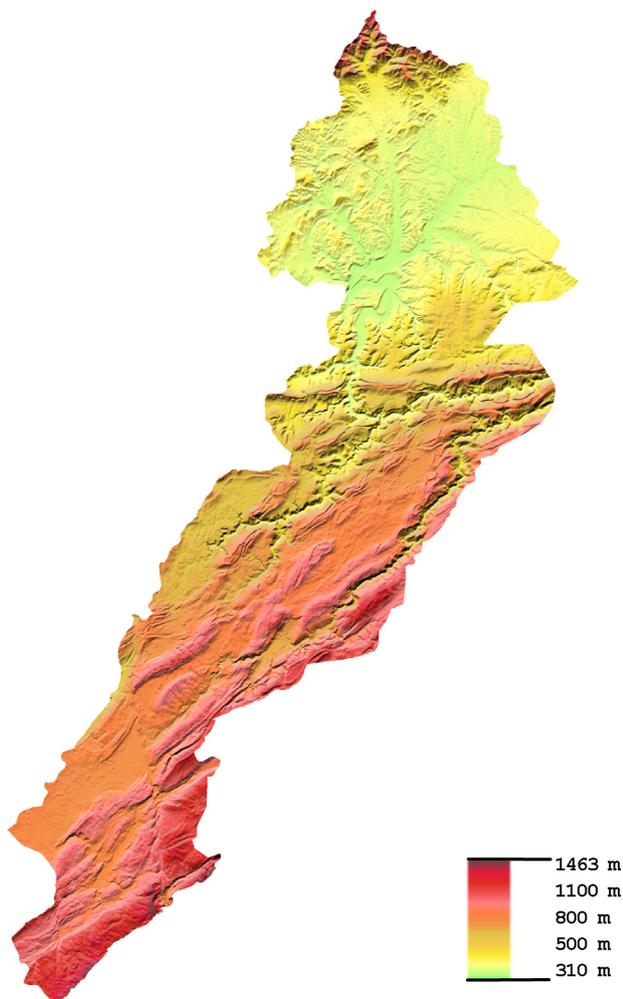
Toutes les eaux convergent vers notre agglomération

## Caractéristiques du bassin-versant Doubs-Allan

	Doubs en amont de Montbéliard	Allan
Superficie	2 240 km <sup>2</sup>	1 180 km <sup>2</sup>
Altitude maxi	1 463 m	1 247 m
Altitude mini	310 m	310 m
Longueur de la rivière principale	200 km	65 km
Source de la rivière principale	Mouthe 935 m	Charmoille (CH) 605 m
Pente de la rivière principale	3,1 m/km	4,5 m/km
Précipitations	de 1 800 à 1 000 mm	de 2 400 (haut bassin vosgien) à 800 mm (suisse)
Nombre de jours de neige au sol	de 140 à 30 jours	de 110 à 30 jours
Géologie	Karstique	Granite vosgien (hauts bassins vosgiens) puis alluvions en plaine
Occupation du sol	Part importante de forêts (feuillus et résineux) et de prairie. Peu d'urbanisation	Principalement culture et prairie. De la forêt au dessus de 600 m. forte urbanisation en dessous de 400m.

## Caractéristiques des 4 sous-bassins de l'Allan

	La Savoureuse	La Bourbeuse	L'Allaine/L'Allan	La Lizaine et le Rupt
Superficie	237 km <sup>2</sup>	330 km <sup>2</sup>	421 km <sup>2</sup>	150 km <sup>2</sup> (la Lizaine) 41 km <sup>2</sup> (le Rupt)
Altitude maxi	1 247 m	1 075 m	909 m	590 m
Altitude mini	322 m	328 m	310 m	319 m
Longueur de la rivière principale	40 km	40 km	65 km (58 km pour l'Allaine)	31 km (la Lizaine)
Source de la rivière principale	Ballon d'Alsace	2 sources : - La Madeleine (1 070 m) - La St Nicolas (1 020 m)	Chamoille (605 m)	Frahier (400 m)
Pente de la rivière principale	22,5 m/km (200 m/km en amont de Malmaux)	18,5 m/km	4,5 m/km	2,5 m/km
Précipitations	de 2 400 à 1 000 mm	de 2 000 à 1 100 mm	de 1 500 à 800 mm	de 1 300 à 1 000 mm
Nombre de jours de neige au sol	de 30 à 110 jours	de 30 à 90 jours	de 30 à 70 jours	de 30 à 50 jours
Occupation du sol	- Forestier en amont - Très urbanisé à l'aval	- Peu urbanisé, prairies et cultures - Forestier à l'amont	- Moyennement urbanisé - Prairies et cultures à l'aval	- Très urbanisé à l'aval - Forêts et prairies à l'amont



## Le relief

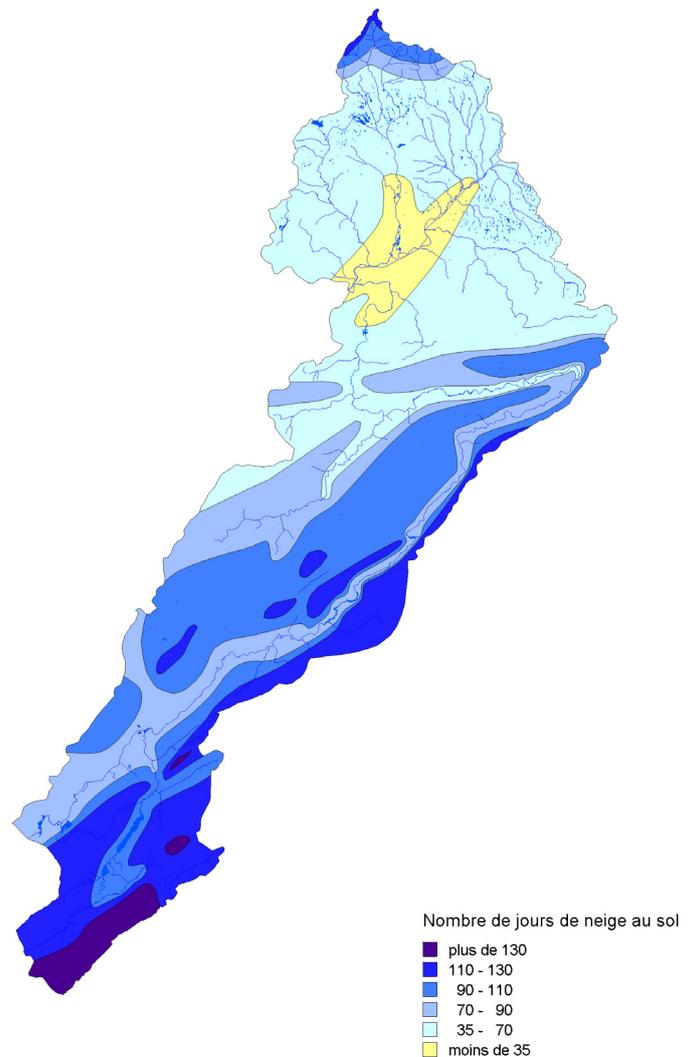
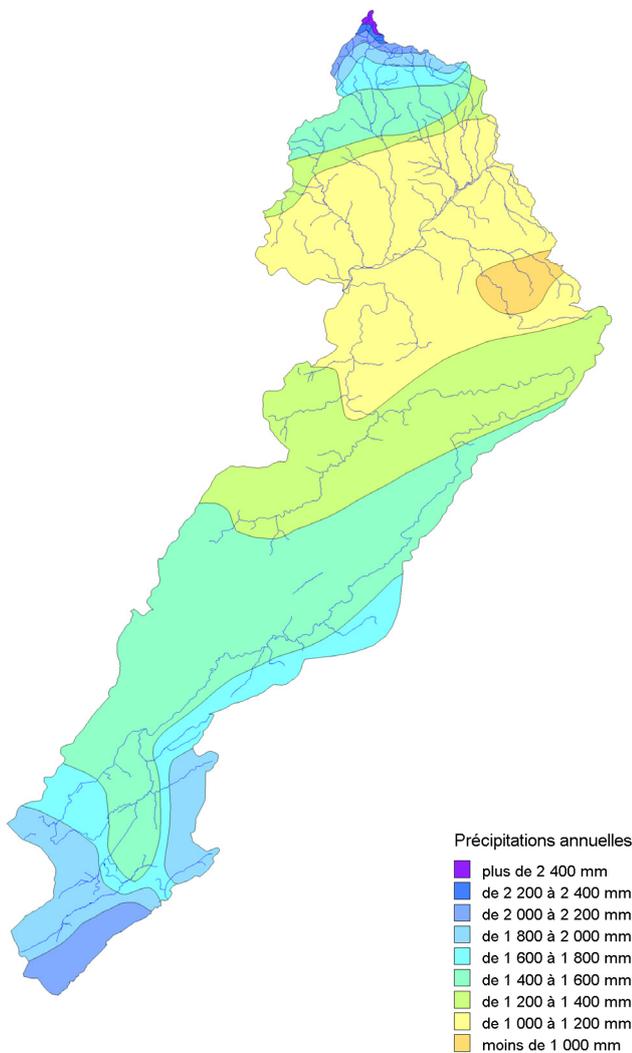
Deux massifs montagneux d'altitude moyenne composent notre bassin versant : les Vosges au nord (1 247m au Ballon d'Alsace) et le Jura au sud (1 463 m au Mont d'Or). Entre les deux, notre agglomération se trouve dans une dépression à 320 m d'altitude au pied de ce qu'on appelle la « Trouée de Belfort », qui marque le passage entre la Franche-Comté et l'Alsace mais aussi la ligne de partage des eaux entre la Méditerranée (par le Rhône) et la Mer du Nord (par le Rhin).

Plus de 60 % de notre bassin versant se trouve à une altitude supérieure à 600 m, c'est-à-dire en zone de montagne. Près de 15 % se trouve au dessus de 1000 m où les caractères montagnards se font réellement sentir tout au long de l'année (enneigement important en hiver, orages fréquents en été...). C'est de ce relief que nos cours d'eau tirent leur caractère et leurs spécificités hydrologiques.

## La géologie

Le sous-sol du bassin versant est principalement composé de roches calcaires (massif du Jura). En surface, sur les plateaux, il n'y a quasiment aucune rivière : une très grande partie des écoulements sont souterrains. Ces rivières souterraines court-circuitent parfois le cours aérien de la rivière en vallée (pertes) et drainent l'eau de manière très rapide (plusieurs km/h) vers l'aval où elle ressort sous forme de résurgence (ex : le Dessoubre).

Les alluvions ou le granite des Vosges n'ont, quant à eux, pas d'influence sur les crues : ils sont trop peu perméables. Les nappes alluviales ont des pentes fortes, ce qui évite les inondations par remontée de nappes.



## Les précipitations

La pluie et la neige fondue cumulées sont souvent la cause de crues.

Notre bassin versant se caractérise par une très forte **pluviométrie\***. La partie vosgienne au Nord détient même le record national avec 2 400 mm d'eau par an au Ballon d'Alsace. La partie Suisse de l'Allaine, plus abritée des vents d'ouest, est la zone la plus sèche du bassin versant avec la région de Montbéliard.

Mais ces valeurs moyennes ne doivent pas faire oublier l'irrégularité due au climat continental : des périodes sèches, n'excédant jamais quelques semaines en plaine, alternent avec des épisodes pluvieux, donnant lieu à des cumuls de pluie parfois très importants, notamment en montagne (les 100 mm sont fréquemment atteints).

Ces épisodes peuvent causer des crues particulièrement importantes s'ils surviennent en période de redoux et de fonte du manteau neigeux.

## La neige au sol

Les versants, exposés aux précipitations océaniques et/ou à un bon ensoleillement, subissent en hiver et au printemps des périodes de redoux qui accélèrent la fonte de leur manteau neigeux.

Le nombre de jours de neige au sol est proportionnel à l'altitude et à l'exposition.

La durée de l'enneigement est très variable entre les secteurs exposés aux vents océaniques particulièrement sensibles aux redoux (*les hautes crêtes des Vosges ou les plateaux du Jura*) et les secteurs abrités ou encaissés (*les fonds de vallée ou les hautes combes du Jura*).

Sur notre bassin versant, la palme de l'enneigement revient aux massifs forestiers des sommets de la haute vallée du Doubs avec localement jusqu'à 140 jours de neige au sol par hiver (moyenne sur plusieurs années). Plus exposés au redoux, les sommets des Vosges sont, en moyenne, moins enneigés à altitude égale que ceux du Jura alors qu'ils reçoivent plus de précipitations.

## Objectifs pédagogiques

- S'initier aux méthodes expérimentales
- Mettre en évidence les paramètres qui font varier l'érosion
- Comprendre comment l'eau modèle le paysage

## Matériel

(les mesures sont indicatives)

- 4 caisses plates (50 x 30 x 15 cm) imperméables ou imperméabilisées, percées de trous à une extrémité
- 4 cales (30 x 10 x 10 cm)
- 4 différents types de sol : terre argileuse, sable, carré de pelouse (ou mousse), sol imperméable
- 4 bouteilles d'eau de 2 litres
- 4 bacs pour récupérer l'eau
- 2 seaux de réserve d'eau
- serpillères et éponges

## Installation

- Préparer les 4 caissons et les installer sur une cale.
- Installer un bac pour récupérer l'eau en bas de chaque caisson.
- Remplir les seaux de réserve d'eau

## Déroulement

Verser 2 litres d'eau dans chaque caisson simultanément et avec un débit faible et constant (qui reproduit une pluie fine).

Comparer :

- la vitesse avec laquelle l'eau ressort dans le bac d'évacuation
- la quantité de matériel transporté (donc érodé)
- la taille du matériel érodé (particules fines, grossières)

Bilan :

Ranger les différents sols selon leur résistance à l'érosion

On peut faire varier des paramètres supplémentaires : recommencer l'expérience avec un débit plus fort (pluie intense) ou une pente plus forte (relief).

Selon le niveau des élèves, ils peuvent utiliser une fiche d'expérience avec des questions guidant le raisonnement, dessiner un schéma des expériences, extrapoler les résultats constatés à des situations réelles, etc.

## Compléments

Des observations de terrain peuvent compléter et renforcer les paramètres observés en classe



# La rivière, un système complexe

## Débit

Chaque rivière collecte les eaux de pluie tombées sur le territoire de son **bassin versant\***. Lorsque les pluies sont abondantes ou durables, les volumes d'eau arrivant dans la rivière sont plus importants, ce qui provoque l'augmentation de son **débit\***, par l'accélération de la vitesse d'écoulement et de la hauteur d'eau.

L'**hydrologie\*** des principales rivières est suivie dans de nombreuses stations qui mesurent leur débit plusieurs fois par jour. Les mesures permettent d'établir des hydrogrammes de la rivière qui représentent l'évolution de son débit au cours du temps, et nous renseignent sur les périodes de **crue\*** (hautes eaux) et d'**étiage\*** (basses eaux). Les périodes de hautes eaux annuelles sont les crues les plus efficaces pour le façonnement des lits.

## Régime hydrologique

Le **régime hydrologique\*** d'un cours d'eau est défini par les variations de son débit au cours d'une année. Il dépend des conditions climatiques (pluviométrie et enneigement), mais aussi de la nature du sol et du sous-sol qui détermine les conditions de ruissellement et d'infiltration de l'eau.

Les grandes familles de régimes sont dénommées d'après la cause climatique du débit maximum (nival, pluvial, glaciaire, méditerranéen, etc) et se déclinent en fonction de la latitude (régions polaires, tempérées, tropicales, équatoriales) et de l'altitude (régions de montagne et de plaine).

Un bon indicateur du régime hydrologique est l'hydrogramme du débit moyen mensuel qui indique la moyenne de chaque mois ; il est d'autant plus fiable s'il est établi sur de plus nombreuses années de mesures. On visualise ainsi les périodes habituelles de crue et d'étiage. Selon le climat de la région considérée, elles peuvent être réparties différemment sur l'année et caractérisent ainsi le régime hydrologique de la rivière.

### Débit

Volume d'eau qui traverse une section transversale d'un cours d'eau ; Il est donc déterminé par la vitesse, la section transversale et la hauteur d'eau dans la rivière, et s'exprime en m<sup>3</sup>/s.

### Nappe phréatique

Réserve d'eau souterraine située à faible profondeur dans les roches meubles du sol et du sous-sol : les interstices entre les grains solides sont entièrement remplis d'eau. Son niveau varie selon les précipitations et peut atteindre la surface, provoquant alors une inondation par remontée de nappe.

### Nappe alluviale

Cas particulier de nappe phréatique : elle se situe dans la plaine alluviale d'un cours d'eau et s'écoule dans la même direction que celui-ci, mais plus lentement, l'eau étant freinée par les sables et graviers qu'elle traverse. son niveau est relié à celui de la rivière et peut réguler celui-ci : en période d'étiage, la nappe alimente la rivière tandis qu'en période de crue, elle peut absorber une partie de l'eau de crue et ainsi atténuer son intensité.



Débordement de la Feschotte près de sa confluence avec l'Allan en mars 2006



*Crue de la Feschotte à Fesches-le-Chatel, en mars 2006*

## Hydrosystème

La rivière est la partie la plus visible d'un système complexe dont les éléments sont tous reliés (du moins dans les conditions naturelles).

Il est constitué de la rivière et de ses affluents, de **nappes\*** souterraines, de lacs, mares, marais et zones humides du bassin versant.

Dans le **lit majeur\***, les rivières et les zones humides sont reliées entre elles par l'intermédiaire des nappes souterraines. En période d'étiage, dans certaines conditions, les nappes peuvent réalimenter la rivière ou limiter l'assèchement des zones humides. En période de crue, quand les rivières peuvent déborder dans leur lit majeur, elles rechargent les nappes.

Une partie de la **crue\*** peut être régulée par l'expansion du trop plein d'eau dans les zones de débordement (si elles existent encore).

Quand on empêche la rivière de déborder par des digues ou d'autres aménagements, les éléments de l'hydrosystème sont isolés ; l'eau des mares et marais, non renouvelée, peut s'appauvrir en oxygène.

La préservation des circulations de l'eau dans le lit majeur entre les différents éléments de l'hydrosystème est donc essentiel pour réguler le stockage de l'eau dans le bassin versant et limiter ainsi la sévérité des périodes de sécheresse ou la gravité des crues.

### Crue

Augmentation régulière ou exceptionnelle du débit d'un cours d'eau.

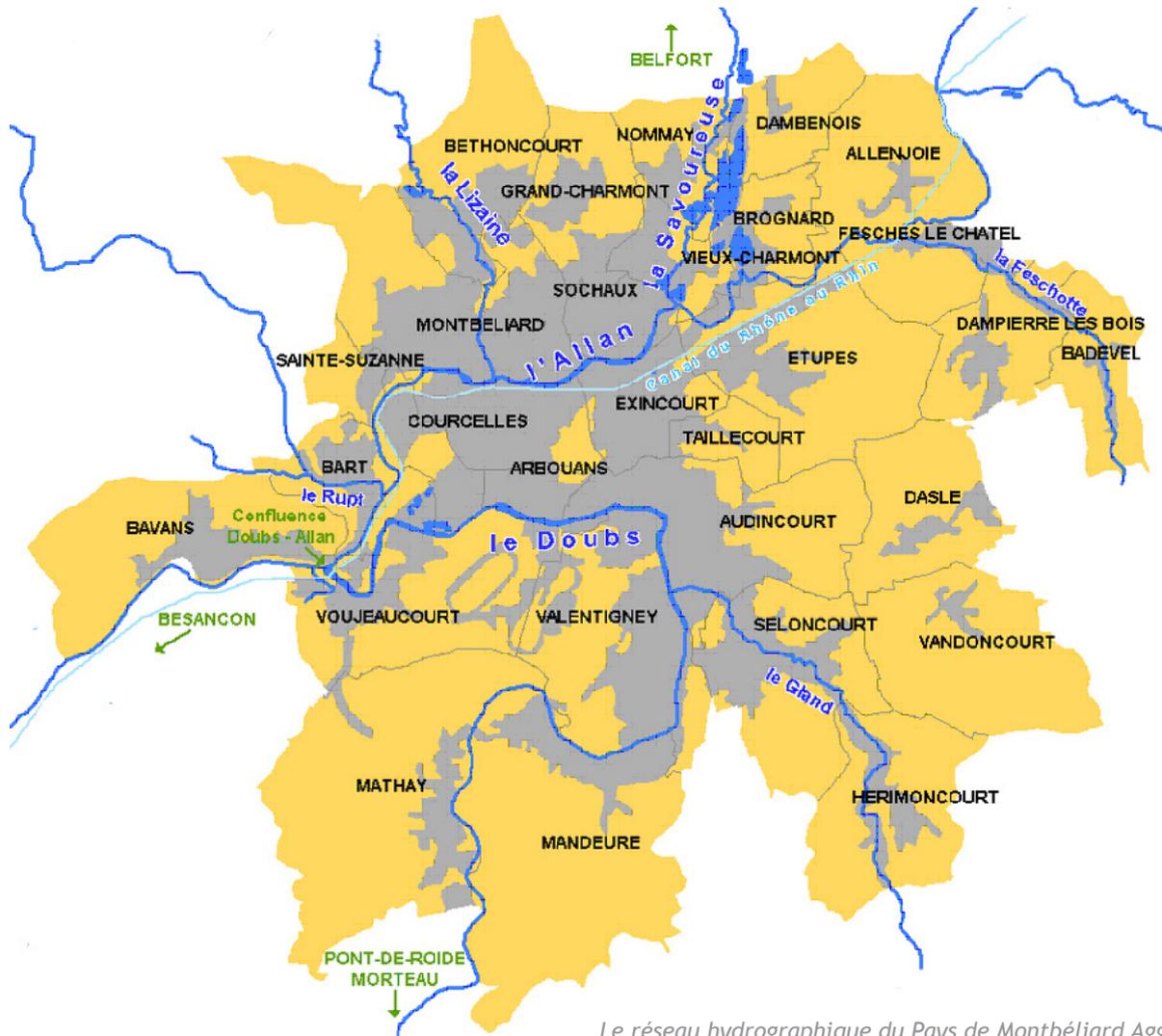
## Les crues sont bénéfiques pour les milieux naturels

Les crues déposent dans le lit majeur des limons fertiles. Elles rechargent en eau les nappes souterraines, les méandres déconnectés et les zones humides proches de la rivière qui constituent un refuge et un lieu de reproduction pour de nombreuses espèces aquatiques et terrestres.

Celles-ci sont adaptés à la variation du niveau de l'eau dans la rivière et dans les sols.

Leurs écosystèmes sont, dans une certaine mesure, adaptés aux variations de niveau d'eau.

# Les rivières dans notre Agglo



Le réseau hydrographique du Pays de Montbéliard Agglomération

## Le Doubs

Le Doubs (453 km) prend sa source dans le Val de Mouthe à près de 950 m d'altitude. Après un parcours de 200 km, le Doubs arrive dans le Pays de Montbéliard où il n'est rejoint que par deux affluents : l'Allain au niveau de la commune de Voujeaucourt et le Gland à Audincourt.

Le Doubs est une rivière abondante (son **débit moyen annuel\*** est de 81 m<sup>3</sup>/s à Voujeaucourt) puissamment alimentée par les fortes précipitations du massif du Jura. Mais, comme beaucoup de cours d'eau de l'est de la France, le Doubs est une rivière très irrégulière.

La nature karstique du sous-sol de son bassin versant en est la raison principale : en période de pluie, l'eau circule très rapidement par les fractures et cavités dans le calcaire, et rejoint des rivières souterraines ; en cas d'absence prolongée de pluies, il n'y a pas beaucoup de réserves d'eau dans les plateaux calcaires pour alimenter le cours aérien de la rivière.

### Doubs :

Vient du latin «Dubius», qui signifie «l'hésitant».

## L'Allan

L'Allan prend sa source à Charmoille au nord du canton du Jura en Suisse, à une altitude de 605 mètres. Elle se jette ensuite dans le Doubs, en aval de Voujeaucourt. En Suisse et jusqu'à ce qu'elle reçoive la Bourbeuse (40 km) en aval de Morvillars, son cours est baptisé Allaine.

Sa longueur est de 65 km, dont 28 en Suisse. Le débit moyen annuel de l'Allan est de 23 m<sup>3</sup>/s mais les fluctuations saisonnières sont importantes.

Dans notre agglomération, l'Allan reçoit un certain nombre d'affluents :

- la Feschotte (5,7 km) à Fesches-le-Chatel,
- la Savoureuse (40 km) en aval de Vieux Charmont,
- la Lizaine (31 km) à Montbéliard,
- le Rupt (15 km) à Bart.

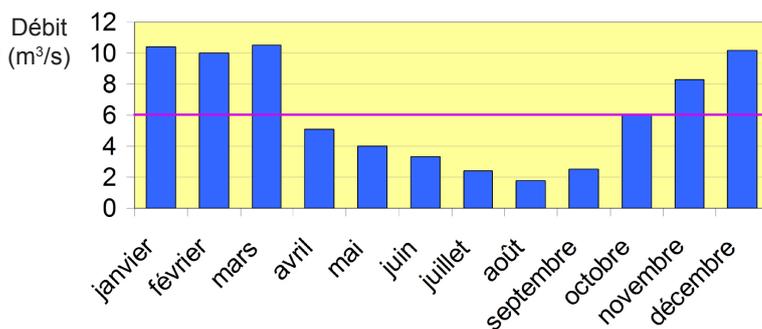
## La Savoureuse

La Savoureuse prend sa source à 1 248 mètres d'altitude. C'est d'abord un torrent de montagne qui dévale les pentes raides et boisées du Ballon d'Alsace : la pente y est supérieure à 10 %. L'endroit est un des plus arrosés de France avec 2 400 mm d'eau par an (3 fois la moyenne nationale), dont une partie sous forme de neige, au-dessus de 800 m d'altitude.

Tout ceci contribue au fait que les crues de la Savoureuse sont violentes et redoutées. Même si son débit moyen annuel n'est que de 6m<sup>3</sup>/s, ses fluctuations sont importantes et brutales.

Après un parcours de 40 km, la Savoureuse entre dans notre agglomération et se jette dans l'Allan en aval de Vieux Charmont en empruntant un chenal contournant les usines Peugeot, qui est aussi un ancien méandre de l'Allan.

### Débit mensuel et annuel moyen de la Savoureuse à Vieux-Charmont.



*Bien que leur débit moyen annuel soit très différent, les trois rivières présentent la même répartition saisonnière de leur débit, caractéristique d'un régime pluvio-nival dans nos régions tempérées :*

- un étiage d'été
- des hautes-eaux de décembre à mars, provoquées par des précipitations importantes en hiver, auxquelles peut s'ajouter la fonte des neiges en période de redoux..

## Ressources

Cosandey Cosandey Claude, 2003, Les eaux courantes - géographie et environnement, Ed. Belin

[http://www.prim.net/education/espace\\_education.html](http://www.prim.net/education/espace_education.html)

Site de l'Agence de l'Eau

<http://www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pedagogiques/cycle-eau.php>

<http://kportal.espace-sciences.org/animations/cycle-eau.htm>

Site Hydroreel de l'Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse

<http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/index.html>

Rapport des PPRI Savoureuse et Doubs Allan :

[http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=59](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=59)

[http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri\\_Doubs\\_Allan\\_note\\_presentation\\_cle55b1a2.pdf](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri_Doubs_Allan_note_presentation_cle55b1a2.pdf)

# Maquette d'une rivière



La pente et le débit d'un cours d'eau déterminent la quantité de matériaux solides transportés par la rivière, mais aussi les formes de la rivière.

## Objectifs pédagogiques

- S'initier aux méthodes expérimentales.
- Construire une maquette simple pour modéliser les phénomènes de transport et d'accumulation des matériaux solides.
- Mettre en évidence les paramètres qui font varier ces formes.
- Modéliser un endiguement pour observer les conséquences

## Matériel

(les mesures sont indicatives)

- 1 caisse plate longue (150 x 30 x 15 cm) imperméable ou imperméabilisée et aménagée pour laisser passer l'eau à une extrémité.
- sable, gravier, mousse
- 2 réglettes
- 2 cales (30 x 10 x 10 cm)
- 1 bouteille d'eau de 2 litres
- 1 bac pour récupérer l'eau
- 1 seau de réserve d'eau
- serpillères et éponges

## Installation

Remplir la caisse de sable très humide et bien égalisé (5 cm)  
 Installer la caisse sur une cale.  
 Installer un bac pour récupérer l'eau en bas de la caisse.  
 Remplir d'eau les seaux de réserve

## Déroulement

A partir de ce montage, il est possible de modéliser différentes situations dans lesquelles la rivière forme son lit, transporte et déplace les matériaux solides.

- > Pour comprendre les différences entre les rivières (montagne, plaine), on peut faire varier la pente.
- > Pour comprendre le fonctionnement d'une rivière en crue, on peut faire varier le débit.
- > Pour comprendre les effets de l'endiguement, on peut utiliser deux réglettes calées dans le sable.

Dans chaque situation, observer, dessiner, noter :

- le chemin que trace l'eau
- les endroits où le sable s'accumule
- dans quelles conditions le sable et le gravier sont transportés

Après chaque scénario, égaliser à nouveau la surface de sable

Selon le niveau des élèves, vous pouvez utiliser une fiche d'expérience avec des questions guidant le raisonnement, dessiner un schéma des expériences, extrapoler à des situations réelles les résultats constatés, etc.

## Compléments

Des observations de terrain peuvent compléter et renforcer les paramètres observés en classe.

En particulier, on peut faire des mesures de vitesse, observer et expliquer les transects dans un méandre, etc.



# Fonctionnement d'une rivière



Une sortie sur le terrain, et en particulier au bord de l'eau, demande une préparation particulière pour que les élèves et les accompagnateurs soient en sécurité. Il faut également prévoir des accompagnateurs en nombre suffisant, professeurs, parents, ou personnel de l'établissement. Se renseigner auprès du principal Pôle Formation et Sensibilisation de l'EPTB Saône Doubs et de l'Agence de sensibilisation de l'Environnement de PMA.

## Objectifs pédagogiques

- Comprendre le fonctionnement d'une rivière.
- Rechercher, observer, analyser, déduire, proposer des hypothèses.

Selon la place de la sortie dans la progression pédagogique, elle sera l'occasion de susciter des observations et des questions, ou bien de préciser certaines expériences déjà faites en classe (voir activités 1 et 2) et compléter leurs résultats.

## Matériel

- 3 décamètres
- 3 chronomètres
- 3 arrosoirs

Par élève :

- 1 fiche d'activité par atelier
- 1 planchette 22 x 32 pour la prise de notes
- 10 bâtonnets (10 cm maxi)

## Installation

La sortie peut se faire sous forme d'ateliers sur lesquels les élèves se succèdent par groupes. Chaque atelier est encadré par un adulte.

Préparer des fiches d'activité détaillées qui guideront le travail des groupes d'élèves sur les différents ateliers. Il est important que chaque élève remplisse ses fiches, individuellement ou en petits groupes.

### Atelier : formes de la rivière

Identifier et repérer un secteur de méandre comportant une berge assez accessible pour descendre au bord de l'eau.

### Atelier : vitesse de l'eau

Prévoir au moins 4 points de mesure différents : intérieur d'un méandre, extérieur d'un méandre, secteur rectiligne rapide, secteur rectiligne calme (en amont d'un seuil par exemple)

### Atelier : capacité d'infiltration des sols

Repérer différentes couvertures de sol observables.

Par exemple : un talus bien végétalisé, un autre en terre nue, un secteur de terre nue tassée ou compactée par le passage d'engins, un secteur enherbé, un endroit boisé même très restreint, etc.

## Déroulement

### Atelier : formes de la rivière

Repérer les limites des lits majeur et mineur.

Dessiner le méandre en plan et en coupe. Pour renseigner les dessins, faire observer aux élèves les traces éventuelles d'érosion ou de dépôt de matériaux, la forme du fond, la répartition des matériaux (sable, graviers, cailloux, rochers), la hauteur de l'eau en différents points, la forme et la pente des berges, la forme de leur végétation (herbacées, arbustes, arbres).

### Atelier : vitesse de l'eau

Mesurer 20 m de distance sur chaque secteur de mesure, avec un départ et une arrivée. Prendre soigneusement un repère visuel au départ et à l'arrivée.

Diviser le groupe et répartir les élèves entre les 4 points de départ (lancement des bâtonnets) et d'arrivée (chronométrage). Lancer quelques bâtonnets au point de départ et mesurer en secondes le temps qu'ils mettent à parcourir 20m. Il est probable que certains bâtonnets seront arrêtés par des obstacles, et que les autres auront des vitesses variables : seuls les temps des bâtonnets arrivés sans avoir été retenus par un obstacle seront pris en compte.

Établir la moyenne des temps obtenus.

Convertir cette moyenne-temps en vitesse (= distance / temps) exprimée en mètres/seconde.

Comparer les différentes vitesses obtenues et proposer des explications.

### Atelier : capacité d'infiltration des sols

Retrouver et photographier différentes formes de couverture du sol.

Pour chacune, tester la capacité d'infiltration / ruissellement en arrosant le sol.

Formuler une hypothèse pour expliquer les différences observées.

## Retour en classe

1. Synthétiser les observations et résultats. S'il y a des différences notables, les expliquer.
2. Imaginer et décrire ce qui se passerait en cas de pluie très intense ou très longue, et donc en cas de crue, pour tous les éléments et phénomènes observés sur le terrain. Les connaissances acquises sont ainsi appliquées immédiatement à une nouvelle question à résoudre.

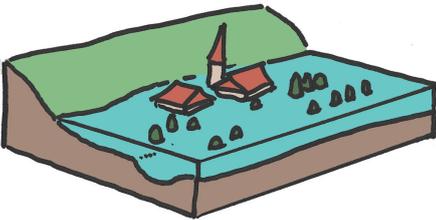
Ne pas oublier la fonte des neiges...

# crues et inondations

## Les formes d'inondations

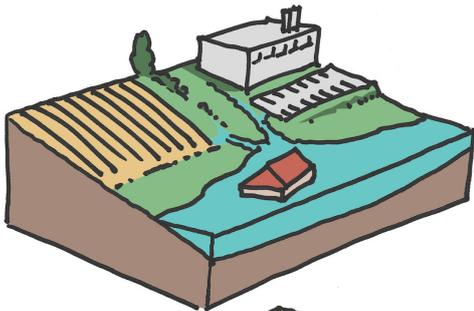
L'inondation est la submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace terrestre habituellement hors d'eau.

Elle peut avoir plusieurs origines :



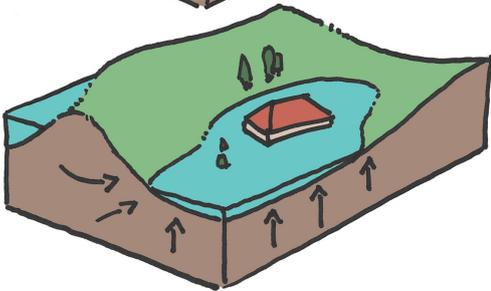
### Inondation par crue et débordement d'une rivière

Une **crue**\* fait déborder la rivière hors de son lit mineur. Cette crue peut être lente, sur de grandes rivières alimentées par de vastes bassins versants (inondations de plaine) ou courte et rapide (inondations torrentielles) sur de petits cours d'eau alimentés par un bassin versant réduit, lors d'un orage.



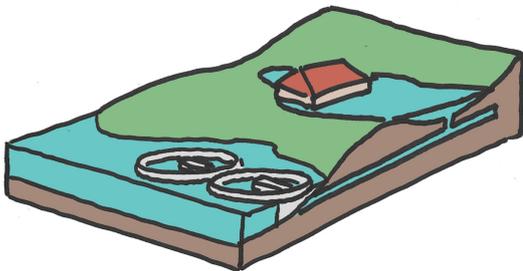
### Inondation par ruissellement (urbain - agricole)

Lors d'orages très importants sur des sols imperméables (champs labourés, sols gelés, sols urbains), les eaux de **ruissellement**\* peuvent se rassembler et provoquer des écoulements boueux en surface, avant même de rejoindre la rivière.



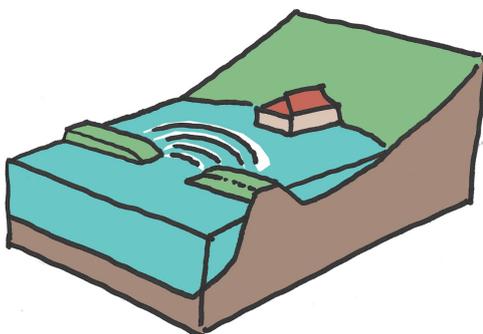
### Inondation par remontée de nappe

Les eaux infiltrées et stockées dans le sous-sol (nappes souterraines) sont en relation permanente avec les rivières. L'infiltration des eaux de pluie et la remontée soudaine du niveau de ces rivières, peuvent provoquer un remplissage et une saturation des espaces souterrains, faisant ressortir l'eau en surface au niveau des points bas.



### Inondation par remontée de réseaux

Lors d'une inondation par ruissellement ou par débordement de rivière, certains points bas peuvent être inondés par la remontée d'eau dans les réseaux habituellement destinés à leur évacuation (eaux usées ou eaux de pluie).



### Inondation par ruptures de digues ou barrages

Certains points, parfois même situés en dehors de zones naturellement inondables, peuvent être atteints par l'eau lors de rupture soudaine de barrages ou de digues. Ce genre d'événement peut aggraver la situation par rapport à une inondation naturelle, à cause des vitesses importantes d'écoulement qu'il peut occasionner.

# Le risque inondation

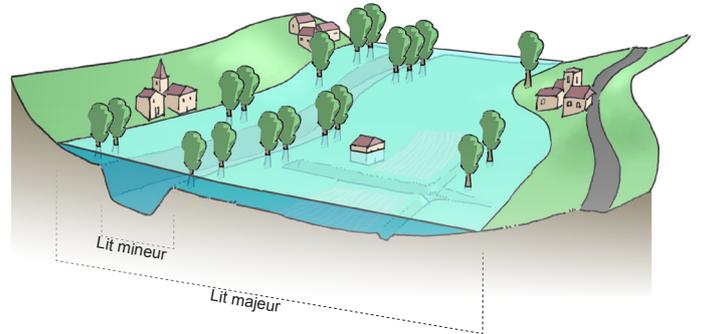
Les inondations dans le monde provoquent 20 000 morts par an en moyenne et touchent 250 000 personnes (déplacement, privation d'eau potable, etc.)

En France, elles causent 5 morts et entraînent 8 500 personnes sinistrées par an en moyenne.

## Crue ou inondation ?

L'inondation est la submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace terrestre habituellement hors d'eau. La crue d'une rivière est un phénomène naturel : un apport d'eau (par exemple un orage, ou la fonte des neiges) provoque l'augmentation du débit, et la montée du niveau des eaux.

Ceci peut se traduire par un débordement dans le lit majeur. Les crues font partie du régime d'un cours d'eau, au même titre que les étiages en période sèche.



### Lit mineur

Partie du lit de la rivière située entre les berges, occupée par les écoulements « habituels »

### Lit majeur

Espace inondable, défini par le niveau des inondations historiques, par des modèles hydrauliques, ou encore par l'observation des vallées (hydrogéomorphologie)

## Alea, enjeu, risque, vulnérabilité

**ALEA**  
± fort

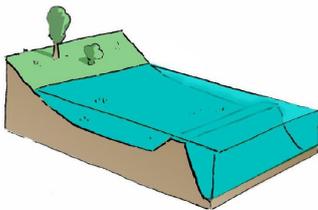
+

**ENJEU**

± vulnérable

=

**RISQUE**  
± critique



### Période de retour

La période de retour d'une crue (quinquennale, décennale, centennale) est calculée à partir de l'analyse des crues historiques, quand elles sont connues, et de la surveillance du débit des cours d'eau.

### Crue centennale

Une crue centennale est une crue qui a, chaque année, une chance sur cent de se produire.

Lorsque l'activité humaine s'exerce dans le lit majeur (habitations, cultures, activités commerciales ou industrielles, réseaux ou infrastructures de transport), l'inondation peut provoquer des dégâts.

On peut donc considérer qu'un **risque\*** provient de l'existence, dans un même lieu, de 2 éléments distincts :

- la présence d'un **alea\*** (débordement d'une rivière) naturel ou artificiel, dont la survenue est aléatoire;
- la présence d'un **enjeu\*** (activités humaines), qui est plus ou moins vulnérable et peut subir des dommages plus ou moins graves selon l'intensité de l'alea.

# Impacts des activités humaines sur les crues

Pendant les deux derniers siècles, les sociétés humaines ont fortement progressé dans leurs capacités d'aménager leur environnement. Depuis quelques années, nous prenons conscience des impacts de nos aménagements sur les milieux naturels et nous tentons de les réduire, tout en préservant certains choix de développement.

## Fonctionnement des crues en conditions «naturelles»

La végétation freine les pluies et en stocke une partie. L'eau s'infiltré donc mieux dans les sols, réduisant ainsi le ruissellement et ralentissant l'érosion des sols, particulièrement dans les terrains en pente.

La forme sinueuse du lit des rivières (méandres, lits en tresses) ralentit la crue (la pente est diminuée) et dissipe son énergie : l'eau est freinée par le frottement contre les bords et les fonds des cours d'eau.

Les milieux humides (mares, lacs, marais, tourbières) ralentissent les crues en stockant une partie de l'eau de ruissellement ou d'inondation.

## Activités et aménagements aggravant les crues

Les usages et aménagements des sociétés peuvent avoir différentes formes d'impact sur le cycle de l'eau ou sur la forme de la rivière, et donc sur les crues et inondations.

## Augmentation du ruissellement

Les aménagements peuvent augmenter le ruissellement et accélérer l'onde de crue.

## Urbanisation

- Sols imperméables : les sols bitumés des villes et des routes augmentent et accélèrent le ruissellement.
- Constructions et terrassements : les engins lourds tassent ou enlèvent les couches superficielles des sols, les terrassements modifient l'organisation des micro-écoulements, la pluie sur la terre laissée nue provoque des coulées boueuses et des glissements de terrains.



*L'Etang des Saules est un ancien méandre le long de la Savoureuse.*

## Expansion et mécanisation agricoles



*Les sols cultivés ont une capacité d'infiltration de l'eau bien inférieure aux forêts et aux pâturages. Or, au cours de l'histoire, l'expansion agricole s'est faite aux dépens de ces derniers.*



*Les sols dégradés, tassés superficiellement, infiltrent mal l'eau de pluie*



*La végétation sur les berges atténue le ruissellement en provenance des champs alentours.*

## Accélération de l'onde de crue

### Accélérer l'onde de crue aggrave la violence de la crue en aval et les risques de rupture des digues

Le développement de la navigation, les usages artisanaux et industriels de l'eau, les pratiques agricoles, l'urbanisation, ont provoqué :

- la suppression des milieux humides, étangs, mares ;
- la construction de digues et autres remblais : l'eau ne peut plus s'épandre dans les milieux humides alentours ;
- le drainage : l'eau des pluies parvient plus vite à la rivière par les canaux de drainage et les réseaux d'assainissement ;
- la chenalisation des cours d'eau et la construction de canaux pour la navigation : l'eau n'est plus freinée par la forme sinueuse de la rivière.



*Fossé de drainage*



*Rivière chenalisée ou canal*

# Caractéristiques des crues dans notre agglo



## Le régime hydrologique de nos rivières

Les crues importantes du Doubs et de l'Allan se produisent le plus généralement en hiver (de novembre à mars) lors d'épisodes pluvieux généralisés sur l'ensemble des bassins versants. Les crues locales ont deux origines : soit des pluies longues qui saturent les sols, soit des pluies liées à un redoux qui participent à la fonte du manteau neigeux. Les étiages sont souvent sévères en période estivale.

## Des crues de plaine à propagation rapide

Dans notre agglomération, les crues principales sont liées aux trois cours d'eau majeurs que sont le Doubs, l'Allan et la Savoureuse, les crues les plus importantes sont dues à la concomitance des crues de ces rivières.

Notre agglomération connaît des crues de plaine ayant une propagation assez rapide et ce pour plusieurs raisons :

- La superficie réduite de notre bassin versant (Allan + Savoureuse) et des pentes assez élevées : les eaux se concentrent rapidement en direction du Doubs.
- La proximité de reliefs conséquents (Vosges et Jura karstique) qui apportent un caractère plus montagnard à nos cours d'eau par rapport à un fleuve de plaine comme la Seine par exemple.



Avant et pendant la crue de la Savoureuse à Vieux Charmont  
Mars 2006



Bart, 10 mars 2006



En règle générale, une crue passe en 48 heures sur notre agglomération ; les crues les plus lentes se produisent sur le Doubs.

# La Savoureuse, une rivière capricieuse

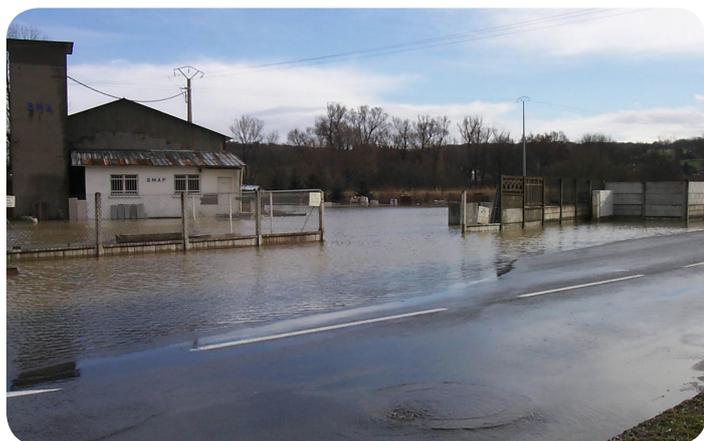
Le relief et la pluviométrie donnent à la Savoureuse les caractères d'un **torrent\*** jusqu'à Belfort.

Le débit instantané peut varier de pratiquement zéro jusqu'à 209 m<sup>3</sup>/s à Belfort, comme lors de la crue du 15 février 1990 provoquant des dégâts considérables notamment dans les usines Peugeot à Sochaux.

Les versants qui s'appuient sur le massif des Vosges sont particulièrement bien arrosés. La pluviométrie annuelle est comprise entre 1 000 mm à Montbéliard et 2 400 mm sur les

crêtes (moyenne française : 900 mm).

En outre, le bassin versant de la Savoureuse est régulièrement enneigé dès que l'altitude augmente, ce paramètre peut avoir une importance considérable : il peut arriver qu'une montée des eaux se déclenche sans précipitation car, en hiver, il suffit d'un fort radoucissement pour faire fondre le manteau neigeux. Si le redoux s'accompagne de fortes pluies, une crue peut se produire en quelques heures, suivie d'une décrue presque aussi rapide dès que les intempéries diminuent d'intensité.



*Allenjoie, 22 février 1999.*

*L'inondation par l'Allan se complique : au premier plan, une plaque d'égout déborde par refoulement de la rivière dans le réseau d'assainissement.*



*Montbéliard, 10 mars 2006.*

*L'Allan déborde sur le stade au Près-la-Rose ; l'immeuble a été construit sur un remblai en prévision des crues.*



*Montbéliard, 22 février 1999.*

*Route (sur la gauche) en amont de Courcelles ; l'Allan est en limite de débordement.*

## Ressources

### Guide du MEDAD : Dossier d'information « les inondations »

[http://www.prim.net/professionnel/documentation/dossiers\\_info/nat/low/inondation.pdf](http://www.prim.net/professionnel/documentation/dossiers_info/nat/low/inondation.pdf)

<http://www.prim.net/> et notamment

[http://www.prim.net/citoyen/definition\\_risque\\_majeur/dossier\\_risque\\_inondation/pageintroduction.htm](http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/dossier_risque_inondation/pageintroduction.htm)

### Rapport du PPRI Doubs Allan :

[http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri\\_Doubs\\_Allan\\_note\\_presentation\\_cle55b1a2.pdf](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri_Doubs_Allan_note_presentation_cle55b1a2.pdf)

<http://www.franche-comte.ecologie.gouv.fr/spip.php?rubrique79>



# Notre agglo face aux inondations

## Une ville à la confluence de trois cours d'eau

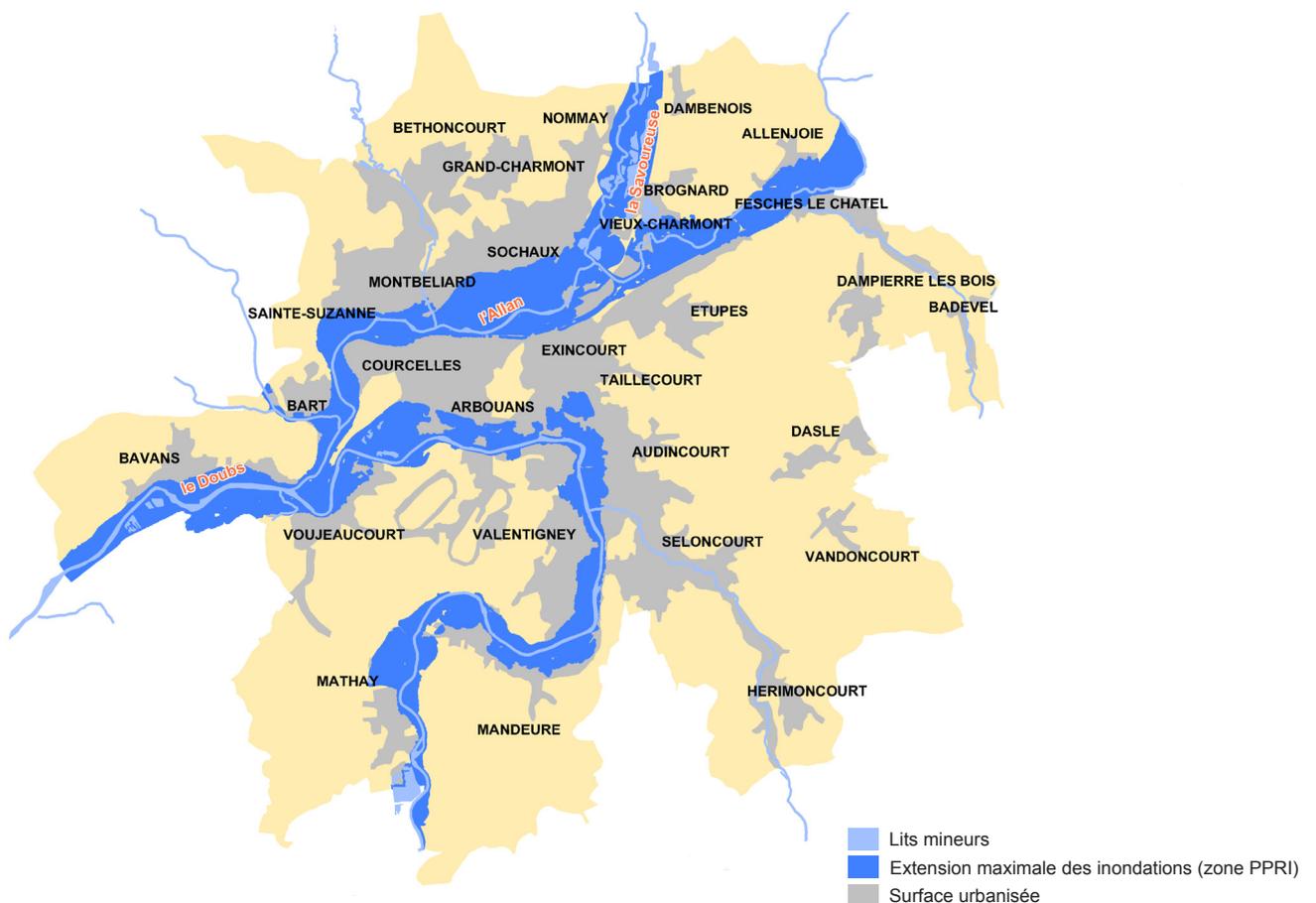
La ville de Montbéliard est au centre d'une agglomération très éclatée. Elle a été construite à proximité de rivières et de canaux pour alimenter les moulins en eau. De ce fait, la vulnérabilité de la ville, liée aux enjeux installés à proximité de la rivière (activités économiques et habitations), a toujours été importante. Au cours des siècles, elle a connu de nombreuses inondations.

En 1910, une inondation exceptionnelle, considérée comme

**centennale\***, provoque des dégâts très lourds (5,62 m à Voujeaucourt quand la **côte d'alerte\*** est à 3,60 m).

L'agglomération met en place un premier document de prévention des inondations : un plan des surfaces submersibles. Mais les crues suivantes sont nettement moins importantes (voir le graphique des crues page 23), les habitants deviennent moins vigilants tandis que l'agglomération grossit.

## Les zones inondables dans le Pays de Montbéliard Agglomération



# Une ville à la confluence de trois cours d'eau

La vulnérabilité a considérablement augmenté dans les quarante dernières années. La croissance de l'urbanisation s'est traduite par une variation de l'aléa sur nos rivières (causée par les aménagements et difficile à mesurer, voir thème n°6) et par l'augmentation des enjeux dans le lit majeur : les grands ensembles collectifs, l'habitat pavillonnaire et les grandes emprises industrielles ont colonisé tous les terrains, y compris dans des zones connues pour être inondables.

Plusieurs zones de notre agglomération sont particulièrement vulnérables au risque d'inondation. Par exemple :

## Fesches-le-Châtel

Ce bourg en amont de l'agglomération est régulièrement inondé par la Feschotte. Des aménagements (élargissement du lit de la rivière dans la traversée du bourg et zone de rétention des eaux en amont) ont été réalisés afin de réduire la fréquence des débordements.

## Le site des usines Peugeot à Sochaux

Ce secteur peut être inondé par l'Allan mais également par la Savoureuse qui emprunte, dans certaines conditions, son ancien cours à travers l'usine. Le site est correctement protégé pour les crues modérées et son inondation reste exceptionnelle. La vulnérabilité d'un tel site tient surtout de l'importance économique de Peugeot pour la région toute entière.

## La basse vallée de l'Allan

(communes de Bart, Courcelles-lès-Montbéliard, Sainte Suzanne et Voujeaucourt)

Ce secteur connaît des inondations récurrentes aggravé par l'endiguement progressif des rivières depuis le 19<sup>ème</sup> siècle et de l'augmentation des surfaces imperméables.

D'importants travaux de protection ont été réalisés entre 2009 et 2011.

## Le quartier des Blancheries à Montbéliard

Ce secteur est bordé par l'Allan. Il est inondable avec un aléa fort sur sa plus grande partie. Le site est occupé principalement par des habitations, des entrepôts et des serres. Un projet de restructuration du quartier en intégrant le risque d'inondation est en cours de réalisation.



Bart, un appartement dévasté  
9 mars 2006



Montbéliard - 15 février 1990



Bart, 9 mars 2006

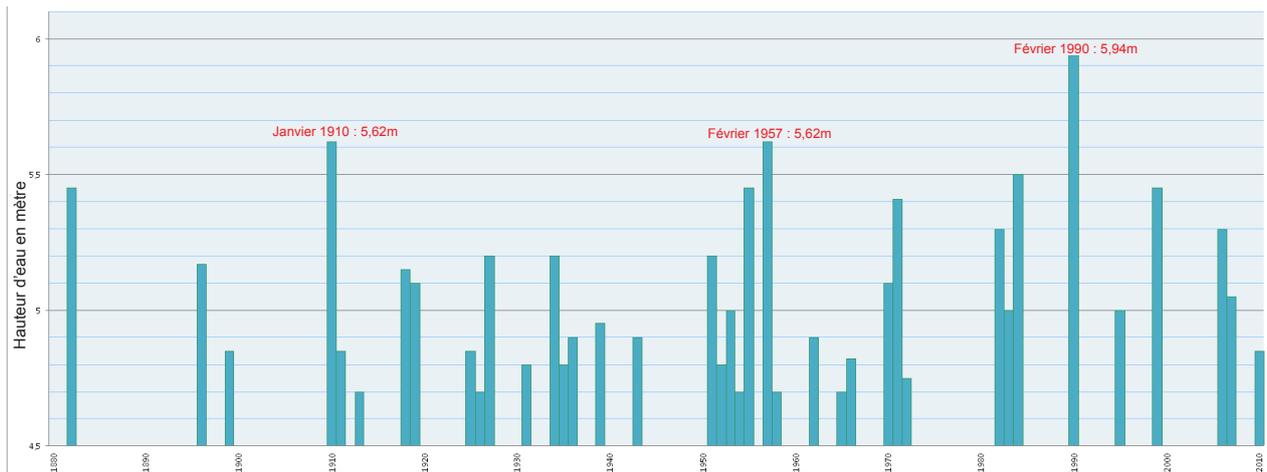
L'endiguement au plus près de la rivière a longtemps été la solution choisie pour protéger les zones densément urbanisées. Ce faisant, on ne laissait que peu d'espace de liberté à la rivière pour les périodes de crue. Aujourd'hui, on essaie de tenir compte des crues dans les aménagements :

- en créant des zones d'expansion de crues en amont de l'agglomération,
- en construisant les endiguements, quand c'est possible, au plus près des bâtiments.

La gestion du risque inondation sur l'agglomération est complexe, mais elle doit toujours se faire en tenant compte des autres enjeux, tout aussi importants, qui existent à l'aval.

# Principales inondations depuis 1882

Les 42 plus fortes crues à Voujeaucourt entre 1882 et 2010



Ces inondations ont été relevées à la station de Voujeaucourt, seule station du territoire pour laquelle on ait des relevés avant 1983. Pendant la période, on a relevé 195 crues dépassant la **côte d'alerte\*** (3,60 m). Les 42 plus fortes crues ont dépassé 4,70 m.

## Côte d'alerte

Elle est définie localement selon des critères variables. Habituellement, elle correspond à la 1<sup>ère</sup> habitation touchée par les eaux.

## Crues relevées à la station du Vieux Charmont sur la Savoureuse

Pour mesurer l'intensité d'une crue, on prend comme référence les **débits\*** plutôt que les hauteurs d'eau.

**Crue quinquennale\*** : 100 m<sup>3</sup>/s

**Crue decennale\*** : 110 m<sup>3</sup>/s

Pour mieux comprendre le rôle de l'urbanisation, des aménagements et des activités humaines sur les inondations, voir deux autres fiches : « Impact des activités humaines sur les crues » (page 29) et « Les aménagements actuels » (page 37) .

Date	Débit (m <sup>3</sup> /s)
15 février 1990	146,0
22 décembre 1991	98,2
20 décembre 1993	82,9
26 janvier 1995	111,0
19 décembre 1999	87,7
22 décembre 1999	95,5
30 décembre 2001	102,0
14 janvier 2004	105,0
9 mars 2006	95,9

*Débits relevés à la station de La Savoureuse de Vieux Charmont*

## Ressources

Requalification du quartier des Blancheries à Montbéliard :

<http://www.prim.net/professionnel/documentation/ppr2006/monographie/montbeliard.pdf>

Cartographies Aléa Enjeux du PPRI Doubs Allan :

[http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=59](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=59)

Rapport des PPRI Savoureuse et Doubs Allan :

[http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri\\_Doubs\\_Allan\\_note\\_presentation\\_cle55b1a2.pdf](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri_Doubs_Allan_note_presentation_cle55b1a2.pdf)

Données hydrométriques en temps réel du bassin RMC :

<http://www.rdbmrc.com/hydroreel2//index.html>

DIREN Franche-Comté : risques naturels

<http://www.franche-comte.ecologie.gouv.fr/spip.php?rubrique79>





Les aménagements réalisés dans le Pays de Montbéliard pour utiliser l'eau ont eu un impact sur le cours des rivières du Doubs, de l'Allan et de La Savoureuse, particulièrement depuis 1950.

## Les aménagements historiques : des rivières peu à peu chenalisées et endiguées

### Usages et aménagements historiques des rivières

L'eau et l'énergie des rivières ont été utilisées dans de nombreuses activités agricoles et artisanales, puis industrielles. Ces usages de l'eau ont été une des causes du développement des villes installées au bord des cours d'eau.

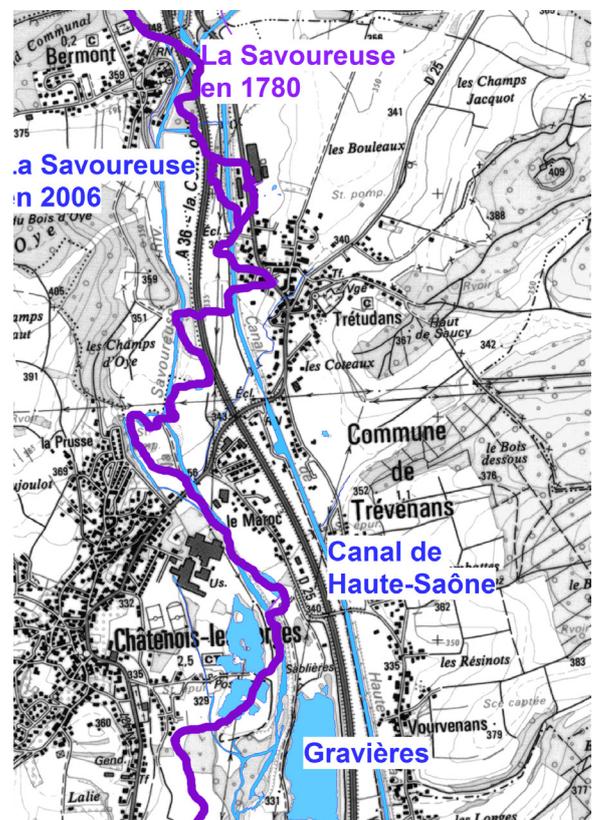
La construction des canaux de 1811 à 1926, les installations hydrauliques au fil de l'eau, la chenalisation de la Savoureuse et enfin l'aménagement de l'autoroute en 1972, ont radicalement transformé le lit et les conditions d'écoulement de cette rivière, ce qui a eu un impact important sur les crues à Montbéliard, situé en aval (voir carte ci-contre).

En Franche-Comté, le développement artisanal et industriel, dense et ancien, a été très tôt un grand utilisateur de l'eau comme force motrice : moulins hydrauliques pour de nombreux métiers dont les scieries, forges, tissages, filatures, fermes-ateliers... Ces installations nécessitent des petits canaux de dérivation, des **seuils\*** dans le lit mineur, des remblais, etc.

La population étant dense, grâce aux industries développées, la plus grande partie des terres disponibles a été mise en culture dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle. Les céréales, dominantes au XVIII<sup>ème</sup> siècle, ont cédé progressivement la place aux pâturages. Les aménagements d'irrigation, de drainage, les seuils, les remblais d'endiguement ou les rectifications étaient déjà nombreux.

Au XX<sup>ème</sup> siècle, et plus fortement à partir des années 50, deux évolutions majeures transforment l'agriculture : la moyenne montagne est peu à peu délaissée (au profit du reboisement), pendant que les exploitations des piémonts et plaines se mécanisent progressivement et réduisent leur main-d'œuvre.

Faute de bras, les agriculteurs ne peuvent plus entretenir les réseaux d'irrigation et abandonnent l'entretien des ouvrages en lit mineur.



La Savoureuse en amont de Montbéliard

Dans les villes, l'électricité remplace l'eau comme force motrice dans les industries et les artisans : les chutes, vannes, canaux de dérivation et ouvrages d'alimentation sont abandonnés. A titre d'exemple, la société Peugeot, installée à Sochaux depuis le début du siècle, utilisait des forges hydrauliques. Aujourd'hui, l'eau sert seulement dans les circuits de refroidissement.

Contrairement à d'autres bassins versants montagneux (Vosges et Alpes), peu d'installations hydroélectriques ont été aménagées. Par contre, le canal du Rhône au Rhin et celui de la Haute-Saône ont été construits entre 1811 et 1930, modifiant radicalement les conditions d'écoulement.

## L'autoroute et l'urbanisation

Dans les années 1970, l'aménagement majeur a été celui de l'autoroute A36, tout au long de la vallée de la Savoureuse. Outre les bouleversements des écoulements provoqués par les travaux de terrassement et de construction, plusieurs dizaines d'hectares de zones inondables ont été perdus. En plusieurs endroits, le lit a été recalibré et les méandres coupés.

Par ailleurs, entre 1950 et 2000, la surface de sols imperméables, conséquence de l'urbanisation, a été multipliée par 3 à 3,5 (moyenne) sur le bassin versant Doubs Allan-Savoireuse et par 5 à 8 dans certaines communes de l'agglomération de Montbéliard.

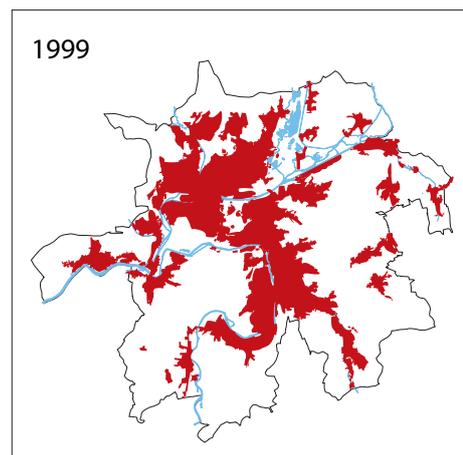
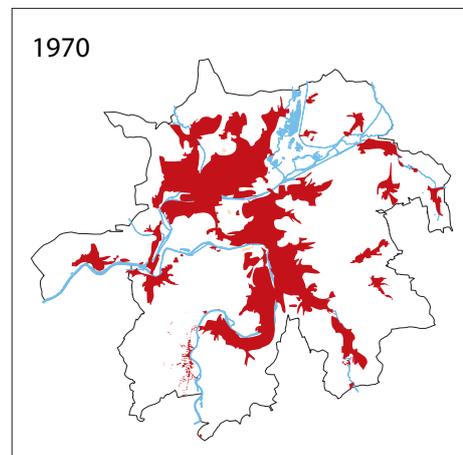
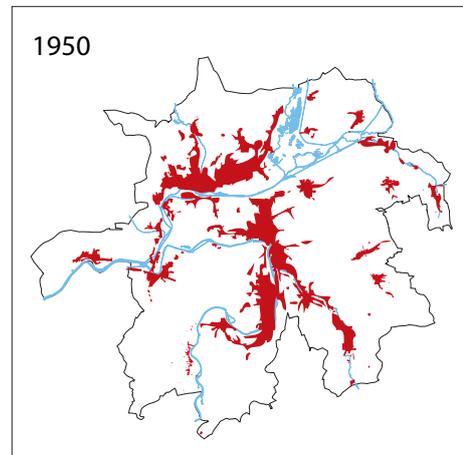
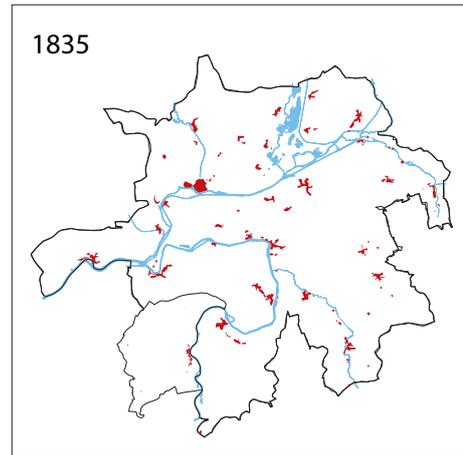
## Conséquence des aménagements : un impact important sur les crues

Les différents usages ont donc donné lieu à de nombreux aménagements : suppressions de méandres, rectifications, déplacements du lit mineur, constructions de **seuils\***, berges enrochées, digues, modifications du profil en **travers\***, modifications des débits.

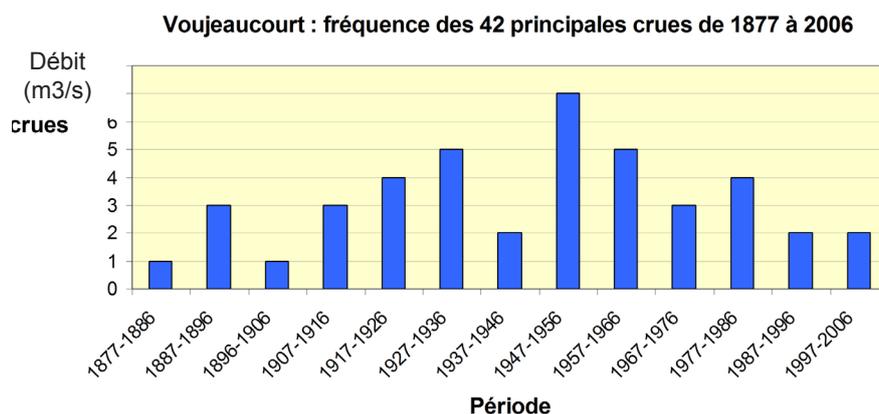
Les aménagements ont accentué l'accélération des écoulements, donc la vitesse de propagation des crues et leur intensité en aval dans les communes autour de Montbéliard :

- L'extension urbaine comporte de nombreuses surfaces peu perméables (sols peu végétalisés) et imperméables, ce qui augmente le ruissellement ;
  1. les constructions (toit, création de parking...)
  2. l'extension des voiries associées (bitume)
- L'autoroute joue un rôle de digue pour la Savoureuse : elle empêche désormais que les crues soient freinées par expansion\* dans le lit majeur, afin de protéger les nombreuses constructions installées entretemps.
- Localement, les crues peuvent être compliquées par refoulement dans le réseau pluvial.

## Evolution des surfaces imperméables dans le périmètre du PMA entre 1835 et 1999



## Voujeaucourt : fréquence des 42 principales crues de 1877 à 2006



*Les 42 principales crues ont été regroupées en période de 10 ans : on observe une grande variabilité de la fréquence des grandes crues, mais ce tableau ne montre pas une augmentation particulière ces 30 dernières années.*

Les aménagements des quarante dernières années ont très probablement eu un impact sur les crues, mais il est impossible de le prouver localement, faute de mesures suffisantes sur les 3 derniers siècles.  
(voir graphique)

Cependant, la principale cause d'aggravation du risque inondation reste l'augmentation des enjeux dans les lits majeurs en amont de Montbéliard.

## Ressources

Amoros - Petts, « Hydrosystèmes fluviaux », 1993

Bergeron L. - 1984, « «Le cœur de la vallée, c'est son moulin...» Les moteurs hydrauliques et leurs applications industrielles en France (XVIIIe-XXe siècle) », Terrain, n° 2, pp. 18-22.

Cemagref -Guide ralentissement dynamique, 2005, « Aménagements pour le ralentissement dynamique des crues du bassin de la Savoureuse : enseignements d'un des premiers projets réalisés »

Hydratec - 1994, Etude hydraulique sur la propagation des crues de la Savoureuse et de ses affluents, analyse occupation du BV 1994

Pöyry - BHI, 2007, étude hydrologique et hydraulique du BV Savoureuse et étude des aléa pour la révision des PPRI, rapport phase A.

[www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiques/RisquesLiesEau/Enjeu.htm](http://www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiques/RisquesLiesEau/Enjeu.htm)

[www.arehn.asso.fr/dossiers/inondation/definition.php](http://www.arehn.asso.fr/dossiers/inondation/definition.php)

[fr.wikipedia.org/wiki/Inondation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Inondation)

[www.prim.net/education/espace\\_education.html](http://www.prim.net/education/espace_education.html)

[www.allaine.info/](http://www.allaine.info/) : site du Contrat de rivière Allaine (Nom de l'Allan en amont de Montbéliard)





# De la carte au terrain

Reporter sur le terrain les informations repérées sur une carte : identifier sur le terrain les zones inondables ou les inondations passées, à partir des points cotés des cartes de zones inondables.

## Objectifs pédagogiques

Lecture de carte d'alea : comprendre l'adéquation entre les indications spatiales portées sur la carte (2 dimensions), et la réalité (3 dimensions).

Accentuer la prise de conscience du risque chez les élèves pour susciter leur réflexion sur les moyens de mieux prévenir ce risque ou de limiter les conséquences d'une inondation.

## Matériel

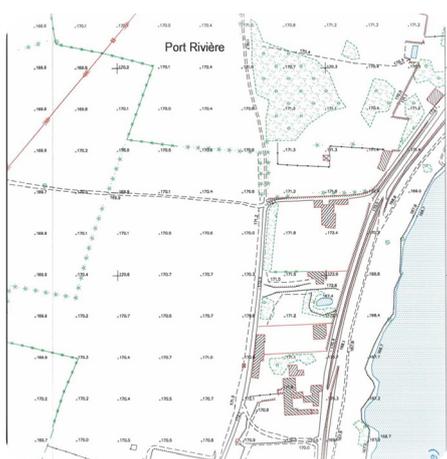
1. Carte des zones inondables (Atlas des Zones Inondables ou Plan de Prévention des Risques) comportant des indications sur le niveau de l'eau ou des laisses de crues (altitude en mètres NGF).
2. Plan d'un secteur, comportant des points cotés dont l'altitude est connue (plan photogrammétrique ou de géomètre) ou fiches des repères de nivellement de l'IGN à proximité de ce secteur (bornes dont l'altitude est connue sur [www.ign.fr](http://www.ign.fr))
3. Lunette ou « niveau de chantier »
4. Documents informatiques (recherches Internet) ou cartes papier selon matériel disponible et objectifs pédagogiques de l'enseignant

## Installation

### En classe

Lire et comparer la carte des zones inondables, hauteurs d'eau et altitude des laisses de crue ayant servi à sa réalisation (ou niveaux de l'eau sur les profils de calcul) et avec la carte du terrain :

- identifier des points du plan dont l'altitude est connue et des points remarquables du bâti.
- identifier un lieu intéressant à observer, situé en zone inondable, aussi proche du collège que possible et possédant un ou plusieurs points d'altitude connue (ou un repère de nivellement) à proximité immédiate, ainsi qu'un édifice (si possible public).



Carte comportant des points cotés dont l'altitude est connue



Repère de nivellement de l'IGN

Municipalité	S.F.M3 - 51	Altitude d'origine	313,211 m
Type	33 REPERE CYLINDRIQUE D'UN NIVELLEMENT GENERAL	Année de fabrication	1986
Coordonnées de repère			
Système RGF93 - Ellipsoïde	IGF GR50 - Méridien origine (Océan)		
Longitude	4° 40' 18,4" E	Latitude	47° 29' 36,8" N
Quasi-ellipsoïde	Projection LAURENT	U (m)	6716,95
E (m)	58,58	V (m)	
Système NTF - Projection LAMBERT		X (m)	296,24
Y (m)	6540	Z (m)	
Département : DOUBS			
Commune : BARE			
Fonction : MONTLEARD			
Date active : D.461			
Désignation : MARTEAU VERTICALEMENT			
Distance : 0,19 km de repère S.F.M3 - 50			
Localisation : PLACE DE LA MARIE			
Support : MARTEAU DE BARE			
Reperage : MET. PIGNON OUEST, FACE ROUTE			
Reperage : 16 22 SUR UN CANTONNIERE 918			
A 0,20 M AU-DESSUS DE SOL			
Photographie			
Repère vu en place en 2005			

Fiche de repère de nivellement

Préparer ces « marques » (pochoir semblable à l'arrêté du 16-03-06).

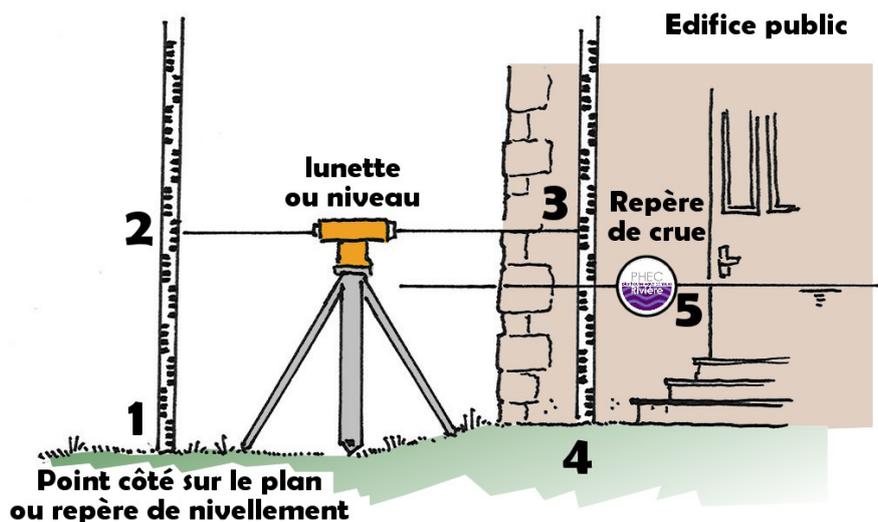
Avec l'accord des autorités compétentes (maire ?) on peut prévoir des marques plus pérennes afin de participer à la culture du risque inondation chez les habitants du quartier (pose de plaques en lave émaillée ou en métal par la mairie).



Modèle de l'arrêté du 16.03.2006

## Sur le terrain

Sur le lieu choisi, chaque groupe repère un point sur la carte dont l'altitude au sol est connue (par rapport au niveau de la mer – niveau exprimé en mètres NGF) ou un repère de nivellement de l'IGN. Chaque groupe repère ensuite le bâtiment ou le support accessible situé à proximité, si possible sur le domaine public (appartenant à la mairie).



A l'aide d'un niveau ou d'une lunette de chantier placé entre ces deux éléments, et d'une mire, on part du point côté ou du repère de nivellement dont on connaît l'altitude exacte (1) et on calcule l'altitude de la lunette (2 et 3), puis le niveau du sol au pied du bâtiment (4). Enfin, on reporte la cote de l'eau (d'après la carte de la zone inondable) à partir du pied du mur. On marque provisoirement ou plus durablement ce dernier point (5).

Pour ces opérations, on peut prévoir des groupes de 3 :

- 1 à la visée,
- 1 à la mire,
- 1 qui supervise, trace le schéma et réalise les calculs de niveaux.

Il peut être intéressant de confronter le niveau ainsi obtenu aux témoignages, aux photos, ou au niveau calculé d'après un autre point. Discussion sur la précision des levés et des appareils.

## Ressources

Atlas des zones inondables ou PPR du Doubs

Arrêté du 16 mars 2006 avec ses annexes

Site de l'IGN : <http://www.ign.fr>

Page sur les systèmes d'altitudes et le nivellement : [http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=1744](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=1744)

Mode opératoire du nivellement géométrique à la lunette :

[http://www.ign.fr/telechargement/education/fiches/relief/Modes\\_operatoires.pdf](http://www.ign.fr/telechargement/education/fiches/relief/Modes_operatoires.pdf)

Fiches des repères de nivellement de l'IGN (géodésie) : <http://geodesie.ign.fr/fiches/Fiches.htm>  
ou sur demande à l'EPTB Saône et Doubs



# Le risque inondation chez les particuliers

## Objectifs pédagogiques

- S'initier aux méthodes d'enquête
- Organiser une recherche et recueillir des informations
- Appliquer à une situation de terrain les connaissances acquises sur le risque inondation
- S'initier aux méthodes statistiques de traitement d'enquête

## Déroulement

### Préparer l'enquête

#### En classe

- Définir ensemble ce que l'on veut connaître.
- Définir la « cible » du questionnaire (les personnes et groupes à qui il s'adresse).
- Identifier précisément leur nom, fonction éventuelle, modalités de contact
- Rédiger le questionnaire à partir d'un exemple (Plan Loire, Ricochet).
- Prévoir dans le questionnaire une place pour une ou deux questions ouvertes et pour des observations diverses.

#### En binôme

- Tester le questionnaire : en classe, auprès de proches, pour vérifier qu'on obtient des réponses précises.

### Traiter l'enquête

- Traiter le questionnaire en cours de mathématiques.
- Synthétiser et présenter les résultats.

## Matériel

Selon la forme d'administration du questionnaire, on peut utiliser un magnétophone, une caméra, etc...

## Compléments

Autres sujets d'enquête complémentaire :

- Point de vue de différents professionnels sur la gestion du risque inondation
- Point de vue d'un scientifique
- Point de vue d'un élu
- Point de vue d'une association (thématique ou habitants)
- Entretien avec un technicien sur les aménagements existants et leurs rôles.

## Ressources

2 exemples d'enquêtes réalisées sur le même sujet (disponibles sur le site de l'EPTB) :

- Lycée agricole des Fondettes - Berthenay, sur la Loire
- Questionnaire d'enquête DICRIM

# Exemples de questions pour construire votre questionnaire

## Informations sur la personne interrogée

- Homme ou Femme
- Ecolier / Lycéen / Etudiant / Actif (ou conjoint) / Retraité
- Depuis combien de temps habitez-vous la ville ou l'agglomération ?

(Les personnes interrogées doivent habiter le quartier)

## Questions générales sur la ville

- Pensez-vous que votre ville puisse être inondée ? Si oui, comment l'avez-vous appris ?
- Savez-vous si des inondations ont déjà eu lieu dans le passé ? Si oui, pouvez-vous les dater ?

## Questions spécifiques sur le quartier

- Savez-vous si vous habitez une rue qui peut être inondée ?
- Vous rappelez-vous avoir reçu une information à ce sujet ?
- Si oui, par qui ?
  
- Pensez-vous que les autorités ont prévu les dispositions nécessaires en cas de danger (alerte, évacuation..) ?
- Pensez-vous être mieux protégé aujourd'hui qu'hier ?
  
- Pour vous, vous diriez que ce risque peut être : très grave ? assez grave ? pas grave ?
- Y pensez-vous souvent ?
- Cela vous inquiète-t'il ?
  
- Connaissez-vous des moyens de vous en protéger ?
- Lesquels choisiriez-vous ?
  - déménager
  - aménager la maison ou le sous-sol
  - demander l'aménagement de digues et de protections
  
- Habitez-vous une maison ?
- Si oui, avez-vous déjà pris des mesures de protection ? Lesquelles ?
- Souhaiteriez-vous recevoir plus d'informations sur ce sujet ?

# Protection des biens et des personnes

4

$e=mc^2$

## Contexte réglementaire

Jusqu'à dans les années 80, la protection contre les inondations se faisait principalement afin de gagner des terres agricoles. L'urbanisation grandissante des années 70 et 80 gagna progressivement des zones inondables.



### 1992 : loi sur l'eau

On commence à prendre en compte la préservation des milieux naturels et l'approche par bassin versant de la gestion de l'eau.

### 1995 : Plan Prévention des Risques

Pour enrayer le développement de l'urbanisation en zone inondable, la prévention réglementaire est initiée par les PPR.

### 2003 : loi Bachelot

Elle donne à la gestion du risque d'inondation de nouveaux outils : des programmes d'action de prévention, une amélioration de la prévision (SPC) ou une aide communale à la gestion de crise (PCS).

### 2007 : directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

Elle influence la stratégie de prévention des inondations en Europe, en imposant la production de plans de gestion des risques d'inondations.

## Gestion des inondations : nouvelles méthodes

De nouveaux concepts prennent de l'importance dans l'esprit des décideurs :

- 1- restaurer les champs d'expansion des crues, c'est-à-dire laisser l'eau se répandre là où elle ne fait pas de dégâts, afin de ralentir les crues en aval.
- 2- réduire la vulnérabilité des enjeux.
- 3- développer la culture du risque (repères de crues) et l'information préventive.
- 4- maintenir une protection lorsque celle-ci est nécessaire.





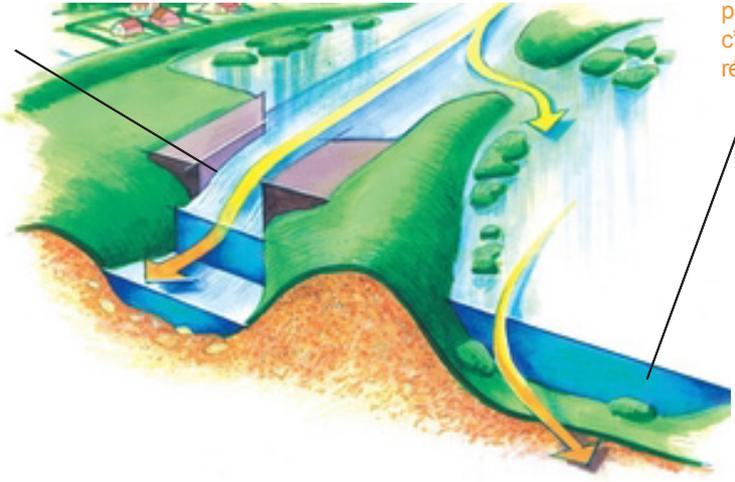
# Protection des biens et des personnes

Dans le cadre de l'évolution actuelle des politiques publiques de gestion des inondations (voir encart page suivante), Pays de Montbéliard Agglomération a engagé la réalisation d'aménagements destinés à atténuer l'impact des crues. Ces réalisations font partie d'un programme global de gestion des crues sur le bassin de la Savoureuse et de l'Allan.

## Des bassins de stockage en amont des agglomérations

A la suite de la crue de février 1990, de nombreux travaux d'aménagement ont été réalisés, les plus importants étant les systèmes de bassins de stockage sur la Savoureuse.

Un ouvrage limite la capacité de passage de l'eau et protège l'aval.

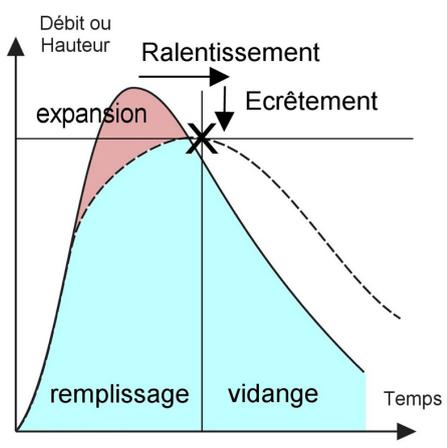


Afin de limiter l'impact des crues, on peut stocker l'eau temporairement : c'est le principe des bassins de rétention.

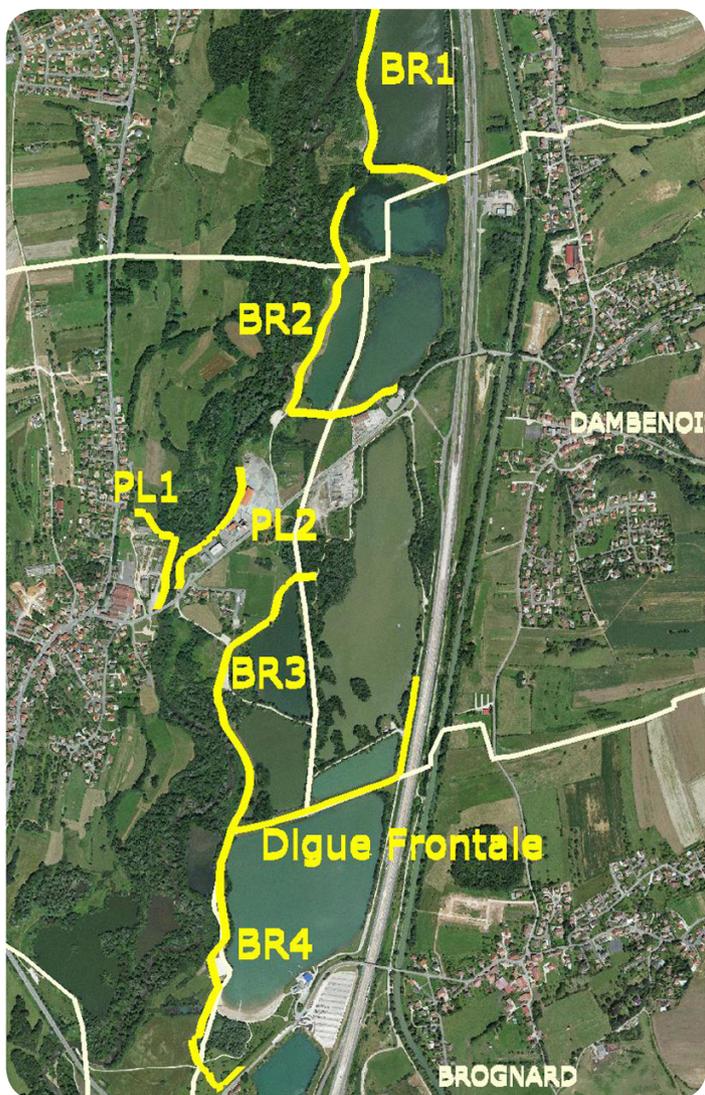
Schéma de principe d'un bassin de stockage et son action sur l'hydrogramme de crue : le bassin atténue et retarde le pic de crue.

Le bassin de stockage permet de stocker momentanément une partie de l'eau de la rivière en crue afin de limiter les inondations en aval. Ces bassins peuvent être, soit en série (série de barrages barrant directement le cours d'eau), soit en dérivation (on dérive de l'eau vers des zones annexes à la rivière avant de la renvoyer progressivement dans son lit habituel).

Sur notre bassin versant, tous les bassins de stockage sont de cette seconde catégorie. Le principe est le suivant : grâce à un ouvrage qui limite le passage de l'eau dans le lit mineur de la rivière, une partie du débit est dirigée vers une série de bassins en cascade, communiquant entre eux par des déversoirs.



Le volume prélevé puis stocké est restitué progressivement à la rivière après la crue. Comme sur les autres digues, des déversoirs de sécurité sont installés afin d'éviter la rupture des digues en permettant un retour direct vers la rivière au-delà d'un certain débit.



*Le système de bassins de rétention en amont de Montbéliard sur la Savoureuse*

## Une logique de bassin versant

Montbéliard est protégé par un système de bassins de rétention réparti sur l'ensemble du cours de la Savoureuse et de ses affluents.

Il est important qu'une logique de bassin versant soit respectée dans le plan général des aménagements. Ainsi la protection du Pays de Montbéliard est un objectif pour les retenues de la haute vallée autant que pour ceux de la basse vallée.

## Où sont les bassins de stockage qui protègent l'agglomération

8 bassins dans le Territoire de Belfort :  
 - 5 bassins se trouvent sur la Savoureuse  
 - 3 bassins sur la Rosemontoise.

Ces trois derniers bassins ont subi d'importants dommages lors de la crue de décembre 2001. Ils ont été remis en service pour l'hiver 2009-2010.

Ces 8 bassins peuvent stocker 1,7 millions de m<sup>3</sup> d'eau et représentent une surface nouvellement inondée de 77 ha. En effet, ils sont tous construits hors de la zone inondable.

En cas de crue centennale, ils permettent, en dérivant un débit de 20 m<sup>3</sup>/s, d'abaisser le niveau de l'eau d'environ 20 à 30 cm dans l'agglomération belfortaine et dans une moindre mesure à Montbéliard .

En dehors des périodes de crues, ces bassins sont vides : il s'agit simplement de hautes digues qui ceinturent des zones de prairie ou de forêt.

## 4 bassins sur la basse Savoureuse

Le système de protection de la Savoureuse en amont de Montbéliard comporte 4 grands bassins en cascade. Certains d'entre eux sont décomposés en petits sous-bassins. Ils sont situés en rive gauche de la Savoureuse, dans la zone des anciennes gravières transformées en étangs de loisirs (base nautique de Brognard). Contrairement aux bassins situés en amont de Belfort, ceux de Montbéliard sont en eau toute l'année. Des digues permettent de rajouter 1 à 2 m d'eau selon les bassins, soit 1,5 millions de m<sup>3</sup> d'eau sur 74 ha. Pour une crue centennale, ils permettent, en dérivant un débit de 30 m<sup>3</sup>/s, d'abaisser le niveau de l'eau dans l'agglomération de Montbéliard d'environ 30 cm.



*Vue aérienne de l'extrémité sud du système de bassins de rétention en amont de Montbéliard sur la Savoureuse : la base nautique de Brognard*

## 1 bassin sur l'Allan

Afin de compenser les remblaiements faits dans le lit majeur pour l'aménagement de la zone d'activité de Technoland, on a réalisé un bassin d'une capacité de 410m<sup>3</sup>, identique au volume perdu. Pour vider progressivement ce bassin dans l'Allan après la crue, un déversoir classique était impossible en raison de la configuration du terrain. Un procédé expérimental de « digue fusible » a été mis en place avec des éléments autonomes qui basculent les uns après les autres (pour éviter l'effet de vague) selon le niveau d'eau dans le bassin.



*La digue fusible sur le bassin de l'Allan :  
une première européenne*



*Submersion du chantier le 09 oct 2007 au droit de la digue fusible en construction*

## Ont-ils déjà fonctionné ?

Les bassins d'écrêtement des crues de la Savoureuse en amont de Montbéliard sont opérationnels depuis août 2000. Ils n'ont, jusqu'ici, jamais fonctionné puisqu'aucune crue n'a atteint le débit minimum de 130 m<sup>3</sup>/s, correspondant à la crue trentennale, qui marque le début de remplissage des ouvrages.

A la suite des importants dommages subis par les bassins du Territoire de Belfort lors de la crue de décembre 2001, les bassins de Montbéliard ont été renforcés et améliorés.

## Politique qualité ISO 9001 / Maintenance des Ouvrages de Protection contre les Inondations

Pays de Montbéliard Agglomération a depuis 1976 la compétence de lutte contre les crues.

Dans ce cadre, elle a été amenée à réaliser et à entretenir des ouvrages destinés à réduire l'aléa inondation afin de protéger les personnes et les biens en période de crue.

Aussi la certification *ISO 9001 Maintenance des ouvrages de protection contre les inondations*, obtenue en décembre 2007, a été renouvelée en décembre 2009 suite à l'audit réalisé par ECOPASS.

## Programme de protection contre les inondations

### De la Feschotte sur les communes de Badevel, Dampierre-les-Bois et Fesches-le-Chatel

Sujette à de fréquentes inondations, la vallée de la Feschotte a fait l'objet d'un important programme d'aménagements de protection contre les inondations débuté en mai 2008 et achevé en juin 2009.

La vallée de la Feschotte a fait l'objet d'un important programme de travaux de protection contre les inondations au cours des années 2008 et 2009.

L'objectif essentiel de l'opération a été de diminuer la fréquence des inondations préjudiciables dans les communes traversées par la Feschotte. Les aménagements réalisés sont les suivants :

- La restauration de la capacité d'écoulement du lit de la Feschotte dans la traversée de Fesches-le-Châtel,
- La mise au gabarit pour une crue supérieure à la crue décennale des ponts et des passerelles franchissant la Feschotte sur le linéaire requalifié,
- La réalisation d'une retenue sèche en amont à Dampierre-les-Bois permettant de stocker les volumes soustraits aux inondations dans Fesches-le-Châtel dus au recalibrage de la Feschotte et de compenser ainsi l'impact hydraulique des travaux en aval.



*Barrage à pertuis ouvert\* sur la Feschotte à Dampierre-les-Bois permettant de compenser l'impact hydraulique des travaux de recalibrage sur la partie aval.*



*Restauration d'une plus grande capacité d'écoulement du lit de la Feschotte dans la traversée de Fesches-le-Châtel et réfection des passerelles franchissant la rivière.*

### De la basse vallée de l'Allan : démarrage des travaux tranche ferme

Compte tenu de la forte exposition au risque et des nombreux enjeux en présence sur les communes de la basse vallée de l'Allan, des travaux d'envergure ont été entrepris en 2009 pour protéger ces lieux habités des inondations les plus fréquentes.

Les aménagements réalisés ont pour objectif de protéger les lieux habités contre les crues inférieures ou égales à la crue décennale. Ils comprennent :

- la création d'une digue de protection rapprochée à Bart le long de l'Allan et le rehaussement des berges du Rupt,
- le rehaussement local des berges du canal Rhin-Rhône à Courcelles-les-Montbéliard et la réalisation d'une galerie de contournement du pont levis,
- la mise en place de clapets mobiles permettant de déverser le trop plein des eaux du canal vers l'Allan
- la mise en place de clapets à l'exutoire des réseaux pour empêcher les remontés de la rivière,
- l'installation de stations de pompage pour évacuer les eaux de pluies lors de crues

A noter que la digue de protection contre les inondations édifiée sur la commune de Bart constitue le soubassement de l'« euro vélo route des fleuves ».



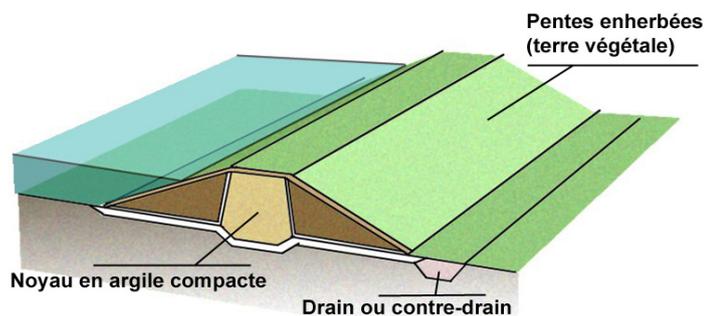
*Clapet de décharge des eaux du canal vers l'Allan à Courcelles-les-Montbéliard*



*Digue de protection rapprochée à Bart*

# Les protections locales par endiguement

Au niveau des principaux lieux habités inondables de notre agglomération, PMA a fait réaliser des digues de protection.



Coupe type d'une digue

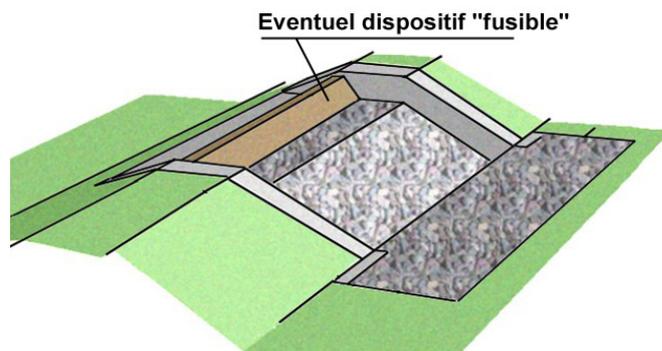


Schéma d'un déversoir (en cas de surverse)

## Comment sont conçues ces digues ?

Constituées de levées de terres de hauteur variable situées dans le lit majeur du cours d'eau, elles empêchent l'eau de passer, jusqu'à un certain niveau. Les digues de PMA sont généralement conçues pour contenir une crue décennale (voire centennale pour les zones les plus à risque).

Au-delà de ces niveaux, une submersion générale non contrôlée causerait une rupture. C'est pourquoi des déversoirs de sécurité, c'est-à-dire un abaissement local de la digue, sont prévus.

Ainsi, la surverse se fait de manière contrôlée à des endroits où les risques sont réduits et où les matériaux sont conçus pour supporter le passage de l'eau et dissiper son énergie (béton, enrochements).

Enfin, lorsque l'espace est insuffisant pour l'emprise d'une digue au sol et que la hauteur d'eau est faible, des murs spécifiquement conçus peuvent contenir l'eau.



Digue protégeant une zone industrielle de Bart

## Endiguement et protections rapprochées : quelles différences ?

Les digues ont longtemps été construites le long du lit mineur des rivières (comme à Arbouans sur le Doubs) afin de protéger l'ensemble des enjeux (y compris agricoles).

Aujourd'hui, pour préserver au maximum le champ naturel d'expansion des crues, on réalise ces digues au plus près des enjeux à protéger. On parle ainsi de protections rapprochées.

Parfois même, elles peuvent éventuellement entourer les bâtiments qu'elles protègent, comme à Vieux-Charmont ou à Nommay.

Dans ce dernier cas, les enjeux ainsi protégés se retrouvent particulièrement isolés, ceinturés par l'eau, comme sur une île.

### Protection rapprochée

Ouvrages (digues ou murs) ayant pour finalité la protection contre les inondations, et construits au plus près des enjeux à protéger, afin de préserver au maximum le champ naturel d'expansion des crues.

### Déversoir

Entre en fonction pour éviter que l'eau ne passe par surverse au dessus de la digue et ne la fasse rompre.

## Des fuites ?

Pour gérer les eaux d'infiltration, de ruissellement ou les remontées de nappe ou de réseaux, des aménagements complémentaires sont souvent nécessaires, notamment des stations de pompage et des clapets anti-retour (système évitant les refoulements d'eau dans un tuyau).

Dans l'enceinte de l'usine Faurecia, dans le quartier de la Prairie à Montbéliard, une station de pompage a été installée en 2006. Quatre autres stations sont en place dans les communes de la basse vallée de l'Allan.

## Des inconvénients et des contraintes ?

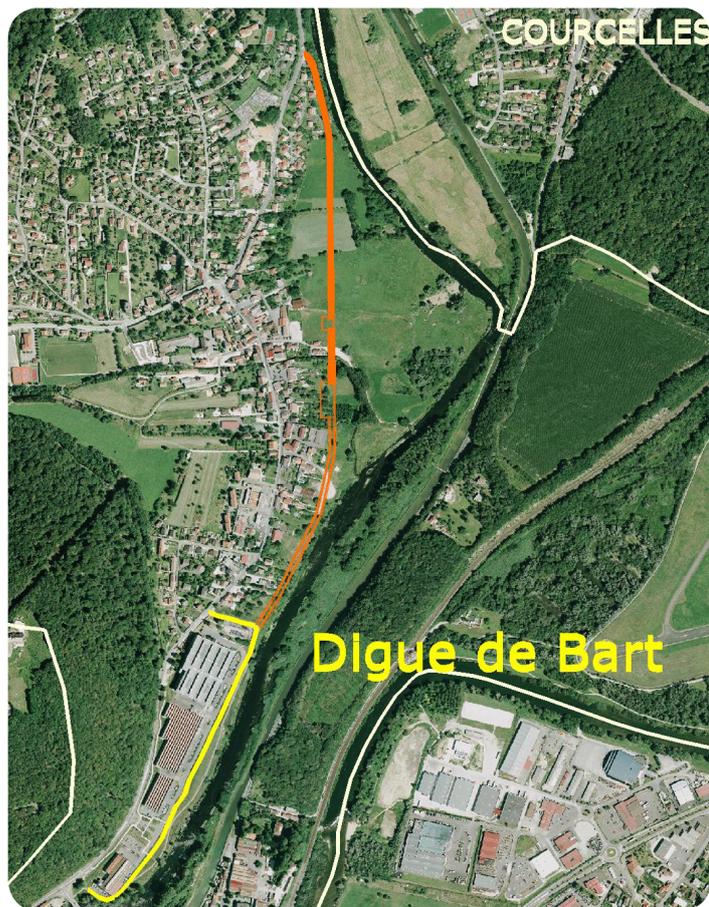
La protection d'une zone par endiguement, et de manière générale tout remblaiement dans le lit majeur d'un cours d'eau, concourt à réduire le champ d'expansion des crues\* et donc à augmenter le risque pour les zones non protégées

en aval. C'est pourquoi ces ouvrages sont aujourd'hui, conformément à la réglementation, toujours accompagnés de mesures compensatoires (création de nouveaux champs d'expansion).



*Digue longeant la Savoureuse à Nommay*

## D'autres aménagements pour une protection renforcée



*Digue longeant la Savoureuse à Nommay*

Suite aux nombreuses ruptures connues en France (Rhône, Savoureuse...) et à l'étranger (Louisiane - USA) depuis 1990, les digues et barrages sont maintenant mieux surveillés et entretenus.

## Une nouvelle Feschotte !

A Badevel et à Fesch-le-Chatel, les habitations en bordure de la Feschotte étaient soumises à un risque d'inondation fréquent (parfois deux fois par an). A l'occasion de travaux de protection réalisés entre 2009 et 2010, le lit a été élargi, remis à l'air libre quand il était recouvert, revégétalisé avec des passerelles et des ponts entièrement reconstruits.

Cette rivière est ainsi plus agréable et accessible aux riverains, et ses débordements seront limités aux crues importantes. A Dampierre-les-Bois, la création d'une retenue sèche de 17 000 m<sup>3</sup> permet d'atténuer le pic de crue et de rendre le débit de la rivière compatible avec son nouveau lit.

## La basse vallée de l'Allan

Tous les ouvrages sont dimensionnés pour une crue décennale.



*Le réaménagement de la Feschotte : comment réduire le risque inondation tout en rendant les berges plus agréables aux promeneurs.*

# Comment lutter contre les inondations ?



## Objectifs pédagogiques

- Comprendre les critères de sélection d'un type d'aménagement
- Accepter des points de vue différents du sien
- Permettre la confrontation de différents points de vue afin de comprendre le caractère complexe de la gestion du risque.

## Matériel

- Photos et articles de presse sur les aménagements existants et en projet,
- Fiche d'analyse des articles (voir préparation),
- Fiches de rôles simples pour le débat,
- Scénario initiant le débat : une nouvelle inondation oblige un conseil municipal à débattre pour décider quelles améliorations on peut apporter aux aménagements existants.

## Préparation

Chaque groupe de 3 à 4 élèves reçoit ou choisit un rôle, pour lequel il prépare des arguments en essayant de se mettre à la place du personnage, de comprendre ses motivations, ses intérêts, ses craintes.

Pour étayer ses arguments, chaque groupe analyse les aménagements inondations de la commune ou de l'agglomération à la lumière des connaissances acquises sur le fonctionnement des rivières, et en fonction du rôle :

- Chaque aménagement réduit-il ou aggrave-t-il l'intensité de la crue ? Comment ?
- Protège-t-il mieux ou moins bien certains habitants ? Lesquels et comment ?
- Quelles sont les conséquences pour le personnage ?

## Déroulement du débat

Quand chacun est prêt, un élève est désigné dans chaque groupe pour porter le rôle. Il pourra être appuyé par ses coéquipiers, voire céder sa place.

Le Maire initie le débat en présentant la question à résoudre et, selon le niveau des élèves, en décomposant éventuellement la question en plusieurs sous-questions, à résoudre l'une après l'autre.

Pour faciliter le déroulement du débat, il est important que le rôle du Maire soit tenu par le professeur, ou un autre adulte présent, qui anime la séance : distribuer la parole, recentrer le débat, reformuler et souligner les arguments, aider le processus de synthèse et de décision.

## Compléments

Les rôles doivent être définis selon le contexte local. Cependant, voici quelques exemples facilement adaptables :

- Trois riverains : un commerçant, un particulier, un directeur d'usine. La municipalité leur explique que les digues peuvent les protéger de certaines crues mais jamais de toutes : il faut qu'ils fassent eux-mêmes certains aménagements dans leur maison, leur commerce, leur usine.
- Un agriculteur confronté à l'inondation volontaire de ses champs considérés par les aménageurs comme des « champs d'expansion des crues ». La nouvelle digue sera construite au plus près des maisons et ne protégera plus son champ, qui sera inondé presque tous les deux ans, à l'automne ou au printemps.
- Une association de protection d'un marais : elle craint que le marais se dessèche.
- Un conseiller municipal qui veut mettre tout le monde d'accord.

Si ce débat se fait en présence d'un intervenant extérieur sollicité par l'enseignant, il peut jouer le rôle d'un hydrologue ou d'un technicien chargé par la municipalité de répondre aux questions techniques des participants au débat. Il doit s'efforcer de ne pas se servir de son autorité technique pour orienter le débat, mais seulement de répondre le plus objectivement possible aux questions posées.

# Culture du risque et Prévention

5

$e=mc^2$

## La prévision des crues

L'Etat joue un rôle de bienveillance avec son Service de Prévision des Crues (SPC). Un réseau de mesures permet d'avoir en temps réel (stations Limnimétriques), la hauteur d'eau sur des espaces définis.

Les prévisions du SPC sont en ligne sur :

<http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr>

L'Etat s'est également doté d'un **Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI)\***, outils visant à protéger les biens et les personnes des inondations.

La DREAL Rhône-Alpes à Lyon supervise les relevés pour le bassin Rhône-Méditerranée-Corse.



Station de mesure

Selon un schéma très encadré, l'annonce des prévisions, au-delà d'un certain seuil d'alerte, est transmise aux maires des communes concernées par le préfet de chaque département. Le Maire met à son tour en place le programme de protection à l'échelle de la commune (affichage, bulletins d'information, téléphone, télé alerte).

Le Plan Communal de sauvegarde (PCS) organise par avance toutes les mesures de secours et de sauvegarde à mettre en place lorsque survient une crise communale particulière, comme en cas d'accident majeur et notamment d'inondation. Ce document, à destination des élus communaux et de toutes personnes impliquées dans l'organisation de la crise communale, est obligatoire pour les communes en PPRI.

## Une volonté d'informer, d'éduquer et de sensibiliser.

L'information préventive a pour but de faire prendre conscience au citoyen de l'existence d'un risque, de l'informer et de l'éduquer afin qu'il connaisse les bons comportements à adopter.

Elle peut prendre différentes formes :

- documents d'information communaux (DICRIM),
- plaquettes éducatives, que tout citoyen peut se procurer,
- réunions publiques,
- expositions ouvertes au grand public.

Positionnés dans l'environnement, des outils techniques et informatifs (échelles et totem de crue et repère de crue) participent également à l'information, à l'éducation et à la sensibilisation de la population.



Repère de crue installé sur la Saône



Totems de crue sur les quais de Mâcon (71) et de Bart



## Le Plan de Prévention des Risques d'Inondation

Le PPRI est un outil de l'Etat qui vise à préserver les vies humaines et à réduire le coût des dommages suite à une inondation. Le PPRI a deux objectifs :

- Interdire l'implantation humaine sur des zones sensibles à très sensibles.
- Réduire la vulnérabilité des installations existantes et, pour cela, de préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues.



# Prévention dans notre agglo



## Sur le Pays de Montbéliard Agglomération

- 2 PPRI :**
- PPRI Doubs-Allan datant du 27 Mai 2005
  - PPRI Savoureuse datant du 8 Octobre 2004

- 1 PAPI :**
- Allan-Savoireuse 2007-2011
  - Allan-Savoireuse 2011-2013

## C'est quoi ?

**Le PAPI :** Plan d'Actions de Prévention des Inondations. Elaboré par les collectivités locales, il a pour objectif la réalisation d'actions permettant de réduire les dommages causés par les inondations. Il en résulte des aménagements de réduction de l'aléa et/ou de la vulnérabilité.

**Le PPRI :** Plan de Prévention des Risques Inondations. Elaboré par l'Etat, il a pour objet la réglementation des sols en zone inondable. C'est une servitude qui s'impose aux communes à travers le Plan local d'urbanisme (PLU).

## Quelles actions engagées vers un nouveau PAPI ?

Extrait : Papi Allan-Savoireuse 2011-2013 sur PMA

« Montbéliard est située au cœur d'un nœud hydrographique complexe (confluence de 3 rivières principales et de 4 affluents plus modestes mais traversant des zones urbaines.

Dans ce contexte le PAPI Allan et Savoureuse réunit le Conseil Général du Territoire de Belfort, Pays de Montbéliard Agglomération, l'Etablissement Public Territorial de Bassin Saône et Doubs et l'Etat ...

Le PAPI Allan Savoureuse, qui s'est terminé fin 2011, a permis la réalisation d'infrastructures lourdes de ralentissement dynamique (bassins de la Savoureuse, retenue de l'Allan) et de protections localisées (Basse Vallée de l'Allan). Un certain nombre d'actions de prévention ont également pu aboutir (opération sensibilisation au risque en milieu scolaire).

L'objectif d'un nouveau PAPI est de poursuivre le développement de la stratégie engagée sur le territoire de l'agglomération du Pays de Montbéliard.

Ce programme doit permettre de porter plus en avant la prévention, voire la prévision, en affinant la connaissance de la vulnérabilité de ce vaste secteur urbain et industriel : poursuite de l'éducation au risque en milieu scolaire, de l'analyse historique et de la culture du risque et extension de l'Observatoire des Inondations de la vallée du Doubs à ce secteur. Une importante étude, s'appuyant sur des données hydrauliques récentes, doit aussi permettre d'examiner et localiser finement les enjeux pour identifier, par quartier, les meilleures techniques de réduction de la vulnérabilité et caler avec davantage de précision les seuils de prévision. »

## Améliorer la gestion de eaux pluviales

Sur le territoire de PMA, l'augmentation des surfaces imperméabilisées est maintenant maîtrisée grâce à une politique de gestion des eaux. Cette politique propose aux propriétaires et aux aménageurs des solutions pour améliorer l'infiltration directe sur les parcelles lorsque cela est possible ; quand l'infiltration est difficile ou non souhaitable, des aménagements de stockage permettent de retenir l'eau provisoirement. Ces mesures freinent ainsi les apports d'eau de ruissellement à la rivière et limitent la pollution à l'aval.

Chaque année, 200 à 300 logements sont équipés, ainsi que plusieurs petits parkings. Ces aménagements sont obligatoires depuis 2001 et n'augmentent pas les coûts de construction.

## La surveillance des bassins

Sur le territoire de PMA, un réseau télémétrique est développé afin de surveiller le fonctionnement des différents ouvrages. Celui-ci entre dans le cadre de la surveillance et de l'entretien des bassins dont PMA a la charge, et pour laquelle il a développé un système de procédures très précises.

## Prévention et information de la population

L'observatoire des inondations : [www.inondations-doubs.fr](http://www.inondations-doubs.fr)

## Déroulement

Les élèves sont répartis en petits groupes sur chaque rôle.

Ils préparent leur argumentation (on peut les aider au fur et à mesure)

Les règles et l'objectif du débat leurs sont expliqués (il faut arriver à un choix ou un compromis)

Le débat est engagé ; pour limiter le nombre d'intervenants simultanés, deux élèves de chaque groupe peuvent intervenir comme représentants de leur groupe avec un roulement sur 15mn.

Les groupes peuvent commencer selon leur propre inspiration à imaginer leur rôle et leurs arguments. Les fiches d'arguments complémentaires seront donnés ou suggérés en cas de blocage après 10-15mn.

Le débat a plusieurs temps :

- présentation de chacun et positionnement
- argumentation, chacun pour soi
- élaboration de mesures compensatoires possibles
- recherche d'un compromis satisfaisant pour tous, compensations comprises
- reformulation du choix fait et clôture de la séance

Une pause dans le débat sera probablement nécessaire afin que les groupes puissent à nouveau se concerter et faire le point sur leur position, par exemple après les propositions de mesures compensatoires...

Le Maire invite les habitants à une réflexion sur les aménagements dans la zone inondable de l'Allan, dans un secteur « bleu clair » (risque faible, où le PPRI autorise les constructions à condition de respecter certaines obligations).

Dans ce secteur, il y a déjà à proximité une réserve naturelle (non constructible) et des bâtiments industriels.

En début de séance, le maire propose au débat la question suivante :

Comment devons-nous aménager ce petit secteur ?

Nous avons besoin d'agrandir l'école, car de nouveaux habitants se sont installés, mais il y a aussi des entrepreneurs qui recherchent des terrains pour installer leur entreprise et nous n'avons plus d'espace constructible en dehors de la zone inondable. Je voudrais recueillir vos avis à tous avant que le Conseil Municipal décide.

Si le groupe arrive à une solution satisfaisante (compromis ou choix clair), alors les conseillers municipaux adopteront le choix fait. Sinon, ils décideront tout seuls.

## Objectifs

- Résoudre une situation par la voie démocratique et participative
- Réfléchir et organiser un argumentaire
- Rentrer dans un rôle défini

## Le Maire et deux adjoints

Vous ne donnez que deux propositions d'aménagements, mais rien n'empêche certains habitants d'en proposer d'autres : extension de la réserve naturelle, etc....

Vous devez aussi vous défendre contre les accusations des agriculteurs : ce n'est pas l'équipe actuelle qui a acheté les terrains, c'est l'équipe précédente. D'ailleurs, il est bien indiqué dans les actes de vente que « la commune disposera librement des terrains achetés. Les agriculteurs auront la jouissance des pâturages tant qu'ils existeront. »  
En écoutant les positions et les arguments des uns et des autres, vous tentez de trouver des compromis et des arrangements qui satisferont le plus d'habitants possibles.

## Les Entrepreneurs

Vous apportez à la commune la taxe professionnelle et de nouveaux emplois.

Les hauteurs d'eau prévues sur le secteur en cas d'inondation grave sont moyennes (maximum 1m), ce qui signifie qu'il y aura de l'eau seulement pour les crues les plus fortes, 4 ou 5 fois dans un siècle. C'est quand même dommage de se priver de la présence de vos entreprises pour une inondation dont on ne sait même pas si elle arrivera un jour !

D'accord certains entrepreneurs ne restent pas longtemps, mais d'autres s'installent ! C'est un roulement !

Et puis les petits oiseaux, c'est bien gentil, mais c'est un luxe de s'en occuper ! Aujourd'hui, la priorité c'est des emplois et des constructions pour les gens !

En plus, les bâtiments en zone inondable ont beaucoup perdu de leur valeur depuis qu'on a adopté le PPRI ! Avant, personne ne savait qu'ils étaient inondables et les propriétaires les ont achetés cher ! Maintenant, ils ne peuvent pas les revendre aussi cher ! C'est une perte !

## L'Association « Ligue pour la Protection des Oiseaux »

Vous êtes gestionnaires de la « Réserve Naturelle de la Presqu'île aux Oiseaux » à proximité du secteur. Vous souhaitez une extension de la réserve.

En effet, l'agglomération Belfort/Montbéliard est maintenant très étendue : les nouveaux lotissements et zones d'activités ont pris depuis 20 ans la place de nombreux milieux naturels. Résultat : beaucoup d'espèces rares qui peuplaient ces milieux disparaissent de la région faute de refuges.

Une réserve naturelle est d'autant mieux peuplée qu'elle est plus grande.

Il faut aussi protéger les animaux des promeneurs.

Et les milieux naturels dans la plaine alluviale jouent aussi le rôle d'éponge pour les crues, et de filtre pour les eaux polluées.

Pourquoi agrandir ENCORE une zone d'activité quand Technoland sur la rive gauche n'est toujours pas complètement occupée ! Les entrepreneurs disent qu'ils apportent des emplois et de l'argent à la commune, mais ils ne restent jamais longtemps ! Et quand ils partent, adieux emplois et taxes (veaux, vaches, cochons, couvées...)

Bien sûr, il est important que chaque habitant ait un logement et un emploi. Mais si on laisse disparaître tous les milieux naturels de la plaine, on devra dépenser beaucoup plus pour se protéger des inondations ou assainir l'eau.

## Parents d'élèves

L'école est l'aménagement prioritaire ! Vous pensez que la commune DOIT construire une nouvelle école !

Mais vous trouvez cet emplacement dangereux et vous voulez des garanties solides : comment l'école sera-t-elle protégée des inondations ? L'école pourra-t-elle être surélevée par un remblai, comme les entreprises déjà construites de Technoland ?

Y aura-t-il des digues ? Quel sera le temps de délai entre l'annonce d'une crue et son arrivée ? Est-ce que les enfants seront évacués ?

Est-ce que les routes entre la ville d'Etupes et l'école sont inondables ?

## Agriculteurs

De nouvelles entreprises sur ce secteur ne vous plaisent pas du tout car les travaux vont détruire une bonne partie des pâturages aux abords de la rivière et polluer l'eau de la rivière elle-même. Or vous avez accepté de vendre ces terrains à la commune, voici 10 ans, mais elle vous avait accordé, en compensation, le droit de faire pâturer et abreuver vos vaches dans le secteur. Avec les constructions, les secteurs de pâturages se rétrécissent sans cesse ! Vous avez l'impression que la commune s'est un peu moquée de vous...

## Précisions qui peuvent être apportées au cours du débat :

### Rappel de la situation réglementaire de la zone

Principe selon le tableau réglementaire : dans un secteur moyennement urbanisé ou l'alea est moyen, seules les extensions devraient être permises (zone bleu foncé). Quand l'alea est fort, toute construction devrait être impossible (zone rouge). Mais comme c'est une ZAC, alors, on baisse d'un cran les obligations et cela devient une zone bleu clair à bleu foncé (on considère que les bâtiments industriels sont moins vulnérables, peut-être parce que personne n'y vit ?).

Enfin, la carte décide que la zone est entièrement bleu clair du PPRI : en raison des décisions prise antérieurement pour l'aménagement de cette ZAC. La construction d'école (EPR, établissement recevant du public) est autorisée en zone bleu clair à conditions de respecter certaines obligations (voir règlement du PPRI Doubs Allan).

### Autres infos

L'école actuelle, dans la ville (hors ZI) est construite sur un seul étage. On peut donc imaginer des aménagements et extensions de cette école en alternative à la construction d'une nouvelle en ZI.

La plaine alluviale filtre efficacement si elle a plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Dans les premiers mètres, la filtration est minime. Et notre plaine alluviale n'est pas bien profonde. Mais c'est toujours ça.

Exemples de mesures de compensations possibles pour les « minoritaires » du débat :

Ecole refusée : Agrandir l'école existante (2 ou 3 étages)

Extension ZAC refusée : organiser une centralisation de l'info sur les locaux vacants dans l'ensemble des zones d'activités de la région.

Réserve refusée : la commune peut acheter un espace en amont pour agrandir la réserve et faire des aménagements pour améliorer les conditions de vie de la faune dans l'ensemble de la Réserve.



# Glossaire

Certaines notions importantes, que nous n'avons pas eu l'occasion de développer dans le texte, sont définies ici un peu plus longuement.

## Aléa

L'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel par nature imprévisible. Dans notre sujet, les aléas sont en règle générale d'origine climatique (à l'exception des incidents dus à des ouvrages hydrauliques). Par exemple, l'aléa pour une parcelle inondée caractérise la submersion par sa durée, par la hauteur d'eau, par la vitesse du courant lors d'une crue de récurrence donnée.

## Atlas des Zones Inondables

Les Atlas des Zones Inondables sont des documents de connaissance des phénomènes d'inondations susceptibles de se produire par débordement de cours d'eau. Les méthodes utilisées pour délimiter les zones inondables peuvent être la recherche historique (PHEC), l'hydrogéomorphologie (étude du fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées) ou l'hydraulique (modélisation).

L'Etat a prévu de publier sur Internet l'ensemble des atlas réalisés. Les Atlas des Zones Inondables n'ont pas de valeur réglementaire en tant que tel, toutefois cet affichage porte à la connaissance des éléments qui ne peuvent être ignorés, notamment dans le cadre de l'élaboration des documents d'urbanisme des collectivités locales.

## Barrage à pertuis ouvert :

Ouverture laissant l'eau en lit mineur s'écouler. Quand le débit entrant dépasse la capacité du pertuis, alors la retenue bloque l'eau. Lors d'une crue exceptionnelle une surverse de sureté assure l'évacuation du débit entrant.

## Bassin versant ou bassin

Un bassin versant est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun : cours d'eau, lac, mer, océan, etc. La ligne séparant deux bassins versants adjacents est une ligne de partage des eaux. Chaque bassin versant se subdivise en un certain nombre de bassins élémentaires, appelés sous-bassin, correspondant, pour chacun, à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal.

## Catastrophe Naturelle

« Sont considérés comme les effets des catastrophes naturelles ..., les dommages matériels directs non assurables ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises. » (art. L125-1 du code des Assurances).

## Champs d'expansion des crues

Espaces naturels ou aménagés où se répandent les eaux lors du débordement des cours d'eau (lit majeur). L'expansion momentanée des eaux diminue la hauteur maximale de la crue et la ralentit. Cette expansion participe à la recharge de la nappe alluviale et au fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres. En général, on laisse fonctionner des zones d'expansion des crues dans des secteurs peu ou non construits et sans enjeu agricole.

## Côte d'alerte

Habituellement, c'est la côte (hauteur d'eau) à partir de laquelle la première maison est touchée par l'inondation.

## Crue

Augmentation régulière ou exceptionnelle du débit d'une rivière. Elle peut se traduire par un débordement dans le lit majeur. Les crues font partie du régime naturel d'un cours d'eau, au même titre qu'un étiage. Les crues et étiages font partie du fonctionnement normal des rivières. Dans notre région, les crues annuelles ont lieu le plus souvent d'octobre à mars : elles peuvent être la conséquence de précipitations importantes, de la fonte des neiges, ou des deux combinées.

Antonyme : étiage.

## Crue centennale

Crue dont la période de retour est évaluée à 100 ans, ce qui signifie qu'elle a, chaque année, une probabilité sur cent de se produire. Au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle par exemple, la plupart des grands fleuves français ont connu plusieurs crues centennales.

## Débit

Volume d'eau traversant la section transversale d'un cours d'eau : il est déterminé par la section transversale, la hauteur d'eau et sa vitesse. Il s'exprime en m<sup>3</sup>/s.

## Débit moyen mensuel

Moyenne mensuelle des débits mesurés. Elle est d'autant plus fiable qu'elle est établie sur de nombreuses années de mesures.

## Enjeu

Ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel : activités, bâtiments, infrastructures, dont la destruction ou la dégradation aurait un coût (économique, social) important.

## Etiage

Débit minimal régulier ou exceptionnel. Dans notre région, l'étiage annuel est généralement en été. Contraire : crue. Les crues et étiages font partie du fonctionnement normal des rivières.

## Exutoire

Se dit d'un cours d'eau qui sort d'une grande étendue d'eau ou d'un territoire donné. Synonyme : Émissaire.

## Déversoir

Dispositif prévu sur une digue pour favoriser localement la surverse et contrôler celle-ci, à un endroit où les risques sont réduits et où les matériaux sont conçus pour supporter le passage et dissiper l'énergie de l'eau (béton, enrochements...). Un déversoir entre en fonction pour éviter que l'eau ne passe par surverse au dessus de la digue et ne la fasse rompre.

## Hydrogramme

Graphique représentant les débits d'un cours d'eau sur une année selon une périodicité moyenne (quotidienne ou mensuelle).

## Hydrologie

Science qui s'intéresse au cycle de l'eau et au fonctionnement général et particulier des rivières.

## Infiltration

Désigne l'entrée de l'eau dans les couches rocheuses constituant le sol et le sous-sol.

## Inondation

Submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace habituellement hors d'eau.

## Laisse de crue

Trace ou dépôt laissé par une crue sur un ouvrage ou d'autres supports, indiquant le plus haut niveau atteint.

## Lit en tresses

Forme sinueuse du lit des rivières, correspondant à des rivières de piémont, chargées en graviers et rochers. Les lits en tresses sont formés de bras principaux et secondaires, qui occupent beaucoup plus de largeur qu'un seul chenal d'écoulement. Ils donnent des rivières très peu profondes et dont le cours principal varie à la moindre crue.

## Lit majeur

Partie du lit de la rivière habituellement hors d'eau. C'est l'espace inondable défini soit par le niveau des inondations historiques quand elles sont connues, soit par des modèles hydrauliques, soit par l'observation de la structure des vallées (hydrogéomorphologie).

## Lit mineur

Partie du lit de la rivière située entre les berges et recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement. Il peut être formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables ou galets.

**Lône (= bras mort)** : est connectée au cours d'eau durant une crue.

## Méandres

Formes sinueuses du lit des rivières, les méandres ralentissent la propagation des crues.

Le recoupement des méandres, effectué pour faciliter diverses installations et activités, augmente la pente de la rivière et accélère la propagation des crues.

## Nappe

Réserve d'eau souterraine où l'eau occupe tous les interstices du sous-sol. Sa profondeur varie selon l'alimentation en eau. Elle s'écoule dans la même direction que l'eau en surface, mais plus lentement, l'eau étant freinée par les sables et graviers qu'elle traverse.

## Nappe phréatique

Réserve d'eau souterraine que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface.

## Période de retour

La période de retour d'une crue (quinquennale, décennale, centennale) est la probabilité que cet événement ne soit pas atteint ou dépassé chaque année. C'est une donnée statistique évaluée à partir de crues connues et de la surveillance régulière du débit des cours d'eau.

## Pluviométrie

Mesure de la hauteur des précipitations en un point donné. Elle est exprimée en mm.

## PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation)

Etablis par l'État, ils définissent des zones d'interdiction et des zones de prescription, constructibles sous réserve.

Ils peuvent imposer d'agir sur l'existant pour réduire la vulnérabilité des biens. La loi réglemente l'installation d'ouvrages susceptibles de provoquer une gêne à l'écoulement des eaux en période d'inondation.

L'objectif est double : le contrôle du développement en zone inondable jusqu'au niveau de la crue de référence et la préservation des champs d'expansion des crues.

Le PPRI définit trois zones :

- la zone rouge : toute construction est interdite, soit en raison d'un risque trop fort, soit pour favoriser le laminage de la crue ;
- la zone bleue : les constructions sont autorisées sous réserve de respecter certaines prescriptions, par exemple une cote de plancher à respecter au-dessus du niveau de la crue de référence ;
- la zone blanche : zone non réglementée car non inondable pour la crue de référence.

## Protections rapprochées

Ouvrages (digue ou murs) ayant pour finalité la protection contre les inondations et construits au plus près des enjeux à protéger afin de préserver au maximum le champ naturel d'expansion des crues.

## Régime hydrologique

Ensemble des variations et des caractéristiques d'un cours d'eau, souvent exprimé par les variations du débit au cours d'une année. Il dépend des conditions climatiques et de la nature du sol et du sous-sol, qui déterminent les conditions d'infiltration et de ruissellement de l'eau de pluie.

## Risque

Le risque est déterminé par l'existence d'un aléa sur un espace où sont installés des enjeux.

La gravité du risque est proportionnelle à la force de l'aléa et à la vulnérabilité des enjeux.

## Ruissellement

Dépend des caractéristiques du sol et de l'intensité de la pluie. Le ruissellement désigne en hydrologie le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols.

Il s'oppose au phénomène d'infiltration.

## Seuil

Différence brutale de niveau dans une rivière. Il existe des seuils naturels (rocheux) et des seuils artificiels (barrage), installés pour les activités humaines (pompage, navigation, fabrication d'électricité, moulin...).

## Surverse

Submersion de la digue par une inondation, lors du dépassement de sa capacité de protection.  
Peut également désigner le déversoir prévu pour gérer ce phénomène.

## Vulnérabilité

La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Il est en effet impossible, quels que soient les aménagements, d'empêcher toutes les inondations. Il est donc important de réduire la vulnérabilité d'un bâtiment ou d'une infrastructure en prenant certaines précautions de construction et d'aménagement. Ainsi, en cas d'inondation, les dommages et les coûts sur les enjeux seront diminués.

## Zones Karstiques

Plateau constitué d'un affleurement calcaire plus ou moins compact. L'érosion spécifique des calcaires provoque la formation de gouffres, effondrements (dolines) et autres cavités souterraines, qui facilitent l'écoulement rapide des eaux de pluie, accélérant ainsi la propagation des eaux en aval et la formation d'une crue. Tout le Jura est karstique.

## Zone inondable

Dans les communes dotées d'un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) ou d'un Atlas des Zones inondables (AZI), la zone inondable est définie par le niveau des inondations historiques, quand elles sont connues et / ou par des modèles hydrauliques.

Elle permet d'identifier les bâtiments et les infrastructures susceptibles d'être inondés.

Elle correspond au lit majeur de la rivière.

# Bibliographie

## Bibliographie : thème général

### Ouvrages

- Cosandey Claude, 2003, Les eaux courantes - géographie et environnement, Ed. Belin
- Amoros et Petts, 1993, Hydrosystèmes fluviaux

### Sites Internet

#### Agence de l'Eau, site des juniors

[www.eaurmc.fr/juniors/](http://www.eaurmc.fr/juniors/)

[www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pedagogiques/cycle-eau.php](http://www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pedagogiques/cycle-eau.php)

#### AREHN, Agence Régionale pour l'Education à l'Environnement en Haute-Normandie

[www.arehn.asso.fr/dossiers/inondation/definition.php](http://www.arehn.asso.fr/dossiers/inondation/definition.php)

#### Cemagref, dossiers thématiques , risques liés à l'eau

[www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiques/RisquesLiesEau/Enjeu.htm](http://www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiques/RisquesLiesEau/Enjeu.htm)

#### Portail Prim.net sur les risques Majeurs

[www.prim.net/education/espace\\_education.html](http://www.prim.net/education/espace_education.html)

[www.prim.net/citoyen/definition\\_risque\\_majeur/dossier\\_risque\\_inondation/pageintroduction.htm](http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/dossier_risque_inondation/pageintroduction.htm)

[www.prim.net/professionnel/documentation/dossiers\\_info/nat/low/inondation.pdf](http://www.prim.net/professionnel/documentation/dossiers_info/nat/low/inondation.pdf)

[cartorisque.prim.net](http://cartorisque.prim.net)

#### Prévention 2000 - Portail éducatif sur les risques naturels

[www.prevention2000.org/cat\\_nat/index1.htm](http://www.prevention2000.org/cat_nat/index1.htm)

[www.prevention2000.org/cat\\_nat/risques/inond/accueil\\_inond.htm](http://www.prevention2000.org/cat_nat/risques/inond/accueil_inond.htm)

#### Wikipedia

[fr.wikipedia.org/wiki/Inondation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Inondation)

# Bibliographie : contexte local

## Ouvrages

- Bergeron L., 1984, «Le coeur de la vallée, c'est son moulin... Les moteurs hydrauliques et leurs applications industrielles en France (XVIIIe-XXe siècle) », Terrain, n° 2, pp. 18-22.
- Cemagref, 2005, Guide ralentissement dynamique, « Aménagements pour le ralentissement dynamique des crues du bassin de la Savoureuse : enseignements d'un des premiers projets réalisés »
- Hydratec, 1994, Etude hydraulique sur la propagation des crues de la Savoureuse et de ses affluents, analyse occupation du BV
- Pöyry – BHI, 2007, Etude hydrologique et hydraulique du BV Savoureuse et étude des aléas pour la révision des PPRI, rapport phase A.

## Sites Internet

Eau France : DCE (Directive Cadre sur l'Eau)

[www.eaufrance.fr](http://www.eaufrance.fr)

DIREN Franche-Comté : risques naturels / Historique Inondations

[www.franche-comte.ecologie.gouv.fr/spip.php?rubrique79](http://www.franche-comte.ecologie.gouv.fr/spip.php?rubrique79)

Mesures hydrologiques Hydroreel du bassin Rhône-Méditerranée-Corse

[www.rdbrmc.com/hydroreel2/index.html](http://www.rdbrmc.com/hydroreel2/index.html)

Rapport des PPRI Savoureuse et Doubs Allan

[www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=59](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=59)

[www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri\\_Doubs\\_Allan\\_note\\_presentation\\_cle55b1a2.pdf](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Ppri_Doubs_Allan_note_presentation_cle55b1a2.pdf)

Requalification du quartier des Blancheries à Montbéliard

[www.prim.net/professionnel/documentation/ppr2006/monographie/montbeliard.pdf](http://www.prim.net/professionnel/documentation/ppr2006/monographie/montbeliard.pdf)

PPRI Doubs Allan : cartographies Aléa Enjeux

[www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id\\_rubrique=59](http://www.doubs.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=59)

Etablissement Public Territorial du Bassin Saône et Doubs

[www.eptb-saone-doubs.fr](http://www.eptb-saone-doubs.fr)

Agence de l'Environnement du Pays de Montbéliard

[www.agglo-montbeliard.fr/environnement\\_agence.php?rubrique=environnement&page=agence](http://www.agglo-montbeliard.fr/environnement_agence.php?rubrique=environnement&page=agence)

Observatoire des Inondations du Doubs

[www.inondations-doubs.fr](http://www.inondations-doubs.fr)

## Activités pédagogiques

**Les activités pédagogiques présentées dans ce livret sont inspirées du travail des organisations suivantes :**

Dispositif pédagogique Ricochets, édité par le Réseau Ecole et Nature

Les fiches pédagogiques sont consultables et téléchargeables : [ecole-et-nature.org/fiches-eau](http://ecole-et-nature.org/fiches-eau)

Programme Mémorisk initié par la Fondation Prévention 2000

[www.prevention2000.org/memorisks](http://www.prevention2000.org/memorisks)

**Des documents pédagogiques pour les activités sont disponibles sur le site de l'EPTB Saône et Doubs :**

[www.eptb-saone-doubs.fr](http://www.eptb-saone-doubs.fr)

## Maître d'ouvrage



## Cofinanceurs

Avec le soutien de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse,  
de l'Europe au titre du programme opérationnel FEDER «Compétitivité régionale et emploi 2007-2013»  
et de l'Etat (Préfet de la région Franche-Comté)



## Rédaction / Conception graphique



## Illustrations

Claude Nardin  
Préfecture du Doubs  
Pays de Montbéliard Agglomération  
DREAL Franche-Comté  
EPTB Saône et Doubs

## Impression



