

# Evaluation des apports sédimentaires en provenance des principaux fleuves vers l'étang de Berre

## Méthodologie pour la cartographie des zones sensibles

*Premières investigations et premiers résultats*

par *Mirabelle FIANDINO* \*

L'étude sur les apports sédimentaires vers l'Étang de Berre est un sujet de thèse en cours de réalisation grâce à la collaboration entre différents partenaires techniques, financiers et scientifiques :

- le Centre Aixois de Géographie Physique de l'Université de Provence (Directeur de thèse : C. MARTIN) ;
- la Société SAFEGE – CETIIS, Département Hydraulique Fluviale (Responsable : J.F.BRUN) ;
- EDF-Energie Méditerranée ;
- les syndicats de rivière de l'Arc, de la Touloubre et de la Cadière ;
- l'Agence de l'eau, la Direction Régionale pour l'Environnement, le Conseil Général et le Conseil Régional ;
- la Mission pour la reconquête de l'Étang de Berre.

\* CAGEP, Institut de Géographie de l'Université de Provence, 29 Avenue R. Schuman, 13621 Aix-en-Provence et Société SAFEGE-CETIIS, Aix Métropole Bât. D, Avenue Malacrida, 13100 Aix-en-Provence

## I - Contexte de l'étude

L'Étang de Berre est un vaste bassin d'eau saumâtre en communication avec la Méditerranée par la passe de Caronte. Exutoire de trois cours d'eau à régime méditerranéen marqué

(l'Arc, la Touloubre et la Cadière), il constitue un milieu côtier d'autant plus fragile que les précipitations présentent une forte érosivité.

L'objectif du sujet est d'acquérir des connaissances, utiles aux aménageurs, sur les fonctionnements hydro-sédimentaires des systèmes fluviaux principaux du bassin versant de l'Étang de Berre.

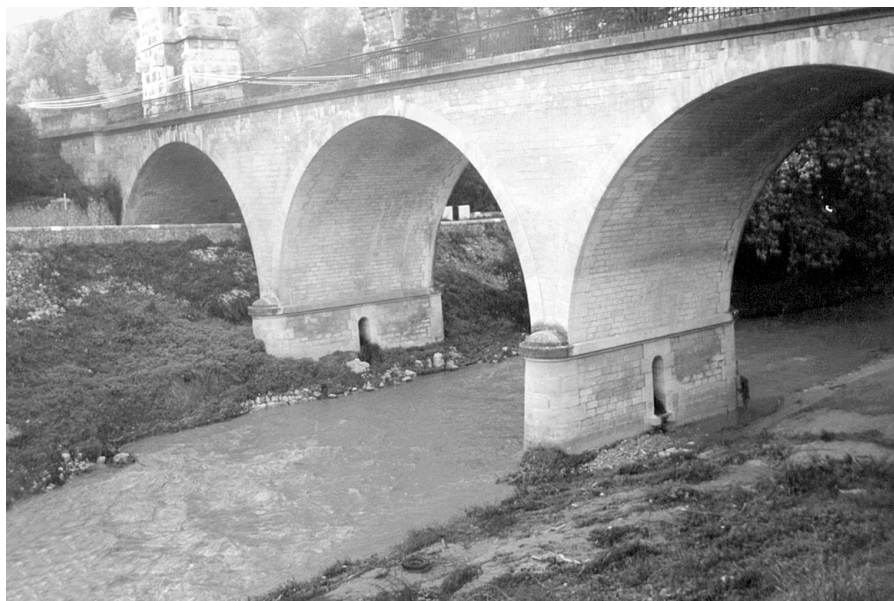


Photo 1 : Crue de l'Arc, le 17 janvier 1999 - Ventabren Roquefavour

Pour cela, le travail nécessite :

- de quantifier les apports sédimentaires des fleuves côtiers (ceux de l'Arc, de la Touloubre et de la Cadière),
- de déterminer la provenance des matériaux, les conditions qui ont permis leur entraînement, et les modalités

de leur transit,

- d'analyser les conséquences de ce fonctionnement sur la morpho-dynamique des cours d'eau,
- d'envisager des solutions opérationnelles, afin de gérer l'impact des phénomènes érosifs sur les bassins versants.

Elle permet également de fournir une aide précieuse pour concevoir l'évolution des apports sédimentaires potentiels des versants compte tenu de l'évolution des paramètres naturels et anthropiques des bassins et d'établir des relations entre les modifications du milieu et leurs conséquences sur les phénomènes érosifs et les transports sédimentaires vers l'Étang.

## II - Méthodologie pour la réalisation d'une cartographie des zones sensibles

Nous mettons ici l'accent sur la détermination de l'origine des matériaux sédimentaires transportés par les cours d'eau (uniquement en provenance des versants). Pour cela, une méthodologie est élaborée afin de réaliser une cartographie des zones sensibles à l'érosion à l'échelle du bassin versant de l'Étang de Berre (environ 1000 km<sup>2</sup>). Plus particulièrement, nous identifions les paramètres d'analyse, les outils et les applications.

Cette cartographie permettra de préciser les conditions dans lesquelles se produisent les phénomènes d'érosion sur les versants (en raison des pratiques agricoles, de la destruction du couvert végétal par des incendies, ou de nouveaux aménagements). Cette orientation rend nécessaire l'étude des caractères physiques du bassin versant (climat méditerranéen, lithologie, topographie...), ainsi que des composantes anthropiques (occupation du sol, aménagements).

### *Paramètres d'analyse du bassin versant :*

- Climat : Précipitations instantanées et intensités de pluies
- Lithologie, Structure, Pédologie
- Topographie, Morphologie et Morphométrie
- Occupation du sol :
  - Identification des zones incendiées anciennes et récentes
  - Végétation naturelle (forêt, garrigue, végétation clairsemée)
  - Types de cultures et pratiques agricoles
  - Urbanisation

### *Outils d'analyse :*

- Cartes topographiques et géologiques,
- Différentes missions de photographies aériennes,
- Images satellites,
- Reconnaissance de terrain,
- Base de données : IFEN, METEO-France, INSEE,
- Cadastres récents et cadastres napoléoniens,
- Archives et enquêtes,
- SIG (Map Info).

### *Applications :*

Cette cartographie permet la mise en évidence, par le croisement de différentes couches d'informations, des zones potentiellement susceptibles de fournir du matériel sédimentaire vers les ravines et le réseau hydrographique principal.

## III - Présentation du bassin versant de l'Étang de Berre : premières investigations

Le bassin versant de l'Étang de Berre se situe dans le sud-est de la France. Il s'inscrit dans une vaste région de collines et de bassins façonnée dans un substrat sédimentaire (argiles, calcaires, molasse et marnes). Ce bassin se décompose en trois sous-bassins versants : ceux de l'Arc, de la Touloubre et de la Cadière. Ils présentent des caractéristiques naturelles et anthropiques très différentes qui conditionnent leurs fonctionnements hydrosédimentaires.



Photo 2 : Crue de la Touloubre, le 30 septembre 1998 - Pont de la Glacière

## 1. Le bassin versant de l'Arc

Le bassin versant de l'Arc est le plus grand (740 km<sup>2</sup>). Il correspond à la partie centrale du bassin versant de l'Étang.

Ce bassin est limité par des collines et des massifs montagneux : au nord, il est limité par la Chaîne de Sainte-Victoire, et par la Chaîne d'Eguilles et les collines de la Fare, qui le séparent du bassin de la Touloubre ; à l'est, les massifs de Pourrières, de l'Aurélien et de l'Olympe ; vers le sud, le massif de Régagnas, la Chaîne de l'Etoile ; et à l'ouest, le bassin est séparé de l'Étang de Berre par le Plateau de l'Arbois. Les gorges de Roquefavour, entre ce plateau et les collines de la Fare, permettent à l'Arc de rejoindre l'Étang.

Ces reliefs ont des pentes fortes (20 à 30 % en moyenne et même 50 à 60 % pour les massifs de la Sainte-Victoire et de l'Olympe). Ils s'inscrivent dans les calcaires durs du Jurassique supérieur, du Sparnacien, du Thanétien-Montien et du Rognacien. Dans la vallée alluviale, les pentes sont plus faibles (5 à 10 % en amont et 0,5 à 2 % en aval). Elle s'inscrit dans les argiles du Rognacien qui occupent la quasi-totalité des bassins d'Aix et de Gardanne, les argiles du Stampien et du Montien, les alluvions anciennes et modernes.

L'occupation du sol est assez composite.

Le bassin de l'Arc abrite 250 000 habitants (densité de population : 338 hab /km<sup>2</sup>), et les trois derniers recensements INSEE mettent en évidence une croissance démographique et économique constante. Toutefois l'urbanisation reste peu étendue (10 % de la superficie totale du bassin).

L'agriculture (labours, vignes, vergers, maraîchage sous serre) et la végétation naturelle (garrigue, pinède) sont prédominantes, mais morcelées.

A plusieurs reprises, des incendies ont détruit la végétation naturelle (exemples des massifs de Sainte-Victoire en août 1989 et de l'Etoile en juillet 1997), favorisant ainsi les phénomènes d'érosion mécanique (G. CLAUZON et J. VAUDOUR, 1971, F.E.

PETIT et al., 1987, C. MARTIN, 1989, C. MARTIN et al., 1997).

## 2. Le bassin versant de la Touloubre

La Touloubre prend sa source à Venelles et serpente sur 55 km avant de se jeter au nord de l'Étang de Berre. Son bassin versant (420 km<sup>2</sup>) est bordé à l'est par les piémonts du Massif de Concors, au nord par les Chaînes des Costes et d'Auron-Vernègues, au sud par les collines d'Eguilles et de Lançon-La Fare, et s'ouvre à l'ouest sur la Plaine de la Crau.

Les reliefs sont peu élevés ; 80 % des surfaces totales ont des altitudes comprises entre 40 et 300 m. Les pentes sont parfois assez fortes (5 à 10 % le plus souvent ; pentes maximales de 10 à 15 % pour les chaînes des Costes et de la Trévaresse). Dans les plaines, les pentes sont plus faibles (1 à 5 %).

La lithologie du bassin est très complexe et variée : les roches dures (calcaires et calcaires argileux de l'Hauterivien et de l'Aquitainien) et les roches tendres (alluvions anciennes et modernes, argiles du Stampien, marnes sableuses de l'Helvétien et conglomérats du Stampien) occupent quasiment la même surface.

Le bassin versant de la Touloubre possède une population d'environ 100 000 habitants (densité de population : 238 hab /km<sup>2</sup>), regroupée dans les villes et les villages (5 % du bassin sont ainsi imperméabilisés), ce qui confère à ce bassin un caractère à la fois agricole (60 % des surfaces) et naturel (35 % des surfaces).

## 3. Le bassin versant de la Cadière

La Cadière (12 km de long) se situe au sud-est de l'Étang de Berre. Son bassin versant (73 km<sup>2</sup>) est limité au nord-est par le plateau de l'Arbois et au sud par la Chaîne de l'Estaque. L'exutoire, l'Étang de Bolmon, est une zone humide qui communique avec l'Étang de Berre par des passes étroites ou bourdigues.

Le bassin de la Cadière est caractérisé par des reliefs aux fortes pentes (10 à 20 %), recouverts de pins d'Alep et de garrigue (par endroits très clairsemée). Ces reliefs s'inscrivent dans un substratum associant des roches tendres (argiles, marnes et grès du Thanétien-Montien et du Rognacien) assez étendues et des roches dures (calcaires du Thanétien-Montien, du Rognacien et du Barrémien) plus localisées. Cette juxtaposition de roches permet de comprendre la localisation des ravins (ruisseaux de Bondon, de l'Infernet, par exemple) qui se sont mis en place dans les argiles par érosion différentielle.

La vallée alluviale est caractérisée par des pentes plus faibles (0,5 à 2 %) et par une organisation lithologique différente. Elle s'inscrit dans les argiles et grès du Bégudien largement recouverts par les colluvions wurmiennes limoneuses. L'occupation du sol est fortement marquée par l'urbanisation (plus de 25 % du bassin) qui segmente une agriculture de moins en moins étendue. En quinze ans, de 1975 à 1990, la population du bassin a connu une très forte croissance (+ 58,5 %) ; les cinq communes du bassin versant regroupent actuellement plus de 100 000 habitants (densité de population proche de 1400 hab /km<sup>2</sup>).

## IV - Premiers résultats

Le croisement des caractéristiques (étudiées jusqu'à présent) de chaque bassin versant donne un état des lieux qualitatif, présenté dans le tableau I.

Toutefois, encore beaucoup de travail est nécessaire pour la réalisation de la cartographie des zones sensibles.

Du mois de septembre 1998 au mois de janvier 1999, une quinzaine d'événements pluviométriques s'est produite. Mais seulement huit d'entre eux ont été efficaces du point de vue hydro-sédimentaire.

De plus, un suivi des transports de matières en suspension est mis en place depuis septembre 1998 et se

	<b>Cadière</b>	<b>Arc</b>	<b>Touloubre</b>
-Superficie	73 km <sup>2</sup>	740 km <sup>2</sup>	420 km <sup>2</sup>
-Pente des versants	Forte	Forte	Moyenne
-Indice d'allongement de Horton	1,12	3,3	2,2
-Forme	Compacte	Allongée	Allongée
-Lithologie (fragilité du substrat)	Roches tendres dominantes	Roches tendres dominantes	Roches tendres et dures quasiment de même étendue
-Occupation du sol	Urbanisation étendue, végétation naturelle par endroits dégradée, agriculture très morcelée	Urbanisation peu étendue, végétation naturelle parfois dégradée, agriculture bien développée	Urbanisation peu étendue, garrigue et pinède, agriculture bien développée
Synthèse : bassin susceptible de fournir du matériel sédimentaire	+++	++	+
Réponse aux événements pluvieux observés	Pic de crue atteint en 2 à 3h et décrue réalisée en 8 à 12h	Pic de crue atteint en 5 à 7 h et décrue réalisée en 15h à quelques jours	Pic de crue atteint en 5 à 7 h et décrue réalisée en 10h à 1 ou 2 jours
Débit de pointe de crue maximaux*	49 m <sup>3</sup> /s (Q10**)	105 m <sup>3</sup> /s (Q10)	8,2 m <sup>3</sup> /s (Q1)
Module	0,93 m <sup>3</sup> /s (1983-1998)	2,7 m <sup>3</sup> /s (1975-1996)	3,22 m <sup>3</sup> /s (1991-1997)
Concentration maximale en MES observée des cours d'eau*	3,5 g/l	2,5 g/l	1,2 g/l

\*Crue soumise à mesure de septembre 1998 à janvier 1999

\*\*Q10 et Q1 : Crues décennale et annuelle

+ à +++ : sensibilité croissante des bassins versants à l'érosion

**Tab. I : Caractéristiques des bassins versants, réponse hydrologique et concentrations en MES.**

poursuivra pendant au moins deux ans. La Cadière et la Touloubre ont été équipées chacune d'un préleveur automatique d'échantillons depuis septembre 1998, mis en place à proximité des stations limnigraphiques et le plus en aval possible des cours d'eau. Sur l'Arc, un préleveur automatique est opérationnel depuis février 1999.

En corrélant les caractéristiques de chaque bassin versant, leur réponse hydrologique aux événements pluviométrique et les concentrations maximales en matières en suspension (MES), plusieurs éléments apparaissent, synthétisés dans le tableau suivant, et s'enchaînent en un système cohérent.

Nous remarquons que les trois cours d'eau réagissent de façon différente aux épisodes pluvieux, en fonction des caractéristiques de leur bassin versant

(la superficie, la forme, la lithologie et l'occupation du sol).

D'autres paramètres interviennent comme l'intensité et la localisation des précipitations ; cela sera pris en compte dans la poursuite de l'étude.



## Bibliographie

CLAUZON G. et VAUDOUR J. (1971) - Ruissellement, transports solides et transports en solution sur un versant aux environs d'Aix-en-Provence. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, vol. XIII, fasc. 5, p. 489-504.

MARTIN C. (1989) - Dégradation d'un sol défriché sur gneiss à la station Lambert (Massif des Maures, Var), *R.G.D.*, T. XXXVIII, n° 1, p. 17-29.

MARTIN C., ALLÉE Ph., BÉGUIN E., KUZUCUOGLU C. et LEVANT M. (1997) - Mesure de l'érosion mécanique des sols après un incendie de forêt dans le Massif des Maures, *Géomorphologie*, n° 2, p. 133-142.

PETIT F.E., COSANDEY C., MUXART T. (1987) - Défrichements de terres agricoles et risque érosif, un exemple dans le sud du Massif central français. *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*, n° spécial des Études Vauclusiennes, Montpellier, t. 21, fasc. 3-4, p. 219-227.