

Étude sédimentologique et isotopique des carottes de la basse vallée de l'Aude

Jean-Louis Ballais, Philippe Bonté

▶ **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais, Philippe Bonté. Étude sédimentologique et isotopique des carottes de la basse vallée de l'Aude. [Rapport de recherche] C.E.T.E. Méditerranée, Aix-en-Provence, France. 2002, 19 p. hal-01573284

HAL Id: hal-01573284
https://amu.hal.science/hal-01573284

Submitted on 9 Aug 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROGRAMME

« METHODE INTEGREE »

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET ISOTOPIQUE DES CAROTTES DE LA BASSE VALLEE DE L'AUDE

Centre d'Etudes Géomorphologiques d'Aix
UMR 6012 E.S.P.A.C.E. CNRS
Institut de Géographie
29, avenue Robert Schuman
13621 AIX-EN-PROVENCE Cedex 1

Centre des Faibles Radioactivités
Laboratoire mixte CNRS-CEA
Domaine du CNRS
91198 GIF SUR YVETTE Cedex

INTRODUCTION

Dans le cadre du programme « Méthode intégrée », trois carottages ont été effectués dans la basse vallée de l'Aude, entre Sallèles d'Aude et Saint Marcel, au cours de l'automne 2001. Ce rapport présente les résultats obtenus par l'analyse de 24 échantillons au Laboratoire de Sédimentologie de l'Institut de Géographie de l'Université de Provence et de 25 échantillons au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA – CNRS) à Gif-sur-Yvette.

Les échantillons prélevés sur chaque carotte ont subi une analyse granulométrique : tamisage pour la fraction sableuse, granulomètre laser Malvern pour les limons et argiles. A partir des paramètres statistiques, on a déterminé la médiane et le unpercentile afin de réaliser l'image CM de Passega (1957). Cette image n'a pas été calculée pour les bancs de graviers et galets car les dépôts sont, en fait, des mélanges correspondant à l'infiltration de sable dans les vides laissés entre les galets (Bravard, 1983). Eynon et Walker (1974) ne préconisent pas d'utiliser la médiane pour caractériser un dépôt bimodal dans la mesure où la taille des galets peut être la même dans deux échantillons différents, mais la médiane différer si une matrice sableuse s'est déposée ensuite. L'image CM sera utilisée pour esquisser des comparaisons partielles avec le Mississipi et le Rhône.

LES ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES

Jean-Louis BALLAIS

Trois carottes ont été effectuées dans le lit majeur commun de l'Aude et de la Cesse, en rive gauche, par le Laboratoire Régional de Toulouse : CPS 1, CPS 2 et CPS 3.

CPS 1, longue de 1,50 m, a été prélevée immédiatement à l'amont du canal de jonction, dans une vigne. CPS 2 a été prélevée une centaine de mètres à l'amont, également dans une vigne ; elle mesure environ 5 m. CPS 3 a été prélevée en bordure de la Cesse et mesure 4 m.

I – LES CARACTERISTIQUES DES CAROTTES :

1 - La carotte CPS 1 :

Cette courte carotte, de couleur claire, est très homogène, de structure massive. Elle ne présente pas de racines apparentes. En raison de cette homogénéité, il est apparu suffisant, au moins dans un premier temps, de n'analyser que cinq échantillons.

Des coquilles d'escargots sont visibles dans les décimètres supérieurs : des *Pomatia elegans* à 5 cm, des *Rumina decollata* à 20 cm.

CPS 1 – 1 :

Prélevé à 20 cm de profondeur, cet échantillon comprend 93,1% de sables et 6,9% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 1), d'allure rectiligne, indique un mauvais classement, avec quatre modes : 63 µm, 100 µm, 315 µm et 500 µm. Le grain moyen (370 µm) est nettement supérieur à la médiane (176 µm).

A partir de la médiane et du unpercentile supérieur, on peut utiliser la méthode de l'image CM de Passega (1957) qui permet de préciser le mode de dépôt. Le point obtenu se place dans la suspension graduée.

La structure massive (Arnaud-Fassetta, 1998, p. 57), le mauvais tri du matériel, sa granulométrie et son mode de dépôt indiquent un dépôt de lit majeur distal caractérisé par une assez forte turbulence. Ce dépôt de surface n'est cependant pas celui accumulé pendant la crue de l'automne 1999 (cf. analyses par spectrométrie gamma)..

CPS 1 – 2 :

Prélevé à 40 cm de profondeur, il contient des fragments d'un récipient en Arcopal ainsi que des fragments de terre cuite. Il comprend 94,2% de sables et 5,8% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 2) est de forme hyperbolique à deux modes (63 et 80 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (130 µm) est à peine supérieur à la médiane (100 µm). La faible énergie du milieu de dépôt est confirmée par l'image CM qui indique une suspension uniforme.

La structure massive, le bon tri du matériel et la granulométrie plus fine que dans CPS 1 – 1 indiquent un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 1 – 3 :

Prélevé à 80 cm de profondeur, il comprend 93,6% de sables et 6,4% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 3) est de forme hyperbolique à deux modes (63 et 100 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (140 µm) est à peine supérieur à la médiane (110 µm). La faible énergie du milieu de dépôt est confirmée par l'image CM, à la limite de la suspension graduée et de la suspension uniforme.

Très comparable à CPS 1 – 2, CPS 1 – 3 est également un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 1 – 4 :

Prélevé à 110 cm de profondeur, il comprend 95,3% de sables et 4,7% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 4) est de forme hyperbolique à un seul mode (125 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (130 µm) est presque égal à la médiane (120 µm). L'image CM est identique à celle de CPS 1 – 3.

Très comparable à CPS 1 – 2 et CPS 1 – 3, CPS 1 – 4 est également un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 1 – 5 :

Prélevé à 150 cm de profondeur, il comprend 83,6% de sables et 16,4% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 5) est de forme hyperbolique à un seul mode (63 µm). Le grain moyen (120 µm) est pratiquement égal à la médiane (100 µm). L'image CM est celle d'un dépôt par suspension uniforme.

Très comparable aux trois dépôts postérieurs, CPS 1 – 5 est également un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

2 – La carotte CPS 2 :

Cette carotte se présente différemment de la précédente : elle est hétérogène en raison de la présence de niveaux grossiers entre 2,50 m et 3 m de profondeur. Des racines s'observent jusque vers 50 cm de profondeur.

CPS 2 – 1 :

Prélevé à 15 cm de profondeur, cet échantillon massif contient de nombreuses racines noirâtres. Il comprend 76,7% de sables et 23,3% de limons et d'argiles. La courbe granulométrique des sables (fig. 6) est de forme hyperbolique à un mode principal (50 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (140 µm) est à peine supérieur à la médiane (100 µm). L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

Par sa structure homogène, son bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt est un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation. Il est antérieur à la crue de 1999 (cf. analyses par spectrométrie gamma).

CPS 2 – 2 :

Prélevé à 75 cm de profondeur, cet échantillon est massif. Il comprend 87% de sables et 13% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 7) est de forme hyperbolique à un mode (63 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (90 µm) se distingue à peine de la médiane (80 µm). L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

Par sa structure homogène, son bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt est un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 2 – 3 :

Prélevé à 130 cm de profondeur, cet échantillon est massif. Il comprend 84,6% de sables et 15,4% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 8) est de forme hyperbolique à un mode (50 µm). Le grain moyen (100 µm) est à peine supérieur à la médiane (80 µm). L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

Par sa structure homogène, son bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt est un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 2 – 4 :

Prélevé à 160 cm de profondeur, cet échantillon massif contient des coquilles d'escargots. Il comprend 91,6% de sables et 8,4% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 9) présente deux modes (50 et 125 µm). Sa forme est intermédiaire entre l'hyperbole et la droite. Le grain moyen (130 µm) est à peine supérieur à la médiane (110 µm). L'image CM est à la limite entre la suspension uniforme et la suspension graduée.

Par sa structure massive, son assez bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt se rattache encore à un lit majeur, mais peut-être moins distal.

CPS 2 – 5 :

Prélevé à 230 cm de profondeur, cet échantillon massif comprend 77,6% de sables et 22,4% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables est presque droite, indication d'un mauvais tri, avec cinq modes : 50 µm, 80 µm, 200 µm, 630 µm et 1 600 µm. Le grain moyen (250 µm) vaut plus du double de la médiane (110 µm). L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

La structure massive, le mauvais tri du matériel, sa granulométrie et son mode de dépôt indiquent un dépôt de lit majeur distal caractérisé par une assez faible turbulence. Ce dépôt ressemble à CPS 1 - 1, mais les conditions de dépôt étaient moins énergiques.

CPS 2 – 6 :

Prélevé à 265 cm de profondeur, cet échantillon comprend une majorité de ballast (59,2%), 39% de sables et très peu de limons et argiles (1,8%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 10) est pratiquement droite, à quatre modes : 80 µm, 250 µm, 400 µm et 1 600 µm. Le grain moyen, élevé (390 µm) est très supérieur à la médiane (230 µm).

Le très mauvais tri du matériel et sa granulométrie très grossière excluent un dépôt de lit majeur. Il s'agit probablement d'un banc de lit mineur, voire de lit moyen.

CPS 2 – 7 :

Prélevé à 275 cm de profondeur, il confirme les caractéristiques de l'échantillon précédent. Il est cependant très majoritairement sableux (76,9 % de sables), comporte encore 20,3% de ballast et peu de limons et argiles (2,8%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 11) est pratiquement droite à cinq modes : 100 µm, 200 µm, 500 µm, 800 µm et 1 250 µm, indication d'un très mauvais tri. Le grain moyen est à peine plus faible que le précédent (380 µm) et très supérieur à la médiane (210 µm).

Le très mauvais tri du matériel et sa granulométrie très grossière excluent un dépôt de lit majeur. Il s'agit probablement d'un banc de lit mineur, voire de lit moyen.

CPS 2 – 8 :

Prélevé à 320 cm de profondeur, cet échantillon comprend presque exclusivement des sables (93,4%) et 6,6% de limons et d'argiles. La courbe

granulométrique cumulative des sables (fig. 12) esquisse une sigmoïde, transition vers une parabole, à deux modes : 100 µm et, surtout, 1 600 µm. Le grain moyen (270 µm) et la médiane (260 µm) sont presque confondus. L'image CM est celle d'une suspension graduée.

Le tri moyen, la granulométrie très sableuse et le mode de dépôt indiquent un dépôt de lit majeur, probablement proximal.

CPS 2 – 9 :

Prélevé à 410 cm de profondeur, cet échantillon comprend 85,2% de sables et 14,8% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 13) est une courbe hyperbolique à un seul mode (50 µm), indication d'un bon tri. Le grain moyen (100 µm) et la médiane (80 µm) sont faibles et proches. L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

Par sa structure homogène, son bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt est un dépôt de lit majeur distal caractérisé par la décantation.

CPS 2 – 10 :

Prélevé à 460 cm de profondeur, cet échantillon comprend 89,6% de sables et 10,4% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 14) présente une transition entre l'hyperbole et la droite, avec deux modes : 63 et 100 µm. Grain moyen (150 µm) et médiane (130 µm) sont proches. L'image CM est celle d'une suspension graduée proche de la suspension uniforme.

CPS 2 – 10 ressemble ainsi à CPS 2 – 4. Par sa structure massive, son assez bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt se rattache encore à un lit majeur, mais peut-être moins distal que CPS2 – 9.

3 – La carotte CPS 3 :

Comme la précédente, cette carotte comporte des alluvions variées.

CPS 3 – 1 :

Prélevé à 35 cm de profondeur, cet échantillon comprend 90 ,7% de sables et 9,3% de limons et argiles. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 15) est une courbe hyperbolique à un seul mode (63 µm). Grain moyen (90 µm) et médiane (80 µm) sont très proches. L'image CM est celle d'une suspension uniforme.

Ces caractéristiques sont celles d'un dépôt de lit majeur distal par décantation.

CPS 3 – 2 :

Prélevé à 70 cm de profondeur, cet échantillon comprend presque exclusivement des sables (98,3%) et très peu d'argiles et de limons (1,8%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 16) est une esquisse de sigmoïde à mode unique (100 µm). Grain moyen (110 µm) et médiane (100 µm) sont presque confondus. L'image CM est à la limite entre la suspension uniforme et la suspension graduée.

Par sa structure massive, son assez bon tri et sa granulométrie fine, ce dépôt se rattache encore à un lit majeur, à la transition entre distal et proximal.

CPS 3 – 3 :

Prélevé à 140 cm de profondeur, cet échantillon présente surtout des sables (70%), mais aussi une forte proportion de ballast (25,6%) et un peu de limons et d'argiles (4,4%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 17) est une courbe hyperbolique à deux modes (63 et 100 µm). Le grain moyen reste peu élevé (100 µm) et très proche de la médiane (90 µm).

Les caractéristiques de ce dépôt sont très particulières puisqu'elles associent des données caractéristiques d'un dépôt de décantation à une proportion importante de ballast. Il pourrait s'agir d'un dépôt de lit moyen.

CPS 3 – 4 :

Prélevé à 170 cm de profondeur, cet échantillon présente une très forte proportion de sables (96,7%) et très peu de limons et d'argiles (3,3%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 18) est une esquisse de sigmoïde à un mode (100 µm). Le grain moyen est égal à la médiane (100 µm). L'image CM est celle d'une suspension uniforme en mode énergique.

Ce dépôt ressemble beaucoup à CPS 3 – 2, dépôt de lit majeur à la transition entre distal et proximal.

CPS 3 – 5 :

Prélevé à 220 cm de profondeur, cet échantillon présente une très forte proportion de sables (94%) et peu de limons et d'argiles (6%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 19) est une courbe hyperbolique à deux modes : 63 et 100 µm. Le grain moyen (130 µm) et la médiane (110 µm) sont très proches. L'image CM correspond à une suspension graduée.

Ces caractéristiques sont celles d'un dépôt de lit majeur distal par décantation.

CPS 3 – 6 :

Prélevé à 260 cm de profondeur, cet échantillon est riche en ballast (33,4%) et en sables (64,1%), alors que limons et argiles sont réduits à 2,5%. La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 20) est de type hyperbolique à deux modes (63 et 100 µm). Le grain moyen (160 µm) reste assez peu différent de la médiane (120 µm).

Les caractéristiques de ce dépôt sont très particulières puisqu'elles associent des données caractéristiques d'un dépôt de décantation à une proportion importante de ballast. Il pourrait s'agir d'un dépôt de lit moyen.

CPS 3 – 7 :

Prélevé à 330 cm de profondeur, cet échantillon comprend surtout des sables (79,9%) avec une importante proportion de ballast (19,2%) et très peu de limons et d'argile (0,8%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 21) est presque droite, avec cinq modes : 63 µm, 100 µm, 200 µm, 630 µm et 1 250 µm. Le grain moyen, important (340 µm), est nettement plus élevé que la médiane (220 µm).

Le très mauvais tri du matériel et sa granulométrie très grossière excluent un dépôt de lit majeur. Il s'agit probablement d'un banc de lit mineur, voire de lit moyen.

CPS 3 – 8 :

Prélevé à 360 cm de profondeur, cet échantillon ne comprend presque que des sables (98,2% pour 1,8% de limons et argiles). La courbe granulométrique cumulative de ces sables (fig. 22) est parabolique à deux modes : 100 µm et, surtout, 1 600 µm. Elle indique un bon classement en faveur des sables grossiers, à l'inverse de la courbe hyperbolique. La médiane et le grain moyen, très élevés, sont pratiquement confondus (respectivement 920 et 950 µm). L'image CM est intermédiaire entre la suspension graduée et le roulement.

Le bon tri en faveur des sables grossiers, la valeur élevée du grain moyen, le mode de dépôt indiquent un banc sableux dans le lit mineur.

CPS 3 – 9 :

Prélevé à 380 cm de profondeur, cet échantillon est surtout constitué de ballast (83%) auquel s'ajoutent des sables (16,8%) et une très faible proportion de limons et argiles (0,2%). La courbe granulométrique cumulative des sables (fig. 23) est parabolique, légèrement irrégulière, à trois modes : 50 µm, 80-100 µm et 1 250 µm. Le grain moyen, élevé (770 µm), est égal à la médiane.

Le bon tri en faveur des sables grossiers, la valeur élevée du grain moyen indiquent un banc sableux dans le lit mineur.

II – L'EVOLUTION DES DEPOTS ALLUVIAUX AU COURS DU TEMPS :

Une caractéristique majeure de tous ces dépôts est la forte valeur de C, souvent supérieure à 1 000 µm, ce qui est l'indice d'une forte compétence de l'Aude. Très généralement, cette forte valeur ne permet pas de comparaison avec les dépôts du Haut Rhône (Bravard, 1983) mais des comparaisons peuvent être esquissées avec le Mississipi (Passega, 1957), avec les précautions nécessaires dues à la différence de bassin versant et de débit entre les deux fleuves.

1 - La carotte CPS 1 :

Avec sa faible longueur, la carotte CPS 1 ne représente que les épisodes alluviaux les plus récents. Ces épisodes se limitent à la marge du lit majeur et en amont du canal de jonction qui, depuis la fin du XVIIIème siècle, barre le lit majeur de la Cesse et de l'Aude, provoquant ainsi une sursédimentation.

Par comparaison avec les alluvions du Mississipi, les dépôts CPS 1 – 1, CPS 1 – 3 et CPS1 – 4 seraient des sédiments de fond, alors que SPS 1 – 2 et CPS1 – 5 seraient intermédiaires entre les sédiments de fond et ceux des berges et des secteurs de débordement.

Tous les dépôts sont caractéristiques d'un lit majeur fonctionnant par décantation lors des crues. Seuls les 20 cm supérieurs s'individualisent par leur mauvais tri et leur granulométrie plus grossière.

2 – La carotte CPS 2 :

Plus proche des lits mineurs, et placée plus en amont du canal de jonction, elle enregistre mieux les fluctuations des lits et sur une période plus longue.

Par comparaison avec le Mississipi, tous les dépôts sont intermédiaires entre les sédiments de fond et ceux des berges et des secteurs de débordement, sauf CPS 2 – 6 et CPS 2 – 10 qui seraient des sédiments de fond.

La carotte est constituée, pour l'essentiel, de dépôts de lit majeur, interrompus par une phase de dépôts de lit mineur. De la base à un peu moins de 3 m, ce sont des dépôts de lit majeur, d'abord de limite distale-proximale, puis distale , puis proximale. Ces dépôts passent naturellement ensuite à des dépôts de lit mineur. En d'autres termes, la tendance, au long du mètre et demi inférieur, est au rapprochement progressif du lit mineur de l'emplacement de la carotte. Ensuite, au-dessus de 2,50 m, le mouvement s'inverse et le lit mineur s'éloigne progressivement : dépôt de crue de lit majeur distal (CPS 2 – 5), dépôt de lit majeur distal-proximal, puis dépôts de lit majeur distal.

3 – La carotte CPS 3 :

Les dix premiers centimètres, qui n'ont pas été échantillonnés pour l'analyse sédimentologique, sont les seuls qu'on puisse attribuer sûrement à la crue de 1999, en raison de leur excès en Pb-210 (cf. analyses par spectrométrie gamma). Il s'agit d'une épaisseur nettement inférieure à celle déposée par le Gardon d'Anduze ou l'Ouvèze lors de leur plus grande crue du XXème siècle (Bonté *et al*, 2001).

Les autres dépôts sont les seuls qui permettent des comparaisons avec le Haut-Rhône : CPS 3 – 4 ressemble tout à fait aux dépôts de colmatage des lônes et bras morts. La comparaison avec les alluvions du Mississipi montre que tous les dépôts sont des sédiments de fond, à l'exception de CPS 3 – 4, caractéristique des berges. On voit bien, sur cet exemple, que l'interprétation des conditions de dépôt est fonction du type de cours d'eau.

La carotte commence par des alluvions de lit mineur et se termine par des alluvions de lit majeur.

Les dépôts inférieurs, en dessous de 3,30 m, sont des dépôts de lit mineur. Au-dessus, jusque vers 2,60 m, leur succèdent des dépôts de lit mineur – lit moyen ou de lit mineur. Au-dessus de 2,20 m ne se déposent plus que des alluvions de lit majeur, à l'exception d'une récurrence de dépôts de lit moyen à 1,40 m de profondeur. Finalement, s'accumulent des alluvions de lit majeur distal-proximal à faciès de crue, puis distal.

4 - La construction des lits majeurs :

Dans les trois carottes, le sommet des dépôts est exclusivement constitué d'alluvions de lit majeur : 1,50 m à CPS 1, 2,30 m sur CPS 2 et 0,70 m sur CPS 3.

On peut interpréter ainsi cette évolution :

- Au cours du temps, les lits mineurs ont tendance à se contracter : vers 2,60 m de profondeur, le lit mineur de la Cesse occupe, à la fois, le site de la carotte CPS 2 et celui de la carotte CPS 3, soit X m de largeur, alors qu'ensuite il se réduit au sud de CPS 3.
- Au cours du temps, le lit majeur tend à recouvrir le lit mineur antérieur. Ceci signifie, d'une part, un changement de dynamique fluviale (substitution d'un lit majeur à un lit mineur) et, d'autre part, l'apparition d'une tendance à l'accumulation.

Dans cette évolution, on peut être tenté d'incriminer le canal de jonction. Dans l'attente de datations au C14, il est cependant possible d'avancer l'hypothèse qu'il n'est pas seul en cause puisqu'une évolution comparable vient d'être prouvée dans les lits du Gardon d'Anduze et de l'Ouvèze (Bonté *et al*, 2001).

Remerciements : Je tiens à remercier tout particulièrement Aurélie FOUILLEUL qui a accepté de consacrer une part précieuse de son temps aux analyses sédimentologiques et Claude SIMONE pour sa collaboration efficace.

Liste des figures en annexe :

Fig. 1 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 1 – 1

Fig. 2 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 1 - 2

Fig.3 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 1 – 3

Fig. 4 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 1 – 4

Fig. 5 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 1 – 5

Fig. 6 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 1
Fig. 7 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 2
Fig. 8 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 3
Fig. 9 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 4
Fig. 10 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 6
Fig. 11 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 7
Fig. 12 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 8
Fig. 13 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 9
Fig. 14 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 2 – 10
Fig. 15 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 1
Fig. 16 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 2
Fig. 17 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 3
Fig. 18 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 4
Fig. 19 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 5
Fig. 20 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 6
Fig. 21 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 7
Fig. 22 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 8
Fig. 23 : Courbe granulométrique cumulative des sables de l'échantillon CPS 3 – 9

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ARNAUD-FASSETTA G. (1998). – *Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône*, thèse de doctorat, Université de Provence, 328 p.

BONTE P., BALLAIS J.-L., MASSON, M., BEN KEHIA H., EYRAUD C., GARY G., GHRAM A. (2001). – Datations au 137Cs, 134Cs et 210 Pb de dépôts de crues du XXe siècle, *in* BARRANDON J.-N., GUIBERT P., MICHEL V. éds *Datation*, XXIe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes, p. 141-157.

BRAVARD J.-P. (1983). – Les sédiments fins des plaines d'inondation dans la vallée du Haut-Rhône, *Revue de Géographie Alpine*, LXXI, 4, p. 363-379.

EYNON G., WALKER R.-G. (1974). – Facies relationships in pleistocene outwash gravels, Southern Ontario : a model for bar growth in braided rivers, *Sedimentology*, 21, 1, p. 43-70.

PASSEGA R. (1957). – Texture as characteristics of clastic deposition, *Bull. Petrol. Geol.*, 41 (9), p. 1952-1984.

ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

Philippe BONTE

I – CONDITIONS D'ANALYSE

Ces carottes (CPS1, CPS2 et CPS3) ont été échantillonnées une première fois le 12 octobre 2001 à l'Université d'Aix, juste après leur ouverture dans les locaux du CETE. Les résultats de ces analyses, qui ont été communiqués en décembre 2001, montraient la nécessité d'un nouvel échantillonnage dans les premières dizaines de centimètres. Ce nouvel échantillonnage a été effectué en mars 2002, il concerne les 50 premiers centimètres de chacune des carottes (de manière à avoir une collection complète tous les 10 cm).

Les trois carottes ont les caractéristiques suivantes :
(les longueurs des différents tronçons ont été rectifiées après ouverture)

- Carotte CPS1 (entre la rivière et le canal du midi) :

Tronçon n°1: de 0 à 97 cm
n°2: de 97 à 161 cm

- Carotte CPS2 (à l'Est du canal du Midi, donc protégée des inondations) :

Tronçon n°1: de 0 à 92 cm
n°2: de 92 à 186 cm
n°3: de 186 à 282 cm

- Carotte CPS3 (la plus proche de la rivière) :

Tronçon n°1: de 0 à 90 cm
n°2: de 90 à 173 cm
n°3: de 173 à 260 cm

L'analyse par spectrométrie gamma des échantillons a été réalisée sur des aliquotes allant de 60 à 80 g (la granulométrie étant toujours très fine, il n'a pas été nécessaire de faire de séparation de la fraction grossière). Les comptages gamma ont tous été réalisés au LSCE, à Gif sur Yvette, sur le même détecteur à cristal de germanium hyper pur, protégé de l'activité gamma ambiante par un château de plomb et associé à une chaîne d'amplification et d'analyse du signal détecté (24 à 48 heures, spectre sur 8000 canaux, entre 30 keV et 2 MeV).

II – COMPOSITION CHIMIQUE :

L'analyse par spectrométrie gamma nous donne quelques renseignements sur la composition chimique des échantillons. Il s'agit des teneurs en uranium, thorium et potassium. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

niveau	prof. cm	K %	U ppm	Th ppm
CPS1 située entre la rivière et le canal du Midi				
9-11	10	1,94 +- 0,05	2,8 +- 0,1	9,5 +- 0,1
19-21	20	1,87 +- 0,05	2,7 +- 0,1	9,1 +- 0,1
29-31	30	1,73 +- 0,06	2,6 +- 0,1	8,8 +- 0,1
39-41	40	1,86 +- 0,05	2,5 +- 0,1	9,2 +- 0,1
49-51	50	1,86 +- 0,06	2,5 +- 0,1	9,0 +- 0,1
95-97	96	1,56 +- 0,05	2,2 +- 0,1	7,4 +- 0,1
129-131	130	1,74 +- 0,06	2,5 +- 0,1	8,7 +- 0,1
159-161	160	1,43 +- 0,04	2,3 +- 0,1	7,5 +- 0,1
CPS2 située à l'Est du canal du Midi, donc protégée des inondation				
9-11	10	1,51 +- 0,06	2,3 +- 0,1	7,5 +- 0,1
19-21	20	1,40 +- 0,06	2,3 +- 0,1	7,6 +- 0,1
29-31	30	1,33 +- 0,04	2,3 +- 0,1	7,5 +- 0,1
39-41	40	1,30 +- 0,05	2,3 +- 0,1	7,3 +- 0,1
49-51	50	1,11 +- 0,05	2,1 +- 0,1	6,4 +- 0,1
109-111	110	1,23 +- 0,06	2,5 +- 0,1	7,9 +- 0,1
184-186	185	1,22 +- 0,05	2,7 +- 0,1	8,5 +- 0,1
209-211	210	1,09 +- 0,04	2,3 +- 0,1	6,9 +- 0,1
280-282	281	1,37 +- 0,04	2,1 +- 0,1	6,9 +- 0,1
CPS3 la plus proche de la rivière				
9-11	10	1,72 +- 0,05	2,6 +- 0,1	8,9 +- 0,1
19-21	20	1,77 +- 0,06	2,4 +- 0,1	8,8 +- 0,1
29-31	30	1,63 +- 0,05	2,4 +- 0,1	8,3 +- 0,1
39-41	40	1,49 +- 0,04	2,2 +- 0,1	8,0 +- 0,1
49-51	50	1,61 +- 0,04	2,5 +- 0,1	8,7 +- 0,1
119-121	120	1,86 +- 0,09	2,7 +- 0,1	9,7 +- 0,1
209-211	210	1,42 +- 0,06	2,4 +- 0,1	7,3 +- 0,1
258-260	259	1,32 +- 0,03	2,2 +- 0,1	7,0 +- 0,1

Tableau 1 : Résultats des analyses pour K, U et Th dans les trois carottes

Les graphiques suivants permettent une comparaison des différentes carottes (figures 24 a, 24 b et 24 c) :

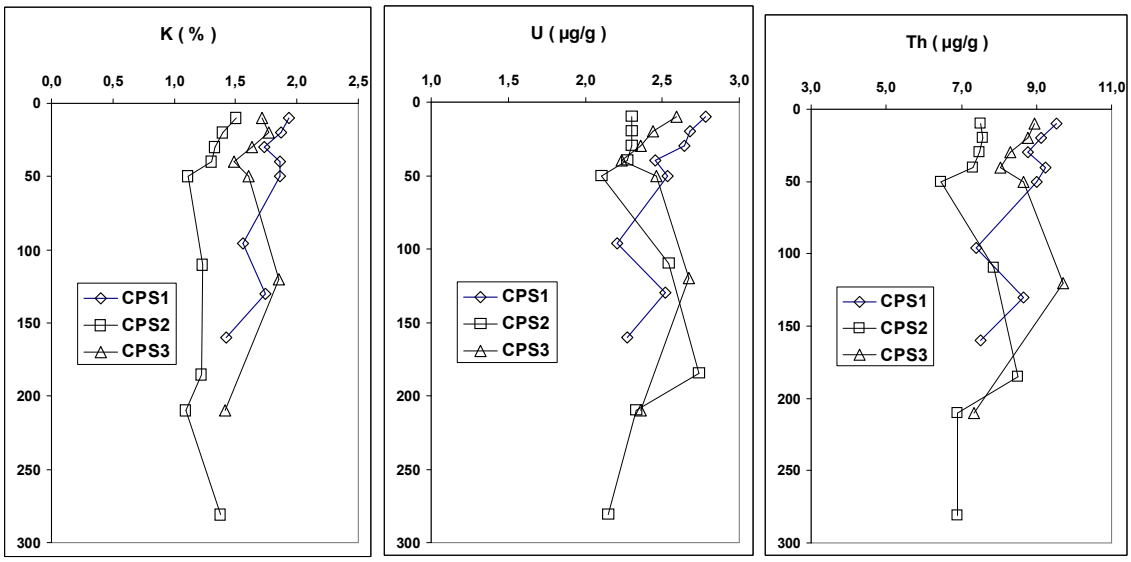


fig 24 a *fig 24 b* *fig 24 c*

Figure 24 : Comportements du potassium (24 a), de l'uranium (24 b) et du thorium (24 c)

Sur le plan de la composition chimique des sédiments collectés, il ressort de cette étude que les deux carottes CPS1 et CPS3 sont très semblables et homogènes.

La carotte CPS2 montre des teneurs en potassium systématiquement plus faibles. Dans les horizons supérieurs, les teneurs en uranium et thorium sont également plus faibles dans cette carotte.

Les corrélations deux à deux entre ces éléments montrent que les niveaux 110, 185 et 210 de CPS2 ont une composition chimique différente de tous les autres. Les niveaux de surface (50 et au-dessus) et la base ont des rapports U, Th et K semblables à ceux de tous les niveaux des carottes CPS1 et CPS3 (figure 25).

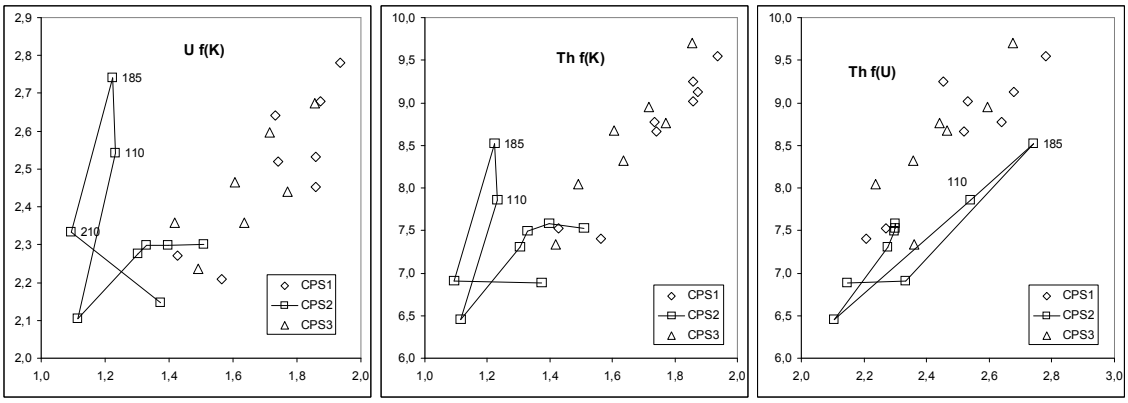


fig 25 a *fig 25 b* *fig 25 c*

Figure 25 - Corrélations uranium-potassium (25 a), thorium-potassium (25 b) et thorium-uranium (25 c)

III – MARQUEURS TEMPORELS :

Les premières analyses avaient montré qu'à partir du niveau à 50 cm de profondeur, tous les sédiments sont anciens, nettement antérieurs à la crue de novembre 1999 (absence de Cs-137 et d'excès de Pb-210). Les nouvelles mesures (tableau 2) font encore remonter vers la surface cette absence de dépôts récents (moins de 50 ans).

niveau	prof. cm	Cs-137 Bq/kg	Pb-210 Bq/kg	Ra-226 Bq/kg	Pb-210 en excès Bq/kg
CPS1	située entre la rivière et le canal du Midi				
9-11	10	6,2 +- 0,3	51 +- 2	35 +- 1	16 +- 2
19-21	20	4,6 +- 0,2	38 +- 2	33 +- 1	< 5
29-31	30	< 0,4	34 +- 2	33 +- 1	< 7
39-41	40	< 0,3	32 +- 2	31 +- 1	< 5
49-51	50	< 0,4	28 +- 2	32 +- 1	< 6
95-97	96	< 0,3	31 +- 2	28 +- 1	< 6
129-131	130	< 0,4	36 +- 2	31 +- 1	< 6
159-161	160	< 0,3	29 +- 1	28 +- 1	< 4
CPS2	située à l'Est du canal du Midi, donc protégée des inondations				
9-11	10	4,6 +- 0,3	36 +- 2	29 +- 1	7 +- 2
19-21	20	1,3 +- 0,2	30 +- 2	29 +- 1	< 6
29-31	30	0,7 +- 0,2	30 +- 2	29 +- 1	< 5
39-41	40	< 0,3	30 +- 2	28 +- 1	< 5
49-51	50	< 0,3	32 +- 2	26 +- 1	< 5
109-111	110	< 0,4	35 +- 2	32 +- 1	< 7
184-186	185	< 0,3	40 +- 2	34 +- 1	< 6
209-211	210	< 0,3	28 +- 2	29 +- 1	< 5
280-282	281	< 0,2	30 +- 1	27 +- 1	< 4
CPS3	la plus proche de la rivière				
9-11	10	5,7 +- 0,2	58 +- 2	32 +- 1	26 +- 2
19-21	20	2,5 +- 0,2	34 +- 2	31 +- 1	< 6
29-31	30	< 0,3	31 +- 2	29 +- 1	< 5
39-41	40	< 0,3	30 +- 1	28 +- 1	< 4
49-51	50	< 0,2	33 +- 1	31 +- 1	< 4
119-121	120	< 0,5	39 +- 3	33 +- 1	< 10
209-211	210	< 0,4	32 +- 2	29 +- 1	< 6
258-260	259	< 0,2	28 +- 1	27 +- 1	< 4

Tableau 2 : Résultats des analyses des marqueurs temporels dans les trois carottes

L'absence totale de Cs-137 à plus de 30 cm de profondeur dans les trois carottes est suffisante pour démontrer qu'il n'y a pas eu d'accrétion importante de sédiment depuis les années 50. C'est en effet l'époque de la première injection dans l'atmosphère de cet isotope artificiel, produit de fission de l'uranium 235 comme du plutonium 239, utilisés pour déclencher les bombes H, seules capables de contaminer la Planète toute entière (assez puissantes pour injecter ces éléments dans la stratosphère). La présence de cet isotope dans les 30 premiers centimètres est compatible avec une répartition par le travail de la terre et le lessivage pédologique (figure 26).

Les activités spécifiques, de l'ordre de 5 Bq/kg à 10 cm de profondeur, ne montrent pas d'enrichissement très marqué. Une extrapolation de ces résultats conduit à des inventaires de Cs-137 quasi identiques sur les trois sites d'échantillonnage (2430, 2350 et 2370 Bq/m² à la date du prélèvement, le 3 septembre 2001). Ce constat est en parfait accord avec une histoire sédimentaire identique pour les trois situations : proximité de la rivière aussi bien qu'en domaine totalement protégé des inondations. Toutefois, les valeurs d'inventaire

obtenues sont un peu plus élevées que ce qu'on peut attendre en ne considérant que les retombées des bombes. Une contamination de l'ordre de 15% du total par les retombées de Tchernobyl suffit à expliquer cette surabondance.

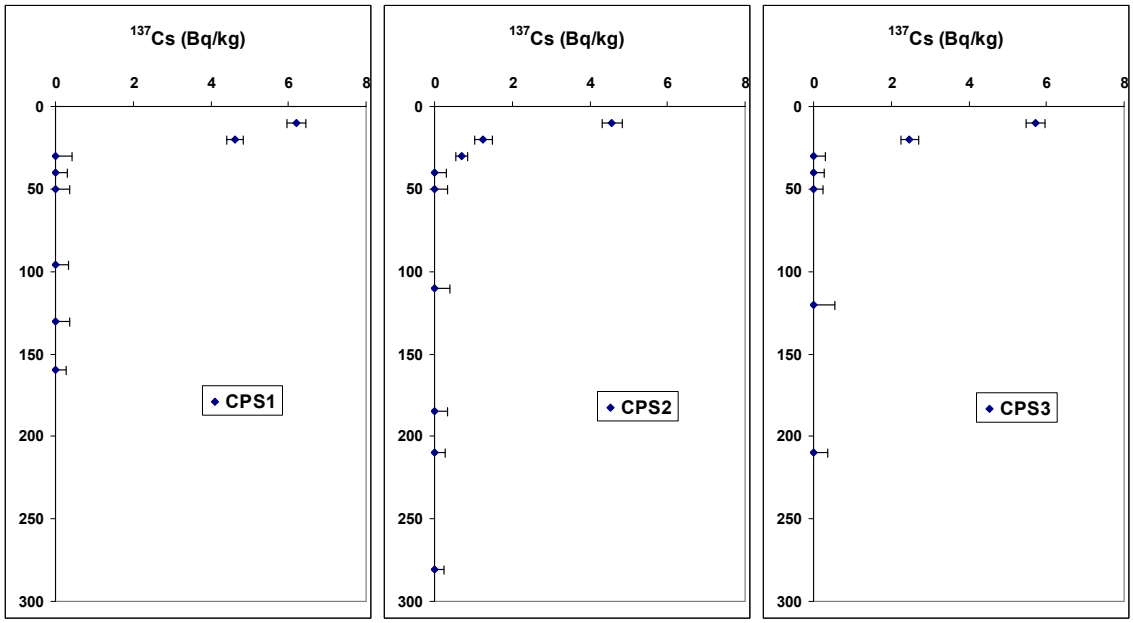


fig 26 a *fig 26 b* *fig 26 c*

Figure 26 : Profils de Cs-137 dans les trois carottes

Ces observations sont confirmées par les résultats des analyses de Pb-210. Rappelons que le Pb-210 utilisable pour dater un sédiment est celui qui provient de la désintégration du radon atmosphérique, alors qu'on mesure le Pb-210 total, c'est à dire la somme du Pb-210 intrinsèque, en équilibre séculaire avec tous les autres isotopes de la famille de l'uranium 238, et du Pb-210 d'origine atmosphérique. Seul l'excès de Pb-210 ($^{210}Pb_{xs}$) décroît avec une période de 22 ans. Résultant d'une différence, la précision des mesures est beaucoup plus faible (figure 27).

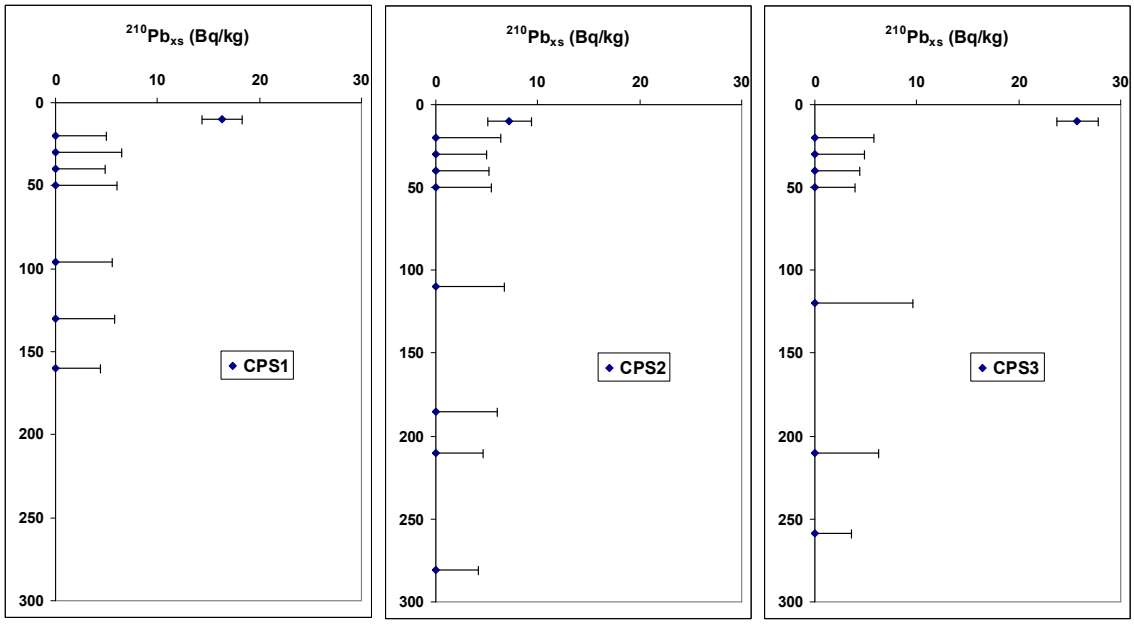


fig 27 a *fig 27 b* *fig 27 c*

Figure 27 : Profils de Pb-210 en excès dans les trois carottes

On remarque cependant que la carotte CPS3, la plus proche de la rivière, est la seule à montrer un excès important de Pb-210 dans le niveau prélevé à 10 cm de profondeur. Cette observation est tout à fait cohérente avec la proximité de la rivière. En effet, les matières en suspension charriées dans les rivières ont généralement un excès de Pb-210 nettement plus important que les sols. Nous pouvons donc affirmer que ce niveau est une laisse de crue, apportée par la crue de novembre 1999.

Pour les autres carottes, les activités spécifiques d'excès de Pb-210 sont compatibles avec l'activité normale d'un sol exposé aux retombées atmosphériques locales.

IV – CONCLUSIONS :

Il ressort de cette étude que les dernières crues de l'Aude n'ont pas eu d'incidence importante sur la morphologie du lit de la rivière aux sites échantillonnés. On peut tout au plus envisager un dépôt décimétrique au site CPS3. Les sédiments sont particulièrement homogènes sur les deux mètres échantillonnés des sites CPS1 et CPS3. Par ailleurs, il apparaît nettement que les retombées de Tchernobyl ont été assez faibles dans cette région.

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Résultats des analyses pour K, U et Th dans les trois carottes

Tableau 2 : Résultats des analyses des marqueurs temporels dans les trois carottes.

Liste des figures :

Figures 24 : Comportements du potassium (24 a), de l'uranium (24 b) et du thorium (24 c)

Figure 25 : Corrélations uranium-potassium (25 a), thorium-potassium (25 b) et thorium-uranium (25 c)

Figure 26 : Profils de Cs-137 dans les trois carottes

Figure 27 : Profils de Pb-210 en excès dans les trois carottes

ANNEXE