



Université Pierre et Marie Curie  
2<sup>ème</sup> année de Master  
Spécialité: Géosciences-Géomatériaux  
Parcours: Lithosphère, Bassin et Pétrole  
Année universitaire 2007-2008  
Mémoire de stage sur

**LA MODELISATION GENETIQUE DE SYSTEMES  
FLUVIATILES MEANDRIFORMES: EXEMPLE DU BASSIN  
DE LORANCA (Espagne)**

Présenté par

Annie Reine MBANG BILONGO

**Responsables:** Isabelle COJAN, Jacques RIVOIRARD.

## Résumé

L'objectif de notre travail est la modélisation de systèmes fluviaux à méandres de façon à reproduire la géométrie des corps sédimentaires, la stratigraphie des puits et la variabilité des proportions de sable.

A partir de données provenant de cinq coupes dans le Bassin de Loranca en Espagne, nous avons déterminé les paramètres nécessaires à la modélisation parmi lesquels la hauteur et la largeur du chenal, la longueur et la largeur de la plaine d'inondation, les périodes d'occurrence des crues de débordement et d'avulsion du chenal. Les coupes levées sont également utilisées comme des sondages.

Ensuite, nous avons effectué des tests à l'aide du logiciel de modélisation FLUMY développé par l'Ecole des Mines de Paris.

La reproduction des pourcentages de sable a été réalisée en faisant varier la fréquence des crues de débordement, qui influence de façon notable les proportions de sable. Les résultats des simulations non conditionnelles montrent que l'on peut facilement reproduire l'architecture du système fluvial de Loranca à l'aide des paramètres déduits du terrain, en faisant varier la période des crues de débordement.

Les simulations conditionnelles montrent que les niveaux sableux présents dans les puits sont relativement bien honorés, avec une légère tendance à déposer un peu plus de sable dans la simulation que dans les puits initiaux.

### **Merci à**

Mme Isabelle COJAN et M. Jacques RIVOIRARD pour leur encadrement durant ces cinq mois de stage. Isabelle pour sa patience et ses encouragements dans les moments de doute.

Tous les enseignants de l'Université Pierre et Marie Curie pour les enseignements dispensés.

Ma famille particulièrement M. et Mme MBEDE pour leurs conseils dans mes choix d'études, M. et Mme MANGA pour avoir rendu mon séjour français moins nostalgique, M. et Mme ATANGANA pour leur soutien, Marie-Jo, Mireille, Mariella, Guy et enfin Mme Yvonne ESSOLA, ma mère dont le dévouement m'a permis d'atteindre mon objectif.

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>Introduction: problématique</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Systèmes fluviatiles meandriformes</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Le logiciel de modélisation Flumy</b>	<b>10</b>
3.1.	<i>Présentation de l'interface de modélisation</i>	11
3.2.	<i>Simulations non conditionnelles</i>	12
3.3.	<i>Simulations conditionnelles</i>	15
<b>4.</b>	<b>Cas d'étude - La série de Loranca</b>	<b>17</b>
4.1.	<i>Situation géographique</i>	17
4.2.	<i>Présentation de la série de Loranca</i>	17
4.3.	<i>Stratigraphie de l'Unit II</i>	18
4.3.1.	Données biostratigraphiques	19
4.3.2.	Durée des différentes biozones.	19
4.4.	<i>Secteur d'étude</i>	21
4.4.1.	Lever de coupe	21
4.4.2.	Les faciès	22
4.5.	<i>Caractéristiques de la série en terme de réservoir</i>	23
<b>5.</b>	<b>Les simulations</b>	<b>26</b>
5.1.	<i>Choix de paramètres en fonction des données de terrain</i>	26
5.1.1.	Le chenal	26
5.1.2.	La plaine d'inondation	27
5.1.3.	Les crues de débordement	28
5.1.4.	La période d'avulsion régionale	28
5.1.5.	Le coefficient d'érodabilité	29
5.2.	<i>Simulations non conditionnelles</i>	29
5.2.1.	Simulation de référence	29
5.2.2.	Choix des paramètres de modélisation	31
5.3.	<i>Simulations conditionnelles</i>	34
<b>6.</b>	<b>Conclusion et perspectives</b>	<b>37</b>

## Liste des figures et tableaux

Figure 1: Représentation schématique des différents types de dépôts d'un cours d'eau à méandres (Cojan et Renard, 1997.)	8
Figure 2: Séquence idéale de dépôts d'un système fluvial méandrique (Cojan et Renard, 1997).	9
Figure 3: Interface d'entrée (FLUMY)	11
Figure 4: Simulations non conditionnelles	13
Tableau 1: Récapitulatif des paramètres de modélisation (it=itérations)	14
Tableau 2: Données de puits	15
Figure 5: Mode d'extraction d'un puits	15
Figure 6: Situation géographique de Loranca	17
Figure 7: Unités stratigraphiques du Bassin de Loranca (Gomez Fernandez et al., 1996)	18
Figure 8: Corrélation des biozones locales du bassin de Loranca avec les biozones de micromammifères européennes (Agusti et al., 2001; Martinius, 2000; Gomez Fernandez et al., 1996).	20
Figure 9: Situation géographique du secteur d'étude.	21
Figure 10: Coupe et faciès de Penas de San Juan (PAR=Parrales; PZ1=Pozo 1; MON=Moncalvillo; MOH=Moheda et CAB=Cabeza Rubia).	22
Tableau 3: Récapitulatif des données des intervalles	23
Figure 11: Durée des différents intervalles. (Colonne de droite durées possibles en rouge de l'intervalle I, en vert de l'intervalle II et en violet de l'intervalle III. Colonne de gauche durée retenue pour chaque intervalle).	24
Tableau 4: Récapitulatif des épaisseurs et des proportions de sables des différents intervalles sur six sites étudiés.	25
Figure 12: Schémas des différentes hauteurs de chenal mesurables.	26
Tableau 5: récapitulatif des paramètres de modélisation	29
Figure 14: Sections en amont, en aval et milieu du domaine de modélisation.	30
Figure 15: Courbes de proportions	31
Tableau 6: Récapitulatif des données des intervalles.	31
Tableau 7: Résultats des simulations	32
Tableau 8: Récapitulatif des paramètres choisis pour la modélisation non conditionnelle de la coupe.	32
Tableau 9: Résultats des simulations	33

Figure 16: Reproduction de la coupe.	33
Figure 17: Localisation des puits dans la plaine d'inondation.	34
Figure 18: Images de la simulation conditionnelle des cinq puits	35
Tableau10: Résultats des simulations conditionnelles pour les intervalles définis.	36

## **1. INTRODUCTION: PROBLEMATIQUE**

La caractérisation des réservoirs sableux en domaine fluvatile méandriforme est réalisée au travers d'une modélisation s'appuyant sur des processus permettant d'utiliser les paramètres à l'origine de l'évolution des cours d'eau tels que la migration du chenal, la fréquence des crues ou d'avulsion du chenal ou encore le taux d'aggradation des dépôts.

La modélisation d'objets réels permet d'effectuer une comparaison entre architectures produites de façon numérique et celles observées dans la réalité. Cette partie exige une parfaite connaissance des analogues choisis comme objets à modéliser.

Les séries sédimentaires continentales du Bassin de Loranca en Espagne du début du Miocène présentent des dépôts de systèmes fluviatiles méandriformes qui nous serviront de cas d'étude.

A partir de données provenant de cinq sites du Bassin de Loranca, des données bibliographiques permettant de contraindre la stratigraphie, l'écologie et le paléoclimat à cette période, notre objectif sera de faire des simulations conditionnelles c'est-à-dire contraintes par des données de puits et de terrain de manière à retranscrire de la façon la plus plausible l'évolution du système préservé de la série sédimentaire de Loranca. Nous discuterons ensuite de la sensibilité du modèle à la variabilité du rapport sable sur sable plus argile (net to gross). Pour se faire, nous utiliserons un logiciel développé par l'Ecole des Mines de Paris appelé FLUMY conçu pour simuler l'évolution des systèmes fluviatiles à méandres.

## 2. SYSTEMES FLUVIATILES MEANDRIFORMES

On distingue généralement quatre types de réseaux fluviaux à savoir:

- les réseaux droits et en tresses avec un indice de sinuosité faible ( $<1,5$ ),
- les réseaux anastomosés et méandriques avec un fort indice de sinuosité ( $>1,5$ ).

Les réseaux fluviaux sont contrôlés par les paramètres suivants: la pente du réseau, la charge sédimentaire transportée, la dimension du réseau de drainage, la stabilité des rives par la végétation, le climat et la tectonique.

Nous nous intéresserons principalement aux réseaux fluviaux méandriques dont les types de dépôts sont les suivants (figure 1):

- les dépôts de barres de méandres (point bar): ce sont des dépôts sableux déposés en litages obliques lors de la migration du chenal,
- les dépôts de fond de chenaux (channel lag): ce sont des sédiments grossiers (galets, graviers et sables grossiers) qui traduisent la migration et l'aggradation,
- les dépôts de levées (levee): ce sont des sédiments fins de type silt qui bordent le chenal principal. Ils se déposent lors des crues de débordement sur l'ensemble de la plaine d'inondation. Les dépôts argileux (sheet flood) sont des dépôts argileux qui se déposent dans la partie la plus distale de la plaine d'inondation.
- les lobes de crevasse (crevasse splay): ce sont des dépôts sableux qui se déposent dans la plaine d'inondation après la rupture d'une levée durant une crue de débordement.

Les cours d'eau méandriques ont un débit très concentré dans le chenal principal avec des vitesses de courant et une capacité d'érosion importante; lorsque le fleuve change brutalement de lit, on parle d'avulsion. Les systèmes fluviaux méandriques sont souvent observés dans les zones tempérées et humides.

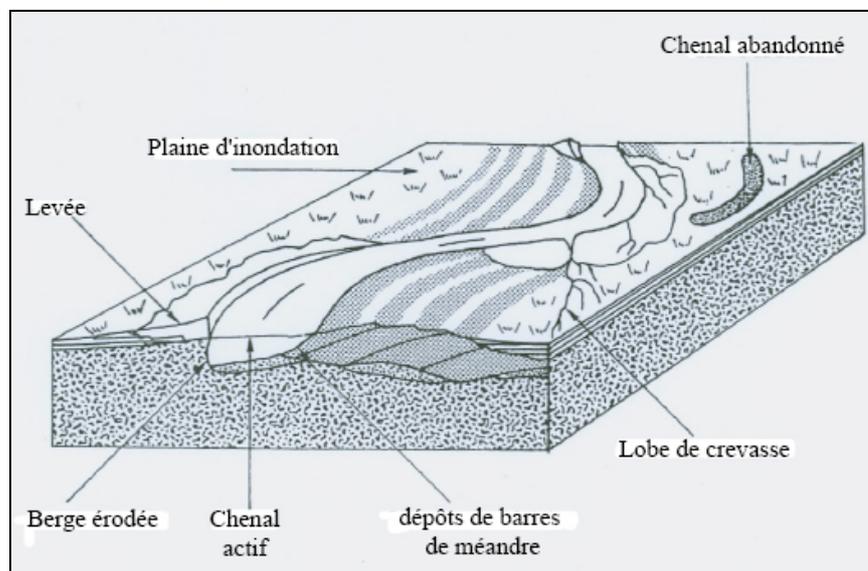


Figure 1: Représentation schématique des différents types de dépôts d'un cours d'eau à méandres (Cojan et Renard, 1997.)

De manière générale, une séquence de dépôts de cours d'eau en méandres (figure 2) commence par des dépôts grossiers et s'achève par des dépôts argileux de plaine d'inondation présentant des traces de végétation et de sols.

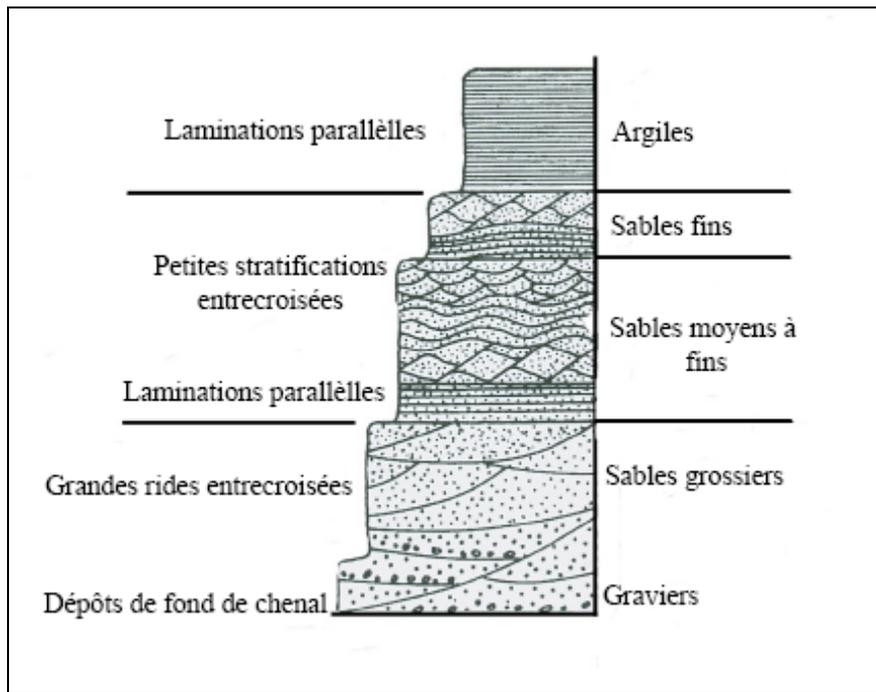


Figure 2: Séquence idéale de dépôts d'un système fluvial méandrique (Cojan et Renard, 1997).

### **3. LE LOGICIEL DE MODELISATION FLUMY**

Le logiciel FLUMY est un outil de modélisation utilisé sous Windows avec une interface pour entrer des paramètres et une visualisation graphique des résultats. Il propose de recourir à la fois à une approche déterministe d'une part et à une approche stochastique d'autre part. L'aspect déterministe permet, grâce à l'utilisation des équations d'hydrodynamisme fluvial, de saisir la réalité des phénomènes modélisés.

L'approche stochastique permet grâce à l'intervention des lois de probabilité d'obtenir plusieurs réalisations différentes d'un même objet. Elle est également importante au niveau de la migration latérale du chenal, de la localisation et des fréquences des événements tels que les crues de débordement ou les ruptures de levées.

La modélisation est basée sur l'évolution dans le temps et l'espace d'un chenal par migration latérale, avulsions et recouvrements de méandres (chenaux). Elle prend ainsi en compte la répartition des dépôts associés (point bar, crevasse splay, levee et mud plug) à l'échelle d'un réservoir. Chaque type de dépôts est codé par le logiciel en termes de faciès.

La plaine d'inondation est discrétisée selon une grille en deux dimensions ( $O_x$  et  $O_y$ ) dont l'orientation est parallèle à la surface de référence. Le chenal modélisé s'écoule selon l'axe  $O_x$  vers les valeurs croissantes de la grille. A chaque itération, le logiciel calcule une migration du chenal. Les dépôts de plaine d'inondation respectent une décroissance exponentielle de la granulométrie et de l'épaisseur. L'espace d'accommodation est matérialisée par la présence d'un profil d'équilibre dont la position peut être contrainte à tout moment.

### 3.1. Présentation de l'interface de modélisation

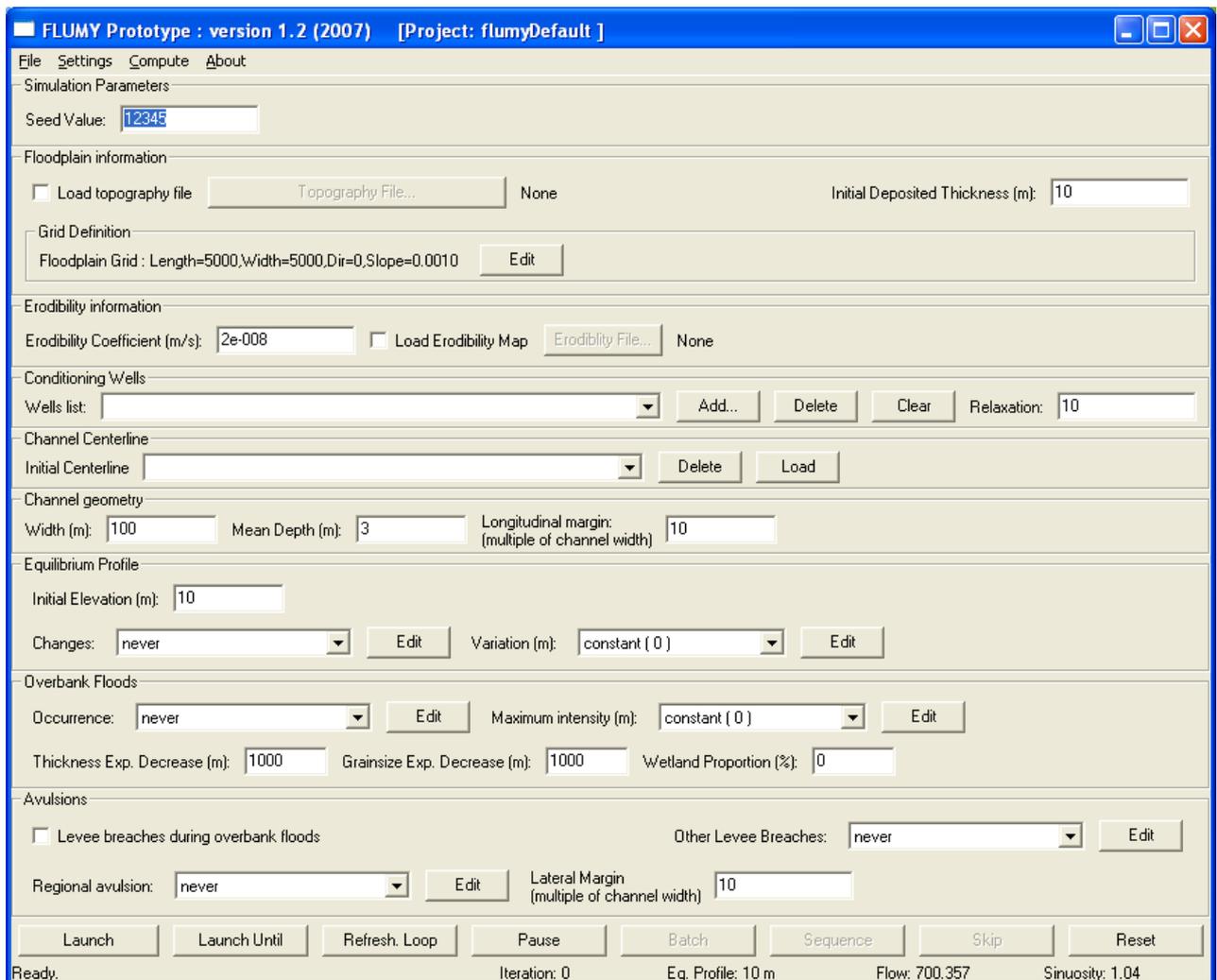


Figure 3: Interface d'entrée (FLUMY)

Les paramètres nécessaires à la modélisation (figure 3) sont:

- La taille de la plaine d'inondation (floodplain information): il s'agit de la longueur et de la largeur du système fluvial à modéliser ainsi que de la pente du chenal principal,
- L'érodabilité (erodability information): elle traduit la facilité qu'à une roche à s'éroder. Plus elle sera élevée, plus la migration du chenal sera importante. L'érodabilité permet donc de contrôler le ralentissement ou l'accroissement de la migration du chenal,
- Les données de puits (conditioning wells): ce sont les données (coordonnées et descriptions verticales) des puits à charger pour la simulation,
- La géométrie du chenal (channel geometry) c'est-à-dire sa largeur et sa profondeur moyenne,
- Le profil d'équilibre (equilibrium profile): il définit la surface au-dessus de laquelle il ne peut y avoir de dépôts. L'espace entre cette surface et la topographie correspond à l'espace disponible ou espace d'accommodation,

- La période d'occurrence des crues de débordements (overbank floods) et l'épaisseur des dépôts durant chaque crue (maximum intensity),
- Les paramètres de décroissance de l'épaisseur des crues,
- Les périodes d'avulsion régionale et locale. L'avulsion régionale représente une rupture de levée en amont de la plaine d'inondation et hors du domaine de modélisation entraînant le changement de lit du cours d'eau. L'avulsion locale représente une rupture de levée dans le domaine de modélisation avec changement du lit du cours d'eau.

### ***3.2. Simulations non conditionnelles***

Nous allons faire des tests qui nous permettront de quantifier les proportions de sable déposés en faisant varier un paramètre à chaque test par rapport à une simulation de référence que nous appellerons test 0. Ces tests sont des simulations non conditionnelles c'est-à-dire qu'ils n'ont pas pour objectif de reproduire les données de puits.

Pour toutes les simulations, nous avons pris les paramètres constants suivants: une plaine d'inondation de 6000m par 9000m; un maillage de 30m par 30m; un coefficient d'érodabilité de  $2.10^{-8}$ ; un chenal de 75m de largeur; une période d'occurrence des crues de 150 itérations avec une intensité de 0,5m et des facteurs exponentiels de décroissance de 1000. Le logiciel fera 50.000 itérations pour chaque simulation. Pour estimer l'influence de chaque paramètre sur la proportion de sables déposés, nous avons fait varier la hauteur du chenal, la présence ou non d'avulsions locales et la période d'avulsion régionale (figure 4 et tableau 1).

Pour calculer les proportions de sables et d'argiles, nous avons considérés comme équivalents les faciès CL (channel lag), SP (sand plug), PB (point bar), CSI (crevasse splay I) pour les sables et CCh (crevasse splay II channels), CSII (crevasse splay II), MP (mud plug), LV (levee) et OB (dépôts de crues de débordement) pour les argiles. La proportion de sables est donnée par la somme des faciès sableux et celle des argiles par la somme des faciès argileux. Les différentes teneurs sont données par les courbes de proportions qui peuvent être calculées sur des épaisseurs variables.

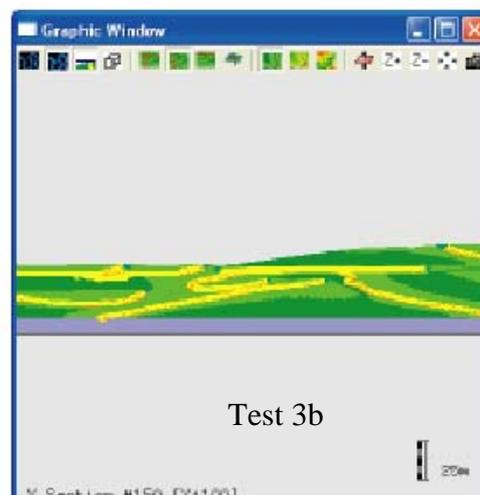
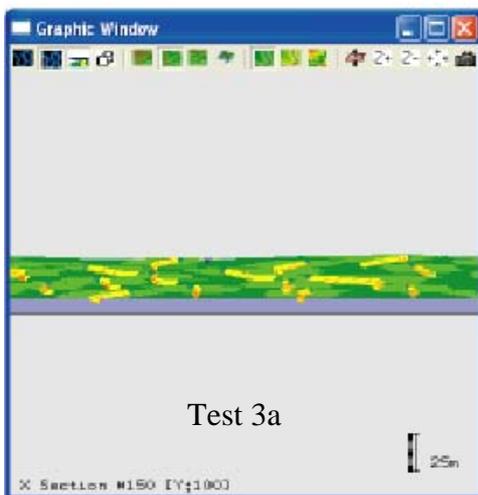
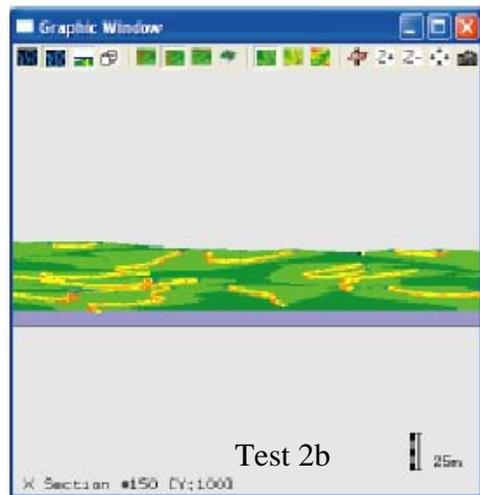
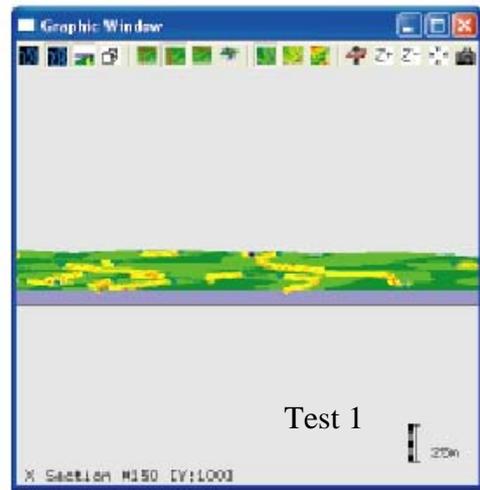
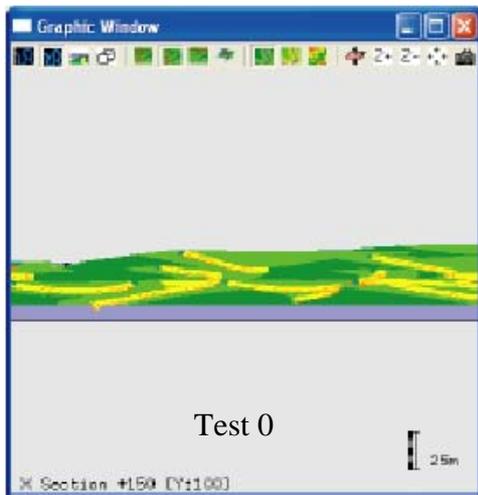


Figure 4: Simulations non conditionnelles

	Test 0	Test 1	Test 2a	Test 2b	Test 3a	Test 3b
Avulsions régionales	5000 it	5000 it	5000 it	5000 it	2000 it	10000 it
Avulsions locales	non	oui	non	non	non	non
Hauteur chenal	2,3m	2,3m	3,1m	1,5m	2,3m	2,3m
Épaisseur des dépôts	26m	15m	23m	37m	24m	30m
% Sables	19	24	14	19	17	16
Nombre d'itérations	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Tableau 1: Récapitulatif des paramètres de modélisation (it=itérations)

Comparé au test de référence (figure 4), le test 1 avec avulsions locales montre qu'on dépose plus de sables que sans avulsions locales (24% au lieu de 19%). L'aggradation des dépôts se fait également moins vite et l'épaisseur des dépôts est moins importante (15m pour le test 1 et 26m pour le test 0). Les corps sableux sont moins bien individualisés et moins étendus latéralement. De plus la surface topographique supérieure du test 1 est plus régulière.

Le test 2a (avec un chenal profond-3,1m) montre qu'on dépose moins de sables par rapport au test de référence (14% au lieu de 19%). L'épaisseur de dépôts est aussi inférieure (26m pour le test 0 et 23m pour le test 2a) et donc la vitesse d'aggradation des dépôts. Les corps sableux sont bien individualisés pour le test 0 et ont une grande extension latérale. Si les corps sableux du 2a sont bien individualisés, ils ont cependant une faible extension latérale (figure 4). Un chenal plus profond migre moins vite ce qui limite la répartition des dépôts de crues de débordement et favorise une topographie marquée.

Le test 2b (avec un chenal peu profond-1,5m) montre qu'on dépose autant de sables que dans le test de référence. Par contre l'épaisseur des dépôts est plus importante (26m pour le test 0 et 37m pour le test 2b) de même que la vitesse d'aggradation des dépôts. Les corps sableux sont aussi bien individualisés dans un cas comme dans l'autre et ont une grande extension latérale (figure 4). Un chenal moins profond migre plus vite favorisant une meilleure répartition des dépôts de crues de débordement sur la plaine d'inondation et la régularisation de la topographie.

Le test 3a (faible période d'avulsions régionales) montre qu'on dépose moins de sables par rapport au test de référence. L'épaisseur des dépôts est moins importante (26m pour le test 0 et 24m pour le test 3a) de même que la vitesse d'aggradation des dépôts. Par contre les corps sableux sont assez bien individualisés et ont une faible extension latérale. La surface topographique supérieure est plus régulière pour le test 3a (figure 4).

Comparé au test de référence, le test 3b (forte période d'avulsions régionales) montre qu'on dépose moins de sable et présente une surface topographique supérieure irrégulière. L'aggradation des dépôts se fait néanmoins plus vite et l'épaisseur des dépôts est plus importante (30m pour test 3b et 26m pour le test 0). Les corps sableux sont bien individualisés et plus étendus latéralement (figure 4).

### 3.3. Simulations conditionnelles

Les simulations conditionnelles ont pour but de reproduire les données de puits. Le puits virtuel tiré de simulations non conditionnelles est extrait à l'intersection d'axes nord-sud (selon Y) et est-ouest (selon X) de la fenêtre graphique (figure 5). Chaque puits extrait possède un fichier. Ce fichier contient la localisation du puits dans la plaine (coordonnées suivant les axes Ox et Oy) ainsi que la cote du sommet et de la base du puits (tableau 2). Lors de l'extraction du puits seules les données de profondeurs cumulées et de faciès sont prises en compte.

Coordonnées	X=4650; Y=2310
Cote base	0m
Cote sommet	46,41m

Tableau 2: Données de puits

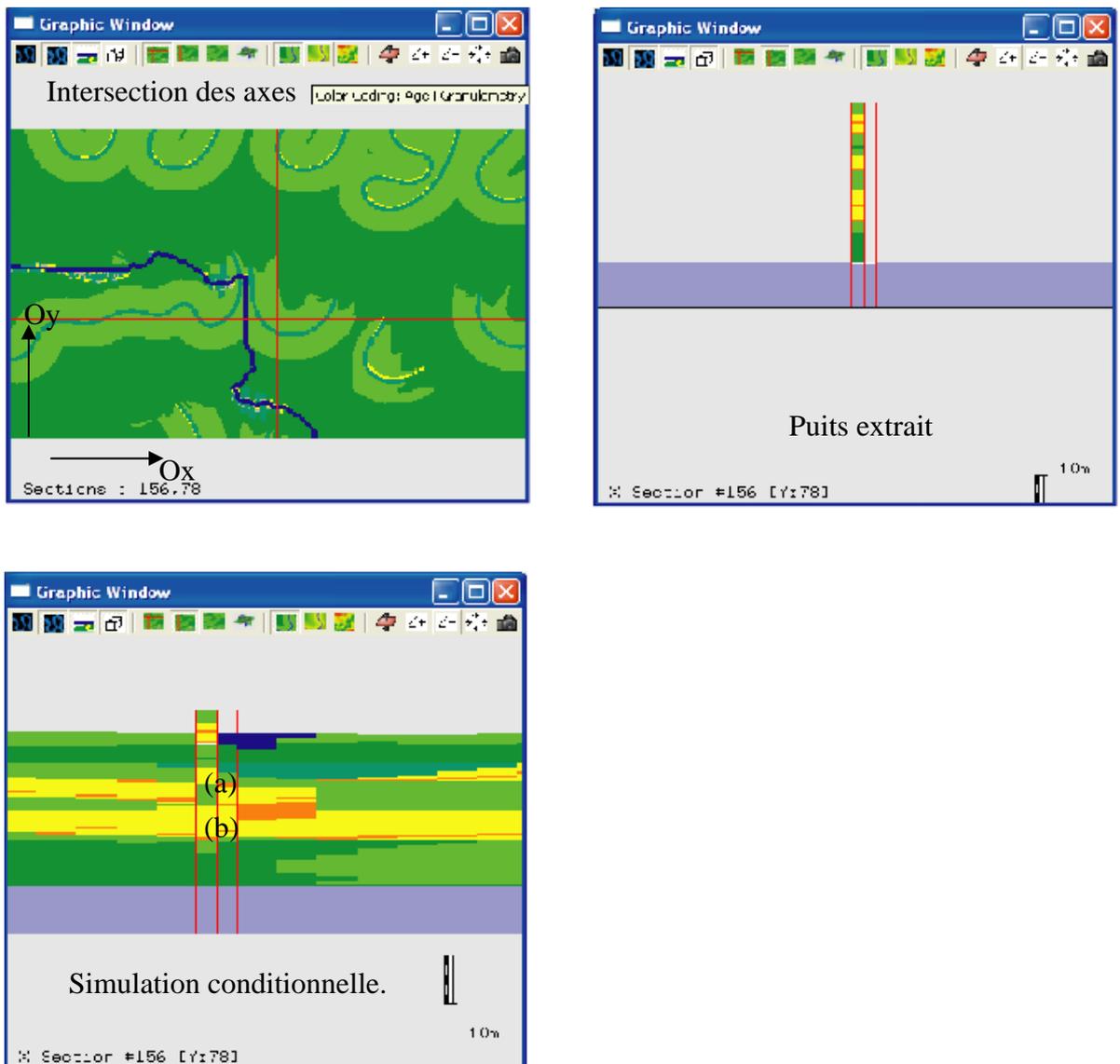


Figure 5: Mode d'extraction d'un puits

Nous avons extrait un puits de la simulation de référence (puits de gauche) que nous avons essayé de reproduire avec les mêmes paramètres (puits de droite). La simulation conditionnelle (figure 5) montre que la nouvelle simulation reproduit les données de puits sauf en certains intervalles (a) où les argiles (vert) ont été remplacées par des sables (jaune) et les sables par les argiles.

## 4. CAS D'ETUDE - LA SERIE DE LORANCA

### 4.1. Situation géographique

Le bassin de Loranca, situé dans la province de Cuenca en Espagne, est une dépression formée durant la phase de plissement liée à la collision entre la Chaîne Ibérique et le bloc cratonique de la Meseta Castellane (figure 6). Il a été comblé par des sédiments continentaux de la fin du Crétacé (Maastrichtien) à la fin du Tertiaire (Piazencien).

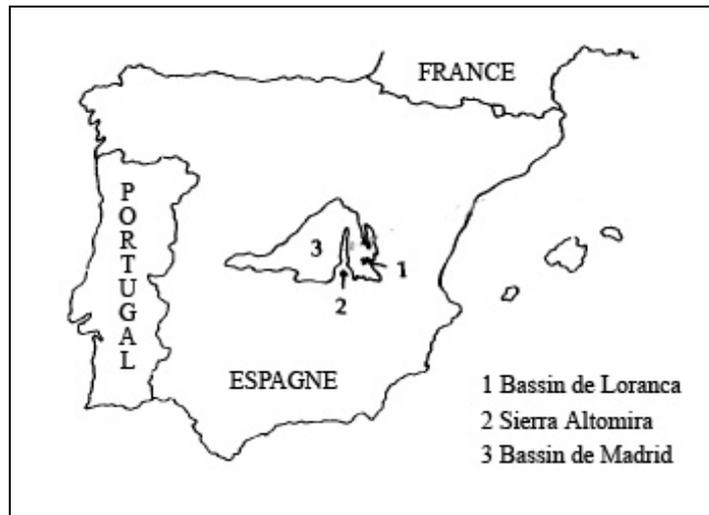


Figure 6: Situation géographique de Loranca

### 4.2. Présentation de la série de Loranca

La série stratigraphique de Loranca (figure 7) est divisée en quatre unités (Gomez Fernandez et al., 1996):

- **Unité détritique inférieure** (Lower Detrital Unit - Unit I): Cette unité s'est déposée de l'Eocène à la fin de l'Oligocène simultanément à la phase de soulèvement de la Sierra Altomira. Ce sont principalement des dépôts fluviatiles composés d'une alternance de conglomérats, de grès, d'argiles limoneuses, de calcaires, de marnes et de gypse. Son épaisseur peut atteindre 270m.
- **Unité détritique supérieure** (Upper Detrital Unit - Unit II): C'est une unité composée par deux systèmes de cônes alluviaux: celui de Tortola (Tortola fan) et de Villalba de la Sierra (Villalba de la Sierra fan) (Diaz-Molina et al., 1985). Elle s'est déposée de la fin de l'Oligocène au début du Miocène. Durant cette période, on a ralentissement de l'activité tectonique et l'extension d'un couloir sédimentaire situé au nord de la Sierra Altomira reliant les bassins de Loranca et de Madrid durant le dépôt cette unité de même. L'Unit II a une épaisseur maximum de 900m. Notre travail concerne la partie supérieure de cette unité que nous allons détailler.
- **Unité détritique terminale** (Terminal Unit): Cette unité est constituée de deux ensembles l'Unit III et l'Unit IV.

L'Unit III s'est déposé au début du Miocène et a une épaisseur d'environ 350m. La décroissance de l'activité tectonique a favorisé le dépôt de gypse dans la majorité du bassin. On y trouve également des dépôts alluviaux présentant des discontinuités internes progressives.

L'Unit IV s'est mis en place durant l'Aragonien (Miocène Inférieur à Moyen) et a une épaisseur d'environ 60m. Ce sont principalement des carbonates lacustres. Cette unité précède un important hiatus sédimentaire couvrant une partie de l'Aragonien et du Vallésien.

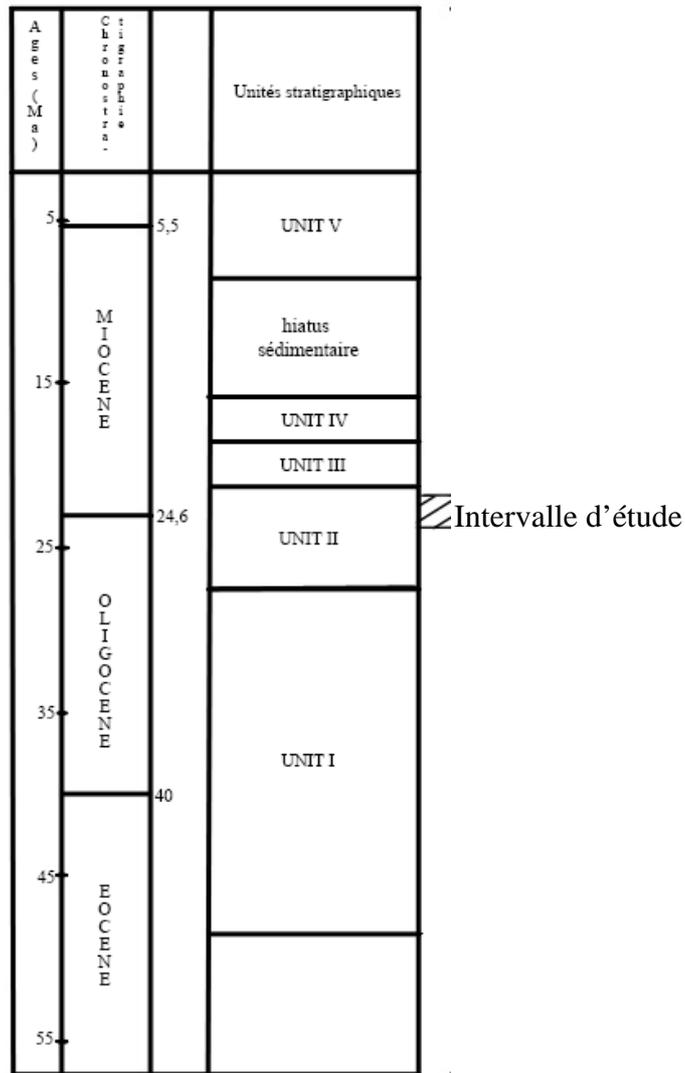


Figure 7: Unités stratigraphiques du Bassin de Loranca (Gomez Fernandez et al., 1996)

### 4.3. Stratigraphie de l'Unit II

La stratigraphie est basée sur les travaux de Daams et al. (1996b) qui a trouvé cinq gisements de micromammifères (rongeurs) dans la région. Par ailleurs, une échelle chronostratigraphique locale basée principalement sur des gisements de micromammifères découverts en Espagne a été définie par Alvarez et al. (1987); échelle qu'ils ont ensuite corrélée à l'échelle chronostratigraphique européenne des mammifères du Néogène (MN- Mammal Neogene) et du Paléogène (MP- Mammal Paleogene). Ces gisements appartiennent aux biozones V et W dans l'Oligocène continental de l'Espagne et X et Y (Y1 et Y2) du début du Miocène définies par Daams et Van der Meulen (1984).

#### 4.3.1. Données biostratigraphiques

Sur l'intervalle étudié, nous disposons de cinq gisements de micromammifères (figure 8) qui sont de la base au sommet:

- - Faune de Canales

Les fossiles trouvés dans cette faune sont: *Issiodoromys limognensis*, *Pseudocricetodon* sp., *Adelomyarion* sp., *Eucricetodon* spp., *Plesioimnthus* sp., *Eomys* cf. *zitteli*, *Peridyromys* sp., Gliridae indet., Sciuridae indet.

L'espèce caractéristique de cette faune est *Issiodoromys limognensis*. Comme autre espèce marquant ce niveau, on a *Eomys* cf. *zitteli*. La faune de Canales est corrélée à la zone V et peut être corrélée au niveau MP28.

- - Faune de Parrales

Les fossiles répertoriés dans cette faune sont: *Issiodoromys pseudanaema*, *Pseudocricetodon* sp., *Eucricetodon* spp., *Plesiosminthus schaubi*, *Eomys huerzeleri*, *Rhodanomys transiens*, *Armantomys bijmai*, *Peridyromys murinus*.

L'espèce caractéristique de cette faune est *Rhodanomys transiens*. La faune de Parrales est attribuée à la zone W de l'échelle de l'Oligocène Supérieur (Alvarez et al., 1987) qui est corrélé à la zone MP29.

- - Faune de Moncalvillo

Les espèces identifiées dans cette localité sont: *Eucricetodon* spp., *Plesiosminthus myarion*, *Rhodanomys schlosseri*, *Vasseuromys autolensis*, *Peridyromys murinus*, *Pseudodyromys* sp., *Heteroxerus* spp.

L'espèce caractéristique de cette localité est *Rhodanomys schlosseri*. Cette faune est corrélée à la zone X de l'Oligocène – début Miocène (Daams et Van der Meulen, 1984) et à la zone MN1 (De Bruijn et al., 1992).

- - Faunes de Pozo1 et Moheda

Dans la localité de Pozo, les espèces enregistrées sont les suivantes: *Eucricetodon* spp., *Ligemeris* sp., *Ritteneria molinea*, *Heteroxerus* spp.

Dans celle de Moheda: *Eucricetodon* spp., *Ritteneria molinea*, *Heteroxerus* spp.

L'espèce caractéristique de ces deux localités est *Ritteneria molinea* qui est un descendant direct de *Rhodanomys schlosseri*. Ces localités sont corrélées à la zone Y1 du début du Miocène. L'espèce *Eucricetodon* permet de les relier à la zone MN2a.

- - Faune de Cabeza Rubia

L'espèce caractéristique de cette faune est *Ritteneria manca* qui est un descendant direct de *Ritteneria molinea*. Cette faune est corrélée à la zone Y2 du Miocène Inférieur et serait corrélée à la zone MN2b.

Les autres espèces enregistrées sont: *Eucricetodon* spp., *Peridyromys murinus*, *Pseud. Simplicidens*, *Praearm. Crusafonti*, 'Perid.' *Brailloni*, *Heteroxerus rubricati*.

#### 4.3.2. Durée des différentes biozones.

La calibration de l'échelle magnétobiostratigraphique du Paléogène et du Néogène (Mammal scale for the Neogene and Paleogen-MN et MP) est basée sur l'évolution des mammifères et la magnétostratigraphie de ces intervalles de temps. Cette calibration se fait par l'étude d'affleurements et de sections magnétostratigraphiques. Dans les bassins espagnols ces sections sont souvent incomplètes (non continues) ce qui rend leur corrélation avec l'échelle magnétostratigraphique internationale difficile. De plus l'homogénéité et la

persistance de faunes de rongeurs au début du Néogène et la faible extension géographique d'évènements liés à l'évolution des mammifères rendent la calibration difficile pour ces intervalles de temps. C'est pourquoi les zones MP et MN présentent des intervalles d'incertitude (figure 8).

Les biozones locales sont continues et basée sur l'apparition et la disparition d'espèces. Elles sont corrélées aux magnétobiozones MN et MP grâce aux espèces qu'elles regroupent.

La section étudiée couvre l'intervalle de temps compris entre les zones MP29 et MN2b. Les limites auxquelles nous devons donner un âge relatif seront donc les limites MP29/MN1, MN1/MN2a et MN2a/MN2b.

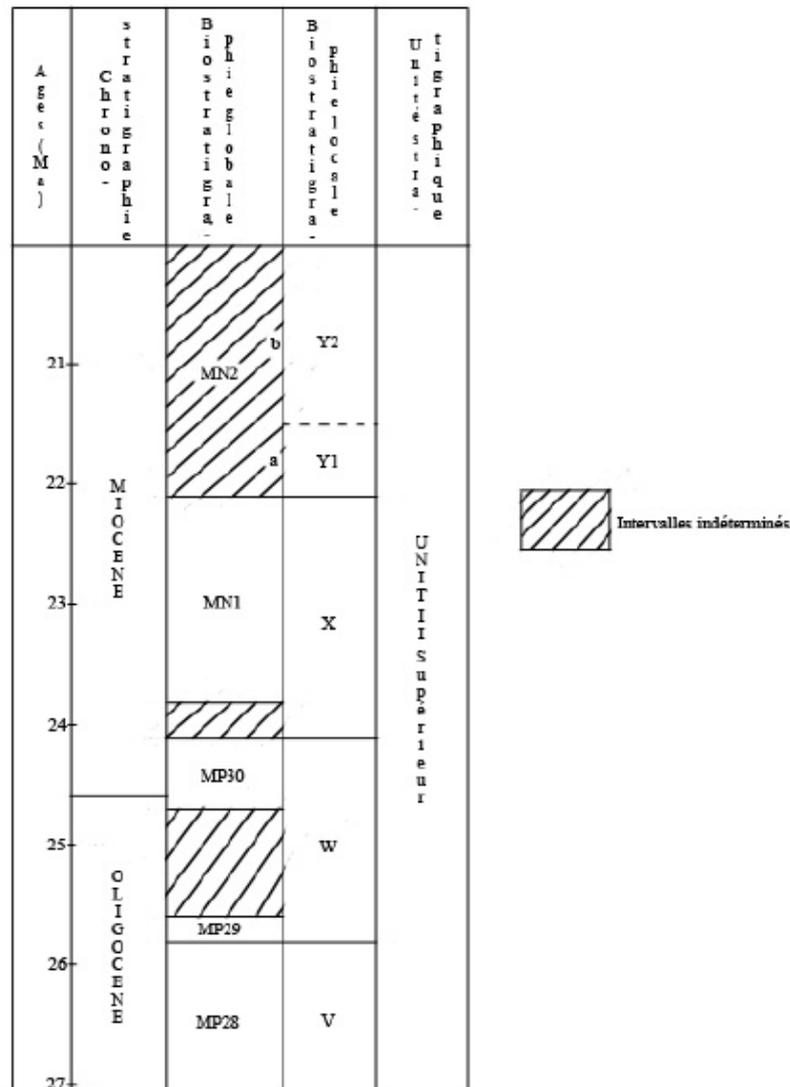


Figure 8: Corrélation des biozones locales du bassin de Loranca avec les biozones de micromammifères européennes (Agusti et al., 2001; Martinius, 2000; Gomez Fernandez et al., 1996).

Les limites des biozones MP et MN varient plus ou moins selon les auteurs. Peu de limites sont bien définies, souvent les incertitudes sont liées à l'absence de données magnétostratigraphiques ou à la position des gisements. Pour déterminer la durée des différentes biozones, nous avons utilisé les travaux d'Agusti et al. (2001).

Comme nous pouvons l'observer sur la figure 8, la limite inférieure de la zone MP29 serait à 25,8Ma et sa limite supérieure à 24,7Ma. La zone MP29 aurait une durée maximum de 1,1Ma et minimum de 200ka.

La zone MN1 serait comprise entre 24,1Ma et 22,1Ma. Cette zone couvrirait ainsi un intervalle de temps minimum de 1,7Ma et maximum de 2,0Ma.

La zone MN2 n'est pas calibrée par la magnétostratigraphie. Ses limites sont donc déduites des limites inférieure et supérieure des zones MN3 et MN1 respectivement. La limite supérieure de la zone MN1 serait à 22,1Ma. La limite inférieure de la zone MN3 serait à 20Ma. La zone MN2 serait donc comprise entre 22,1Ma et 20Ma et couvrirait un intervalle de temps de 2,1Ma. Nous avons utilisé les données de Schlunegger et al. (1997) dans le bassin d'avant-pays alpin pour dater la limite MN2a/MN2b.

#### 4.4. Secteur d'étude

Le secteur d'étude se situe dans la vallée de la rivière Mayor dans la région de Huete plus précisément à Penas de San Juan (figure 9). Elle représente la partie terminale de l'Upper Unit et a une épaisseur d'environ 120m. L'intervalle de temps représenté par l'affleurement va de la fin de l'Oligocène au début du Miocène. Les principaux dépôts sont des carbonates lacustres, des calcrêtes, du gypse et des dépôts de gréseux de chenaux en méandres.

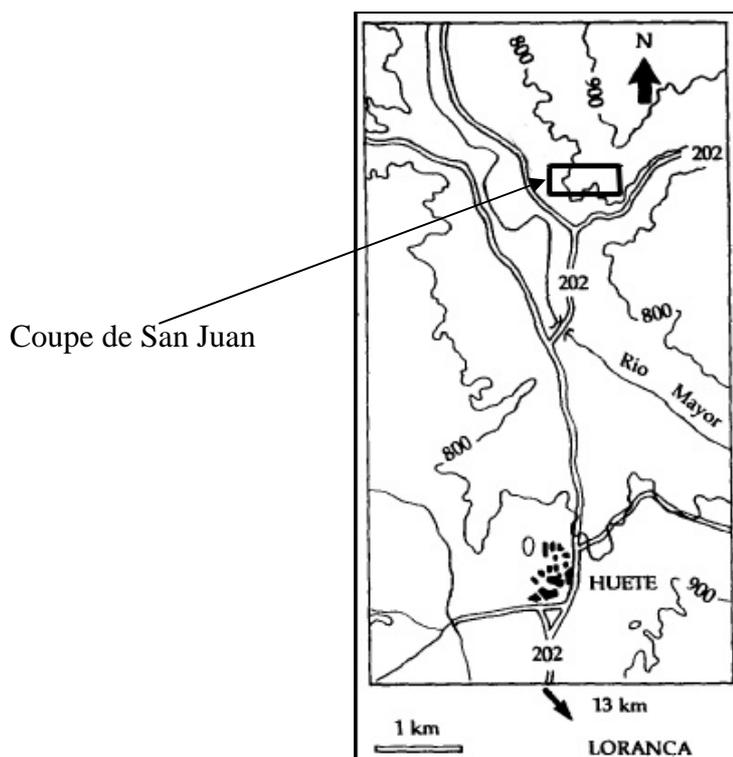


Figure 9: Situation géographique du secteur d'étude.

##### 4.4.1. Lever de coupe

En plus de la coupe de Penas de San Juan présentée en figure 10, nous avons levé 4 autres coupes sur les sites Moheda, Punta de San Barnabe, Pozo et La Higuera. Le lever des coupes se fait de la base vers le sommet c'est-à-dire des niveaux les plus anciens aux niveaux les plus récents. La mesure de l'épaisseur des couches se fait perpendiculairement au plan de stratification de ces dernières. Nous avons souvent raclé la surface des affleurements pour accéder aux faciès non dégradés. De plus il est difficile de lever toutes

les coupes en prenant un même niveau de base car la corrélation des dépôts d'un site à l'autre est difficile à cause notamment de la pauvreté en contenu fossilifère des dépôts. Toutes les coupes que nous avons levées n'ont de ce fait pas la même épaisseur.

#### 4.4.2. Les faciès

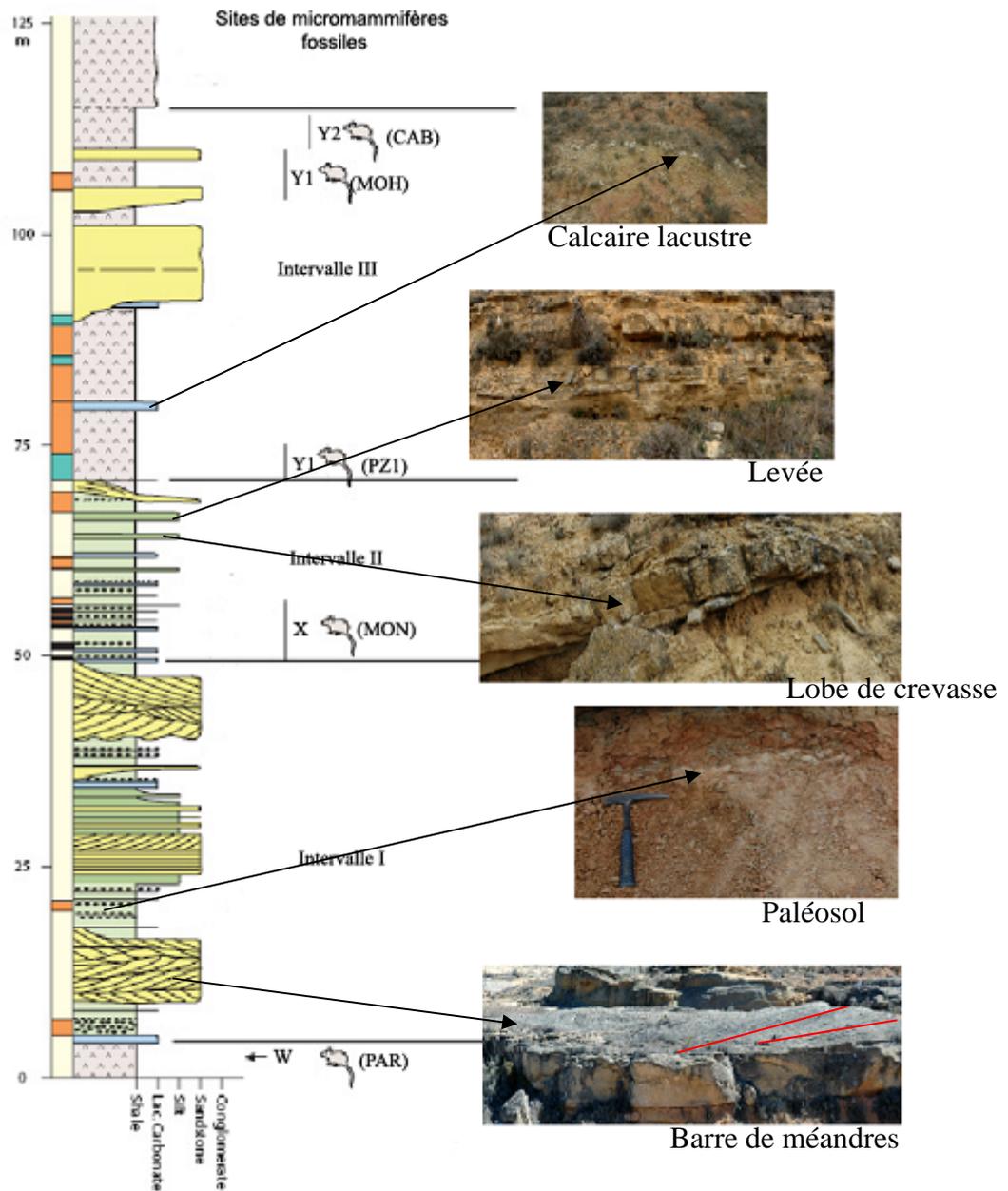


Figure 10: Coupe et faciès de Penas de San Juan (PAR=Parrales; PZ1=Pozo 1; MON=Moncalvillo; MOH=Moheda et CAB=Cabeza Rubia).

La coupe de Penas de San Juan est localisée dans la vallée de la rivière Mayor dans la région de Huete en Espagne (figure 9). Nous y avons reporté la localisation des gisements de mammifères (figure 10).

A la base de la coupe, nous avons un premier intervalle avec des barres de méandres de hauteur variant entre 3 et 4,5m; ces barres de méandres présentent des stratifications obliques de migration du chenal (figure 10). Cet intervalle renferme également

plusieurs niveaux de calcaires lacustres et de paléosols à nodules carbonatés millimétriques à centimétriques dont la densité varie entre 12% et 25%. Les paléosols et les calcaires lacustres ont une épaisseur allant d'une dizaine à quelques dizaines de centimètres. Les dépôts argileux y sont gypseux (figure 10).

Au milieu de la coupe, le deuxième intervalle est constitué de barres de méandres d'une hauteur moyenne de 2m, de levées et de lobes de crevasse des quelques dizaines de centimètres, de paléosols de quelques dizaines de centimètres renfermant peu de nodules carbonatés. On y trouve également des argiles qui renferment de plus en plus de gypse au fur et à mesure que l'on va vers le sommet de la coupe (figure 10).

Au sommet de la coupe, nous avons un intervalle avec des barres de méandres marmorisées dont les structures sont déformées. Elles ont une épaisseur qui varie entre 2 et 3m. On rencontre aussi quelques calcaires lacustres et dépôts de levées de quelques dizaines de centimètres. Cet intervalle est principalement constitué de des dépôts argileux très gypseux (figure 10).

#### **4.5. Caractéristiques de la série en terme de réservoir**

L'environnement fluviatile représente un milieu favorable à la constitution de réservoirs sableux surtout lorsque ces derniers sont connectés et peu séparés par des barrières de perméabilité.

La série de Loranca peut être divisée en trois intervalles (figure 10). En fonction de la durée (figure 11) et de l'épaisseur de chaque intervalle, nous pourrions estimer les taux de sédimentation (tableau 3).

- Un intervalle à la base de la coupe (I) caractérisé par des dépôts gréseux de chenaux amalgamés. Cet intervalle a une épaisseur moyenne de 37m et une proportion moyenne de sables de 37%. Sa durée est environ de 1,6Ma ce qui nous donne un taux de sédimentation moyen de 2,3cm par Ka.
- Un intervalle au milieu de la coupe (II) caractérisé par des dépôts gréseux de chenaux isolés. Cet intervalle a une épaisseur moyenne de 22m et un pourcentage moyen de sables de 16%. Sa durée est estimée à 2Ma. On obtient ainsi un taux de sédimentation moyen de 1,1cm par Ka.
- Un intervalle au sommet de la coupe (III) caractérisé à nouveau par des dépôts gréseux de chenaux amalgamés d'une épaisseur de 49m et un rapport moyen sables sur argiles de l'ordre de 21%. La durée de cet intervalle est estimée à 1Ma soit un taux de sédimentation moyen de 4,9cm par Ka.

	Epaisseur moyennes	Durée	Taux de sédimentation	Net to gross
Intervalle I	37m	1,6 Ma	2,3 cm/ka	37%
Intervalle II	22m	2 Ma	1,1 cm/ka	16%
Intervalle III	49m	1 Ma	4,9 cm/ka	21%

*Tableau 3: Récapitulatif des données des intervalles*

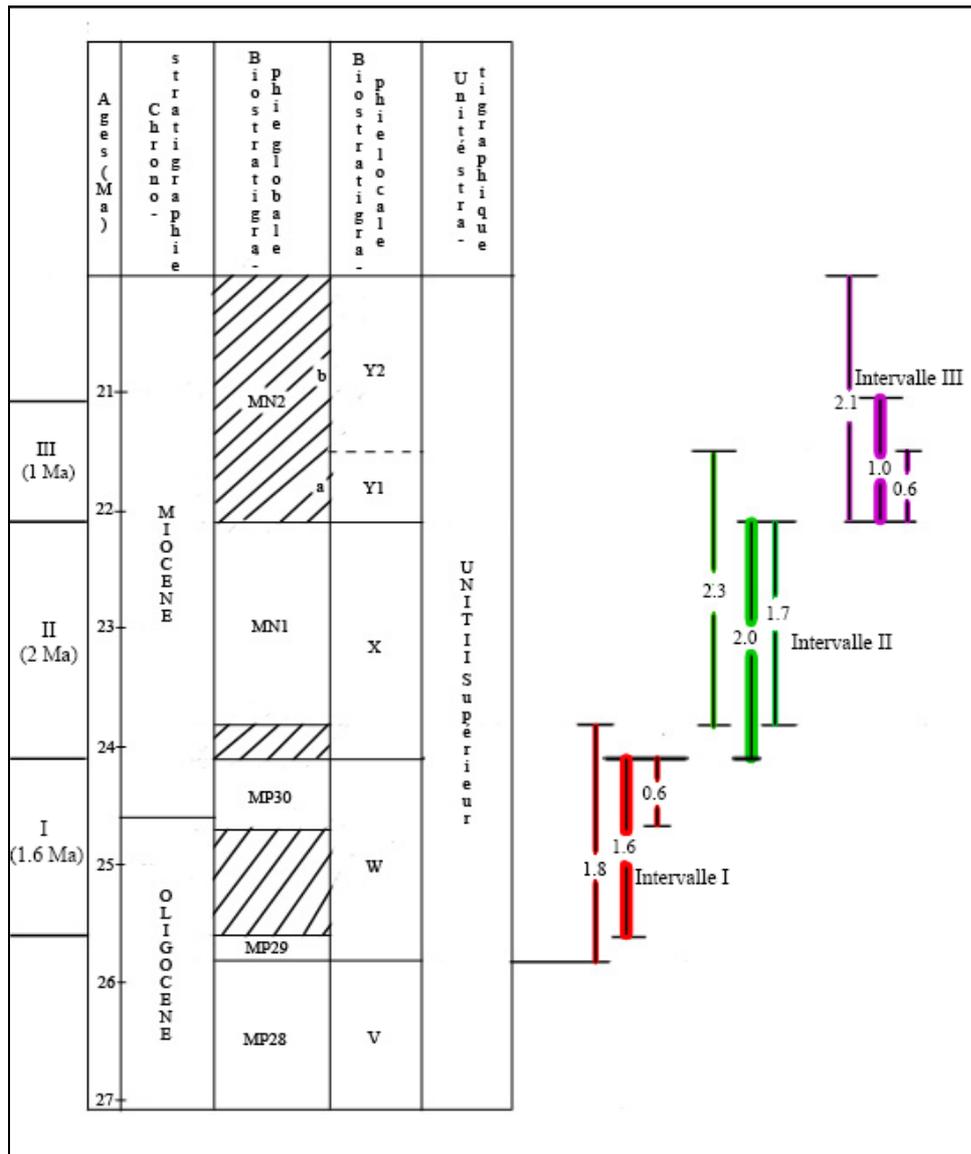


Figure 11: Durée des différents intervalles. (Colonne de droite durées possibles en rouge de l'intervalle I, en vert de l'intervalle II et en violet de l'intervalle III. Colonne de gauche durée retenue pour chaque intervalle).

	La Higuera	Pozo	Moheda	San Juan	San Bernabe	Pernalon	Moyennes
Intervalle III							
Epaisseur de sables	12,10m	02,70m	01,40m	13,50m	10,00m	21,50m	
Epaisseur intervalle	50,00m	54,10m	45,80m	47,00m	45,00m	50,00m	49,00m
Net to Gross	0,24	0,05	0,03	0,29	0,22	0,43	0,21
Intervalle II							
Epaisseur de sables	03,10m	09,60m	05,00m	00,50m	00,00m	03,00m	
Epaisseur intervalle	20,60m	23,20m	21,40m	20,00m	20,00m	24,00m	22,00m
Net to Gross	0,15	0,41	0,23	0,03	0,00	0,13	0,16
Intervalle I							
Epaisseur de sables	15,10m	6,00m	6,50m	22,50m	21,00m	13,00m	

Epaisseur intervalle	40,90m	31,40m	30,50m	44,50m	35,00m	39,50m	37,00m
Net to Gross	0,37	0,19	0,21	0,51	0,60	0,33	0,37

*Tableau 4: Récapitulatif des épaisseurs et des proportions de sables des différents intervalles sur six sites étudiés.*

Le tableau 4 montre une forte variabilité des épaisseurs et des proportions de sables d'un site à l'autre. Suivant qu'on traverse un chenal, une levée, un lobe de crevasse ou la plaine d'inondation lors du lever des coupes, on a beaucoup peu ou pas de sables. C'est notamment le cas de l'intervalle II de Punta de San Barnabe dans lequel on n'observe aucuns dépôts gréseux. De plus l'intervalle de base des coupes de Moheda et de Pozo est incomplet car les coupes débutent plus haut dans la stratigraphie. Cela pourrait expliquer la disparité des proportions de sables.

## 5. LES SIMULATIONS

### 5.1. Choix de paramètres en fonction des données de terrain

#### 5.1.1. Le chenal

Celui-ci est défini par sa largeur et sa hauteur. Sur le terrain, il est fort difficile d'apprécier la largeur d'un chenal car celle-ci ne s'exprime que dans les phases d'abandon qui donnent des morphologies peu visibles sur le terrain où nous avons du mal à placer des contacts argiles sur argiles (remplissages de chenaux sur dépôts de plaine d'inondation).

De plus il est toujours difficile de savoir si l'on regarde une section transverse par rapport au courant. Par contre, il est beaucoup plus facile de mesurer les hauteurs de barres de migration latérales.

Avant d'estimer la hauteur à partir des données de terrain, il convient d'avoir à l'esprit la géométrie variable du chenal en fonction de la courbure locale, et des biais qui peuvent être introduits par la localisation du point d'observation, illustrés sur la figure 12.

Il est rare de pouvoir assurer que la hauteur mesurée correspond à la hauteur maximale car on ne voit pas toujours l'ensemble de la section. La donnée que l'on souhaite obtenir correspond à la profondeur maximale moyenne définie dans les zones de faible courbure du chenal.

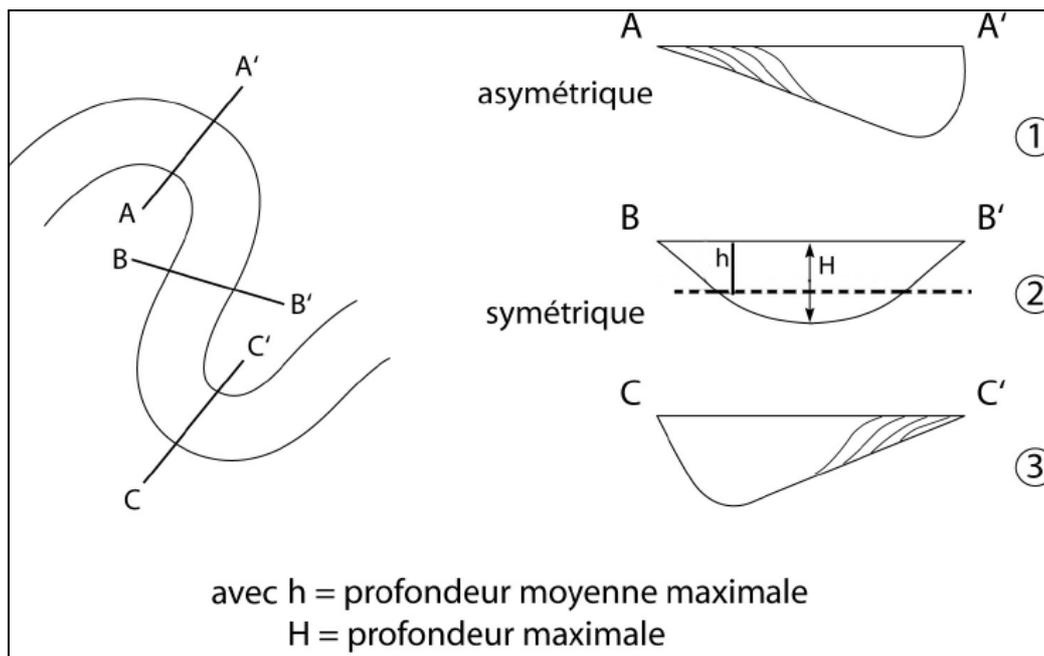


Figure 12: Schémas des différentes hauteurs de chenal mesurables.

La valeur qui sera entrée dans le logiciel correspond à la profondeur moyenne qui est pour le profil parabolique retenu dans le modèle égale à:

$$\text{Profondeur moyenne} = \text{profondeur moyenne maximale}/1,5$$

Sur le terrain, les données qui nous permettent d'avoir accès à la hauteur de chenal sont regroupées en trois types:

- les barres de méandres érodées (PB érodées) qui donnent une hauteur minimale du chenal,

- les barres de méandres complètes (PB complètes) qui donnent une estimation de la hauteur réelle du chenal,
- les remplissages de chenaux abandonnés (chenaux) qui donnent également une estimation de la hauteur réelle du chenal.

Nous avons récolté 55 données relatives aux chenaux sur cinq sites (Pozo, Penas de San Juan, Moheda, La Higuera, Punta de San Barnabe) qui se distribuent comme suit (figure13):

La hauteur maximale mesurée sur un remplissage de chenal est de 5m, peut être légèrement supérieure sur PB érodée (San Barnabé). La hauteur minimale d'une PB non érodée est de 1,1m. La moyenne des valeurs de PB non érodées est de 2,65m (12 échantillons) et celle des remplissages de chenaux (4 mesures correspondant au maximum de profondeur observé) donne 3,61m. En faisant la moyenne sur l'ensemble de ces valeurs (16 échantillons) nous obtenons une moyenne de 3,16m. Le nombre d'échantillons est faible et il est fort possible que toutes les profondeurs ne soient pas représentées de façon équivalente.

Devant les incertitudes, nous avons retenu dans la modélisation une profondeur maximale de 3,5m ce qui donne une profondeur moyenne de 2,3m.

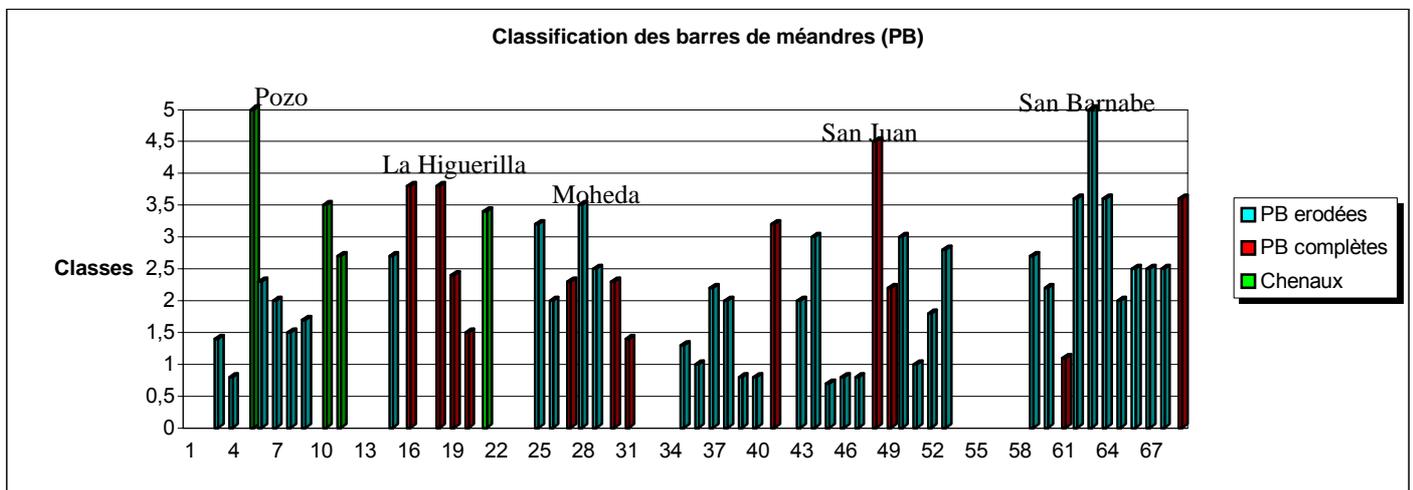


Figure 13: Classes de barres de méandres (en bleu: point bar érodés, en rouge: point bar complets et en vert: remplissage de chenaux).

Pour déterminer la largeur du chenal nous avons utilisé une formule empirique établie à partir des observations sur les systèmes actuels (Bridge, 2003):

$$L = 21,3 \times H_m^{1,4}$$

avec  $H_m$  hauteur moyenne du chenal et L largeur du chenal en mètres.

La largeur du chenal ainsi calculée est de 72,6m que nous arrondirons à 75m pour nos simulations.

### 5.1.2. La plaine d'inondation

La plaine d'inondation est définie par sa taille et par un maillage. Ces éléments sont contraints à la fois par la largeur de chenal et la disposition des puits sur la plaine d'inondation.

La largeur de la plaine d'inondation doit être supérieure ou égale à quarante fois la largeur du chenal. Ce choix permet de bien visualiser les migrations du chenal sur la plaine et d'éviter que les boucles de méandre se développent à l'extérieur du domaine modélisé. De même la longueur de la plaine d'inondation doit être supérieure ou égale d'un facteur

quarante à la largeur du chenal afin de pouvoir visualiser plusieurs boucles de méandre. En plus la grille doit avoir une maille au plus égale à la demi largeur du chenal soit 36m. Pour la modélisation nous prendrons comme maillage 30mx30m.

Dans cette étude, les contraintes par rapport à la taille du chenal nous donnent une maille de 36m et une plaine au minimum de 3000m par 3000m.

Les coupes levées, considérées comme des puits, nous conduisent à retenir une largeur de 6000m et une longueur de 9000m.

### **5.1.3. Les crues de débordement**

Nous avons plusieurs paramètres à déterminer, ceux relatifs à la géométrie des dépôts et ceux relatifs à leur fréquence.

Sur quatre sites nous avons récolté 43 données relatives à l'épaisseur des levées de chenaux. L'épaisseur moyenne des levées nous donne des informations sur l'intensité des crues de débordement c'est-à-dire sur l'épaisseur moyenne des sédiments qui se déposent sur les levées du chenal durant une crue. Cette épaisseur moyenne est de 0,43m.

Cette épaisseur est relativement élevée car les dépôts de crue de débordement classiques se situent plutôt autour du décimètre. Cependant les dépôts pluridécimétriques tels que nous l'avons observés sont également courants dans les systèmes fluviaux et correspondent à des dépôts de «sheet flood» qui varient peu en granulométrie et en épaisseur sur l'ensemble de la plaine d'inondation (Bridge, 2003). Ces dépôts de sheet flood s'observent souvent dans les régions aux climats semi arides tout à fait compatibles avec les données paléocéologiques dont nous disposons sur cette série (Daams et al., 1996) et de nos observations sur les paléosols de types calcrètes.

Ces différents éléments nous conduisent à retenir une intensité de 0,43m, avec des facteurs exponentiels de décroissance élevés (décroissance faible) choisis à 3000m.

A partir de cette épaisseur moyenne on peut déterminer la période d'occurrence des crues de débordement à l'aide des relations déduites des systèmes naturels actuels (Bridge, 2003). Ainsi, pour une intensité de 0,43m, une période d'occurrence des crues de 100 ans est tout à fait acceptable.

### **5.1.4. La période d'avulsion régionale**

Sur le site de Penas de San Juan, nous avons mesuré l'extension latérale d'un PB érodé dont les stratifications avaient une épaisseur moyenne de 0,5cm. L'épaisseur totale étant de 10,20m environ, cela nous donne un minimum de 2040 migrations avant une avulsion.

Par ailleurs nous pouvons aussi estimer la période d'avulsion régionale du chenal à l'aide des paléosols. La formation d'un paléosol indique la stabilité du cours d'eau donc une absence d'avulsion régionale durant cette période. Les paléosols les plus matures que nous avons observés correspondent à des calcrètes avec des nodules centimétriques dispersés dans la matrice dont le temps de formation peut être estimé entre quelques milliers d'années et la dizaine de milliers d'années.

La période d'avulsion régionale se situe entre 2000 migrations et quelques milliers d'années, sachant que dans les systèmes semi-arides la distribution temporelle de crues de migration est probablement plus longue que celle observée sous les climats plus tempérés (tous les 1 à 2 ans). Nous pouvons retenir au minimum une avulsion toutes les 2000 itérations.

### 5.1.5. Le coefficient d'érodabilité

Celui-ci a une influence sur la vitesse de migration. L'étude de la barre de méandre nous montre une migration moyenne de 0,5cm mais reste insuffisante pour évaluer plus précisément un coefficient d'érodabilité. Nous conduirons les tests avec la valeur moyenne de  $2 \cdot 10^{-8}$ .

### 5.2. Simulations non conditionnelles

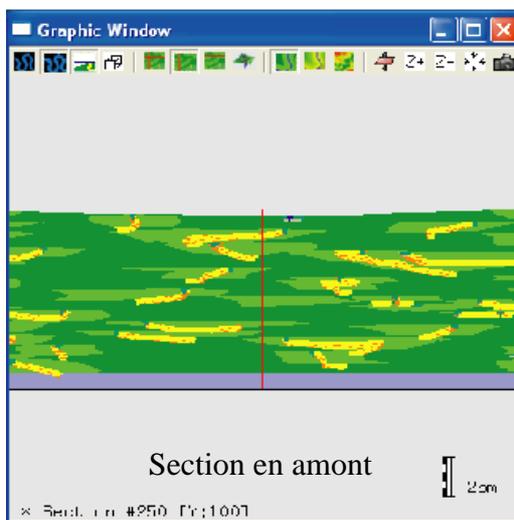
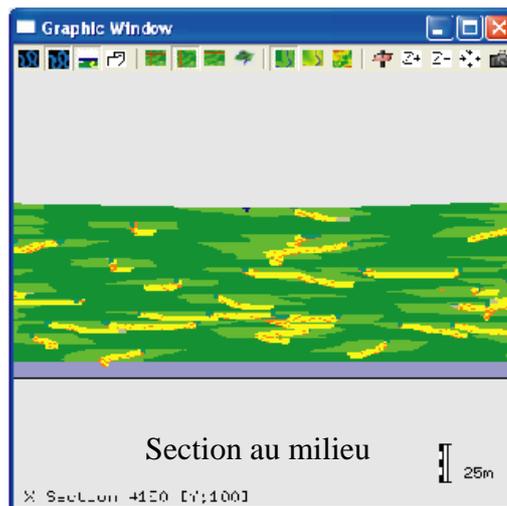
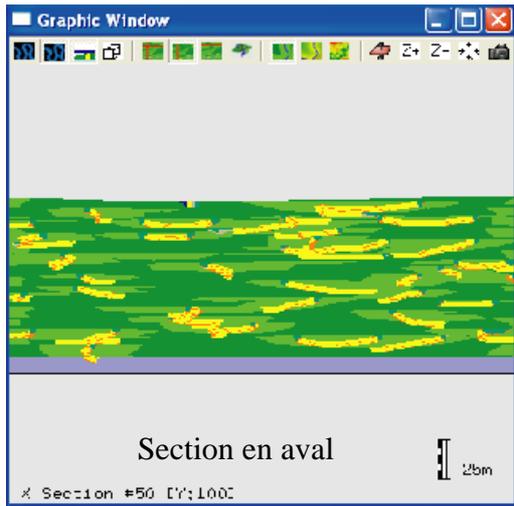
Avec le jeu de paramètres définis ci-dessus, nous avons réalisé les simulations suivantes. Les paramètres constants de ces simulations seront un chenal de 2.3m de hauteur par 75m de largeur; une plaine d'inondation de 6000m de largeur par 9000m de longueur; une période de crues de 100 ans, d'intensité 0.43m et des facteurs exponentiels de décroissance de 3000m.

Chenal	Hauteur: 2,3m; Largeur: 75m
Plaine d'inondation	9x6 km <sup>2</sup>
Maillage	30mx30m
Crues de débordement	Intensité: 0,43m ; extension latérale: 3000m; Fréquence: 100 ans,
Avulsions régionales	≥2000
Avulsions locales	Pas d'informations.
Coefficient d'érodabilité	Pas d'informations. Par défaut nous prendrons $2 \cdot 10^{-8}$ .

Tableau 5: récapitulatif des paramètres de modélisation

#### 5.2.1. Simulation de référence

A l'aide des paramètres définis dans le tableau 5, nous avons fait une première simulation avec un coefficient d'érodabilité de  $2 \cdot 10^{-8}$ , des avulsions régionales toutes les 2000 itérations sans avulsions locales.



Proportions moyennes

%Sables	0,121
%Argiles	0,880

Figure 14: Sections en amont, en aval et milieu du domaine de modélisation.

Les sections en amont, en aval et au centre de la plaine d'inondation (figure 14) sont assez similaires; elles montrent l'homogénéité de la distribution des sables le long de la plaine d'inondation.

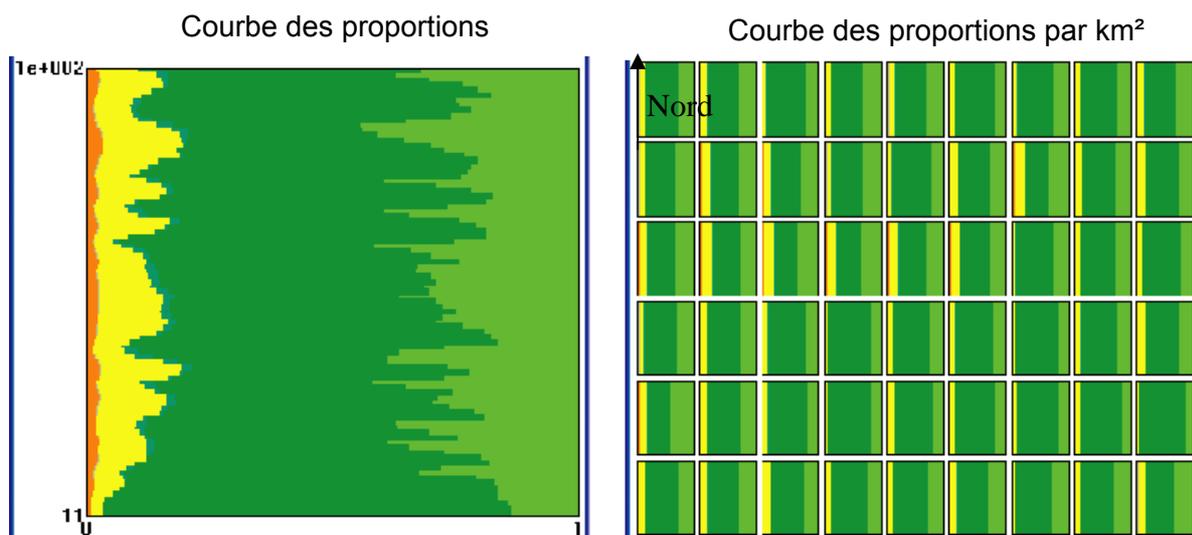


Figure 15: Courbes de proportions

La courbe verticale de proportions de faciès (figure 15) donne les proportions de sables et d'argiles déposés verticalement mètre par mètre. Par exemple à 50m d'épaisseur, la proportion de sables est de 15%.

Pour obtenir la courbe de proportions par km<sup>2</sup> (figure 15), nous avons divisé la plaine d'inondation en carrés de un kilomètre de côté (6x9 blocs). Elle permet de mieux visualiser la répartition des sables sur la plaine et aussi la circulation préférentielle du chenal. On observe ainsi que les dépôts de sables sont plus abondants dans la partie nord de la plaine.

### 5.2.2. Choix des paramètres de modélisation

Les tests suivants vont permettre de déterminer les paramètres de modélisation qui nous serviront à obtenir un pourcentage de sable proche des valeurs moyennes calculées à partir des données de terrain (tableau 6).

	Epaisseur moyennes	Durée	Taux de sédimentation	Proportions
Intervalle III	49m	1 Ma	4,9 cm/ka	21%
Intervalle II	22m	2 Ma	1,1 cm/ka	16%
Intervalle I	37m	1,6 Ma	2,3 cm/ka	37%

Tableau 6: Récapitulatif des données des intervalles.

La première simulation (simulation 1) a donné une proportion de sables inférieure aux proportions déterminées pour les trois intervalles.

La simulation 2 effectuée avec avulsions locales montre que ces dernières n'influent pas de manière significative sur l'augmentation de la quantité de sables. Cela est dû aux forts paramètres associés aux levées (sheet flood).

Afin d'avoir des proportions de sables plus ou moins équivalentes à celles des intervalles, nous avons fait des simulations (simulations 3, 4 et 5). Ces simulations ont été conduites en

modifiant la période d'occurrence des crues et en conservant les avulsions locales pour les trois tests avec un nombre constant d'itérations (tableau 7).

Pour la simulation 3, nous avons pris une période d'occurrence des crues de 210 itérations. On constate que la proportion de sable passe de 12,6% (simulation 2) à 15,9%. L'épaisseur des dépôts diminue de 63m à 17m.

La simulation 4 a été faite avec une fréquence de crues de débordement de 275 itérations. On passe ainsi de 15,9% à 20% avec une épaisseur qui diminue de 17m à 15m.

Pour la simulation 5, nous avons pris une période 650 itérations. L'épaisseur des dépôts diminue de 15m à 4m et le pourcentage de sable passe de 20% à 40,4%.

Ces tests montrent qu'en faisant varier la période d'occurrence des crues, on réussit à reproduire des proportions de sable très variées avec une même taille de chenal. Le pourcentage de sable augmente avec la période. Les épaisseurs des dépôts diminuent car l'augmentation de la période des crues favorise le développement des barres de méandres et limite l'aggradation verticale des dépôts.

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3	Simulation 4	Simulation 5
Avulsion locale	non	oui	Oui	oui	oui
Période d'OB	100	100	210	275	650
Période d'avulsion régionale	2000	2000	2000	2000	2000
Epaisseur des dépôts	89m	63m	17m	15m	4m
% de sables	12,1	12,6	15,9	20	40,4
Nombre d'itérations	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Tableau 7: Résultats des simulations

A l'aide des tests précédents, nous avons effectué une simulation qui reproduit la coupe (figure 16) c'est-à-dire les trois intervalles respectant relativement les proportions et les épaisseurs (tableau 9). Pour cela nous avons retenu les paramètres suivants:

	Données intervalles		Paramètres choisis	
	Epaisseur moyennes	Proportions	Période d'occurrence des crues	Nombre d'itérations
Intervalle III	49m	21%	250	200.000
Intervalle II	22m	16%	190	65000
Intervalle I	37m	37%	600	500.000

Tableau 8: Récapitulatif des paramètres choisis pour la modélisation non conditionnelle de la coupe.

	Epaisseurs des dépôts	Nombre d'itérations	% Sables
Intervalle III	40m	150.000	23,20
Intervalle II	22m	65.000	17,50
Intervalle I	37m	300.000	37,70

Tableau 9: Résultats des simulations

L'épaisseur des dépôts de l'intervalle III n'est pas atteinte du fait d'un nombre insuffisant d'itérations. Il suffirait de faire plus d'itérations pour avoir la bonne épaisseur.

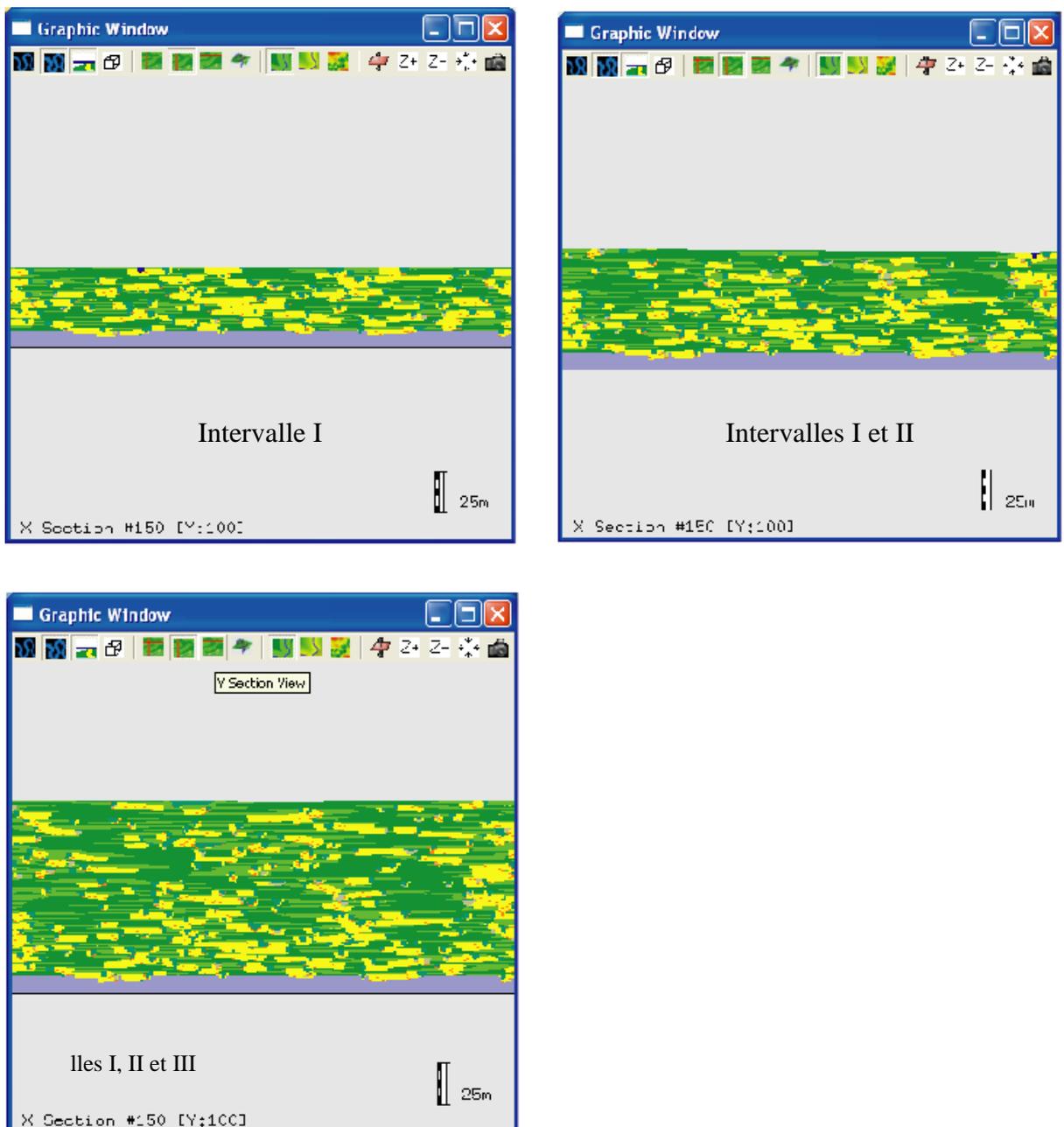


Figure 16: Reproduction de la coupe.

Les résultats des simulations non conditionnelles montrent que l'on arrive à reproduire l'architecture des dépôts du système de Loranca et la variabilité des proportions de sable à l'aide des paramètres déduits à partir des données de terrain, en faisant varier la période d'occurrence des crues de débordement d'un intervalle à l'autre.

### 5.3. Simulations conditionnelles

Les simulations non conditionnelles ont permis de déterminer les paramètres nécessaires à la reproduction du système préservé. Nous avons donc utilisé les paramètres définis dans le paragraphe 5.2.2 pour les simulations conditionnelles suivantes.

Pour se faire nous avons chargé les données de puits récoltés sur les cinq sites dans le logiciel (figure17). Chaque puits a ensuite été extrait comme décrit au paragraphe 3.3.

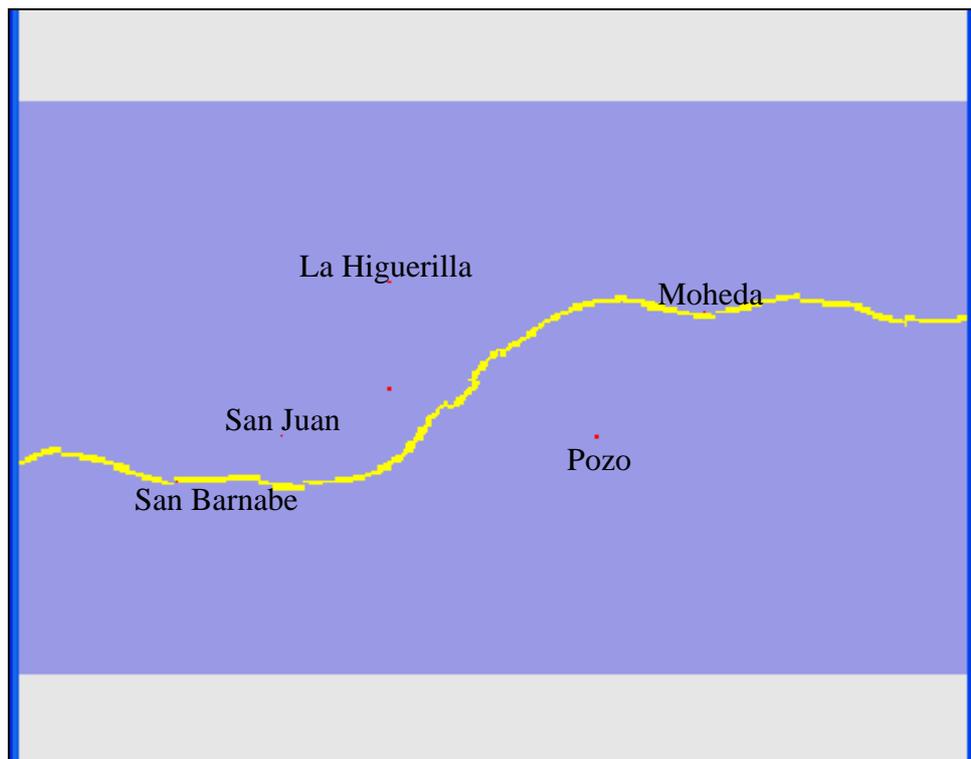
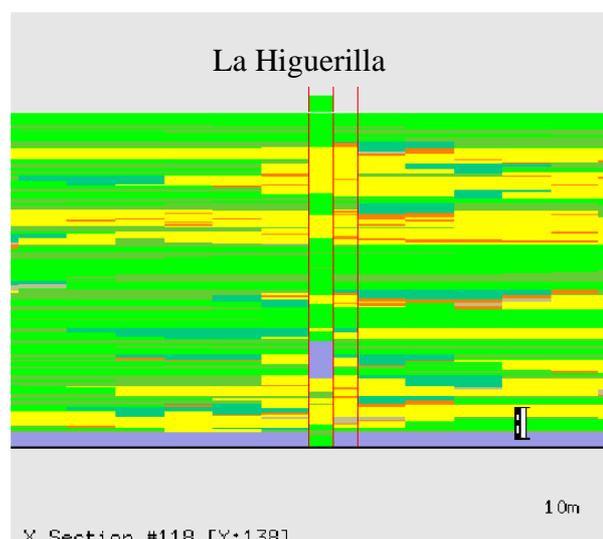
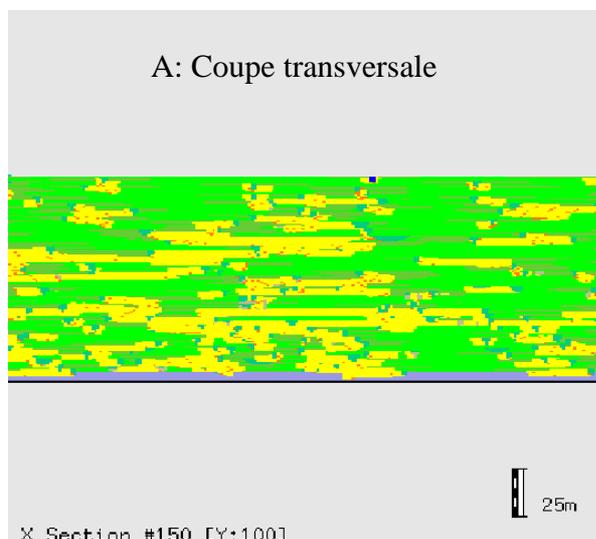


Figure 17: Localisation des puits dans la plaine d'inondation.



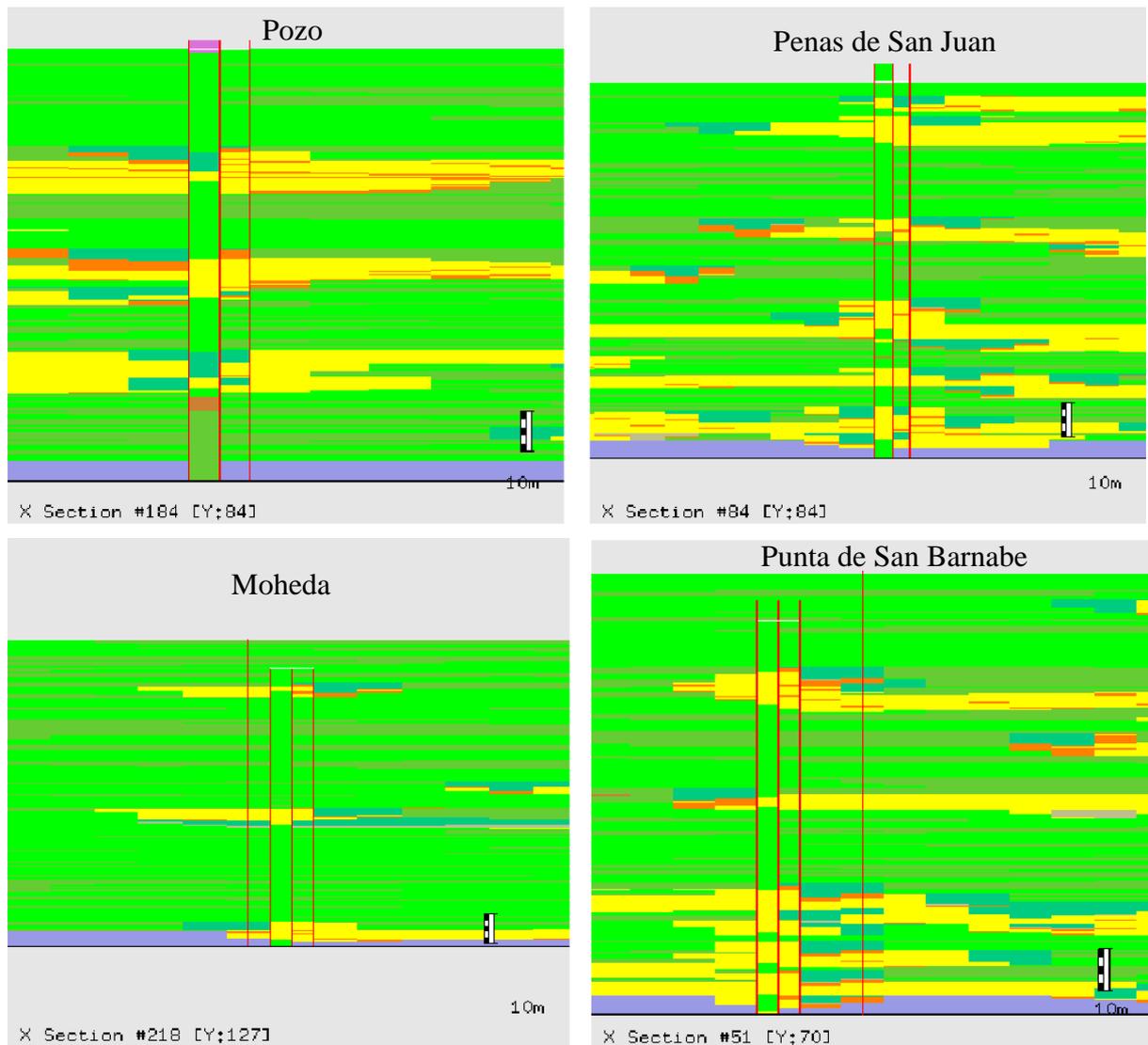


Figure 18: Images de la simulation conditionnelle des cinq puits

Sur les figures ci-dessus on observe que les puits de simulation montrent des ressemblances avec les puits extraits des données de terrain. L'architecture stratigraphique du système préservé est respectée. Elle arrive à reproduire la géométries des corps sableux (amalgamés et isolés) des formations fluviales méandriques (image A-figure 18).

		Intervalle I	Intervalle II	Intervalle III
<b>Données des intervalles</b>	Epaisseurs moyennes	37m	22m	49m
	% moyen de Sable	37%	16%	21%
<b>Simulations non conditionnelles</b>	Période de crue (itérations)	600	190	250
	Nombre d'itérations	300.000	65.000	150.000
	% Sable	37,7	17,5	23,2
	Epaisseurs des dépôts (m)	37	22	40

<b>Simulations conditionnelles</b>	Période de crue (itérations)	600	190	275
	Nombre d'itérations	300.000	65.000	160.000
	% Sable	41,1	19,8	25,7
	Epaisseurs des dépôts (m)	37	22	43

*Tableau10: Résultats des simulations conditionnelles pour les intervalles définis.*

En figure 18, on observe que les simulations conditionnelles respectent relativement les niveaux sableux des puits avec une légère tendance à déposer un plus de sables que les sondages initiaux. Elles respectent donc relativement les proportions de sable (Tableau 10).

Cela peut être lié au choix des paramètres de modélisation. En effet les pourcentages de sable que nous avons utilisé pour les modélisations sont des taux moyens qui ne tiennent pas compte de la spécificité de chaque coupe. L'absence d'informations sur l'érodabilité du système préservé peut aussi expliquer cet écart. Ces variations peuvent aussi être dues à une distorsion du signal faciologique de la nature des dépôts qui favoriserait les formations sableuses.

Cependant, nous avons réalisé les simulations non conditionnelles et conditionnelles avec un nombre d'itérations très proche (515.000 itérations pour les non conditionnelles et 525.000 pour les conditionnelles), ce qui montre que le traitement des données n'a pas apporté trop de distorsion dans les processus de modélisation.

## 6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au cours de ce stage, j'ai utilisé le logiciel FLUMY conçu pour la modélisation de systèmes fluviaux méandriformes à l'échelle des réservoirs. Afin de contraindre les paramètres nécessaires à la modélisation, j'ai utilisé les données de terrain acquises lors d'une mission que j'ai effectuée pendant mon stage, ainsi que les données bibliographiques.

Mon travail consistait à essayer de reconstruire le système préservé dans le bassin de Loranca (Espagne). Mon étude a porté sur la partie supérieure de l'Unité Détritique Supérieure (Miocène inférieur) caractérisée par des dépôts de système fluvial à méandres. Ces dépôts s'organisent en trois intervalles, chacun caractérisé par des proportions moyennes de sable allant de 16% à près de 37%. Par contre les tailles de chenaux et les intensités des crues sont relativement homogènes sur l'ensemble de la série.

J'ai ainsi pu déterminer les paramètres de modélisation que sont la hauteur et la largeur du chenal, la longueur et la largeur de la plaine d'inondation, les périodes d'occurrence des crues et d'avulsion du chenal. Les coupes levées sont également utilisées comme des sondages.

La reproduction du pourcentage de sable a été réalisée en faisant varier la fréquence des crues de débordement, qui influence de façon notable ce pourcentage. De plus, aux pourcentages élevés en sable, sont associés de faibles taux d'aggradation.

Les résultats des simulations non conditionnelles montrent que l'on peut facilement reproduire l'architecture du système fluvial de Loranca à l'aide des paramètres déduits du terrain, en faisant varier la période des crues de débordement d'un intervalle à l'autre.

Les simulations conditionnelles montrent que les niveaux sableux présents dans les puits sont relativement bien honorés, avec une légère tendance à déposer un peu plus de sable dans la simulation que dans les puits initiaux. Le nombre d'itérations pour réaliser ces simulations conditionnelles est très voisin de celui des simulations non conditionnelles, ce qui montre que le conditionnement n'a pas apporté trop de distorsion dans les processus.

Parmi les tests qui n'ont pu être conduits, il serait intéressant de:

- Regarder l'influence quantitative des fréquences d'avulsion. L'avulsion régionale influe sur le temps de migration du chenal; augmenter sa période aurait favorisé la formation de corps sableux de grande extension latérale et fait diminuer la proportion de sables. Et inversement, si on diminuait la période d'avulsion régionale.
- Tester le rôle joué par le coefficient d'érodabilité. Celui-ci influe sur la vitesse de migration du chenal. Son augmentation favorise le développement de corps sableux donc fait croître la proportion de sable.
- Par ailleurs, l'utilisation d'une carte d'érodabilité représentant la ceinture de méandres permettrait d'augmenter la similitude de la modélisation par rapport aux systèmes naturels.

## BIBLIOGRAPHIE

- Agusti, J., Cabrera, L., Garcès, M., Krijgsman, W., Oms, O., and Parès, J.M., 2001. A calibrated mammal scale for the Neogene of Western Europe. State of the art. *Earth Sciences Review* 52, 247-263.
- Alvarez Sierra, M.A., Daams, R., Lacomba, J.I., Lopez Martinez, N., and Sacristan, M.A., 1987. Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain. *Münchner Geowiss. Abh., A*, 10: 43-47.
- Bridge, 2003. Rivers and floodplains. Blackwell Publishing , 491p.
- Cojan, I. And Renard, M., 1997. Sédimentologie. *Enseignement des Sciences de la Terre*, Editions Masson, 417p.
- Daams, R., Diaz-Molina, M., and Mas, R., 1996a. Uncertainties in the stratigraphic analysis of fluvial deposits from the Loranca Basin, central Spain *Sedimentary Geology*, volume 102, Issues 1-2, March, p. 187-209.
- Daams, R., Alvarez Sierra, M.A., Van Der Meulen, A.J., and Pelaez-Campomanes, P., 1996b. Paleocology and paleoclimatology of micromammal faunas from Upper Oligocene-Lower Miocene sediments in the Loranca Basin, province of Cuenca, Spain. In: P. Friend and C. Dabrio (Editors), Tertiary Basins of Spain. *Cambridge University Press*, Cambridge, p. 295-299.
- Daams, R., and Van Der Meulen, A., 1984, Paleoenvironmental and paleoclimatic interpretation of the Upper Oligocene and Miocene of north central Spain: *Paléobiologie continentale*, Montpellier, volume 14, p. 241-257.
- De Bruijn, H., Daams, R., Daxner-Höck, G., Fahlbusch, V., Ginsburg, L., Mein, P., and Morales, , 1992. Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reinsburg 1990. *Newsl. Stratigr.*, 26 (2/3): 65-118.
- Diaz-Molina, M., Bustillo-Revuelta, M.A., Capote, R. and Lopez-Martinez, N., 1985. Wet fluvial fans of the Loranca Basin (Central Spain). Channel models and distal bioturbated gypsum with chert. I.A.S. 6<sup>th</sup> European Regional Meeting. Lérida, Spain. *Guide-book*: 149-185.
- Martinius, Allard W., July 2000. Labyrinthine facies architecture of the Tortola fluvial system and controls on deposition (Late Oligocene-Early Miocene, Loranca Basin, Spain). *Journal of Sedimentary Research*, Volume 70, N°4, p. 850-867.

