



AGROCAMPUS OUEST

CFR Rennes

65 rue de Saint Briec

35000 RENNES

**ARTELIA EAU &
ENVIRONNEMENT Echirolles**

6 rue de Lorraine

38130 ECHIROLLES

Mémoire de Fin d'Études

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences
Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage**

Année universitaire : 2011-2012

Spécialisation ou option : « Génie de l'Environnement »

**Etude de la géomorphologie de la rivière Drôme : Analyses des évolutions
morphologiques et du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau**

Par : Guillaume Storer

*Volet à renseigner par l'enseignant responsable de l'option/spécialisation**

Bon pour dépôt (version définitive)

Date : .../.../... Signature :

Autorisation de diffusion : Oui Non

Devant le jury :

Soutenu à Rennes le :14/09/2012

*Sous la présidence de** : Christophe Cudennec

Maître de stage* : Aurélie Malbrunot

Enseignant référent : Youssef Fouad

Autres membres du jury (Nom, Qualité) : Alain Crave, chercheur CNRS

*"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent
que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".*

* champs obligatoires

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien durant ces 6 mois de stage de fin d'étude.

Tout d'abord, je veux remercier l'ensemble du service « HY » d'Artelia Eau & Environnement Echirolles pour leur accueil au sein de leur équipe, pour m'avoir accordé leur confiance et pour leur disponibilité. Je tiens à remercier spécialement ma maître de stage, Aurélie MALBRUNOT, pour sa confiance et sa disponibilité. Elle a toujours été présente pour moi, tout au long du stage et je la remercie encore pour tous ses précieux conseils et pour s'être déplacée pour ma soutenance.

Je veux également remercier Christian ODEYER, qui a partagé avec moi son bureau et avec qui j'ai passé d'agréables moments. Je remercie Laurent DESVIGNES pour les 3 jours de terrains que nous avons passés ensemble.

Pour finir, je remercie également Julien TEIXEIRA, Lucas HENNER et Julie DECOUZON pour leur soutien et les bons moments passés ensemble durant ces 6 mois.

SOMMAIRE

Introduction	1
PARTIE 1. Cadre de l'étude et problématique	2
1.1 <i>La géomorphologie fluviale</i>	2
1.1.1 Le transport solide	2
1.1.2 Le concept d'équilibre dynamique	2
1.2 <i>Les enjeux liés à l'évolution de la morphologie</i>	3
1.3 <i>La demande des gestionnaires du bassin</i>	3
1.3.1 Objectif de l'étude	4
1.4 <i>Problématique</i>	4
PARTIE 2. Présentation du secteur de l'étude : Le bassin versant de la Drome	5
2.1 <i>Milieu physique</i>	5
2.1.1 Réseau hydrographique	6
2.1.2 Géologie	6
2.1.2.1 Nature du substratum	6
2.1.2.2 Histoire géologique du remplissage alluvial du fond de vallée (d'après Liébault, 2003)	6
2.1.2.3 Profondeur du substratum	6
2.1.3 Climat	7
2.1.4 Hydrologie	7
2.1.4.1 Pluviométrie	7
2.1.4.2 Stations de mesures hydrométriques	8
2.1.4.3 Historiques des crues	9
2.1.4.4 Débits caractéristiques	10
2.1.5 Occupation du sol	10
2.2 <i>Historique du bassin</i>	10
2.2.1 Les aménagements	11
2.2.1.1 Les endiguements	11
2.2.1.2 Les ouvrages RTM (Restauration des Terrains de Montagnes)	11
2.2.2 Les actions menées dans le lit mineur	12
2.2.3 Synthèse	12
PARTIE 3. Analyse structurelle actuelle de la rivière Drôme	13
3.1 <i>Axe de référence</i>	13
3.2 <i>Données utilisées</i>	13
3.2.1 Les profils en long	13
3.2.1.1 Caractéristiques des profils en longs	14
3.2.1.2 Les ouvrages transversaux	14
3.2.2 Définition des unités fonctionnelles	14
3.3 <i>Profil en long structurel récent de la Drôme</i>	15
PARTIE 4. Analyse de l'évolution en plan	22
4.1 <i>Données utilisées</i>	22
4.2 <i>Méthodologie</i>	22
4.3 <i>Evolution en plan de la Drôme</i>	22

PARTIE 5. Analyse de l'Evolution en altitude de la rivière Drôme	36
5.1 <i>Données utilisées</i>	36
5.1.1 Le calage des profils en long	37
5.2 <i>Méthodologie</i>	37
5.2.1 Prise en compte du type de données	37
5.2.2 Prise en compte du débit au moment des levés.....	37
5.2.2.1 Le profil des grandes forces hydrauliques	37
5.2.2.2 Les profils en long récents	38
5.3 <i>Résultats de l'analyse diachronique des profils en long</i>	39
5.3.1 Comparaison des profils en long	39
5.3.2 Evolution des profils en long	39
PARTIE 6. Bilan sédimentaire	41
6.1 <i>Méthodologie</i>	41
6.2 <i>Résultats</i>	41
Discussion et perspectives	43
Conclusion	45
Bibliographie	46

LISTE DES FIGURES

Fig.1. Balance de Lane (1955, in Malavoi et al., 2011)	3
Fig.2. Localisation du bassin versant de la Drôme.....	5
Fig.3. Localisations des stations de mesures hydrométriques et pluviométriques du bassin versant de la Drôme (source : Banque Hydro et base de données Artelia).....	8
Fig.4. Localisation des digues sur la Drôme et le Bez (source : SMRD).....	11
Fig.5. Structure du profil en long récent de la rivière Drôme	19
Fig.6. Emprise latérale de la Drôme à la confluence avec la Rhône. A)Carte de l'Etat-Major, B)Photo aérienne de 1954, C) Orthophoto de 2010.....	24
Fig.7. Emprise latérale de la Drôme entre le pont RN7 de Livron et le seuil des Pues. A)Carte de l'Etat-Major, B) Photos aériennes de 1954, B) Orthophoto de 2010.	25
Fig.8. Emprise des bandes actives de 1954, 2001 et 2010 sur l'orthophoto de 2010 entre les PK16,5 et 20,8.....	26
Fig.9. Emprise des bandes actives de 1956, 2001 et 2010 sur l'orthophoto de 2010 de la commune d'Aouste-sur-Sye.	27
Fig.10. Emprises des bandes actives de 1956 et 2010 sur la commune de Blacons. A) Photo aérienne de 1956, B) Orthophoto de 2010.	27

Fig.11. Emprises des bandes actives de 1956, 2001 et 2006 au droit de la confluence du ruisseau de Charsac avec la Drôme. A) Carte de l'Etat-Major, B) Orthophoto de 2010	28
Fig.12. Emprises des bandes actives en 1956 et en 2010 sur la commune du Clastre	28
Fig.13. Emprises des bandes actives en 1956, 2001 et 2010 au niveau de la traversée de la commune de Saillans.....	29
Fig.14. Emprise des bandes actives sur la commune de Vercheny. A) Orthophoto de 2010, B) Carte d'Etat-Major	29
Fig.15. Emprises des bandes actives en 1956,2001 et 2010 sur la commune de Pontaix.....	29
Fig.16. Emprise des bandes actives en 1056, 2001 et 2010 à l'amont de Pontaix.....	30
Fig.17. Emprise historique de la Drôme à l'aval de la commune de Die. A) Carte d'Etat-Major, B)Orthophoto de 2010	31
Fig.18. Emprise de la Drôme sur la commune de Pont-de-Quart. A) Carte d'Etat-Major, B) Orthophoto de 2010.....	32
Fig.19. Emprise des bandes actives en 1956, 2001 et 2010 en aval de la confluence avec le Bez (en rive droite). A) Carte d'Etat-major, B) Orthophoto de 2010.....	33
Fig.20. Emprises des bandes actives en 1956, 2001 et 2010. A) Sur la commune de Recoubeau, B) A l'aval de la commune de Luc-en-Diois.....	34
Fig.21. Emprise des bandes actives en 1986 et 2010 entre les PK 90,5 et 95,5.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tab. 1. Caractéristiques des stations hydrométriques du bassin versant de la Drôme (Banque Hydro).....	8
Tab. 2. Crues historiques de la Drôme (BCEOM, 2007)	9
Tab. 3. Crues récentes sur le bassin versant de la Drôme en m ³ /s (BCEOM 2007, Sogreah 1990).....	10
Tab. 4. Débits caractéristiques de la Drôme et du Bez (BCEOM, 2007 ; Banque Hydro)	10
Tab. 5. Profils en long utilisés pour l'analyse structurelle de la Drôme	13
Tab. 6. Profils en long disponibles	36
Tab. 7. Débits journaliers moyens à la station de Luc-en-Diois lors du levé du profil en long de 1928 (Banque Hydro)	38
Tab. 8. Résultats de la comparaison des profils en long	40
Tab. 9. Estimation du bilan sédimentaire de la Drôme de 1928 à 2006 (EGIS, 2008).....	41

INTRODUCTION

Les rivières et les cours d'eau en général sont des éléments fondamentaux du milieu naturel de par leur rôle structurant du paysage, leurs fonctions écologiques mais ce sont aussi des composantes essentielles de l'environnement humain. Le développement anthropique s'est, en effet, structuré en fonction de la ressource en eau. Les besoins de maîtrise de la ressource, pour l'exploitation énergétique, la navigation et la protection des biens et des personnes ont conduit à de nombreux travaux d'aménagements (retenue, seuils, digues). Ces travaux ont été menés au cours des deux derniers siècles, et globalement en l'absence de connaissance du fonctionnement morphodynamique des hydrosystèmes. Ils ont conduit à des perturbations de la dynamique fluviale, sédimentaire, et de la morphologie des cours d'eau en fragilisant également les écosystèmes.

La Drôme, affluent rive gauche du Rhône, est une rivière à graviers présentant un style fluvial en tresses, caractéristique d'un fort transport solide et d'une importante divagation latérale. La Drôme est marquée par des travaux d'aménagements anciens et a connu de fortes perturbations de sa morphologie. Le cadre réglementaire et législatif actuel met en avant la prise en compte du fonctionnement morphologique des cours pour l'atteinte du bon état écologique des hydrosystèmes. Cette demande pousse les gestionnaires de bassin à connaître précisément le fonctionnement des cours d'eau. Cette étude géomorphologique de la rivière Drôme a pour but de comprendre le fonctionnement du cours d'eau, à travers les évolutions morphologiques passées et la situation actuelle. Nous nous intéresserons plus précisément aux évolutions de la mobilité en plan et en altitude de la Drôme durant le dernier siècle.

Dans un premier temps, nous présenterons plus précisément le contexte de l'étude et ferons quelques rappels sur des notions de géomorphologie et de transport solide, et sur les enjeux liés aux perturbations de la morphodynamique du cours d'eau.

Dans un second temps, nous détaillerons la zone d'étude au travers du milieu physique et de l'historique du bassin versant.

Dans un troisième temps, nous présenterons les différents travaux d'analyses effectuées. Bien que présentées séparément ces quatre parties sont à liées entre elles car elles ont fait l'objet de réflexions transversales.

Dans un dernier temps, nous reviendrons sur les méthodes utilisées et sur les idées fortes qui ressortent des analyses précédentes.

PARTIE 1. CADRE DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE

1.1 La géomorphologie fluviale

La géomorphologie fluviale est une discipline qui s'intéresse d'une part aux processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau, la **dynamique fluviale**, et d'autre part aux formes qui en résultent, on parle de **morphologie fluviale**. La morphologie du cours d'eau regroupe l'ensemble des paramètres le caractérisant (pente, largeur, granulométrie, forme des berges). Cette discipline est relativement récente et se situe au croisement de plusieurs autres disciplines des sciences de la terre, telles que la géographie physique, la géologie, la sédimentologie, l'hydraulique, l'hydrologie (Malavoi et Bravard, 2010).

1.1.1 Le transport solide

Le transport solide désigne le transport des masses granulaires sous l'action de l'écoulement liquide. Il se réalise principalement sous trois formes : le charriage, la saltation ou la suspension. Le charriage correspond au transport de fond et concerne les matériaux grossiers (sables grossiers, graviers, voire blocs) qui sont déplacés en restant en contact avec le fond du lit. La suspension concerne les matériaux fins de type sable et limon, ils sont entraînés dans la veine de l'écoulement. La saltation correspond à un phénomène intermédiaire entre le charriage et la saltation (Degoutte, 2005).

Le charriage constitue le transport « actif » ou « morphogène », dans la mesure où les matériaux mobilisés conditionnent l'évolution morphologique du cours d'eau (Couvert et al., 1999).

1.1.2 Le concept d'équilibre dynamique

Le débit solide, noté Q_s , dépend du débit liquide Q , de la granulométrie des matériaux constituant le fond du lit et de la pente de l'écoulement. Dans des conditions naturelles, la rivière tend à établir un équilibre entre ces différentes variables. De manière très schématique, ce principe est représenté par la balance de Lane (figure 1). Compte tenu des fluctuations du débit liquide et solide au cours du temps à l'échelle de la journée, de l'année, du millier d'années ; il s'en suit un ajustement permanent de la morphologie par le biais des processus d'érosion-dépôts (Malavoi et al., 2011). D'autres variables interviennent dans les processus géodynamiques, comme la pente et la géométrie de la vallée, la végétation des berges qui influent sur l'érodabilité. Le cours d'eau possède une large gamme de variables pour modéliser sa morphologie en fonction des fluctuations des débits liquides et solides : la largeur du lit mineur, la profondeur du lit, la pente du lit, la sinuosité (Malavoi et al., 2011).

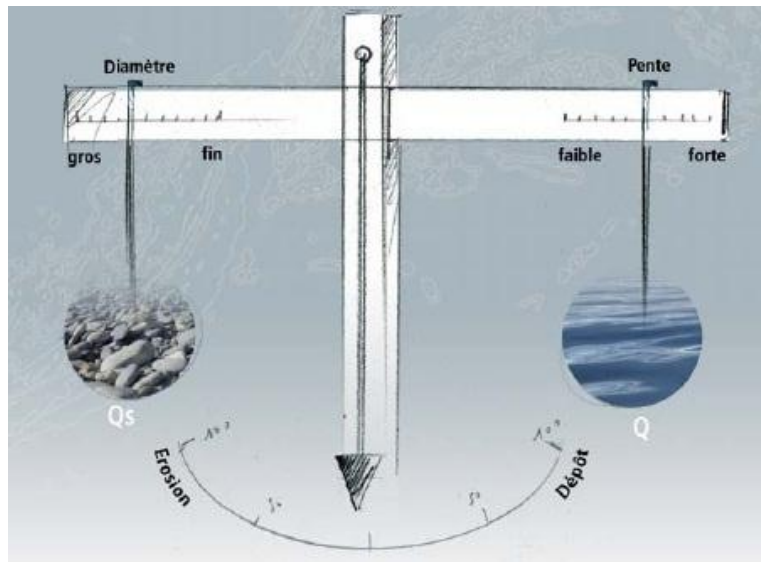


Fig.1. Balance de Lane (1955, in Malavoi et al., 2011)

L'équilibre dynamique ne correspond donc pas à une absence de modifications des caractéristiques physiques du cours d'eau mais un ajustement permanent de sa largeur, de sa pente et de sa sinuosité.

1.2 Les enjeux liés à l'évolution de la morphologie

Suivant le concept de l'équilibre dynamique, les perturbations d'origine anthropique ou naturelle sur le transport solide auront donc des répercussions sur la morphologie du cours d'eau. Les phénomènes d'incision, c'est-à-dire un abaissement généralisé de l'altitude du fond du lit, sont susceptibles de provoquer des déstabilisations d'ouvrages tels que les ponts, et de favoriser les affouillements de digues (Couvert et al., 1999). Une incision atteignant le substratum aura des conséquences sur les habitats aquatiques, marquée par une diminution de la diversité du milieu. Dans le cas d'un substratum facilement érodable, une incision très marquée peut s'accompagner d'une baisse la nappe alluviale (Couvert et al., 1999). Les phénomènes d'exhaussement du lit ont pour conséquence une augmentation du de la ligne d'eau et sont potentiellement problématiques dans les zones sensibles aux inondations. Les érosions de berges posent des problèmes de pertes de fonciers et sont toujours problématiques. Tous ces types de désordres ont évidemment un coût pour la société, et dans cette optique, il apparaît important de comprendre le fonctionnement d'un cours d'eau, en termes de morphologie pour proposer des solutions de gestion vis-à-vis de ces problématiques.

1.3 La demande des gestionnaires du bassin

Le syndicat mixte de la rivière Drôme (SMRD) a acquis de nouvelles compétences suite à l'arrêté préfectoral du 29 janvier 2007. Cet arrêté officialise le transfert de compétences des Etablissements publics de coopération intercommunale (EPCI) du bassin versant de la Drôme vers le SMRD, dans le but de simplifier le paysage des gestionnaires de l'eau et de disposer

d'un interlocuteur et d'un maître d'ouvrage unique pour les « problématiques rivières ». Le SMRD est devenu la structure principale de gestion à l'échelle du bassin et compétente pour toutes les problématiques d'intérêt général (www-riviere-drome.com).

1.3.1 Objectif de l'étude

Le premier Schéma d'aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Drôme a été accepté en 1997. Depuis 2007 le SAGE est en cours de révision et doit être en mesure de répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau qui pose comme principe l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau qui est repris dans le Schéma Directeur d'Aménagement et des Gestion des Eaux (SDAGE) Rhône et Méditerranée.

L'étude géomorphologique du bassin versant de la Drôme a pour objectif d'établir un diagnostic de la dynamique fluviale, de la qualité physique des cours d'eau et de clarifier les références géomorphologiques et biologiques à atteindre pour dégager une stratégie de gestion. La finalité de est d'assurer la diversité et la dynamique des milieux et des habitats, propice au développement de la biodiversité, en prenant en compte les enjeux socio-économiques.

Cette étude menée par la société ARTELIA EAU et ENVIRONNEMENT comprend quatre phases.

La phase 1 de cette étude consiste à réaliser un état des lieux du fonctionnement et des évolutions morphologiques et écologiques des cours d'eau. C'est dans la cadre de cette première phase que s'inscrit le travail décrit dans les parties suivantes bien que la thématique « évolution écologique » ne soit pas abordée.

1.4 Problématique

L'objet de cette étude est donc de retracer les évolutions morphologiques de la Drôme et d'en comprendre le fonctionnement. Il conviendra de répondre à un certain nombre de questions :

- Quelles sont les évolutions passées de la dynamique latérale (mobilité en plan) de la Drôme ?
- Quelles sont les évolutions passées du profil en long de la Drôme ?
- Quelles sont les causes de ces évolutions ?
- Quel fonctionnement structurel en long et en plan peut-on dégager ?
- Quelles sont les évolutions à attendre sans intervention ?

PARTIE 2. PRESENTATION DU SECTEUR DE L'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DE LA DROME

La majeure partie des données utilisées dans le cadre de cette étude ont été transmises par le SMRD, elles comprennent des rapports d'études de différentes natures (hydraulique, schéma de gestion, thèses, plan de prévention des risques, etc.), des photographies aériennes anciennes du bassin, des cartes IGN, des données cartographiques sous format SIG, des modèles numériques de terrain (MNT) ainsi que des données topographiques (profil en long, profil en travers).

Un certain nombre de recherches complémentaires ont été cependant effectuées pour compléter ces données (visite des archives départementales, contact avec les acteurs du bassin et recherche d'études complémentaires sur la zone d'étude).

2.1 Milieu physique

Le bassin versant de la Drôme sur lequel porte la présente étude est situé en région Rhône-Alpes, au centre du département de la Drôme (26) (figure 4).

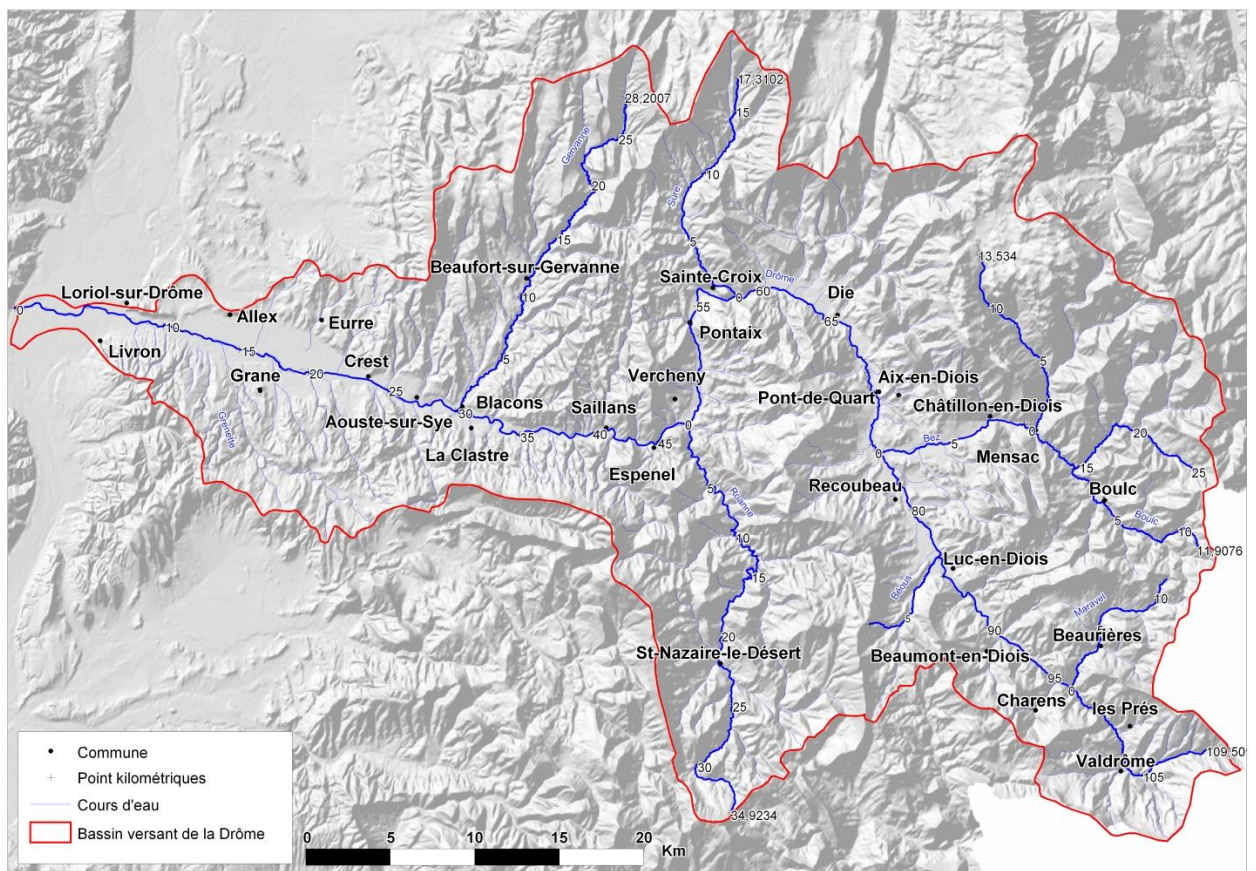


Fig.2. Localisation du bassin versant de la Drôme

2.1.1 Réseau hydrographique

La rivière Drôme prend sa source au niveau de la Bâtie des Fonds, à 1030 m d'altitude (Station de Valdrôme - Montagne de l'Aup) et vient confluer en rive gauche du Rhône (X= 839206,8 Y=6409562,3 Lambert 93) après un parcours de plus de 100 km, sur les communes de Loriol-sur-Drôme et de Livron, à 86 m d'altitude. Son bassin versant s'étend d'est en ouest sur environ 1 660 km². La Drôme draine le massif du Diois, orienté Sud-Est – Nord-Ouest, qui est encadré au nord par le Massif calcaire du Vercors, et au sud par le Massif des Baronnies. C'est ainsi une zone de transition entre deux massifs montagneux (SMRD, 2010).

Les principaux affluents de la Drôme proviennent du Vercors, et la rejoignent en rive droite, il s'agit du Bez, de la Sure de la Sye, et de la Gervanne. Le seul affluent important en rive gauche est la Roanne qui prend sa source dans le massif du Diois.

2.1.2 Géologie

2.1.2.1 Nature du substratum

Le bassin versant en amont de Crest est essentiellement constitué d'alternances de marnes et de calcaires. Depuis sa source jusqu'à Crest, la Drôme traverse la partie septentrionale du massif du Diois, massif qui appartient aux chaînes alpines méridionales. En conséquence, les assises recoupées par la rivière et ses affluents (c'est-à-dire le substratum) sont exclusivement de nature sédimentaire. Il s'agit de calcaires et de marnes d'âge jurassique et crétacé (ère secondaire). Au Nord, les massifs calcaires compacts crétacés du plateau du Vercors, engendrent la présence de réseaux karstiques ; les fonds de la vallée de la Drôme sont constitués quant à eux de terrains alluviaux.

2.1.2.2 Histoire géologique du remplissage alluvial du fond de vallée (d'après Liébault, 2003)

Les alluvions du fond de vallée correspondent au remblaiement récent (15 000 dernières années) de la vallée de la Drôme et de ses affluents. Comme l'explique la thèse de F. Liébault sur les rivières torrentielles des montagnes drômoises (2003), "l'histoire de la torrentialité des Alpes du Sud est marquée des crises torrentielles entrecoupées de phases d'apaisement accompagnées d'un alluvionnement à prédominance limoneuse ou d'une reprise majeure de l'incision. [...] Chacune des périodes de crise est caractérisée par la mise en place de nappes caillouteuses qui indiquent une prépondérance des modes de transport torrentiels."

2.1.2.3 Profondeur du substratum

Nous reprenons ci-dessous les analyses du Schéma d'aménagement des rivières Drôme et Bez (SOGREAH 1990).

De la source jusqu'à Crest, la plaine alluviale de la Drôme a une largeur moyenne variant de 1 à 2 km. Elle comporte un certain nombre de resserrlements causés par des verrous

calcaires qui individualisent ces compartiments aquifères séparés. Diverses études géophysiques portant sur chacun des sous-bassins de la Drôme ont situé le substratum marneux des alluvions à une profondeur comprise entre 5 et 10 m au droit de la basse terrasse. Le substratum est généralement visible en pied de berge de la Drôme et du Bez, ce qui sous-entend que des épaisseurs d'alluvions supérieures à 5 m ne peuvent se rencontrer qu'à la faveur de surcreusements très localisés.

En aval de Crest, les conditions géologiques ont permis un élargissement de la vallée (3 km d'extension latérale maximum), essentiellement en rive droite de la rivière étant donnée sa configuration actuelle en rive gauche. En moyenne le substratum argileux se situe à 8 m sous le sol dans le secteur amont et à 10 m dans le secteur aval. Au droit des chenaux de surcreusement, on peut ponctuellement trouver 15 m d'alluvions. On peut d'ailleurs noter les quelques affleurements du substratum (en l'occurrence des calcaires) observables au pied des berges de la rivière, en particulier à l'aplomb du pont de Crest.

En aval de l'actuel endiguement d'Allex-Grane, la rivière s'encaisse dans des alternances de calcaires et de marnes qui dominent Loriol-sur-Drôme et Livron. A cette occasion, la vallée se resserre une nouvelle fois, se réduisant au lit majeur du cours d'eau tandis que l'épaisseur des alluvions est également ramenée, dans cette zone à des valeurs comprises entre 4 et 7 m jusqu'au pont de Livron-Loriol.

2.1.3 Climat

La situation géographique particulière du bassin versant de la Drôme, transition entre les Alpes et la Provence, implique que le régime des cours d'eau est sous influence préalpine et méditerranéenne :

La neige tombée pendant l'hiver sur la tête de bassin et les contreforts du Vercors produit lors de sa fonte des débits soutenus d'avril à juin. L'été, les faibles précipitations et la chaleur réduisent considérablement les débits ; certaines portions de la Drôme peuvent aller jusqu'à s'assécher. En automne, des phénomènes cévenols peuvent engendrer de très fortes crues, capables de remodeler complètement le lit de la rivière (SMRD, 2011).

2.1.4 Hydrologie

2.1.4.1 Pluviométrie

Les précipitations annuelles varient entre 800 et 1000 mm et le nombre de jours de pluie par an est compris entre 80 et 100, les pluies se concentrant principalement en automne et au printemps. Les stations sont localisées dans la figure 3. Des maxima ont été relevés, en termes d'intensité, dépassant les 150 mm sur 24h sur le massif du Diois. Ce type d'évènements exceptionnels se produit généralement à l'automne (Liébault, 2003).

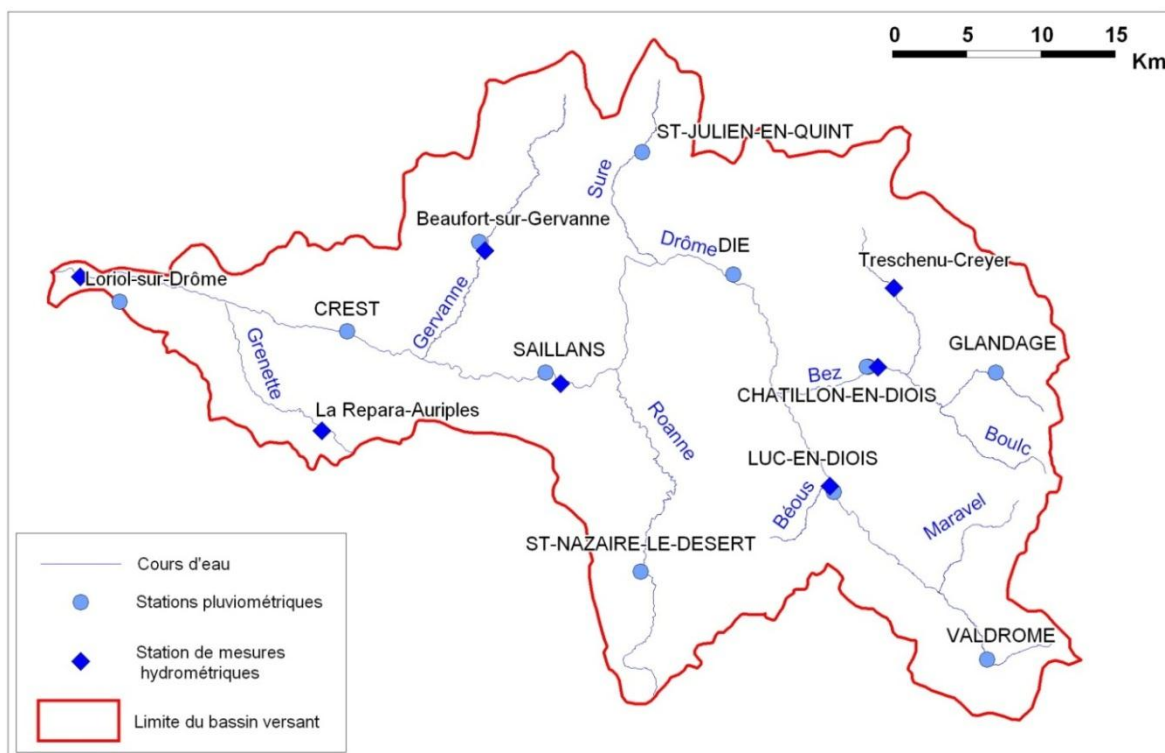


Fig.3. Localisations des stations de mesures hydrométriques et pluviométriques du bassin versant de la Drôme (source : Banque Hydro et base de données Artelia)

2.1.4.2 Stations de mesures hydrométriques

Le bassin versant de la Drôme est instrumenté (Fig. 3) depuis le début du XX siècle pour la Drôme, les stations de hydrométries en fonctionnement sont listées dans le tableau1.

Cours d'eau	Code station	Commune	Coordonnées (Lambert II étendu)		Surface BV (km ²)	Alt. NGF (m)	Données disponibles	
			X	Y			Hauteurs	Débits
Bez	V4225010	Châtillon-en-Diois	850100	1970791	227	558	1981-2012	1963-2012
Drôme	V4214010	Luc-en-Diois	846722	1962412	194	530	1981-2012	1907-2012
Drôme	V4264010	Saillans	827754	1969630	1150	263	1981-2012	1910-2012
Drôme	V4264021	Lorient-sur-Drôme	793925	1977120	1640	100	2003-2012	2003-2003
Archiane	V4226020	Treschenu-Creyers	851210	1976356	64	730	2009-2012	2010-2011
Gervanne (résurgence des fontaigneux)	V4275910	Beaufort-sur-Gervanne	821856	1978096	0	307	1973-2012	1966-2012
Gervanne	V4275010	Beaufort-sur-Gervanne	822431	1978970	108	325	1973-2012	1969-2010
Grenette	V4287010	La Repara-Auriples	810934	1966298	6,7	297	1997-2012	1997-2010

Tab. 1. Caractéristiques des stations hydrométriques du bassin versant de la Drôme (Banque Hydro)

La série de données de la station de Saillans comporte une lacune importante des relevés de 1913 à 1981. Seule la station de Luc-en-Diois présente une chronique de donnée très ancienne.

2.1.4.3 Historiques des crues

L'étude de l'aléa inondation du bassin versant de la Drôme et du Bez de 2007, réalisé par BCEOM, dresse une liste des crues historiques de la Drôme, cette liste est issue d'un travail de recherche d'archives réalisé par Maurice Pardé en 1925 (Tab. 2), les crues récentes sont présentées dans le tableau 3.

Durant le XIX^{ème} siècle, le bassin de la Drôme a subi des événements chroniques de crues importantes, les valeurs de débits ont été recalculées a posteriori, il faut donc les considérer à titre indicatif, néanmoins les hauteurs d'eau sont importantes et ces événements ont été suffisamment remarquables pour avoir été consignés dans les archives. Il semble qu'il y ait une lacune dans les données de crues entre les années 20 et les années 70.

1384 : Inondations cette année-là (Histoire du Dauphiné)	30 mai 1856 : Grosse crue de la Drôme 3.30 m à Crest – $Q_{Crest} = 820 \text{ m}^3/\text{s}$
1433 : Inondations désastreuses (Histoire du Dauphiné)	20/10/1872 : 3.00 m à Crest – $Q_{Crest} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$
1548 : Inondations désastreuses (Histoire du Dauphiné)	26/10/1882 : 3.10 m à Crest – $Q_{Crest} = 750 \text{ m}^3/\text{s}$
Novembre 1790 : « La Drôme déborde avec une extrême violence »	27/10/1882 : 3.40 m à Crest, 2.97 m à Saillans – $Q_{Crest} = 840 \text{ m}^3/\text{s}$
An 10 de la République : Grosse crue surmontant les digues de Crest - Elévation des eaux de 2.60 m	11/11/1886 : 2.20 m à Crest – $Q_{Crest} = 450 \text{ m}^3/\text{s}$
1801 : Fortes inondations causant les plus grands désastres dans les communes de Crest, Eure et Allex	17/07/1892 : 3.05 m à Crest, 4.00 m à Saillans – $Q_{Crest} = 720 \text{ m}^3/\text{s}$
1808 : Pluies diluviennes et inondations générales de la Drôme...	06/10/1892 : 2.25 m à Crest, 0.80 m à Saillans – $Q_{Crest} = 450 \text{ m}^3/\text{s}$
3 mai 1818 : Crue de la Drôme	Oct-nov 1896 : 1.10 m à Crest, soit 150 m ³ /s
1824 : Un courant de crue a contourné la digue d'Allex	13/10/1898 : 2.10 m à Crest, 1.70 m à Saillans – $Q_{Crest} = 410 \text{ m}^3/\text{s}$
1826 : Divagations énormes	02/10/1901 : 1.80 m à Crest, 2.80 m à Saillans – $Q_{Crest} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$
Oct-nov 1840 : débit Crest : 1000 m ³ /s	08/11/1907 : 2.55 m à Crest, 4.00 m à Saillans – $Q_{Crest} = 550 \text{ m}^3/\text{s}$
Septembre 1841 : 3.60m à Crest – $Q_{Crest} = 920 \text{ m}^3/\text{s}$	01/12/1910 : 1.80 m à Crest, 2.80 m à Saillans – $Q_{Crest} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$
26/09/1842 : Grandes inondations : 4.30 m à Crest – $Q_{Crest} = 1250 \text{ m}^3/\text{s}$	23/07/1914 : 2.74 m à Crest – $Q_{Crest} = 620 \text{ m}^3/\text{s}$
30 mai 1856 : Grosse crue de la Drôme 3.30 m à Crest – $Q_{Crest} = 820 \text{ m}^3/\text{s}$	23/07/1914 : 2.00 m à Crest – $Q_{Crest} = 380 \text{ m}^3/\text{s}$
20/10/1872 : 3.00 m à Crest – $Q_{Crest} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Janvier 1919 : 2.0 m à Crest soit 380 m ³ /s

Tab. 2.Crues historiques de la Drôme (BCEOM, 2007)

Crue	1971*	1975*	1977*	1982*	1986*	janvier 1994**	novembre 2002**	décembre 2003**
Le Bez à Châtillon en Diois						98	101	186
La Drôme à Luc- en-Diois						134	83	134
La Drôme à Saillans	382	335	299	343	355	501	556	692
La Drôme à Crest	460	400	360	410	430			

*Sogreah 1990, **BCEOM 2007

Tab. 3. Crues récentes sur le bassin versant de la Drôme en m³/s (BCEOM 2007, Sogreah 1990)

2.1.4.4 Débits caractéristiques

Le tableau 4 propose les débits caractéristiques de la Drôme et du Bez. Les débits décennaux ont été obtenus en faisant la moyenne de valeurs issues de différents ajustements statistiques. Les débits centennaux sont obtenus en appliquant la méthode QDF (débit-durée-fréquence) développée par le CEMAGREF. Le débit décennal et centennal à l'exutoire du bassin est estimé par la loi de Meyer à partir des débits Q10 et Q100 calculé à Saillans (BCEOM, 2007).

		Module*	Q10	Q100
Drôme	Luc-en-Diois	2,78	85	190
	Saillans	17,3	430	950
	exutoire		570	1260
Bez	Châtillon-en-Diois	4,17	95	210

*données de la Banque Hydro

Tab. 4. Débits caractéristiques de la Drôme et du Bez (BCEOM, 2007 ; Banque Hydro)

2.1.5 Occupation du sol

Plus de deux tiers de la surface du bassin est caractérisée par des zones de végétation naturelle, principalement des forêts. Les surfaces agricoles représentent un peu moins d'un tiers de la surface. De 1990 à 2006, l'évolution de l'occupation du sol ne concerne que les zones urbanisées qui se sont étendues au détriment de terres agricoles, les zones urbaines représentent 0,9% du territoire en 2006 (SMRD, 2010). La carte de l'occupation du sol du bassin est présentée dans l'annexe 1.

2.2 Historique du bassin

Cette sous partie s'intéresse aux événements passés susceptibles d'avoir eu un impact sur important sur le fonctionnement du cours d'eau.

2.2.1 Les aménagements

2.2.1.1 Les endiguements

Le bassin versant de la Drôme a été marquée par de nombreux évènements de crues et d'inondations au XVIIIème et au XIXème siècle (Landon, 1999). Les premiers travaux des grands endiguements ont commencé à la fin du XVIIIème siècle dans la partie aval du bassin (à l'aval de Crest) et se sont poursuivis tout au long du XIXème ainsi que dans la Drôme moyenne (entre Crest et Recoubéau) le but étant de protéger les habitations des villes et villages. Aujourd'hui les endiguements couvrent un linéaire de cours d'eau important (Fig. 4).

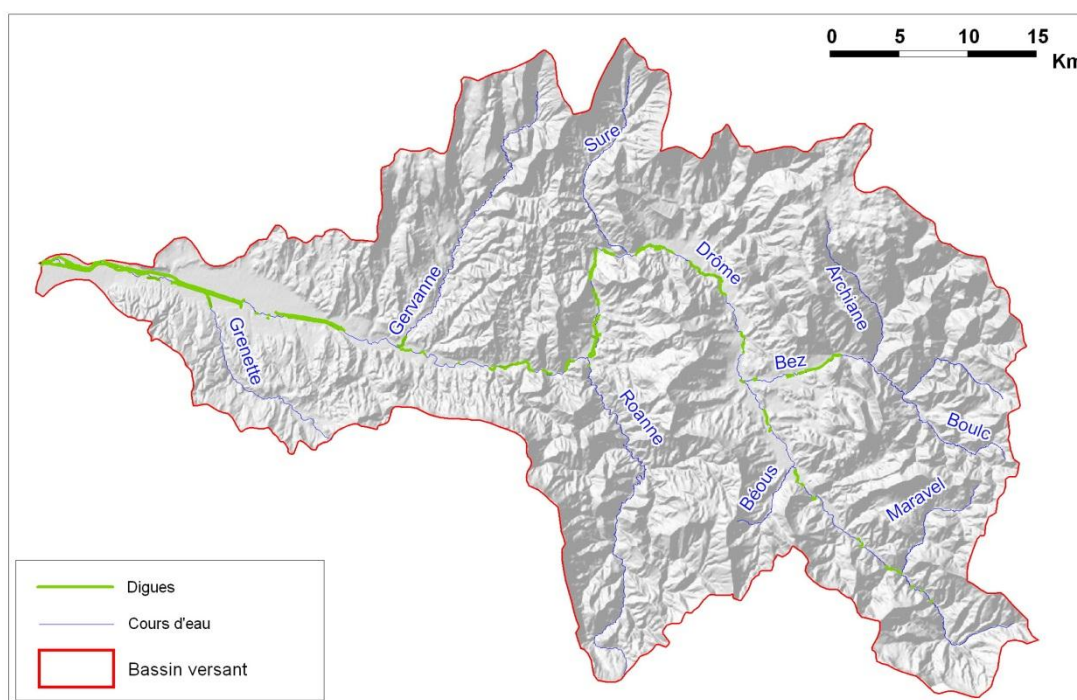


Fig.4. Localisation des digues sur la Drôme et le Bez (source : SMRD)

La création de ces aménagements et l'ampleur des travaux marque la volonté de vouloir se protéger d'un cours d'eau très divagant dont les crues causent des dégâts importants.

2.2.1.2 Les ouvrages RTM (Restauration des Terrains de Montagnes)

Parallèlement à la construction des endiguements, la deuxième moitié du XIXème a vu la mise en place de la politique de Restaurations des Terrains de Montagnes. Cette politique est née, de la volonté des pouvoirs publics, en réponse à la surexploitation agro-pastorale des forêts, d'une part, et à la lutte contre les inondations de la vallée. La déforestation ayant permis la réactivation de torrents qui ont charrié des quantités importantes de matériaux vers l'aval (Liébault, 2003). La politique RTM a consisté à stabiliser les versants par correction torrentielle et par reboisement. Elle a débuté en 1863 et s'est achevée en vers 1920 suite à une forte diminution de crédits. Durant cette période, 18500 ha ont été plantés, 12600 barrages torrentiels et 3600 seuils ont été mis en place sur les versants de la moitié amont du bassin

versant (Landon, 1999). La politique RTM fut reprise au début des années 60 mais dans une moindre dimension. Le taux de boisement est passé de 27% en 1835 à 45% en 1988 (Liébault, 2003).

2.2.2 Les actions menées dans le lit mineur

La construction des endiguements a nécessité des matériaux qui ont été prélevés dans le lit mineur de la Drôme, ainsi que la construction de la ligne de fer Privas-Livron-Aspres. N. Landon estime que les extractions entre le début du XIXème et le début du XXème ont atteint un volume de 1 millions de m³. Par extraction nous entendons un prélèvement avec soustraction définitive des matériaux du lit du cours d'eau. Ces extractions de matériaux ont eu lieu au droit des endiguements. Après la seconde guerre mondiale, les extractions dans le lit mineur se sont intensifiées et ce, durant toute la seconde moitié du XXème siècle. Les prélèvements de granulats dans le lit mineur sont officiellement interdits depuis 1995. Les volumes de matériaux extraits durant cette période sont estimés à 10 millions de m³, soit un déficit sédimentaire de 8 millions de m³ (Landon 1999). Ces estimations sont basées sur des déclarations, il est possible que les volumes réellement extraits aient été plus importants. Aujourd'hui il n'existe que trois secteurs où les extractions sont autorisées : en amont de l'exutoire de la Drôme, au niveau du seuil CNR (Compagnie Nationale du Rhône) et dans les pièges à sédiments des Tours et du Maravel, dans la partie amont du bassin (EGIS, 2008).

2.2.3 Synthèse

Nous pouvons identifier globalement trois grandes périodes dans l'histoire du bassin versant de la Drôme. (1) Le XIXème siècle correspondant à une période de grands travaux d'endiguements, (2) La première moitié du XXème correspondant à une période de reboisement des versants consécutive à la politique RTM. Cette période a connu une forte baisse démographique et une déprise agricole, la population étant passé de 55000 habitants en 1850 à 31000 en 1950 (Landon 1999). (3) La seconde moitié du XXème siècle, marquée par une activité intense d'extraction de matériaux dans le lit de la Drôme.

PARTIE 3. ANALYSE STRUCTURELLE ACTUELLE DE LA RIVIERE **DROME**

L'analyse structurelle du profil en long actuel de la Drôme consiste à identifier des unités fonctionnelles ou « tronçons homogènes ».

3.1 Axe de référence

Au préalable de ce type d'étude il est nécessaire de définir un axe de référence unique sur lequel seront placés les points kilométriques (PK) qui serviront de point de références pour localiser les données. L'axe de référence suit le lit de la rivière, et est marqué tous les 100 mètres permettant une référence commune en termes de positionnement le long des cours d'eau. L'axe suit d'une manière générale le chenal d'écoulement principal de l'orthophotographie de 2010 (BDOrtho IGN, fournie par le SMRD). Sur les secteurs en tresses, l'axe passe au centre de la tresse. Le PK 0 correspond à l'exutoire du cours d'eau.

Chaque donnée collectée est ainsi identifiée avec un PK amont et un PK aval faisant référence à cet axe virtuel. Tout ouvrage ou secteur est repéré par un PK précis facilitant le positionnement.

3.2 Données utilisées

3.2.1 Les profils en long

Pour cette analyse, les profils en long les plus complets ont été utilisés (tab. 5).

Description	Pk amont (km)	Pk aval (km)	Date	Observations
Fil d'eau Grandes forces hydrauliques	103,4	0,2	septembre-octobre 1928	
Fil d'eau 1986	76,2	7,2	02 avril 1986	issu d'un plan photogrammétrique
Fil d'eau 2006	95,8	1,8	mai-juillet 2006	issu de profils en travers (société Sintégra)
Fond extrême 2006	95,8	1,8	mai-juillet 2006	issu de profils en travers (société Sintégra)
Fil d'eau 2010	96,6	0	13-14 septembre 2010	issu de levé LiDAR (société Hélimap)
Fil d'eau 2012	103,7	96,5	16 mars 2012	issu de levé LiDAR (société Sintégra)

Tab. 5. Profils en long utilisés pour l'analyse structurelle de la Drôme

Tous les profils en long ont été calés minutieusement suivant l'axe de référence. Les cotes du profil des grandes forces hydrauliques de 1928 sont exprimées dans le système orthométrique NGF Lallemand. Le site internet de l'IGN propose les valeurs correctives par zone qu'il faut appliquer pour exprimer les cotes dans le système NGF IGN69 (IGN, 2012).

3.2.1.1 Caractéristiques des profils en longs

Le fond extrême, noté FondEx, correspond à la cote la plus basse d'une section en travers. Le fil d'eau, noté FE, correspond à la cote du niveau d'eau pour un débit donnée (lors du levé). Lorsque le débit est faible (condition d'étiage) on parle de fil d'eau d'étiage. Ce profil est intéressant car il lisse les irrégularités du fond extrême, généralement il permet d'en estimer la pente.

Les profils en long récents (2010 et 2012) sont obtenus à partir de levé LiDAR (Light Detection And Ranging). Le levé LiDAR de 2010 est complété par le levé LiDAR de mars 2012 afin de couvrir la quasi-totalité du linéaire de la Drôme. La méthode LiDAR consiste à effectuer un relevé par laser grâce à un survol en hélicoptère. Cette technique permet d'obtenir une densité de points de mesure bien supérieure à des relevés terrestres, avec une densité d'environ 4 pt/m², et une précision de 15 cm en largeur et 8 cm en hauteur. La densité de points permet d'identifier le niveau du terrain même en présence de couvert végétal. En revanche, le signal est réfléchi sur les surfaces en eau, la technologie LiDAR permet donc d'obtenir un niveau d'eau mais en aucun cas des valeurs de bathymétrie.

3.2.1.2 Les ouvrages transversaux

Les ouvrages présents sur les cours d'eau ont été recensés à partir d'études existantes, la majorité des ponts a fait l'objet de levés topographiques dans le cadre de l'étude de l'aléa inondation de 2007 (BCEOM, 2007), les autres ont été repérés à partir de la carte IGN au 1/25000 et des orthophotographies de 2010. Un certain nombre de seuils, notamment ceux au droit des ponts ont été également levés à l'occasion de cette étude, les autres ont fait l'objet d'un recensement dans les bases de données de l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques) fournies par le SMRD. Le recensement des ouvrages est présenté dans les annexes 2 et 3. Chaque ouvrage est renseigné par une cote et un PK correspondant à notre axe de référence, dans le but de pouvoir les représenter sur les profils en long afin de mieux se repérer sur le profil et de mettre en évidence le rôle éventuel de ces ouvrages sur la structure du profil en long.

3.2.2 Définition des unités fonctionnelles

Les ruptures de pente, les pentes moyennes et le type morphologique ont été systématiquement recherchés pour chacun des profils recensés (§ 3.2.1.1), à l'aide de la carte d'Etat-Major du XIX^{ème} siècle, des photos aériennes de 1986 (non géoréférencées) des orthophotographies de 2006 et de 2010 (issues de la BD Ortho de l'IGN et fournies par le SMRD), afin d'aboutir à la structure présentée dans la partie suivante. Les cartes géologiques du BRGM, disponibles sur le site www.geoportail.gouv.fr, ont également été consultées afin d'apprécier la plaine alluviale (composée des alluvions notées Fx, Fy, Fz) Les unités

fonctionnelles sont définies de telle manière qu'elles sectorisent le cours en tronçons homogènes en termes de pente, de morphologie, et de la topographie du fond de vallée. L'objectif d'une telle sectorisation est d'identifier des unités cohérentes en termes de fonctionnement hydromorphologique qui seront reprises par les gestionnaires pour mener d'éventuelles actions, cohérentes vis-à-vis du fonctionnement du cours d'eau.

3.3 Profil en long structurel récent de la Drôme

Le profil indiqué sur le graphique ci-après correspond au levé de 2010 obtenu grâce à un lever LIDAR réalisé par HELIMAP les 13 et 14 septembre 2010. Le débit le jour de ces levés correspondait à un étiage relativement bas (Q Drôme à Luc = 0,3 m³/s, Q Drôme à Saillans = 3 m³/s, Q Bez à Chatillon = 0,6 m³/s, Q Beaufort sur Gervanne = 0, Q Grenette à Repara = 0). Ainsi, le profil en long du fil d'eau de 2010 donne une excellente représentativité du fond extrême lissé de la Drôme à cette date.

De l'amont vers l'aval on peut distinguer les grandes unités morphologiques suivantes (Fig.5) :

Des sources de la Drôme au PK 98,8 (aplomb du Rocher du Four) :

La Drôme présente un faciès de torrent relativement rectiligne de 5 à 10 m de large avec quelques rares secteurs de bancs et plages de dépôts (PK 101,9 à 102,15 - PK 102,6 à 102,8). La pente moyenne est de l'ordre de 1,5 %;

Du PK 98,8 au PK 92,8 (Seuil prise d'eau du Piège des Tours) :

Bien que l'on n'observe pas de modification de la pente moyenne, la Drôme prend une morphologie de chenal unique dans une bande active qui s'élargit de façon importante. On distingue :

- La partie amont, du PK 98,8 au seuil du piège de Maravel (PK 96,4) situé en aval immédiat de la confluence avec le Maravel : la pente est semblable au secteur amont (1,54 %) mais la bande active 40 à 60 m avec des bancs peu végétalisés mais en cours de végétalisation ;
- La partie aval, du seuil du piège de Maravel au seuil prise d'eau du piège des Tours : La bande active se réduit sensiblement (20 à 30 m) mais les bancs alternes sont aujourd'hui très mobiles (pas de végétation). La pente diminue de façon également importante, elle est de l'ordre de 0,78 %.
- La morphologie diffère uniquement sur les 350 m dédiés au piège de Maravel (PK 96,4 au PK 96,75). Ce secteur constitue une plage de dépôts en tresses sur 80 m de large. En retrait, l'ancienne bande active est aujourd'hui très végétalisée. Le secteur du piège des Tours ne constitue pas en comparaison de secteur de divagation particulier.

Du PK 92,8 (Seuil prise d'eau du Piège des Tours) à la confluence avec le Rif Miscon (PK87,25) :

En aval du Piège des Tours, la pente du lit diminue très fortement devenant proche de 0,26 % jusqu'à la crête du Saut de la Drôme (confluence avec le Rif Miscon). Le lit actif se réduit encore à 10 m et le chenal d'écoulement devient beaucoup plus rectiligne et sans bancs.

Du PK 87,25 (Rif Miscon) au PK86,2 (pied du Saut de la Drôme) :

Cette section correspond à ce que l'on appelle communément le Saut de la Drôme, lieu géologique de l'éboulement du Claps qui marque une rupture sédimentaire quasi-totale entre la partie amont et la partie aval. La pente y est très forte : en moyenne, 6,2 %. Le Saut est constitué d'une alternance de sections de 200 à 400 m : Torrent - Plan d'eau - Torrent à gros blocs - Plan d'eau qui conclue ce Saut.

Du PK 86,2 (pied du Saut de la Drôme) au PK 75,5 (Confluence Bez) :

En aval de ce dernier plan d'eau, la Drôme reprend une morphologie remarquablement proche de celle qu'elle avait entre le seuil du piège de Maravel et le seuil prise d'eau du piège des Tours (pente entre 0,7 et 0,9 % - chenal unique dans une bande active souvent proche de 20 à 30 m). Jusqu'à la confluence avec le Bez (PK 75,5), ce secteur est marqué par une alternance entre des tronçons à chenal unique relativement étroits (20-30 m) et des zones de divagation importantes en chenal unique sur des bandes actives plus larges, vestiges de tresses en déclin. Cette alternance est essentiellement le fait de la topographie (resserremments - élargissements du fond de vallée) :

- Amont de Luc en Diois (PK 86,2 à 85) : faciès torrentiel de 10 m de large,
- Traversée de Luc en Diois (PK 85 à 83,2) : chenal unique endigué avec très peu de bancs dans une bande active de 20 m de large,
- Aval de Luc (PK 83,2 à 82) : zone de divagation importante (dépôt-reprise de matériaux). Cependant, le chenal unique actuel est clairement un héritage d'un secteur anciennement en tresses de moins en moins actives. La bande active mobile de 90 m est peu végétalisée mais paraît en cours de végétalisation.
- PK 82 à 81 (Montlaur en Diois) : chenal unique restreint par la topographie et la végétation à 20 m de large environ ;
- PK 81 à 79,1 : Zone de divagation importante. Tresses évoluant vers l'aval en chenal unique. La bande active est sensiblement plus large (50 à 130 m),

- PK 79,1 à 78,2 (secteur du pont de Recoubeau) : Chenal unique à bancs alternes mobiles. La bande active est peu large (30 m), contrainte en rive droite par la topographie et en rive gauche par l'endiguement (PK 79,7 à 78,5) puis par la végétation.
- PK 78,2 à 75,5 : Chenal unique sur une bande active relativement large plus ou moins fixée (70 à 90 m) ;

Dans le même temps, la pente est relativement homogène mais marquée par deux points de rupture importants : la confluence du Torrent de la Béous au PK 83,64 et le seuil de Recoubeau (PK 78,63) :

- En amont de la confluence Béous, la pente est de l'ordre de 0,7 %;
- En aval de la confluence avec la Béous, le profil présente une inversion de pente (0,7 % en amont et 0,9 % en aval). Ce phénomène peu fréquent, mais que l'on retrouve sur l'ensemble des profils disponibles même anciens, est très probablement lié aux apports importants de matériaux par ce torrent au regard de la capacité de transport solide de la Drôme. La rivière, pour pouvoir reprendre les matériaux apportés par la Béous a augmenté sa pente d'équilibre de manière à augmenter sa capacité de transport. Sur le profil de 1928, cette incidence se fait ressentir jusqu'aux confluences très rapprochées de la Barnavette (PK75,9), du Bez (PK75,5) et de l'Esconavette (PK75) qui modifient alors à nouveau les équilibres liquides-solides de façon à abaisser à nouveau la pente. La pente reste encore toutefois supérieure à ce qu'elle était en amont de la Béous jusqu'au pont de Pont de Quart (PK71,8).
- Le seuil de Recoubeau marque aujourd'hui une rupture supplémentaire dans la section Confluence Béous - Confluence Bez : du fait des extractions d'après-guerre dans cette zone et de l'érosion régressive qui en a résulté, le lit s'est incisé à partir de l'aval et la pente a basculée et diminuée. Le seuil de Recoubeau a toutefois permis de limiter ce basculement jusqu'à ce point. En aval du seuil, la pente est donc sensiblement plus faible : 0,76 % contre 0,9 %.

Du PK 75,5 (Confluence Bez) au PK 72,3 :

En aval de la confluence avec le Bez, la Drôme adopte la morphologie du Bez pour faire transiter les apports solides et liquides très importants de cet affluent. Ce secteur correspond donc à une vaste zone de dépôt - reprise de matériaux qui s'étend sur 3 km linéaires jusqu'à environ 500 m en amont du pont (RD93) de Pont de Quart (PK 72,3) : les écoulements sont en tresses sur une bande active beaucoup plus large qu'en amont de la confluence avec le Bez. On peut distinguer un secteur particulièrement large (de 200 m environ) sur le premier kilomètre en aval de la confluence Bez qui comprend également la confluence avec l'Esconavette. Les deux kilomètres suivants présentent une bande active moins large, de 100 m

environ, avec des écoulements à plusieurs chenaux mais toutefois beaucoup moins actifs que sur le premier kilomètre.

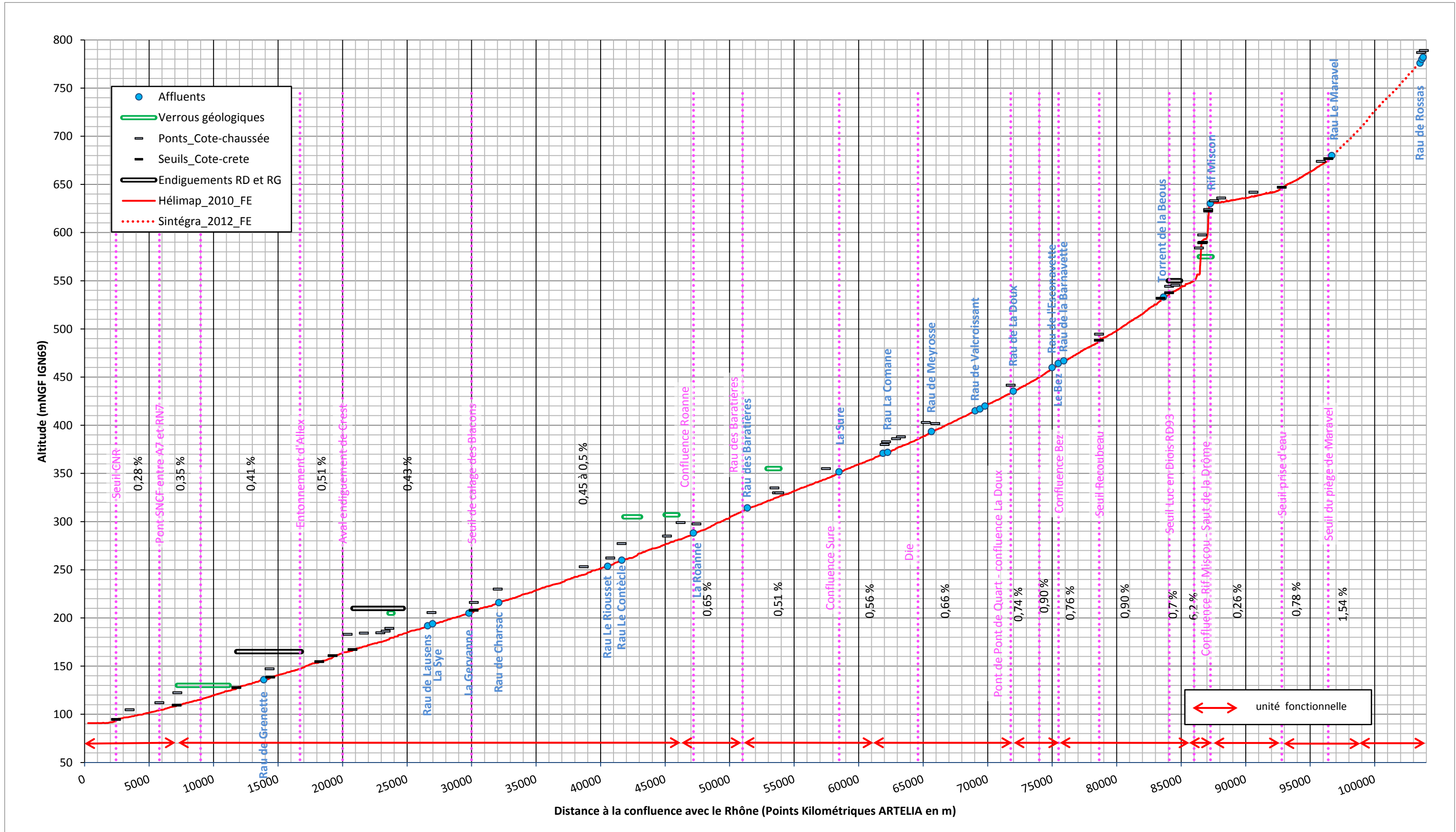
Sur l'ensemble du secteur, le lit est peu encaissé avec un lit majeur relativement étendu se réduisant toutefois progressivement de 300 à 100 m en allant vers l'aval.

Le fonctionnement de cette vaste zone de dépôt a toutefois été modifié de façon importante entre le début du siècle et aujourd'hui : sur le profil en long des GFH de 1928 on observait tout d'abord une pente plus faible sur le premier kilomètre avant de retrouver la même pente qu'en amont de la confluence Bez sur les deux derniers kilomètres. Ce phénomène était le signe que les apports du Bez étaient trop importants pour la capacité de la Drôme et qu'elle avait en conséquence besoin d'adapter sa pente pour augmenter sa capacité de transport. Aujourd'hui le phénomène est inverse : sur le premier kilomètre en aval de la confluence Bez, on observe une augmentation de la pente (de 0,76 % en amont à 0,9 % en aval), puis sur les deux kilomètres suivants, on retrouve une pente proche de la pente en amont de la confluence Bez (0,74 %). Ce phénomène est le signe que la capacité de la Drôme est trop importante au niveau de la confluence Bez au regard des apports actuels du Bez. La Drôme réadapte ensuite sa pente pour diminuer sa capacité de transport.

Du PK 72,3 à 61,6 (station d'épuration de Die - Les Fourches) :

500 m environ en amont du pont de Pont de Quart (PK 72,3), la pente du lit diminue sensiblement passant de 0,74 % en amont de Pont de Quart à 0,66 % en aval. Parallèlement, le lit de la Drôme s'encaisse fortement avec des hauteurs de berges relativement plus importantes (quelques mètres). La Drôme adopte alors une morphologie de chenal unique dans une bande active étroite de 50 m environ. Le point le plus étroit correspond au pont de Pont de Quart (PK71,8) où la largeur de franchissement est de 30 m environ. Excepté sur la partie amont où l'on note quelques bancs mobiles, le chenal d'écoulement présente très peu de bancs. Le lit majeur se réduit également se confondant également quasiment avec le lit actif à quelques rares exceptions près (les 500 m en aval du pont de Pont de Quart et sur un kilomètre au droit de Molière-Glandaz). La pente se réduit progressivement de 0,66 à 0,56 %.

Fig.5. Structure du profil en long récent de la rivière Drôme



Du PK 61,6 (Station d'épuration de Die - Les Fourches) à PK 51,6 (confluence du Ruisseau des Baratières) :

La morphologie de la Drôme change peu (chenal d'écoulement unique) mais la bande active est sensiblement plus large (90 à 110 m) pouvant être réduite à 50 m ponctuellement (pont VC de Pontaix). Le lit majeur s'élargit avec des berges moins hautes et occupe souvent la totalité du fond de vallée. Le chenal d'écoulement est fixé par des bancs en cours de végétalisation très peu mobiles. La pente continue de diminuer progressivement (0,56% en amont de la confluence Sure puis 0,51% en aval) sans que les affluents ne provoquent de ruptures marquées.

PK 51,6 (confluence Rau des Baratières, à l'aplomb du village de Barsac) à 46,3 (900 m en aval de la confluence Roanne) :

En aval de la commune de Pontaix, la vallée s'élargit fortement et la Drôme entre dans la plaine alluviale de Vercheny. La rivière a alors plus d'espace pour divaguer et prend une morphologie en tresses sur une bande active de 100 à 140 m de large pouvant être réduite de manière très localisée à 50 m de large (carrière de Vercheny, en rive gauche). Par conséquent la pente augmente sur ce secteur pour permettre de conserver la capacité de transport amont malgré l'élargissement de la bande active. Elle est de l'ordre de 0,65 %.

PK 46,3 (900 m en aval de la confluence Roanne) à PK 7,2 (pont de la RN7 à Livron-Loriol) :

En aval de la confluence avec la Roanne, la pente de la Drôme est remarquablement régulière sur un très long linéaire sans que les affluents ne provoquent de rupture marquée. Elle diminue progressivement de 0,5 à 0,4 % jusqu'au verrou géologique des collines qui dominant Livron. Ce verrou marque l'extrémité amont du cône de déjection de la Drôme dans la Rhône. La Drôme s'écoule en un chenal unique sur un lit actif plus ou moins large et plus ou moins fixé par la végétation, la topographie ou les endiguements. Le verrou géologique et anthropique de Crest (rétrécissement à 100 m de largeur au niveau du pont) marque toutefois une certaine rupture bien visible sur l'emprise des alluvions géologiques anciennes. On peut ainsi distinguer l'amont et l'aval de Crest :

- Du PK 46,3 au PK 23,65 (pont RD591 de Crest) : la bande active est plus réduite qu'en amont de la confluence. Elle est de l'ordre de 40 à 60 m avec un lit fortement fixé par des bancs, soit en cours de végétalisation, soit déjà très fortement végétalisés. On note quelques rares secteurs où la bande active est encore sensiblement plus large (PK 34,8 à 35,7 au droit de « Les Plats, les Cassous » : tendance au tressage sur 120 à 180 m de

large ; PK 27,4 à 28,6 amont de Aouste : chenal unique avec bancs en cours de fixation très peu mobiles sur 150 m) ;

- Du PK 23,65 au PK 7,2 (pont de la RN7 à Livron Lorient) : en aval de Crest, la bande active s'élargit à nouveau à la faveur de la géologie et de la topographie. Cependant la bande active est beaucoup plus restreinte qu'elle ne devrait être du fait des endiguements quasi généralisés (droite et gauche). Les deux zones de Ramières inter-endiguements sont représentatives du fonctionnement "normal" du secteur : Ramière en aval de Crest (PK 16,8 à 20,4 - bande active en tresses sur 250 à 350 m de large) et en amont de Lorient (PK 11,6 à 7,7 - tresses plus ou moins actives sur 250 à 300 m de large). Les endiguements restreignent la bande active à 100 à 150 m de large. La morphologie est contrainte à un chenal unique avec partiellement deux bras. La pente est sensiblement plus forte sur les secteurs de Ramières (0,5 % contre 0,45 à 0,4 % dans les secteurs endigués) afin de compenser l'élargissement de la section.

PK 7,2 (pont de la RN7 à Livron-Lorient) au PK 0 (confluence avec le Rhône) :

En aval du pont de la RN7, la Drôme entre véritablement dans le cône de déjection géologique où ses alluvions rejoignent celles de la plaine alluviale du Rhône. La bande active devrait naturellement être plus large mais l'endiguement généralisé de ce secteur contraint à nouveau le lit sur une bande de 130 à 150 m de large. La pente en aval du pont de la RN7 dans cet état aménagé est de l'ordre de 0,35 %. **Le secteur terminal en aval du seuil de la CNR (PK 2,44)** est toutefois aujourd'hui fortement influencé par les aménagements et les entretiens réalisés. L'aval immédiat du seuil présente de ce fait une pente beaucoup plus faible (0,25 à 0,28 %) que ce qu'elle était sans le seuil CNR (0,35 %). Puis en aval du PK 2, la cote du lit correspond au remous liquide de l'aménagement de Baix-Logis-Neuf (pente quasi nulle).

PARTIE 4. ANALYSE DE L'EVOLUTION EN PLAN

L'objet de cette analyse est d'apprécier la dynamique latérale du cours d'eau en se basant sur des données cartographiques anciennes et récentes. Il s'agit donc d'une analyse cartographique diachronique.

4.1 Données utilisées

Pour cette analyse, les données cartographiques suivantes ont été utilisées :

- Orthophotographies de 2001, 2006 et 2010 (issues de la BD Ortho de l'IGN),
- Photographies aériennes de 1954-1956 géoréférencées et de 1986 (non géoréférencées).
- Carte de l'Etat-Major datant de la fin du XIXème siècle, disponible sur le site www.geoportail.gouv.fr.

Nous disposons ainsi de données cartographiques correspondant à des périodes différentes vis-à-vis de l'histoire du bassin versant. La carte d'Etat-Major correspond à la période des grands travaux d'endiguements, les photos aériennes de 1954-1956 montrent le bassin trente ans après la fin des travaux de reboisement et de rectifications torrentielle de la politique RTM et au début de la période d'extractions massives de matériaux. Les orthophotos de 1986 correspondent à une époque où les extractions ont toujours lieu alors que les orthophotos récentes montrent le bassin après que les extractions soient interdites dans le lit mineur. Les orthophotos de 2001 et de 2006 encadrent la forte crue de décembre 2003.

4.2 Méthodologie

Cette analyse cartographique consiste à repérer les berges et la bande active du cours d'eau pour pouvoir la tracer à l'aide d'un SIG. Dans cette analyse, la bande active ou lit actif, correspond à la part du lit qui est mobilisable pour les petites et moyennes crues, il s'agit donc de la part du lit mineur qui est peu végétalisé. Dans un second temps, les emprises des bandes actives correspondantes à une époque particulière sont superposées sur les orthophotos de 2010 afin de pouvoir apprécier les évolutions de la bande active depuis plus d'un siècle. La comparaison des orthophotographies entre elles permet de mettre en évidence d'éventuels changements de morphologie du cours d'eau.

4.3 Evolution en plan de la Drôme

Note : La carte de 1956 n'est pas issue d'un levé orthophotogrammétrique. Les prises de vue ont été géoréférencées a posteriori et on note des déformations et des décalages par rapport aux autres orthophotos plus récentes. Le lit actif en 1954-1956 a été tracé à partir des clichés de 1954-1956 puis corrigé dans la mesure du possible, à l'aide de points de références, pour se superposer correctement aux orthophotos géoréférencées récentes.

L'analyse ci-après montre les évolutions de la Drôme suivant les secteurs présentant des évolutions remarquables, ces secteurs ne font pas référence aux unités fonctionnelles définies dans la partie 3.3.

PK 0 à 4 (confluence avec le Rhône)

Le premier kilomètre de linéaire correspond à un plan d'eau induit par le barrage de Baix-le-Logis-Neuf situé sur le Rhône en aval de l'exutoire de la Drôme. Au XIX^{ème}, la digue en rive gauche était déjà présente mais la Drôme possédait un large espace de mobilité latérale en rive droite allant de 270 m à 790 m de largeur (ces valeurs sont des estimations obtenues à l'aide de l'outil mesure de www.géoportail.gouv.fr) (Fig.6) La construction du prolongement de la digue en rive gauche du Rhône, en 1881(Landon, 1999), a du contraindre le lit de la Drôme en rive droite, néanmoins en 1956 elle gardait un tressage important. Suite à la construction du barrage de Baix-le-Logis-Neuf à la fin des années 50, les digues en rive droite entre le PK 0 et 3,5 ont été construites, et ont réduit la largeur du lit mineur. Durant la seconde moitié du XX^{ème} on observe une diminution de la bande active, en 2006 et 2010 la bande active a une largeur allant de 70 à 160m. alors qu'en 1956 elle était comprise entre 130 et 400m. La forte végétalisation dans ce secteur est peut-être due à une incision consécutive à des extractions qui a créé des bancs perchés non repris par des crues morphogènes et qui se sont donc végétalisés. Par conséquent la Drôme ne présente plus de tresses mais un chenal d'écoulement unique (Fig.6C).

PK 4 à 7 (Pont RN7 de Livron)

On observe une réduction de la bande active entre la fin XIX^{ème} et les années 1950 de 340m à 250 m environ PK 5,2, suite à la construction de digues en rive droite et en rive gauche du PK 4 au PK 6,2 (en amont du pont SNCF) entre la fin XIX^{ème} et les années 1950 (probablement au début des années 50, Landon 1999) (Fig.7). En 2001 la bande active au Pk 5,2 ne faisait plus que 130m de large ce qui témoigne d'une forte végétalisation. En 2010 la bande active a une largeur de 235m, cette augmentation est sans doute le fait de la crue de 2003 et de 2008. La morphologie de la Drôme n'a pas changé au cours du XX^{ème} siècle, on observe toujours aujourd'hui plusieurs chenaux d'écoulement avec une présence de bancs mobiles.

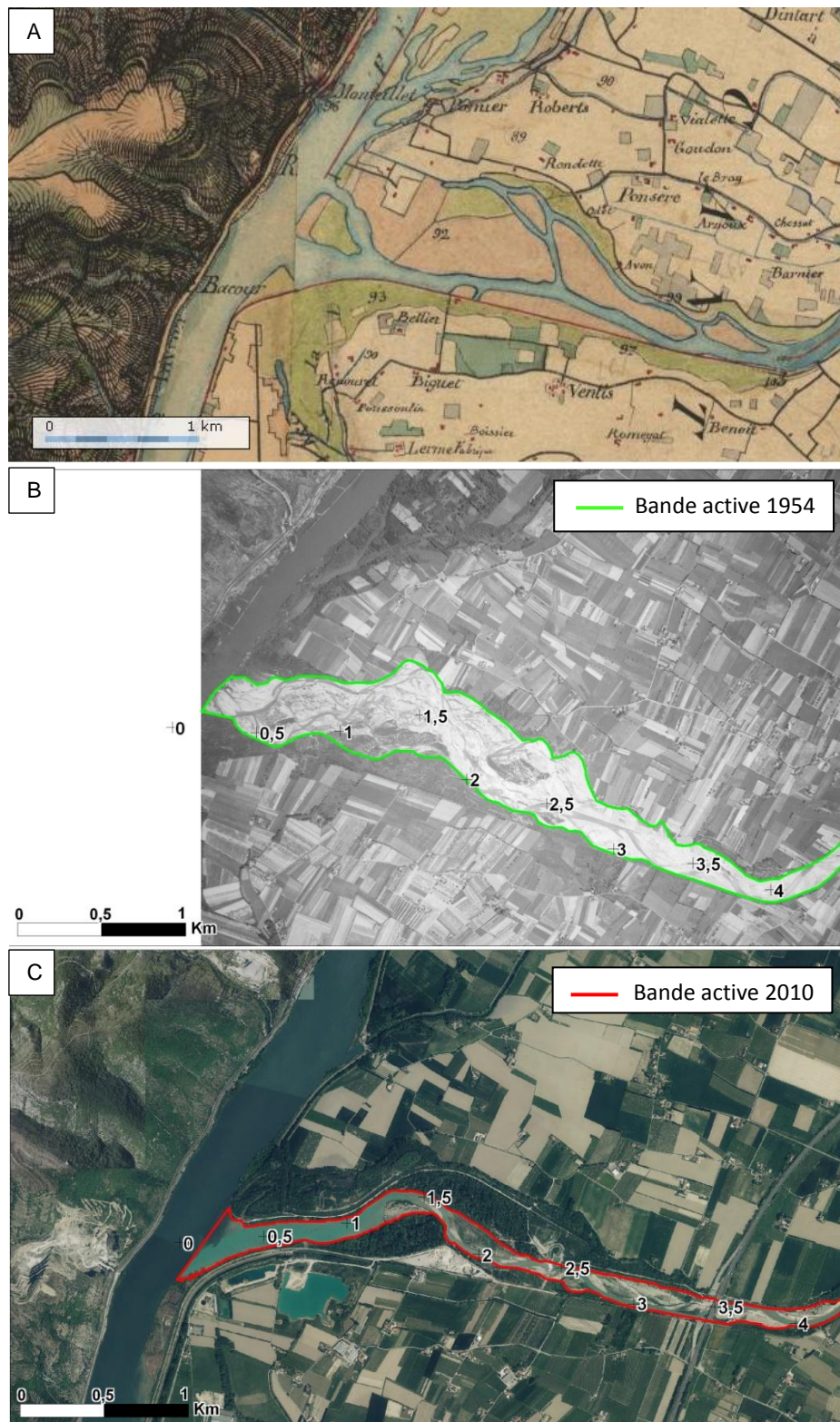


Fig.6. Emprise latérale de la Drôme à la confluence avec la Rhône. A) Carte de l'Etat-Major, B) Photo aérienne de 1954, C) Orthophoto de 2010

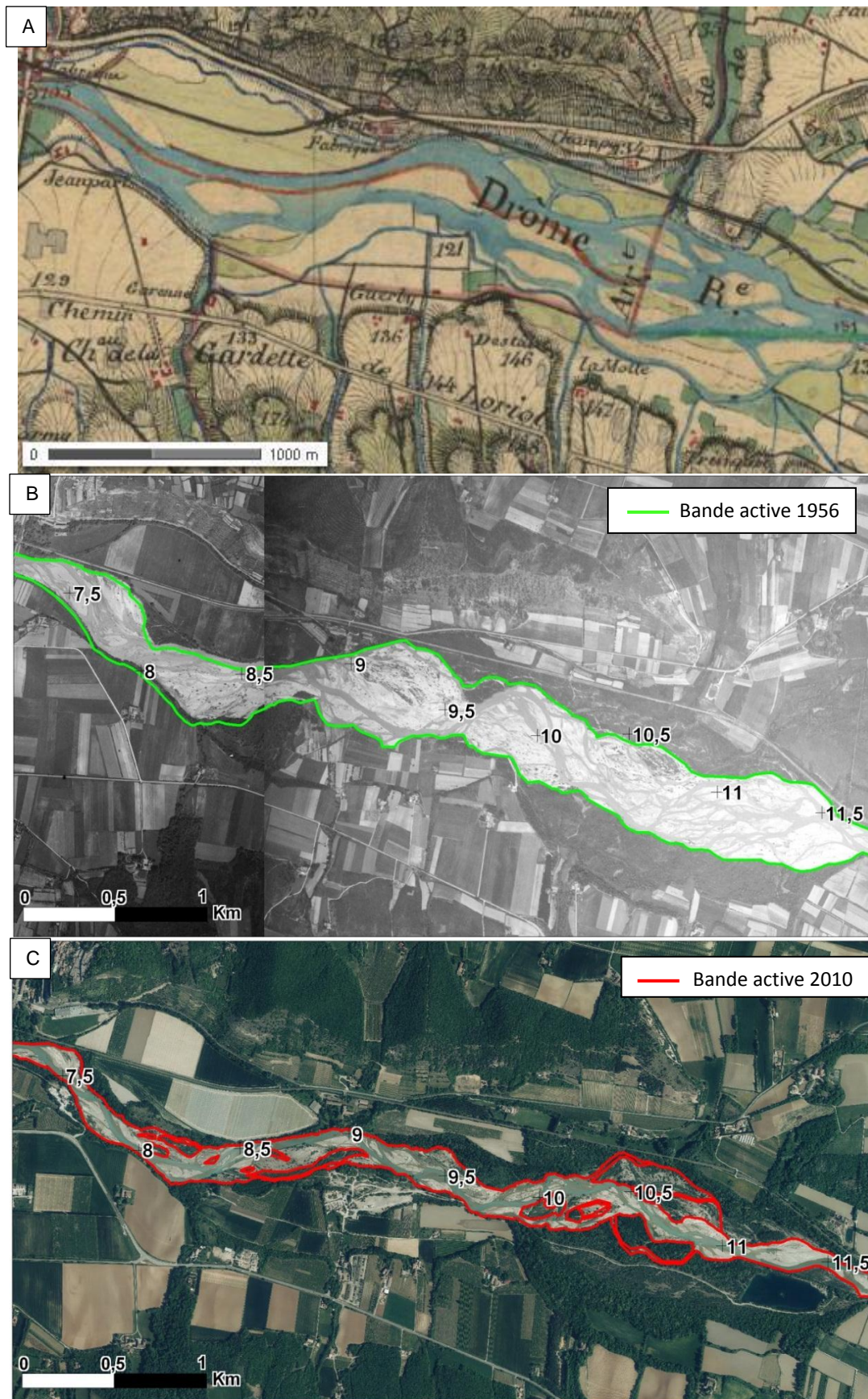


Fig.7. Emprise latérale de la Drôme entre le pont RN7 de Livron et le seuil des Pues. A) Carte de l'Etat-Major, B) Photos aériennes de 1954, C) Orthophoto de 2010.

Pk 7 à 11,8 (Du pont RN7 de Livron au seuil des Pues)

Ce secteur correspond à une zone de ramières, la bande active s'est remarquablement réduite entre la fin du XIXème et aujourd'hui (Fig.7). Entre 1956 et 2010 la bande s'est réduite en moyenne d'environ 45% et on observe de vastes bancs en cours de végétalisation. Malgré cette forte réduction ce secteur demeure une zone de divagation importante et conserve une morphologie en tresse.

PK 11,8 à 16,5 (Du seuil des Pues à l'amont de la Digue d'Alex-Grane)

Ce secteur est endigué depuis le XIXème, on n'observe aucun changement morphologique du cours d'eau. La Drôme présente un ou plusieurs chenaux d'écoulement dans une bande active de 90 m de large environ, limitée par l'endiguement sur les deux rives avec des bancs mobiles. En 2010, des bancs sont en cours de végétalisation.

Pk 16,5 à 20,8 (de l'amont des digues d'Alex-Grane au seuil SMARD)

Ce secteur correspond à une zone de Ramières à l'aval de la commune de Crest (Fig.8). On observe les mêmes phénomènes de réduction de bande active que dans les Ramières se situant à l'aval entre les Pk 7 et 11,8.

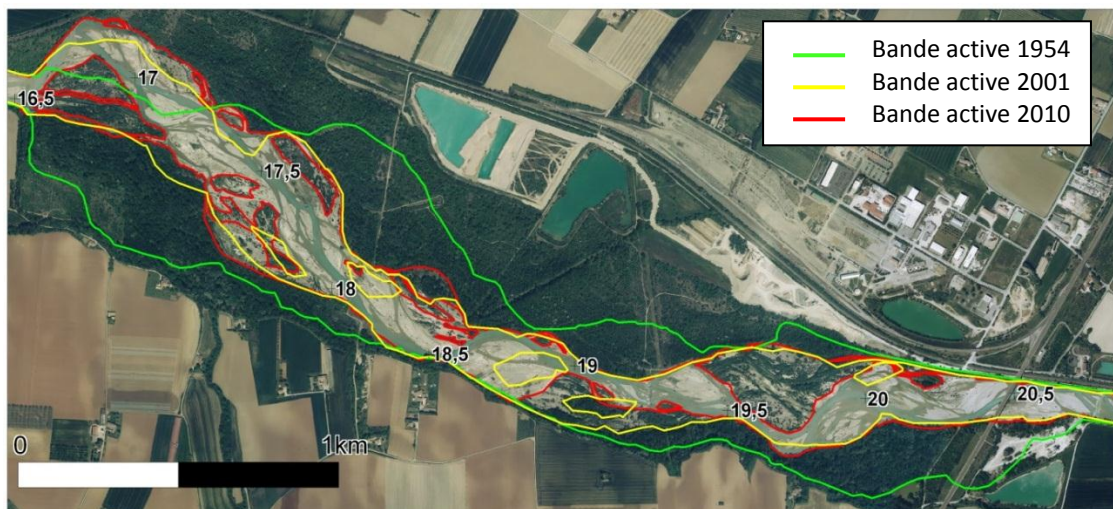


Fig.8. Emprise des bandes actives de 1954, 2001 et 2010 sur l'orthophoto de 2010 entre les PK16,5 et 20,8.

Pk 20,8 à 24,7

Ce secteur endigué en rive droite et rive gauche depuis la fin du XIXème siècle mêmes remarques que pour le secteur endigué compris entre les Pk 11,8 et 16,5 (végétalisation des bancs et aucune modification de la morphologie).

Pk 24,7 à 27,5 (Commune d'Aouste-sur-Sye)

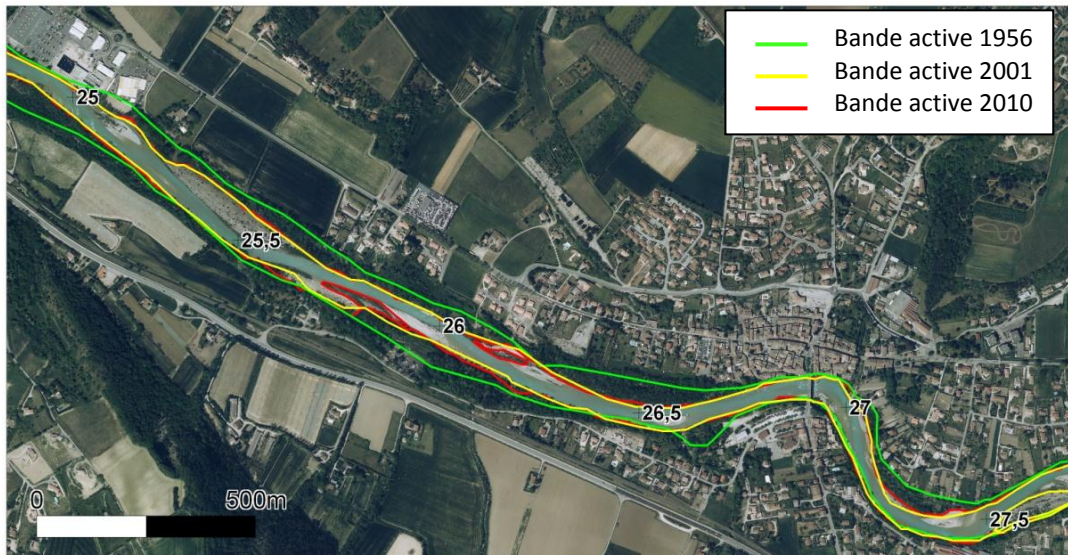


Fig.9. Emprise des bandes actives de 1956, 2001 et 2010 sur l'orthophoto de 2010 de la commune d'Aouste-sur-Sye.

Entre les PK 25 et 25,5 la carte de l'état-major montre un lit mineur un peu plus large qu'au XXème siècle. On observe globalement une réduction de la largeur de la bande active entre 1956 (de 65 à 130m) et les années 2001-2010 (de 40 à 90m) (Fig.9).

PK 27,8 à 34,5 (Commune de Blacons)

On observe une diminution de la largeur du lit actif depuis les années 50, période où la rivière formait des tresses (Fig.10). Depuis il y a une tendance à la formation d'un chenal d'écoulement unique.

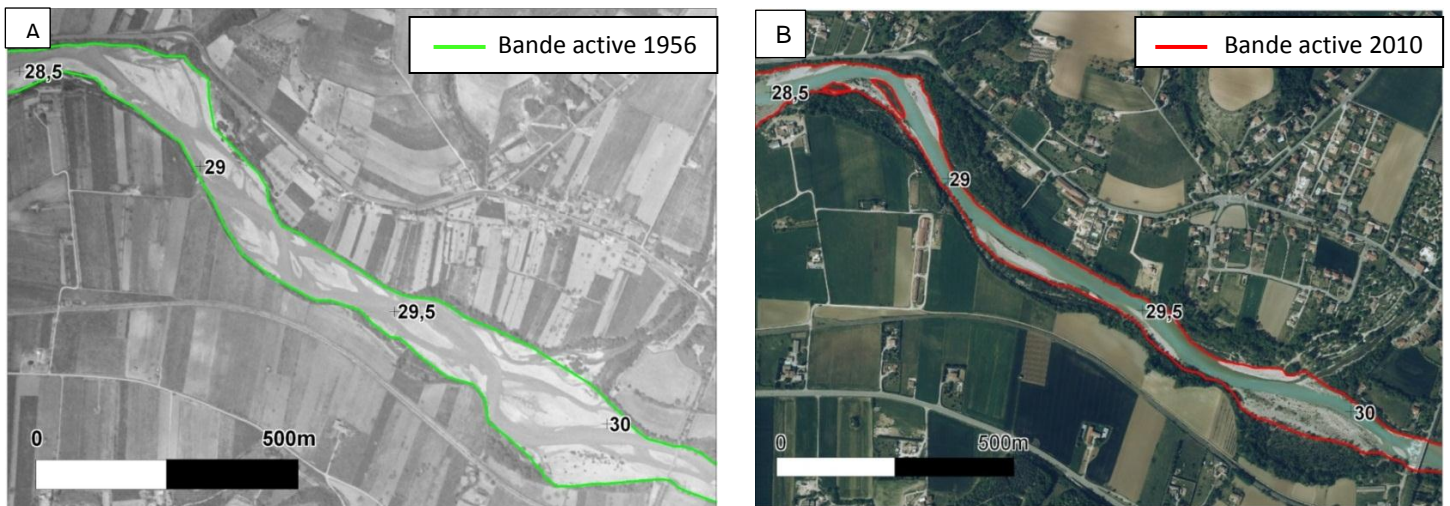


Fig.10. Emprises des bandes actives de 1956 et 2010 sur la commune de Blacons. A) Photo aérienne de 1956, B) Orthophoto de 2010.

A la confluence avec le ruisseau de Charsac (PK 32,3), il semble que depuis le XIXème, il y ait une accentuation du méandre, la Drôme est repoussée en rive gauche par le cône de déjection du ruisseau de Charsac (Fig.11). On note, entre la fin du XIXème et les années 50,

l'apparition de terres agricoles dans l'ancien lit mineur en rive gauche entre les PK 31,5 et 32. Globalement le lit de la Drôme s'est réduit entre la Fin du XIX et 1956.

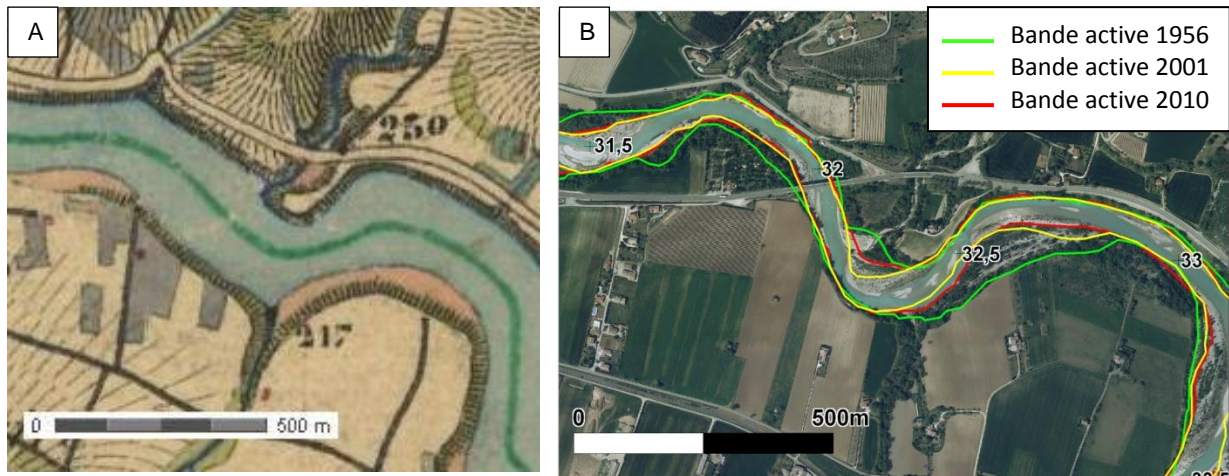


Fig.11. Emprises des bandes actives de 1956, 2001 et 2006 au droit de la confluence du ruisseau de Charsac avec la Drôme. A) Carte de l'Etat-Major, B) Orthophoto de 2010

Pk 34,5 à 39,2 (Commune du Clastre)

On observe une végétalisation de certains bancs entre 1956 et 2010 (Fig.12) et donc une diminution de la bande active entre 1956 et les années 2000. En 1956 il s'agissait d'un secteur en tresses, l'orthophoto de 2010 montre que la Drôme a tendance à présenter plusieurs chenaux d'écoulement, malgré la réduction de la largeur du lit actif.



Fig.12. Emprises des bandes actives en 1956 et en 2010 sur la commune du Clastre

Pk 39,2 à 47,2 (Commune de Saillans)

Dans ce secteur, la Drôme conserve son style fluvial depuis les années 50. Du pk 39,2 au PK 39,55 entre 2001 et 2010 on observe une érosion de la berge en rive gauche à limite de la route D 93 (érosion également observée entre 2001 et 2006, mais la bande active de 2006 n'a pas été représentée sur la figure 13 dans un souci de lisibilité). Cette érosion s'est produite suite à la crue de décembre 2003. La Drôme est endiguée en rive droite au niveau de la ville de

Saillans (PK 40,5 à 42, aussi en amont du pont de Saillans (PK 40,75 - 41) la bande active a fortement évoluée en rive gauche entre 1956, 2001 et 2010.



Fig.13. Emprises des bandes actives en 1956, 2001 et 2010 au niveau de la traversée de la commune de Saillans.

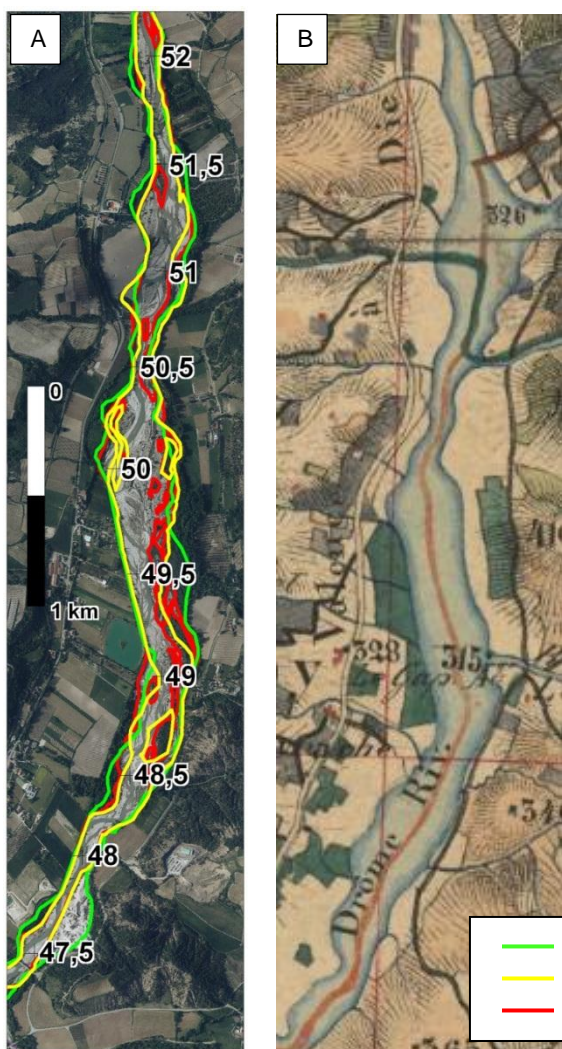


Fig.14. Emprise des bandes actives sur la commune de Vercheny. A) Orthophoto de 2010, B) Carte d'Etat-Major

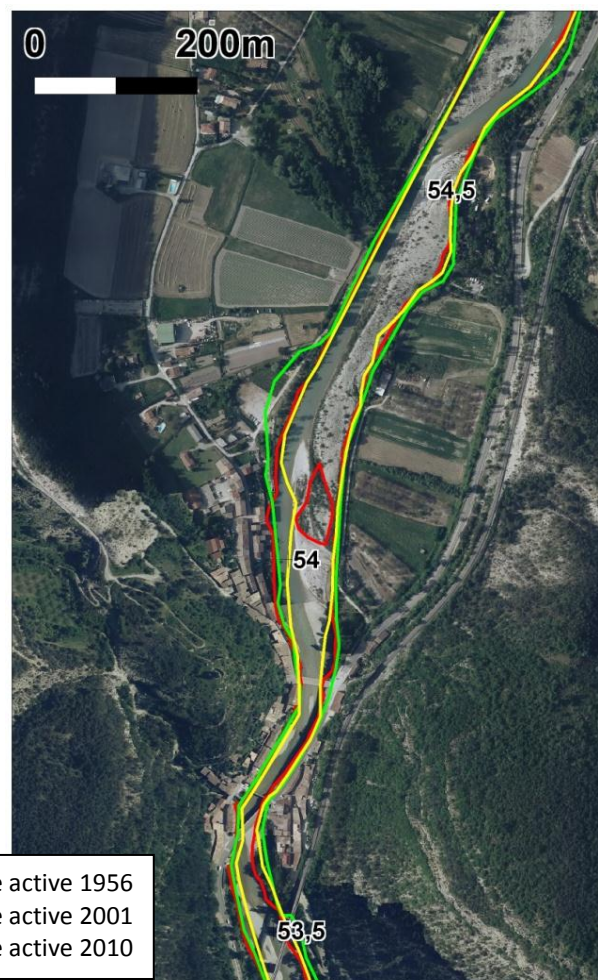


Fig.15. Emprises des bandes actives en 1956,2001 et 2010 sur la commune de Pontaix

PK 47,2 à 53,6

On n'observe aucun changement du style fluvial, la rivière forme des tresses. Entre les PK 47,5 et 48 (Fig14), on remarque l'apparition d'une carrière en rive gauche. Cette exploitation n'était pas présente en 1956. Le Drôme est endiguée en rive droite entre les PK 47,5 et 50. Par rapport à la carte de l'Etat-major, on remarque qu'au XXème siècle le lit actif s'est réduit, notamment entre les PK 48 et 49 du fait de l'endiguement, et entre les PK 51 et 51,5. La carte de l'Etat-major montre une large confluence avec le ruisseau de Pas Lovas en rive gauche (PK51,4) alors qu'aujourd'hui cette confluence est très fortement végétalisée.

PK 53,6 à 60 (Commune de Pontaix)

Dans ce secteur la Drôme conserve sa morphologie depuis les années 50. A Pontaix (Fig.15), la Drôme est endiguée, on n'observe aucune forte évolution en plan, hormis entre les PK 54,2 et 54,3, en 1956 la bande active y était plus large (105 m en 1956, environ 70 m sur la période 2001-2010), aujourd'hui en rive droite il y a une digue. En 2010 les plages de dépôt sont en cours de végétalisation.

En amont de Pontaix la bande active s'est réduite ponctuellement entre 1956 et les années 2000, notamment au PK 56,6 et PK 59.

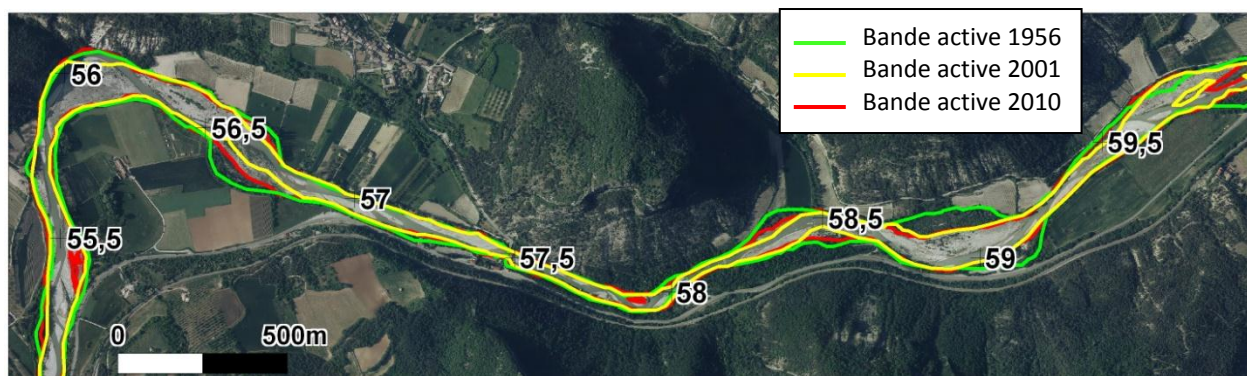


Fig.16. Emprise des bandes actives en 1956, 2001 et 2010 à l'amont de Pontaix.

Pk 60 à 62

Au XIXème siècle la Drôme occupait une grande partie de la vallée peut-être même avec un style anastomosé, la carte d'Etat-Major (Fig.17A) semble indiquer la présence d'îlots permanents. Entre le XIXème et les années 50, la majeure partie de la rive droite de ce secteur a été endiguée (Fig.17B).

PK 62 à 68

On observe ponctuellement une diminution de la largeur de la bande active au Pk 63,35 au Pk 64,8-64,9 et au Pk 66,9 entre 1956 et 2001-2010. Dans ce secteur, la Drôme traverse Die, la présence d'endiguements anciens (déjà présent à la fin du XIXème) ont permis de fixer le lit de

la Drôme en plan et sa morphologie reste la même du moins depuis les années 1950, à savoir un chenal d'écoulement unique avec bancs mobiles dans une bande active comprise entre 20 et 40 m de large. Entre les Pk 66,6 et 67, la bande active plus large (90 à 120m en 1956 et 40 à 90m en 2010) mais la Drôme est contenue par les endiguements. Pk 68 à 74,2 Hormis les ponctuelles réductions de la bande active entre 1956 et les années 2000, notamment dans les zones de divagations (PK 69,4 – 70) (largeur de bande active comprise entre 120et 320m en 1956, comprises entre 80 et 220m en 2010) la Drôme conserve sa morphologie depuis 1956 (chenal unique d'écoulement formant des méandres à bancs alternes).

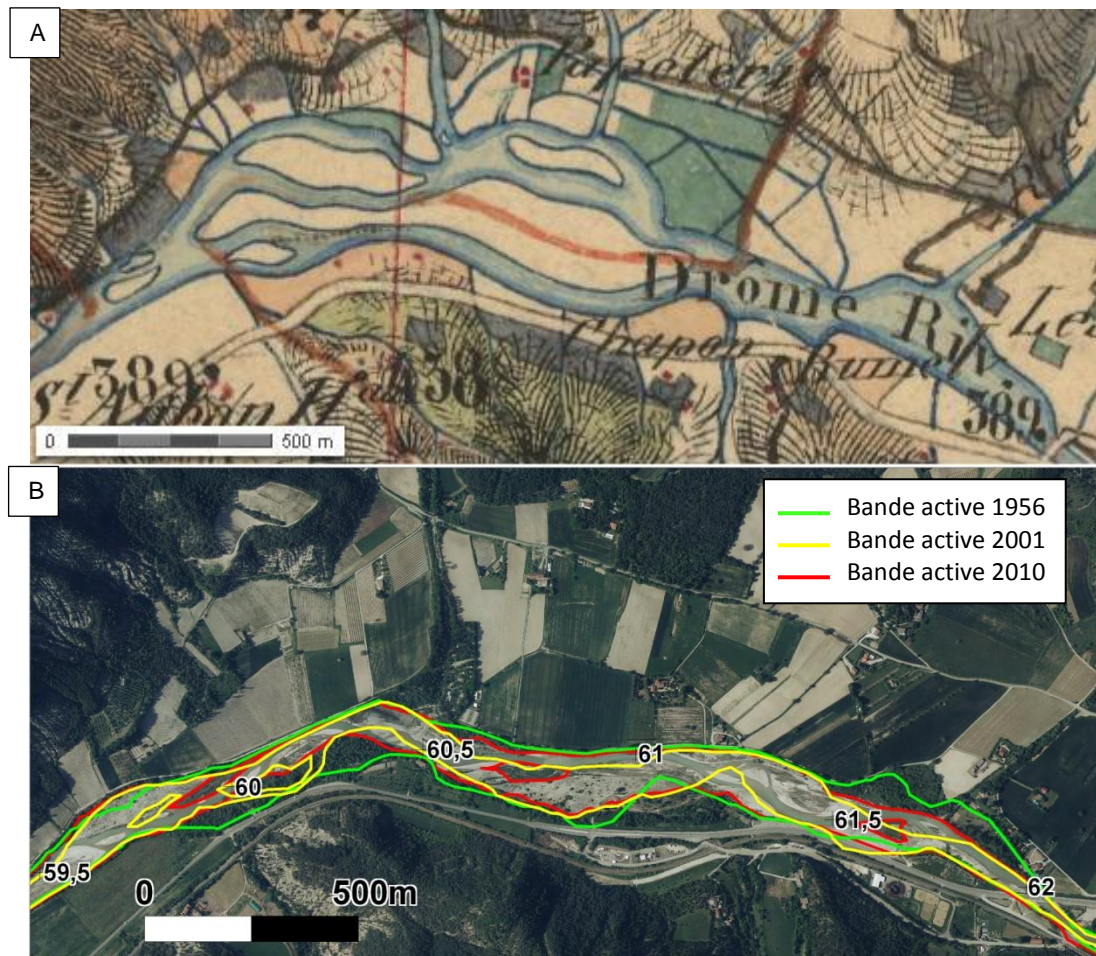


Fig.17. Emprise historique de la Drôme à l'aval de la commune de Die. A) Carte d'Etat-Major, B)Orthophoto de 2010

PK 68 à 73

La figure 18 montre la Drôme au niveau de Pont-de-Quart (commune d'Aix-en-Diois). Depuis le XIXème siècle le pont de Pont de Quart restreint la Drôme, il semble que la section au droit se soit réduite de moitié durant le XX siècle. En aval du pont, on observe une érosion de berge en rive droite entre 1956 et 2001 au Pk 71,3, elle était déjà présente sur les images aériennes de 1986. La Drôme conserve sa morphologie depuis les années 50.

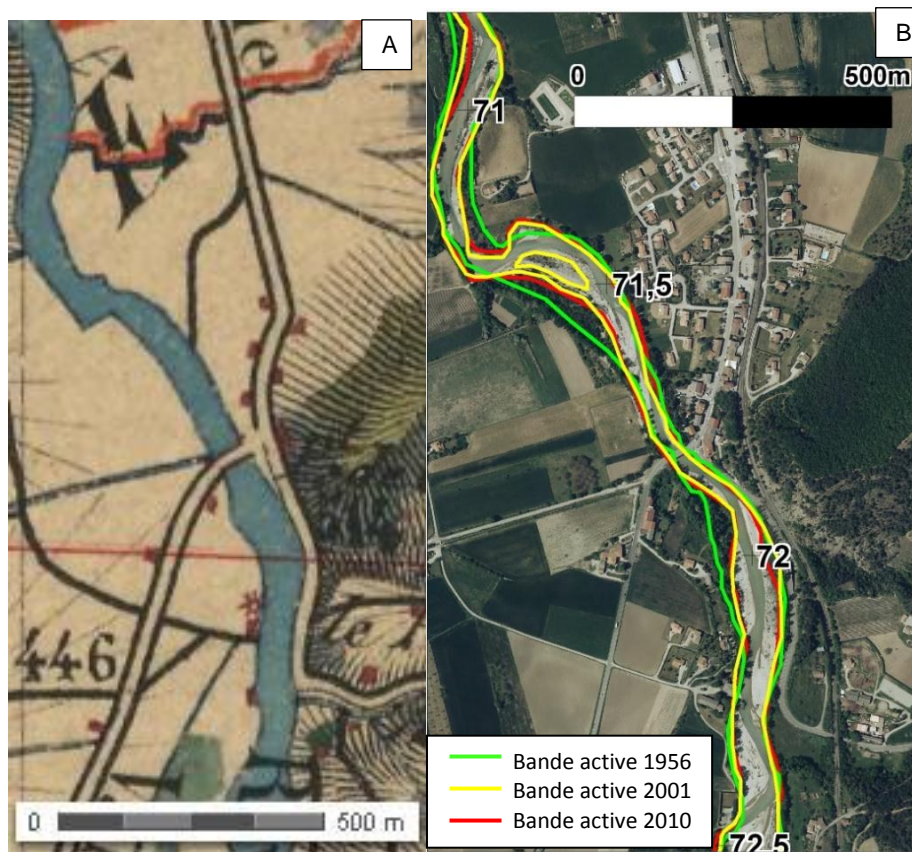


Fig.18. Emprise de la Drôme sur la commune de Pont-de-Quart. A) Carte d'Etat-Major, B) Orthophoto de 2010

Le pont de Pont-de-Quart constitue un rétrécissement anthropique très fort (et relativement ancien) dans la bande active. La carte d'Etat-Major, n'indique cependant pas de rétrécissement fort : le franchissement laissait une largeur de lit de 65 m environ, semblable à la largeur du lit en amont et en aval ce qui permettait à la Drôme de reprendre la quantité importante de matériaux apportée à la fois par la Drôme et par le Bez en augmentant sa pente dès environ 2 km en amont du pont de Pont de Quart à l'extrémité aval de la principale zone de divagation en tresses encore bien visible actuellement (PK 74 environ)(Fig.19). Aujourd'hui la largeur de franchissement à Pont de Quart est de 30 m environ, soit deux fois moins qu'à la fin du XIXème siècle (Fig.18). En superposant sur geoportail.fr la carte d'Etat-Major et l'orthophoto actuelle, on s'aperçoit que cette perte de largeur s'est faite essentiellement en rive droite (urbanisation d'Aix en Diois). En 1956, ce rétrécissement avait déjà été réalisé. Ce contexte a impliqué une réduction de la capacité de transport au droit du pont d'où la présence de dépôts et une réduction de la pente qui a basculé depuis l'aval provoquant une incision généralisée jusqu'en remontant à l'endiguement de Luc-en-Diois. Extractions et incisions ont dû amplifier le phénomène. Pour contrer l'incision on a mis en place les seuils de Recoubeau, (seuil captage de source PK 83,4 et seuil calage de Luc-en-Diois PK 84,1).

PK 73 à 76

Entre les PK 73 et 74,2 on constate une forte réduction de la largeur de la bande active et une forte végétalisation de l'ancien lit mineur entre la fin du XIXème et les années 50 (Fig.19). Au niveau du PK 74,5 ; la bande active s'est élargie entre 1956 et 2010, la Drôme est venue empiéter sur la rive droite. Au niveau du PK 74, en rive gauche est apparue une carrière entre 1986 et 2001. Du PK 74,7 à la confluence avec le Bez (PK 75,5), la bande active s'est réduite entre la fin du XIX et 1956 puis encore entre 1956 et 2001. Elle s'est de nouveau élargie entre 2001 et 2006 à la faveur de la crue de décembre 2003. Aujourd'hui, les plages de dépôt dans ce secteur sont en cours de végétalisation.

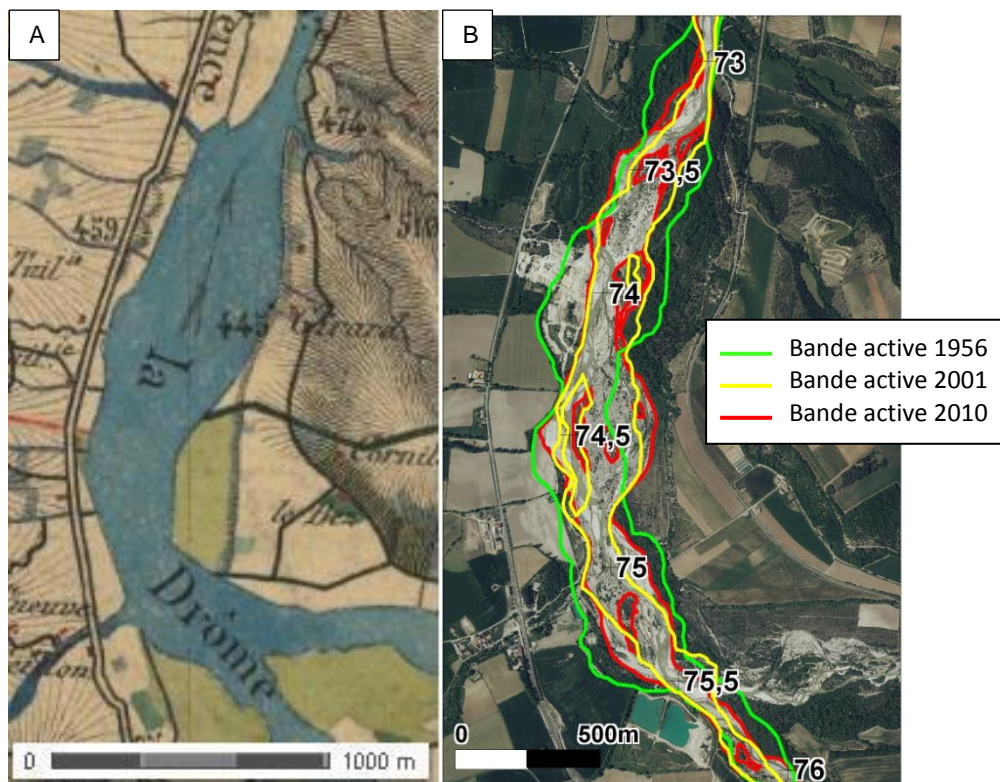


Fig.19. Emprise des bandes actives en 1956, 2001 et 2010 en aval de la confluence avec le Bez (en rive droite). A) Carte d'Etat-major, B) Orthophoto de 2010

PK 76 à 84,1(pont D93, commune de Luc-en-Diois)

Globalement, il y a eu une forte diminution de la largeur du lit par rapport au XIXème siècle. Au niveau de la commune de Recoubeau, entre les Pk 78,5 et 79,7 la rive gauche est endiguée, la Drôme y est relativement contrainte (le lit mineur mesure environ 20m de large entre les pk 78,5 et 79) (Fig.20). Plus en amont, entre le Pk 80 et 80,5, le lit mineur s'est déplacé vers la rive droite entre 1956 et 2001, mais la Dôme conserve la même morphologie depuis les années 50. Entre le Pk 80 et 81,5 le lit s'est déplacé vers la rive droite entre 1956 et les années 2000. Le même phénomène s'est produit en amont entre les Pk 81,7 et 82,8. Entre

le PK 83, 3 et 84,1 il y a eu une accentuation du méandre par progression latérale dans les extrados par érosion des berges, sans progression du méandre vers l'aval.

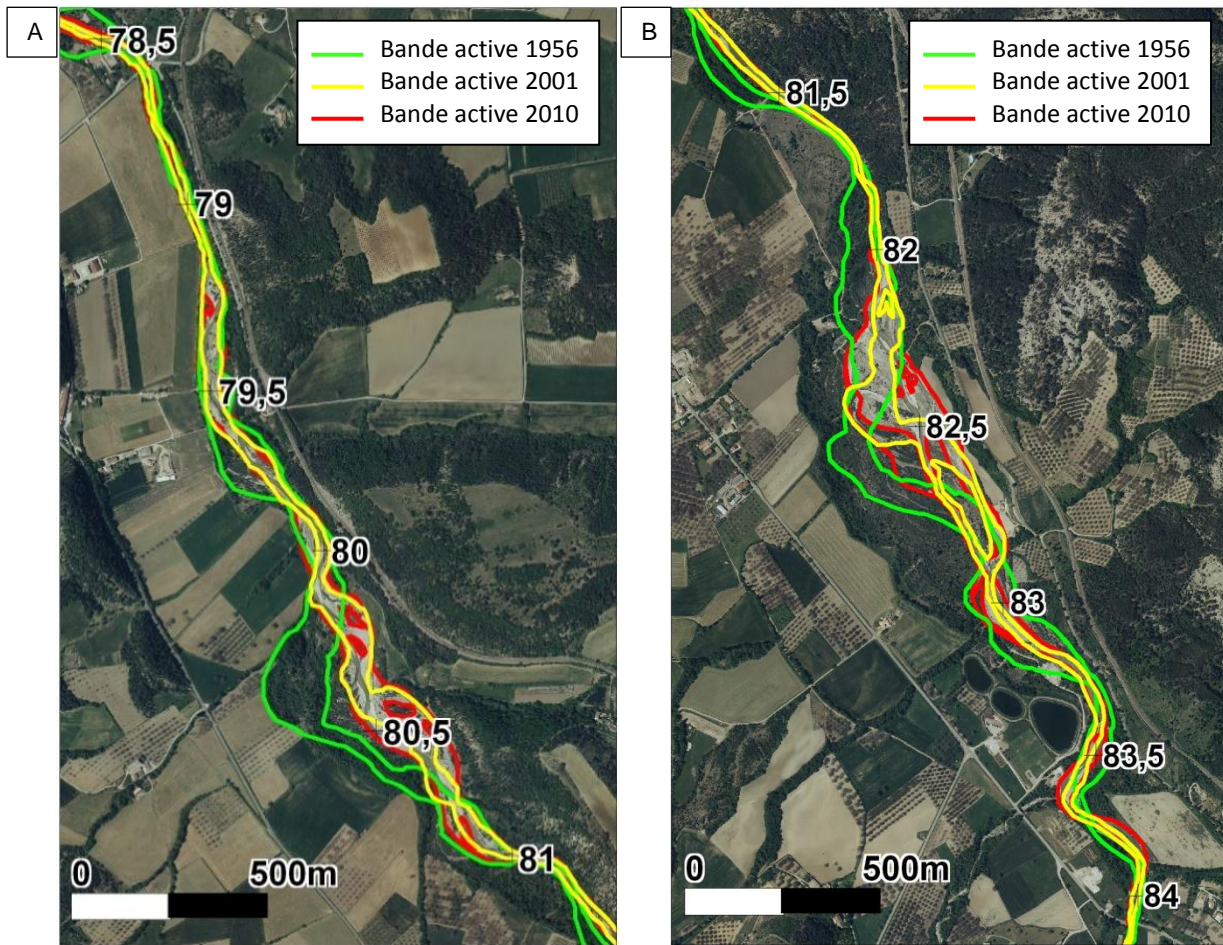


Fig.20. Emprises des bandes actives en 1956, 2001 et 2010. A) Sur la commune de Recoubeau, B) A l'aval de la commune de Luc-en-Diois.

PK 84,1 à 91,9

Dans le secteur de Luc-en-Diois, la Drôme est endiguée en rive droite et en rive gauche (PK 84 à 85), par conséquent le lit est fixé et on ne remarque aucune évolution en plan au cours du XXème siècle. Plus en amont, (en amont du Saut de la Drôme) entre les PK 91 à 91,4 et Pk 91,7 à 91,9, le lit Le lit semble avoir été rectifié.1956 et 1986 (Fig.21).

Pk 91,9 à 96

Entre la fin du XIXème et 1956, la largeur de la bande active a diminué, puis durant la deuxième moitié du XXème la Drôme a été rectifié, notamment entre les PK 91 et 92 (Fig.21). Entre les Pk 93,2 et 95, la Drôme adopte, aujourd'hui, un tracé beaucoup rectiligne que dans les années 50 et 80 où elle présentait des méandres qui venaient buter sur la D93 en rive droite (Fig.21). La bande active était plus réduite en 1986 qu'aujourd'hui.

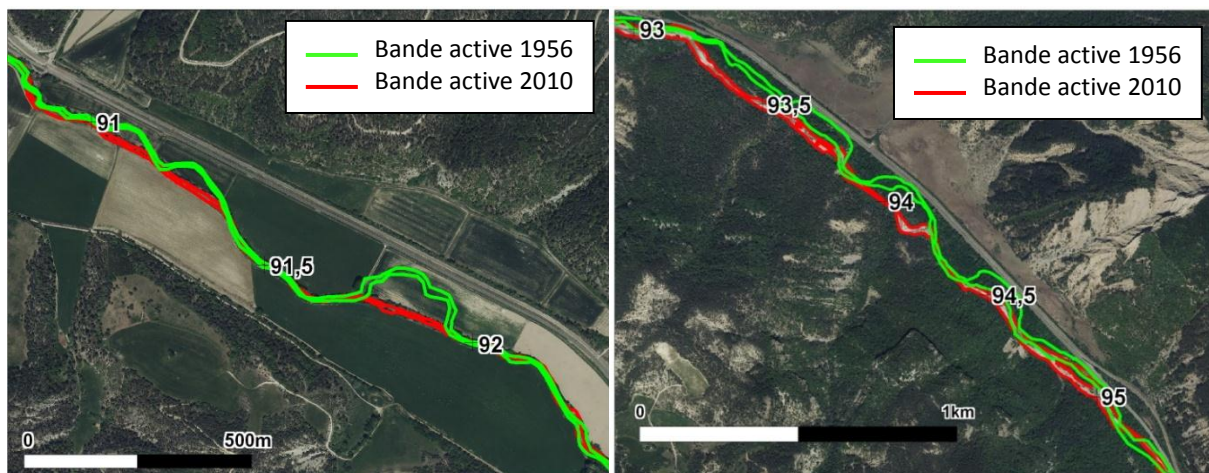


Fig.21. Emprise des bandes actives en 1956 et 2010 entre les PK 90,5 et 95,5.

Pk 96 à 102,8

Du pk 96,7 à 97,1 il y eu une forte végétalisation et une très forte diminution de la largeur de la bande active, de plus le lit s'est déplacé vers la rive gauche entre 1956 et 1986.

De manière générale, l'évolution en plan de la rivière Drôme depuis la fin du XIXème siècle est marquée par une forte réduction de la bande active, ce phénomène est généralisé sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau. Il apparait que cette réduction a été importante durant la première moitié du XXème mais s'est poursuivie jusqu'à nos jours dans une moindre mesure. Certains secteurs ont subi une métamorphose de leur morphologie, par exemple à l'aval de la commune de Livron, un secteur où anciennement la rivière présentait un style fluvial en tresses qui laisse qui laisse place maintenant à un seul chenal d'écoulement qui méandre. Cette transformation est à mettre en relation avec les endiguements et les extractions de matériaux qui ont favorisé une forte végétalisation du lit mineur. A l'aval de Die, les endiguements en rive droite ont fortement réduit la dynamique latérale de la rivière. Hormis ces secteurs particuliers le style fluvial de la Drôme n'a pas foncièrement changé depuis les années 50 malgré la réduction de la bande active. La comparaison entre les orthophotos de 2001 et 2006 a pu mettre en évidence l'impact de la crue de décembre 2003 sur la morphologie du cours d'eau. Globalement la bande active s'est élargie à la faveur de cet événement mais il convient de préciser que la bande active en 2006 ou en 2010 est toujours inférieure à celle de 1954, ce qui montre l'importance de ce phénomène de rétraction du lit actif durant la première moitié du XXème siècle. Il semble donc peu probable que la rivière puisse retrouver d'elle-même l'emprise latérale qu'elle possédait dans les années 50, d'autant plus que les orthophotos de 2010 montrent une reprise de la végétalisation de la bande active par rapport à 2006.

PARTIE 5. ANALYSE DE L'EVOLUTION EN ALTITUDE DE LA RIVIERE **DROME**

Cette analyse consiste à mettre en évidence les évolutions des profils en long anciens et récents du cours d'eau, il s'agit d'une analyse diachronique des profils en long.

5.1 Données utilisées

Les profils en long disponibles sont listés dans le tableau 6, ci-dessous.

Description	PK amont (km)	PK aval (km)	Source
FE Grandes forces hydrauliques 1928	103,4	0,2	IGN
FondEx 1960	2,4	0,7	CNR
FondEx 1962	7,1	2,7	CNR
FE 1971	10,4	0,6	DDE
FE/FondEx 1975	26	1,5	DDE
FE 1981	23,6	2,5	DDE
FE 1983	26	2,5	DDE
FondEx 1986	8,9	7,9	CNR
FE 1986	76,2	7,2	SOGREAH
FondEx 1987-88	2,4	0,7	CNR
FondEx 1991	2,4	0,7	CNR
FE/FondEx 1992	7,1	2,7	CNR
FondEX 1994	3,4	2,7	CNR
FM 1996	7,3	2,4	SOGREAH
FE/FM 2000	7,3	2,4	CNR
FondEx 2003	84	7,3	DDE
FE 2006	95,8	1,8	BCEOM
FondEx 2006	95,8	1,8	BCEOM
FE 2010	96,6	0	SMRD
FE 2012	103,7	96,5	SINTEGRA

FE: Fil d'eau; FM:Fond moyen; FondEx: Fond extrême

Tab. 6.Profils en long disponibles

Le fond extrême, noté FondEx, correspond à la cote la plus basse d'une section en travers. Le fil d'eau, noté FE, correspond à la cote du niveau d'eau pour un débit donnée (lors du levé). Lorsque le débit est faible (condition d'étiage) on parle de fil d'eau d'étiage. Ce profil est intéressant car il lisse les irrégularités du fond extrême, généralement il permet d'en estimer la pente. Le fond moyen, noté FM, caractérise la cote équivalente du fond du lit lissé, il se calcule sur une largeur particulière. Il s'obtient en divisant la surface d'une section en travers par cette même largeur.

5.1.1 Le calage des profils en long

Les profils en long ont été recalés par rapport à l'axe de référence défini au préalable. Le profil de 2010 issu du LiDAR de la société Hélimap a été projeté sur l'axe de référence par la société Sintégra. Les profils en long sous format papier ou scannés (profil de 1928 ou de 1986 par exemple) ont été numérisés à l'aide de points de référence tel que les ponts ou les confluences avec des affluents, repérés à l'aide des orthophotos et d'une carte IGN au 1/25000. Les points n'ayant pas pu être repérés clairement, ont été numérisés grâce à un rapport de proportionnalité.

Les profils issus de profils en travers ont été projetés sur notre axe de référence grâce aux plans de situation cartographique qui les accompagnent soit sous format SIG, soit sous format papier.

5.2 Méthodologie

La méthode de l'analyse diachronique consiste à comparer les profils en long de différentes dates. Pour cela les profils doivent être recalés par rapport à un même axe de référence en abscisse.

5.2.1 Prise en compte du type de données

Nous avons à disposition différents type de données (fil d'eau, fond moyen, fond extrême). Il convient donc de prendre des précautions quant à la comparaison entre des profils de nature différentes. Les cotes du fonds extrêmes ne sont pas forcément représentatives de la profondeur moyenne du lit. Les considérer au même titre que les fonds moyens peut induire en erreur. Le fil d'eau, noté FE, correspond à la cote du niveau d'eau au moment du levé, il dépend donc du débit. Si les levés topographiques ont été réalisés en période d'étiage le fil d'eau sera représentatif du fond extrême lissé. Sinon il faut avoir à l'esprit que la valeur réelle de la cote du fond est inférieure à celle du fil d'eau.

5.2.2 Prise en compte du débit au moment des levés

5.2.2.1 Le profil des grandes forces hydrauliques

Les levés réalisés par le service du nivellement général de la France en 1928, ont eu lieu entre le 01/09/1928 et 23/09/1928 puis entre 15/10/1928 et le 11/11/1928. Les débits journaliers moyens à la station de Luc-en-Diois durant ces deux périodes sont présentés dans le tableau 7. En 1928, seule la station de Luc-en-Diois, se situant dans la partie amont du bassin (PK 84,07), était en fonctionnement. La banque hydro nous donne un module interannuel de 2,7 m³/s et un VCN10 biennal de 0,16 m³/s (Banque Hydro). Les débits moyens journaliers à l'époque étaient bien supérieurs. Nous proposons une méthode pour estimer les débits et les hauteurs d'eau moyennes au droit et à la date des levés.

Date	Qjm (m ³ /s)
01-02/09/1928	0,4
03-04/09/1928	2,175
05-13/09/1928	0,43
14/09/1928	4,15
15/09/1928	1,57
16-21/09/1928	0,45
22/09/1928	1,7
23/09/1928	0,9
15-20/10/1928	1,94
21/10/1928	12,4
22/10/1928*	125
23/10/1928*	27
24/10/1928	14,2
25/10/1928	11,9
26/10/1928*	10,4
27/10/1928*	121
28/10/1928	81
29/10/1928	27,4
30/10/1928	14,8
31/10/1928	19,2

*pas de levés

Tab. 7. Débits journaliers moyens à la station de Luc-en-Diois lors du levé du profil en long de 1928 (Banque Hydro)

- *Estimations des débits*

Nous définissons des tronçons entre les confluences des principaux affluents. Puis nous calculons les surfaces de ses sous-bassins aux confluences, afin d'appliquer la formule de Meyer (1) mettant en relation le débit et la surface du bassin.

$Q_n = a_n S^b$ (1) (SOGREAH, 1990) avec Q en m³/s et S en km²

Le coefficient a renvoie à une période de retour n. Le coefficient b est de l'ordre de 0,75 pour un bassin versant homogène et peu perméable, dans le cas du bassin de la Drôme la valeur 0,8 semble plus appropriée (SOGREAH, 1990).

Etant donné que nous travaillons avec des débits journaliers nous utiliserons donc cette formule uniquement pour les débits importants dépassant les 20m³/s (les considérant comme des débits de pointe). Pour les autres valeurs nous ferons un ratio entre les surfaces des sous bassins, tel que $Q_{ssbv1} = Q_{Luc} (S_{Luc}/S_{ssbv1})$.

- *Estimation des hauteurs*

Une fois le débit estimé dans notre tronçon, nous utiliserons la formule de Manning-Strickler, pour estimer la hauteur d'eau dans des sections représentatives du cours d'eau (secteur endigué, tresses, etc.). Les sections sont obtenues à partir du MNT de 2010 d'Helimap. Sur toutes les sections, nous choisissons un coefficient de Strickler de 24 pour le lit mineur et de 8 à 12 pour le lit majeur en se référant au Schéma d'aménagement de la Drôme et du Bez (Sogreah, 1990).

5.2.2.2 Les profils en long récents

L'estimation des hauteurs d'eau pour le profil en long de 1986 s'est faite de manière analogue, en prenant en comptes les débits de l'époque (02/04/1986) donnés par SOGREAH dans le Schéma d'aménagement de la rivière Drôme et Bez, correspondant à 14m³/s dans la partie amont et 23m³/s dans la partie aval (SOGREAH, 1990).

Pour estimer les hauteurs de ces deux profils, nous avons pris en comptes les débits journaliers moyens donnés par la banque Hydro. Il s'avère que les hauteurs d'eau ainsi estimées sont très proches pour ces deux profils en long.

5.3 Résultats de l'analyse diachronique des profils en long

5.3.1 Comparaison des profils en long

Les profils en long sont disponibles dans l'annexe 4.

Les résultats de cette analyse sont synthétisés dans le tableau 8. Une première analyse a été faite en utilisant les données brutes puis une deuxième en prenant en compte les hauteurs d'eau estimées afin de mettre en lumière d'éventuelles nuances dans l'interprétation des résultats. Il est important de prendre en compte l'extrême approximation des estimations des hauteurs d'eau en 1928 et 1986 dans cette analyse.

5.3.2 Evolution des profils en long

La comparaison des profils en long met en évidence un phénomène important d'incision sur la quasi-totalité du linéaire du cours d'eau entre 1928 et 2006. Durant la période 1928-1986, l'incision concerne tout le linéaire en aval de Luc-en-Diois, excepté dans le secteur de la commune de Saillans (en amont du pont RD580) et entre Pontaix et la commune de Sainte-Croix (jusqu'à l'amont de la confluence avec la Sure). L'incision étant plus importante à l'aval, il semble que l'incision généralisée se soit produite par un mécanisme d'érosion régressive de l'aval vers l'amont.

Durant la période 1986-2006, correspondante à la fin des extractions massives de matériaux, la tendance globale qui ressort est la poursuite de l'incision. Néanmoins, on constate des phénomènes d'exhaussements notamment dans les secteurs endigués (endiguements des communes d'Allex et de Grane, endiguements de la ville de Crest, sur la commune de Saillans), mais également sur la commune de Pont-de-Quart (en amont du pont RD93) jusqu'à la confluence avec le Bez. Dans la partie amont du bassin (en amont du Saut de la Drôme), la comparaison des profils de 1928 et 2012 montre une forte incision en amont du pont de Charens et en aval de la commune de Valdrôme.

Le profil en long de 2003, bien qu'incomplet, montre qu'il y a des exhaussements datant d'au moins de cette année-là, sur les secteurs d'Allex et de Grane (endiguement en amont du PK 11,8), de Sainte-Croix (au niveau du pont RD129) et de Die (du pont SNCF au pont de la Griotte). Dans la partie en aval au niveau des communes de Livron et de Loriol, l'exhaussement s'est produit à partir de 1995, consécutivement à la mise en place du seuil CNR (PK 2,44).

Entre 2006 et 2010, le profil en long de la Drôme n'a pas évolué.

Durant la dernière décennie, caractérisée par l'arrêt des extractions, le profil en long semble chercher un nouvel équilibre, nous sommes en droit de penser que dans la configuration actuelle et sans interventions, le profil en long évolue en suivant les tendances observées depuis 2003.

Secteur	PK Aval	Linéaire (km)	Evolution du fond (m)						Evolution du fond (m) avec correction des hauteurs d'eau			Tendance de 1928 à 2006	
			1928-1986	1986-2006	1928-2006	1996-2000	1928-2012	2006-2010	1928-1986	1986-2010	1928-2010		
Seuil CNR - Pont A7	2,4	1,2											incision-stable
Pont A7 - Pont SNCF	3,6	2,2			-2	+0,4							incision
Pont SNCF - Amont RN7	5,8	1,8			-2								incision
Amont RN7 - Seuil des Pues	7,6	4,2			-1,8								incision - exhaussement
Seuil des Pues - Amont digue Alex	11,8	5,6			+0,5								incision
Amont digue Alex - Seuil SMARD	17,4	3,4			-1								incision
Seuil SMARD - Crest	20,8	2			-2								forte incision - exhaussement depuis 1986
Crest - Pont RD538 (Centre Crest)	22,8	0,8			+0,5								forte incision - exhaussement
Pont RD538 (Centre Crest) - Aouste	23,6	3			0								incision
Aouste - Mirabel	26,6	3			+0,5 à -1								incision
Mirabel - La ciestre	29,6	5,6			-2								incision
La ciestre - Pont RD93 (aval de Saillans)	35,2	3,5			-0,5								forte incision
Pont RD93 (aval de Saillans) - Saillans	38,7	1,5			0								incision - exhaussement
Saillans - Pont RD580 (Saillans)	40,2	3,6			+0,5								incision exhaussement
Pont RD580 (Saillans) - Amont Espenel	43,8	2			-2								incision depuis 1986
Amont Espenel - Amont digue Vercheny	45,8	4,6			+1								incision
Amont digue Vercheny - Aval Pontaix	50,4	1,6			-1								incision
Aval Pontaix - Ste Croix	52	5,8			+0,4								incision
Ste Croix - Amont confi. Sure	57,8	1			-0,8								incision
Amont confi. Sure - Rui des Houlettes	58,8	2,6			+0,5								incision depuis 1986
Rui des Houlettes - Pont des chaines RD93 (Die)	61,4	0,75			-1								incision depuis 1986
Pont des chaines RD93 (Die) - Passerelle du Pont Rompu	62,15	3,05			-1,4								incision depuis 1986
Passerelle du Pont Rompu (Die) - Meyrosse (Die)	65,2	1			-1,5								incision
Meyrosse (Die) - Amont de Die	66,2	1,8			0								exhaussement
Amont de Die - Rui Valcroissant	68	1,2			-1,5								incision
Rui Valcroissant - Pont RD93 (Pont de Quart)	69,2	2,6			0								incision
Pont RD93 (Pont de Quart) - Aval Escavonette	71,8	1,2			-1								exhaussement
Aval Escavonette - Bez	73	2,4			+0,5								incision - exhaussement
Bez - Pont RD140 (Recoubeau)	75,4	3,2			-1,2								forte incision
Pont RD140 (Recoubeau) - Luc-en-Diois	78,6	4			-3								incision
Luc-en-Diois - Pont RD93 (Luc-en-Diois)	82,6	1,4			-1,8								incision
Pont RD93 (Luc-en-Diois) - Pont SNCF (aval du Claps)	84	2,4			-2								incision
Pont SNCF (aval du Claps)	86,4	2,4			0								stable
Saut de la Drôme													
Pont RD93 (Amont du claps) - Seuil piège des tours	86,6	6,2											stable
Seuil piège des tours - Pont RD145 (Charrens)	92,8	3						0					exhaussement
Pont RD145 (Charrens) - Aval moulin des prés	95,8	4,2						2					forte incision
Aval moulin des prés - Amont moulin des prés	100	1						-4					stable
Amont moulin des prés - Pont RD306 (Valdrôme)	101	2,6						0					forte incision
Pont RD306 (Valdrôme)	103,6	2,6						-2,5					

Tab. 8. Résultats de la comparaison des profils en long

PARTIE 6. BILAN SEDIMENTAIRE

A partir de l'analyse de l'évolution en altitude des profils en long, il est possible de réaliser un bilan sédimentaire. Ce bilan consiste à évaluer les quantités de matériaux perdues ou gagnées par tronçons entre deux dates.

6.1 Méthodologie

Dans l'étude d'EGIS de 2008, un bilan sédimentaire a été réalisé, suivant la méthode qui suit :

Par tronçons : Volume de matériaux = Différence d'altitude entre deux dates x largeur du lit x longueur du tronçon

Dans le cas de l'étude d'Egis la largeur choisie correspond à la largeur en eau en 2006 (lors des levés topographiques).

Nous proposons de reprendre ces résultats en prenant en compte l'influence des hauteurs d'eau estimées dans la partie 5.

6.2 Résultats

			linéaire	EGIS 2008		Volume corrigé (m3)	volume corrigé (m3)
	Pk amont	Pk aval	(km)	2006-1986	2006-1928	2006-1928	2006-1986
LA DROME							
Luc-Recoubeau	84,05	75,5	8,5				
Bez- aval Escanovette	75,5	73,2	2,3	236 383	100 458	100 458	307 298
amont Aix- amont Die	73,2	66,4	6,8	-337 759	-376 979	-376 979	-193 005
amont Die - aval Die	66,4	62,6	3,8	-70 987	-151 159	-35 270	106 481
aval Die- Ste Croix	62,6	57,8	4,8	-139 495	-98 579	-98 579	-125 546
Ste Croix-amont Pontaix	57,8	56	1,8	-41 903	-12 554	-11 675	-39 109
amont Pontaix-amont Vercheny	56	51,5	4,5	-153 626	-90 943	-90 943	-133 143
amont Vercheny- amont digue Vercheny	51,5	50,4	1,1	-32 046	-13 179	-8 786	-6 409
digue Vercheny- amont Saillans	50,4	41,6	8,8	-457 735	-758 189	-682 370	-200 259
amont Saillans- Rieusset	41,6	40,6	1	22 238	-51 132	-46 019	2 224
Rieusset- Piégros	40,6	34,3	6,3	-321 532	-785 934	-471 560	-192 919
Piégros -Aouste	34,3	26,6	7,7	-371 366	-1 151 504	-719 690	-265 261
Aouste - aval Crest (seuil SMARD)	26,6	20,8	5,8	-139 599	-977 703	-698 359	83 759
seuil SMARD- seuil des Pues	20,8	11,8	9	-1 051 624	-1 715 594	-1 029 356	-751 160
seuil des Pues - RN7	11,8	7,2	4,6	-123 682	-1 564 349	-893 914	309 205
RN7 - seuil CNR	7,2	2,4	4,8				
total			78.2	-2 982 731	-7 647 341	-5 063 043	-1 097 845

Tab. 9. Estimation du bilan sédimentaire de la Drôme de 1928 à 2006 (EGIS, 2008)

Le tableau 9, ci-dessus, montre les résultats de l'estimation du bilan sédimentaire de la rivière Drôme. Entre 1928 et 2006, le déficit sédimentaire semble être compris entre 7,6 et 5 millions de m³ de matériaux. Une estimation a été réalisée par N.Landon, le déficit s'élevait à environ 8 millions de m³ et correspondait à 550 ans d'apport solides. Ces estimations mettent en évidence le fort impact des extractions de matériaux sur l'évolution du profil en long de la Drôme (Landon, 1999 ; EGIS, 2007).

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les différentes analyses menées dans les parties précédentes ont permis d'identifier les grandes évolutions morphologiques de la Drôme. Durant le XX^{ème} siècle la Drôme a connu une incision généralisée couplée à une rétraction de sa bande active. Malgré ces changements et les endiguements, la Drôme demeure une rivière présentant des secteurs en tresses. L'analyse diachronique des profils en long est entachée d'imprécisions liées au calage des profils anciens sur l'axe de référence. Concernant la prise en compte des hauteurs pour les profils les plus complets (1928 et 1986), la méthode est très imprécise tant dans l'estimation des débits que des hauteurs d'eau. Beaucoup de paramètres n'ont pas été pris en compte, tel que le temps de propagation des crues (pour les levés de 1928). Les hauteurs d'eau ont été calculées à partir des sections en travers issu du levé LiDAR de 2010, les sections en travers de l'époque étaient vraisemblablement différentes aux vues de l'évolution en plan de la Drôme. Le but de ce travail était d'apporter un éclairage supplémentaire concernant l'analyse des profils en long, aussi les valeurs issues de ces estimations ont été interprétées avec toutes les précautions qui s'imposaient.

Concernant les causes des évolutions constatées, elles sont potentiellement diverses : une réduction des apports solides provenant des torrents des versants provoquées par un fort reboisement et des rectifications torrentielles (mise en place seuil, barrages) au début du XX^{ème} siècle (Landon, 1999) ; des extractions massives de matériaux dans le lit mineur durant la deuxième moitié du XX^{ème}, et les aménagements (endiguements). Landon et Liébault s'intéressent à la part de l'hydrologie dans l'évolution de la Drôme, les événements de crues étant moins fréquents au XX^{ème} siècle qu'au XIX^{ème} (Liébault, 2003). Les crues, participant à l'élargissement de la bande active, auraient permis d'atténuer les phénomènes de retractions des bandes actives. Néanmoins, il semble que les réductions de bandes actives soient imputables à l'incision du cours d'eau (Liébault, 2003). Durant la période post 1950, la principale cause des évolutions morphologiques sont vraisemblablement les extractions massives de matériaux dans le lit mineur (EGIS, 2008) qui ont conduit à une érosion régressive et à l'amplification de l'incision. L'incision contribue à la formation de bancs perchés ou de basses terrasses qui se végétalisent et rendent la reprise des matériaux difficiles lors des crues. Ce phénomène entraîne à moyen terme la réduction de la bande active. De manière générale, les origines des causes des évolutions sont anthropiques, à l'image des endiguements, des ouvrages, de l'occupation du sol du bassin et des prélèvements de matériaux.

Pour ce qui est de la dynamique sédimentaire, il convient de distinguer l'amont du Saut de la Drôme de la partie aval. Dans la partie amont les matériaux sont bloqués par l'éboulement du Claps, la gestion de la charge sédimentaire se fait grâce à l'entretien des pièges à graviers des

Tours et du Maravel. Dans le reste du bassin, en aval du Saut de la Drôme, une étude plus poussée sur les tronçons homogènes (ou unités fonctionnelles) et sur leur capacité de transport permettrait de mieux comprendre le fonctionnement actuel et de mieux appréhender les tendances d'évolution futures, notamment en termes de pente. Il semble, qu'aujourd'hui, le secteur entre Recoubeau et Pont-de-Quart soit le plus perturbé. Le pont de Pont-de-Quart, rétrécissant fortement la largeur du cours d'eau, a une forte influence sur le transit des matériaux vers l'aval, en provoquant un exhaussement du fond et des atterrissements à l'amont immédiat du pont.

Aujourd'hui, les extractions ayant cessées, la Drôme recherche un nouvel équilibre, sans aucune intervention, on peut penser que la Drôme va évoluer naturellement dans le sens d'une homogénéisation des pentes, reprenant les matériaux des zones engravées pour les faire transiter vers les zones déficitaires (EGIS, 2008). Nous pouvons néanmoins nous interroger sur l'influence des ouvrages comme les seuils et les ponts, et surtout ceux qui structurent actuellement le profil en long de la Drôme. L'exemple de Pont-de-Quart montre l'impact d'un ouvrage sur le transit des matériaux. La Drôme peut donc garder les tendances actuelles 2003-2006, la comparaison entre les profils de 2006 et 2010 n'ayant mis en évidence aucune évolution particulière. Dans le cas de ce scénario les zones d'exhaussement et d'atterrissements sont potentiellement sensibles vis-à-vis du risque inondation et érosion des berges (BCEOM, 2007).

CONCLUSION

La rivière Drôme, affluent du Rhône, est une rivière en tresses qui a connu de nombreuses évolutions durant le XIXème et le XXème siècle. Cette étude s'appuie sur une méthode d'analyse de type historique consistant à s'intéresser au passé de la rivière pour en comprendre le fonctionnement actuel.

Les analyses diachroniques de la mobilité en plan des profils en long de la Drôme attestent d'une rétraction de la bande active associée à d'une incision importante et généralisée sur la majeure partie du cours d'eau durant le XXème siècle. Les causes de ces perturbations sont multiples et d'origine anthropiques. Les modifications morphologiques de la Drôme résultent à la fois des travaux d'endiguements qui ont limité la dynamique latérale, de la réduction des apports solides suite au reboisement et aux corrections torrentielles des cours d'eau des versants dans la première moitié du XXème siècle ; mais le facteur prépondérant de l'évolution morphologique de la Drôme sont les extractions massives de matériaux, dans la seconde partie du XXème, qui ont provoqué une érosion régressive sur la majeure partie du cours d'eau. Le déficit sédimentaire durant la période 1928-2006, estimé entre 5 et 8 millions de m³, confirme ce diagnostic.

L'analyse des pentes et de la morphologie du cours d'eau a permis de définir des unités fonctionnelles actuelles, homogènes en termes de fonctionnement morphodynamique. Aujourd'hui la tendance d'évolution semble s'axer autour d'un retour à une pente d'équilibre, prenant en compte l'arrêt des extractions de matériaux. L'analyse des profils en long a mis en évidence des secteurs en exhaussement sur la période 1986-2006 et sur la période 2003-2006. Néanmoins le profil en long ne retrouvera pas son état du début du siècle compte tenu des profondes perturbations qu'il a subi ; mais son évolution continuera de se structurer en fonction des ouvrages tels que les seuils – dont certains ont été mis en place pour atténuer les phénomènes d'incision – et certains ponts qui structurent actuellement le profil en long de la Drôme.

Concernant la dynamique latérale, la Drome conserve aujourd'hui des zones de divagations, à l'image des secteurs en tresses encore présent malgré la rétraction de la bande active, généralisée de l'aval jusqu'au Saut de la Drôme. Une étude plus approfondie du transport solide semble nécessaire pour appréhender plus précisément les tendances d'évolution à l'échelle de tronçons homogènes et pour proposer des stratégies de gestion permettant à la Drôme de retrouver un fonctionnement plus naturel – l'arrêt des extractions va clairement dans ce sens – tout en ménageant les enjeux socio-économiques, les zones d'atterrissements et les secteurs en exhaussement étant potentiellement préoccupants vis-à-vis du risque d'inondation.

BIBLIOGRAPHIE

BCEOM, 2007. Réalisation de l'étude de l'aléa inondation de cours d'eau du bassin versant de la Drôme et du Bez – Rapport de phase 1 & 2. Direction départementale de l'équipement de la Drôme. Septembre 2007. 43p. GRI50360F

Couvert B., Lefort Ph, Peiry J.L., Belleudy Ph., 1999. La gestion des rivières - Transport solide et atterrissements - Guide méthodologique. [en ligne] Les études des Agences de l'Eau, n°65. 1999. [09/1999]. 97p. Disponible sur le World Wide Web <<http://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/guides-acteurs-de-leau/agir-sur-lhydromorphologie-des-milieux-aquatiques.html>> consulté le 10/01/2012

Degoutte G., 2005. Cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale. [en ligne] Disponible sur le World Wide Web : <<http://www.agroparistech.fr/coursenligne/hydraulique/hydraulique.html>> consulté le 05/01/2012

EGIS, 2008. Eude préalable à la réalisation d'un programme d'action et de prévention contre les inondations sur le bassin versant de la Drôme. Syndicat mixte de la rivière Drôme et de ses affluents, mai 2008. 156p. GRI70412V

IGN, 2012. Précision et modes de calcul des altitudes [en ligne] Disponible sur le World Wide Web <http://geodesie.ign.fr/index.php?page=precision_altitudes#titre4> consulté le 07/04/2012

Landon, N., 1999. L'évolution contemporaine du profil en long des affluents du Rhône moyen. Constat régional et analyse d'un hydrosystème complexe, la Drôme. Université de Paris IV - Sorbonne. 766p.

Liébault, F., 2003. Les rivières torrentielles des montagnes drômoises : évolution contemporaine et fonctionnement géomorphologique actuel (massif du Diois et des Baronnies). Université Lumière Lyon 2. 355p.

Malavoi J.R., Bravard J.P., 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. [en ligne] Comprendre pour agir, ONEMA. 224p. Disponible sur le World Wide Web : <<http://www.onema.fr/Publications-2010>> consulté le 09/01/2012

Malavoi J.R., Garnier C.C., Landon N., Recking A., Baran Ph., 2011. Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. [en ligne] Comprendre pour agir, ONEMA. 208p. Disponible sur le World Wide Web : <<http://www.onema.fr/Publications-2011>> consulté le 12/01/2012

SMRD, 2011. Révision du SAGE Drôme - Etat des lieux initial et actuel du bassin versant de la Drôme [en ligne]. Disponible sur le World Wide Web <http://www.riviere-drome.com/upload/extranet/documents/EtatLieux_CLE151211.pdf> consulté le 15/03/2012

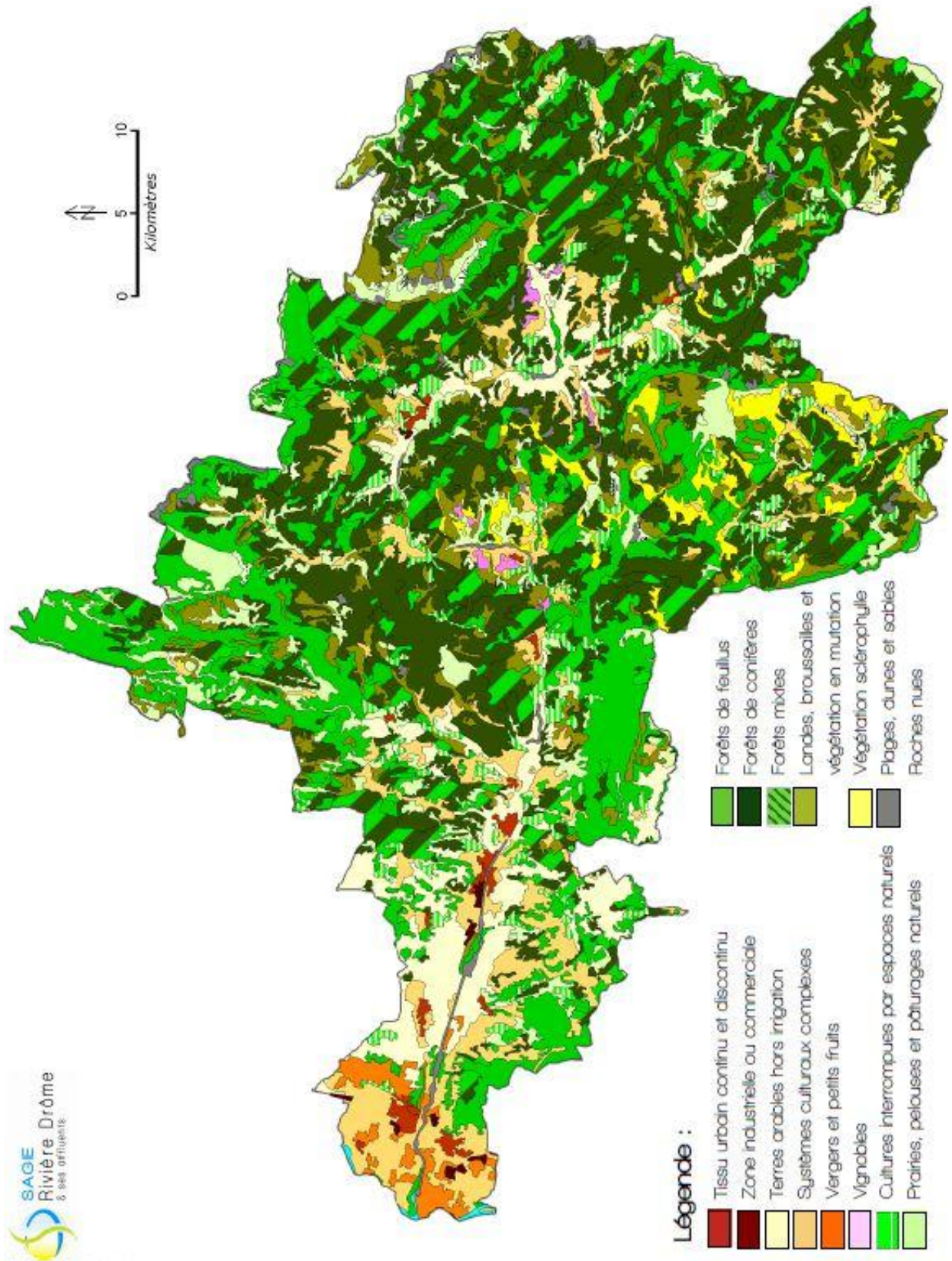
SOGREAH, 1990. Schéma d'aménagement des rivières Drôme et Bez. Direction départementale de l'équipement de la Drôme. Octobre 1990. 60397

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe.1. Occupation du sol du bassin versant de la Drôme (SMRD, 2011)	1
Annexe.2. Recensements des ponts sur la Drôme (SMRD)	2
Annexe.3. Recensement des seuils sur la Drôme	4
Annexe.4. Profil en long de la Drôme	5

Annexe.1. Occupation du sol du bassin versant de la Drôme (SMRD, 2011)



Annexe.2. Recensements des ponts sur la Drôme (SMRD)

Nom	Réf levés 2006	caractéristiques	PK (m)	Cote sous poutre	Cote chaussée
Pont de l'A7	OHD44	Tablier rectiligne - 4 piles minces - pas de culées	3500	103	104,7
Pont SNCF entre A7 et RN7	OHD43	6 arches - 5 piles - 2 culées	5810	110,35	112,1
Pont RN7 Livron Loriol	OHD42	3 arches - 2 appuis dans le lit	7200	118,9	122,36
Pont RD125 Grane - Allex	OHD40/fe34	5 arches - 4 piles - 2 culées dans le lit	14350	145,7	147,3
Pont SNCF Ligne TGV Ramières	non levé		20400		183
Pont RD538 (Aval Crest)	OH37	Tablier rectiligne - 2 piles - 2 culées hors lit majeur	21660	180,8	184,25
Pont RD Soubeyran Crest	OHD36/fe31	Tablier rectiligne - 2 piles dans le lit	22930	183,4	184,7
Pont SNCF Crest	OHD35	Tablier rectiligne - 2 piles dans le lit - culées hors lit majeur	23350	185,2	186,34
Pont RD538 Centre Crest	OHD34	3 arches - 2 piles - 2 culées dans lit mineur	23630	186,6	189,3
Pont RD70 Aouste sur Sye	OHD33	1 arche (culées dans le lit)	26900	203,14	205,66
Pont RD164a Blacons	OHD32	4 arches - 3 piles - 2 culées	30180	214,7	216,2
Pont RD164 (camping les 3 becs)			32030		230
Pont RD93 (aval Saillans)	OHD30	Tablier rectiligne - 1 pile - culées hors du lit	38700	251	253,2
Pont RD580 (Saillans)	OHD29	2 arches - 2 piles très épaisses - 2 culées dans le lit (section restreinte)	40750	261,08	262,33
Pont RD93 (Amont Saillans)	OHD28	Tablier rectiligne - 1 pile mince - culées hors du lit	41630	270,9	277,3
Pont RD511 (Pont d'Espenel)	OHD27	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	45150	282,83	285
Pont SNCF entre Vercheny et Saillans	non levé		46210		299
Pont RD357 (aval Vercheny)	OHD25	3 arches - 2 piles dans le lit - culées hors lit mineur (section relativement large)	47430	295,6	297,6
Pont SNCF (Pontaix)	non levé		53480		335
Pont RD93 (Pontaix)	non levé		53680		330
Pont VC Pontaix	non levé		53850		330
Pont RD129 (Sainte-Croix)	non levé		57480		355
Pont RD93 aval du pont des Chaines	non levé		62030		380
Pont des Chaînes (VC aval Die)	OHD19	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	62130	380,48	382,9
Pont SNCF (Aval Die)	OHD18	Pont rectiligne - 1 pile - culées hors du lit	62900	382,6	386,1
Pont VC (Die)	OHD17	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	63280	387,45	388
Passerelle du Pont Rompu (Die)	non levé		65210		403
Pont RD244 (Pont de la Griotte, Die)	OHD14	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	65950	401,31	401,9
Pont RD93 (Pont de Quart)	OHD13	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	71790	439,7	441,6

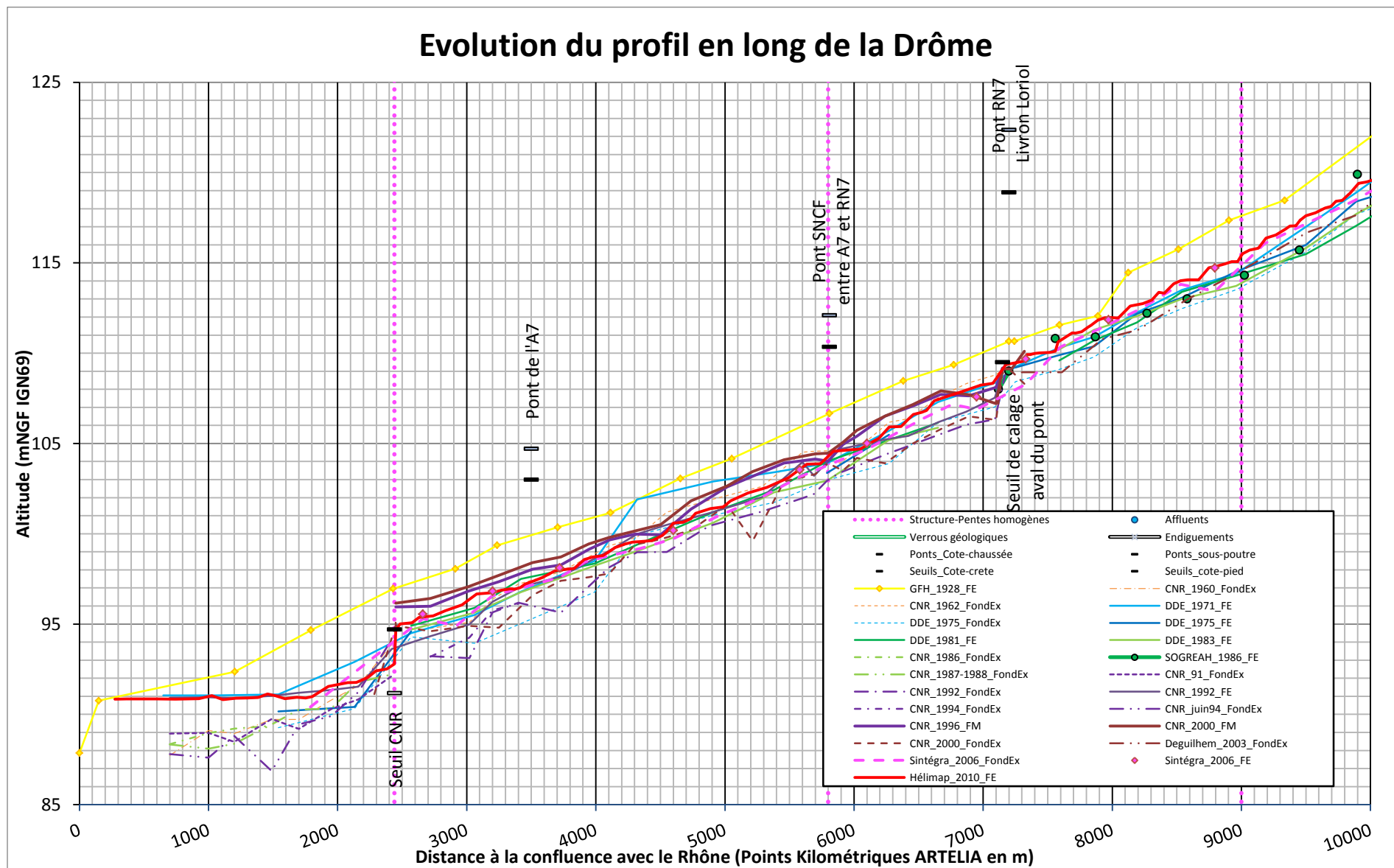
Annexe 2 (suite)

Nom	Réf levés 2006	caractéristiques	PK (m)	Cote sous poutre	Cote chaussée
Pont RD140 (Pont de Recoubeau)	OHD12	2 arches - 1 pile et 2 culées dans le lit (section restreinte)	78640	493	494,6
Pont RD93 (Pont aval de Luc en Diois, Station Hydrométrique)	OHD10	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	84070	540,9	544,2
Pont RD61a (Luc)	OHD9	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	84560	544,28	545,4
Pont SNCF (aval Claps)	non levé		86380		584
Pont RD93 (aval immédiat Claps)	OHD7	1 arche - 2 culées dans le lit (section restreinte)	86640	595,5	597,65
Pont RD93 (amont immédiat Claps)	non levé		87100		624
Pont VC (amont Saut de la Drôme)	non levé		87550		633
Pont SNCF (Col Bonnet, aval de la plaine du Grand Lac)	non levé		88110		636
Pont RD175 (Beaumont)	non levé		90610		642
Pont RD145 (pont de Charens)	non levé		95830		674
Pont RD306 (Valdrome)	non levé		103600		787
Pont VC (Valdrôme)	non levé		103815		789
Pont VC (Valdrôme - Les Garants)	non levé		104530		809
Pont RD106b (Le Cheylard, amont Valdrome)	non levé		105180		815
Pont RD106 (sources de la Drôme)	non levé		109575		1033

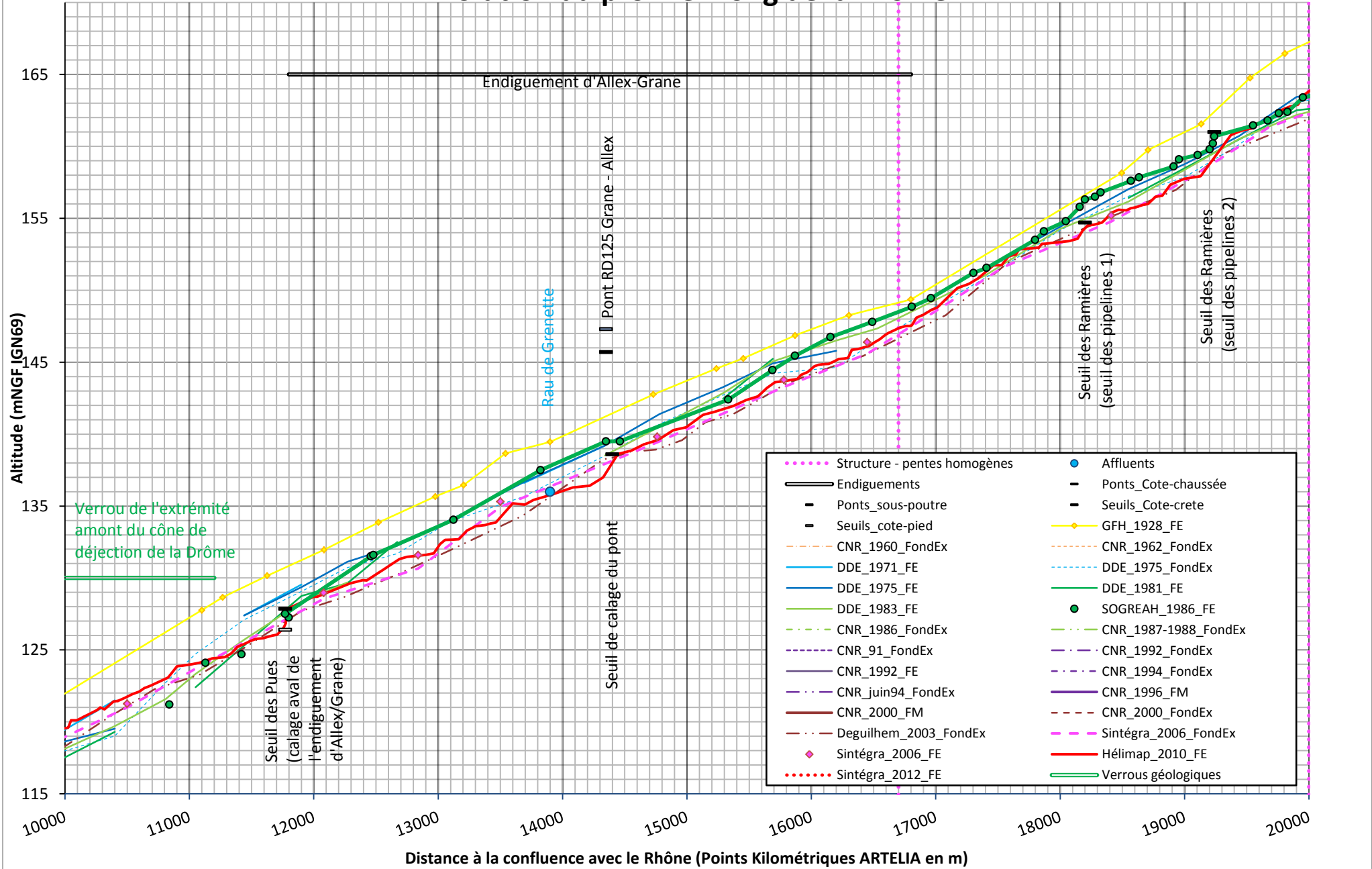
Annexe.3. Recensement des seuils sur la Drôme

Nom	Réf levés 2006	PK (m)	Cote crête 2006	Cote pied 2006
Seuil CNR	Seuil45	2440	94,7	91,17
Seuil aval pont SNCF de Livron	fe35	7150	109,5	
Seuil des Pues (calage aval de l'endiguement d'Allex/Grane)	Seuil41	11770	127,86	126,4
Seuil calage en aval du pont RD125 Allex-Grane	OHD40 /fe34	14400	138,6	
Seuil des Ramières (seuil des pipelines 1)	non levé (seuil 5 étude EGIS 2008)	18200	154,7	
Seuil des Ramières (seuil des pipelines 2)	non levé (seuil 6 étude EGIS 2008)	19240	161	
Seuil de Crest (Seuil SMRD) seuil prise d'eau construit en 1978	Seuil38 (seuil 7 étude EGIS 2008)	20780	167,35	164,62
Seuil de calage du pont de RD164a (Blacons)	cf OHD32 (seuil 8 étude EGIS 2008)	30170	208	
Seuil de calage aval du pont de Recoubeau	cf OHD12 (seuil 9 étude EGIS 2008)	78630	488,26	
Seuil de captage de source	cf P33 situé en pied du seuil (seuil 10 étude EGIS 2008)	83420	531,8	
Seuil de calage aval du pont RD93 aval de Luc en Diois (OHD10)	Non levé (Seuil 11 étude EGIS 2008)	84070	537,6	
Seuil de calage aval du pont RD93 aval du Claps	Non levé (Seuil 13 étude EGIS 2008)	86630	589,5	
Seuil de calage amont du pont RD93 aval du Claps	Non levé (Seuil 14 étude EGIS 2008)	86700	590	
Seuil de calage aval du pont RD93 amont du Claps	Non levé (Seuil 15 étude EGIS 2008)	87100	622,4	
Seuil prise d'eau	Non levé (Seuil 16 étude EGIS 2008)	92800	647	
Seuil de calage du piège de Marvel	Non levé (Seuil 17 étude EGIS 2008)	96410	676,9	

Annexe.4. Profil en long de la Drôme

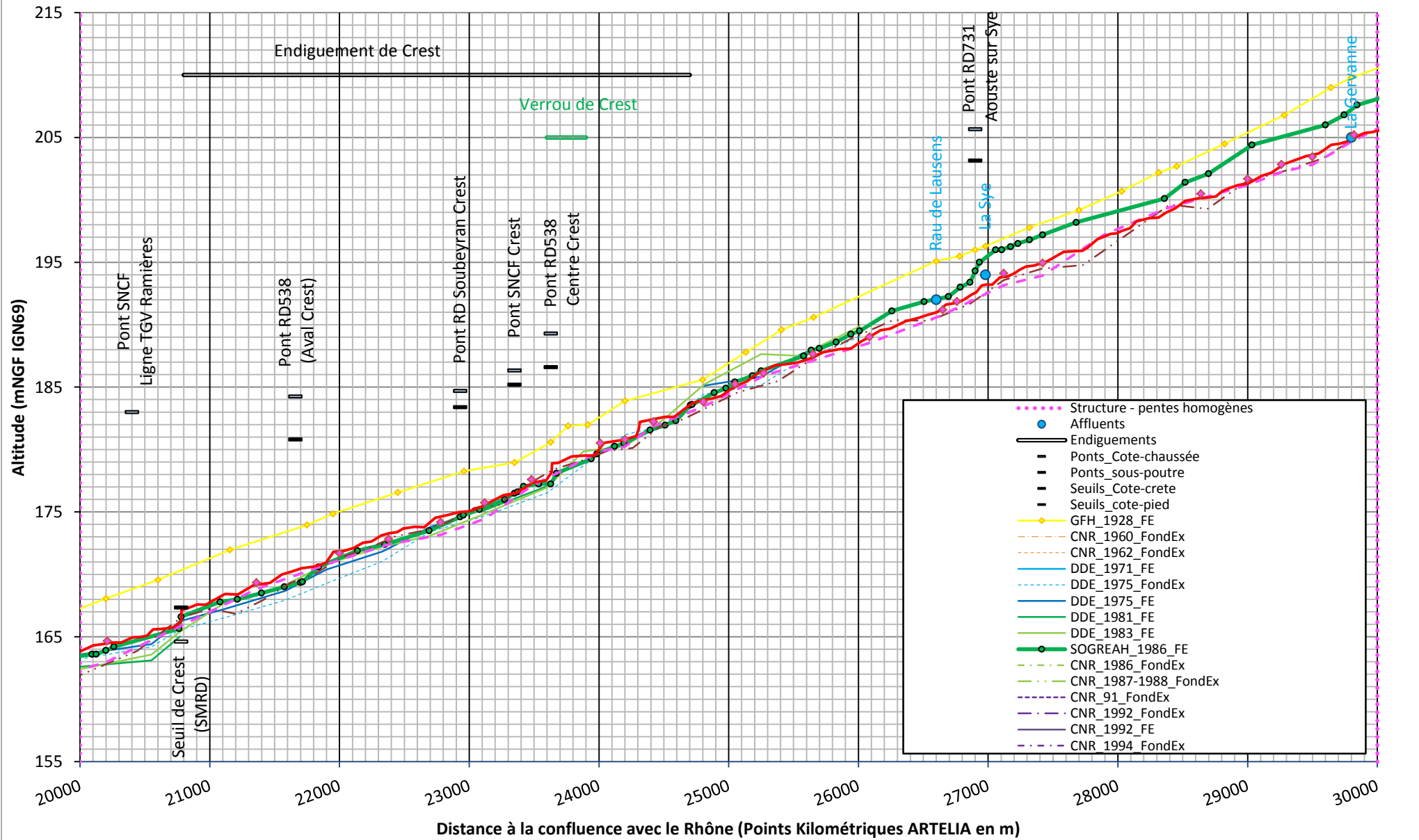


Evolution du profil en long de la Drôme

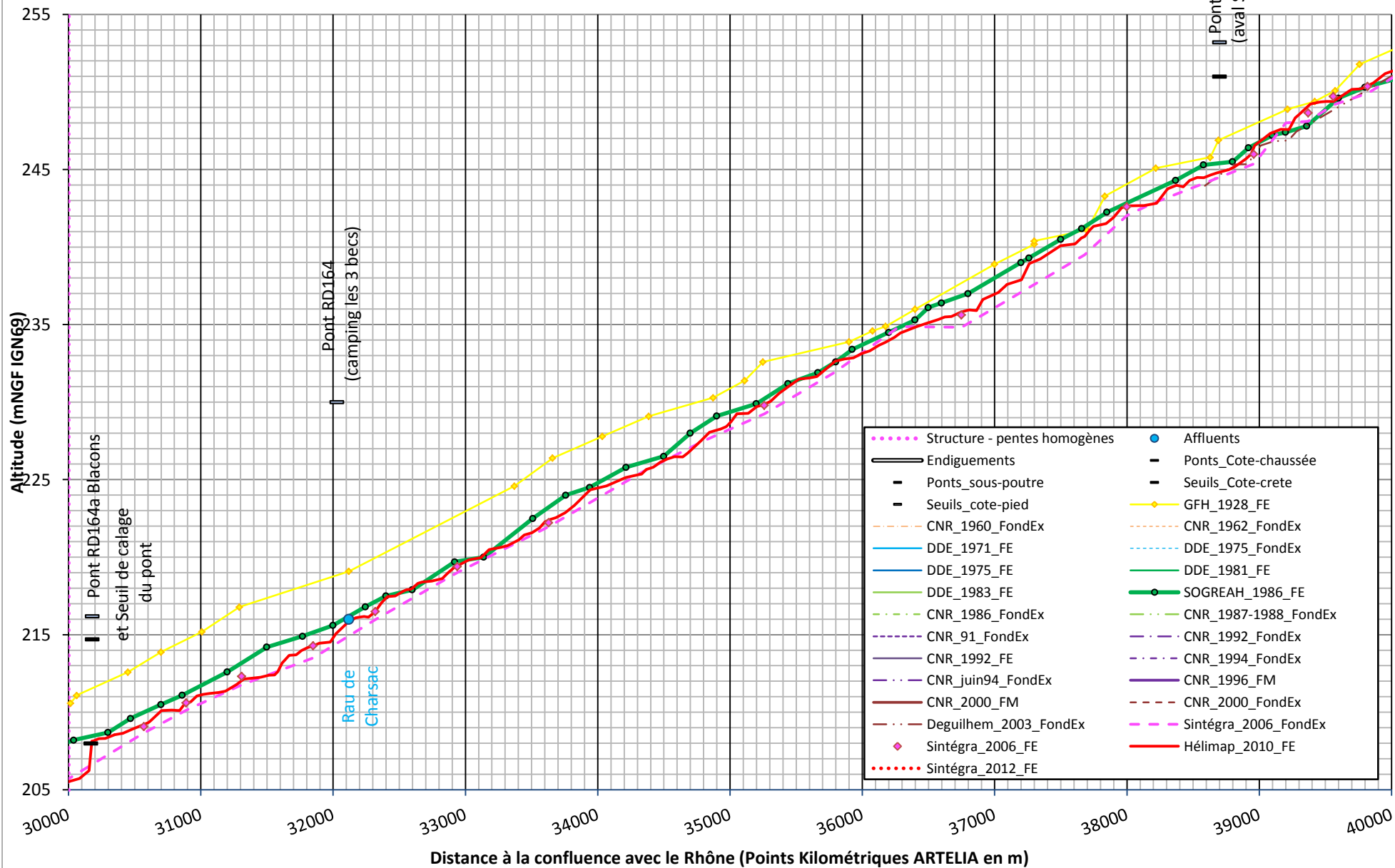


- | | |
|------------------------------|----------------------|
| Structure - pentes homogènes | Affluents |
| Endiguements | Ponts_Cote-chaussée |
| Ponts_sous-poutre | Seuils_Cote-crete |
| Seuils_cote-pied | GFH_1928_FE |
| CNR_1960_FondEx | CNR_1962_FondEx |
| DDE_1971_FE | DDE_1975_FondEx |
| DDE_1975_FE | DDE_1981_FE |
| DDE_1983_FE | SOGREAH_1986_FE |
| CNR_1986_FondEx | CNR_1987-1988_FondEx |
| CNR_91_FondEx | CNR_1992_FondEx |
| CNR_1992_FE | CNR_1994_FondEx |
| CNR_juin94_FondEx | CNR_1996_FM |
| Deguilhem_2003_FondEx | CNR_2000_FondEx |
| Sintégra_2006_FE | Sintégra_2006_FondEx |
| Sintégra_2012_FE | Hélimap_2010_FE |
| | Verrous géologiques |

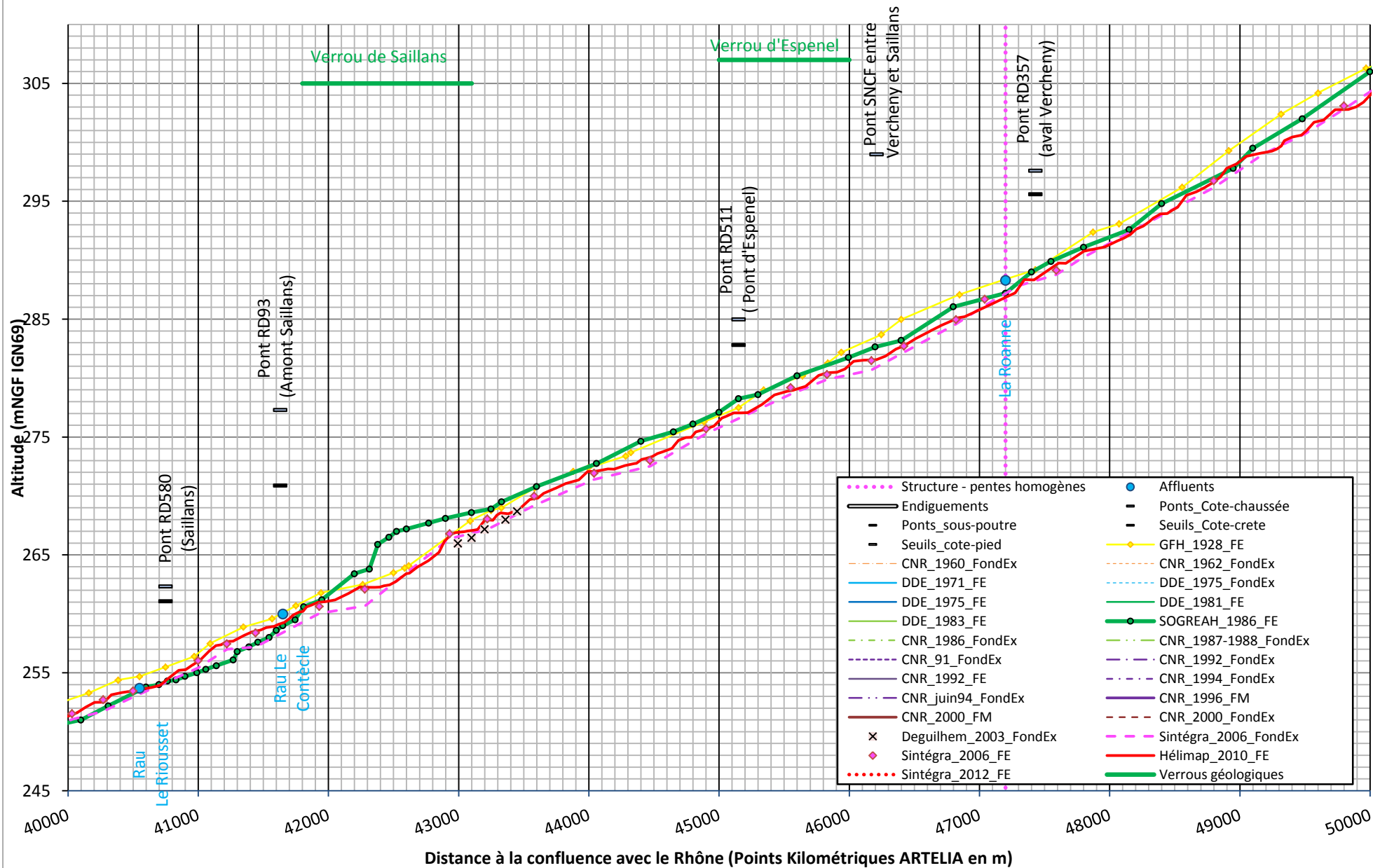
Evolution du profil en long de la Drôme



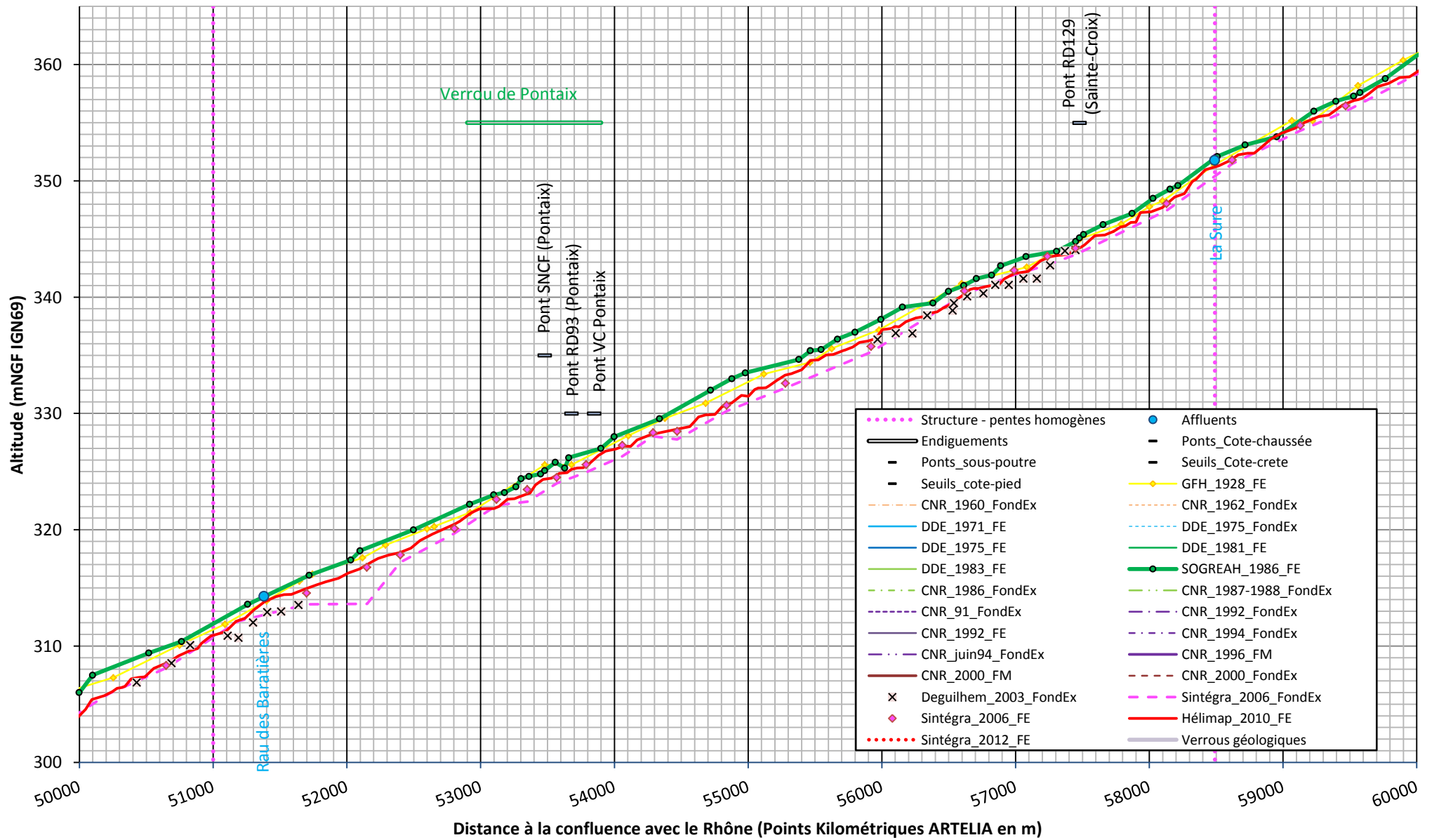
Evolution du profil en long de la Drôme



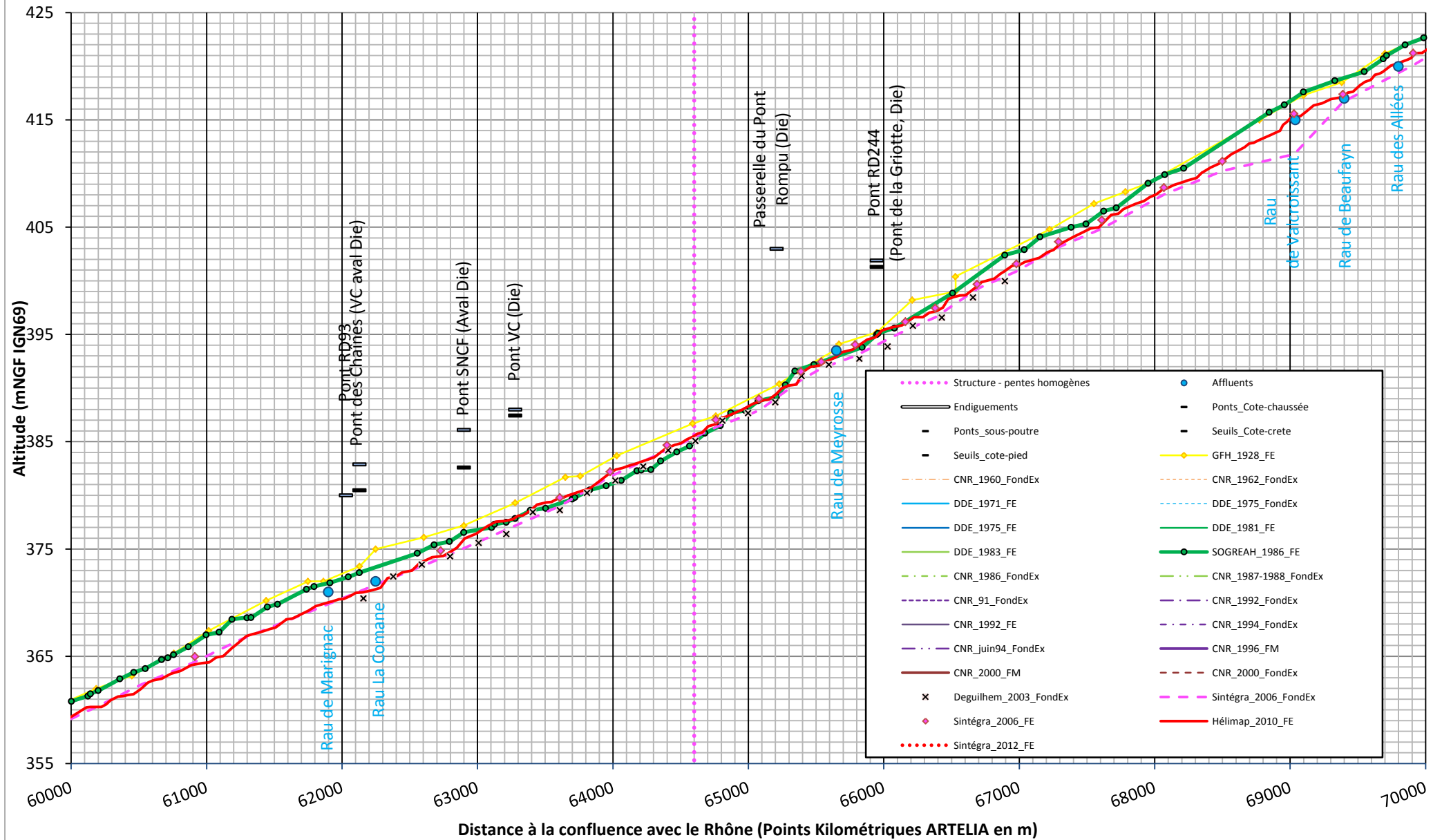
Evolution du profil en long de la Drôme



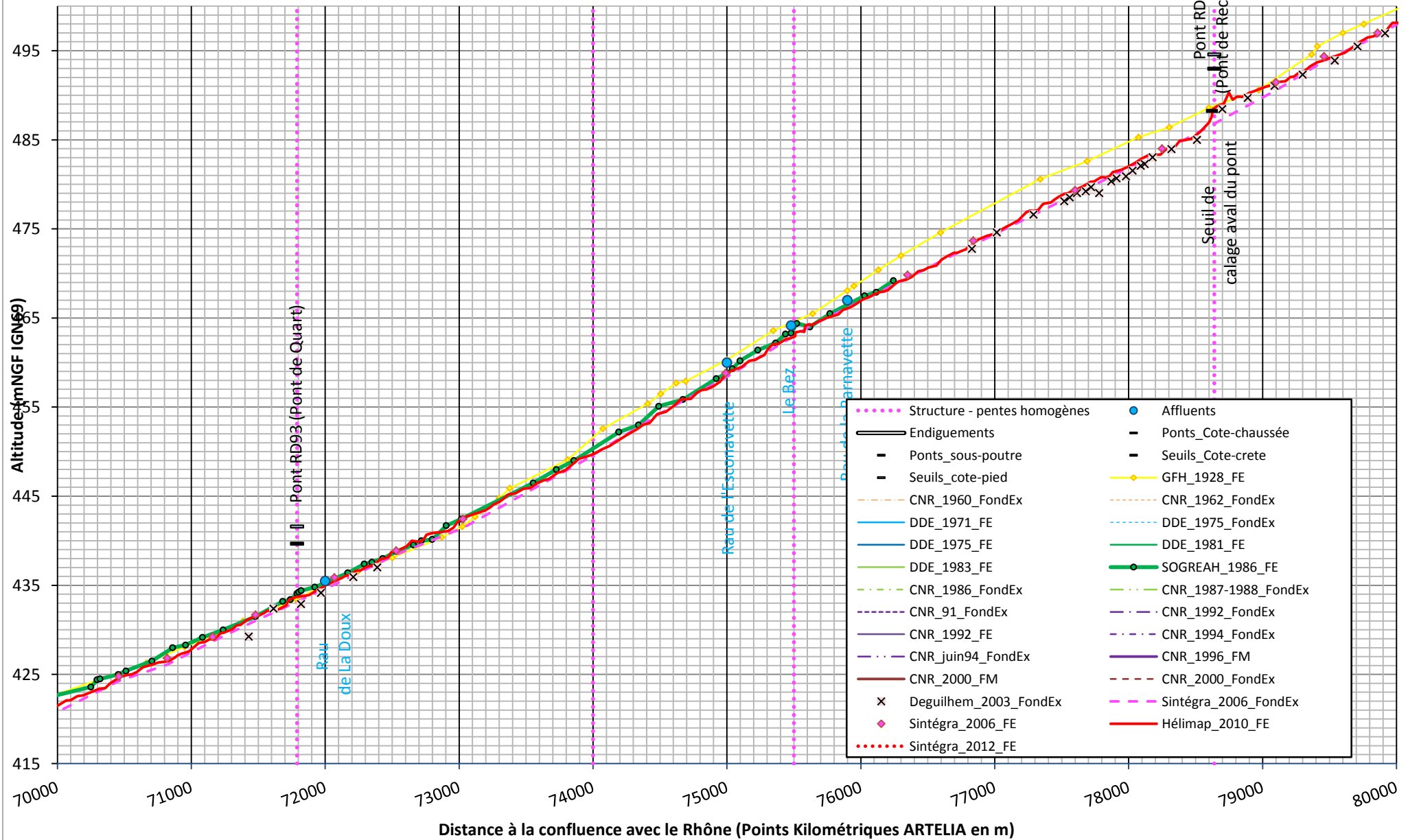
Evolution du profil en long de la Drôme



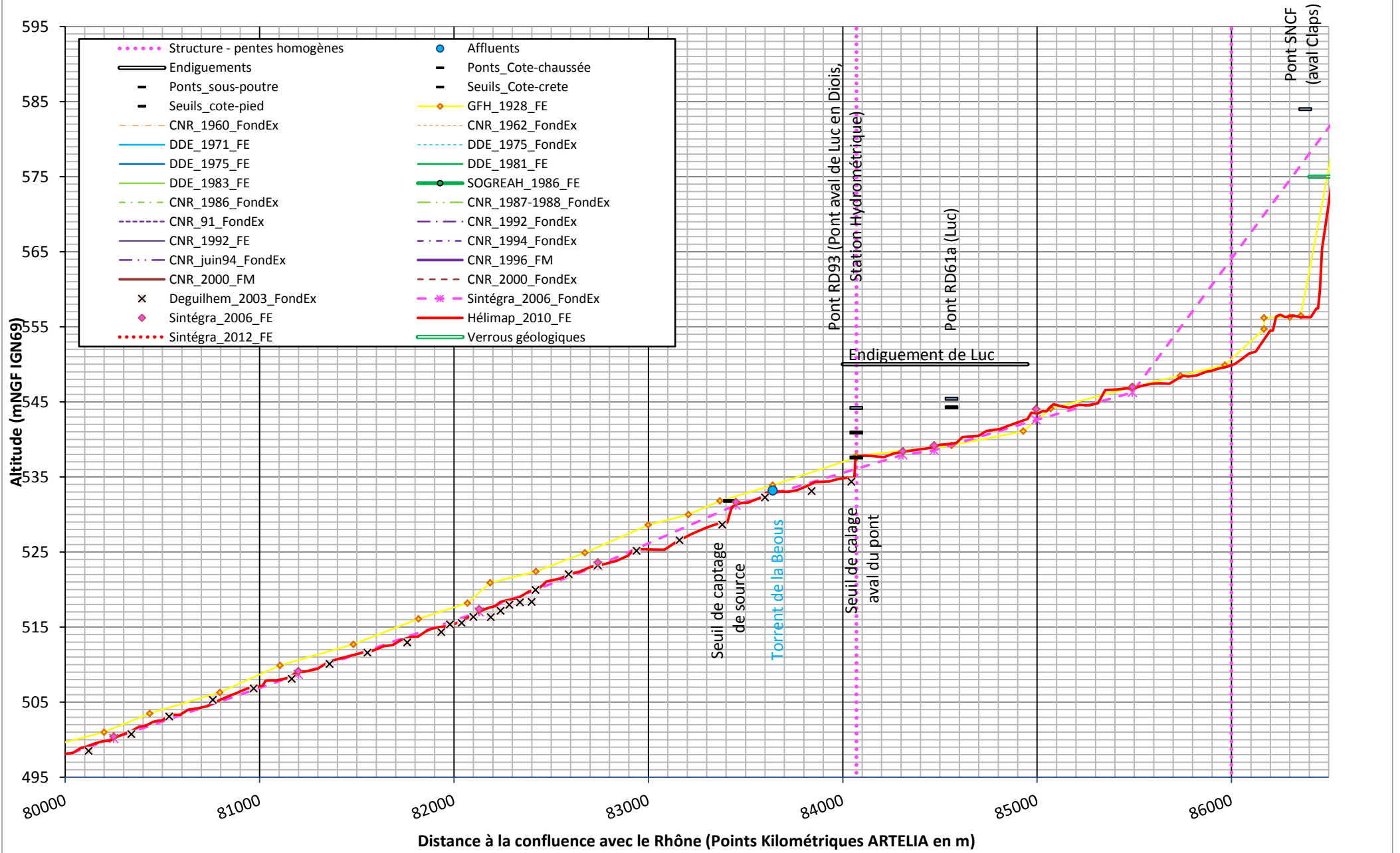
Evolution du profil en long de la Drôme



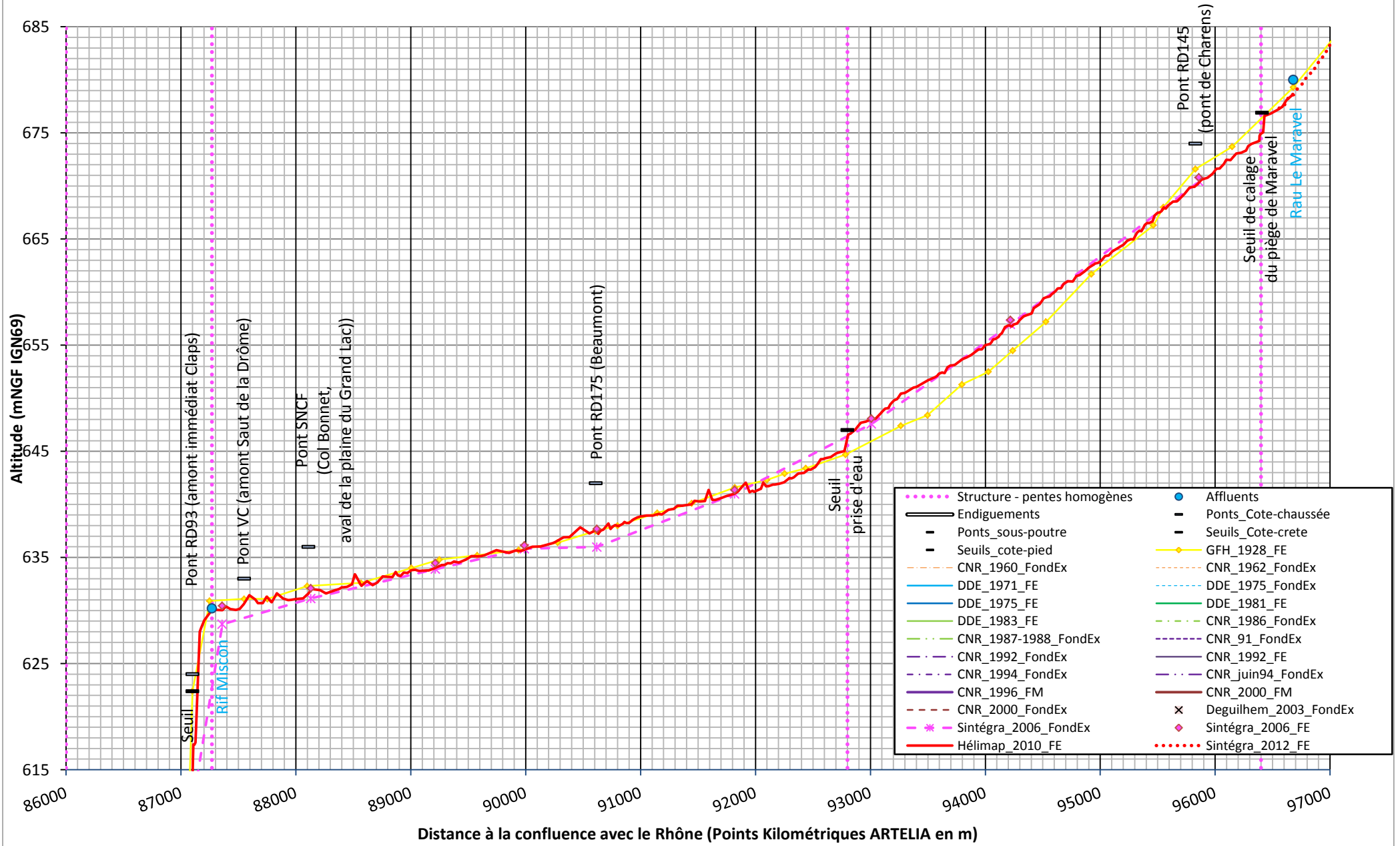
Evolution du profil en long de la Drôme



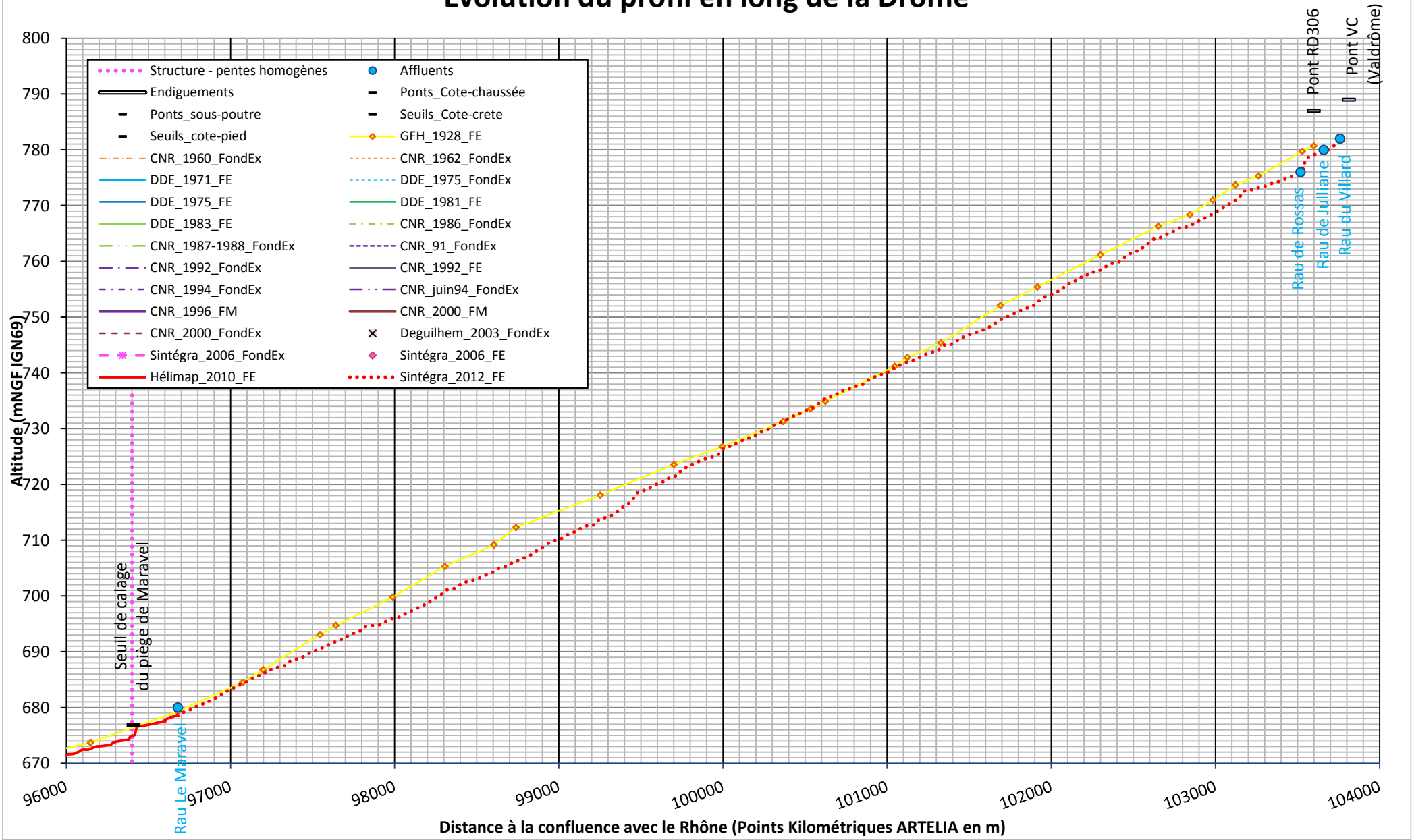
Evolution du profil en long de la Drôme



Evolution du profil en long de la Drôme



Evolution du profil en long de la Drôme





Diplôme : Ingénieur de l'institut supérieur des sciences agronomiques

Spécialité : « Génie de l'environnement »

Spécialisation / option : Sol-Eau-Hydrosystèmes

Enseignant référent : Youssef Fouad

Auteur(s) : Guillaume Storer

Date de naissance* : 08/06 /1987

Organisme d'accueil : Artelia Eau & Environnement

Adresse : 6 rue de Lorraine

34130 ECHIROLLES

Nb pages : 46

Annexe(s) :15

Année de soutenance : 2012

Maître de stage : Aurélie Malbrunot

Titre français : Etude de la géomorphologie de la rivière Drôme : Analyses des évolutions morphologiques et du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau

Titre anglais : Geomorphological diagnosis of the Drôme river: Analysis of morphological change and geomorphological dynamics

Résumé :

La Drôme est une rivière caractérisée par un style fluvial en tresses. Pour comprendre sa géomorphologie, nous proposons une analyse de type historique se basant sur l'étude des évolutions morphologiques passées en lien avec l'histoire du bassin versant. Cette méthode comprend une analyse diachronique cartographique de la bande active, pour mettre en évidence l'évolution de la dynamique latérale du cours d'eau et une analyse diachronique des profils en long. L'association de ces deux analyses montre deux phénomènes morphologiques importants : une érosion régressive associée à une incision généralisée du cours d'eau et une rétraction remarquable de la bande active sur l'ensemble de la rivière. Ces phénomènes trouvent leurs explications dans les actions anthropiques menées sur la rivière et le bassin versant durant le XX^{ème} siècle, les extractions massives de matériaux étant le facteur prédominant. Depuis les vingt dernières années, les extractions ont cessés et la Drôme semble chercher un nouvel équilibre dans ces nouvelles conditions.

Abstract :

The Drôme River is characterized by anastomosing streams. To understand its geomorphology, we propose an analysis based on the study of morphological changes in the past and regarding the watershed history. This method involves a diachronic analysis mapping the active channel to highlight the evolution of the dynamic side of the river and a diachronic analysis of longitudinal profiles. The combination of these two analyzes shows two important morphological phenomena: a regressive erosion inducing a global incision of the river and remarkable shrinkage of the active channel all along the river. These phenomena find their explanation in human actions led on the river and the watershed during the twentieth century, the massive extraction of sediment is the predominant factor. Since the nineties, there is no more sediment extraction and the Drôme river seems to seek a new balance through these new conditions.

Mots-clés :

Morphologie fluviale, rivière en tresses, incision, érosion régressive, analyse diachronique

