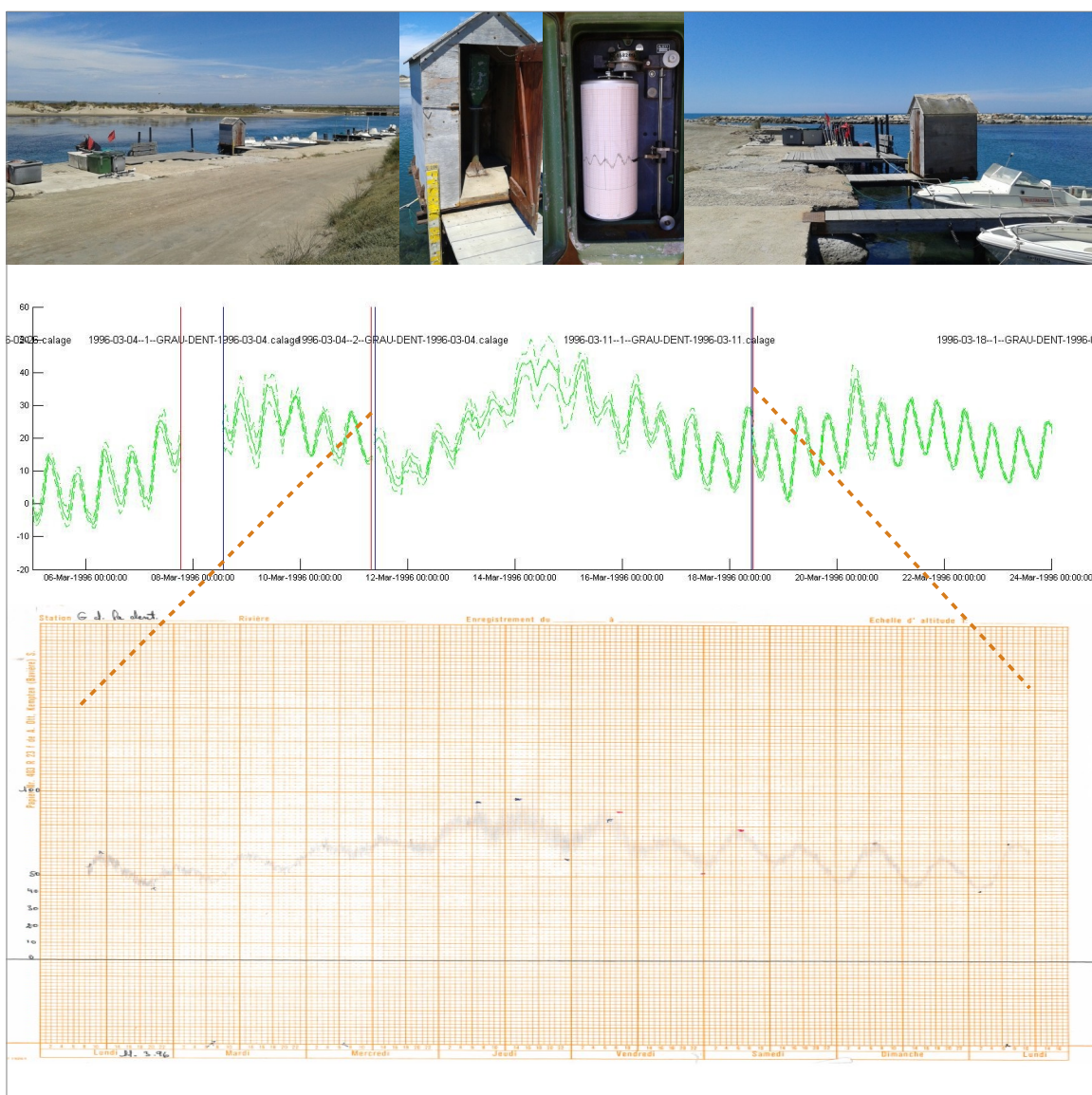


Numérisation des données Grau de la Dent avec NUNIEAU de 1996 à 2015

Janvier 2017



Numérisation des données Grau de la Dent

avec NUNIEAU de 1996 à 2015

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	12/01/2017	

Affaire suivie par

Frédéric PONS - Département Risques Eau Construction – Unité Risque Inondations Littorales et Hydraulique
Tél. : 04 42 24 76 68
Courriel : frederic.pons@cerema.fr
Site de Aix en Provence : Cerema Méditerranée – Pole Activités Les Milles – 30, Avenue Albert Einstein – CS 70499 – 13593 Aix en Provence Cedex 3

Références

maître d'ouvrage : Fondation Tour du Valat (Brigitte Poulin et Olivier Boutron)
Devis devis n° D16MR0004-1 du 19/01/2016 et D16MR0003-1 du 18/01/2016

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Frédéric Pons	4/01/2016	
Avec la participation de	Isabelle Roux		
Contrôlé			
Validé par	Renaud Balaguer	12/01/2016	

Résumé de l'étude :

L'objet de cette prestation a été de numériser les données du marégraphe géré par la Compagnie des salins du midi au Grau de la Dent, petit port entre le grand Rhône et la pointe de Beauduc. Le Cerema Méditerranée (ex CETE Méditerranée) avait avant cette étude déjà numérisé des données de 1960 à 1995 sur ce marégraphe avec le logiciel NUNIEAU. Les données issues de ce travail au format numérique sont disponibles de 1996 à 2015 sauf quelques semaines manquantes (données manquantes, irrécupérables...) et surtout les années 2012 et 2013 non trouvées par la Compagnie des Salins du Midi. Cette période a été plus complexe à numériser, stylet défaillant, nombreux recalages sans indications, dérives de l'appareil et quelques pertes de qualité liées au pliage des feuilles.

En synthèse, ces données sont exploitables pour (1) l'analyse d'événements historiques en particulier les tempêtes, (2) la réalisation d'analyses statistiques sur le niveau marin direct et sur les surcôtes (après vérification de quelques décalages temporels). En revanche, l'analyse de la remontée du niveau marin peut être réalisée avec énormément de précaution. Une analyse des évolutions des tempêtes est par contre envisageable.

SOMMAIRE

1 CONTEXTE.....	5
2 CLASSEMENT ET SCANNAGE DES FEUILLES.....	6
3 CALAGE ET NUMÉRISATION DES FEUILLES.....	6
4 HOMOGÉNÉISATION ET RECALAGE ALTIMÉTRIQUE ET TEMPOREL DE LA SÉRIE	13
4.1 Petits rappels.....	14
4.1.1 1.1 Analyse des surcôtes.....	14
4.1.2 Analyse de la constance des constantes harmoniques de la marée.....	14
4.1.3 Décalage entre la marée prédite et observée.....	15
4.1.4 Fiche descriptive d'observatoire de marée.....	15
4.1.5 Système de contrôle hebdomadaire.....	16
4.1.6 Synthèse des fichiers fournis par série.....	16
4.2 Traitement du Grau de la Dent.....	18
5 SYNTHÈSE.....	21
6 DISCUSSIONS.....	22
7 ANNEXES.....	23
7.1 Extrait du rapport de 2010.....	23
7.2 Graphiques de synthèse de la série de 1960 à 2015.....	27
7.3 Comparaison sur certaines périodes.....	30
7.4 Analyse statistique des extrêmes.....	37
7.5 Rapport de digitalisation.....	38

Illustrations

Illustration 1: Traitement classique - feuille du 14/12/2015.....	7
Illustration 2: Traitement complexe - feuille du 15/04/1996.....	8
Illustration 3: Feuille initiale du 15/3/1999.....	9
Illustration 4: Feuille durant le traitement du 15/3/1999.....	9
Illustration 5: traitement très complexe du 15/3/1999.....	10
Illustration 6: Vérification des points de calage.....	11
Illustration 7: Fiche Numérisation 013200---GRAU-DE-LA-DENT de 1996 à 2015.....	12
Illustration 8: Fiche synthétique de 013200--Grau de la dent.....	19
Illustration 9: Fiche Numérisation de 013200 Grau de la Dent (1960- 1995).....	25
Illustration 10: Fiche synthétique du 013200---Grau de la Dent (1960-1995).....	26
Illustration 11: Fiche Numérisation de 013200 Grau de la Dent (1960- 2015).....	27
Illustration 12: Fiche synthétique du 013200---Grau de la Dent (1960-2015).....	28
Illustration 13: Nombre de jour et écart moyen 013200---Grau de la Dent (1960-2015).....	29
Illustration 14: Comparaison début Novembre 1997.....	31
Illustration 15: Comparaison Décembre 1997.....	32
Illustration 16: Comparaison Décembre 2003.....	33

Illustration 17: Comparaison Avril 2004.....	34
Illustration 18: Comparaison Janvier 2008.....	35
Illustration 19: Comparaison Décembre 2008.....	36
Illustration 20: Analyse statistique des extrêmes sur la série complète du Grau de la Dent	37

1 Contexte

Le Cerema Méditerranée (ex-CETE Méditerranée) s'est fortement investi sur la récupération de données historiques et essentielles pour les travaux sur les risques littoraux.

De nombreuses séries marégraphiques ont été sauvegardées au travers de commande pour la DREAL Occitanie (ex Languedoc-Roussillon), la DDTM13 (ex DDE13). Le Cerema s'appuie sur le logiciel NUNIEAU développé spécifiquement pour ce traitement, disponible sur <http://www.mediterranee.cerema.fr/logiciel-de-numerisation-des-enregistrements-r57.html> et étant une référence sur les sujets de data rescue pour les marégrammes, limnigrammes et pluviogrammes.

Le travail réalisé pour la période 1996-2015 suit exactement la même logique que les travaux précédents menés sur ce territoire :

- Digitalisation de signaux marins ou d'étangs du Golfe du Lion ; Marégraphes gérés par le SMNLR, la CSME, le PAM et la SNPN-RNC (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, avr. 2007.- 80 p., tabl., schémas).
- Élaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions Marines en Camargue ; État des lieux des données existantes - Avril 2007 (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, avr. 2007.- 81 p., ann., tabl., phot., cartes, bibliogr. 2007).
- Digitalisation de signaux marins ou d'étangs du Golfe du Lion ; Marégraphes gérés par le SMNLR, la CSME, le GPMM et la SNPN-RNC ; Suite du Rapport d'Avril 2007 ;Version Novembre 2008 (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, avr. 2007.- 80 p., tabl., schémas).
- Élaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions Marines en Camargue. Acquisition de données supplémentaires (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, avr. 2010.- 27 p., tabl., cartes 2010).
- Traitement des séries marégraphiques du Golfe du Lion. Partie Homogénéisation - Recalage temporel (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, juill. 2010.- 122 p., graph., bibliogr.).
- Analyse historique des séries marégraphiques du Golfe du Lion. Tempêtes - Crues - Raz de marée - Tsunamis et remontée du niveau marin (Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, juill. 2010.- 20 p., ann., graph.).

Le travail sur cette partie de la série du Grau de la dent a suivi le schéma suivant :

- Classement chronologique des feuilles
- Scannage des feuilles
- Calage et numérisation des feuilles
- Homogénéisation et recalage altimétrique et temporel de la série

Le calage, la numérisation, l'homogénéisation et le recalage temporel et altimétrique ont souvent été réalisés en comparant avec des séries existantes (Sète, Marseille, Fourcade Sud et Fos sur Mer).

De Mars 2006 à octobre 2007, aucune série de comparaison n'était disponible.

Ce travail n'est pas linéaire mais de nombreux aller-retours ont été nécessaires, par

exemple, des dates écrites sur les feuilles étaient fausses et le Cerema a donc changé la date des feuilles.

2 Classement et scannage des feuilles

Les feuilles ont été classées manuellement en regardant la continuité d'une semaine à l'autre.

Le scannage des feuilles a été effectué avec une qualité de 200 dpi en tif et principalement en couleur.

Durant certaines périodes, la Compagnie des Salins du Midi a utilisé des photocopies pour le support. Durant ces périodes, le scannage s'est effectué parfois en Noir et Blanc. Pour des optimisations de récupérations, des feuilles en Noir et Blanc ont été scannées en couleurs.

Au total :

- 925 feuilles ont été scannées avec une date associée
 - dont 93 avec un support en noir et blanc
- 2 feuilles ont été scannées mais les dates ne sont pas indiquées ou fausses

Chaque feuille est une feuille hebdomadaire.

3 Calage et numérisation des feuilles

Les feuilles ont été calées assez classiquement avec NUNIEAU et ensuite numérisées.

Au total sur les 925 feuilles, il y a eu 1165 fichiers de calage, c'est à dire qu'une même feuille a fait l'objet de plusieurs calages. Plusieurs calages sont nécessaires quand la feuille a plusieurs semaines. Dans le cas de cette série, c'était souvent dû à des sauts à l'intérieur d'une semaine.

Une dizaine de fichiers de calage ont été réalisés sur des images mais sans récupération des données¹.

NUNIEAU se base principalement sur la reconnaissance de couleur. Cependant, dans certains cas, il est nécessaire de réaliser une digitalisation manuelle quand le signal est trop faible.

Parmi les principaux points problématiques, nous pouvons signaler :

- quelques pliures assez importantes qui ont été notées dans les commentaires de chaque fichier de calage
- des pliures au milieu de la feuille liées au stockage peu visibles mais pouvant créer des décalages.

Les exemples ci-dessous montrent les principes utilisés allant du traitement classique au traitement complexe.

¹ GRAU-DENT-1997-01-27.tif, GRAU-DENT-1997-02-03.tif, GRAU-DENT-1997-02-10.tif, GRAU-DENT-1997-02-17.tif, GRAU-DENT-1997-02-24.tif, GRAU-DENT-1997-03-03.tif, GRAU-DENT-2002-08-26.tif, GRAU-DENT-2003-12-08.tif, GRAU-DENT-2003-12-15.tif, GRAU-DENT-2003-12-22.tif, GRAU-DENT-2003-12-29.tif, GRAU-DENT-2004-01-26.tif, GRAU-DENT-2004-10-25.tif, GRAU-DENT-2006-10-30.tif

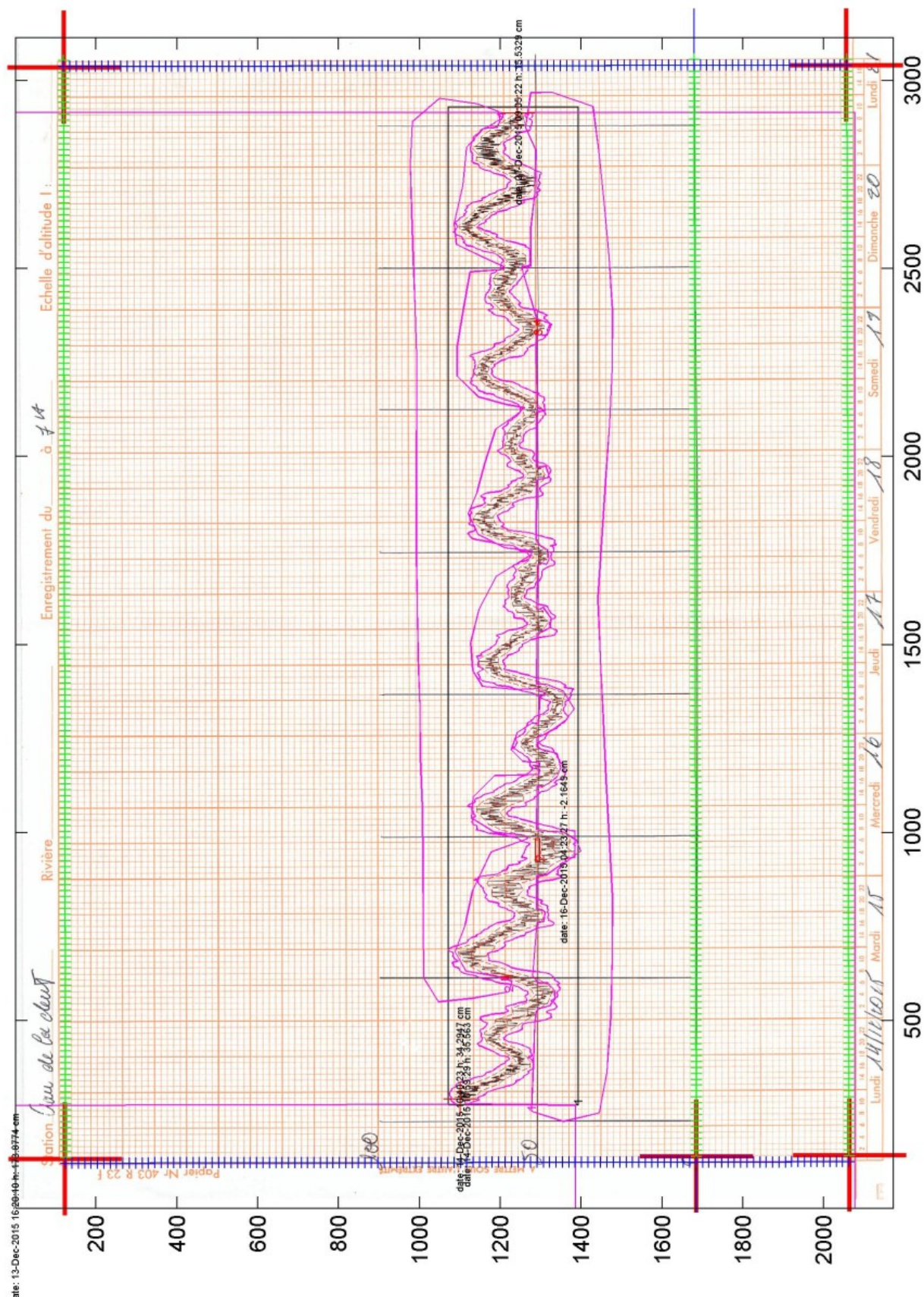


Illustration 1: Traitement classique - feuille du 14/12/2015

Cette feuille a été calée (5 croix rouge, les dates réelles et la relation taille des carreaux altimétrie-temps). Un pré-nettoyage a été effectué avec des polygones à supprimer manuelles puis automatique (magenta). Le stylet en noir bien visible dans ce cas est entouré de quelques lignes en pointillées qui sont le résultat final (max, min, barycentre).

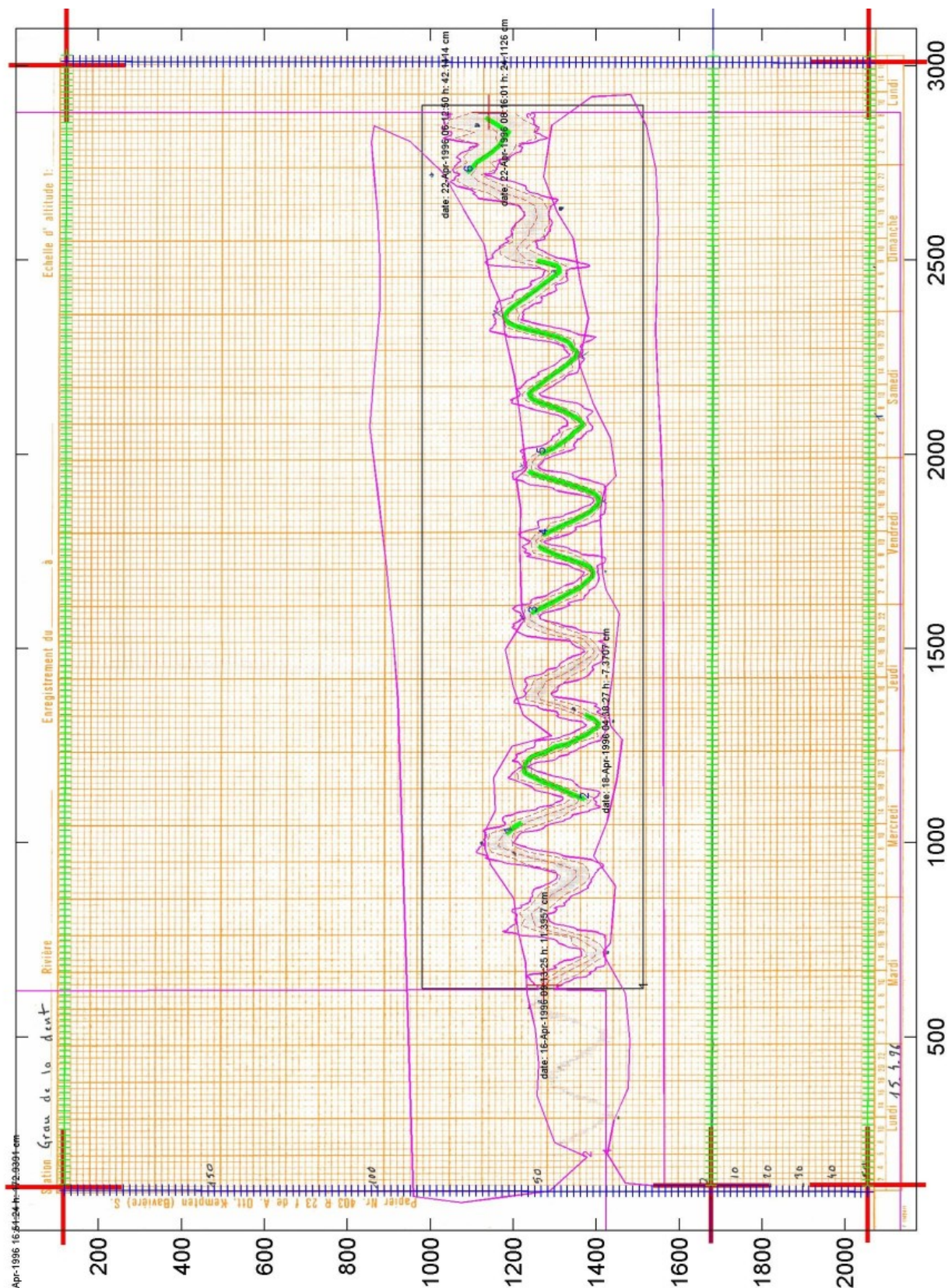


Illustration 2: Traitement complexe - feuille du 15/04/1996

Le même principe que précédemment est appliquée sauf que des portions de signal ne peuvent pas être récupérées automatiquement (stylet trop faible). Des polygones manuelles à gardées sont ajoutées (en vert). Cet exemple montre 2 signaux distincts. Le début du signal n'est pas traité dans le même fichier de calage (besoin d'injecter un décalage en temps ou en hauteur).

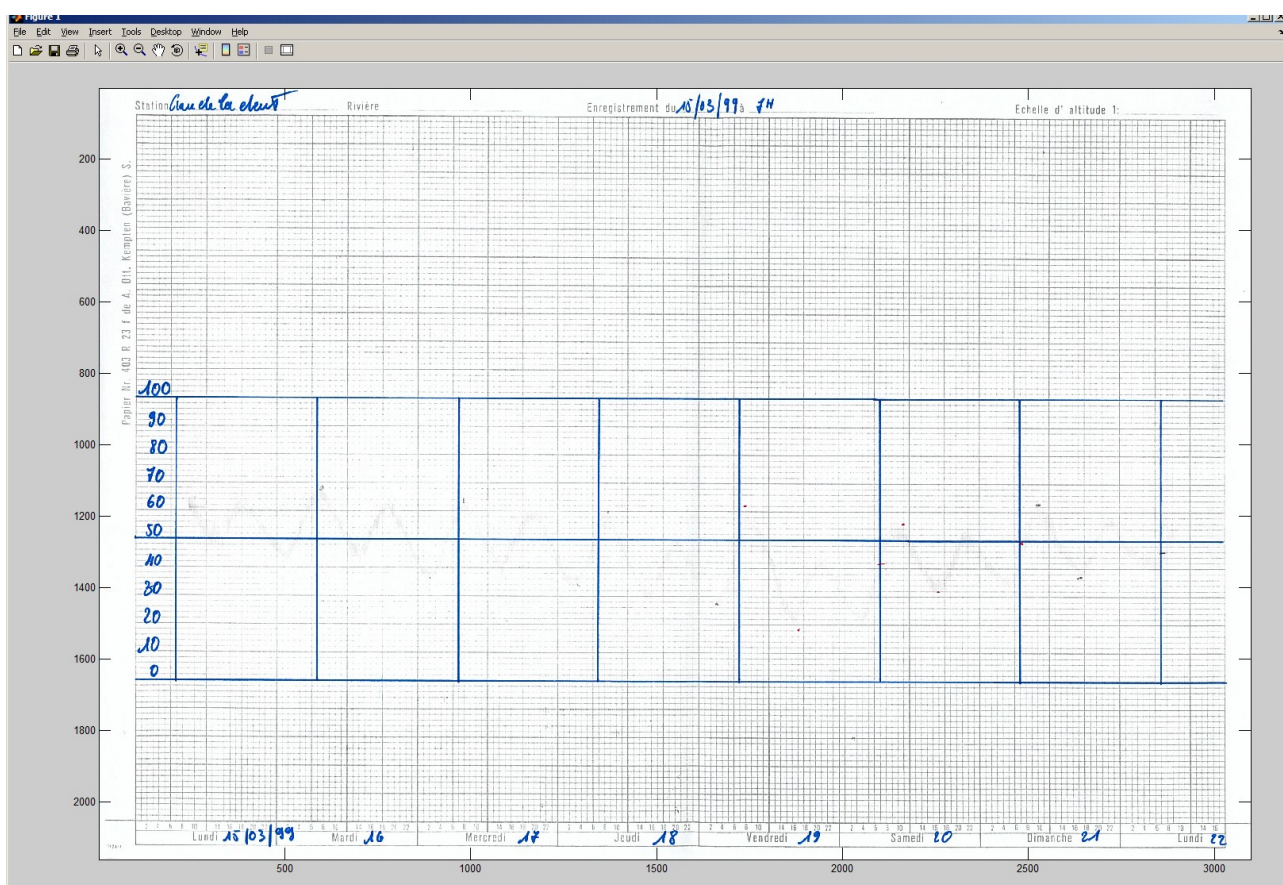


Illustration 3: Feuille initiale du 15/3/1999

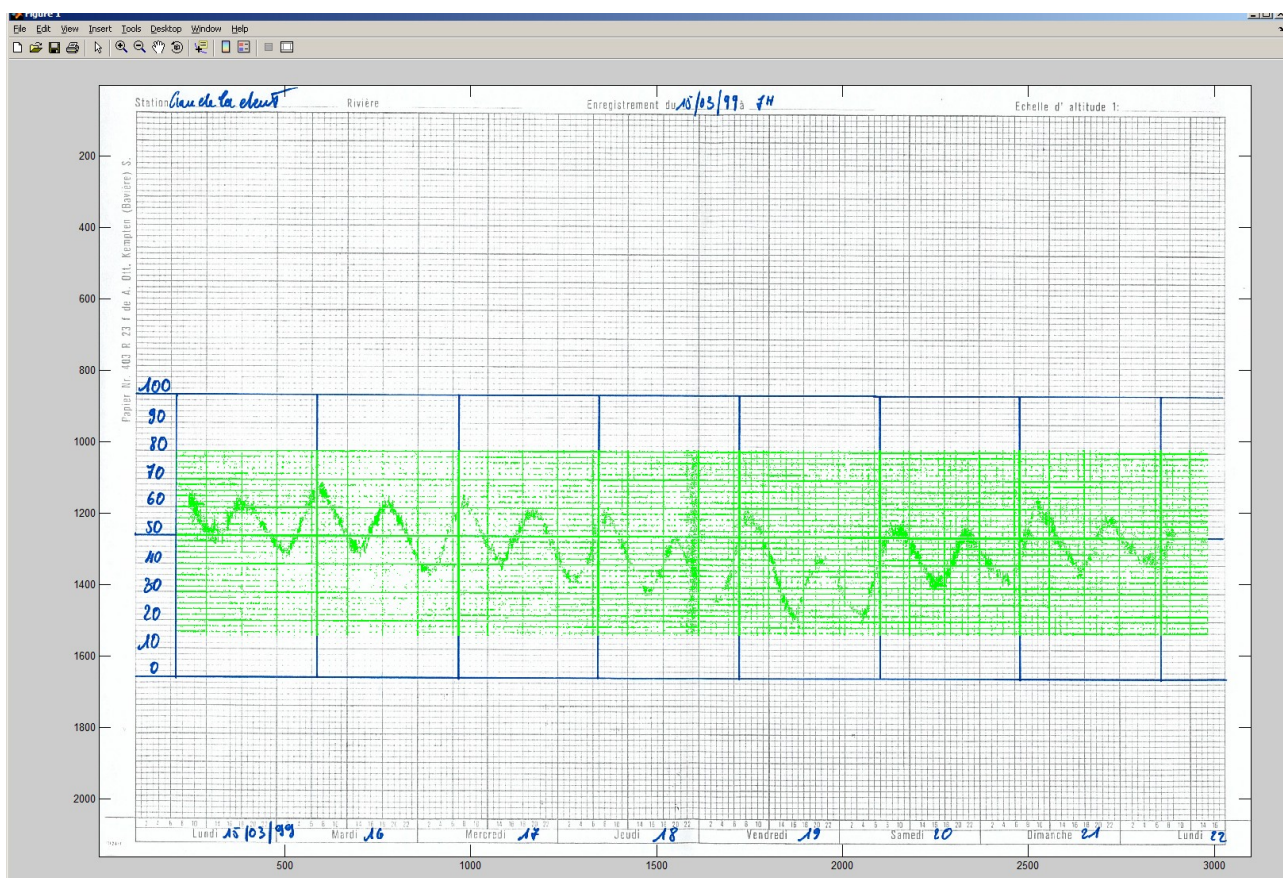


Illustration 4: Feuille durant le traitement du 15/3/1999

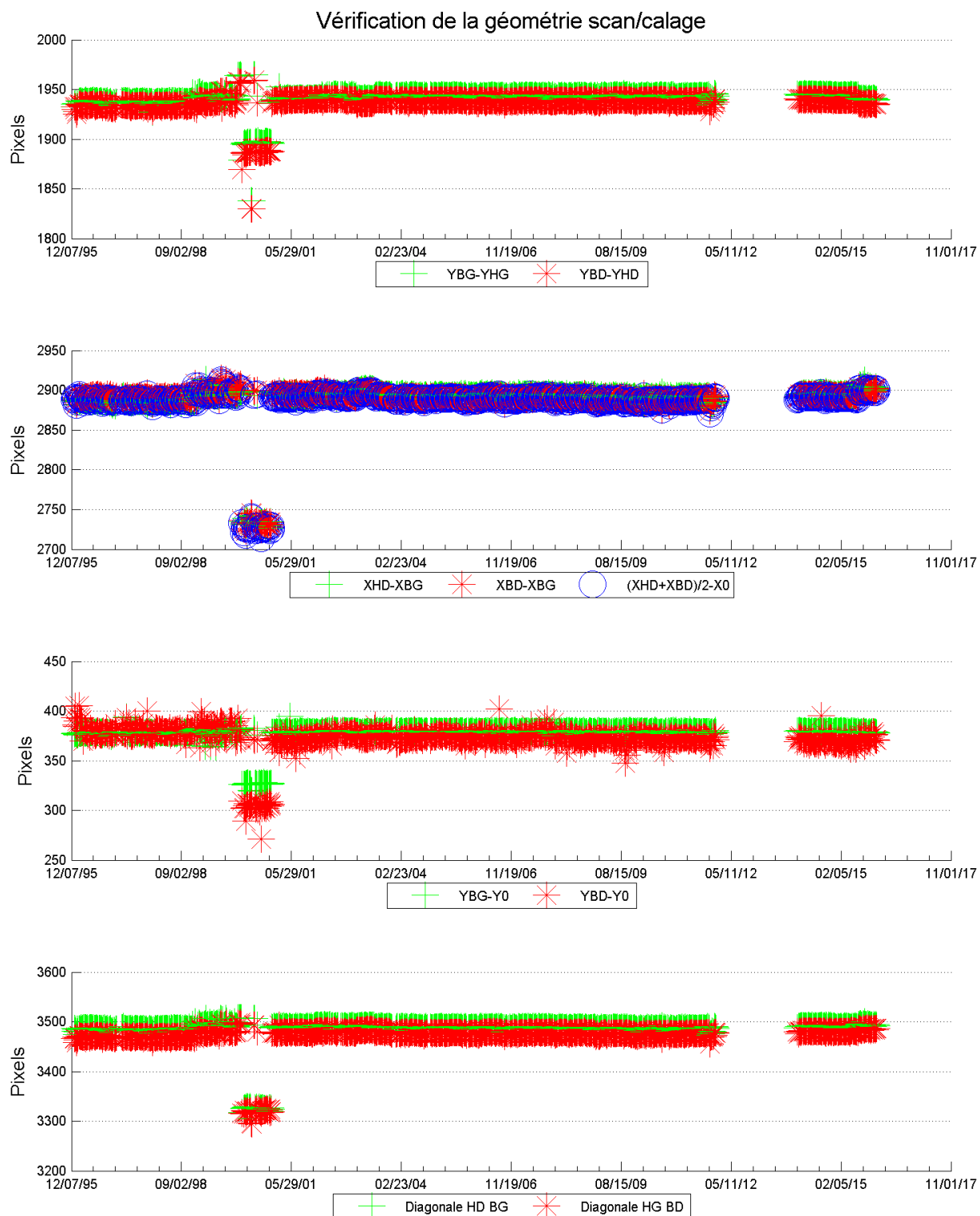


Illustration 6: Vérification des points de calage

L'image ci-dessus montre le positionnement des points de calage de l'ensemble des feuilles de la série. Les feuilles étant quasi identiques, les écarts entre les points de calage doivent être les mêmes. La période qui ressort est la période des supports photocopiés noir et blanc.

Fiche Numérisation: 013200---GRAU-DE-LA-DENT-2017-01-03

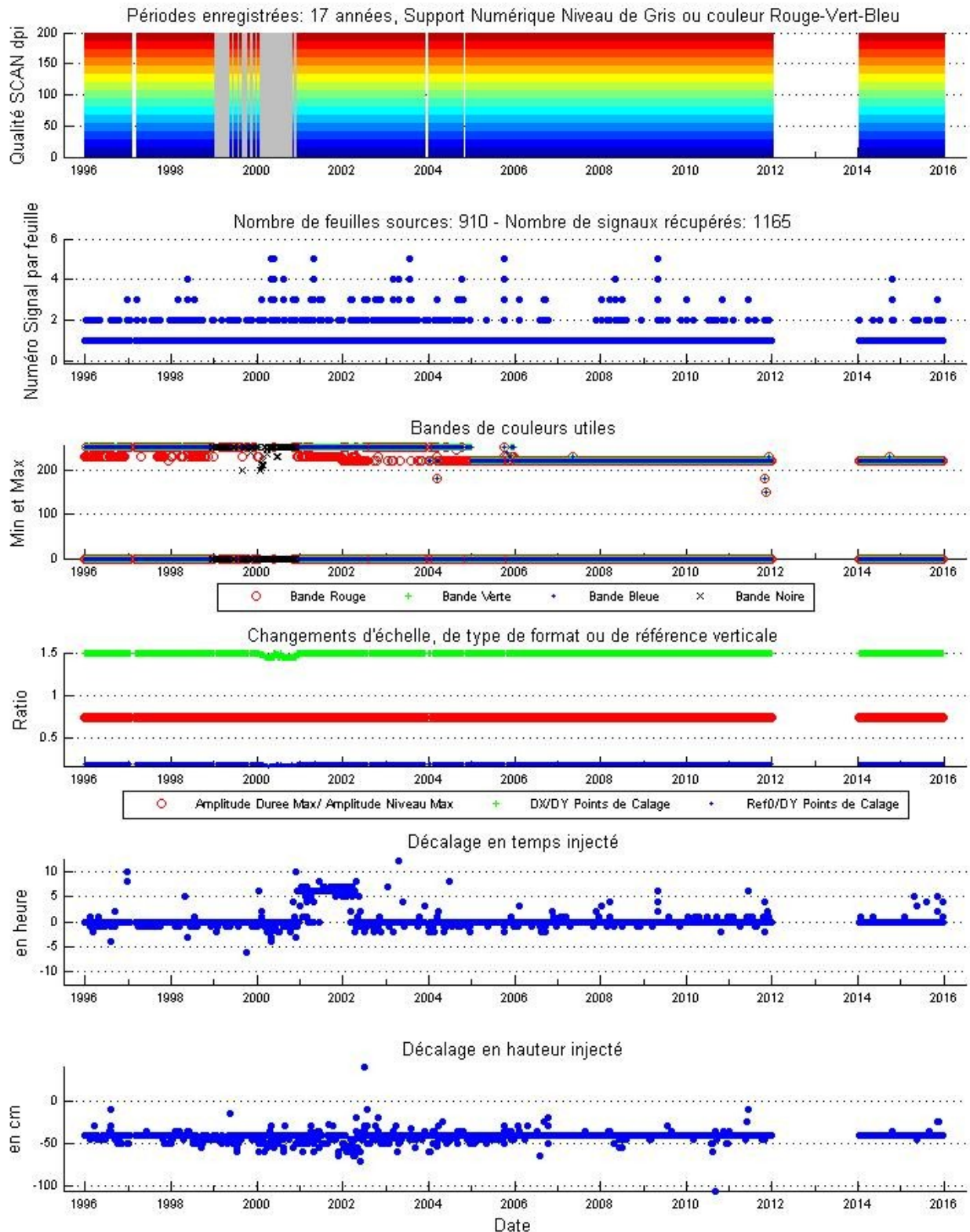


Illustration 7: Fiche Numérisation 013200---GRAU-DE-LA-DENT de 1996 à 2015

La fiche d'illustration précédente permet de faire le point sur la numérisation.

- le premier graphique montre les périodes d'enregistrements avec des couleurs si les feuilles ou le travail ont été fait en couleur ou en gris pour les périodes en noir et blanc. L'échelle des ordonnées correspond à la résolution de l'image utilisée.

Comme indiqué précédemment, certaines feuilles initialement en noir et blanc ont été scannées en couleur,

- Le deuxième graphique indique le nombre de feuilles sources (marégrammes), et le nombre de signaux récupérés, c'est à dire que sur une feuille, plusieurs signaux pouvaient être enregistrés. Dans le cas des formats utilisés en Méditerranée, plus le nombre de signaux par feuille augmente, moins le résultat est bon. L'idéal est de n'avoir qu'un signal par feuille. Pour le Grau de la Dent, il n'y a au maximum que 2 tours par feuilles. Les nombreux calages apparaissent sur des feuilles présentant des sauts, interruptions, recalages altimétriques et/ou temporels !
- Les bandes de couleur (troisième graphique) utiles n'ont pas de « meilleure valeur », l'intérêt est de voir s'il y a eu beaucoup de modifications dans les choix, ce qui veut dire que la série a évolué en couleur (...), ce qui peut être une marque de problème (la période avec des supports en photocopie est bien visible),
- Les ratios fournis (quatrième graphique) sont des calculs entre les échelles (...), il est utile de se reporter au logiciel NUNIEAU pour le détail. Le seul intérêt est de voir s'il y a des évolutions. Dans ce cas, la période avec un support photocopié est visible,
- Le cinquième graphique montre le décalage en temps injecté, soit après la première numérisation, soit après l'homogénéisation. Les périodes avec beaucoup de mouvements sont des périodes souvent problématiques (dérives...). Les décalages en temps injectés quand ils sont ponctuels viennent de sauts ponctuels. Les sauts temporels sont injectés en heure et très rarement en 1/2h ! Par contre, sur la période 2001-2002, la feuille était positionnée à 6h au lieu de minuit,
- Le sixième graphique montre le décalage en hauteur injecté, issu du même principe que celui temporel. Dans le cas du Grau de la Dent, un décalage feuille à feuille a pu être injecté (comme pour le temporel) avec des sauts principalement multiples de 5cm sauf quelques exceptions. Un décalage général de -40cm a été injecté, le référencement altimétrique étant en vieux Rhône soit à -40cm du NGF.

4 Homogénéisation et recalage altimétrique et temporel de la série

Pour la validation des données marégraphiques, cinq paramètres ont été analysés :

- Une analyse des surcôtes
- Une analyse de la constance de l'amplitude de la marée avec l'analyse de l'amplitude des constantes harmoniques
- Une analyse de la référence temporelle avec la constance de la phase des constantes harmoniques et le décalage entre composante semi-diurne journalière prédites et mesurées.

Ces travaux sont intégrés dans NUNIEAU avec le logiciel MAS du SHOM.

Dans le cadre de la mise à disposition du logiciel MAS du SHOM, il est convenu de rappeler la mention obligatoire ci-dessous inscrite dans la convention :

« Avertissement » : Aucun service hydrographique officiel n'a vérifié les informations contenues dans ce document et ne peut être tenu responsable de la fidélité de leur

reproduction ou de toute modification ultérieure. La possession de ce document n'exonère pas de l'obligation d'utiliser les documents nautiques appropriés prévus par les règlements nationaux ou internationaux. »

4.1 Petits rappels

Les éléments ci-dessous sont extraits du rapport Traitement des séries marégraphiques du Golfe du Lion

4.1.1 1.1 Analyse des surcôtes

Une analyse des niveaux marins consiste à extraire la marée des enregistrements de niveaux marins. Ce travail est facilement réalisable à partir du logiciel de marée du SHOM.

Beaucoup de travaux de recalage des séries se font par l'étude de ces surcôtes mais nous l'avons peu utilisé car l'objectif est de modifier les données brutes uniquement quand nous sommes sûrs de la modification.

L'analyse de ces surcôtes permet de voir des décalages temporels quand par exemple des oscillations de marée sont encore présentes dans le signal.

Elle permet aussi de voir certains sauts altimétriques.

Pour chaque série, un fichier se nommant « Signal-MAR- + nom de la série + shom ou legos.txt » sera fourni au maître d'ouvrage. Il contient le niveau marin utilisé pour le calcul, la marée prédite à partir des données de niveaux marins et la surcôte calculée.

4.1.2 Analyse de la constance des constantes harmoniques de la marée

Le niveau marin de la mer a deux composantes principales :

- la marée astronomique
- les effets météorologiques (surcôtes-décôtes)

auxquels d'autres facteurs peuvent être indiqués en fonction des pas de temps d'étude du niveaux marins (houle – seiches – tsunamis...)

La marée astronomique est une somme de nombreuses composantes harmoniques. On en dénombre plus de mille. Dans nos calculs, le logiciel du SHOM en utilise plus fonction de la durée de l'échantillon étudié (en gros 50 à 100).

Les huit composantes principales de la marée sont les suivantes : K1, K2, M2, N2, O1, P1, Q1, S2. Les quatre composantes principales sont les suivantes : M2, S2, O1, K1. La composante M2 (semi-diurne lunaire) est la composante principale de la marée en Méditerranée.

Ces composantes peuvent être considérées comme constantes dans le temps même si elles évoluent légèrement (Pouvreau 2006). Dans le cas de nos données méditerranéennes, avec une faible amplitude de marée et des marégrammes historiques de qualité médiocre à moyenne, elles seront considérées comme constantes.

Le travail sur les constantes de marée s'est effectué sur les 4 composantes principales mais seul la composante M2 sera présentée dans le rapport, les autres composantes

étant trop faibles dans le signal.

Pour chaque série, un fichier se nommant « Signal-CSTE- + nom de la série + Durée échantillon-Pas balayage+ shoms.txt » sera fourni au maître d'ouvrage.

La durée de l'échantillon correspond à la durée sur laquelle s'effectue le calcul des constantes harmoniques.

Le pas de balayage correspond au déplacement du début de l'échantillon.

Dans le travail effectué, deux binômes ont été choisis, à savoir un calcul sur un échantillon de 60j avec un décalage de 7 jours et un calcul sur un échantillon de 365j avec un décalage de 15j.

L'objectif de ces deux binômes est de voir s'il y a des oscillations importantes ou ponctuelles des séries et de faire sortir du lot des périodes à problèmes pour les analyser, les modifier ou juste les connaître. La période de 2 mois peut être considérée comme faible par les spécialistes du sujet mais elle est toujours comparée avec celle sur une année. L'objectif sur les séries traitées est de diminuer ces oscillations dues à des erreurs de numérisations ou à la donnée brute.

4.1.3 Décalage entre la marée prédite et observée

Le logiciel MAS permet de calculer chaque jour la différence entre la marée prédite et observée basée sur la différence de la phase semi-diurne.

Pour chaque série, un fichier se nommant « Signal-MAS- + nom de la série + .txt » sera fourni au maître d'ouvrage. Il fournit :

- l'écart-type
- l'écart max
- l'écart moyen
- le décalage horaire
- l'écart d'amplitude

entre la marée prédite et la mesure sur les ondes semi-diurnes.

Ce travail a pour principal objet de connaître le décalage temporel jour par jour. Il peut s'apparenter au travail réalisé sur la phase des composantes harmoniques mais est légèrement différent car nous réalisons cette différence en prenant en compte la durée complète de la série de données.

Le travail sur les hauteurs (écarts) est plus délicat dans le cas des données méditerranéennes l'amplitude de la marée étant relativement faible par rapport aux effets météorologiques, il n'est pas vraiment possible d'analyser ces problèmes.

4.1.4 Fiche descriptive d'observatoire de marée

Le suivi du niveau marin doit faire l'objet de suivi régulier du nivellement de l'appareil de mesure et de la continuité de la mesure lors des divers changements d'appareil.

Pour cela, le SHOM réalise des fiches descriptives d'observatoire de marée de manière plus ou moins régulière qui permettent de voir si la station de mesure reste sur une référence altimétrique constante.

Nous ne nous sommes pas appuyés sur ce type de fiche sur la station du Grau de la Dent

sauf pour bien évaluer le décalage de référentiel « Vieux Rhône » et « Ngf » de 40 cm.

4.1.5 Système de contrôle hebdomadaire

Lors de la pose ou du retrait des feuilles, l'état de l'art demande de noter l'heure et la hauteur à l'aide d'un autre support que la marégraphe (heure à la montre et hauteur à une échelle proche). Ces éléments n'étaient pas disponibles au Grau de la dent.

4.1.6 Synthèse des fichiers fournis par série

Les fichiers fournis au Grau de la Dent sont :

- les feuilles scannées
- les fichiers de calage
- la numérisation sur ces fiches de calage

Les fichiers agglomérés sont les suivants

Type de données	Nom du fichier	Colonnes	Définition	Intérêt
Signal récupéré avec NUNIEAU	Signal + nom station +.txt	Minimum Barycentre Maximum Moyenne Pixels Qualité	Sur l'intervalle to-dt/2; to+dt/2, est conservé et est affecté à to : - le minimum - le maximum - le barycentre ... - la moyenne entre mini et maxi des pixels récupérés ainsi que le nombre de pixels La qualité est fourni manuellement sans appréciation automatique	La colonne barycentre permet de faire les calculs de marée. La différences entre le min et le max permet de connaître les périodes de seiches Pour le dimensionnement des ouvrages ou les risques, il faut se poser la question de prendre la valeur max et pas le barycentre. La qualité permet à partir d'un certain niveau de travailler plus finement et de décrire par exemple l'élévation locale du niveau marin.
Calcul de la marée et des surcôtes	Signal MAR + nom station+ shom ou legos +txt	Niveau Marée surcôtes	Niveau utilisé pour le calcul de la marée (barycentre ligne précédente) Marée calculée surcôtes/décôtes calculées	Travail sur marée ou surcôtes/décôtes

Calcul des constantes de marée	Signal-CSTE-+ nom station + Dur 060 ou 365 + Pas07 ou 15+ legos ou shoms.txt	Amplitude et phase des composant es : K1, O1, P1, Q1, M2, S2, K2, N2		Visualisation de la constance des phases et principalement de celle de M2 pour voir la qualité de la série.
Calcul des écarts entre les composantes semi-diurnes théoriques et mesurées	Signal-MAS + nom série + txt	écart-type écart max écart moyen décalage horaire écart d'amplitude		Pour les séries méditerranéennes avec des faibles amplitudes de marée, la visualisation des décalages horaires permet de voir si la série est bien calée temporellement
Calcul des niveaux moyens	Signal- 1NMJ ou 2NMM ou 3NMA-+ nom série + txt (J : jour ; M : mois ; A :annuel)	W25, Doodson, Munk, Godin Demerliac	Différents filtres pour le calcul de niveaux moyens	Utilisation du filtre de Demerliac pour les tendances du niveau marin.

4.2 Traitement du Grau de la Dent

A retenir sur 013200---GRAU-DE-LA-DENT

Calage amplitude de marée réalisé

Calage en temps réalisé

Calage en hauteur réalisé

ATTENTION amplitude faible sur une petite période de 2004 mais tempêtes acceptables

Utilisation possible de la série

Données de niveaux marins historiques

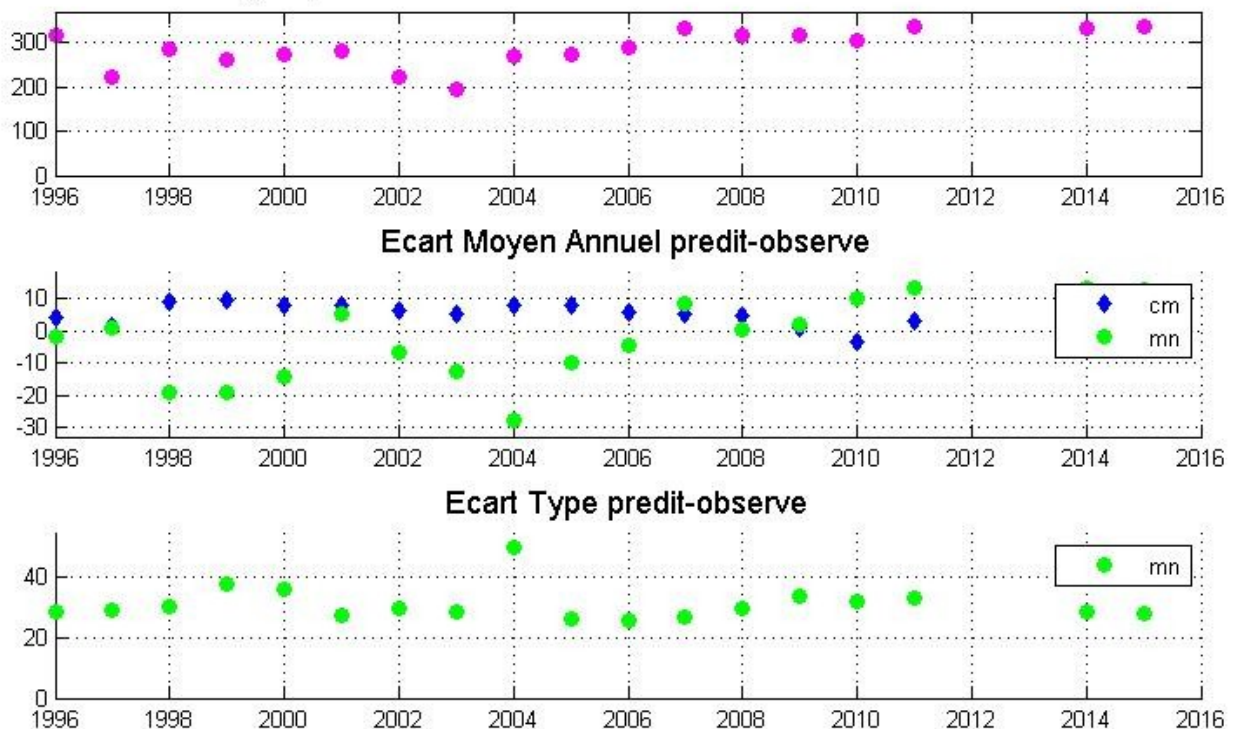
Données de surcôtes historiques (+/- 10cm)

Statistiques de niveaux marins historiques

Statistiques de surcôtes historiques

Utilisable avec très grande précaution pour la remontée du niveau de la mer

Nombre de jour par an: 013200---GRAU-DE-LA-DENT-2017-01-02-60min-TU



Les trois graphiques synthétiques, issus du logiciel MAS, représentent :

- en haut, le nombre de jour enregistré par an, aucune année n'est complète,
- au milieu, les écarts moyens annuels entre les ondes semi-diurnes de la marée prédite et les niveaux d'eau observés. Il y a toujours des écarts en temps, ce qui entraînent une moins bonne analyse de la surcôte. Les données en cm et en mn correspondent respectivement à l'amplitude et à la phase.
- En bas, l'écart-type annuel entre la marée prédite et les niveaux d'eau mesurés montrent les décalages internes à l'année en complément de l'écart moyen. On considère que tout signal est compris entre +/- trois fois son écart-type, ce qui

implique que nous sommes entre +/-1h30-2h en cumulant décalage et écart type. Pour 2004, des écarts sont plus importants, les explications sont données par la suite.

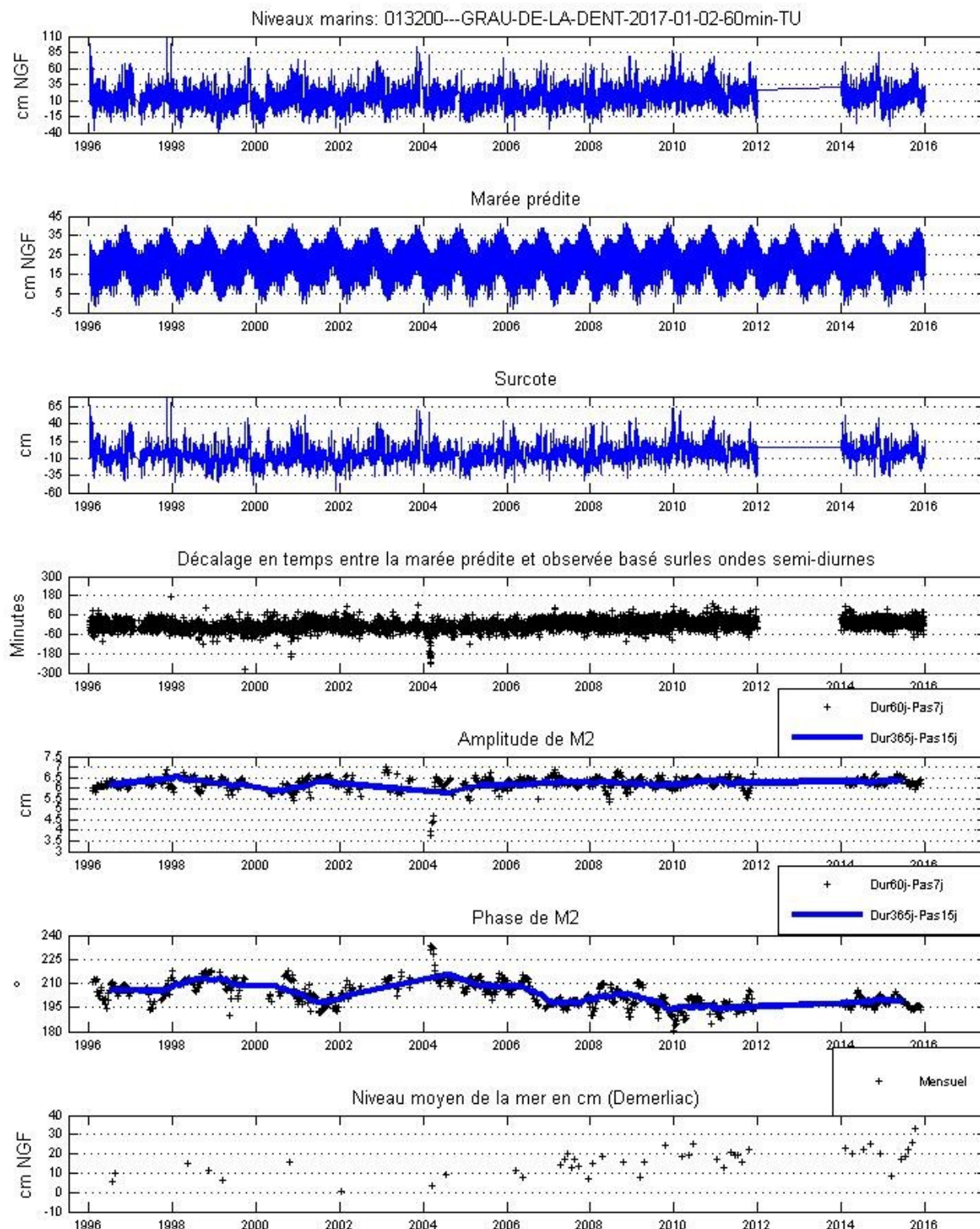


Illustration 8: Fiche synthétique de 013200--Grau de la dent

Les trois premiers graphiques montrent le niveau marin final, la marée prédite et la surcôte, il n'y a rien à dire si ce n'est regarder les valeurs minimales et maximales atteintes.

Le décalage en temps entre la marée prédite et observée permet de voir que globalement, il y a moins de 1h de décalage. On peut noter une période avec des résultats médiocres début 2004 dues probablement à un envasement du puits de tranquillisation. Cependant, une tempête sur cette période est bien représentée (§ 7.3).

L'amplitude de M2 est globalement stable (sauf 2004 voir précédent).

La phase de M2 est moins stable, ce qui montre un moins bon calage en temps. Le calcul de ce graphique avec les heures directes ou en décalant les heures pour suivre les changements d'heure été hiver a permis de voir qu'il était nécessaire d'intégrer les changements été/hiver.

Les calculs sur des durées de 365j et 15j de décalage ont été effectués avec 80 % des données présentes. Sur les études antérieures, 90 % étaient utilisés mais il y avait moins de lacunes dans la série.

Le niveau moyen de la mer n'a pu être calculé sur une année car le nombre de jour est trop faible.

Ces graphiques sont à comparer à ceux en annexe produits en 2010. Ces mêmes graphiques ont été produits sur l'ensemble de la série du Grau de la Dent pour avoir l'ensemble de ces éléments.

5 Synthèse

Le travail réalisé sur les années 1996-2015 a permis d'agrandir la données du Grau de la Dent pour un total de plus de 50 années.

Sur ces années 1996 à 2015, il faut retenir :

- il manque 2012 et 2013
- 2004 a une période avec des problèmes d'envasement
- de mars 2006 à octobre 2007, aucune série de comparaison avec des comportements proches n'était disponible, cette période est plus sujette à caution. La série de Marseille est disponible mais son comportement diffère des séries du Golfe du Lion
- la tempête de début novembre 1997 est peut-être mal estimée.
- des supports étaient en noir et blanc et ces parties sont donc moins fiables
- il a fallu faire de très nombreux calages par feuilles, ce qui est gage de moins bonne qualité que les périodes précédentes
- des dérives temporelles à l'échelle d'une feuille sont visibles mais non améliorables.

L'utilisation possible de la série

- Données de niveaux marins historiques
- Données de surcôtes historiques (+/- 10cm)
- Statistiques de niveaux marins historiques
- Statistiques de surcôtes historiques
- Utilisable avec très grande précaution pour la remontée du niveau de la mer

6 Discussions

Pour aller plus loin, il aurait fallu disposer de données sur des stations moins accessibles que celles sur le site data.shom.fr.

Il serait fort utile de mettre à disposition les stations dans l'ensemble du complexe de la Camargue (plage, étangs) disponibles auprès d'acteurs locaux. Ces données seraient utiles dans des bases de données du SHOM ou du SCHAPI pour progresser sur la compréhension des phénomènes hydrauliques.

7 Annexes

7.1 Extrait du rapport de 2010

Le marégraphe du Grau de la Dent est géré par les Salins de Giraud et se trouve au Grau de la Dent à l'Est de l'embouchure du Grand Rhône et à l'Ouest de la pointe de Beauduc.

Il présente deux périodes disjointes de 1960 à 1983 et 1986 à 1995. Les types de marégrammes sont différents entre les deux périodes. D'autres données sont disponibles jusque dans les années 2000 mais la qualité des données est trop médiocre pour être traitée. Trois années (1976-1978) ont été récupérées avec des photocopies des marégraphes récupérées auprès du Grand Port Maritime de Marseille.

Les éléments cités ci-dessous sont bien visibles dans la fiche synthétique du Grau de la dent.

Cette série ne dispose d'aucune indication en temps ou en hauteur à la pose des feuilles. Cette série semble avoir deux niveaux de référence différents entre la première et la deuxième période. (voir niveau moyen)

Cette série a été bien recalée par comparaison avec Port-Vendres et Sète de 1986 à 1995 (voir décalage en temps et phase). La période antérieure est par contre plus délicate à caler. Des problèmes semble-t-il d'envasement sont présents en début de période (année 1960 à 1970), avec une amplitude relativement faible sur certaines feuilles. Le calage en temps semble globalement correct même si les problèmes d'amplitude peuvent cacher des problèmes en temps. On peut noter ensuite une amélioration.

Des dérives en temps et en hauteur sont encore présentes même à l'intérieur d'une semaine mais pas de manière linéaire donc améliorables. Des recalages en temps ou hauteur étaient courant en milieu de semaine sans aucune indication ce qui entraîne parfois des sauts de la surcôte sur une semaine, sauts totalement arbitraires. Des données plus récentes existent mais quasiment impossible à récupérer.

A retenir sur 013200---GRAU-DE-LA-DENT (1960-1995)

Calage amplitude de marée réalisé

Calage en temps réalisé

Calage en hauteur réalisé sur les périodes communes avec au moins 2 autres séries

ATTENTION amplitude faible sur la première période lié à l'envasement entraînant des minoration de niveaux extrêmes

Utilisation Possible de la série

Données de niveaux marins historiques

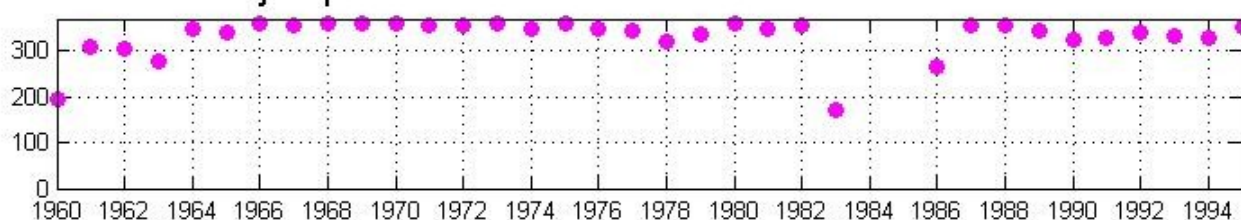
Données de surcôtes historiques (+/- 10cm à partir 1980)

Statistiques de niveaux marins historiques

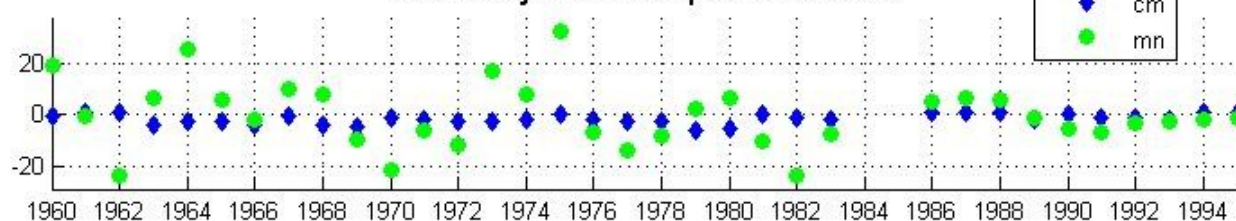
Statistiques de surcôtes historiques

Utilisable avec précaution en 2 morceaux (avant 1980 et après) pour la remontée du niveau de la mer

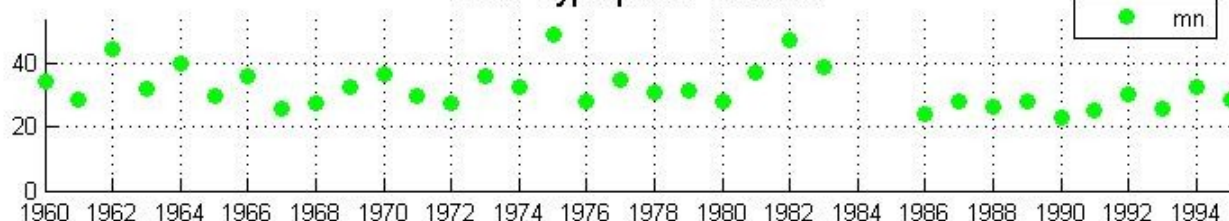
Nombre de jour par an: 013200---GRAU-DE-LA-DENT-2010-04-07-60min-TU



Ecart Moyen Annuel predict-observe



Ecart Type predict-observe



Fiche Numérisation: 013200---GRAU-DE-LA-DENT-2010-04-07

Périodes enregistrées: 32.6 années, Support Numérique Niveau de Gris ou couleur Rouge-Vert-Bleu

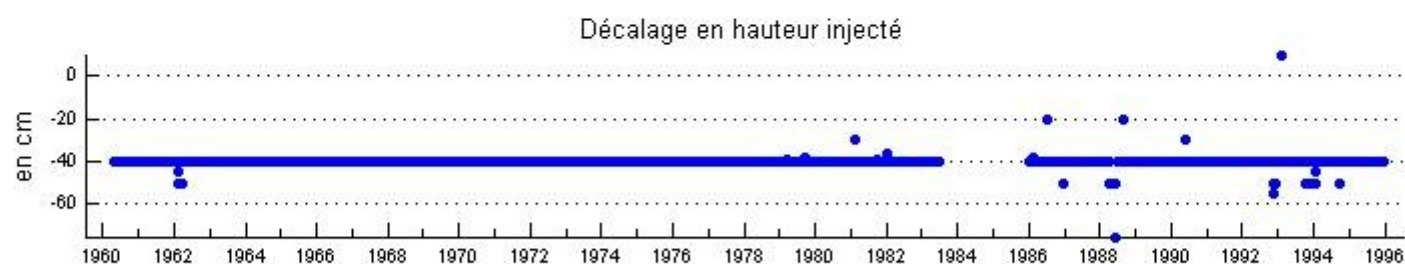
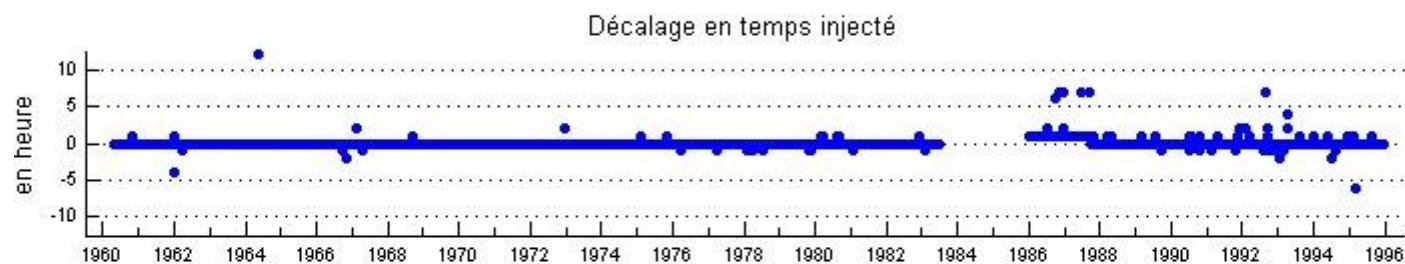
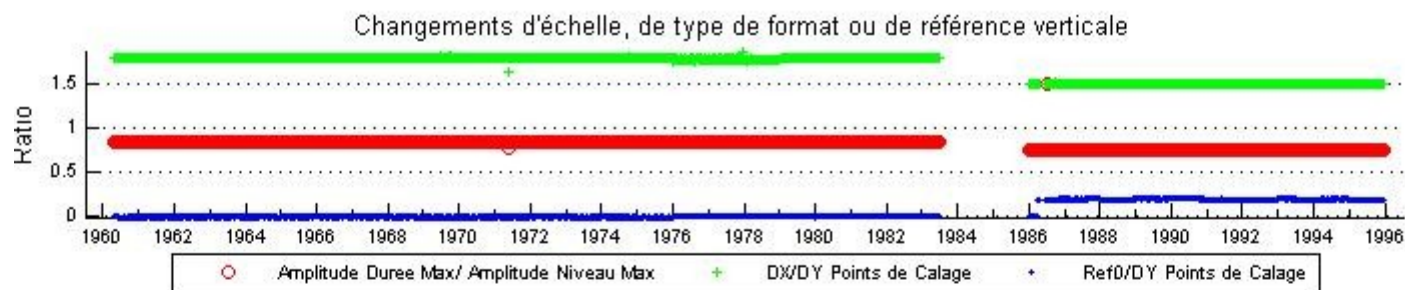
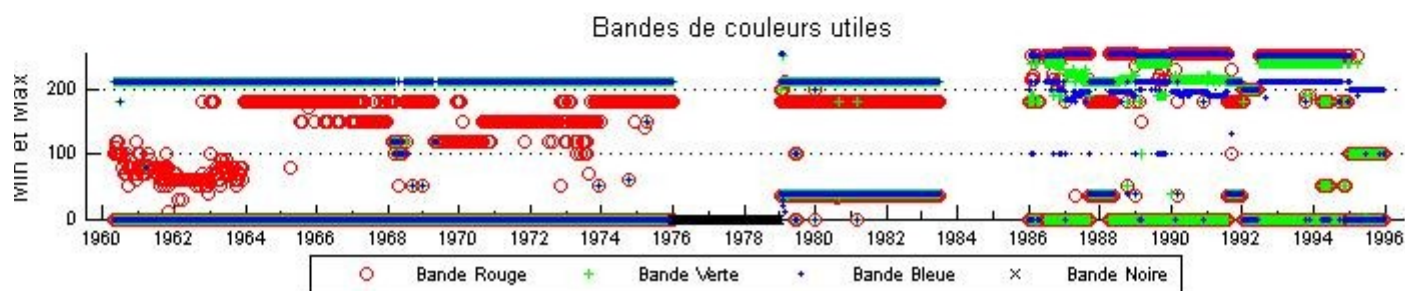
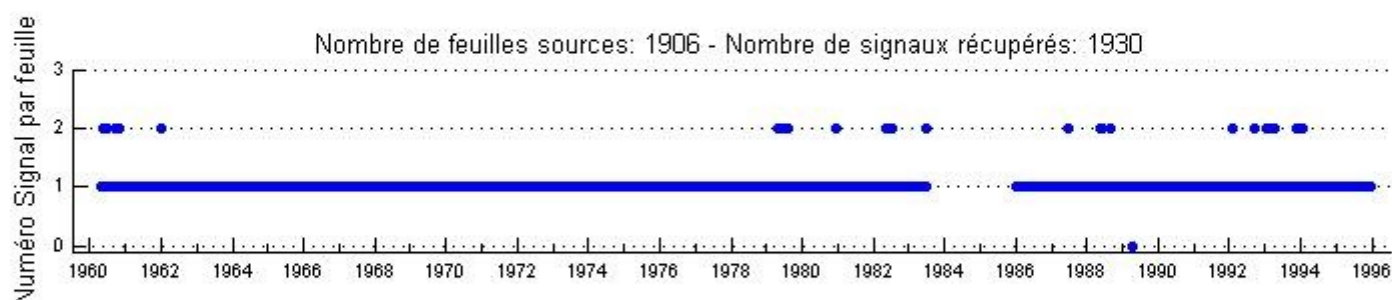
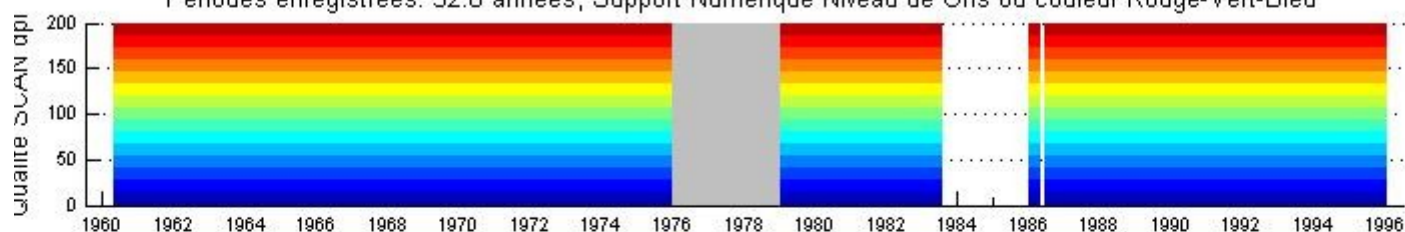


Illustration 9: Fiche Numérisation de 013200 Grau de la Dent (1960- 1995)

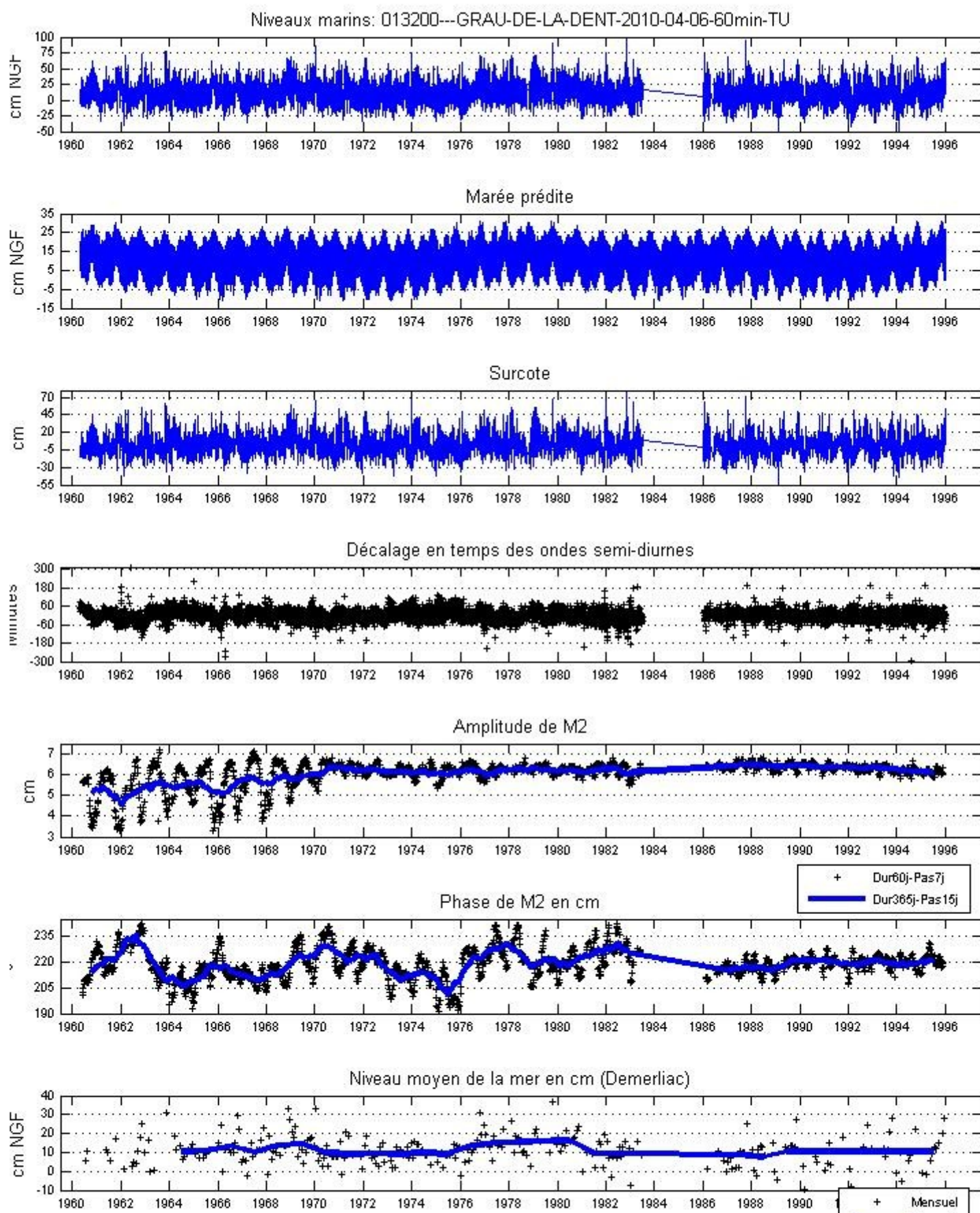


Illustration 10: Fiche synthétique du 013200---Grau de la Dent (1960-1995)

7.2 Graphiques de synthèse de la série de 1960 à 2015

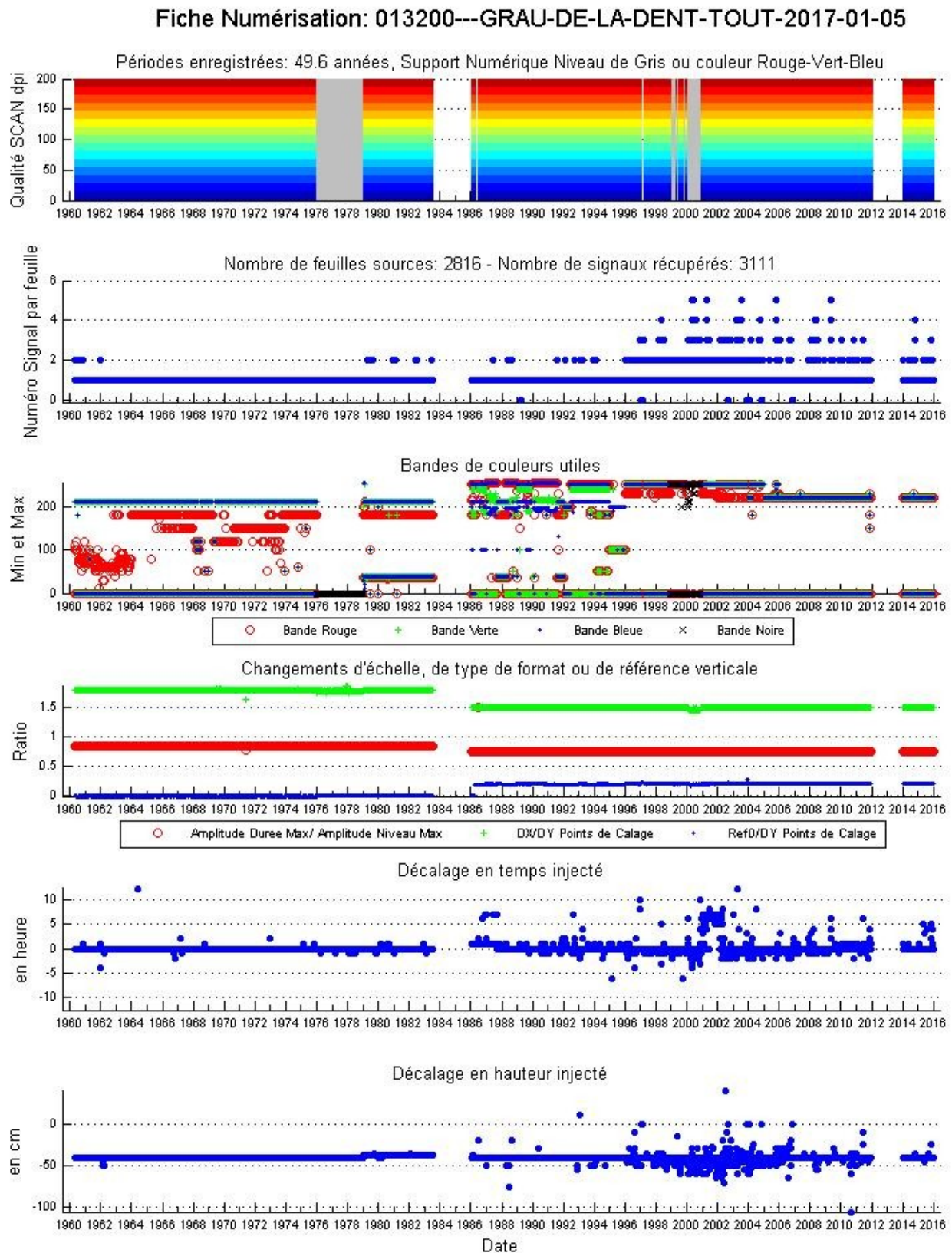


Illustration 11: Fiche Numérisation de 013200 Grau de la Dent (1960- 2015)

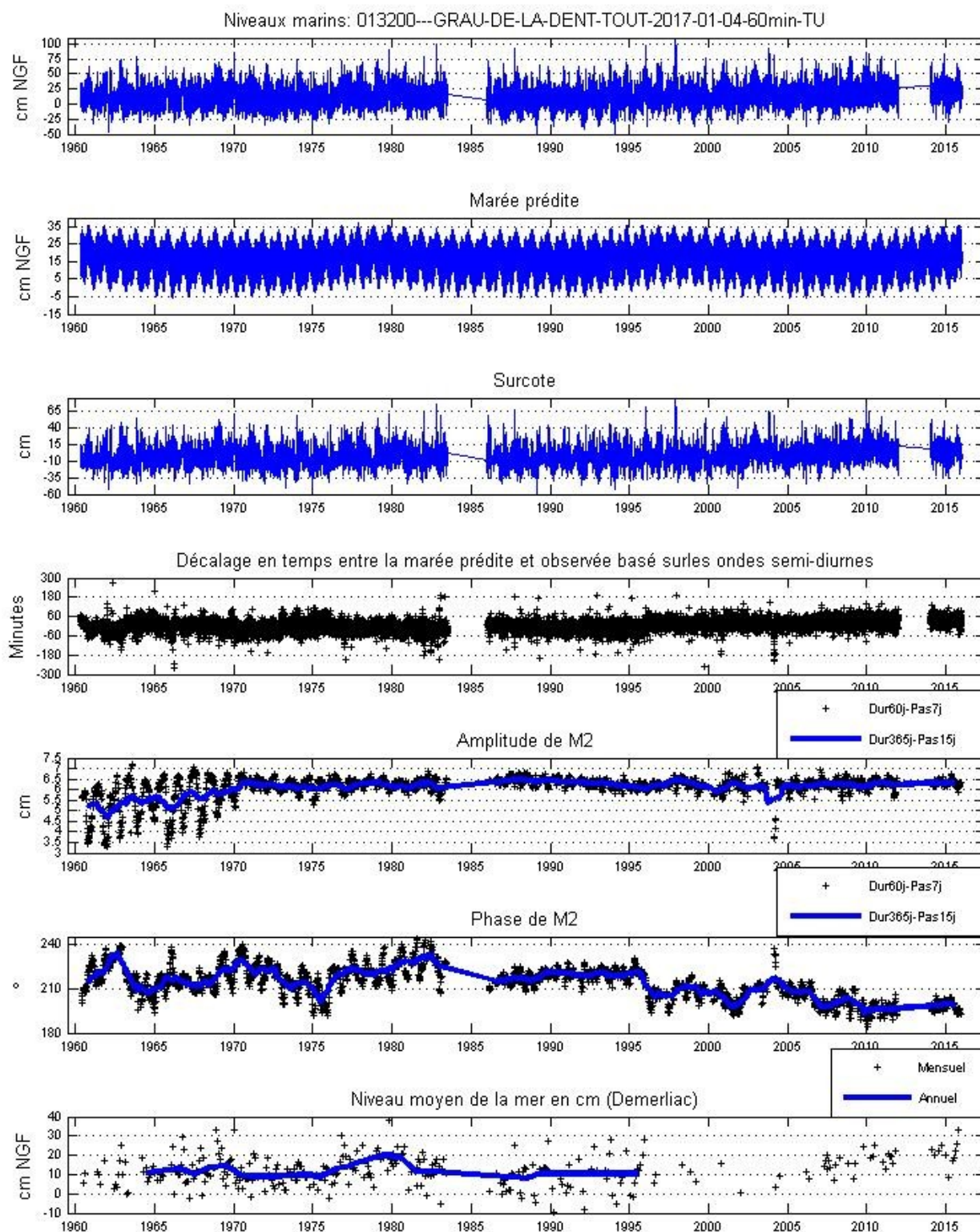


Illustration 12: Fiche synthétique du 013200---Grau de la Dent (1960-2015)

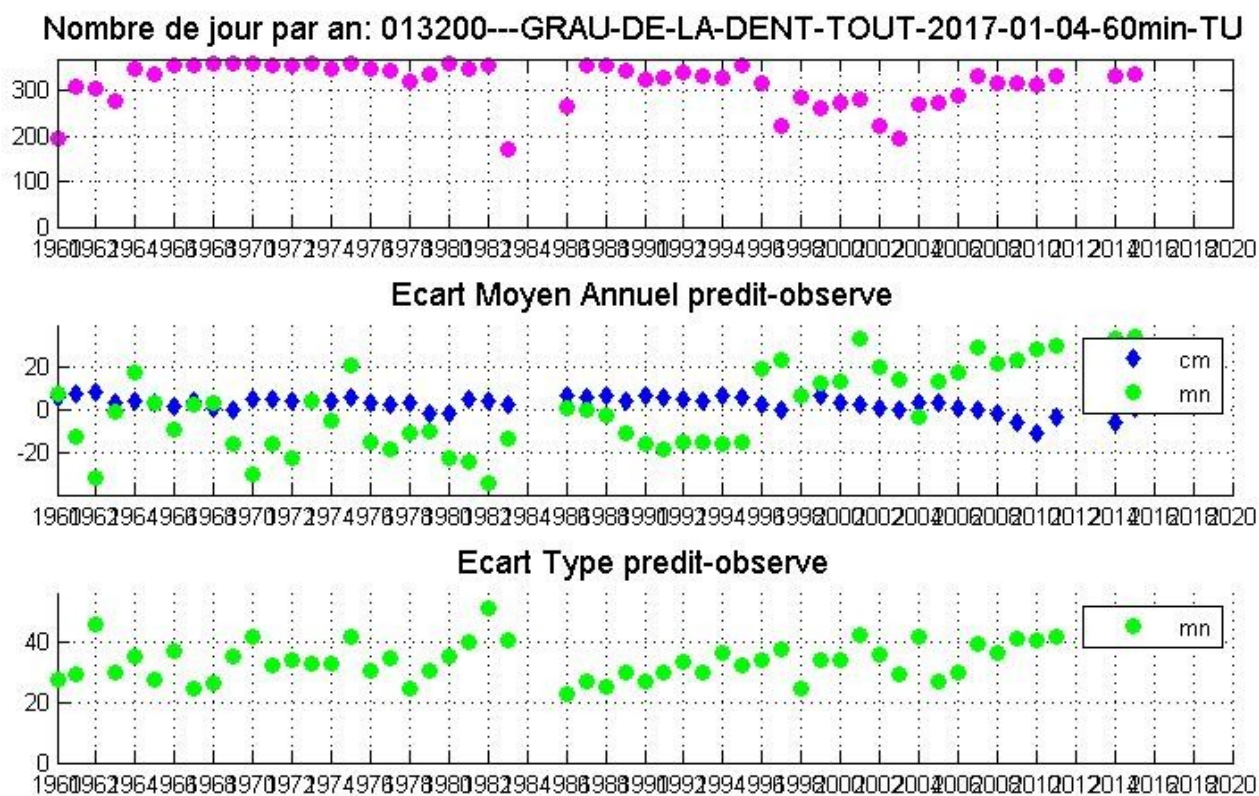


Illustration 13: Nombre de jour et écart moyen 013200---Grau de la Dent (1960-2015)

7.3 Comparaison sur certaines périodes

Ces quelques graphiques montrent des comparaisons sur des périodes avec tempêtes.

De manière générale, le troisième graphique en bas de chaque illustration montre la surcôte. Les oscillations montrent des problèmes de calage en temps.

Plus particulièrement :

- la tempête de début novembre 1997 présente un deuxième pic qui peut être sujet à discussion, l'erreur possible est de l'ordre de 5cm sur le niveau marin mais par contre bien plus important sur la surcôte,
- la période en 2004 est la période avec des problèmes d'envasement, on peut voir sur le niveau marin que les fluctuations du niveau sont bien plus faibles que sur les autres séries. Cela a pour conséquence de voir beaucoup d'oscillations sur la surcôte/décôte

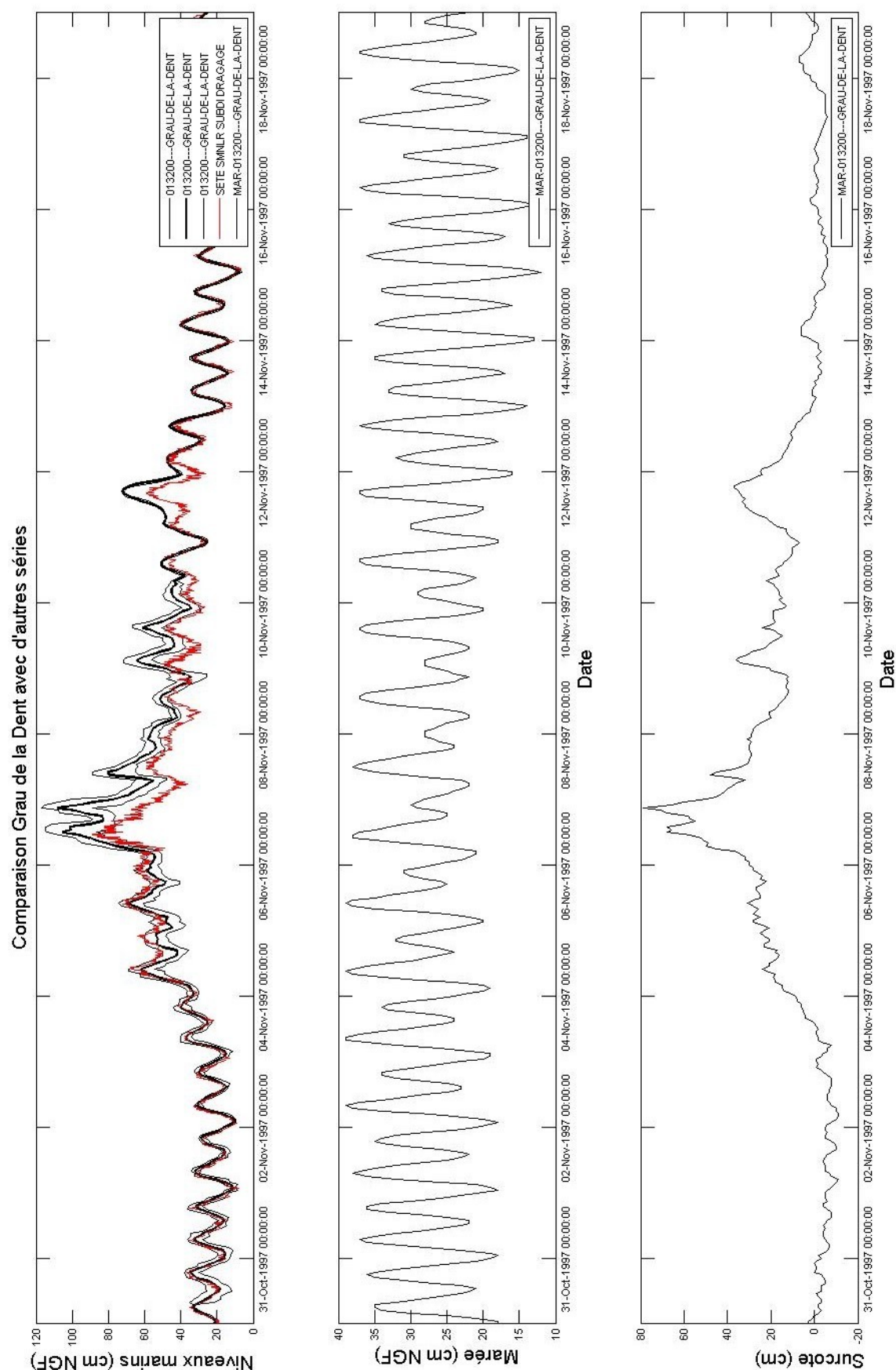


Illustration 14: Comparaison début Novembre 1997

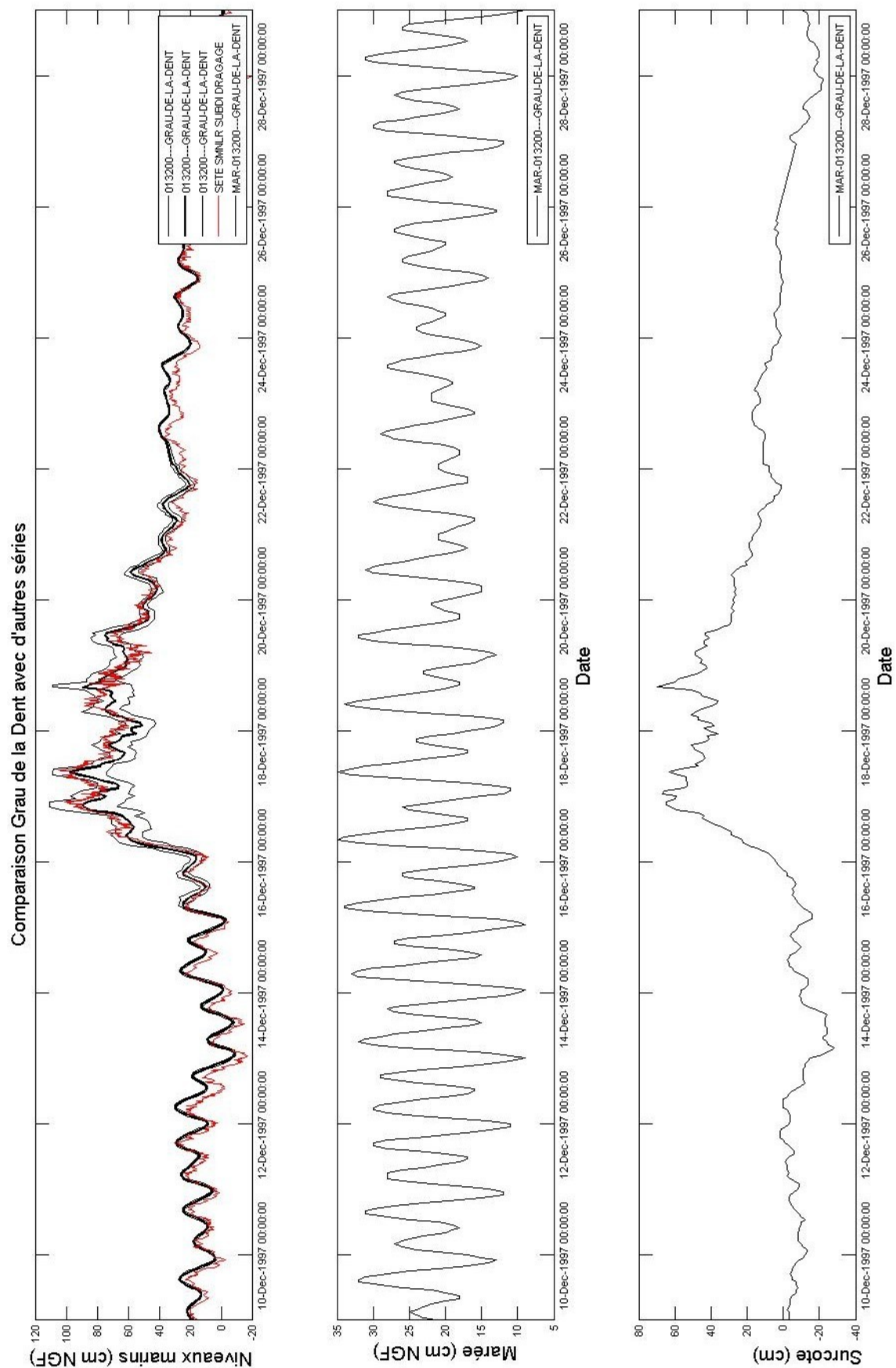


Illustration 15: Comparaison Décembre 1997

Comparaison Grau de la Dent avec d'autres séries

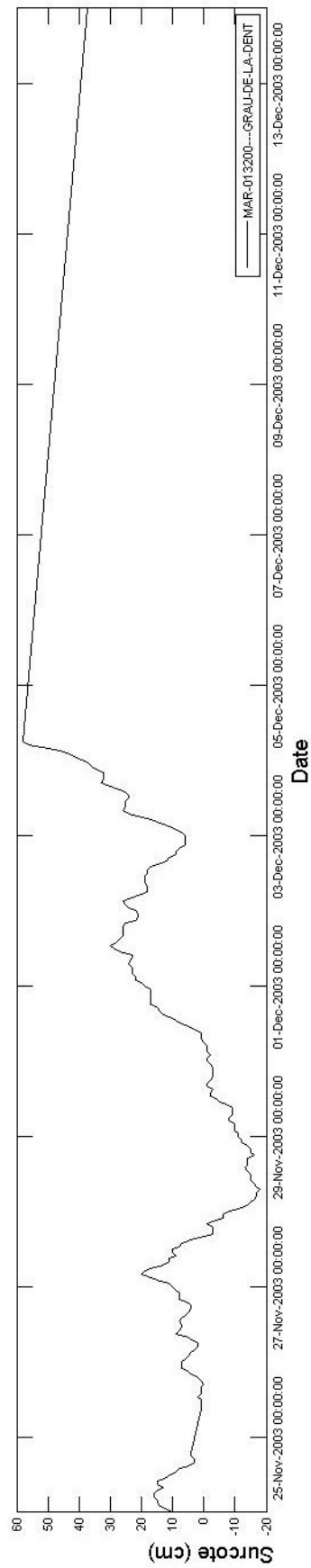
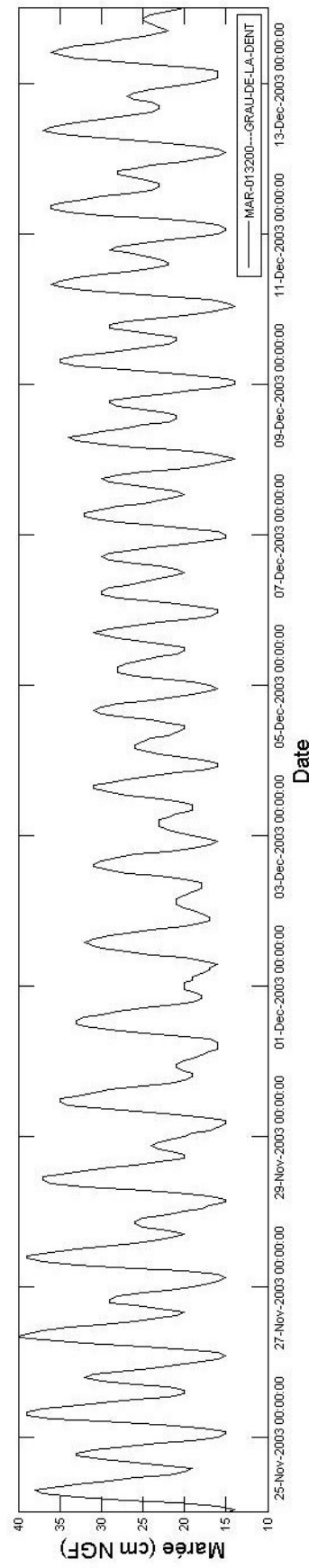
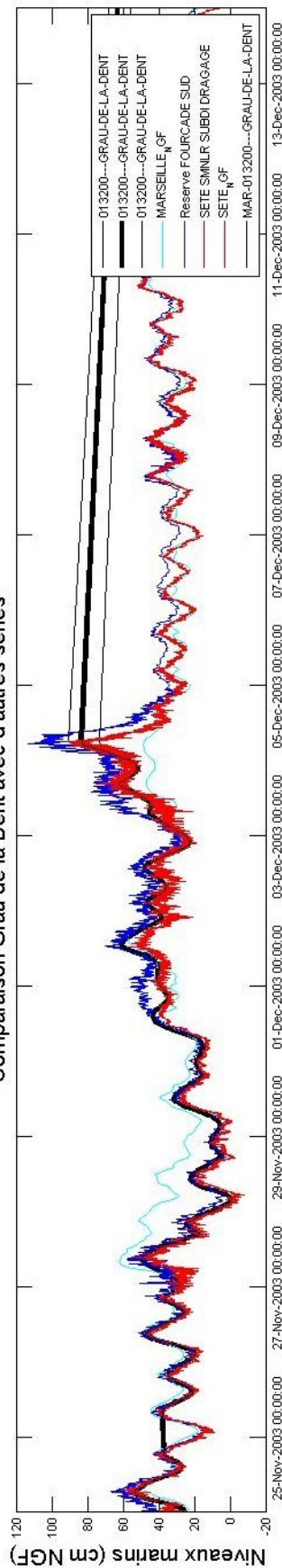


Illustration 16: Comparaison Décembre 2003

Comparaison Grau de la Dent avec d'autres séries

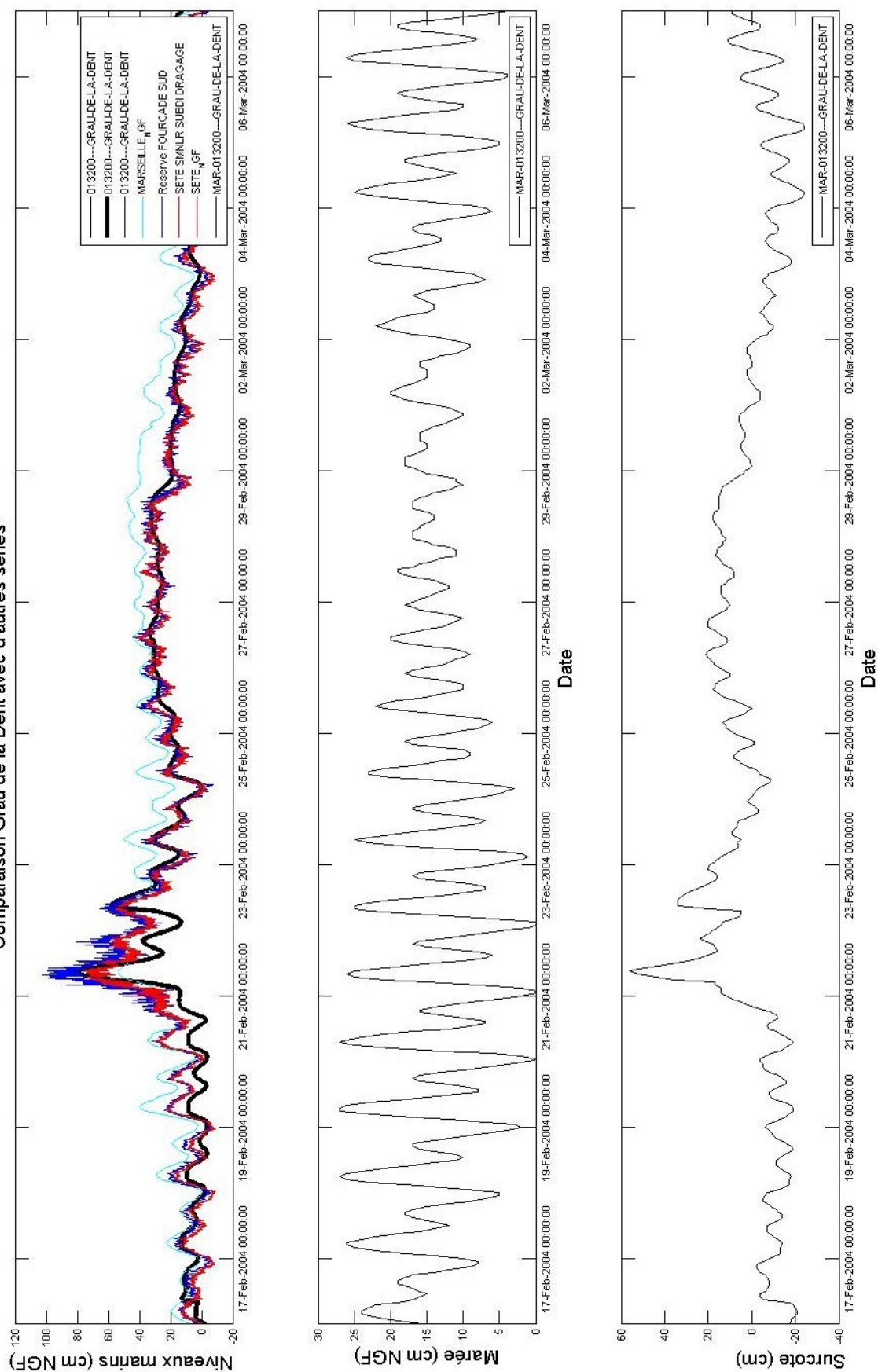


Illustration 17: Comparaison Avril 2004

Comparaison Grau de la Dent avec d'autres séries

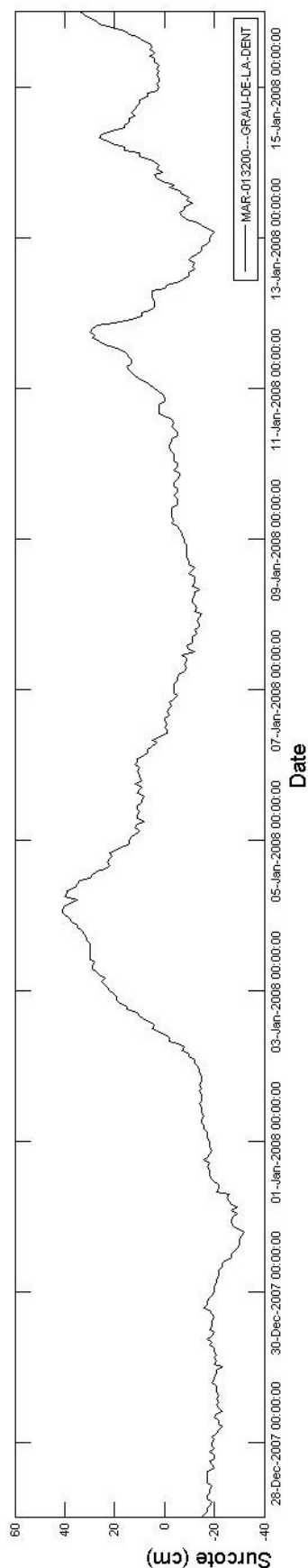
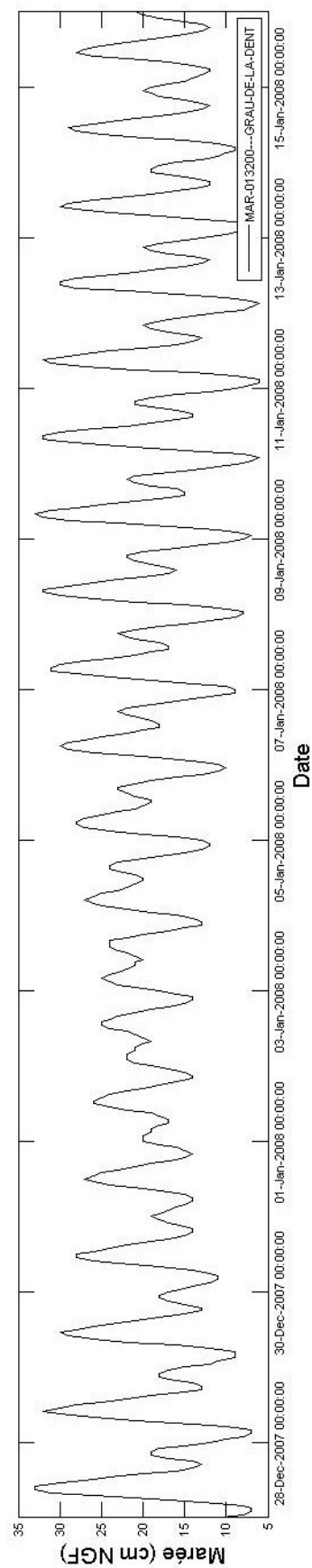
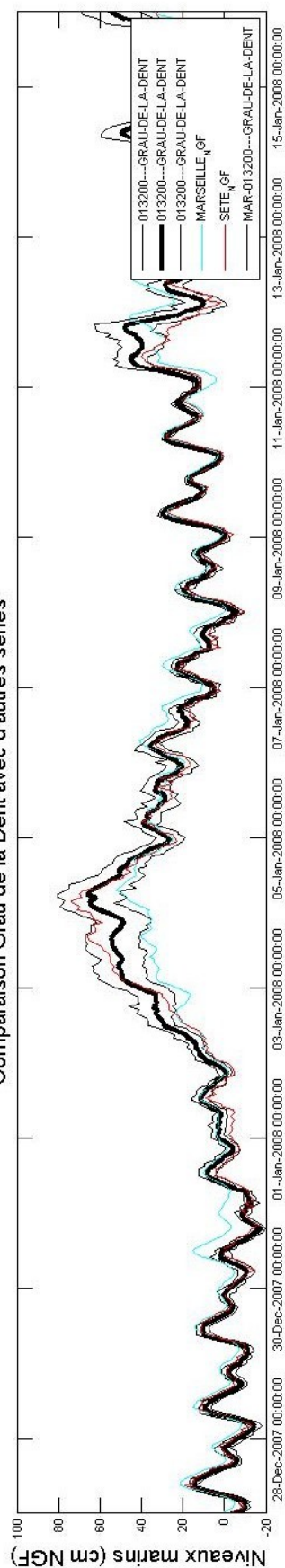


Illustration 18: Comparaison Janvier 2008

Comparaison Grau de la Dent avec d'autres séries

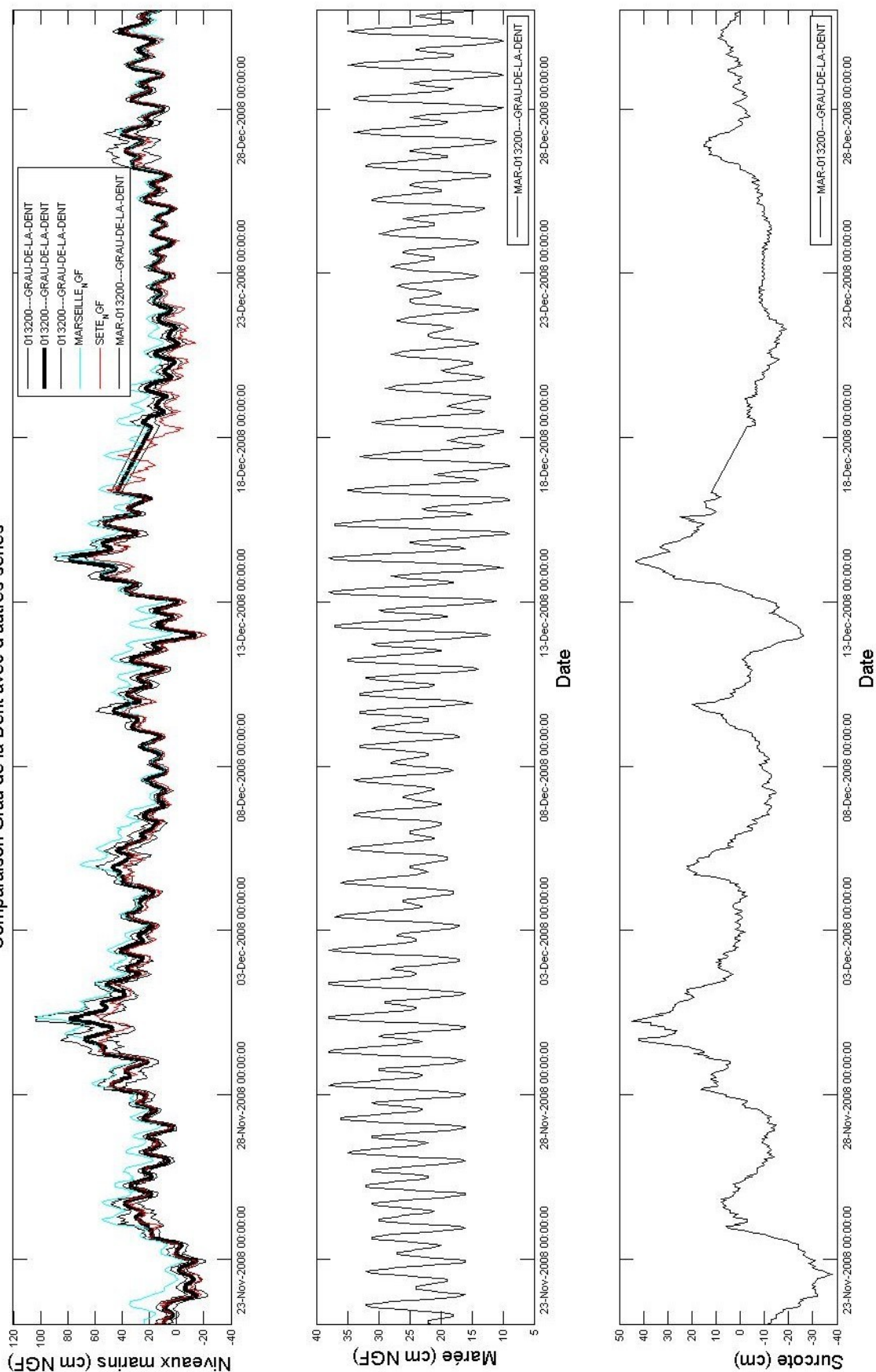
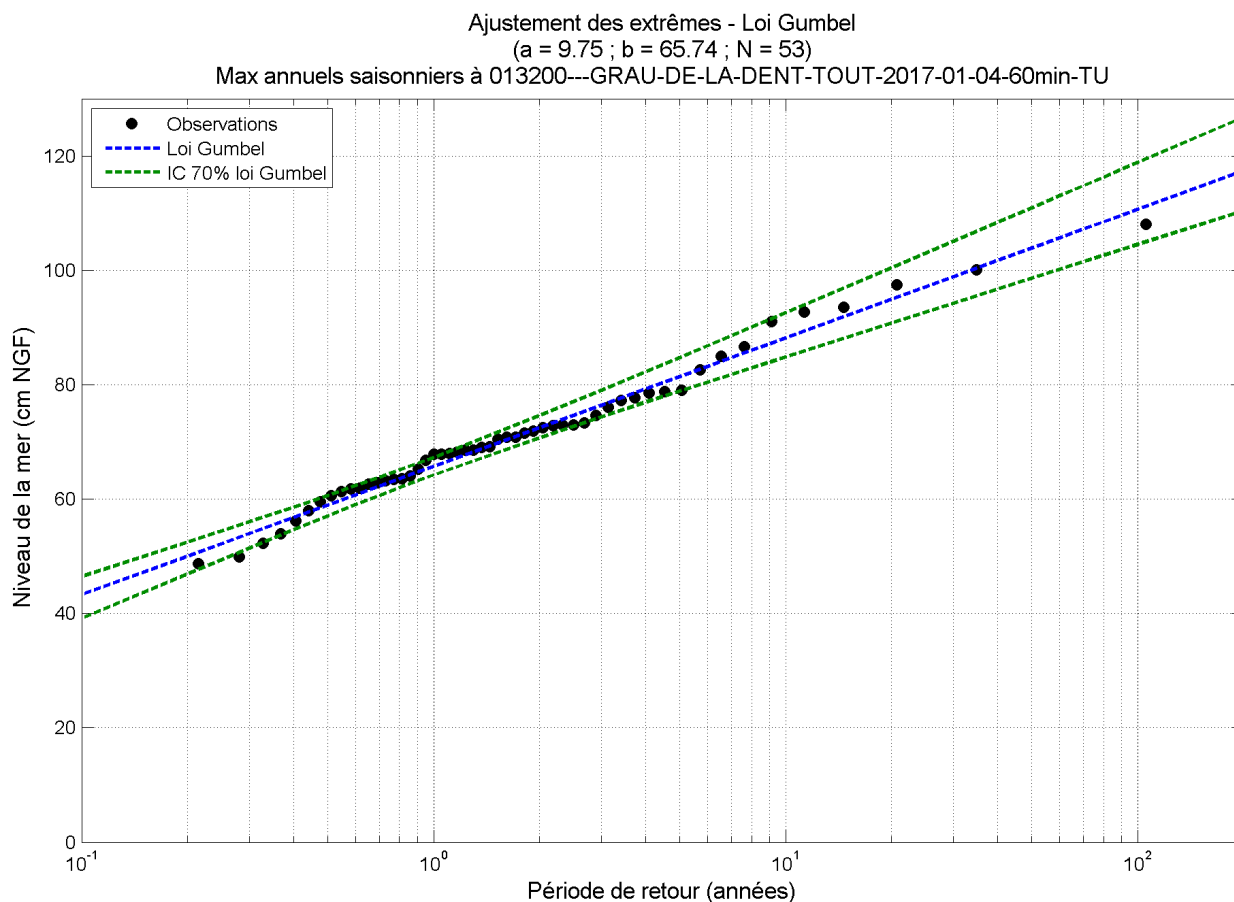


Illustration 19: Comparaison Décembre 2008

7.4 Analyse statistique des extrêmes



013200---GRAU-DE-LA-DENT-TOUT-2017-01-04-60min-TU

Echantillonnage : Max annuel saisonnier - Nombre d'années = 53 ans - Gumbel

Max mesuré = 108.1 cm NGF le 6/11/1997 (Période de retour théorique : 76 ans)

Période de retour T_s (ans)	1	5	10	20	50	100
Niveau de la mer (cm NGF)	65.7	81.4	88.2	95	103.9	110.6
Intervalle de confiance à 70%	64.2 - 67.3	78.9 - 84.8	84.9 - 92.6	90.8 - 100.5	98.6 - 110.9	104.5 - 118.8

Illustration 20: Analyse statistique des extrêmes sur la série complète du Grau de la Dent

Cette analyse très succincte a été effectuée avec la méthode de Gumbel sur un échantillonnage en maximum annuel saisonnier (juillet à juillet). Cet ajustement a été réalisé sur le barycentre du signal, sorte de moyenne horaire. Des pics de niveaux marins (hors vagues) peuvent être bien plus importants sur quelques minutes liés à des phénomènes de set-up, seiches...

7.5 Rapport de digitalisation



[Cerema Méditerranée](#) - Pôle d'activité – 30 rue Albert Einstein – CS 70499 – 13593 Aix-en-Provence CEDEX 3
Tel : 04 42 24 76 76 – mel : DTerMed@cerema.fr

Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public – Siret : 130 018 310 00313 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr