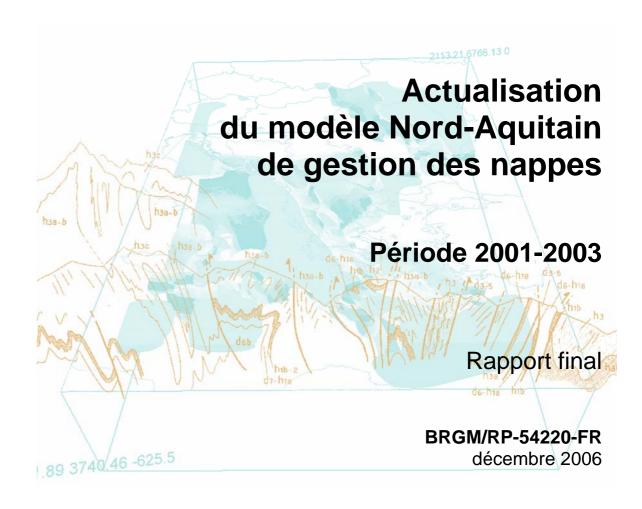


Document Public









Actualisation du modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes

Période 2001-2003

Rapport final

BRGM/RP-54220-FR

décembre 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2005-EAU-F25

> N. Pédron avec la collaboration de B. Lopez

Vérificateurs :

Original signé par :

B. MAUROUX

Approbateur:

Original signé par :

P. DUTARTRE

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001 : 2000





Mots clés : Modélisation régionale, actualisation, Helvétien, Aquitanien-Burdigalien, Oligocène, Eocène, Campano-Maastrichtien, Turonien-Coniacien-Santonien. En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : **Pédron N.** (2006) – Actualisation du modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Années 2001-2002-2003. Rapport final. BRGM/RP-54220-FR, 26 p., 1 ann. © BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude s'inscrit dans le prolongement des travaux de modélisation des aquifères de la région Aquitaine engagés au Service Géologique Régional depuis près de 15 ans pour élaborer des outils de gestion et d'aide à la décision opérationnels destinés à définir au mieux les stratégies d'exploitation des ressources souterraines de la région.

Depuis 1993, le BRGM (Service Géologique Régional Aquitaine) dispose d'un modèle régional de gestion des nappes profondes, le Modèle Nord-Aquitain dénommé « MONA ». Celui-ci couvre la totalité du département de la Gironde, le sud de la Charente et de la Charente Maritime, les trois quarts sud-ouest de la Dordogne, le nord et l'ouest du Lot-et-Garonne et une grande partie des Landes.

L'objectif de l'étude est d'actualiser les données des 9 couches aquifères du modèle hydrodynamique régional Nord-Aquitain pour le faire évoluer vers la version **MONA V3.1-2003** et ainsi le maintenir opérationnel. Les travaux réalisés dans le cadre de cette opération ont porté sur :

- l'introduction des données spatio-temporelles sur la période 2001,2002, 2003 :
 - les prélèvements soutirés par les 2123 ouvrages recensés dans les différentes couches aquifères (à l'exception du Plio-quaternaire, qui fonctionne en équivalence en l'absence d'inventaires),
 - les précipitations efficaces de 5 stations météorologiques permettant de calculer la recharge effective du modèle par zones d'infiltration des 9 couches aquifères,
 - 145 chroniques piézométriques utilisées lors de la phase de calage et nécessaires pour valider l'actualisation.
- L'affectation rétroactive des données des points de prélèvements nouvellement recensés sur l'ensemble de la période 1972-2000.
- Les vérifications et réajustement local du calage (adéquation des niveaux simulés avec les niveaux observés....)

Le modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes est un modèle hydrodynamique régional construit autour d'un nombre important de données géologiques, de paramètres hydrodynamiques, de prélèvements (2123 ouvrages), de piezométrie (145 chroniques de calage) et de données météorologiques (5 stations météorologiques) issues d'observations de terrain. Il est de ce fait bien contraint.

L'actualisation avec les données de la période 2001-2003 confirme, comme les précédentes actualisations, la robustesse des calages réalisés antérieurement et la bonne capacité prédictive du modèle dans la partie captive des nappes considérées.

Sommaire

1.	. INT	RODUCTION	7
	1.1.	CONTEXTE DU PROJET	7
	1.2.	Objectif	8
2	. AC	TUALISATION DES DONNEES SPATIO-TEMPORELLES	9
	2.1.	PRELEVEMENTS	9
	2.1.	.1. Collecte des données de prélèvements	9
	2.1.	.2. Traitements des données collectées :	. 10
		.3. Bilan général de l'actualisation des données de prélèvements du modèle Nord- uitain sur la période 2001-2003	. 12
	2.2.	CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES	. 14
	2.3.	CALCUL DES PRECIPITATIONS EFFICACES ET ACTUALISATION DES DONNEES DE RECHARGE DES NAPPES DU MODELE NORD-AQUITAIN	
	2.3	3.1. Les précipitations efficaces	. 15
	2.3	3.2. La recharge	. 16
3	. RES	SULTATS DU MODELE ACTUALISE	. 19
	3.1.	LES CHRONIQUES DE CALAGE	. 19
	3.2.	LES CARTES PIEZOMETRIQUES	. 20
4	. CO	NCLUSION	. 23
L	iste o	des figures	
		ATION 1: CODIFICATION MONA V3.1-2003 ET CORRESPONDANCE AVEC LA GN33	11
lι	LUSTRA	ATION 2 : PRELEVEMENTS DANS LES AQUIFERES MODELISES DU MONA EN 2001, 2002 ET 2003 (m³/AN)	12
lι	LUSTRA	ATION 3: EVOLUTION DES PRELEVEMENTS DANS LES COUCHES DU MODELE NORD AQUITAIN 1972 A 2003 TOUS DEPARTEMENTS CONFONDUS	
lι	LUSTRA	ATION 4 : CIRCUIT DE TRAITEMENT DES DONNEES DE PRELEVEMENTS POUR L'ACTUALISATION DU MODELE NORD-AQUITAIN (VERSION MONA V3.1-2003)	
IL	LUSTRA	ATION 5: EVOLUTION DES PRECIPITATIONS EFFICACES ANNUELLES A LA STATION DE MERIGNA (33) POUR UNE RESERVE UTILE (RU) DE 150 MM	
l∟	LUSTRA	ATION 6: PRECIPITATIONS EFFICACES 2001, 2002 ET 2003 CALCULEES POUR LES 5 STATION METEOROLOGIQUES PRISES EN COMPTE DANS LE MONA V3.1-2003 (RU=150 M	IM)
			10

ILLUSTRATION 7:	MOYENNE ET ECARTS-TYPE DES PRECIPITATIONS EFFICACES POUR LES 5 STATIONS PRISES EN COMPTE DANS LE MONA V3.1-2003	16
ILLUSTRATION 8:	LOCALISATION DES ZONES DE RECHARGE DU MODELE POUR CHAQUE NAPPE ET SOURCE DES DONNEES DE PLUIES EFFICACES UTILISEES POUR LE CALCUL DE LA RECHARGE	18
ILLUSTRATION 9:	EXEMPLE DE COMPARAISON ENTRE LES NIVEAUX OBSERVES ET SIMULES - FORAGE DE BOULIAC (EOCENE MOYEN)	
ILLUSTRATION 10	: NIVEAUX PIEZOMETRIQUES SIMULES PAR LE MODELE NORD-AQUITAIN VERSION MONA V3.1-2003 DANS L'AQUIFERE « EOCENE MOYEN » POUR LES ANNEES 2001 2002 ET 2003.	•

Liste des annexes

ANNEXE 1: CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

1. Introduction

1.1. CONTEXTE DU PROJET

Cette étude est réalisée par le BRGM dans le cadre de ses opérations de Service Public (fiche 05EAUF25) avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG). Elle s'inscrit dans le prolongement des travaux de modélisation des aquifères de la région Aquitaine engagés au Service Géologique Régional (SGR) depuis près de 15 ans pour élaborer des outils de gestion et d'aide à la décision opérationnels, destinés à définir au mieux les stratégies d'exploitation des ressources souterraines de la région.

Certaines nappes sont en effet très sollicitées et parfois en situation de déséquilibre avec des prélèvements excédant leur possibilité de renouvellement. Elles requièrent donc une gestion stricte afin d'en préserver la productivité sur le long terme.

Depuis 1993, le BRGM (SGR Aquitaine) dispose d'un modèle régional de gestion des nappes profondes, le Modèle Nord-Aquitain dénommé « MONA ». Celui-ci couvre la totalité du département de la Gironde, le sud de la Charente et de la Charente Maritime, les trois quarts sud-ouest de la Dordogne, le nord et l'ouest du Lot-et-Garonne et une grande partie des Landes.

Les différents développements dont il a fait l'objet, notamment dans le cadre des conventions "Gestion des Eaux Souterraines en région Aquitaine" 1996-2001 et 2002-2006, permettent aujourd'hui de simuler les écoulements au sein de 9 couches aquifères discrétisées au pas de 2 km (MONA V3.1-2000), ainsi que les échanges entre ces couches au travers de chacune des épontes qui les séparent.

Les niveaux aquifères pris en compte sont le Plio-Quaternaire, l'Helvétien et l'Aquitanien-Burdigalien (Miocène), l'Oligocène, l'Eocène subdivisé en trois réservoirs : inférieur, moyen et supérieur, le Campanien-Maastrichtien et le Turonien-Coniacien-Santonien.

Le Modèle Nord-Aquitain dans sa version **MONA V2-1998** a été utilisé en 1998-1999 pour simuler différents scénarios d'exploitation des nappes et de réduction des prélèvements dans l'Éocène dans le cadre du Schéma Directeur de Gestion des Ressources en Eau de la Gironde.

Il a été utilisé en 2001 et 2002 (**MONA V2-2000**) dans le cadre du SAGE "Nappes profondes de Gironde" pour simuler différents scénarios d'économie d'eau, aider à définir des Volumes Maximum Prélevables Objectifs (VMPO) et proposer des piézométries d'objectif de gestion (Rapport BRGM/RP-51777-FR – juin 2002).

Le modèle Nord-Aquitain a déjà fait l'objet d'une actualisation à deux reprises :

- en 1999 avec les données de la période 1997-1998 (MONA V2-1998) : prélèvements, piézométrie, données climatiques (Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde - Actualisation du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Période 1997-1998. Rapport BRGM R 40760 – septembre 1999),
- en 2001 avec les données acquises en 1999 et 2000 (**MONA V2-2000**) (*Gestion des eaux souterraines en Aquitaine Actualisation du Modèle Nord-Aquitain. Période 1999-2000.* Rapport BRGM/RP-51758-FR juin 2002).

1.2. OBJECTIF

L'objectif de cette étude est d'actualiser les données des 9 couches aquifères du modèle Nord-Aquitain pour le faire évoluer vers la version **MONA V3.1-2003** et ainsi le maintenir opérationnel. Le présent rapport rend compte des travaux réalisés :

- Introduction des données spatio-temporelles sur la période 2001,2002, 2003 :
 - prélèvements soutirés dans les différentes couches aquifères (à l'exception du Plio-quaternaire, qui fonctionne en équivalence en l'absence d'inventaire),
 - précipitations efficaces permettant de calculer la recharge effective du modèle par zones d'infiltration des 9 couches aquifères,
 - chroniques piézométriques utilisées lors de la phase de calage et nécessaires pour valider l'actualisation.
- Affectation rétroactive des données des points de prélèvements nouvellement recensés sur l'ensemble de la période 1972-2000.
- Vérifications et réajustement local du calage (adéquation des niveaux simulés avec les niveaux observés....)

2. Actualisation des données spatiotemporelles

2.1. PRELEVEMENTS

Le Modèle Nord-Aquitain actuel (MONA V3.1-2000) simule les écoulements au sein de neuf entités hydrogéologiques distinctes. Afin de restituer au mieux les variations piezométriques dans le temps de chacune des nappes modélisées, il est nécessaire d'acquérir une connaissance la plus exhaustive possible des prélèvements soutirés au milieu.

Un important travail de collecte des données de prélèvements a été entrepris entre juin et août 2005.

2.1.1. Collecte des données de prélèvements

Des données de prélèvements sont recueillies annuellement par le BRGM dans le cadre du programme de « gestion des nappes d'eaux souterraines du département de la Gironde ». Cette collecte permet de compiler les volumes d'environ 1950 ouvrages du département captant une ou plusieurs nappes d'eaux souterraines. Elle est faite directement auprès des exploitants et chaque prélèvement est rattaché à un ouvrage parfaitement localisé ce qui réduit les distorsions par rapport aux recensements effectués via des organismes tiers. Elle constitue le noyau de la base de données utilisée pour le modèle Nord-Aquitain.

Dans les autres départements, le BRGM ne procède pas au recueil annuel des volumes prélevés sur les captages d'eaux souterraines. Seules des études ponctuelles, comme par exemple celle menée sur l'évaluation des ressources en eau de l'Eocène dans le Bergeracois (rapport BRGM/RP-52528-FR), viennent alimenter les bases de données gérées par le BRGM.

Dans le cadre de cette actualisation, le BRGM a récupéré des données auprès de différents organismes intervenant dans la gestion des ressources en eaux souterraines de la région Aquitaine. Les sources d'informations collectées ont été très variables suivant le département et l'usage concernés :

- La DDAF de Dordogne (Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt) : récupération des volumes prélevés de 337 points d'eau, uniquement à usage AEP, pour la période 1988-2003. Cette demande est venue en complément du travail déjà réalisé dans le cadre de l'étude sur l'Eocène dans le Bergeracois (Rapport BRGM/RP-52528-FR) où la collecte s'était arrêtée à l'année 2001.

- L'AEAG (Agence de l'Eau Adour Garonne) : recueil des volumes pompés sur 8656 points d'eau répartis sur l'ensemble de la région Aquitaine. Ces mesures correspondent aux volumes prélevés de :
 - 7077 ouvrages à usage agricole sur la période 1992-2003 (essentiellement des captages sollicitant le plio-quaternaire),
 - 1060 points d'eau destinés à l'AEP sur une période 1996-2003 dont 671 pour les départements de Dordogne, de Lot-et-Garonne et des Landes et 389 pour le seul département de la Gironde.
 - 519 ouvrages industriels sur une période 1996-2003.
- La SAUR : prélèvements de 27 captages AEP exploités en Lot-et-Garonne. Les données communiquées couvrent la période 1997-2003.
- La Générale des Eaux (Agence Gironde-Landes) : chroniques de prélèvements pour 52 ouvrages AEP sur l'ensemble de leur période d'exploitation.
- La Lyonnaise des Eaux exploite 4 ouvrages pour l'alimentation en eau potable dans la zone de Périgueux et a communiqué les prélèvements des années 1990 à 2004 pour chacun d'entre eux.

Au final, les données brutes d'environ 11 000 références ont été collectées toutes nappes confondues (y compris plio-quaternaire et alluviales). Compte tenu du nombre très important d'informations recueillies, leur traitement a été scindé en deux :

- les données relatives aux ouvrages situés dans les limites spatiales du modèle (hors plio-quaternaire) ont été traitées dans le cadre de cette actualisation,
- les autres feront l'objet d'un travail spécifique dans le cadre du module 6 « Système d'information pour la gestion des eaux souterraines », année 3 de la convention régional « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine ».

Les informations relatives au modèle ont servi à mettre à jour la base de données déjà existante pour le Modèle Nord-Aquitain avec des prélèvements recensés jusqu'en 2000. Les ouvrages non encore référencés ont été introduits dans la Banque de Données sur les Eaux Souterraines (BDES gérée par le BRGM), intégrés à la base « modèle » et les volumes afférents ont été reportés retroactivement sur la période 1972–2003.

2.1.2. Traitements des données collectées :

Les chroniques brutes de prélèvements des 11 000 références recensées proviennent d'organismes différents ayant chacun leurs objectifs propres (connaissance pour le BRGM, redevance pour l'AEAG, gestion pour la DDAF...). L'organisation qui en découle conduit à une grande hétérogénéité dans les données. Chaque organisme applique généralement son propre système de codification pour identifier les ouvrages (malgré l'existence de l'indice national issu de la Banque du Sous-Sol (BSS)) et s'affranchit souvent d'une géolocalisation précise. L'affectation des volumes prélevés

aux points d'eau varie également. Principalement, deux cas de figures ont été rencontrés : soit la valeur communiquée correspondait exactement au soutirage sur le forage (cas le plus favorable), soit elle représentait un cumul de prélèvements lié au regroupement de plusieurs ouvrages (même exploitant ou même commune par exemple).

Un travail de traitement des données collectées a du être entrepris afin :

- d'identifier les points proposant des volumes prélevés (communes, lieu-dit, géolocalisation...) et de les recouper avec la BDES afin d'écarter les doublons,
- de vérifier l'appartenance des points aux limites du Modèle Nord-Aquitain et de les affecter à une ou plusieurs couches du modèle (cf. illustration 1) via une codification spécifique. La validation géologique des ouvrages a été établie à partir des informations géologiques et lithologiques disponibles dans la BSS. En l'absence d'information géologique, des corrélations avec des forages validés proches ont permis, dans la majorité des cas, de caractériser le niveau sollicité par l'ouvrage. Pour les forages captant deux formations, les volumes ont été affectés arbitrairement pour moitié à chacune d'elles. La même logique a été adoptée lorsqu'un forage recoupe trois aquifères.

Niv	eau 3 (MNA)	Niveau 2 (GN33)	Niveau 1 (agrégé)	
CODE MNA Modèle < 2004	Descriptif	Descriptif	Descriptif	
nd nd	Mio-Plio-Quaternaire au sens large Pliocène au sens strict (captif)	Plio-Quaternaire	Mio-Plio-Quaternaire	
MNA-HELV MNA-AQUI	Helvétien Aquitanien-Burdigalien	Miocène	Miocène	
MNA-OLIGNP	Oligocène Nappe Profondes (rive gauche) (Captif et Libre)	Oligocène	Oligocène	
nd	Oligocène Entre-Deux-Mers (rive droite)	Oligocerie		
MNA-EOCS	Eocène Supérieur	Eocène Supérieur		
MNA-EOCM	Eocène Moyen	Eocène Inférieur à Moyen	Eocène	
MNA-EOCI	Eocène Inférieur	Locerie inierieur a Moyeri		
MNA-CAMP	Campanien-Maastrichtien			
MNA-CSTU	Coniacien-Santonien Turonien	Crétacé Supérieur (+ Eocène inférieur basal)	Crétacé Supérieur	
nd	Cénomanien			
nd	Jurassique	Jurassique	Jurassique	

illustration 1 : Codification MONA V3.1-2003 et correspondance avec la Gestion des nappes en Gironde (GN33)

(En grisé apparaissent les niveaux concernés par l'actualisation sur la période 2001-2003)

• de vérifier la cohérence des volumes communiqués. Certains forages sont présents dans les bases de plusieurs organismes qui proposent parfois, sur une même période, des volumes de prélèvements différents. Dans ce cas, l'usage de l'ouvrage, la connaissance du point de prélèvement ou une confirmation directe auprès de l'exploitant lui-même a permis de déterminer la valeur exacte ou la plus probable. Certains volumes aberrants ont toutefois été écartés de l'actualisation car il était impossible de retrouver leur origine. Les ouvrages agricoles représentent un cas particulier: les seules sources d'informations sont les études ponctuelles du BRGM et dans une moindre

mesure les données transmises par l'AEAG (très difficiles à exploiter car les redevances pour cet usage ne sont pas gérées à l'ouvrage). Le recoupement des données est donc quasiment impossible dans la majorité des cas (notamment dans le Miocène où les ouvrages agricoles sont très nombreux). Les données bancarisées dans la BDES correspondent alors souvent au report, depuis l'année de mise en service du forage, des prélèvements relevés lors des inventaires BRGM.

- de bancariser toutes les données nouvelles dans la BDES.
- d'actualiser la base de données locale dédiée au modèle Nord-Aquitain.

Durant tout le traitement, une parfaite correspondance entre les données issues de la Gestion des nappes en Gironde (GN33) et les données du Modèle a été assurée pour répondre notamment aux exigences de gestion du SAGE « Nappes profondes de Gironde ».

A l'issue du travail de validation, 2123 points d'eau entrant dans les limites spatiales du modèle ont été recensés. Leurs prélèvements sont actualisés sur la période 1972-2003.

2.1.3. Bilan général de l'actualisation des données de prélèvements du modèle Nord-Aquitain sur la période 2001-2003

Les prélèvements totaux, par an et par nappe, injectés dans le modèle Nord-Aquitain pour les années 2001, 2002 et 2003 sont indiqués ci-après (illustration 2).

	2001	2002	2003
Helvétien	22 667 000	22 489 000	22 317 000
Aquitanien	34 097 000	33 968 000	34 103 000
Oligocène	71 181 000	68 661 000	70 394 000
Eocène sup.	2 887 000	2 911 000	2 965 000
Eocène moy.	57 732 000	60 833 000	63 603 000
Eocène inf.	8 197 000	8 405 000	9 116 000
Campanien- Maastrichtien	12 503 000	12 739 000	13 074 000
Turonien-Coniacien- Santonien	23 747 000	24 199 000	26 131 000
Volume Total	233 011 000	234 205 000	241 703 000

Illustration 2 : Prélèvements dans les aquifères modélisés du MONA en 2001, 2002 et 2003 (m³/an)

En global, les volumes prélevés dans les aquifères nord-aquitain modélisés augmentent entre 2001 et 2003 de 3,7 % (+ 8,7 M de m³). Cette évolution correspond essentiellement à une progression des prélèvements dans les nappes les plus profondes et principalement dans l'Eocène moyen (+ 5,9 M m³).

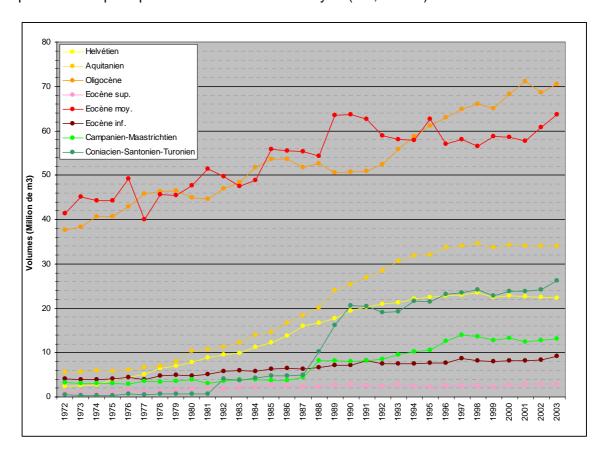


Illustration 3 : Evolution des prélèvements dans les couches du Modèle Nord Aquitain de 1972 à 2003 tous départements confondus.

Sur la même période, les prélèvements dans les nappes plus superficielles (Miocène et Oligocène) sont stables (illustration 3). Les aquifères de l'Oligocène et de l'Eocène moyen sont les réservoirs les plus sollicités avec des volumes pompés largement supérieurs à ceux des autres nappes (chacun représentant environ 30% du volume total). L'Oligocène tend cependant, depuis le milieu des années quatre vingt dix, à devenir l'aquifère le plus exploité parmi les nappes modélisées.

Le circuit de traitement des données pour l'introduction des prélèvements dans le modèle Nord-Aquitain version MONA V3.1-2003 est donné par l'illustration 4 ci-après :

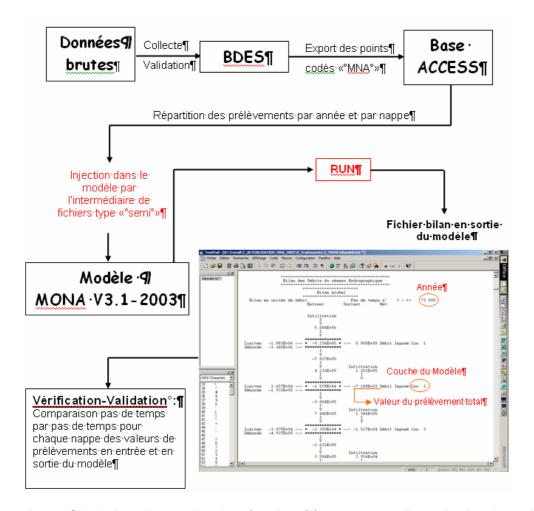


Illustration 4 : Circuit de traitement des données de prélèvements pour l'actualisation du modèle Nord-Aquitain (version MONA V3.1-2003)

2.2. CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

L'ensemble des chroniques piézométriques utilisées lors des différentes phases de calage des couches du modèle Nord-Aquitain a été actualisé jusqu'en 2003. La localisation des points de mesures et les chroniques afférentes sont consignées en annexe 1. Ces points se répartissent comme suit :

- 4 dans l'Helvétien,
- 19 dans le Burdigalien-Aquitanien,
- 37 dans l'Oligocène,
- 6 dans l'Eocène supérieur,
- 53 dans l'Eocène moyen,
- 16 dans l'Eocène inférieur,
- 10 dans le Campano-Maastrichtien.

La couche du Turonien-Coniacien-Santonien est relativement ancienne et dispose d'un calage approximatif compte tenu du très faible nombre de chroniques piézométriques utilisée pour le calage en 1996. De plus, elle doit faire l'objet d'une subdivision en deux couches distinctes (année 3 de la convention « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine »). Ces deux nouvelles couches feront l'objet d'un calage en année 4 de la convention régionale. C'est pourquoi, les chroniques piézométriques de cette couche ne sont pas présentées dans ce rapport d'actualisation.

2.3. CALCUL DES PRECIPITATIONS EFFICACES ET ACTUALISATION DES DONNEES DE RECHARGE DES NAPPES DU MODELE NORD-AQUITAIN

2.3.1. Les précipitations efficaces

Les données de précipitations et d'évapotranspirations potentielles (ETP) pour les stations de Mérignac en Gironde, de Cognac (Château-Bernard) en Charente, de Bergerac en Dordogne, de Gourdon dans le Lot et de Mont-de-Marsan dans les Landes ont été acquises sur le site internet de la climathèque de Météo-France. Les données de ces stations sont utilisées dans le modèle pour le calcul de la recharge des nappes par zones météorologiques (ZMTO). Les précipitations efficaces sont calculées par le BRGM au pas de temps décadaire à partir :

- des précipitations (P),
- de l'évapotranspiration potentielle (ETP),
- de la capacité maximale en eau du sol (la réserve utile RU), fixée à deux valeurs 100 mm et 150 mm.

L'évolution des précipitations efficaces annuelles depuis 1971 (pour une RU de 150 mm) à la station de mesure de Mérignac (33) est retracée sur l'illustration 5 ci-dessous.

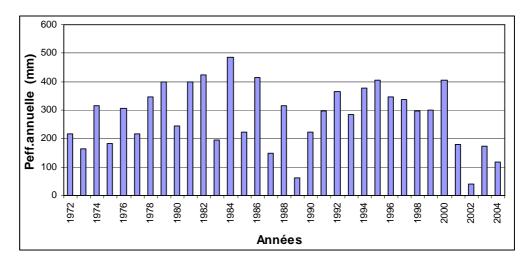


illustration 5: Evolution des précipitations efficaces annuelles à la station de Mérignac (33) pour une Réserve Utile (RU) de 150 mm.

Les précipitations efficaces des trois années d'actualisation 2001, 2002 et 2003 pour les 5 stations météorologiques prises en compte sont données sur l'illustration 6 cidessous (RU=150 mm).

Années	Mérignac (33) Peff (mm)	Cognac (16)	Bergerac (24)	Gourdon (46) Peff (mm)	Mont-de-Marsan (40) Peff (mm)
2001	180	207	238	159	314
2002	40	20	0	15	98
2003	173	140	130	128	315

Illustration 6 : Précipitations efficaces 2001, 2002 et 2003 calculées pour les 5 stations météorologiques prises en compte dans le MONA V3.1-2003 (RU=150 mm)

Pour chacune de ces cinq stations, l'illustration 7 ci-après fournit la moyenne et l'écart type des pluies efficaces calculées sur la période 1971-2003.

Station	Mérignac (33)		Cognac (16)	Bergerac (24)	Gourdon (46)	Mont-de- Marsan (40)
R.U.	100 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Moyenne (mm)	319	300	188	182	309	173
Ecart type (mm)	85,2	97	93,6	97,5	103,3	91,8

illustration 7 : Moyenne et écarts-type des précipitations efficaces pour les 5 stations prises en compte dans le MONA V3.1-2003

2.3.2. La recharge

Le mode de calcul de la recharge pour la période d'actualisation **est le même que celui utilisé lors des phases de calage des différentes couches**. Celui-ci est détaillé dans le dernier rapport publié (rapport BRGM/RP-53 659-FR — Développement et maintenance du modèle Nord-Aquitain - année 2) du module 6 de la convention régionale « gestion des eaux souterraines en région Aquitaine ».

Dans cette phase, la recharge année par année a été évaluée suivant les secteurs en prenant comme référence la pluie efficace moyenne de la station météo considérée, calculée sur la période **1971-2000** (avec une RU maximale de 150 mm).

A partir des valeurs de recharge du régime permanent, les valeurs année par année pour chaque zone d'infiltration définie lors de la phase de calage sont obtenues par :

$$R_{z,k} = \frac{P_{eff}(k)}{\overline{P_{eff}}} \overline{R_z}$$

 $R_{z,k}\,$ est la valeur de recharge de l'année ${\bf k}\,$ affectée à la zone ${\bf z}\,$

 $\overline{R_z}$ est la valeur de recharge du régime permanent pour la zone z

 $P_{\rm eff}(k)$ est la pluie efficace de l'année k

 $\overline{P_{\rm eff}}$ est la pluie efficace moyenne calculée sur la période 1971-2000

La localisation des zones de recharge de chaque couche du modèle ainsi que les stations météorologiques qui s'y rattachent sont fournies en illustration 8.

Les données de pluies efficaces de la station de Mérignac, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour l'Eocène (sup, moy et inf), le Campano-Maastrichtien et le Turonien-Coniacien-Santonien. Les pluies efficaces trimestrielles calculées supérieures ou égales à 300 mm sont réduites de 20 %. Cet écrêtage simule la diminution de l'infiltration (augmentation de la part du ruissellement) dans les écoulements durant les périodes fortement pluvieuses.

Les données de la station de Mérignac, pour une RU de 100 mm sont utilisées pour le calcul de la recharge des nappes plio-quaternaire, miocènes (Aquitanien-Burdigalien et Helvétien) et oligocène. Les pluies efficaces trimestrielles supérieures ou égales à 250 mm sont réduites de 30 %.

Les données des stations de Cognac et de Gourdon, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour le Turonien-Coniacien-Santonien et le Campano-Maastrichtien.

Les données de Bergerac, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour les nappes de l'Eocène inférieur et de l'Eocène moyen.

Les données de Mont-de-Marsan, pour une RU de 100 mm sont utilisées pour le Plio-Quaternaire. Les Pluies efficaces trimestrielles supérieures ou égales à 250 mm sont réduites de 30 %.

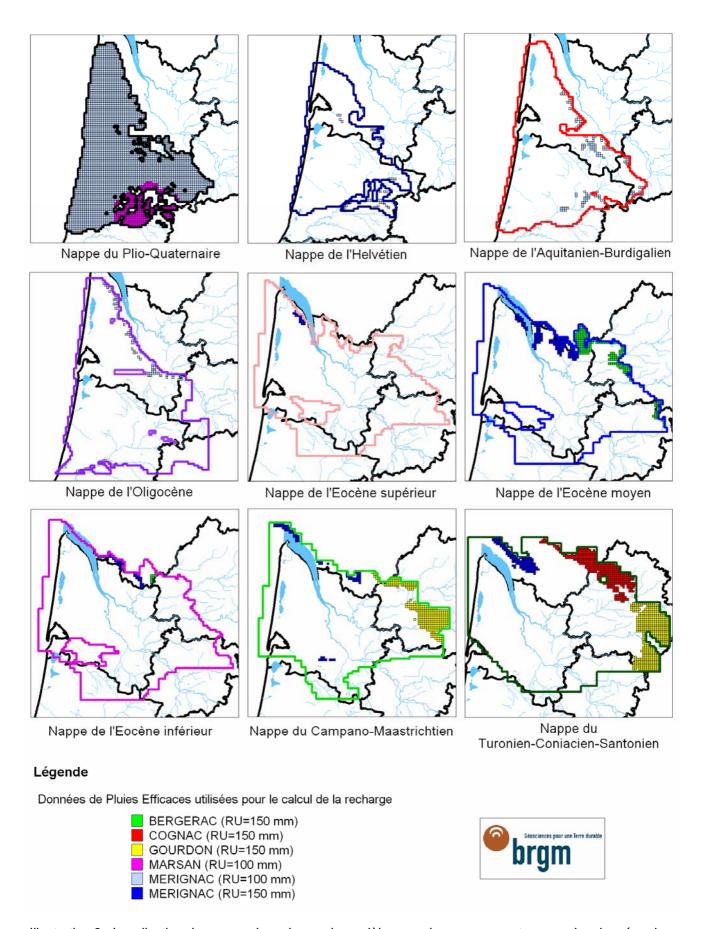
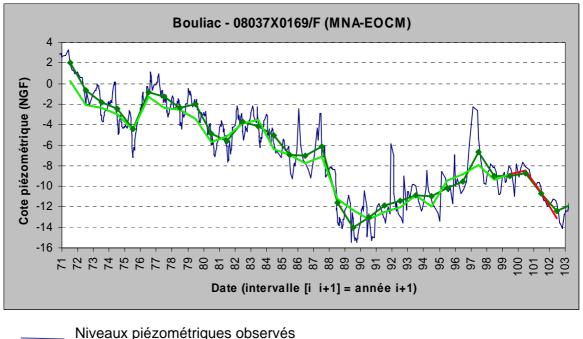


Illustration 8 : Localisation des zones de recharge du modèle pour chaque nappe et source des données de pluies efficaces utilisées pour le calcul de la recharge

3. Résultats du modèle actualisé

3.1. LES CHRONIQUES DE CALAGE

Les graphiques de comparaison entre les courbes d'évolution tracées à partir des mesures et des charges calculées par le modèle pour les différentes nappes sont présentés en annexe 1. L'illustration 9 montre le format de restitution des données avec en bleu les mesures brutes observées, en vert la moyenne annuelle des niveaux piézométriques observés, en vert clair les niveaux calculés par le modèle version MONA V31-2000 au droit du piézomètre et en rouge les niveaux calculés par le modèle version MONA V31-2003 sur la période 2001-2003 suite à l'actualisation des données.



Moyennes annuelles des niveaux piézométriques observés

Niveaux piézométriques annuels simulés par le modèle Nord-Aquitain (MONA V31-2000)

Niveaux piézométriques annuels simulés sur la période 2001-2003 par la version actualisée du Modèle Nord-Aquitain (MONA V31-2003)

Illustration 9 : Exemple de comparaison entre les niveaux observés et simulés - forage de Bouliac (Eocène moyen)

L'ajustement apparaît visuellement très satisfaisant sur la quasi-totalité des chroniques de calage pour les nappes considérées (Annexe 1). La plupart des points est bien reproduite en niveaux, en phase, en pente et en amplitude de variations.

La version du modèle MONA V3.1-2003 a seulement demandé un réajustement très local du calage sur deux chroniques de l'Oligocène qui montraient des amplitudes de variations des niveaux piézométriques trop importantes sur la période d'actualisation :

- sur le forage d'Andernos-les-Bains (08254X0012/F).
- sur le forage de Marcheprime (08267X0014/F).

Pour ces deux points, le réajustement n'a touché que les données de coefficient d'emmagasinement des mailles proximales. Les changements ont toujours été effectués dans une gamme de valeurs dictées par les observations de terrain.

Enfin, dans l'Eocène moyen au nord du département de la Gironde, au niveau du piézomètre de Saint-Savin (07794X0007/F), la baisse de niveau simulée sur la période 2001-2003 est plus prononcée que la baisse observée. Le forage étant situé à proximité des zones d'affleurement, il serait peut être nécessaire d'agir sur les données de recharge en prenant un seuil minimal pour celle-ci. Ceci permettrait d'atténuer les effets des déficits hydriques importants comme en 2002 par exemple. Dans la mesure où le décalage observé n'excède pas 1 m (2003), il a été décidé de laisser le calage en l'état et de contrôler à nouveau cet écart lors de la prochaine actualisation du modèle.

3.2. LES CARTES PIEZOMETRIQUES

Le modèle actualisé dans sa version MONA V3.1-2003 permet de restituer les cartes piézométriques simulées des nappes pour les années 2001, 2002 et 2003.

Les cartes de l'aquifère « Eocène moyen » qui présente un enjeu important dans le nord du Bassin aquitain, notamment en Gironde où il est sollicité pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération bordelaise, sont présentées en illustration 10. Celles-ci montrent une baisse des niveaux sur ces 3 années, le cône de dépression sous Bordeaux n'ayant jamais été aussi prononcé à fin 2003 avec des niveaux en dessous de - 25 m NGF. L'influence des pompages de la zone bordelaise est bien marquée vers l'Est où les perméabilités dans l'Eocène moyen sont les plus fortes. A l'inverse, les faibles perméabilités des terrains éocènes à l'Ouest limitent la propagation de la dépression piézométrique. Cette zone piézométrique « haute » constitue une ligne de partage des eaux.

Pour les autres nappes, les cartes piézométriques ne montrent pas d'évolutions significatives sur la période d'actualisation.

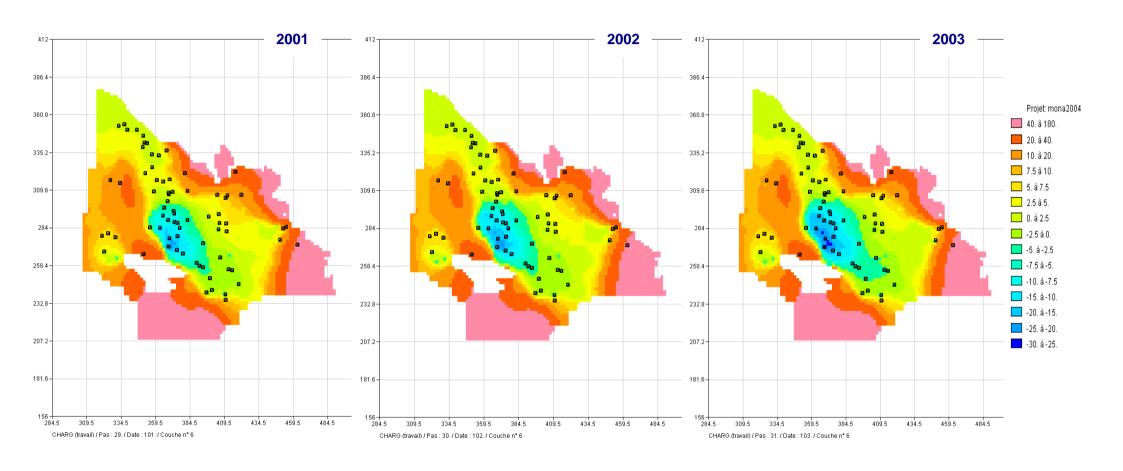


illustration 10 : Niveaux piézométriques simulés par le modèle Nord-Aquitain version MONA V3.1-2003 dans l'aquifère « Eocène moyen » pour les années 2001, 2002 et 2003.

4. Conclusion

Le modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes est un modèle hydrodynamique régional construit autour d'un nombre important de données géologiques, de paramètres hydrodynamiques, de prélèvements (2123 ouvrages), de piezométrie (145 chroniques de calage) et de données météorologiques (5 stations météorologiques) issues d'observations de terrain. Il est de ce fait bien contraint.

L'actualisation avec les données de la période 2001-2003 confirme, comme les précédentes actualisations, la robustesse des calages réalisés antérieurement et la bonne capacité prédictive du modèle dans la partie captive des nappes considérées.

Dans le cadre de la convention régionale 2002-2006 « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine », il est prévu de continuer à affiner le modèle pour accroître sa pertinence. Ces développements permettront d'obtenir une plus grande finesse de représentation des aquifères et ainsi, de mieux traiter les problèmes posés à une échelle plus locale, ceux soulevés par le SAGE « Nappes profondes » de Gironde, mais aussi ceux qui émergent dans les départements voisins de Lot-et-Garonne et de la Dordogne.

Il est notamment prévu en année 3, 4 et 5 de la convention régionale :

- d'affiner le calage des couches éocènes et oligocène du modèle dans certains secteurs.
- de revoir à la marge la géométrie du Campano-Maastrichtien et son calage.
- de dissocier l'ensemble Turonien-Coniacien-Santonien en 2 couches distinctes avec d'une part le réservoir Turonien et d'autre part l'ensemble Coniacien-Santonien. Les 2 couches feront ensuite l'objet d'un calage.
- d'intégrer les couches du Cénomanien et du Jurassique au modèle Nord-Aquitain et de procéder à leur calage.

Bibliographie

Amraoui N., Bichot F., Seguin JJ., Sourisseau B. (1999)

Restructuration du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes. Réalisation de 6 simulations pour le schéma de Gestion des Eaux du département de la Gironde. Rapport BRGM R 40224 (4 vol.)

Amraoui N., Bichot F., Platel JP., Seguin JJ. (1998)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 2 – Évaluation des ressources. Ajout des couches du Turonien-Coniacien-Santonien, du Cénomanien et du Jurassique moyen et supérieur au Modèle Nord-Aquitain.
Rapport BRGM R 40110

Bichot F., Seguin JJ. (2000)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 4 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Recueil et synthèse des données. Rapport BRGM/RP 50466,

Bichot F., Louis JP. (1999)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 3 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Recueil et synthèse des données. Rapport BRGM R 40778

Bichot F., Platel JP. (1997)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 1 – Évaluation des ressources. Extension du Modèle Nord-Aquitain : synthèse des données et concepts. Rapport BRGM R 39331

Braneyre M., Lambert M., Sourisseau B. (1994)

Modèle régional multicouche du bassin Nord-Aquitain en régime transitoire et simulations

Rapport BRGM R 38006 SGN SP 94

Braneyre M., Chigot D., Lambert M., Moreau CF., Sourisseau B. (1993)

Modélisation mathématique multicouche de trois aquifères exploités du bassin sédimentaire Nord-Aquitain (Oligocène - Eocène - Crétacé).
Rapport BRGM/R 37361 AQI SP 93

Braneyre M., Seguin JJ., Lambert M. (1993)

Modèle conceptuel sommaire du multicouche aquitain. Rapport BRGM R 37322 BOR AQI 93

Pédron N., Seguin JJ., Capdeville JP. (2003)

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine – Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Module 4 – Année 1.

Rapport BRGM/RP-52602-FR, 56 pages, 25 figures, 5 tableaux, 7 annexes.

Pédron N., Capdeville JP., Mauroux B., Baudry D. (2003)

Évaluation de la ressource en eau de l'Éocène dans le Bergeracois –Année 1- Recueil et synthèse des données.

Rapport BRGM/RP-52528-FR, 50 pages, 30 figures, 5 annexes.

Pédron N., Platel JP., Lopez B. (2005)

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine -Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes – Module 4 – Année 2.

Rapport BRGM/RP-53659-FR, 96 pages, 43 figures, 8 tableaux, 8 annexes.

Pédron N., Seguin JJ., Bichot F. (2001)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 5 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Calage du modèle et simulations.

Rapport RP 51176-FR

Seguin JJ. (2002)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine - Actualisation du Modèle Nord-Aquitain. Période 1999-2000.

Rapport BRGM/RP-51758-FR

Seguin JJ. (2002)

Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux "Nappes profondes de Gironde". Orientations de gestion et propositions d'indicateurs piézométriques pour le tableau de bord du SAGE. Contribution du BRGM.

Rapport BRGM/RP-51777-FR

Sequin JJ. (1999)

Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde - Actualisation du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Période 1997-1998.

Rapport BRGM R 40760

Schnebelen N., Mauroux B., Seguin JJ. (2001)

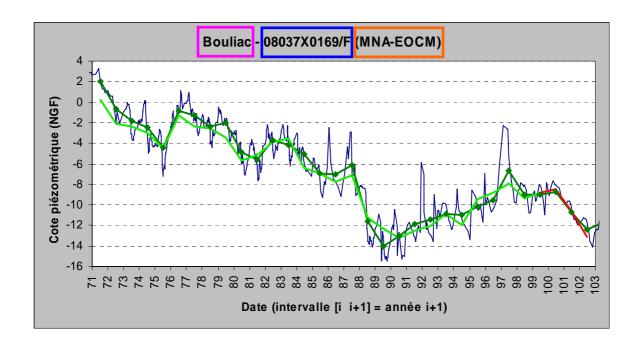
Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde. Etat des connaissances à fin 2000.

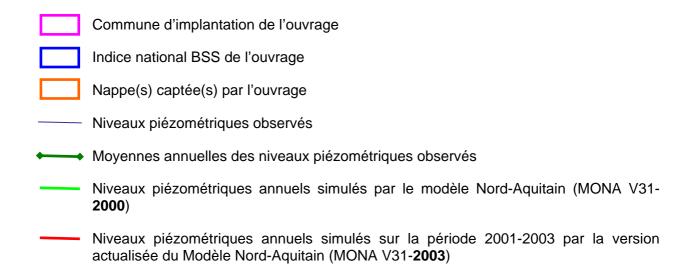
Rapport BRGM RP-51307-FR

Annexe 1

Chroniques de calage

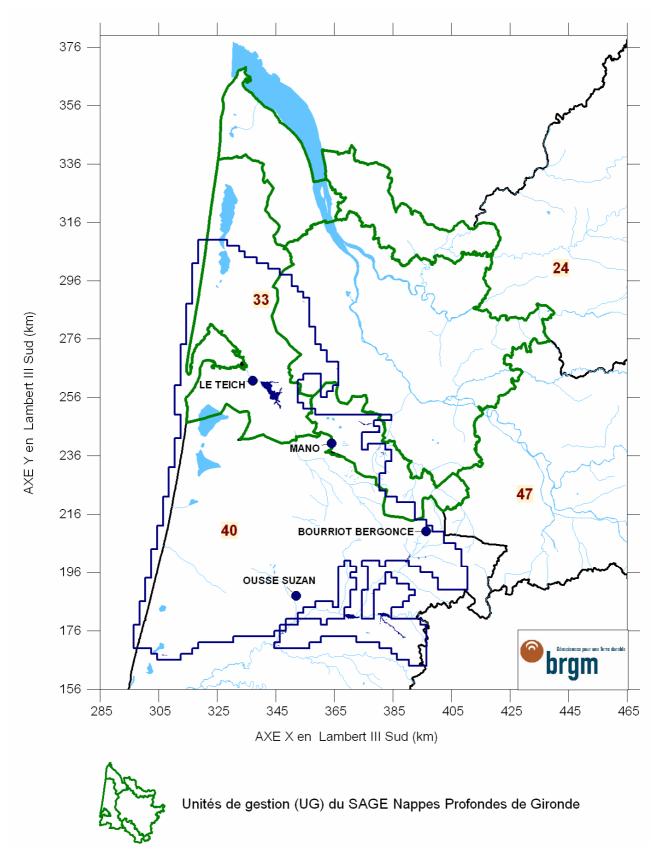
Légende :





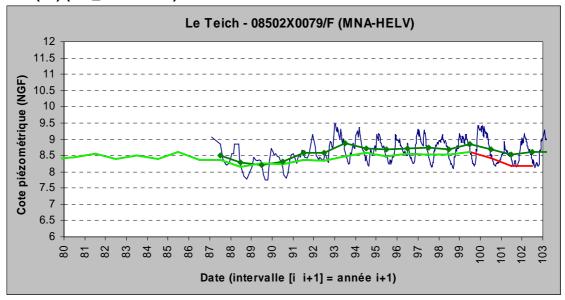
Nappe de l'Helvétien

MNA-HELV

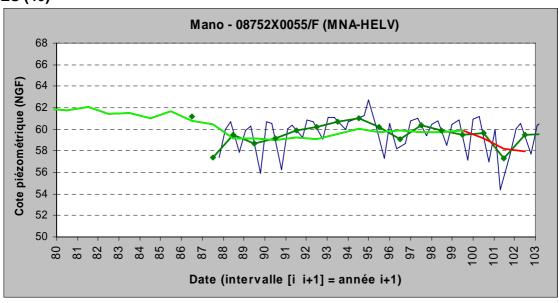


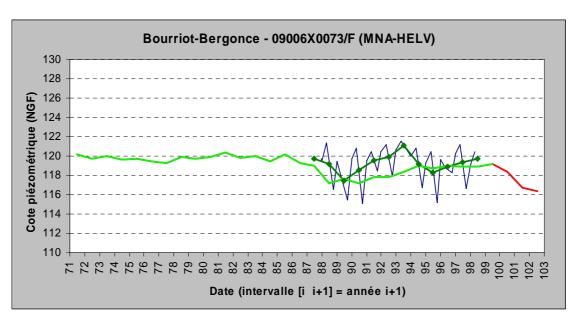
Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Helvétien actualisées

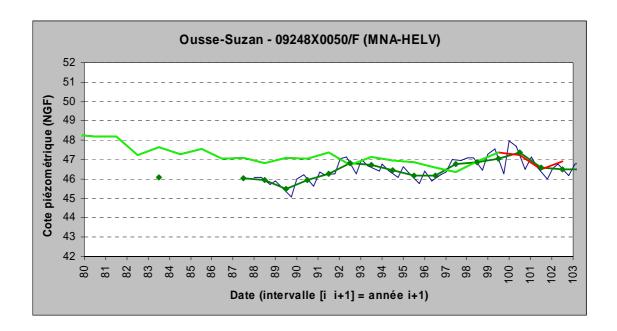
GIRONDE (33) (UG_LITTORAL)



LANDES (40)

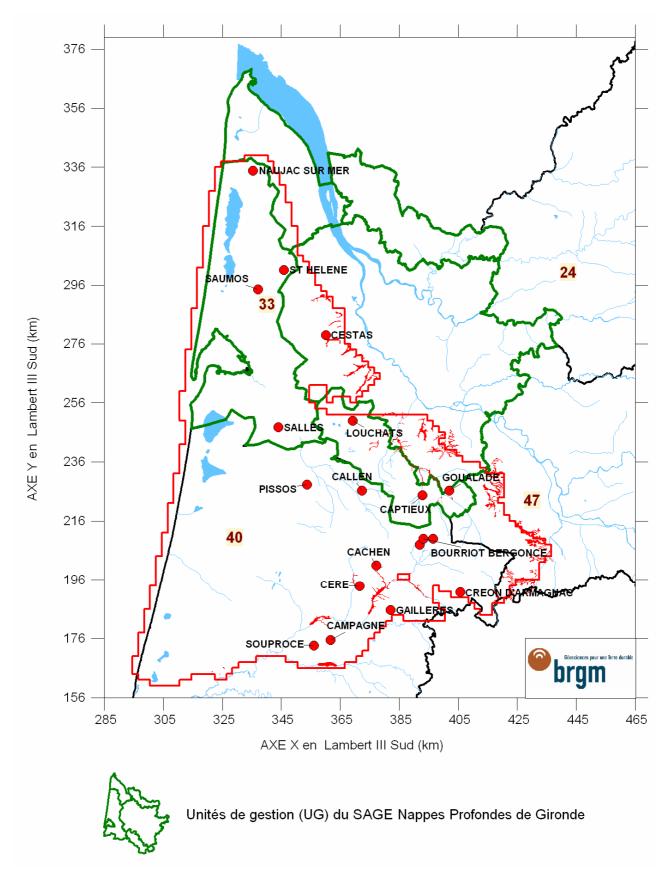




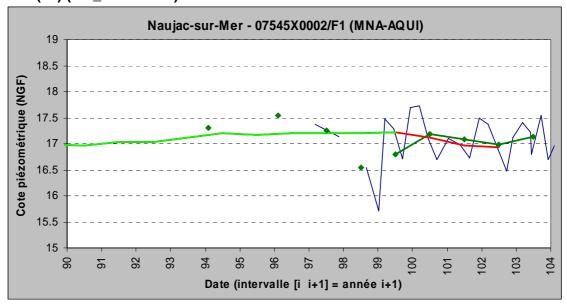


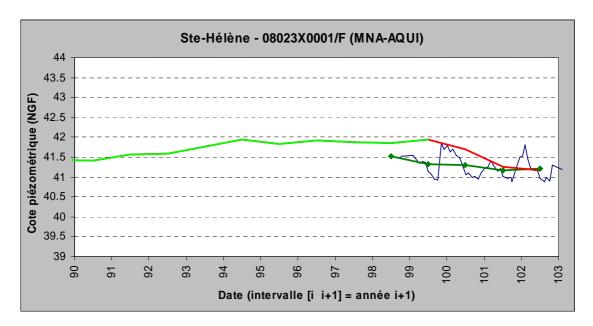
Nappe de l'Aquitanien-Burdigalien

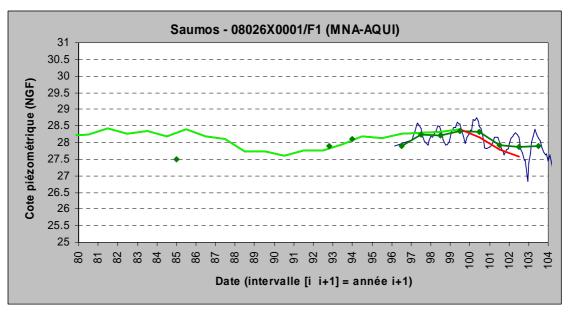
MNA-AQUI

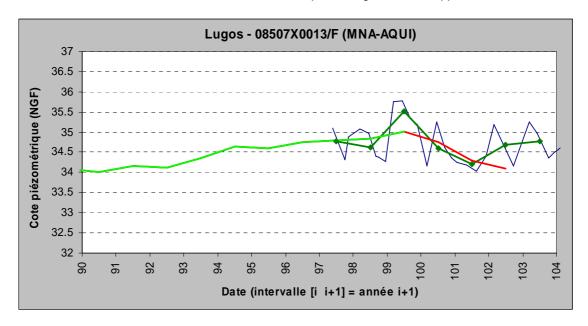


Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Aquitanien-Burdigalien actualisées

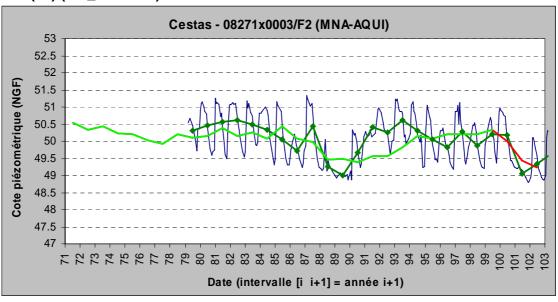




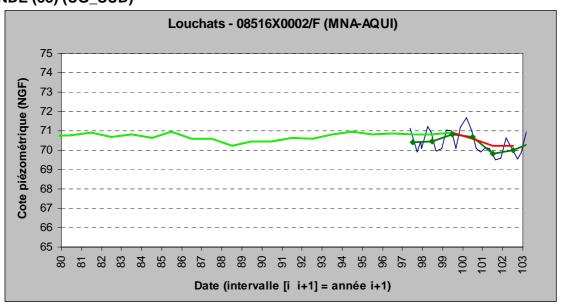


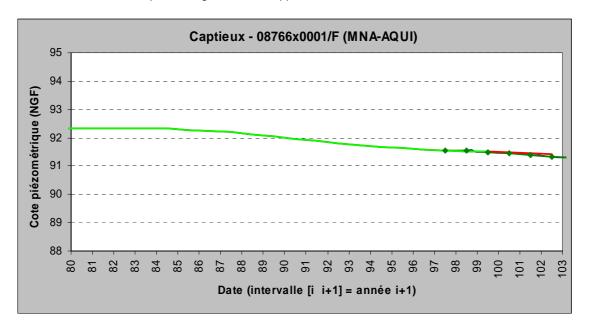


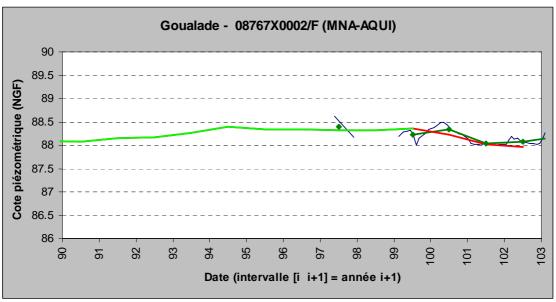
GIRONDE (33) (UG_CENTRE)



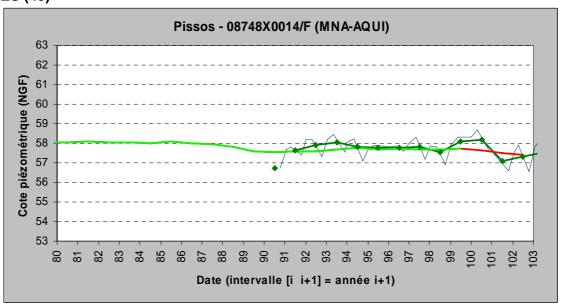
GIRONDE (33) (UG_SUD)

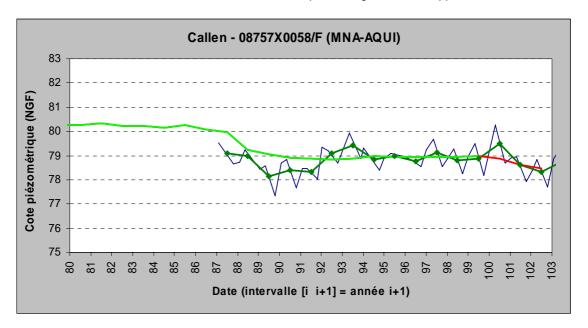


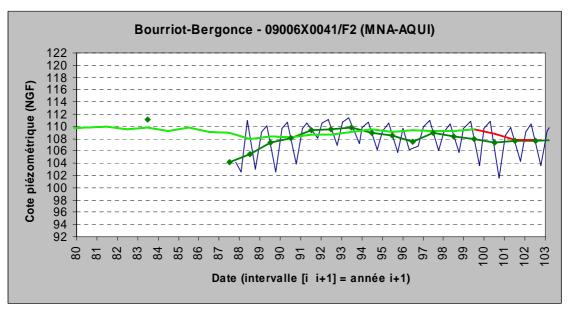


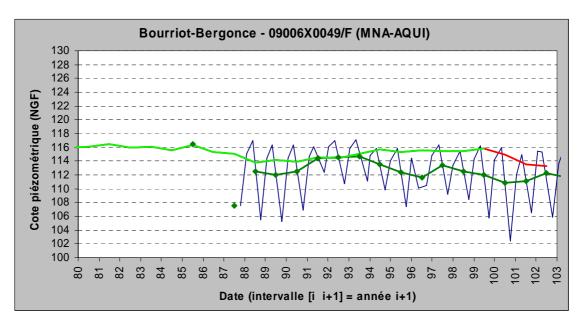


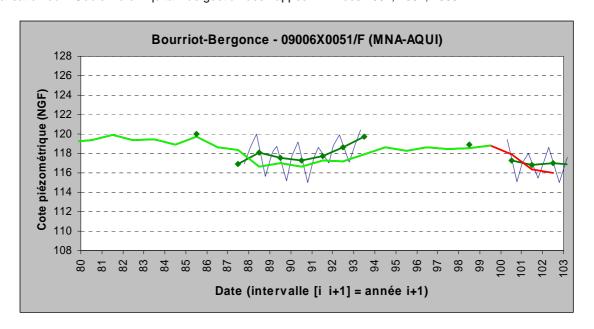
LANDES (40)

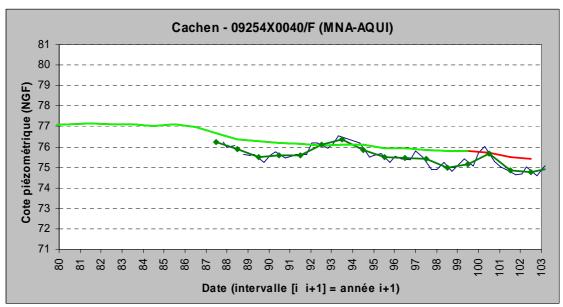


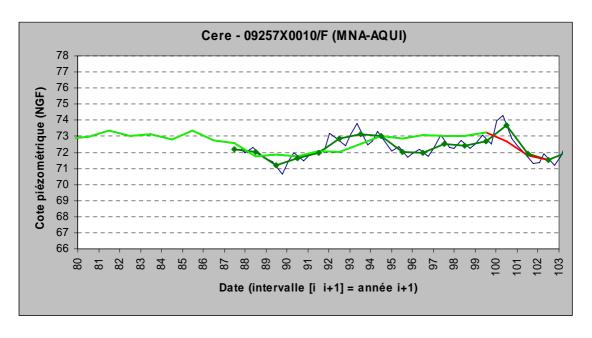


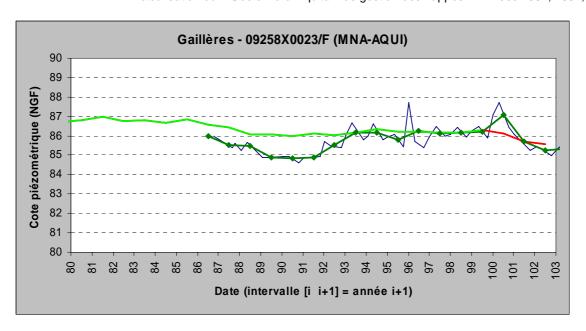


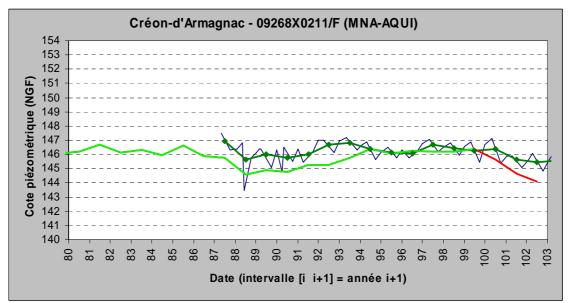


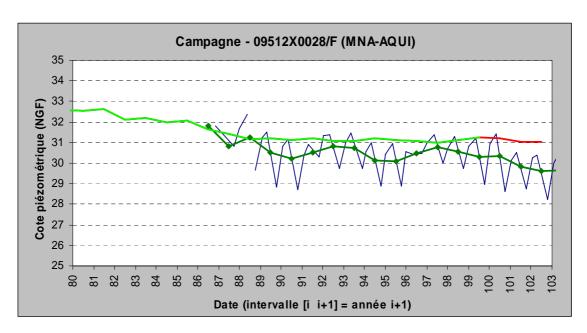


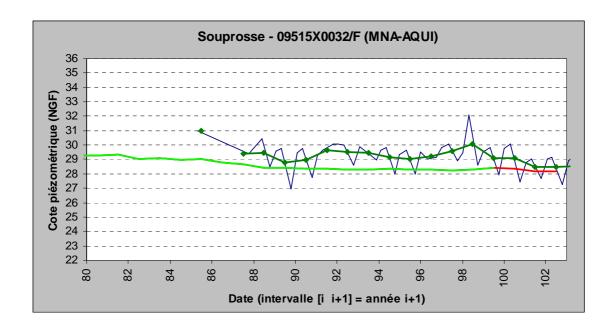






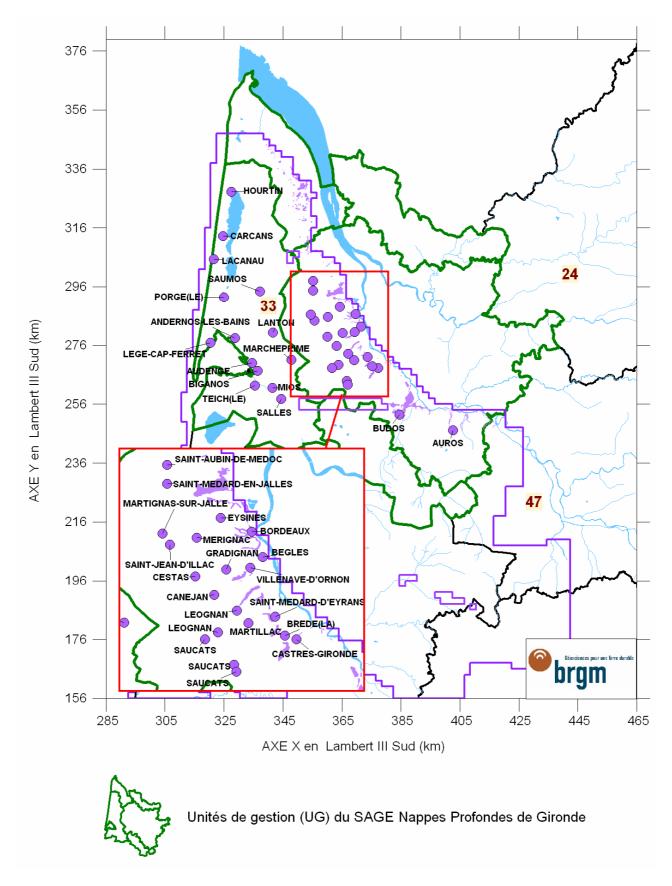




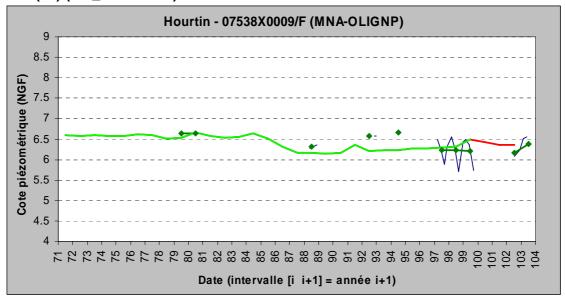


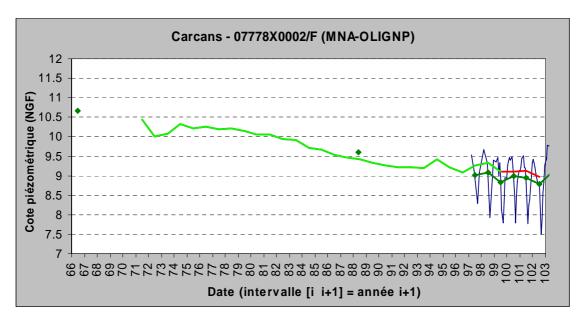
Nappe de l'Oligocène

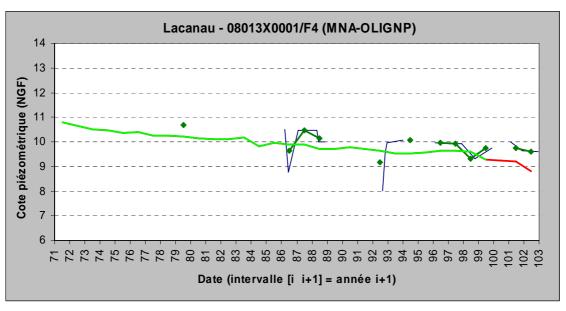
MNA-OLIGNP

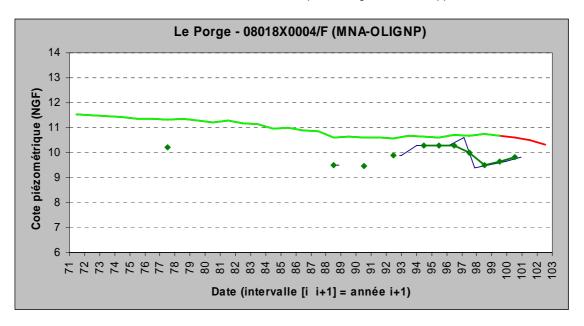


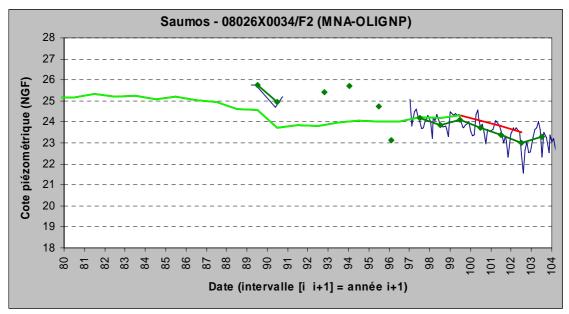
Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Oligocène actualisées

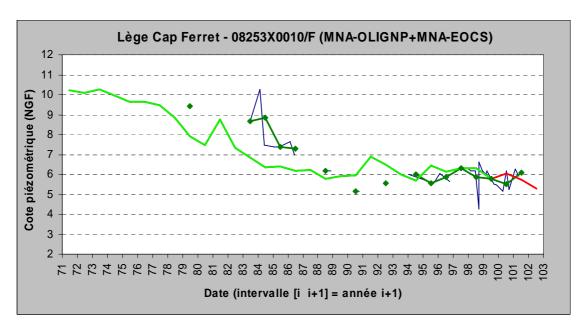


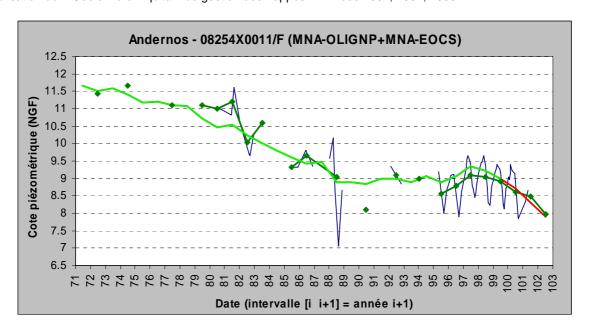


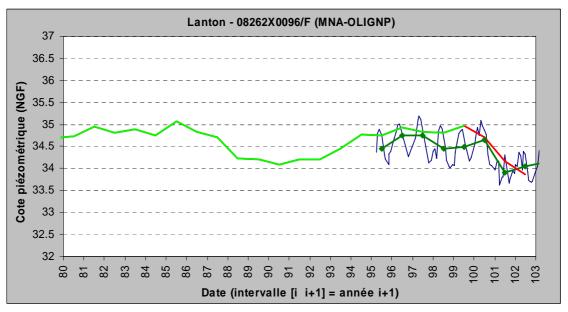


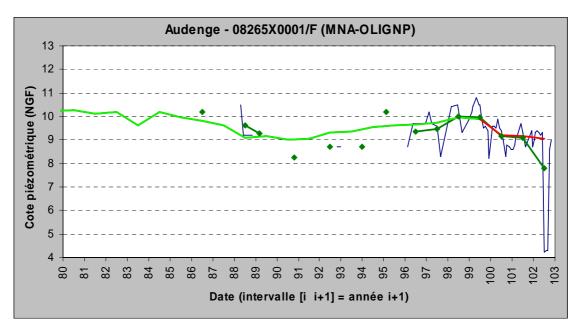


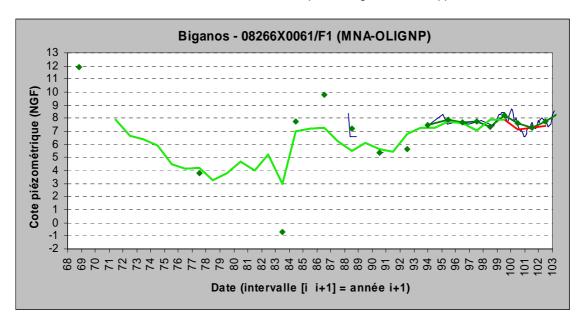


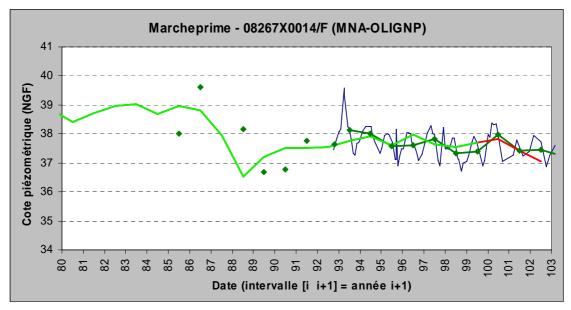


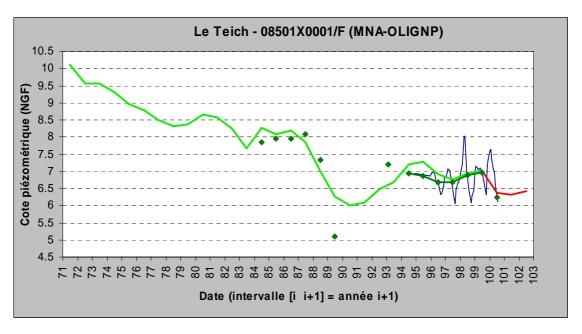


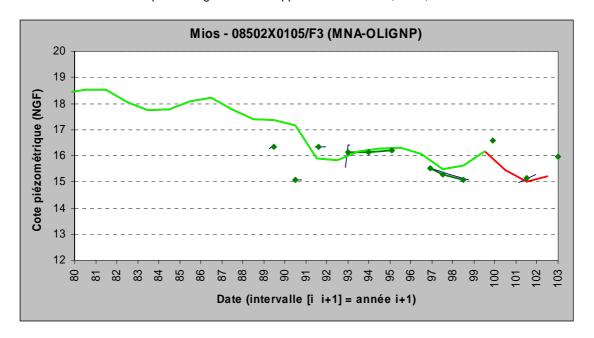


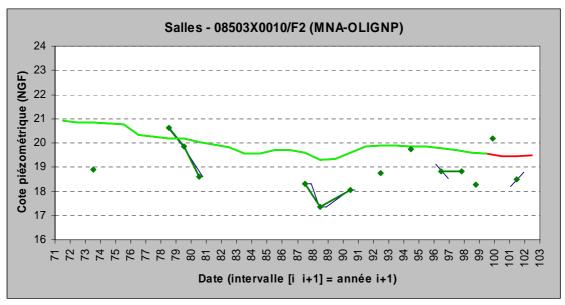




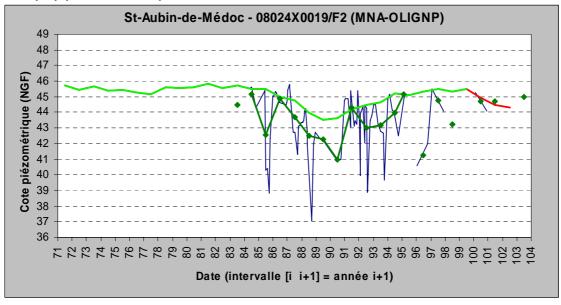


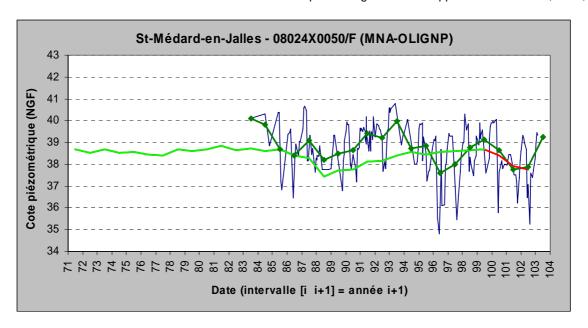


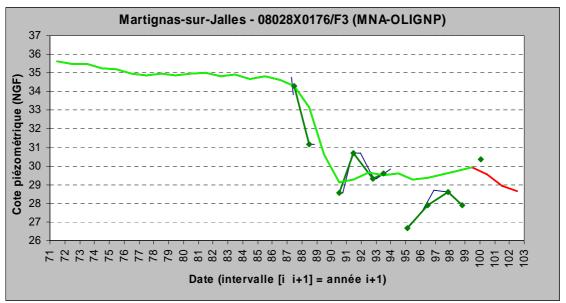


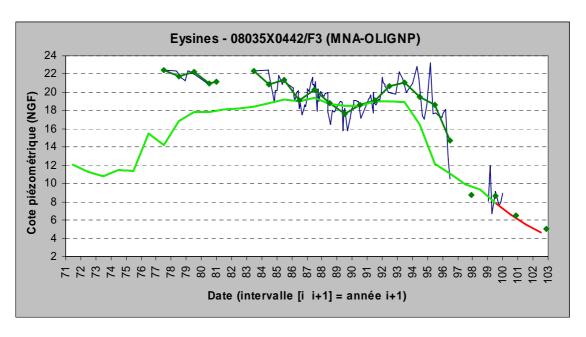


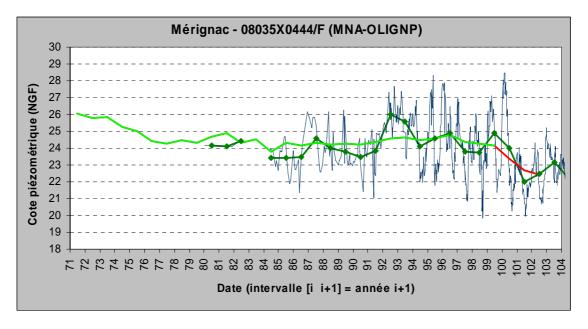
GIRONDE (33) (UG_CENTRE)

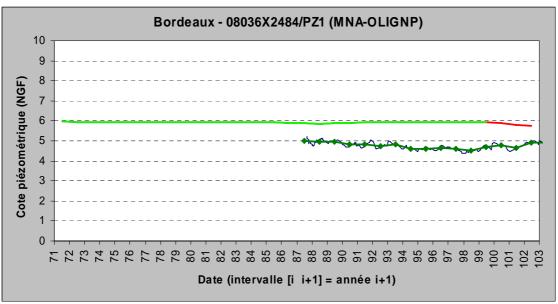


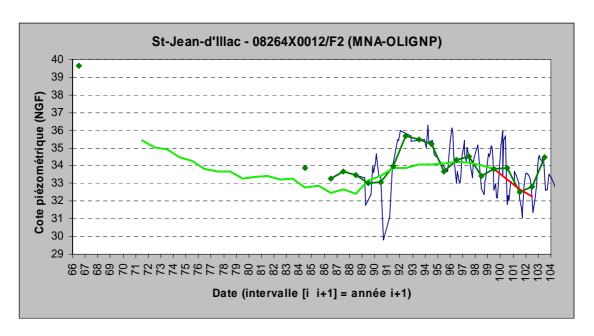


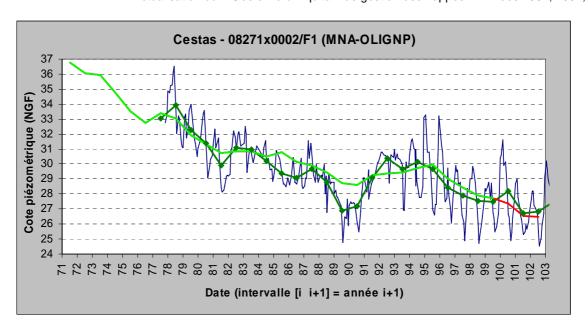


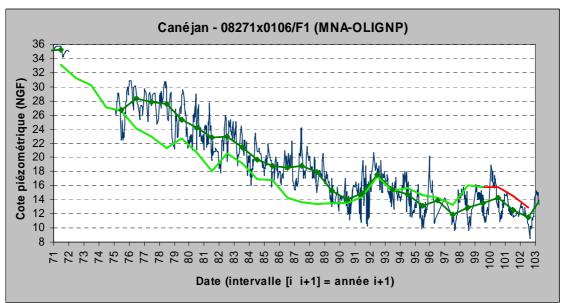


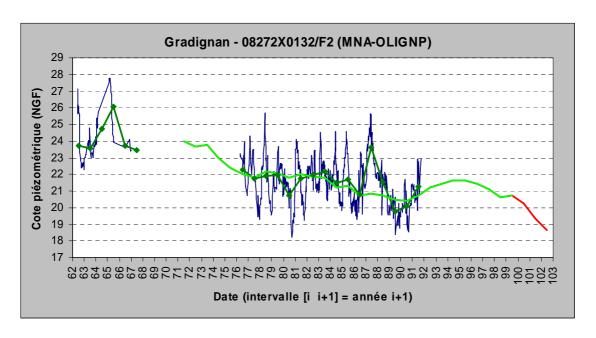


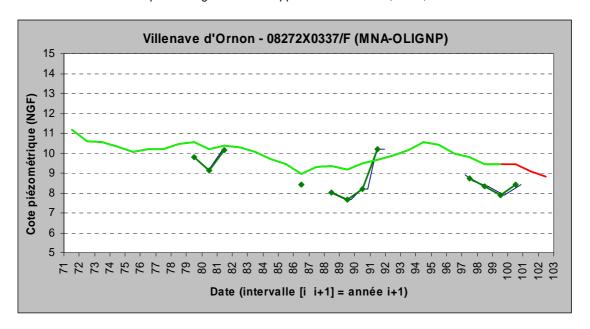


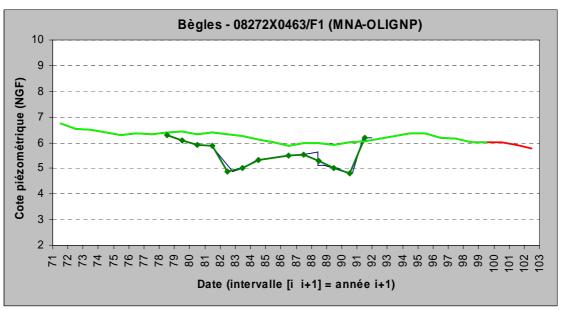


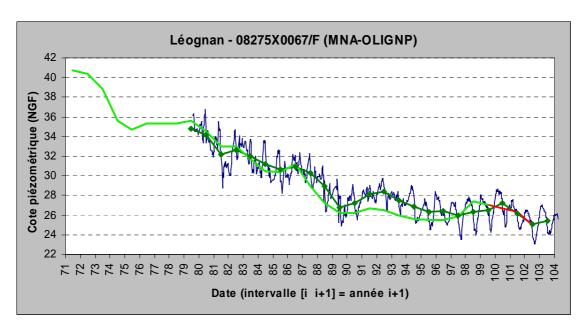


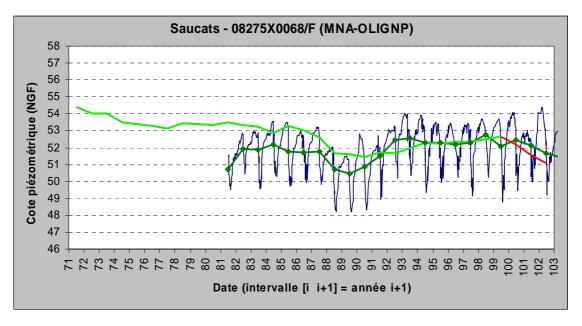


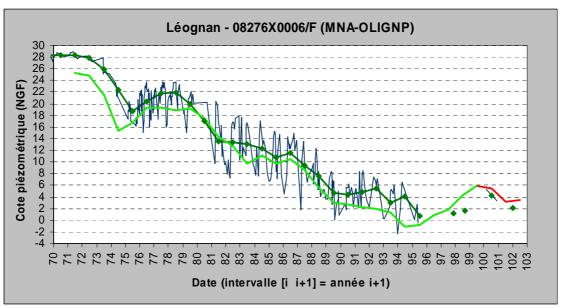


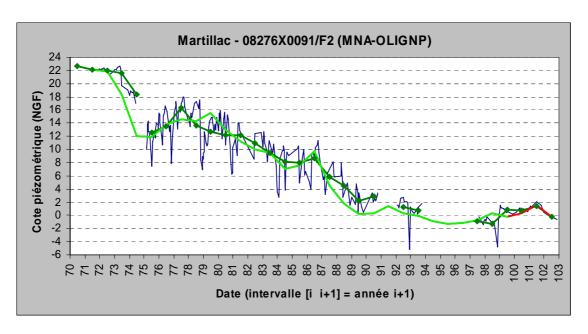


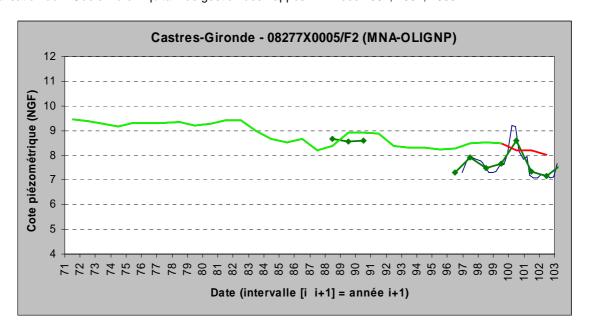


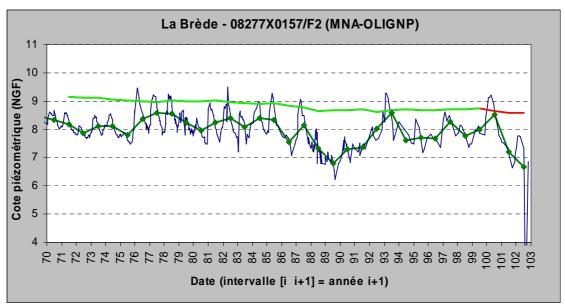


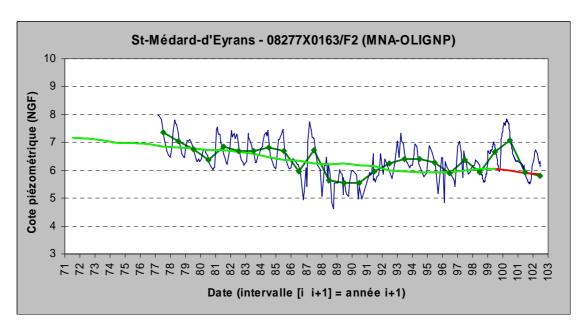


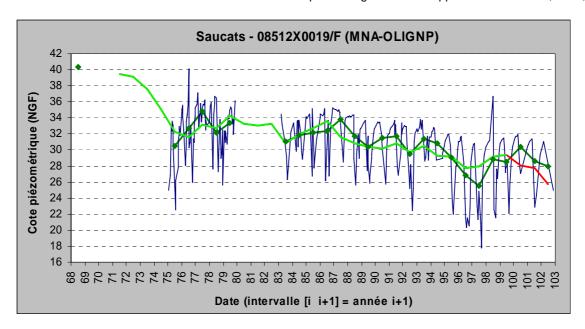


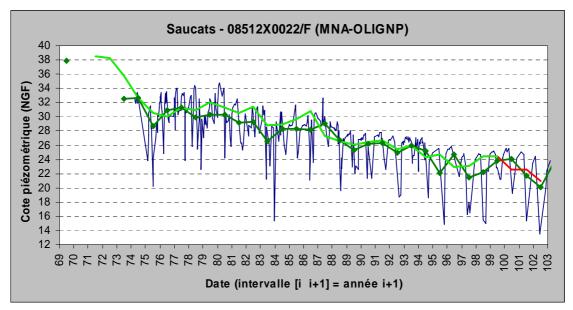


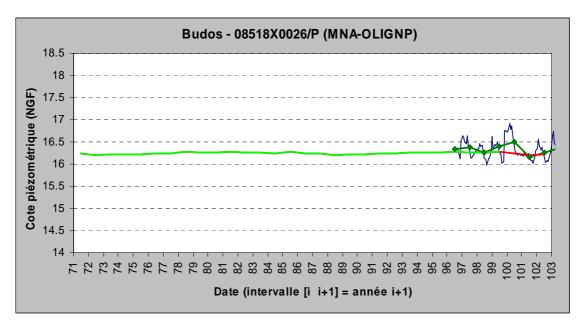


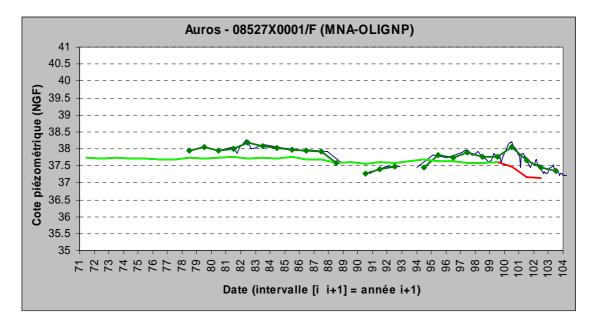






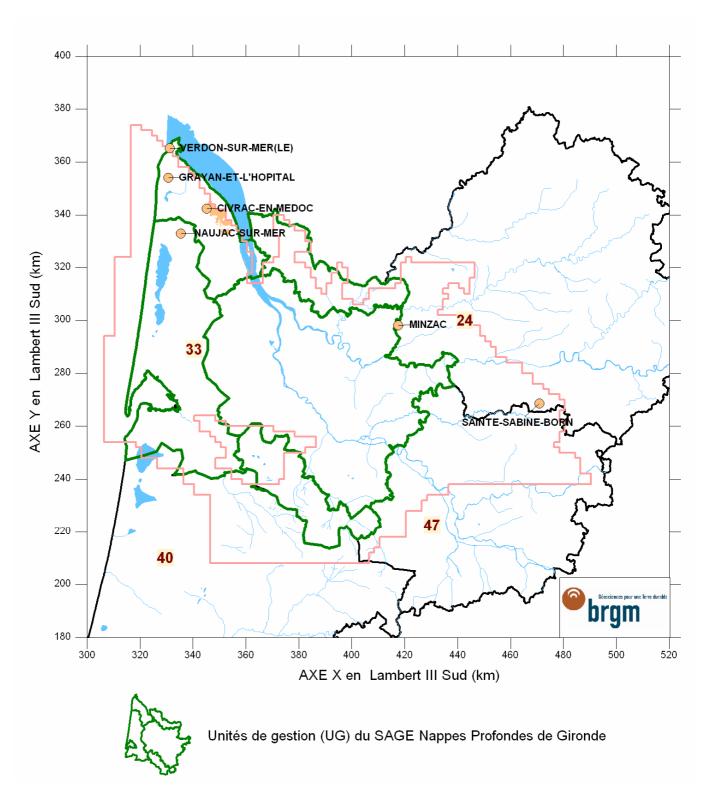




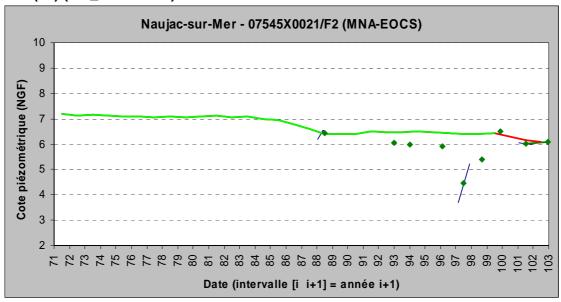


Nappe de l'Eocène supérieur

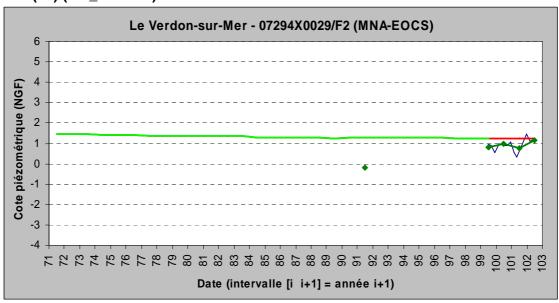
MNA-EOCS

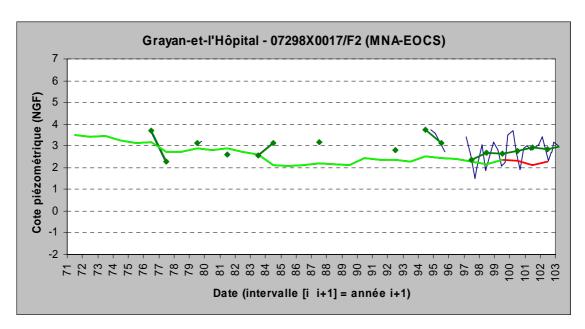


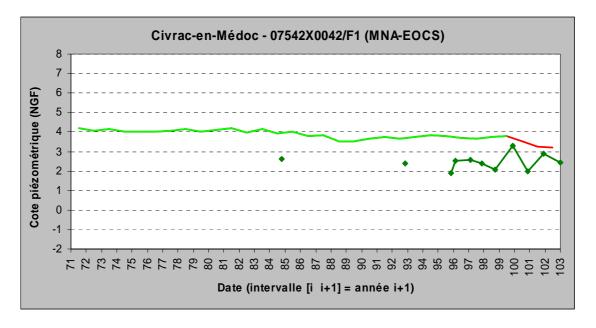
Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Eocène supérieur actualisées



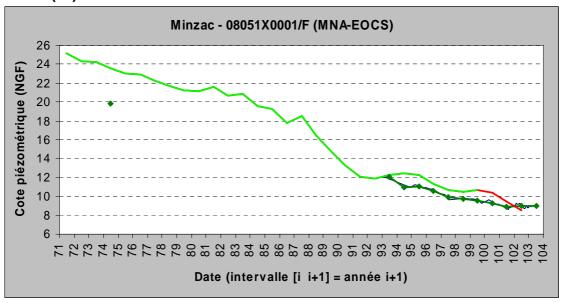
GIRONDE (33) (UG_MEDOC)

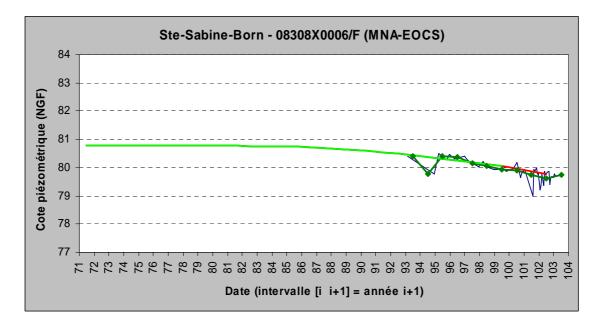






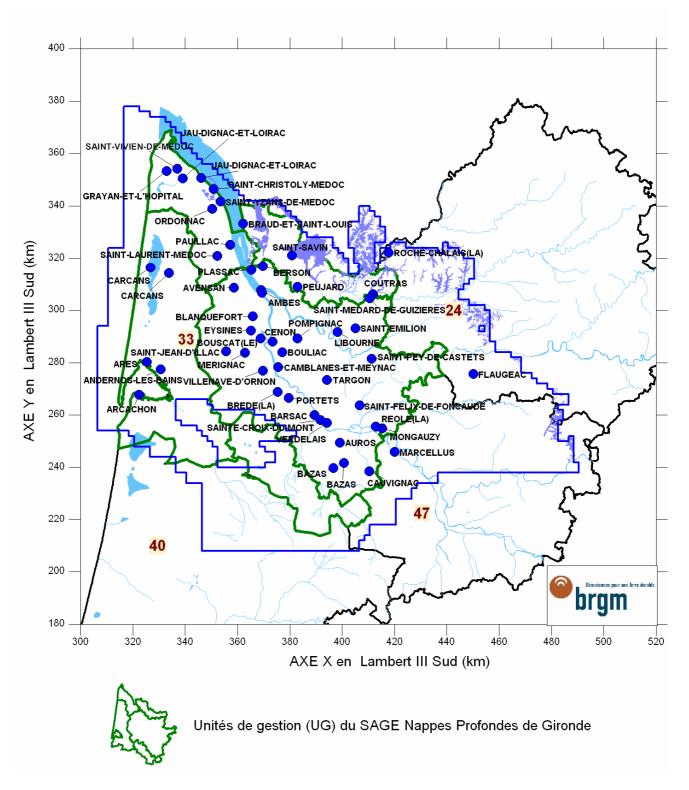
DORDOGNE (24)



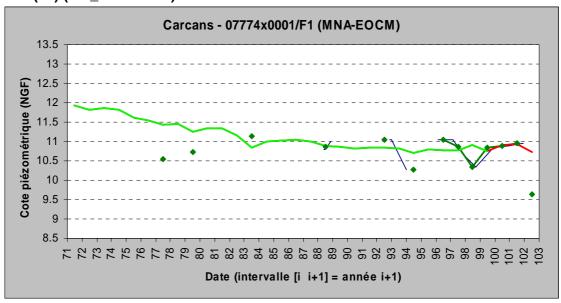


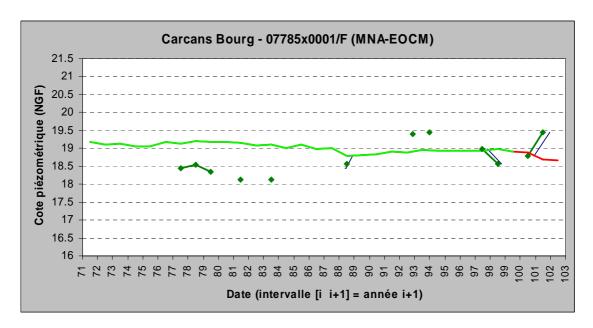
Nappe de l'Eocène moyen

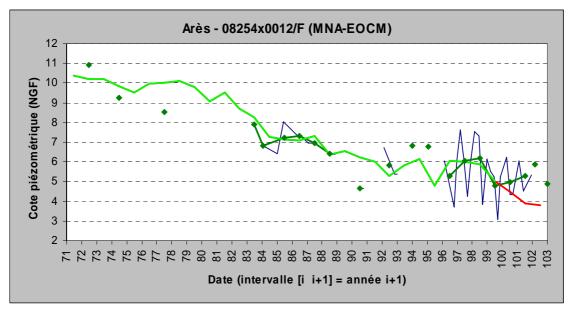
MNA-EOCM

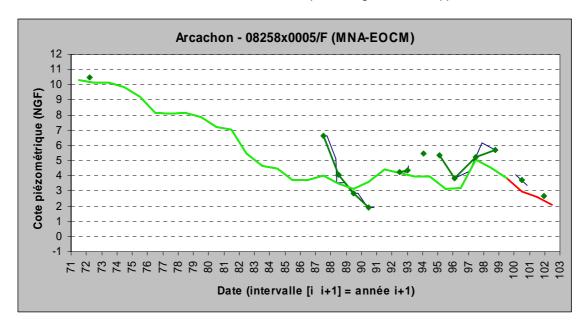


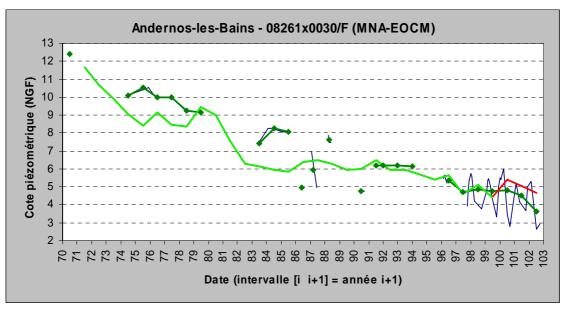
Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Eocène moyen actualisées



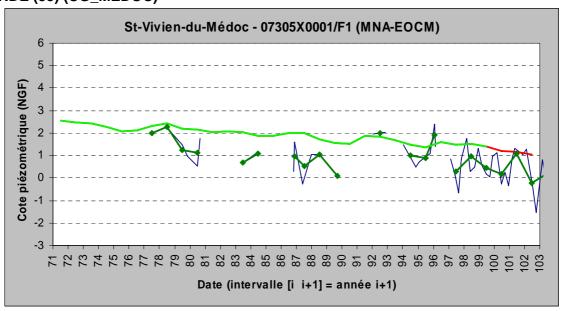


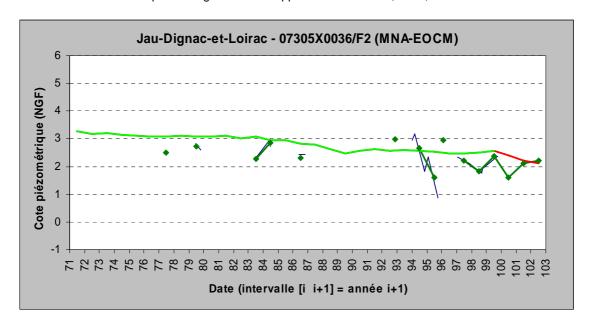


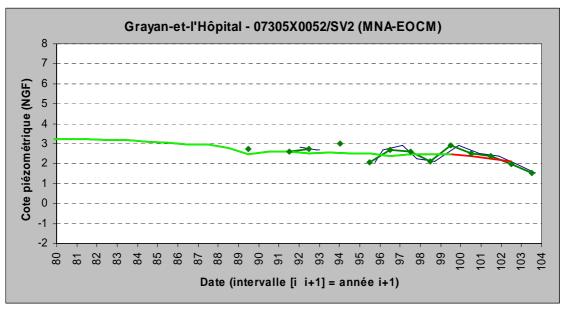


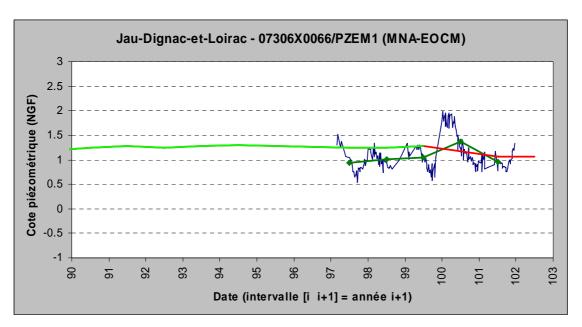


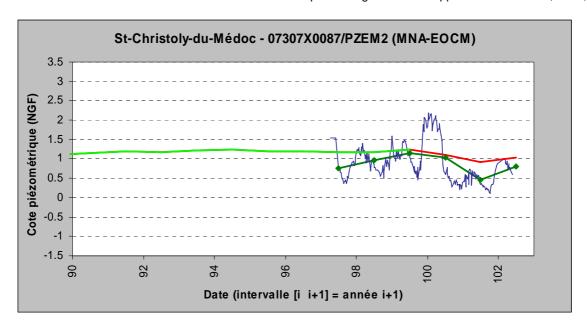
GIRONDE (33) (UG_MEDOC)

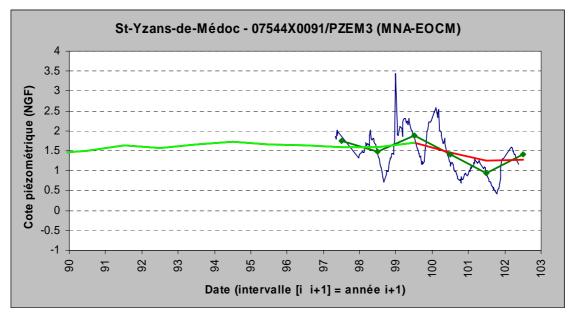


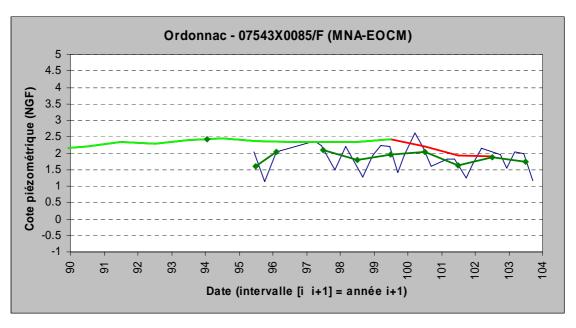


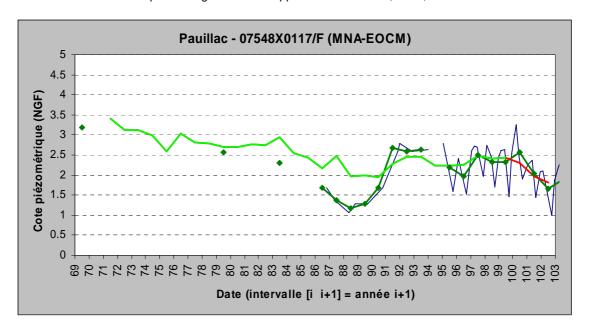


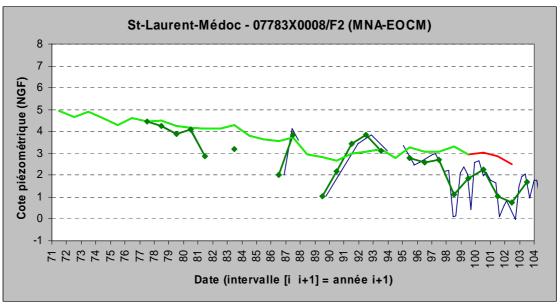




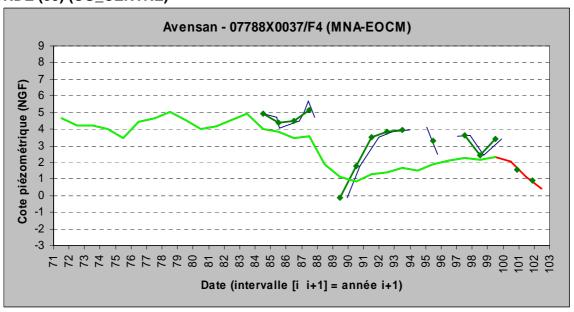


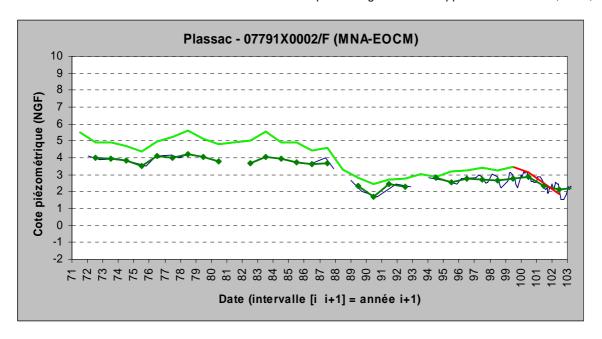


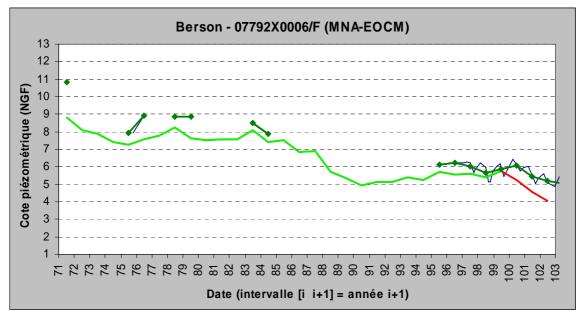


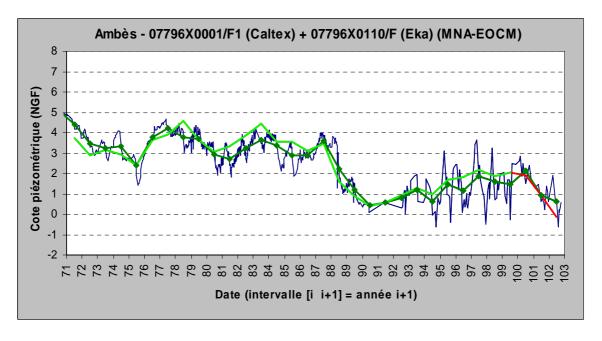


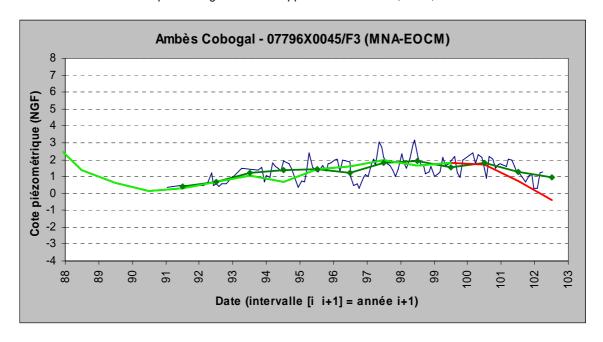
GIRONDE (33) (UG_CENTRE)

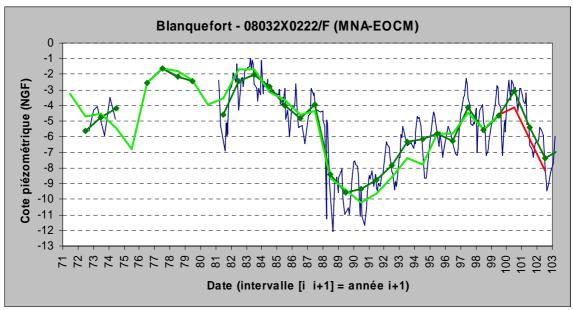


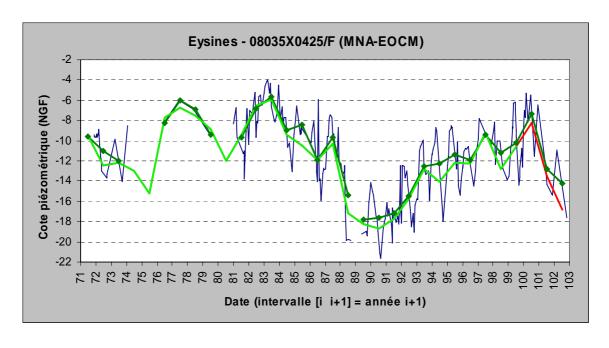


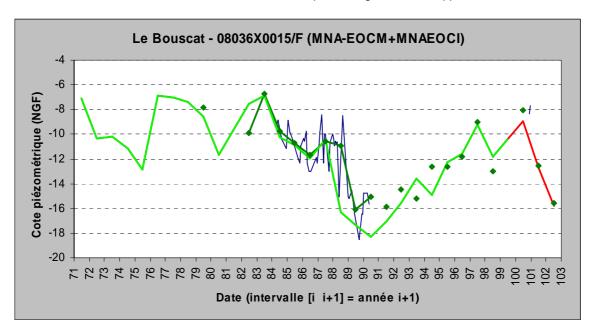


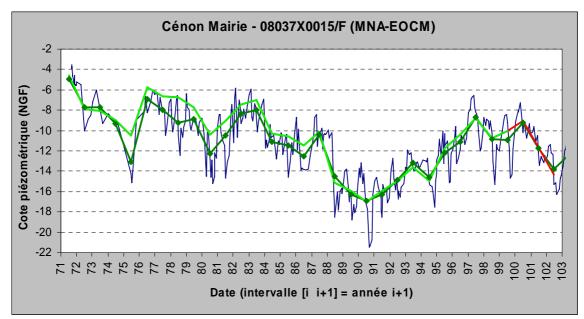


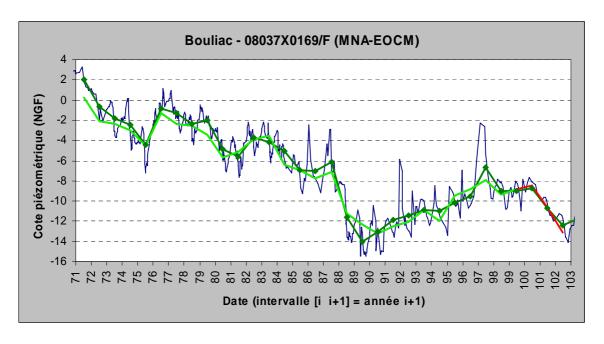


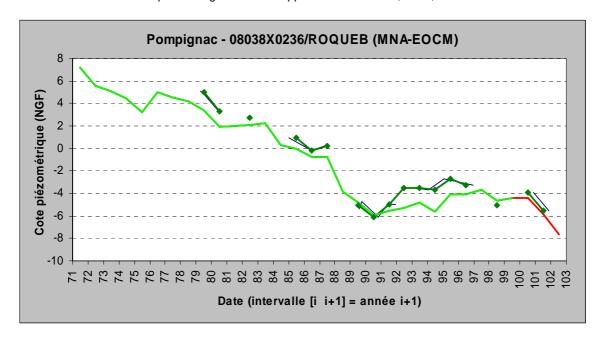


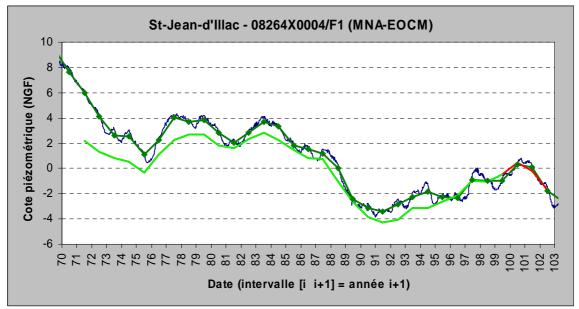


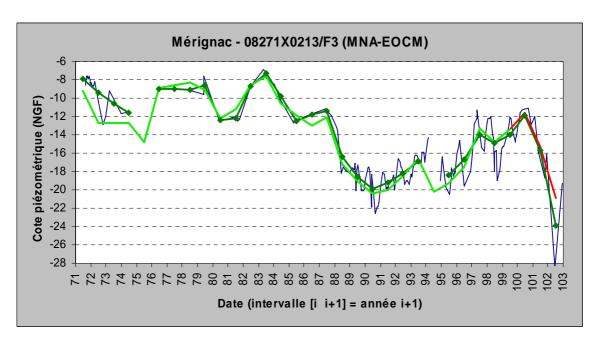


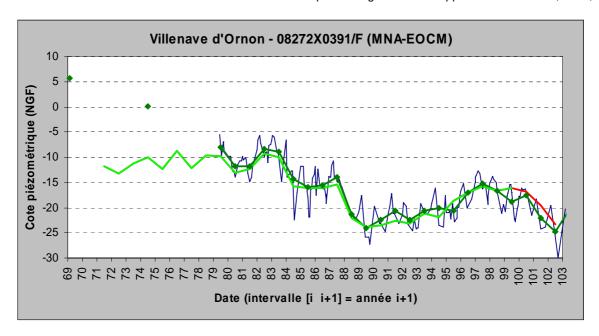


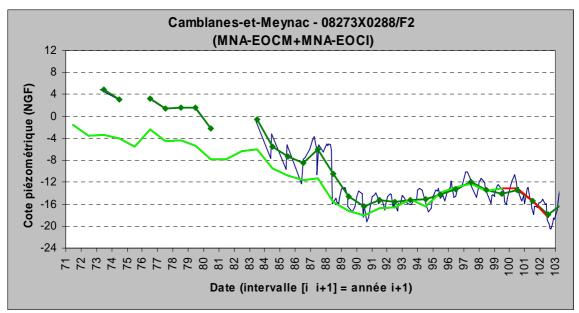


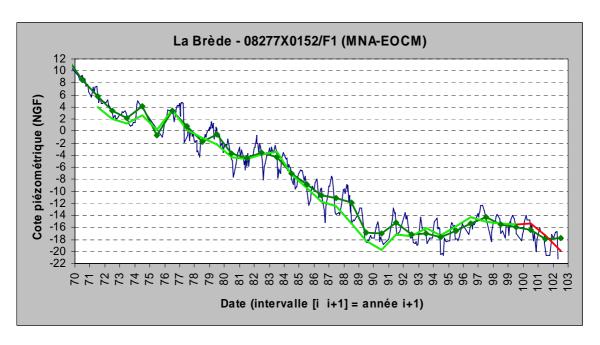


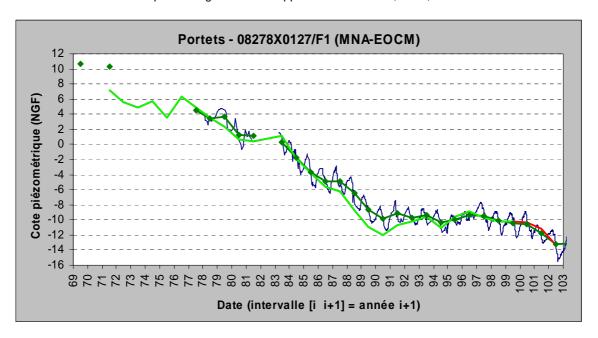


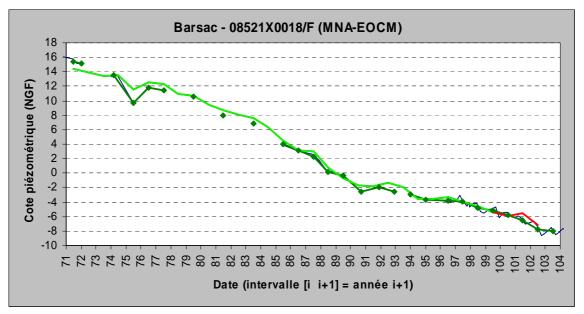


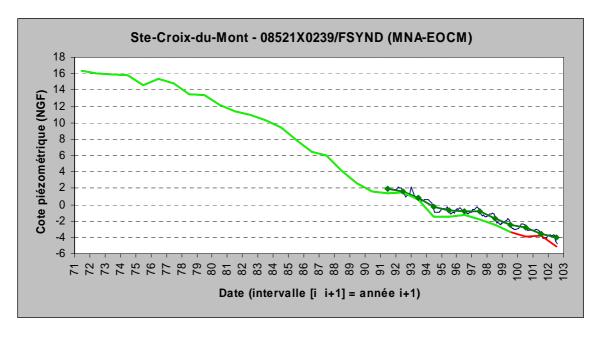


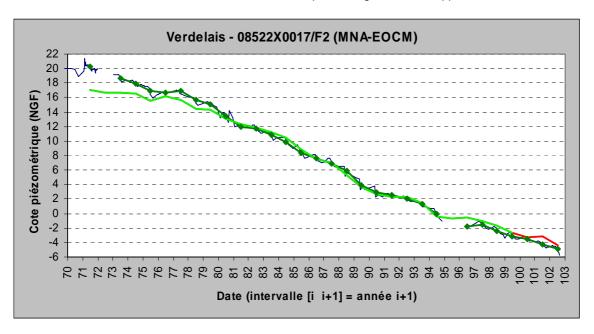


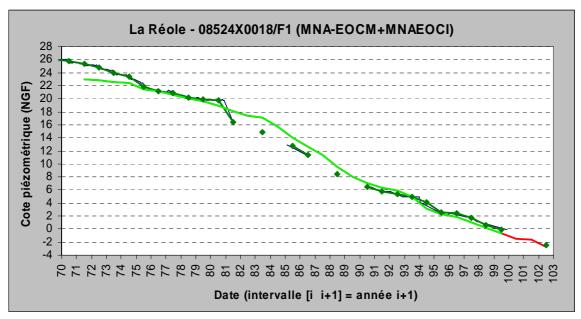


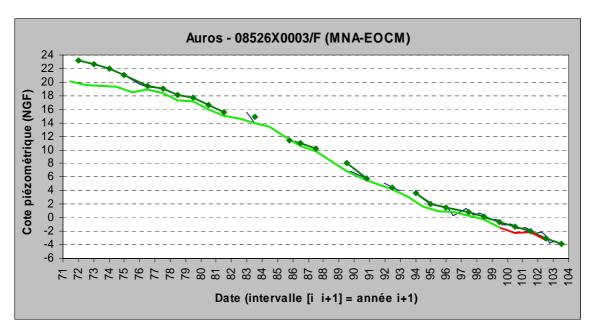


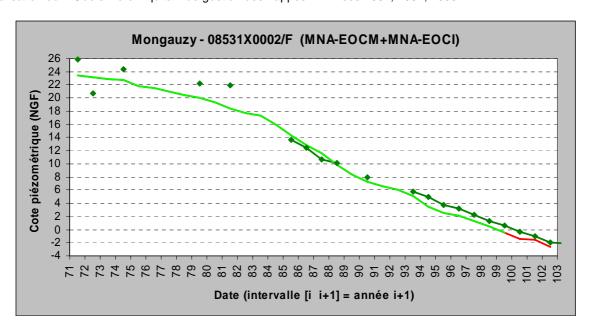


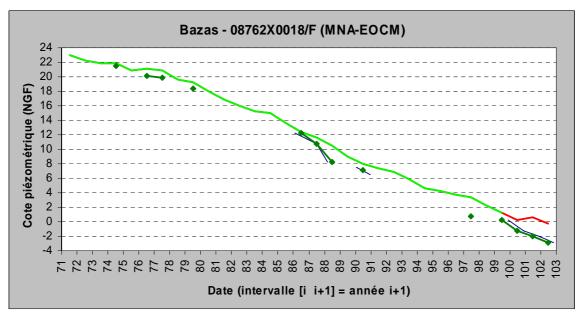


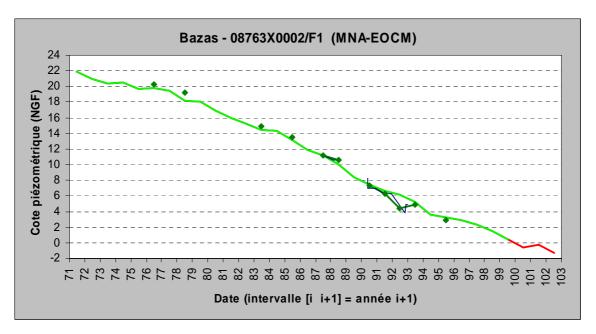


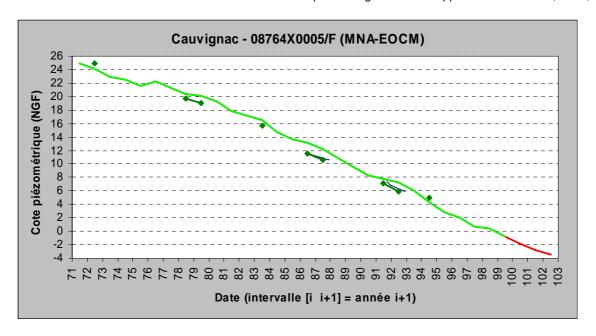




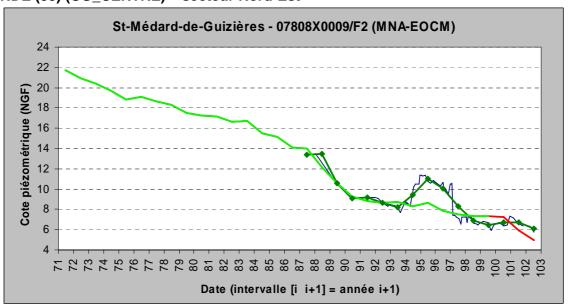


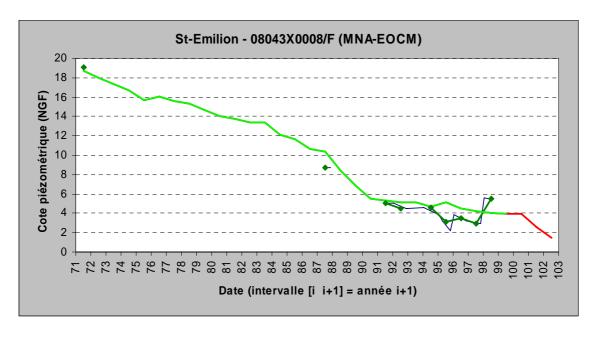


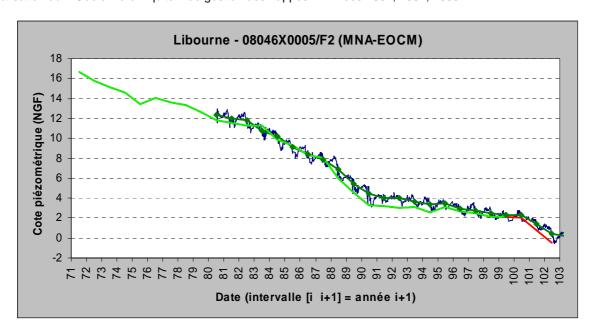


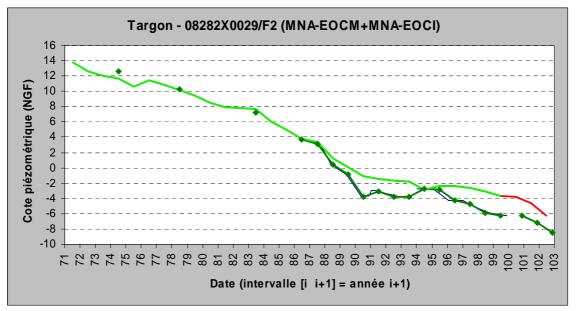


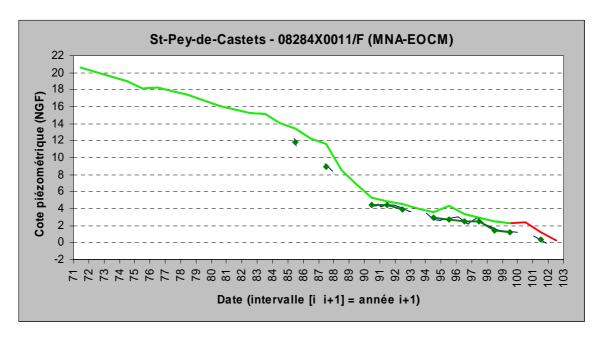
GIRONDE (33) (UG_CENTRE) - secteur Nord-Est

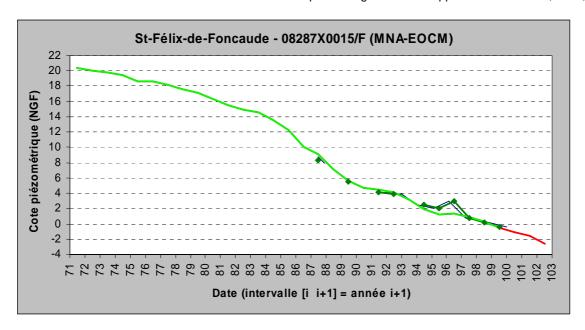




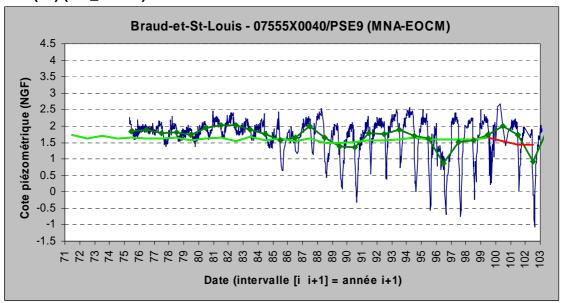


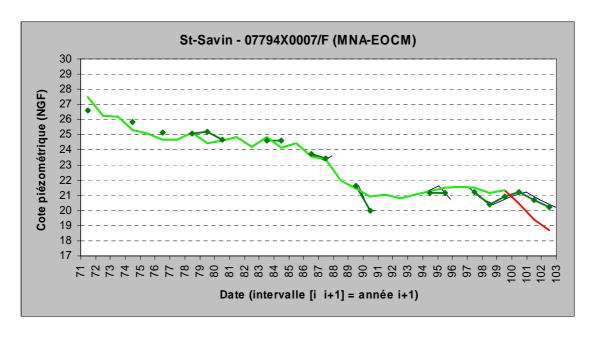


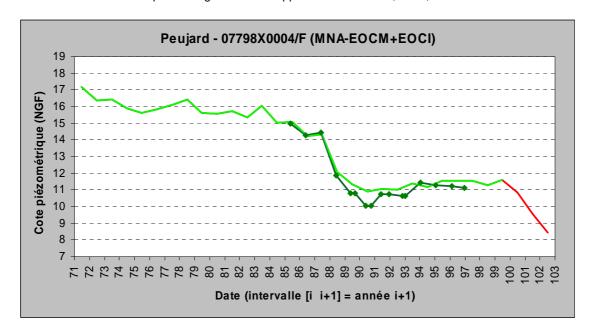


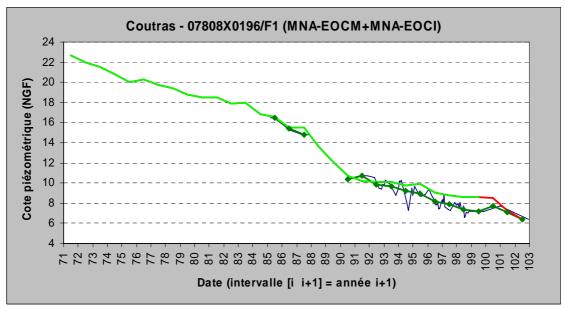


GIRONDE (33) (UG_NORD)

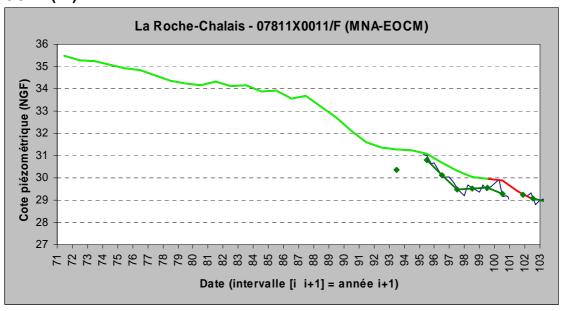


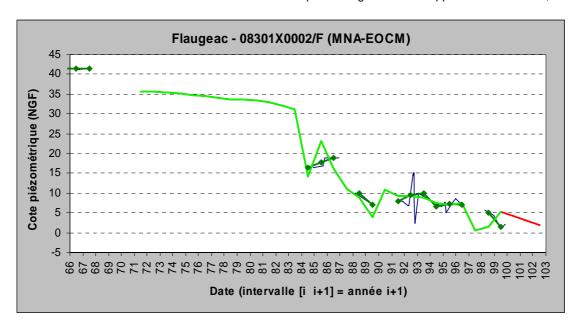




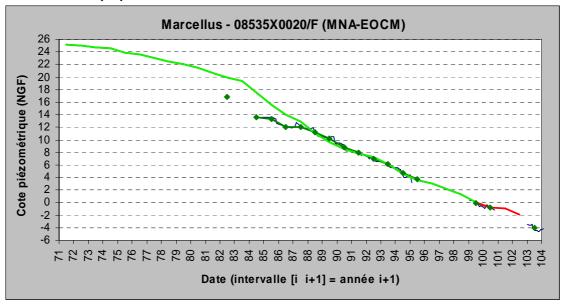


DORDOGNE (24)





LOT-ET-GARONNE (47)



Nappe de l'Eocène inférieur

MNA-EOCI

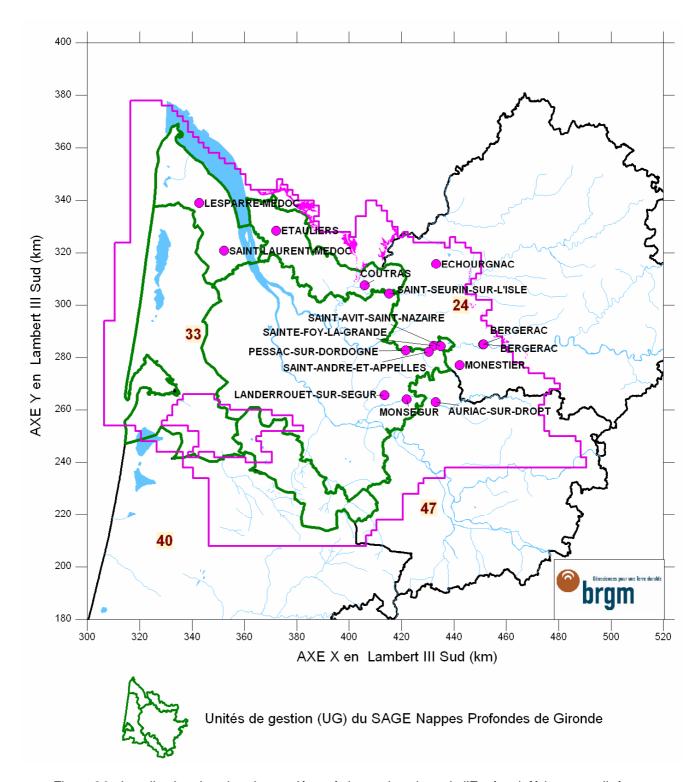
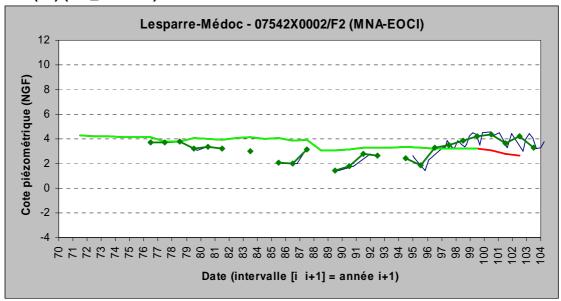
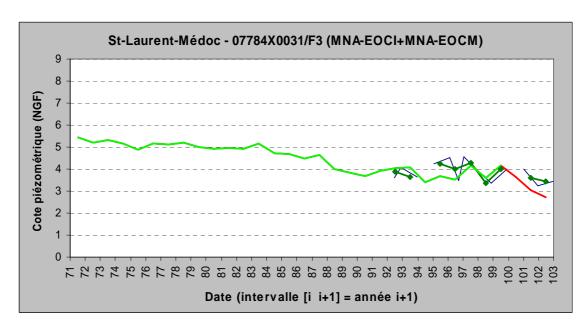


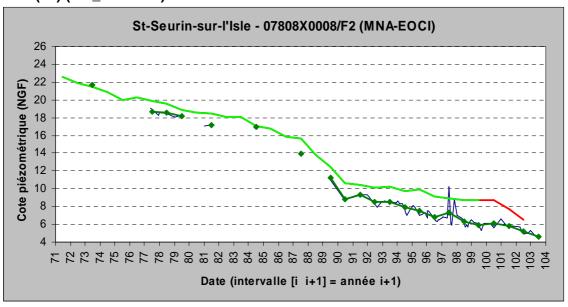
Figure 26 : Localisation des chroniques piézométriques de calage de l'Eocène inférieur actualisées

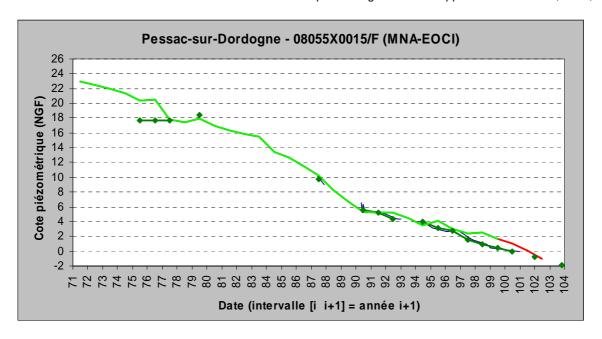
GIRONDE (33) (UG_MEDOC)

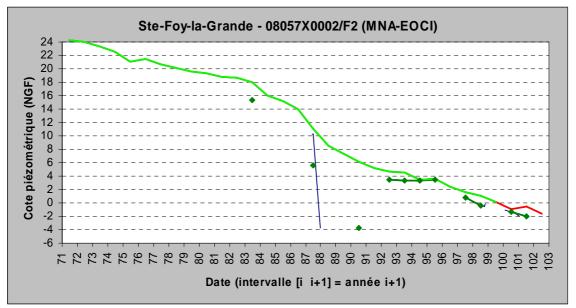


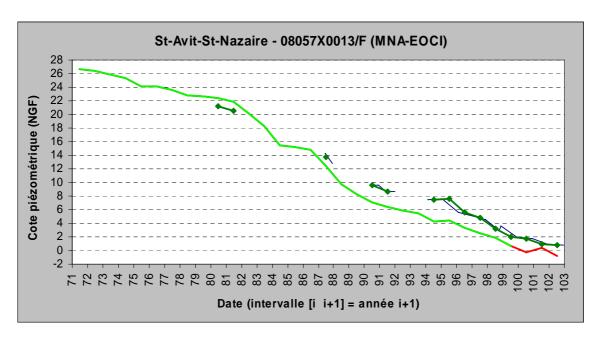


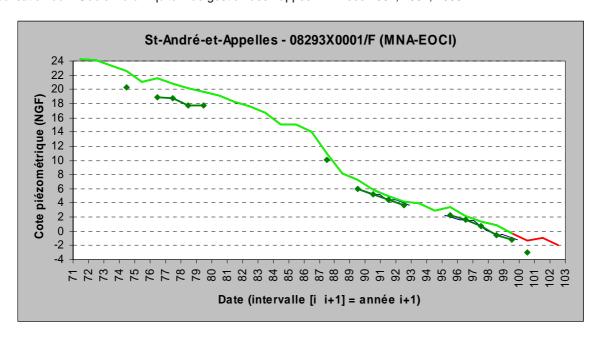
GIRONDE (33) (UG_CENTRE)

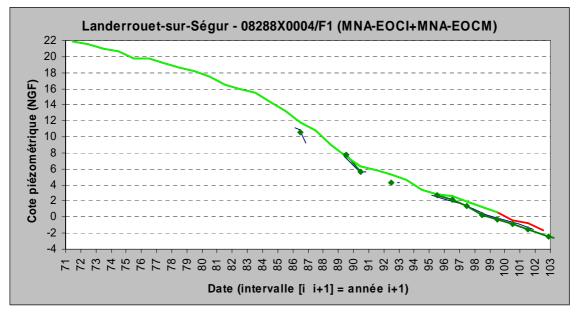


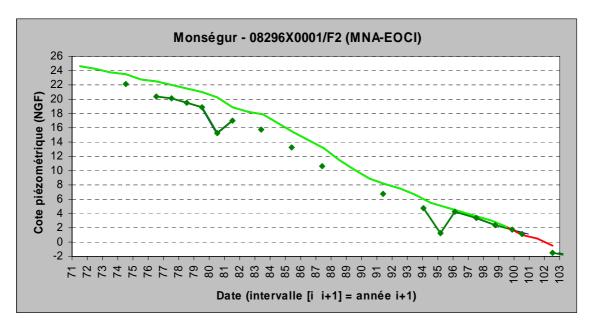




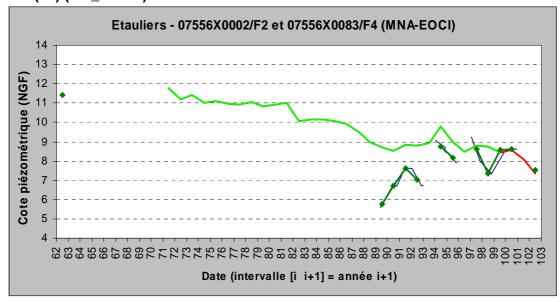


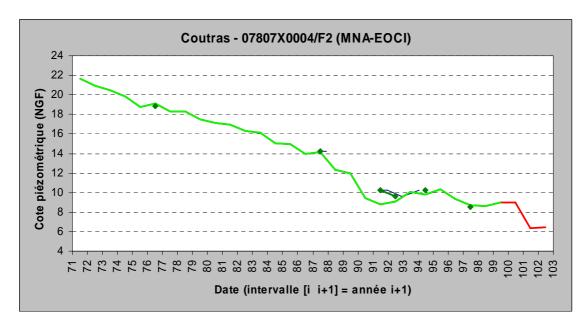




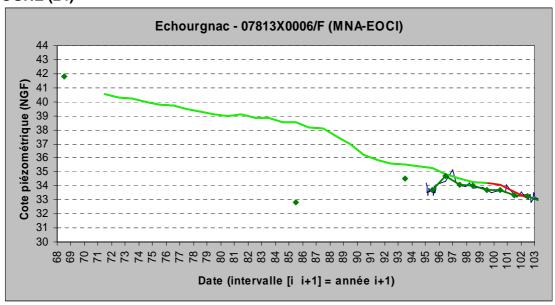


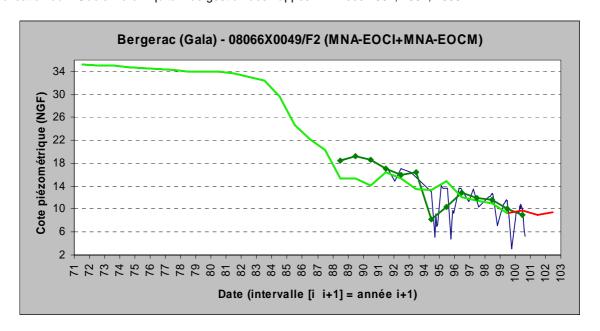
GIRONDE (33) (UG_NORD)

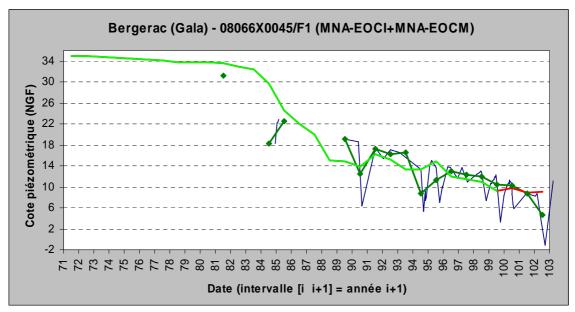


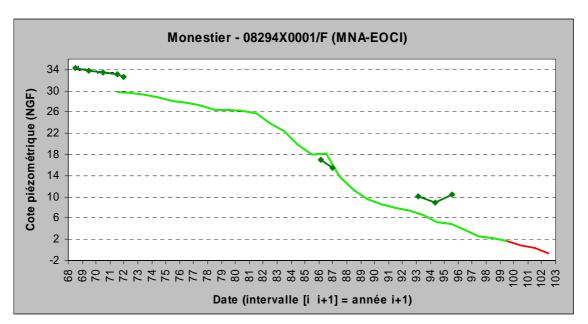


DORDOGNE (24)

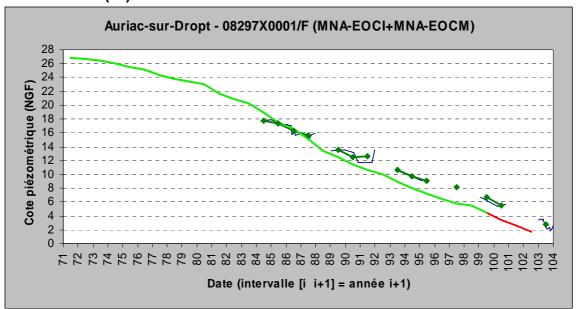






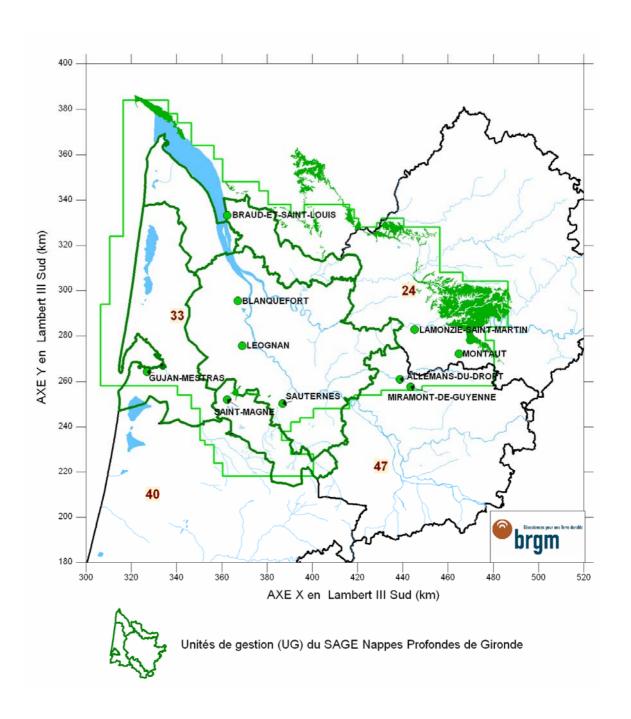


LOT-ET-GARONNE (47)



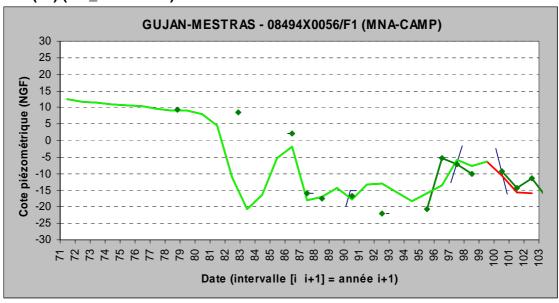
Nappe du Campano-Maastrichtien

MNA-CAMP

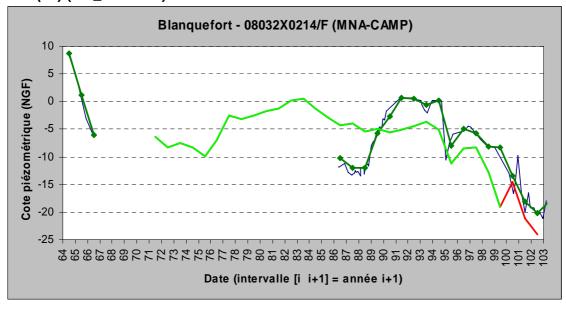


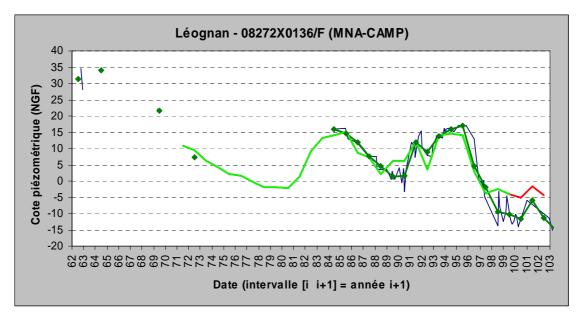
Localisation des chroniques piézométriques de calage du Campano-Maastrichtien actualisées

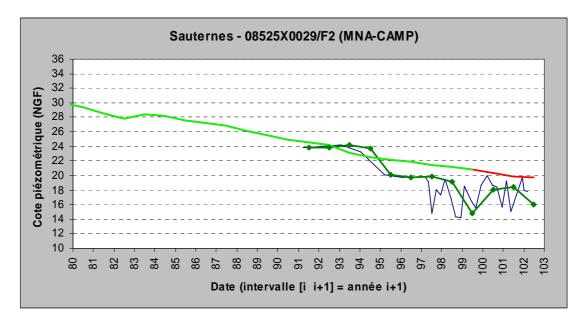
GIRONDE (33) (UG_LITTORAL)



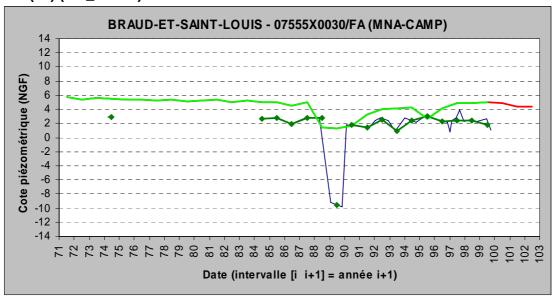
GIRONDE (33) (UG_CENTRE)



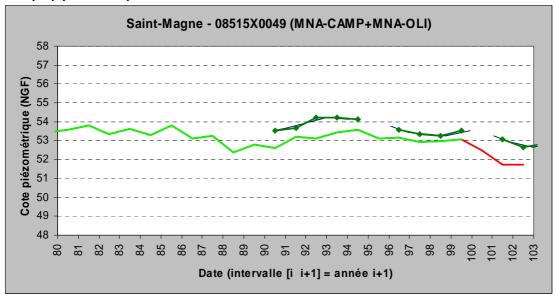




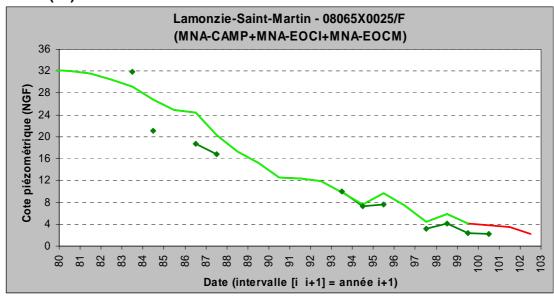
GIRONDE (33) (UG_NORD)

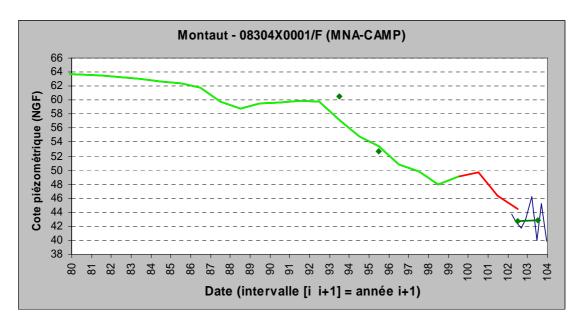


GIRONDE (33) (UG_SUD)

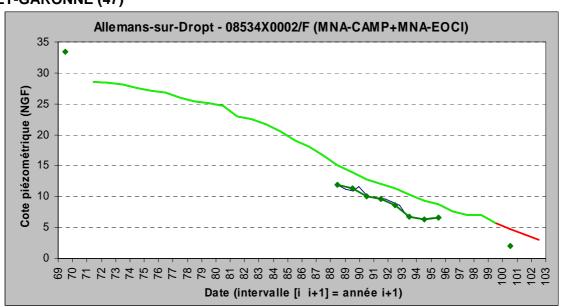


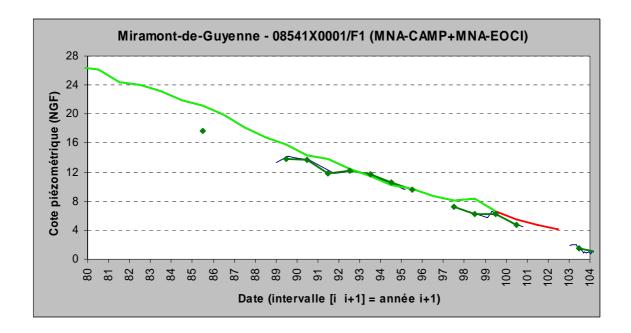
DORDOGNE (24)





LOT-ET-GARONNE (47)





24, Avenue Léonard de Vinci 33600 – Pessac - France Tél.: 05 57 26 52 70