

A solid green square is located to the left of the main title.

# Conceptualisation de l'écoulement des eaux de la nappe du Tarat sur le secteur de la SOMAIR

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU **MASTER D'INGENIERIE**

**OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES (eaux souterraines)**

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 20 Juin 2013 par  
**MAMAN SANI HINSA Rachid**

**Travaux dirigés par : Farook ASSALACK**

Hydrogéologue Areva Mines Niger

**Dr. Mahamadou KOITA**

Enseignant –chercheur à la fondation 2iE  
CCREC

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Angelbert BIAOU**

Membres et correcteurs : **Dr. Mahamadou KOITA**

**Dr. Issouf KOUSSOUBE**

**Farook ASSALACK**

**Promotion 2012/2013**

Dédicaces

Ce travail est dédié à:

☞ **Ma mère Fati MOUNKAILA**

☞ **Mon père Maman Sani HINSA**

**Remerciement**

Je ne saurais présenter ce travail sans commencer par remercier M. Anthony LE BEUX, Expert Géosciences Mines, chef de projet AMAN qui a bien voulu me témoigner de sa confiance en me confiant cette étude et qui a été d'un concours indispensable dans son aboutissement.

Ces remerciements s'adressent également à mes encadreurs Mahamadou KOITA et Farook ASSALACK qui se sont montrés très disponibles et ce, de façon volontariste, quoique toujours occupés par leurs activités, qu'ils trouvent ici l'expression de ma très profonde reconnaissance pour la disponibilité sans faille consacrée à l'encadrement de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à M. AMADOU Boubacar, pour sa disponibilité, ses conseils et aussi pour m'avoir facilité l'acquisition des données au niveau de la Somaïr.

Mes sincères remerciements vont également à M. SEYNI KOUDOU Soumana et M. MAFAKI MAHAMADOU Abibou pour leur apport technique dans l'accomplissement de ce travail.

Je tiens aussi à remercier mon oncle M. Hima DJOULA pour ses conseils et son soutien moral

Je voudrai aussi remercier l'administration, les enseignants et les étudiants du 2<sup>ie</sup> pour leur disponibilité, la qualité de formation et la bonne collaboration.

Ma pensée va également à l'endroit de toute l'équipe géosciences AREVA Mines NIGER pour la bonne compréhension durant mon stage à sa tête M. HAROUNA SEYNI MOROU chef géologue, responsable exploration et développement.

J'adresse aussi mes remerciements à toute la communauté nigérienne au 2<sup>ie</sup> pour leur soutien et conseil.

Mes vifs remerciements à ma famille et mes amis qui m'ont soutenu durant toutes mes études.

Enfin ma grande reconnaissance au Tout Puissant ; qu'il nous couvre de sa grâce infinie.

## RESUME

Le Tarat qui est l'aquifère renfermant en même temps la couche minéralisée de l'uranium qu'exploite la SOMAIR constitue un obstacle aux travaux miniers de la SOMAIR. En effet la minéralisation se trouve à quelques endroits sous le niveau de la nappe. Pour anticiper les secteurs de l'exploitation minière future qui devront se dérouler sous le niveau de la nappe, une synthèse des connaissances concernant l'hydrogéologie et la géologie de l'ensemble de la région a été réalisée. Par la suite, des chroniques piézométriques, des coupes géologiques ainsi que des cartes piézométriques ont été réalisées sur la zone d'étude. Ce qui a permis non seulement de voir l'évolution de la piézométrie depuis le début de l'exploitation minière, de déterminer les zones sèches et le rôle des failles majeures dans l'écoulement des eaux, mais aussi de localiser la minéralisation dans la formation du Tarat. Ce qui précède a permis d'identifier les zones susceptibles d'être dénoyées. Ainsi, Au niveau de la fosse d'Artois, essentiellement dans la partie centrale et Nord-Ouest, la surface piézométrique se situe au-dessus des niveaux minéralisés. Donc, un système de dénoyage s'avère nécessaire pour son exploitation. Le dénoyage des futures fosses de Tamgak-Taossa devra être géré en albraque, à l'avancement des travaux d'exploitation. S'agissant de la fosse de Nord Taza, la surface piézométrique de la nappe du Tarat se trouve en dessous des niveaux minéralisés, ce qui permet de mener facilement les travaux de découverte.

## **ABSTRACT**

Tarat which is the aquifer containing at the same time the mineralized layer some uranium which exploits the SOMAIR constitutes an obstacle to the mining works of the SOMAIR. Indeed the mineralization is in some places under the level of the tablecloth. To anticipate the sectors of the future mining which will have to take place under the level of the tablecloth, a synthesis of the knowledge concerning the hydrogeology and the geology of the whole region was realized. Afterward, water level columns, geological cuttings as well as water level map maps were realized on the zone of study. What allowed not only to see the evolution of the water level since the beginning of the mining, to determine dry areas and roles of the major weaknesses in the flow of waters, but also to localize the mineralization in the formation of Tarat. What proceeds allowed identifying area susceptible to be dewatered. So, at the level of the pit of Artois, essentially in the Central and northwest part, the water level surface is situated over the mineralized levels. Thus, a system of dewatering turns out to be necessary for its exploitation. The dewatering of the future pits of Tamgak-Taossa must be managed there albraque, in the progress of the works of exploitation. As regards the pit of the North Taza, the water level surface of the tablecloth of Tarat is below the mineralized levels, what allows leading easily the works of over draw.

**TABLE DES MATIERES**

Dédicaces.....	i
Remerciement.....	ii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
TABLE DES MATIERES.....	v
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	xi
AVANT PROPOS.....	xii
1. INTRODUCTION.....	1
2. GENERALITES.....	2
2.1. Présentation de la zone d'étude.....	2
2.1.1. Situation géographique.....	2
2.1.2. Contexte climatique.....	2
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	4
2.2.1. Cadre Géologique général.....	4
2.2.2. Cadre stratigraphique général.....	6
2.2.3. Lithostratigraphie du Tarat.....	8
2.2.4. Cadre tectonique.....	8
2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	10
2.3.1. Cadre hydrogéologique général.....	10
2.3.2. Cadre hydrogéologique local.....	10
3. MATERIELS ET METHODES.....	12
3.1. MATERIELS.....	12
3.1.1. Réseau de la surveillance piézométrique.....	12
3.1.2. Matériels techniques.....	13
3.1.3. Matériels numériques de traitement des données.....	13
3.2. METHODOLOGIE.....	14
3.2.1. Phase préliminaire.....	14
3.2.2. Phase de terrain.....	14
3.2.3. Phase d'analyse et de traitement des données.....	14
4. RESULTATS ET DISCUSSION.....	16

4.1.	Prélèvement dans la nappe .....	16
4.2.	Piézométrie et écoulement dans le Tarat.....	18
4.2.1.	Piézométrie initiale .....	18
4.2.2.	Evolution piézométrique à partir de l'exploitation minière .....	20
4.2.3.	Piézométrie en 1980.....	20
4.2.4.	Piézométrie en 1990.....	21
4.2.5.	Piézométrie en 2000.....	23
4.2.6.	Piézométrie actuelle .....	25
4.3.	Rôle des structures dans l'écoulement des eaux.....	26
4.3.1.	Rôle de la flexure faille d'Arlit.....	26
4.3.2.	Rôle de la flexure d'Autriche .....	28
5.	PREVISIONS DU DENOYAGE.....	30
5.1.	FOSSE D'ARTOIS.....	30
	Localisation de la minéralisation .....	30
	Description piézométrique.....	31
5.2.	FOSSES DE TAOSSA ET TAMGAK .....	33
	Localisation des minéralisations .....	33
	Description piézométrique.....	35
5.3.	FOSSE NORD TAZA.....	36
	Localisation de la minéralisation .....	36
	Description piézométrique.....	37
6.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	39
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	40
	Annexe : .....	42
	Annexe 1: Tables cartes piézométriques .....	42
	Annexe 2 : Production d'eau sur Somair.....	47
	Annexe 3 : Chroniques piézométriques.....	50
	Annexe 4 : Graphe prélèvement d'eau en puits et fond de fosse.....	90

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Carte de situation géographique de la zone d'étude .....	2
Figure 2: Répartition mensuelle de la température et de la pluviométrie .....	3
Figure 3: Carte géologique simplifiée de la partie orientale du bassin de Tim Mersoï .....	5
Figure 4: Coupe stratigraphique de la région d'Arlit (AREVA NC 2009) .....	7
Figure 5: coupe géologique EW faille d'Arlit sur Tamgak .....	9
Figure 6: Carte structurale de la zone d'étude .....	9
Figure 7: Répartition des ouvrages de surveillance de la nappe du Tarat .....	12
Figure 8: Evolution de la production annuelle pour l'AEP et l'AEI de la Somaïr .....	16
Figure 9: Carte piézométrique du Tarat en 1968 sur le secteur de SOMAIR .....	19
Figure 10: Carte piézométrique 3D du Tarat, 1968 sur le secteur SOMAIR .....	19
Figure 11: Carte piézométrique déc.1980 (Tarat, SOMAIR) .....	20
Figure 12: Chronique piézométrique ARLI_167_1 et ARLI_182_1 .....	21
Figure 13: Carte piézométrique 1990 (Tarat, SOMAIR) .....	22
Figure 14: chronique piézométrique ARLI_614_2 et ANI_611_2 .....	23
Figure 15: Carte piézométrique 2000 (Tarat, SOMAIR) .....	24
Figure 16: chronique piézométrique Tamou .....	25
Figure 17: Carte piézométrique 2013 (Tarat, SOMAIR) .....	26
Figure 18: Carte de localisation piézomètres-fosses .....	27
Figure 19: chronique piézométrique ARNI_911_2 et ARNI 3044_2 .....	28
Figure 20: piézométrie sur l'anticlinal d'Autruche (1990) .....	29
Figure 21: Coupe Nord-Sud passant la croix de sondages Artois 2012 .....	30
Figure 22: Coupe Ouest-Est réalisée sur la partie centrale Artois 2012 .....	31
Figure 23: superposition cote piézo-isohypse mur d'Artois .....	32
Figure 24: Plan de coupe sur le prospect Tamgak-Taossa .....	33
Figure 25: coupe zone Sud .....	34

---

Figure 26: coupe zone centre.....	34
Figure 27: coupe zone Nord .....	34
Figure 28: Carte hydrogéologique sur le secteur de Taossa-Tamgak .....	35
Figure 29: superposition cote piézométrique-minéralisation .....	35
Figure 30: coupe N-S ; position de la minéralisation dans le Tarat .....	36
Figure 31: coupe W-E ; position de la minéralisation dans le Tarat .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Liste des puits d'eau potable actifs en 2012 .....	17
Tableau II: Liste des puits d'eau industrielle utilisés par la Somair .....	17
Tableau III: Liste des ouvrages utilisés pour la carte de la piézométrie initiale .....	18
Tableau IV: cotes piézométriques déc.1980.....	42
Tableau V: cotes piézométriques déc.1990.....	43
Tableau VI: Cotes piézométriques déc.2000.....	44
Tableau VII: cotes piézométriques Mars_2013.....	45
Tableau VIII: Bilan production d'eau Somair .....	47
Tableau IX: Production d'eau en fond de fosses .....	49

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

<b>2ie :</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
<b>AEP :</b>	Approvisionnement en Eau Potable
<b>AMAN :</b>	Signifie Eau en langue Tamajek
<b>COGEMA/GAM :</b>	Compagnie Générale des Matières nucléaires/Groupement Afrique Madagascar
<b>EI :</b>	Eau Industrielle
<b>EIER-ETSHER :</b>	Groupe des Ecoles Inter-états d'Ingénieurs de l'Équipement Rural et des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et l'Équipement Rural
<b>GVEA</b>	Gestion et Valorisation d'Eau et d'Assainissement
<b>MCO :</b>	Mine à Ciel Ouvert
<b>SOMAÏR :</b>	Société des Mines de l'Air
<b>SR :</b>	SOMAÏR
<b>Z.I :</b>	Zone Industrielle

## AVANT PROPOS

AREVA est une société de droit français regroupant les compagnies françaises actrices dans le domaine de l'énergie électrique d'origine nucléaire dont AREVA Mines. Le groupe est présent sur les cinq continents.

Au Niger, AREVA Mines intervient dans l'exploration et l'exploitation de l'uranium à travers ses quatre entités que sont SOMAÏR, COMINAK, IMOURAREN SA et AREVA Mines NIGER. Cette dernière est représentée à Arlit par la direction des Géosciences à laquelle appartient le Projet AMAN.

Ce projet a pour mission la gestion raisonnable et raisonnée de la ressource en eau sur long terme de la région. Dans le cadre de cette mission, il s'est fixé comme objectif principal d'améliorer la connaissance des aquifères exploités en poursuivant l'étude de l'histoire hydrogéologique de la région et en prévoyant son évolution future à travers des modélisations hydrogéologiques et hydrogéochimiques.

Les objectifs finaux de ces études sont :

- Garantir la qualité de l'eau distribuée aux populations.
- Assurer l'approvisionnement en eau potable et industrielle pour les années à venir.
- Appuyer les sociétés minières pour les études hydrogéologiques liées aux dénoyages des gisements, et études d'impact environnemental.

## 1. INTRODUCTION

La SOMAIR est une société qui exploite les gisements uranifères encaissés dans la formation du Tarat qui constitue un aquifère fossile et captif. Depuis les années 1970, plusieurs MCO ont été exploitées. Pour la poursuite de ses activités, la société envisage de mettre en exploitation de nouveaux gisements dont la plupart se trouvent dans la nappe.

Ainsi, pour prévenir d'éventuelles difficultés dues à la présence de l'eau pendant les travaux miniers, il s'avère nécessaire de développer un outil cartographique permettant d'anticiper les secteurs de l'exploitation minière future qui devront se dérouler sous le niveau de la nappe.

D'où le thème << *Conceptualisation de l'écoulement des eaux de la nappe du Tarat sur le secteur de la SOMAIR* >>

Cette étude a pour objectif général de développer un outil cartographique permettant d'anticiper les secteurs de l'exploitation minière future qui devront se dérouler sous le niveau de la nappe du Tarat et d'évaluer les futurs besoins en dénoyage.

Il s'agit spécifiquement de :

- Récupérer toutes les données géologiques, hydrogéologiques et minières disponibles ;
- Synthétiser et Analyser les données en réalisant des cartes piézométriques, des hydrographes et des coupes géologiques ;
- Identifier les zones susceptibles d'être dénoyées à partir du modèle conceptuel.

Le résultat attendu au terme de ce stage est d'établir une cartographie détaillée de la zone d'étude qui pourra être utilisée par les services hydrogéologie et mine pour le dénoyage des fosses au cours de l'exploitation.

Ce présent rapport s'articule autour de 4 grandes parties :

- ✓ Généralités de la zone d'étude
- ✓ Matériels et Méthodes utilisés
- ✓ Résultats et discussions
- ✓ Conclusions et recommandations

## 2. GENERALITES

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

#### 2.1.1. Situation géographique

Le Niger est située en plein cœur du continent africain à peu près à égale distance de la Méditerranée et du Golfe du Bénin.

Le département d'Arlit se situe dans la partie septentrionale du Niger à 250 km au Nord-Ouest d'Agadez et à environ 850 km à vol d'oiseau au Nord-est de Niamey entre 17° et 20° de latitude Nord et 7° et 9° de longitude Est.



Figure 1: Carte de situation géographique de la zone d'étude

#### 2.1.2. Contexte climatique

Le climat est celui d'un désert aride chaud caractérisé par une forte température moyenne annuelle (28,7°C), des températures diurnes élevées et une amplitude thermique pouvant atteindre 30°C en milieu exposé.

La zone est caractérisée par une longue saison sèche d'octobre à avril et une saison des pluies relativement humide de mai à septembre (figure2). Les données utilisées pour établir ce graphe proviennent de la météo-France.

La zone saharienne qui représente 60% du territoire est un domaine presque purement minéral où seuls subsistent quelques épineux, des touffes de graminées dans le lit des oueds et quelques oasis, notamment dans les vallées et les bordures de l'Air.

Les vents associés aux températures élevées sont responsables d'une forte évaporation. Le vent est par ailleurs la principale source de transport des matières érodées. L'étude de la direction des vents locaux fait apparaître une forte prédominance des vents du secteur Nord-est et dans une moindre mesure des vents du secteur Sud-est et Sud-ouest. On observe également des inversions de directions de vent entre la saison sèche et la saison humide.

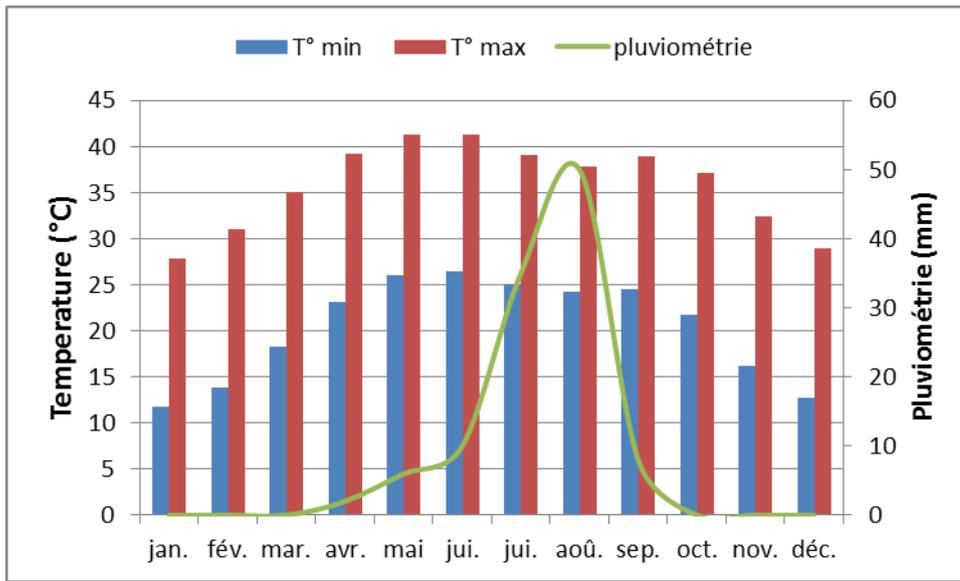


Figure 2: Répartition mensuelle de la température et de la pluviométrie

## 2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

### 2.2.1. Cadre géologique général

La zone d'étude appartient à la région d'Arlit avec ses importants gisements d'uranium encaissés dans les formations carbonifères de la bordure orientale du vaste bassin intracratonique du Tim Mersoï (640.000 km<sup>2</sup>) dont les limites sont :

- le massif du Hoggar au Nord ;
- le massif de l'Aïr à l'Est ;
- les massifs de Zinder et du Nigeria au Sud et
- la dorsale d'In Guezzam à l'ouest.

Il s'ouvre vers le Sud sur le bassin des Iullemeden qui couvre toute la partie occidentale du Niger.

L'évolution du bassin du Tim Mersoï est liée d'une part à la structure du socle, d'autre part à l'histoire du bassin des Iullemeden. La couverture de ce bassin qui peut dépasser 3000 mètres de puissance, va du Cambro-silurien au Miocène. Elle comprend une succession périodique de milieux de sédimentation à tendance marine et continentale (épandages deltaïques, fluviaux, lacustres) avec respectivement de la base au sommet :

- **un cycle glacio-eustatique** du Cambrien au Viséen inférieur (ceinture tassilienne en contact du Hoggar).
- **un épisode mixte** à la fin du Viséen inférieur jusqu'au Viséen supérieur comprenant des épandages fluvio-deltaïques et de sédiments à dominance argileuse symptomatiques d'une invasion marine.
- **un important épisode continental** appelé "continental intercalaire" comprenant :
  - à la base, **un cycle fluvio-lacustre** très mal classé à faciès rouge, caractéristique des séries post orogéniques (série inférieure de l'Izegouandane),
  - **des épandages volcano-sédimentaires** du Trias au Crétacé inférieur, (Grès d'Agadès),
  - à son sommet, **une sédimentation de type lacustre** datée du Crétacé inférieur (Irhazer et Tegama).
- **un épisode marin** à partir du Crétacé moyen (Cénomaniens) jusqu'à l'Eocène inférieur,
- **un épisode continental** appelé "Continental terminal" pendant l'Eocène Supérieur et le Miocène.

Les couches sédimentaires du bassin s'appuient sur le socle cristallin de l'Air en se biseautant successivement et s'incurvent vers le Nord. Le pendage est très faible, de l'ordre d'un degré au plus vers le Sud-ouest.

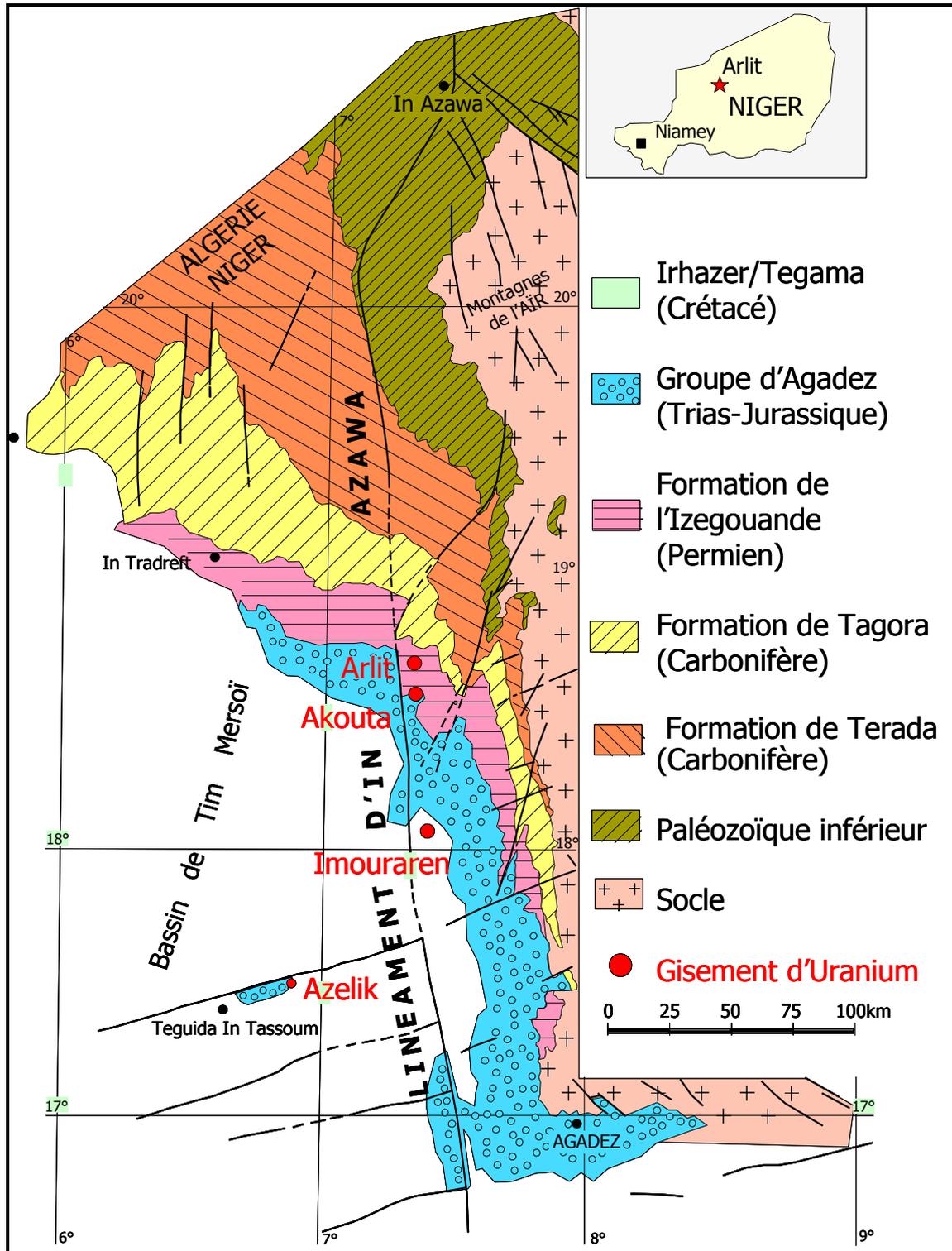


Figure 3: Carte géologique simplifiée de la partie orientale du bassin de Tim Mersoi (COGEMA 2004)

### 2.2.2. Cadre stratigraphique général

A la latitude d'Arlit, le socle est modelé par des morphologies glaciaires comblées par des faciès tillitiques, auxquels succèdent plusieurs séquences fluviales se terminant souvent par des argilites bariolées (Valsardieu, 1970).

Ainsi, le découpage stratigraphique (**figure 4**) de la région d'Arlit fait paraître les séries suivantes :

- **le Précambrien** : Roches cristallines et cristallophylliennes
- **le Permo-carbonifère**, qui se divise en trois séries, de bas en haut:
  - la série de Térada,
  - le Tagora inférieur,
  - le Tagora supérieur.

Chacune de ces séries débute par une formation gréseuse fluvio-glaciaire au Téragh dans le Térada, fluvio-estuarien au Guézouman dans le Tagora inférieur (avec à la base le conglomérat radioactif de Téléfak) et fluvio-deltaïque au Tarat, dans le Tagora supérieur.

Chaque série se poursuit par un épisode marin à épicontinental : argilite du Talak dans le Térada, du Tchinezogue dans le Tagora inférieur et du Madaouéla dans le Tagora supérieur. Elles peuvent se terminer par un niveau gréseux fin et silteux : unité d'Akola dans le Térada et unité d'Arlit dans le Tagora supérieur.

- **le Permien**, qui correspond à deux cycles, comprenant successivement un épisode fluvial (sédiments gréseux des séries de l'Izégouande et de Tamamaït) et un épisode lacustre (argilite des séries de Téjia et de Moradi);
- **le Trias** est représenté par les grès fins ruiniformes du Teloua 1 (série d'Aguelal). La série de Goufat, représentée par les formations fluviales et lacustres du Teloua 1 et 2 est triassique ou jurassique ;
- **le Jurassique** est représenté par le Tchirézrine 1 et le Tchirézrine 2, avec des intercalaires lacustres (Abinky). Ces formations contiennent, localement, des niveaux à analcime;
- **le Crétacé inférieur**, constitué par la formation argileuse lacustre de l'Irhazer avec, à sa base, les niveaux silteux et gréseux fins de l'Assaouas. Au sommet, il y a la formation fluviale de Tegama formée des grès fin à grossier avec présence des os des dinosaures et bois silicifiés.

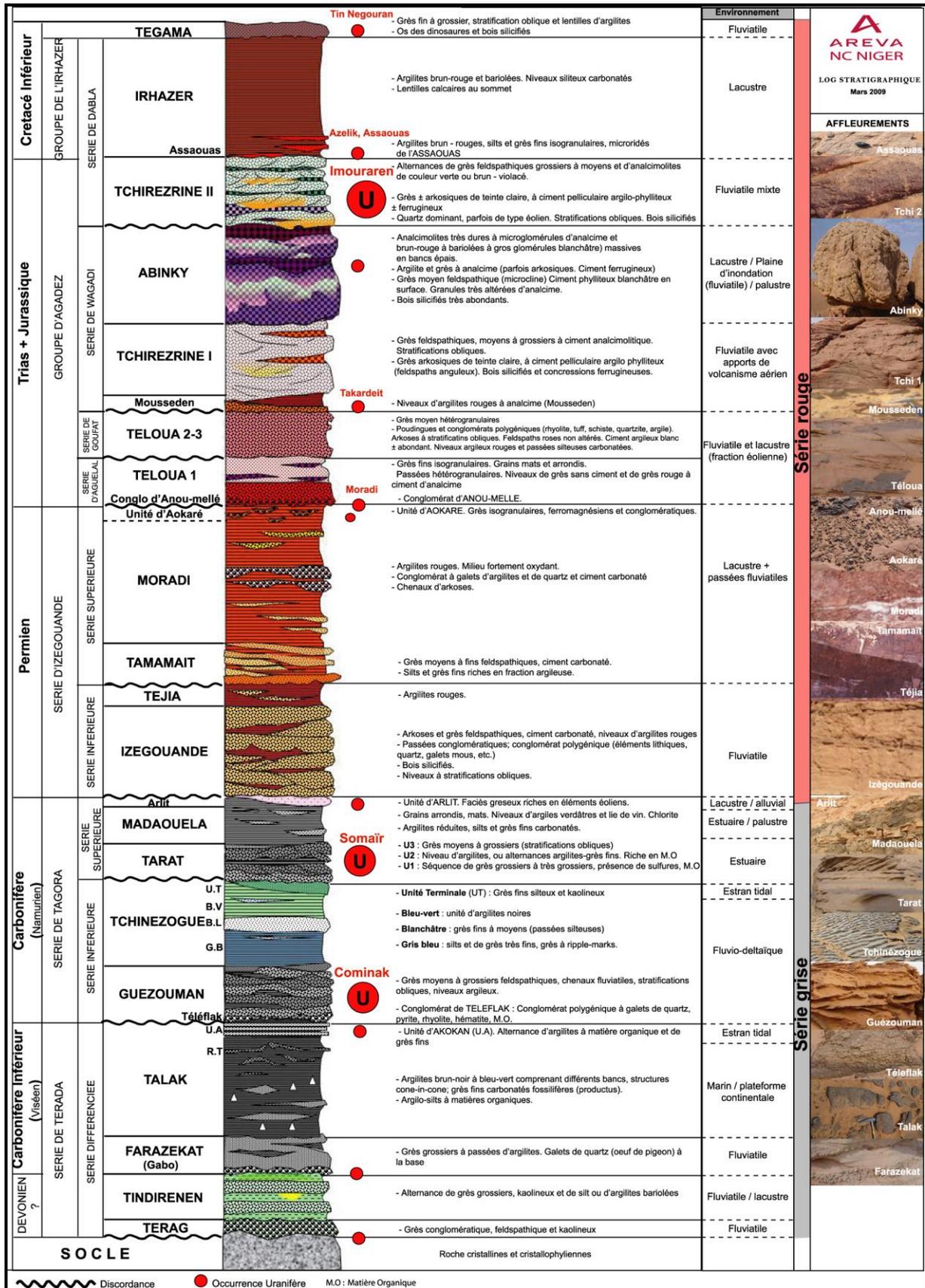


Figure 4: Coupe stratigraphique de la région d'Arlit (AREVA NC 2009)

### 2.2.3. Lithostratigraphie du Tarat

La formation du TARAT appartient à la série de TAGORA du carbonifère qui comprend selon les géologues d'AREVA NC 2009, deux ensembles.

- Tagora inférieur comprenant le conglomérat de Téléflak, le Guezouman et le Tchinezogue
- Tagora supérieur comprenant le Tarat, le Madaouela et l'unité d'Arlit

Dans le domaine de la SOMAIR il existe une lacune des formations de Madaouela et c'est l'unité dans l'Arlit qui repose directement sur les alternances d'argilite gris noir et des grès fins à moyen du sommet du Tarat (SCETAGRI, 1985).

La formation du Tarat est constituée essentiellement par des grès moyens à grossiers, localement microconglomératiques en base de séquences (granules de quartz), avec des intercalations de niveaux argileux.

Le TARAT se décompose en 3 grandes séquences grano-décroissantes Sempéré et Baudoin (1984) débutant par une base érosive et évoluant vers un terme argileux.

Le découpage utilisé dans les travaux d'exploration est le suivant :

- Unité 1 : séquence de grès grossiers à très grossiers, microconglomératiques en base de séquence. Présence de sulfures et de matière organique.
- Unité 2 : alternance de niveaux argileux et grès fins, avec présence de rides de courant. Riche en matière organique.
- Unité 3 : séquence de grès moyens à grossiers. Présence de stratifications obliques.

### 2.2.4. Cadre tectonique

Dans le domaine d'étude, des nombreuses failles affectent les formations présentes. L'accident le plus remarquable est la flexure-faille d'Arlit de direction nord-sud (**figure 5**). Cet accident subvertical a joué en décrochement sénestre sur 200 à 300 m dans le secteur de l'étude, et présente un rejet vertical ayant provoqué l'effondrement du compartiment ouest, tandis que le compartiment est se trouve surélevé.

D'autres flexures d'orientation N 30° (**figure 6**) affectent le secteur lui donnant une structure en horsts et grabbens (Flexure du Mouron, Flexure d'Autruche). Le faisceau de Tin Adrar, zone de discontinuités, traverse d'ouest en est le secteur au niveau des villes d'Akokan et d'Arlit.

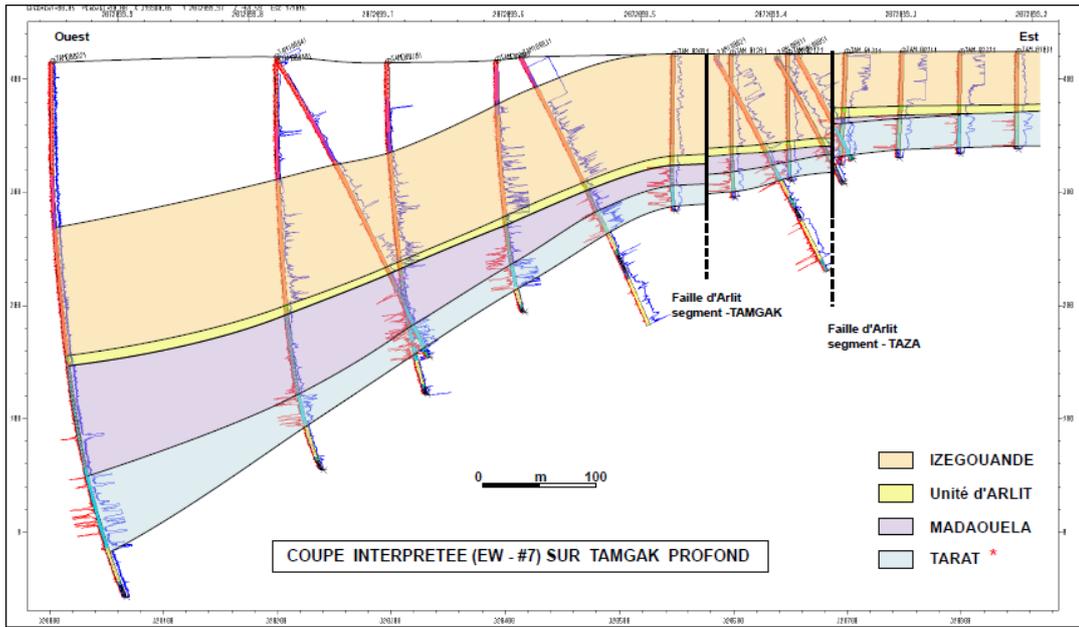


Figure 5: coupe géologique EW faille d'Arlit sur Tamgak (ANTEA, dec.2008)

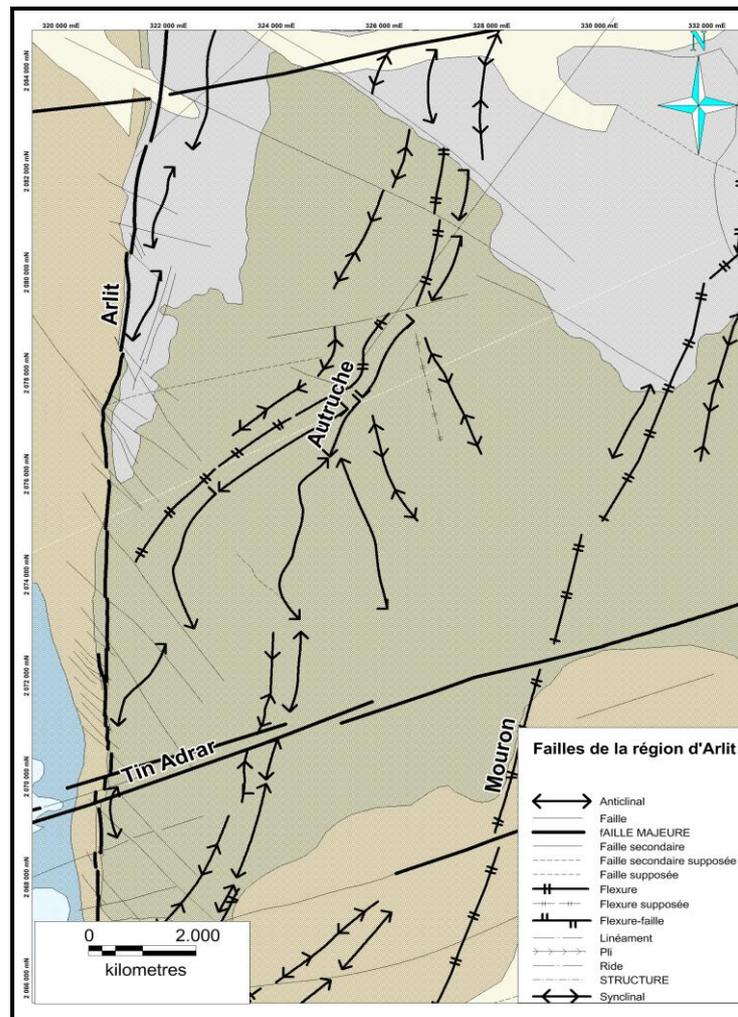


Figure 6: Carte structurale de la zone d'étude

## 2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

### 2.3.1. Cadre hydrogéologique général

De nombreux travaux hydrogéologiques réalisés depuis une quarantaine d'années montrent que l'on rencontre dans la région d'Arlit quatre nappes d'étendue régionale. L'ensemble constitue un système aquifère multicouche comportant du haut vers le bas les nappes suivantes :

- La nappe du Teloua ;
- La nappe de l'Izégouande ;
- La nappe du Tarat ; et
- La nappe du Guézouman.

### 2.3.2. Cadre hydrogéologique local

Trois nappes ont été localement mises en évidence dans la zone SOMAÏR dont le Tarat qui constitue l'objet de la présente étude.

- **Nappe de l'Izégouande**

La nappe de l'Izégouande est limitée au nord et à l'est de la ville d'Arlit par sa limite d'extension. Sa perméabilité est en moyenne faible : de l'ordre de  $1,2 \cdot 10^{-6}$  à  $7,5 \cdot 10^{-7}$  m/s pour une transmissivité de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-4}$  à  $7,8 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s.

- **Nappe du Tarat**

La nappe du Tarat est limitée au nord et à l'est par sa limite d'extension. A l'ouest par la faille d'Arlit. Différents types d'essais de pompage ont été réalisés sur les ouvrages captant la nappe du Tarat. Les caractéristiques hydrodynamiques obtenues au cours de ces essais varient suivant les secteurs géographiques.

Les perméabilités se situent entre  $7,8 \cdot 10^{-7}$  et  $1,2 \cdot 10^{-4}$  m/s avec une majorité des valeurs comprises entre  $5,6 \cdot 10^{-6}$  et  $1,1 \cdot 10^{-5}$  m/s. Les transmissivités correspondantes varient entre  $7,4 \cdot 10^{-5}$  et  $1,1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Les coefficients d'emménagement ont été estimés de l'ordre de  $10^{-5}$ .

Son mur étant constitué par une épaisse formation argilo-gréseuse imperméable, le TCHINEZOGUE, il n'y a pas de communication entre la nappe du TARAT et celle du GUEZOUAN sous-jacente.

Le toit de l'aquifère est constitué par la formation de MADAOUELA souvent absente en Est flexure, et surmontée par celle d'Arlit peu épaisse. Par conséquent il y a possibilité d'une communication entre la nappe du TARAT et celle de l'IZEGOUANDE situé au-dessus par drainance naturelle à travers la formation d'ARLIT.

La nappe a une épaisseur qui varie entre 10 et 60 m pour une moyenne de 30 à 40 m. Ceci est dû au mode de sédimentation fluvio-deltaïque ou fluvio-torrentiel.

- **Nappe du Guézouman**

La nappe est limitée au nord et à l'est par les limites de la formation elle-même. A l'ouest de la flexure d'Arlit, la nappe est très profonde et elle peut être considérée indépendante de celle située en est-flexure.

Différents types d'essais de pompage ont été réalisés sur des ouvrages captant la nappe pour calculer la transmissivité, la perméabilité et le coefficient d'emmagasinement. Les perméabilités sont faibles, comprises dans la fourchette  $1,3 \cdot 10^{-7}$  et  $3,0 \cdot 10^{-5}$  m/s. Les transmissivités sont également faibles, comprises entre  $1,5 \cdot 10^{-6}$  et  $1,8 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Les coefficients d'emmagasinement sont des valeurs homogènes autour de  $4,5 \cdot 10^{-5}$ .

### 3. MATERIELS ET METHODES

#### 3.1. MATERIELS

Le suivi de l'évolution piézométrique dans les nappes nécessite une surveillance régulière du niveau de l'eau dans les ouvrages hydrauliques. Au cours de cette étude, un réseau de plusieurs puits et piézomètres a été utilisé pour établir les cartes piézométriques et les hydrographes.

##### 3.1.1. Réseau de la surveillance piézométrique

Le réseau du suivi piézométrique est composé de 207 ouvrages dont certains sont actuellement inactifs ou détruits par les activités minières.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** donne la répartition des ouvrages de suivi de la nappe depuis la mise en place du système de surveillance jusqu'en 2013.

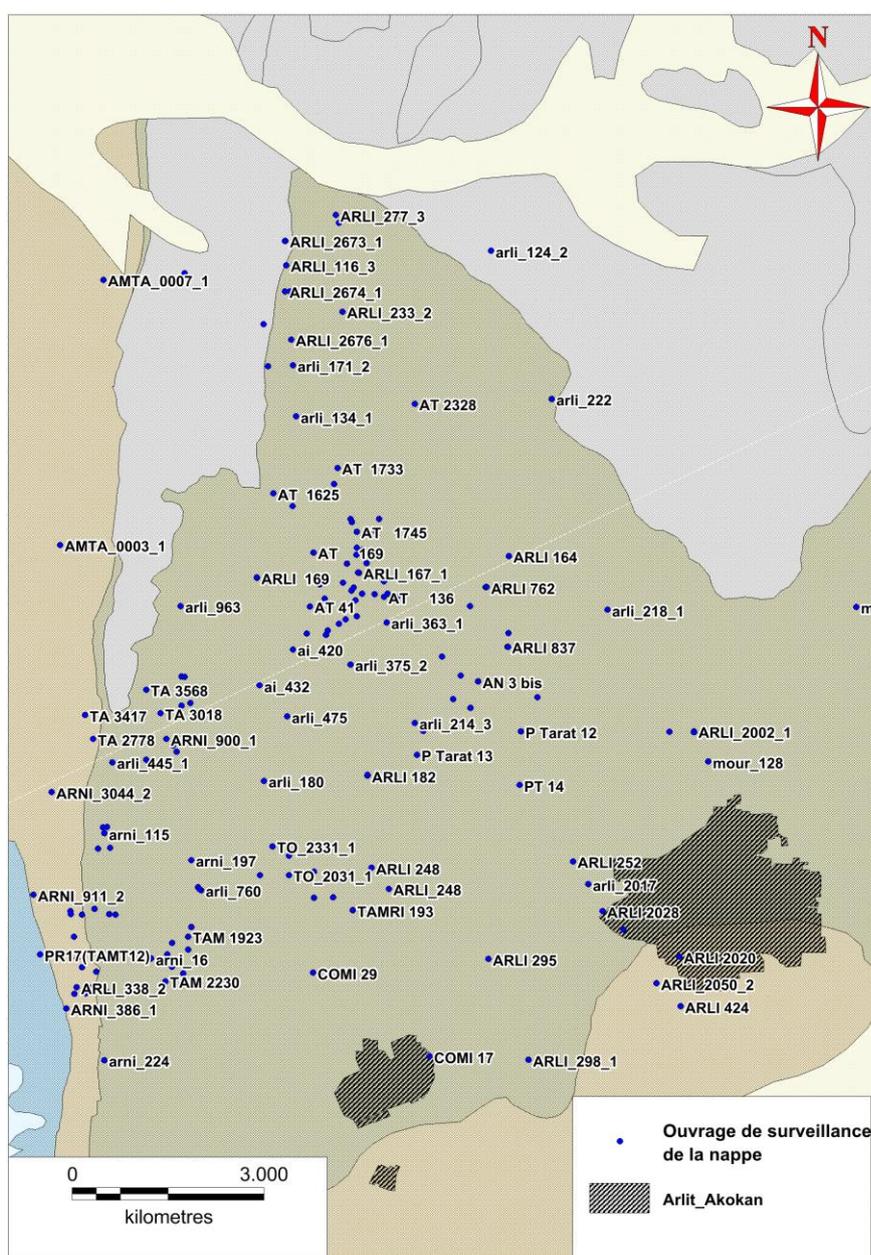


Figure 7: Répartition des ouvrages de surveillance de la nappe du Tarat

Plusieurs autres matériels ont été utilisés pour acquérir les données sur le terrain et les traiter. Il s'agit de matériels techniques et des matériels numériques de traitement des données.

### **3.1.2. Matériels techniques**

Deux types de matériels ont été utilisés :

- La sonde piézométrique manuelle, pour mesurer la profondeur de l'eau. C'est un appareil muni d'un câble de 300 m et d'un capteur qui réagit en contact de l'eau. Le principe est, lorsque la sonde atteint le niveau de l'interface air/eau, un contact électrique est établi entre deux tiges métalliques, déclenchant un signal sonore et lumineux. La profondeur est ainsi lue sur le câble gradué.
- Le GPS Garmin, pour s'orienter lors de la tournée piézométrique. Il s'agit d'intégrer à partir du bureau les coordonnées des ouvrages dont l'emplacement est difficilement retrouvable pour servir de guide une fois sur le terrain.

### **3.1.3. Matériels numériques de traitement des données**

Les données acquises sur le terrain et celles disponibles ont été traitées et analysées à l'aide des plusieurs logiciels dont les principaux sont :

- BADGE : pour l'actualisation et l'extraction des données
- Microsoft Excel : pour l'organisation et la mise en forme des données en tables en vue de la réalisation des cartes piézométriques et des hydrographes;
- MapInfo : pour la réalisation des cartes et l'interpolation des données piézométriques ;
- Surfer : pour l'interpolation et la visualisation en 3D des cartes piézométriques ;
- Sermine, logiciel AREVA pour l'extraction de données et la réalisation des coupes géologiques ;
- Snagit 9, pour la capture d'images et leur mise en forme.

## 3.2. METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée est basée sur une démarche globale subdivisée en trois phases

### 3.2.1. Phase préliminaire

La compréhension du sujet et l'analyse des termes de références sont des points clefs dans la conduite de cette étude. Une recherche documentaire très poussée a été effectuée afin d'approfondir les connaissances du sujet. Elle nous a permis de collecter les références bibliographiques disponibles et de faire un inventaire des données et informations existantes.

Cette partie a consisté à :

- Rassembler et exploiter l'essentiel des études qui ont trait à la mobilisation des eaux souterraines ayant été menées dans la région ;
- Consulter et exploiter la base des données du projet AMAN où sont centralisées les informations liées aux aquifères.
- Récupérer auprès de la SOMAIR le planning des activités minières et les délimitations des fosses

### 3.2.2. Phase de terrain

Durant cette phase, une tournée piézométrique a été effectuée en mars 2013(annexe 1, tableau7). Les données acquises ont permis de connaître la piézométrie actuelle de la nappe du Tarat. Elles sont par la suite comparées à celles existantes depuis le début de l'exploitation minière jusqu'aux conditions actuelles pour voir l'évolution de la piézométrie.

Nous avons également visité les différentes fosses de SOMAIR.

### 3.2.3. Phase d'analyse et de traitement des données

L'objet de cette phase est de faire la lumière des termes de références, l'analyse et la synthèse des informations et données issues aussi bien de la recherche documentaire que du travail de terrain. La finalité est d'arriver à proposer des prévisions de dénoyage. Il s'agit de :

- Dresser les hydrographes depuis le démarrage de l'exploitation minière. Ce sont des graphiques de représentation de l'évolution du niveau piézométrique en fonction du temps. Ils permettent de voir les variations du niveau d'eau enduites par l'exploitation de la nappe.
- Dresser des graphiques de suivi des prélèvements d'eau au niveau des puits et en fond de fosses pour voir l'évolution de la production d'eau dans le temps. Les données utilisées ont été collectés par la Somair.
- Etablir une carte piézométrique dans les conditions actuelles pour mettre en évidence les zones sèches et le sens d'écoulement dans les secteurs futures d'exploitation minière.

- Etablir les cartes montrant l'évolution de la nappe entre le début de l'exploitation minière et les conditions actuelles pour ressortir le rôle des failles dans les écoulements de l'eau pendant les différentes périodes.
- Dresser des coupes géologiques pour aussi mettre en évidence le rôle des failles majeures dans les écoulements souterrains

## 4. RESULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre présente les interprétations des différents résultats collectés sur le terrain et extraits de la base de données BADGE. Les interprétations s'appuient sur l'analyse des différents tableaux, graphiques, cartes piézométriques et coupes géologiques réalisés sur la zone d'étude.

### 4.1. Prélèvement dans la nappe

Le prélèvement d'eau dans la nappe du Tarat a commencé depuis les années 70 avec la mise en place du réseau de production d'eau potable et industrielle, puis élargi au besoin d'irrigation avec la mise en place des jardins d'AMIDAR en 1979.

L'approvisionnement en eau potable des villes minières d'Arlit et d'Akokan est essentiellement assuré par la nappe du Tarat qui est également utilisée pour la fourniture d'eau industrielle et pour l'irrigation. C'est une nappe fossile du fait de l'absence de recharge significative sous le climat actuel sub-désertique.

Les courbes d'évaluation de la production d'eau potable et d'eau industrielle par la Somaïr sur la période allant de 1969 à 2012 sont représentées sur la Figure 8

La production d'eau potable est actuellement assurée par huit (8) puits dont cinq (5) captant la nappe du Tarat et trois (3) celle de l'Izégouande. Ils ont fourni un cumul d'eau de l'ordre de 2 080 184 m<sup>3</sup> (236,82 m<sup>3</sup>/h) pour cette année dont 46% provient du Tarat. La liste des puits d'eau potable de la Somaïr captant la nappe du Tarat est présentée dans le Tableau I (AMAN 2013)

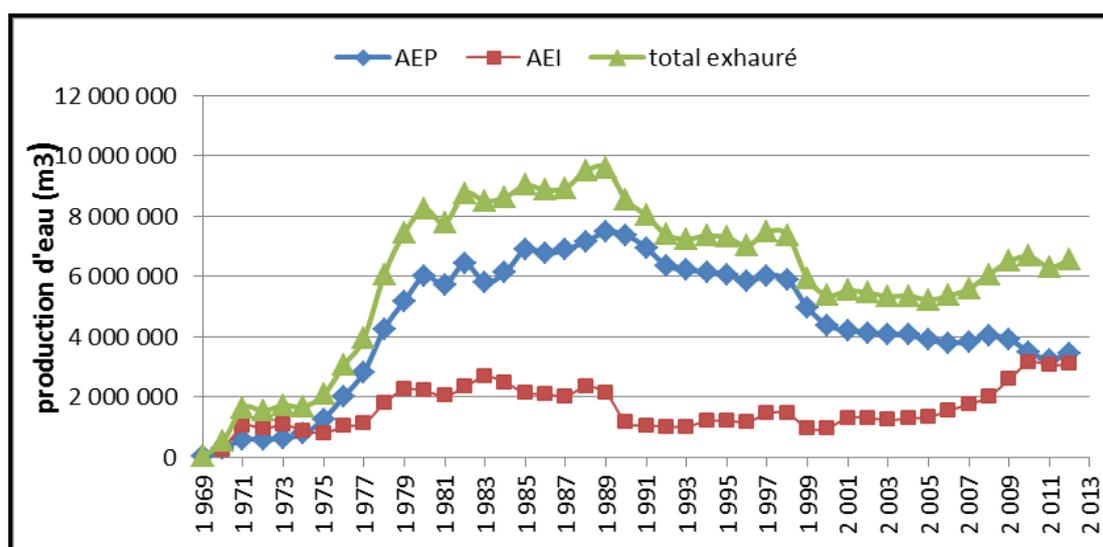


Figure 8: Evolution de la production annuelle pour l'AEP et l'AEI de la Somaïr

**Tableau I: Liste des puits d'eau potable actifs en 2012**

N°PUITS	X_wgs84	Y_wgs84	Z_orifice (m)	Aquifère
Izeg_001	317 500,00	2 074 800,00	418,99	Izégouande
Izeg_002	318 063,10	2 075 859,00	417,88	Izégouande
Izeg_003	317 823,00	2 078 250,00	411,88	Izégouande
ARLI_248_3	325 159,50	2 073 356,80	416,72	Tarat
ARLI_424_3	329 962,00	2 071 182,00	421,77	Tarat
ARLI_2039_2	329 079,90	2 072 386,00	416,94	Tarat
ARLI_2020_2	329 942,10	2 071 965,00	419,62	Tarat
ARLI_2028_2	328 753,20	2 072 679,00	417,10	Tarat

La production d'eau industrielle est assurée par un réseau de dix puits Tableau II au Tarat couplé avec un système d'exhaure qui a fourni un cumul d'eau de 2 933 757 m<sup>3</sup> (AMAN 2013).

**Tableau II: Liste des puits d'eau industrielle utilisés par la Somair**

N°PUITS	X_wgs84	Y_wgs84	Z_orifice	Débit (m <sup>3</sup> /h)	aquifère
<b>AT 2323</b>	324	2 078	421,05	28,88	Tarat
	919,20	270,00			
<b>AT 2324</b>	324	2 077	418,47	21,44	Tarat
	713,30	831,00			
<b>AT 2325</b>	324	2 078	423,31	28,88	Tarat
	849,90	780,00			
<b>AT 2326</b>	324	2 079	421,16	37,22	Tarat
	027,20	032,00			
<b>AT 2327</b>	324	2 079	423,6	42,35	Tarat
	574,50	380,00			
<b>AT 2328</b>	325	2 079	424,52	45,00	Tarat
	606,20	767,00			
<b>AT 2329</b>	325	2 080	423,04	64,00	Tarat
	650,00	350,00			
<b>ARLI 2002_2</b>	330	2 075	428,2	17,00	Tarat
	171,80	500,00			
<b>ARLI 252_2</b>	328	2 073	416,86	32,00	Tarat
	293,20	459,00			
<b>ARLI 295_2</b>	326	2 071	414,57	36,00	Tarat
	976,00	929,00			

Les graphiques de suivi des prélèvements d'eau en puits et en fond de fosses sont présentés en annexes.

## 4.2. Piézométrie et écoulement dans le Tarat

### 4.2.1. Piézométrie initiale

Les données piézométriques de 1968 ont été utilisées pour tracer les isopièzes de la nappe à l'état initial (Tableau III)

Tableau III: Liste des ouvrages utilisés pour la carte de la piézométrie initiale

Nom	X NSah	Y NSah	Cote piézo
ARLI_218	328825.02	2077404.33	393.94
ARLI_222	327958.67	2080713.94	393.35
ARLI_298	327598.89	2070348.55	395.26
ARLI_363	325388.37	2077209.27	393.64
ARLI_375_2	324831.39	2076549.51	393.68
ARLI_445	321122.28	2075013.87	394
ARLI_475	323840.08	2075731.37	393.67
ARLI_536_2	322334.12	2075940.47	393.48
ARLI_963	322182.81	2077464.46	393.46
ARLI_966	320933.57	2071494.27	394.52
ARLI_1128_3	320874.16	2067458.23	395.09
ARLI_2077	330025.15	2063527.8	397.7
ARLI_147	332700.68	2077450.77	394.58

La carte piézométrique montre un écoulement uniforme avec un profil piézométrique linéaire. La nappe s'écoulait du Sud-Est vers le Nord-ouest de l'isopièze 396 m à 393 m avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0.23/1000. A l'Ouest, l'écoulement est limité par la flexure faille d'ARLIT (Figure 9)

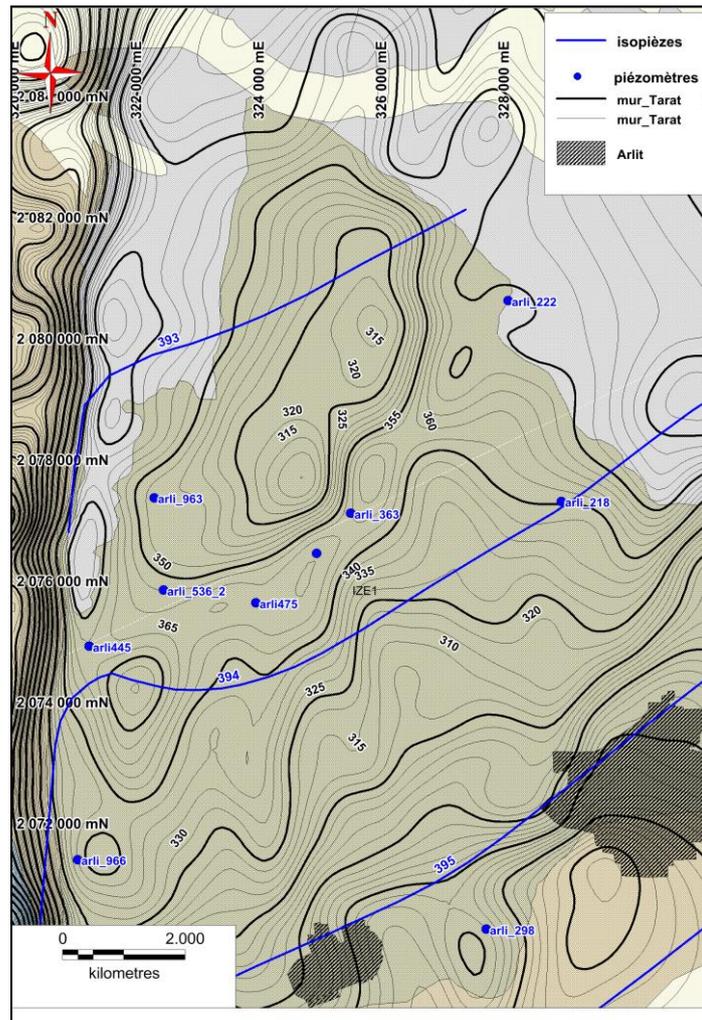


Figure 9: Carte piézométrique du Tarat en 1968 sur le secteur de SOMAIR

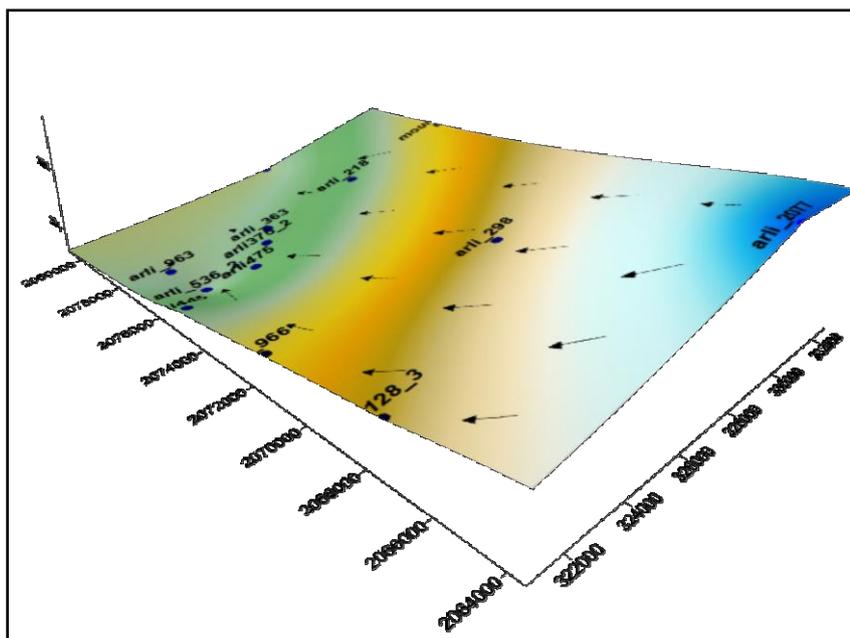


Figure 10: Carte piézométrique 3D du Tarat, 1968 sur le secteur SOMAIR

#### 4.2.2. Evolution piézométrique à partir de l'exploitation minière

#### 4.2.3. Piézométrie en 1980

La carte piézométrique de 1980 a été tracée à partir de 58 ouvrages de surveillance (Tableau III ) en annexe 1

Cette carte montre une diminution générale de la charge hydraulique et un changement de sens d'écoulement des eaux qui est du Nord-Ouest –Sud Est avec un gradient hydraulique de l'ordre de **1.2/100** plus élevé dans la partie Sud Est où les courbes sont resserrées.

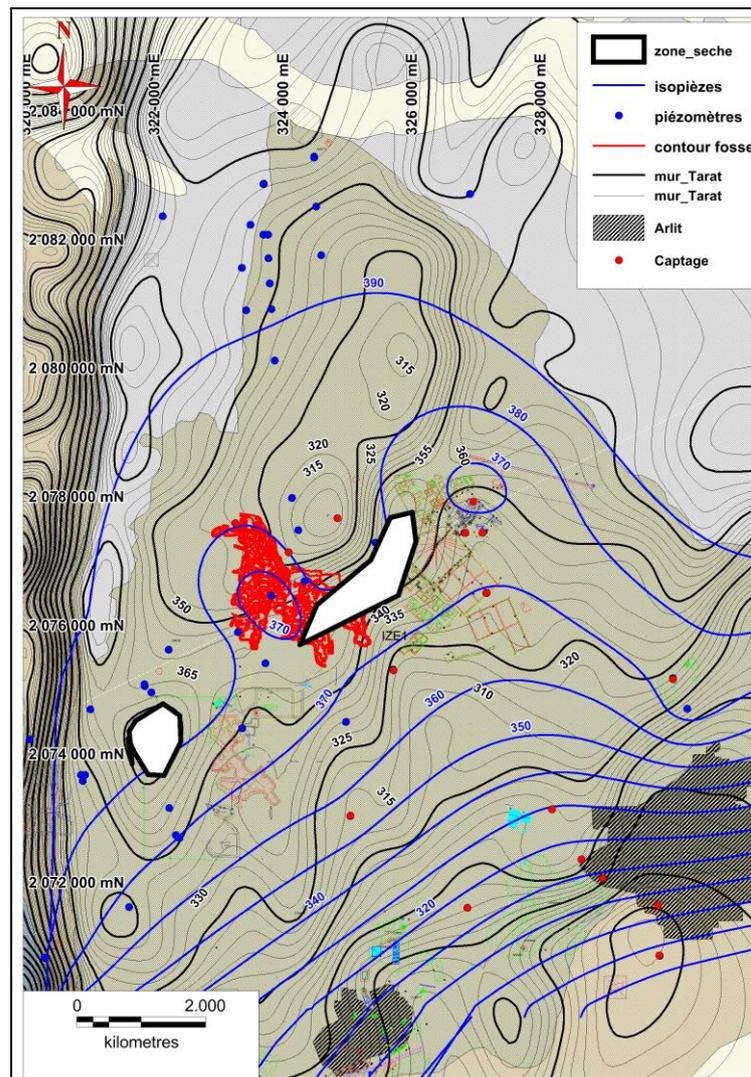


Figure 11: Carte piézométrique du Tarat en décembre 1980 sur le secteur Somair

Elle montre également une surface piézométrique à courbes parallèles, mais impactées sur la zone industrielle, par la présence des MCO d' Arlette, d'Ariège et des puits de pompage où l'on constate quasiment l'assèchement de la nappe. A l'Ouest, l'écoulement reste limité par la flexure faille d'ARLIT.

Cette baisse de charge hydraulique peut s'expliquer par l'exploitation de la nappe. En effet, 16 290 050 m<sup>3</sup> d'eau dont presque 9 000 000 en fond de fosse ont été soutirés de la nappe du début de l'exploitation à 1980, à cela s'ajoute une recharge presque négligeable (1mm/an).

La Figure 12 montre l'évolution du niveau piézométrique au niveau des ouvrages ARLI\_167\_1 et ARLI\_182\_1 situés respectivement au Nord et au Sud des mines d'Ariège et d'Arlette. Ces piézomètres reflètent la tendance générale de la nappe dans ce secteur. L'on peut observer une baisse régulière à partir de 1970 correspondant à l'année de mise en exploitation de la mine d'Arlette. Cette baisse s'est accentuée à partir de 1978 ; période durant laquelle la mine d'Ariège a été mise en exploitation.

Au niveau du piézomètre ARLI\_182\_1, la nappe a été rabattue de 21m en 10 ans.

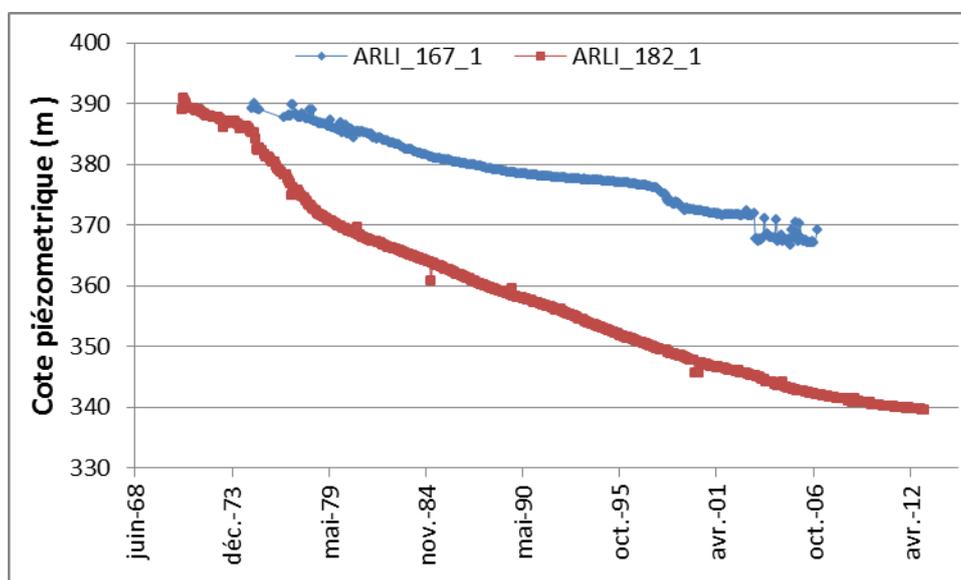


Figure 12: Chronique piézométrique ARLI\_167\_1 et ARLI\_182\_1

#### 4.2.4. Piézométrie en 1990

La carte piézométrique de 1990 a été établie à partir de 36 ouvrages (annexe 1, Tableau V). Les isopièzes montrent que l'écoulement se fait toujours du NO-SE avec un gradient hydraulique général de 1/100. Cependant l'on observe un resserrement des courbes vers le sud avec un gradient de 5/100. Cela est probablement provoqué par le pompage dans les puits d'eau situés dans la zone urbaine. A l'Ouest, l'écoulement est toujours limité par la flexure faille d'ARLIT.

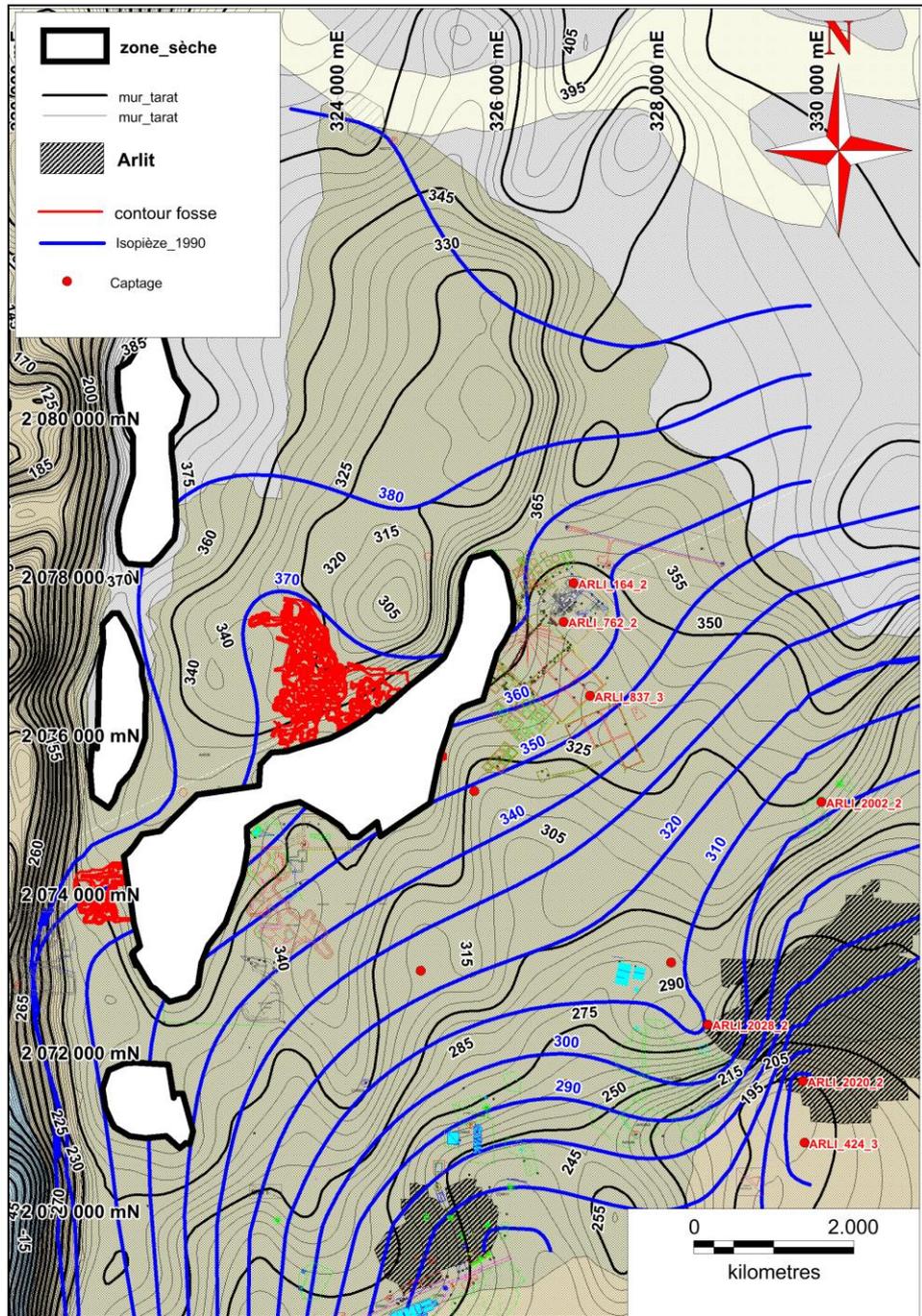


Figure 13: Carte piézométrique du Tarat en 1990 sur le secteur Somair

L'exploitation de nouvelles fosses notamment celle de TAZA, l'augmentation de la demande en eau potable et industrielle comme en témoigne le volume pompé, ont largement contribué à la baisse de la piézométrie.

En effet, le volume total extrait entre 1981 à 1990 est de 88 156 770 m<sup>3</sup>, Tandis que celui d'exhaure en fond de fosses est de 19 030 175 m<sup>3</sup>.

L'évolution des cotes piézométriques dans le secteur Taza est représentée par la Figure 14

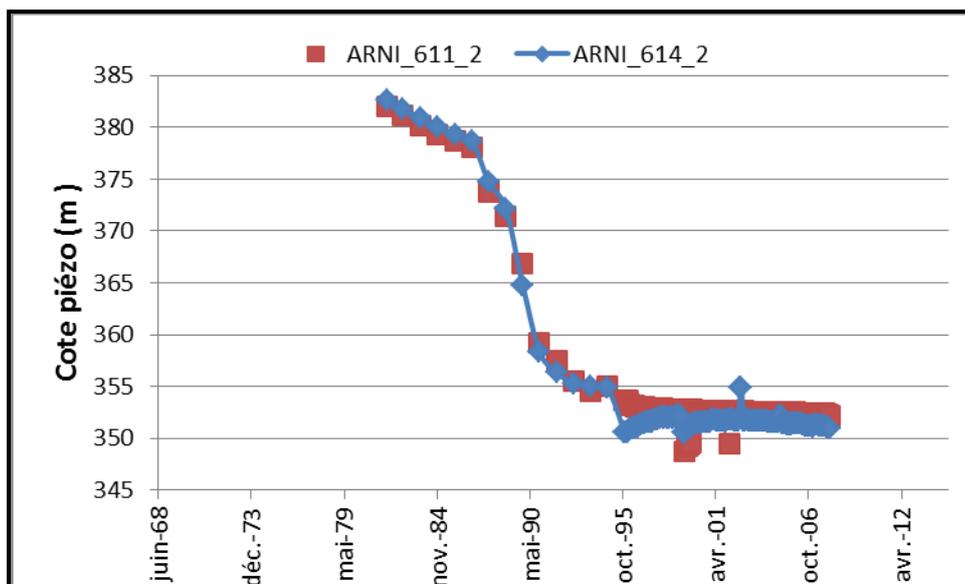


Figure 14: chronique piézométrique ARLI\_614\_2 et ANI\_611\_2

Les graphes font apparaître une baisse importante de la cote piézométrique à partir de 1987, période de la mise en exploitation de la fosse de Taza. Cette évolution montre l'assèchement de la nappe à la fin des années 90 dont les niveaux piézométriques correspondent à la cote du mur de l'aquifère.

#### 4.2.5. Piézométrie en 2000

En 2000, 47 ouvrages ont été utilisés pour établir la carte piézométrique (annexe 1, Tableau VI). Cette carte (Figure 15) montre que l'écoulement général s'effectue du NW-SD, mais des zones de dépressions sont créées notamment au niveau du champ captant d'Arlit et sur les fosses où l'on constate une diminution de la charge hydraulique et un élargissement des zones sèches. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 4/1000. Dans la partie ouest, les écoulements sont limités par la flexure faille d'Arlit.

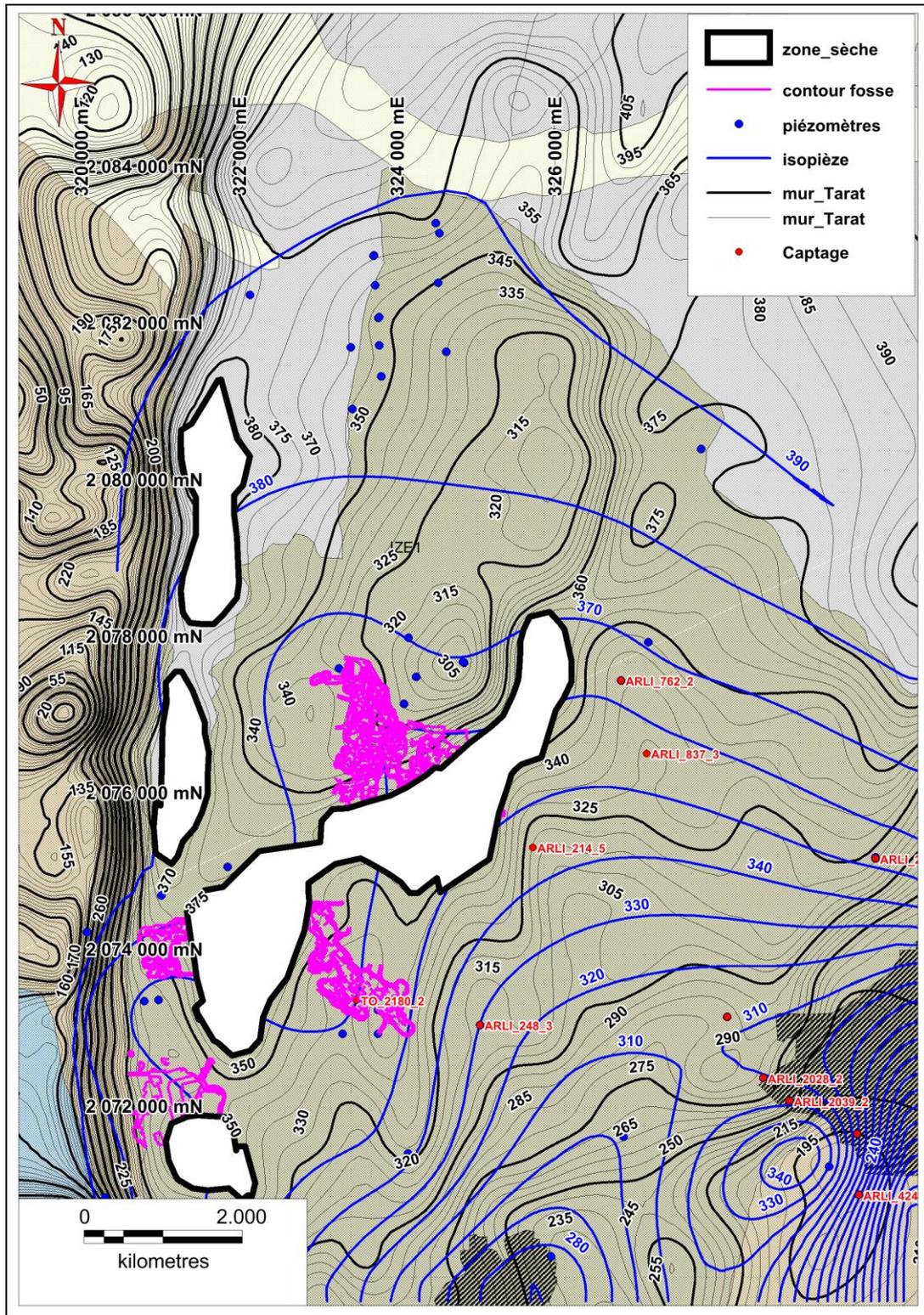


Figure 15: Carte piézométrique du Tarat en 2000 sur le secteur Somair

Le bilan de la production d'eau à SOMAIR dans le Tarat de 1991 à 2000 est  $70\,516\,486\text{ m}^3$  dont  $9\,865\,591\text{ m}^3$  extraits en fond mines.

Les graphes de la figure 16 donnent l'évolution des chroniques piézométriques sur le secteur de Tamou.

L'évolution piézométrique au niveau des ouvrages TO\_2331\_1 et TO\_2074\_1, montre une rupture de niveau à partir de l'an 2000 qui correspond à la mise en exploitation de la fosse de Tamou.

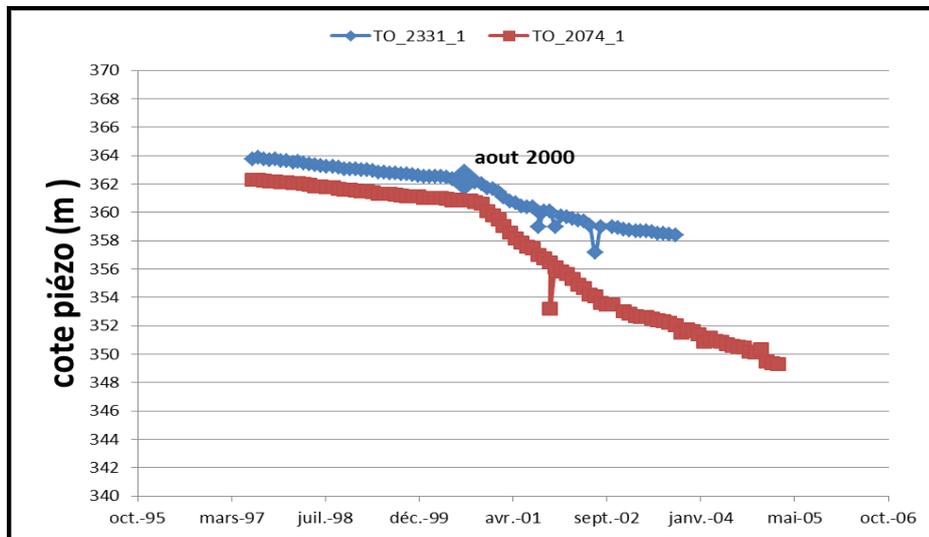


Figure 16: chronique piézométrique Tamou

#### 4.2.6. Piézométrie actuelle

La reconnaissance de la surface piézométrique de la nappe a été obtenue par l'inventaire d'une centaine d'ouvrages de surveillance implantés dans la zone d'étude. Les données sont présentées en (annexe 1, Tableau VII)

Les mêmes constatations faites sur la carte de l'an 2000 se présentent à ce niveau. En effet, le même sens d'écoulement de la nappe, le même rôle de limitation d'écoulement joué par la faille d'Arlit sont observées. Cependant, on remarque un développement des zones sèches sur Tamgak.

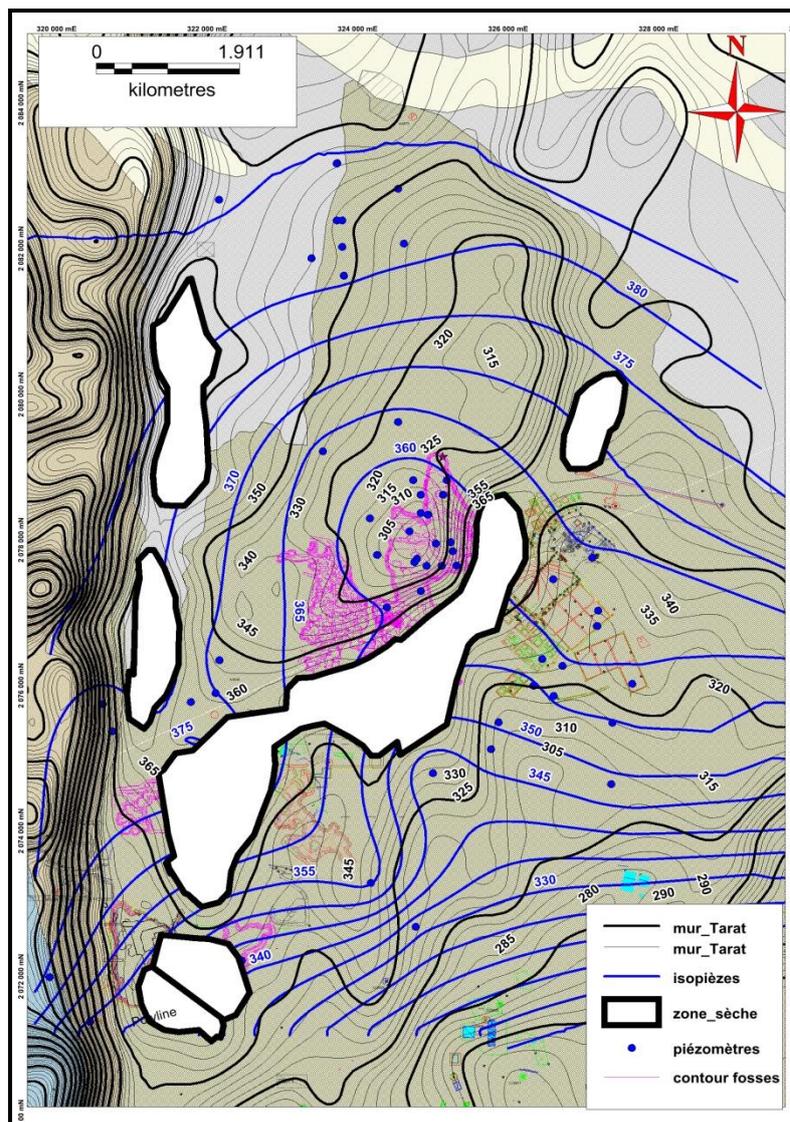


Figure 17: Carte piézométrique du Tarat en Mars 2013 sur le secteur

### 4.3. Rôle des structures dans l'écoulement des eaux

#### 4.3.1. Rôle de la flexure faille d'Arlit

La flexure faille d'Arlit constitue la principale structure tectonique dans la zone d'étude. Son rôle de limite imperméable dans l'écoulement des eaux comme on le pensait a toujours été un sujet évoqué.

Pour répondre à cette problématique, une analyse piézométrique a été effectuée.

En effet, l'évolution du niveau d'eau dans les deux piézomètres (ARNI\_911\_2 et ARNI\_3044\_2) a été suivie. Ces piézomètres sont situés en Ouest flexure respectivement à environ 700 m et 1000 m de la faille. A l'Est de cette faille se trouvent les fosses de Taza (proche d'ARNI\_911\_2) et de Tamgak (proche d'ARNI\_3044\_2). La Figure 18 ci-dessous présente la localisation de ces piézomètres et fosses.

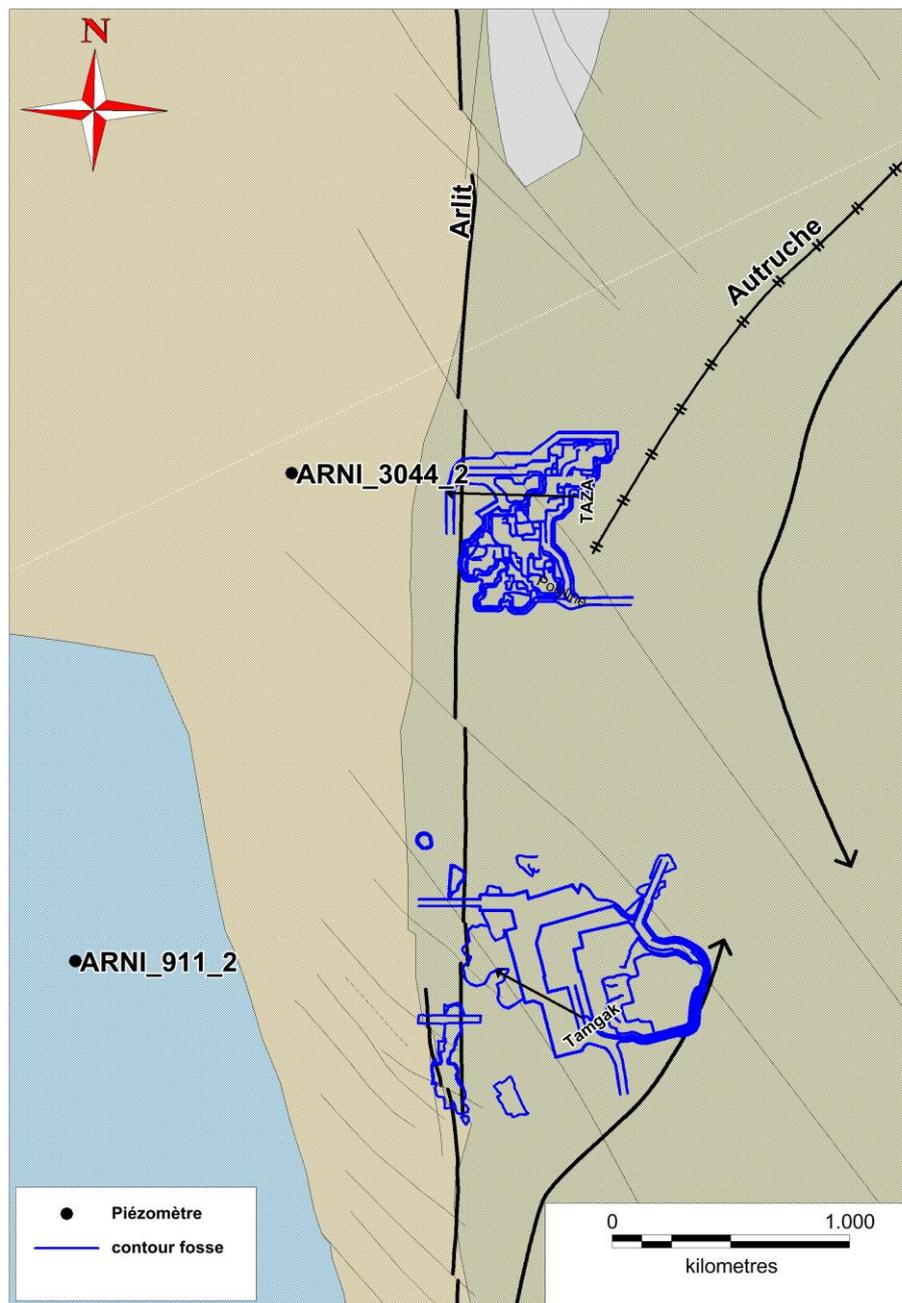


Figure 18: Carte de localisation piézomètres-fosses

Le niveau piézométrique d'ARNI\_3044\_2 plus proche de la fosse de Taza, diminue depuis le début de la mise en exploitation de cette fosse tandis que le niveau dans ARNI\_911\_2 ne varie presque pas.

La fosse de Taza aurait alors une influence sur le piézomètre ARNI\_3044\_2 situé en ouest flexure.

En 2008, on remarque une chute instantanée du niveau des deux piézomètres ; année correspondant à l'exploitation de la fosse de TAMGAK en Est flexure (figure 19).

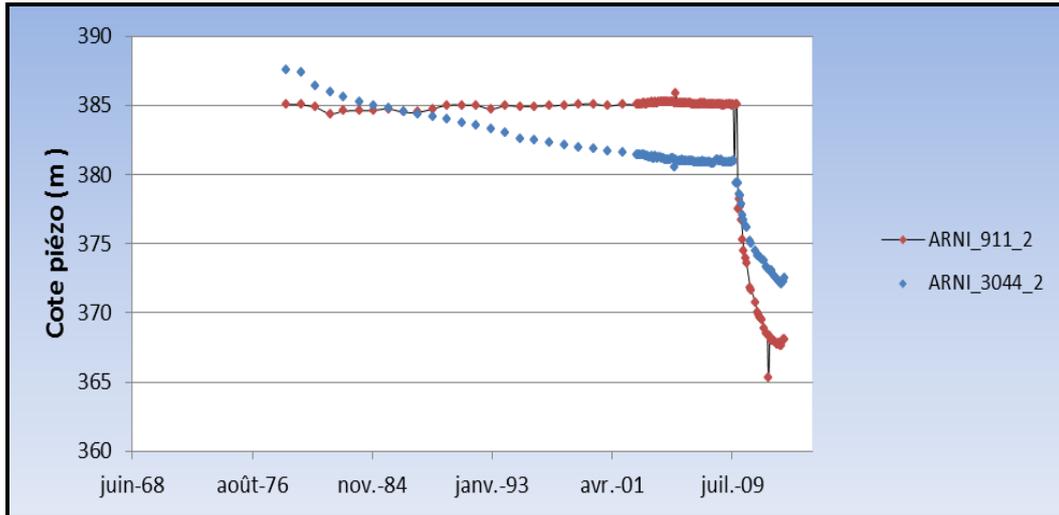


Figure 19: chronique piézométrique ARNI\_911\_2 et ARNI 3044\_2

Par conséquent, on peut déduire que la faille d'Arlit ne joue pas le rôle de limite imperméable entre les deux compartiments de la nappe dans ce secteur.

#### 4.3.2. Rôle de la flexure d'Autriche

La flexure d'Autriche, d'orientation N 30°, est l'un des accidents ayant entraîné des déformations secondaires dans la zone d'étude et responsables de variations d'épaisseur et de faciès des aquifères gréseux superposés, ainsi que de phénomènes complexes d'érosions intra-formationnelles.

En effet, cette flexure a créé un anticlinal dans le secteur Somaïr qui joue un rôle prépondérant dans la circulation de l'eau. Ce dôme constitue une ligne de partage des eaux comme en témoigne l'assèchement de la nappe à ce niveau. Selon l'évolution piézométrique, cette séparation a commencé dans les années 80 et devient plus remarquable dans les années 90 (Figure 20).

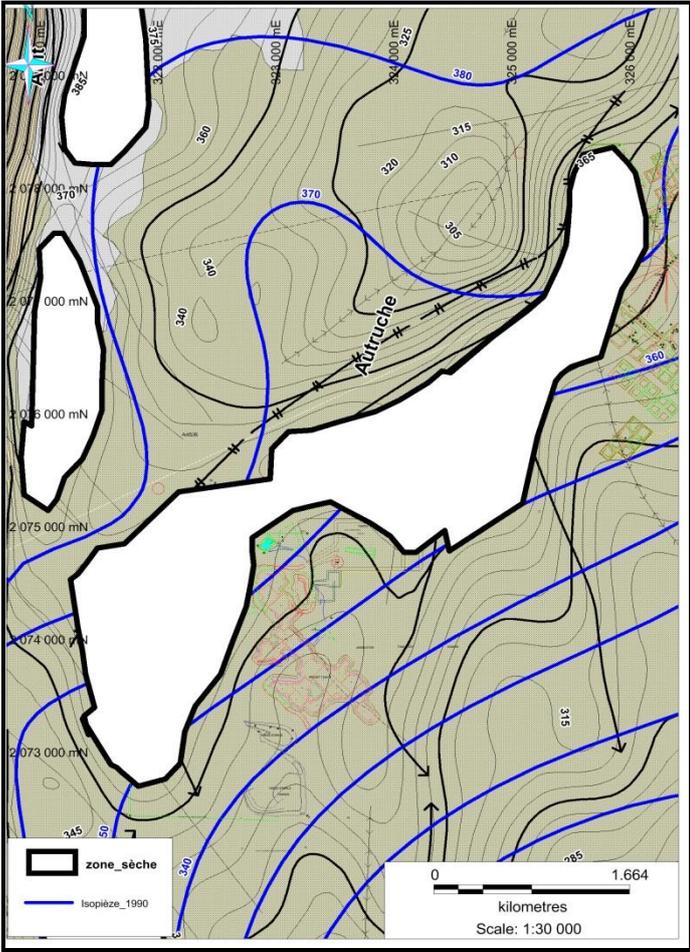


Figure 20: piézométrie sur l'anticlinal d'Autruche (1990)

## 5. PREVISIONS DU DENOYAGE

### 5.1. FOSSE D'ARTOIS

#### Localisation de la minéralisation

La minéralisation est stratiforme, continue et suit la déformation des différents niveaux géologiques (Figures 21 et 22). Elle se rencontre aussi bien dans les grès que les niveaux argileux inter stratifiés. Les coupes réalisées sur secteurs montrent que la cote de la minéralisation se varie entre les cotes 320 m et 380 m du Nord au Sud et les cotes 330 m et 380 d'Est en Ouest.

Sur la partie sud investiguée cette année, elle se trouve au sommet de l'unité 3 et au contact unité3/Madaouela.

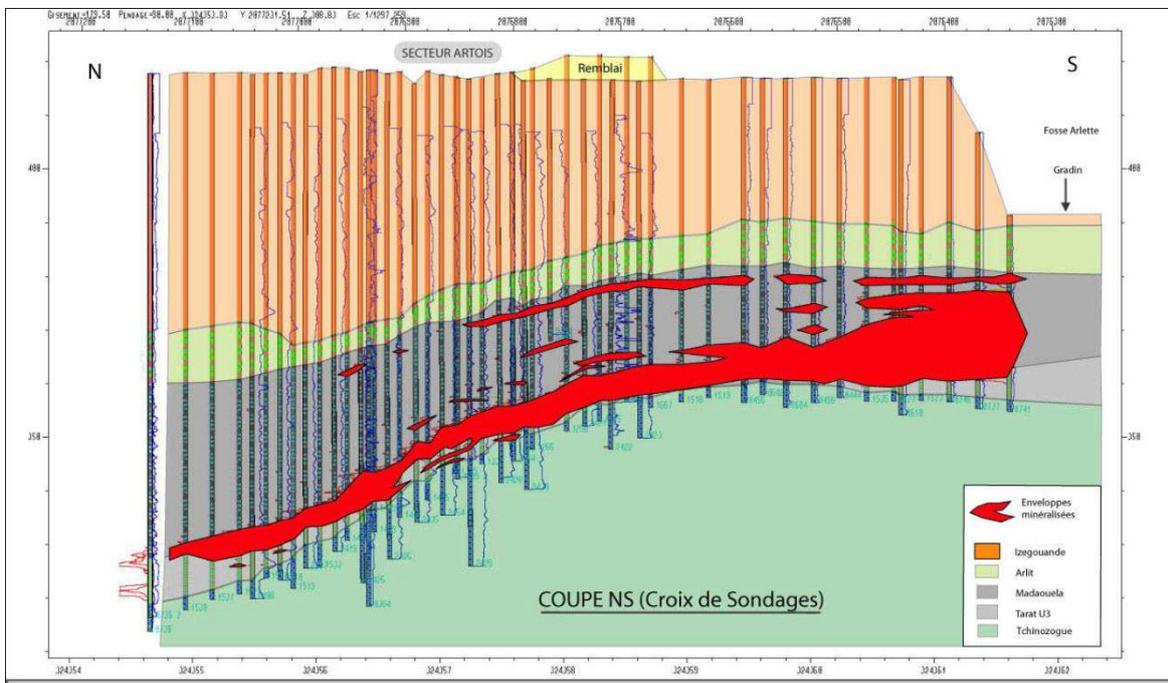


Figure 21: Coupe Nord-Sud passant la croix de sondages Artois 2012 (Hamidou, 2012)

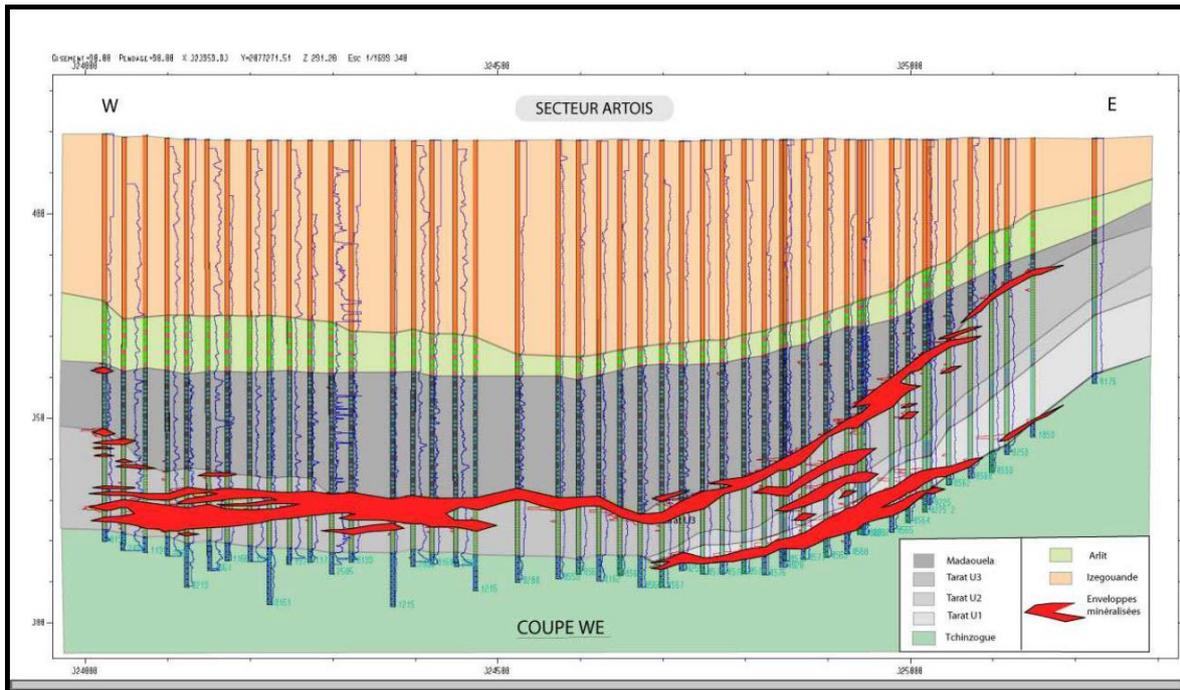


Figure 22: Coupe Ouest-Est réalisée sur la partie centrale Artois 2012 (Hamidou, 2012)

### Description piézométrique

Les isohypses du mur du Tarat montrent, au niveau de la fosse d'Artois, un synclinal dont le pendage le plus remarquable est orienté de l'Est vers le centre allant de la cote de 360 à la cote 305 alors que la surface piézométrique est à la cote 360 avec un gradient hydraulique presque nul (figure 23). L'épaisseur du Tarat est en moyenne de 26 m.

Eu égard à ce que précède, la fosse d'Artois nécessite un dénoyage plus dans la partie Centrale et le Nord-Ouest où la cote piézométrique se trouve entre 20 m et 30 m de la minéralisation. Dans la partie Sud-Est, le niveau de la nappe se situe essentiellement vers la base de la minéralisation.

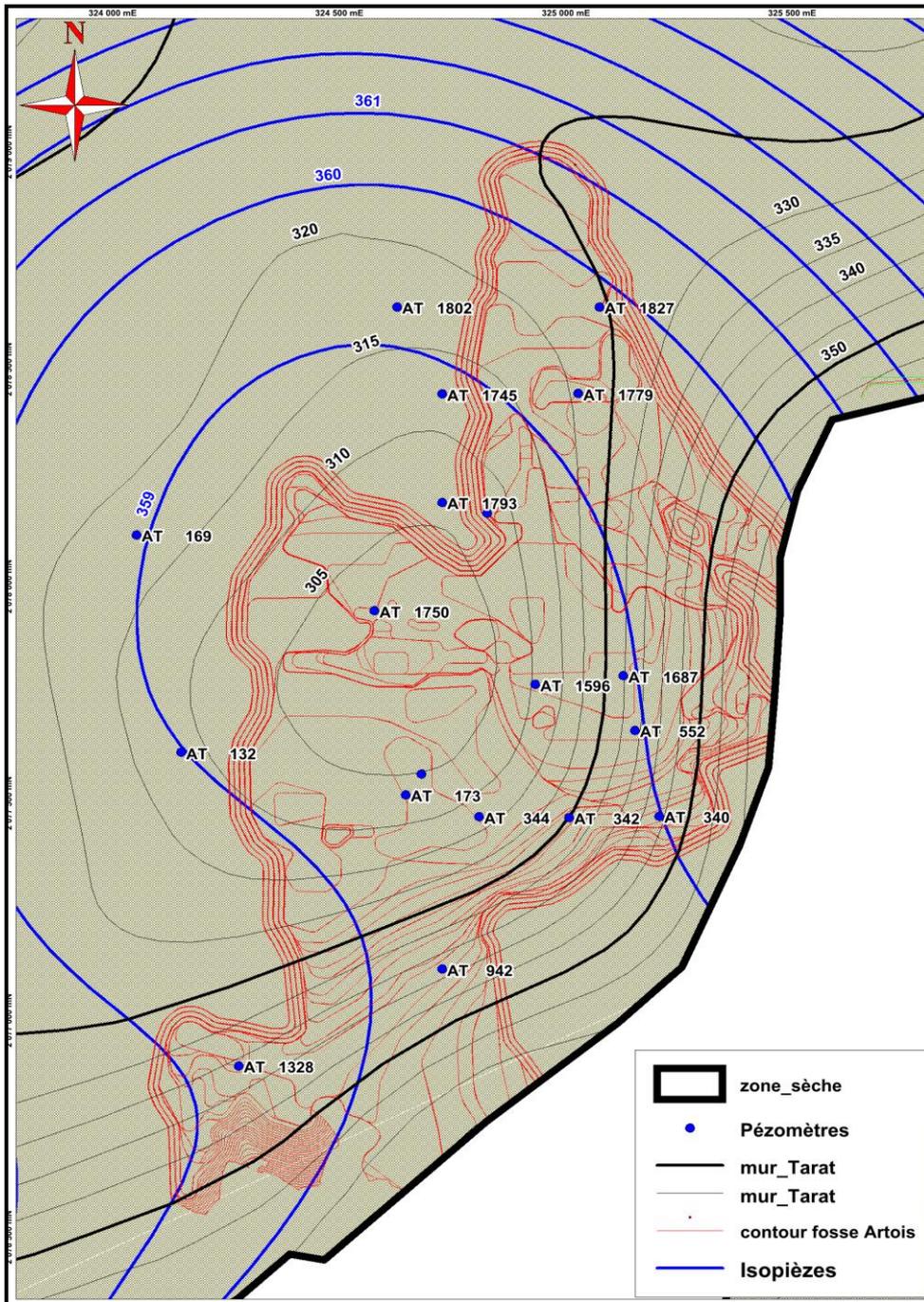


Figure 23: superposition cote piézo-isohypse mur d'Artois

## 5.2. FOSSES DE TAOSSA ET TAMGAK

### Localisation des minéralisations

Les minéralisations se répartissent suivant trois niveaux bien distincts répertoriés sur l'ensemble du gisement. En remontant la série stratigraphique, on y retrouve dans la formation hôte du Tarat : un niveau de base (U1), un niveau moyen (U2) et un niveau supérieur (U3).

La figure 24 et les 3 coupes ci-dessous, réalisées dans les parties nord, centre et sud du prospect font ressortir ces niveaux minéralisés.

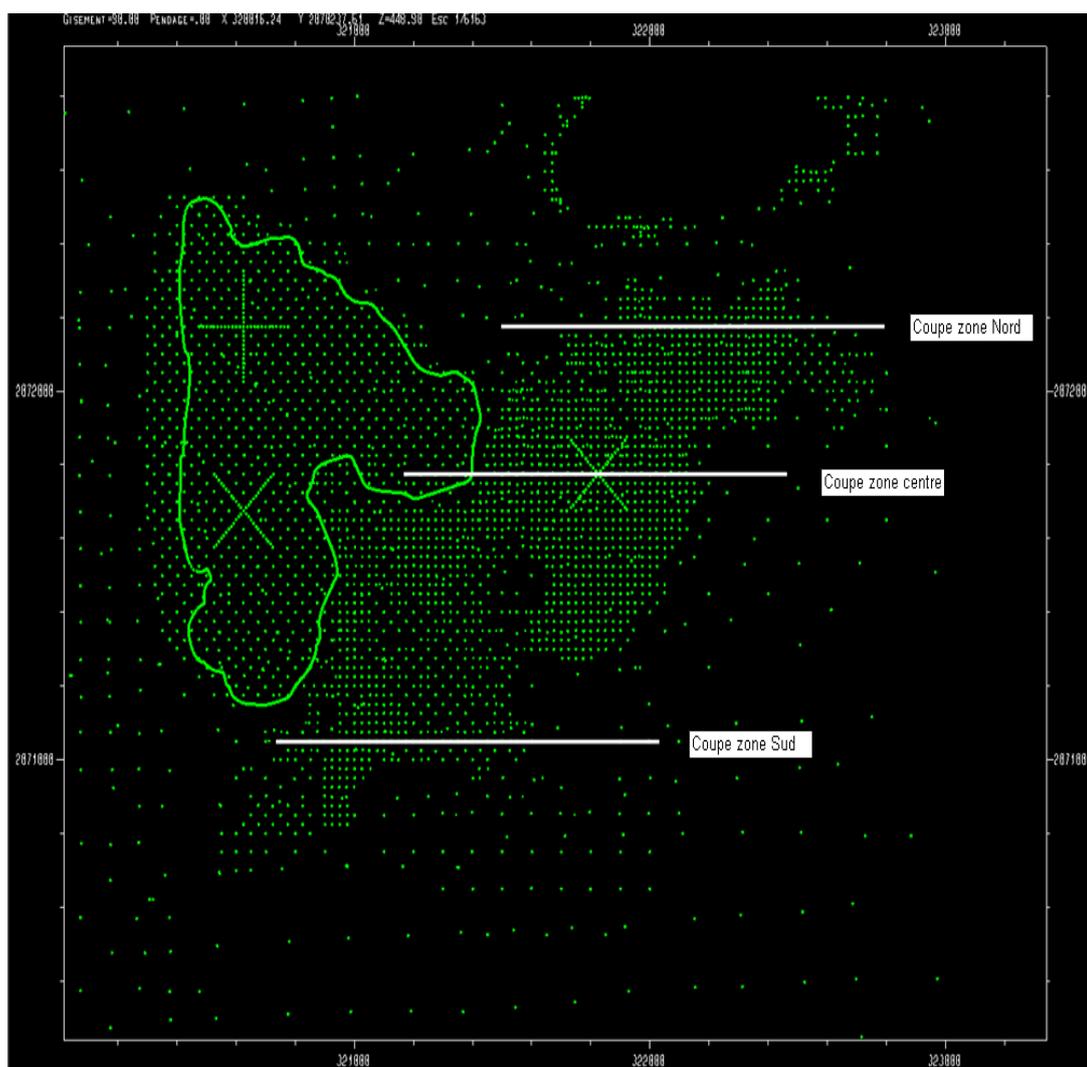


Figure 24: Plan de coupe sur le prospect Tamgak-Taossa (ADAMOU BANA Housseini/BOUKARI Laminou 2013)

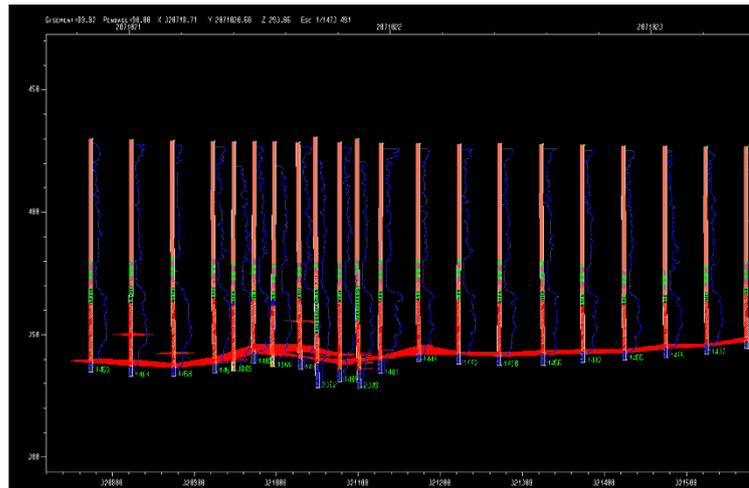


Figure 25: coupe zone Sud (ADAMOU BANA Housseini/BOUKARI Laminou 2013)

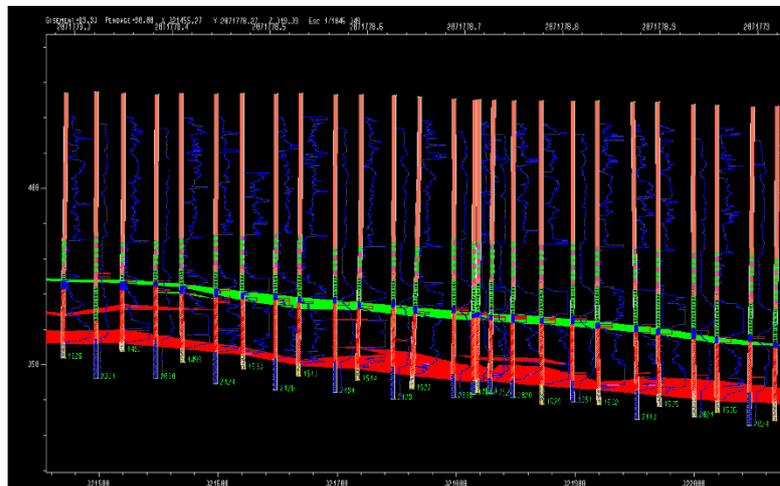


Figure 26: coupe zone centre (ADAMOU BANA Housseini/BOUKARI Laminou 2013)

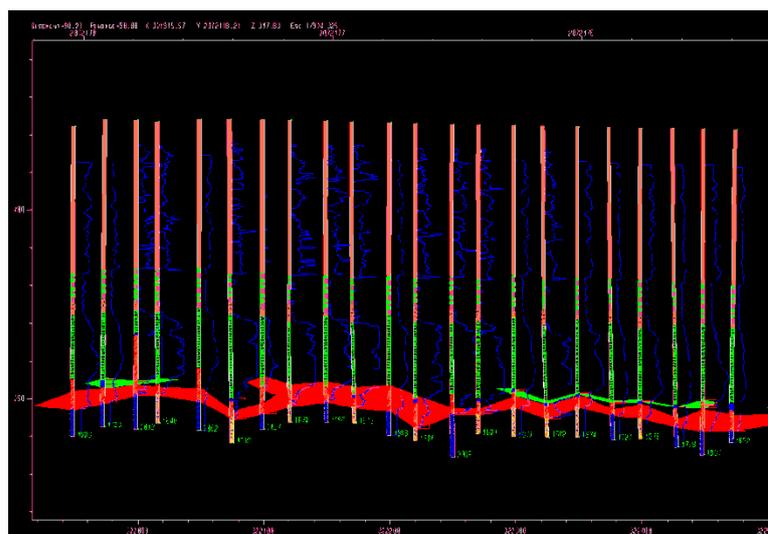


Figure 27: coupe zone Nord (ADAMOU BANA Housseini/BOUKARI Laminou 2013)

Ces coupes réalisées montrent sur l'ensemble du secteur que cette minéralisation est principalement localisée à la base du Tarat (U1) au contact du Tchinezogue avec localement quelques lentilles minéralisées dans les niveaux argilo-silteux.

### Description piézométrique

La carte piézométrique du Tamgak et du Taossa est présentée sur la figure 28.

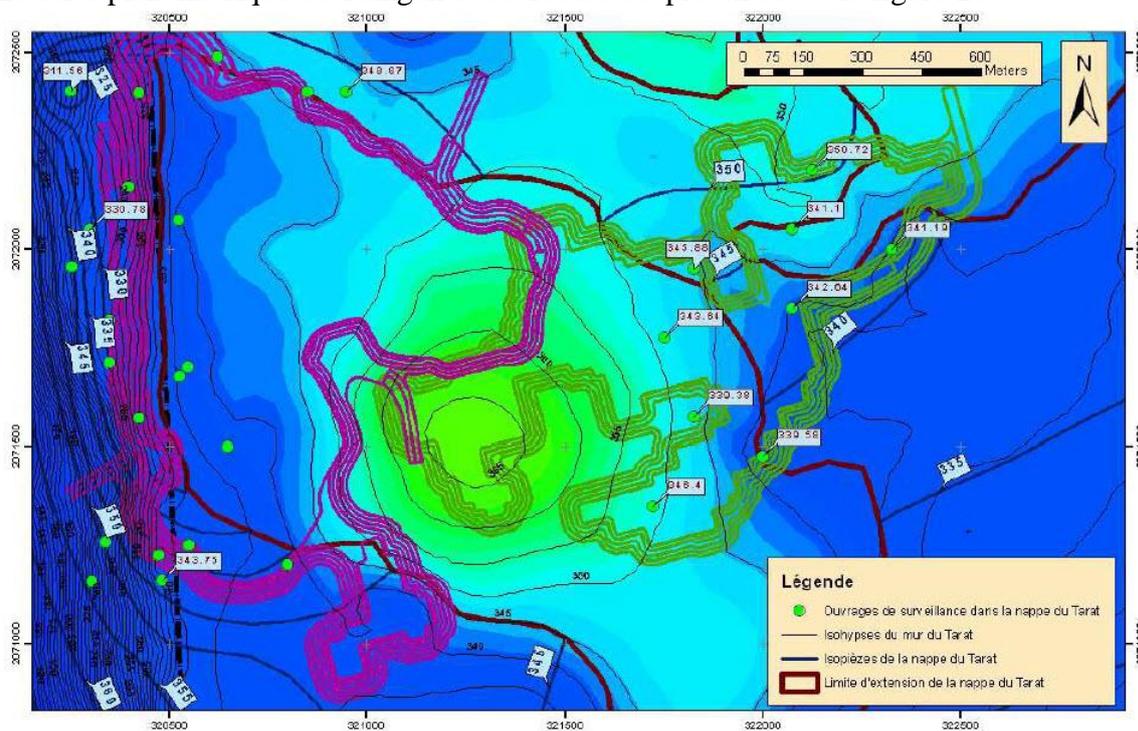


Figure 28: Carte hydrogéologique sur le secteur de Taossa-Tamgak (Anthony, 2013)

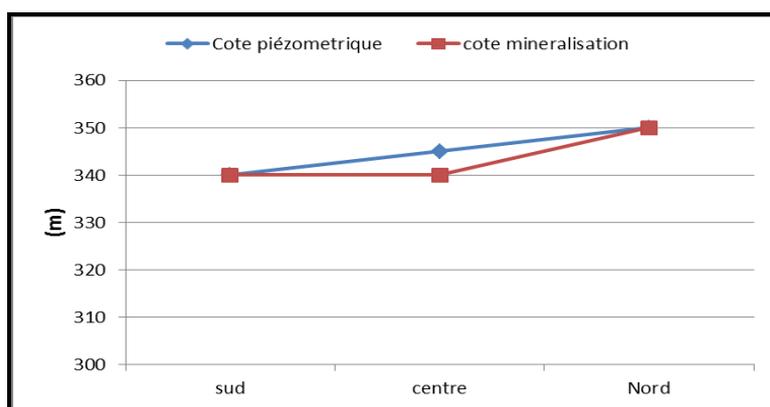


Figure 29: superposition cote piézométrique-minéralisation

Sur le secteur de TAOSSA, dans la partie sud et Nord, la minéralisation et la cote piézométrique se trouvent à la même cote (figure 29). Au centre, la minéralisation se trouve à environ 5 m en dessous de la cote piézométrique. L'épaisseur du tarat sur ce secteur est de 15 à 20 m (AMAN 2004). Il y a donc

nécessité de dénoyer particulièrement au niveau de la partie centrale. Mais compte tenu de la faible hauteur d'eau au dessus du mur du Tarat, le dénoyage devra se gérer en albraque, à l'avancement des travaux d'exploitation.

Sur le secteur de Tamgak, la nappe est largement drainée en direction de la fosse en exploitation. Au droit de l'extension sud de la fosse, il n'existe pas d'ouvrage de surveillance. Mais selon le modèle hydrogéologique local, la cote piézométrique se situerait entre 345 m et 350 m.

### 5.3. FOSSE NORD TAZA

#### Localisation de la minéralisation

Les figures 30 et 31 montrent que sur le secteur Nord Taza, la minéralisation est généralement localisée à l'interface argilo-silteux entre les différentes unités du Tarat .

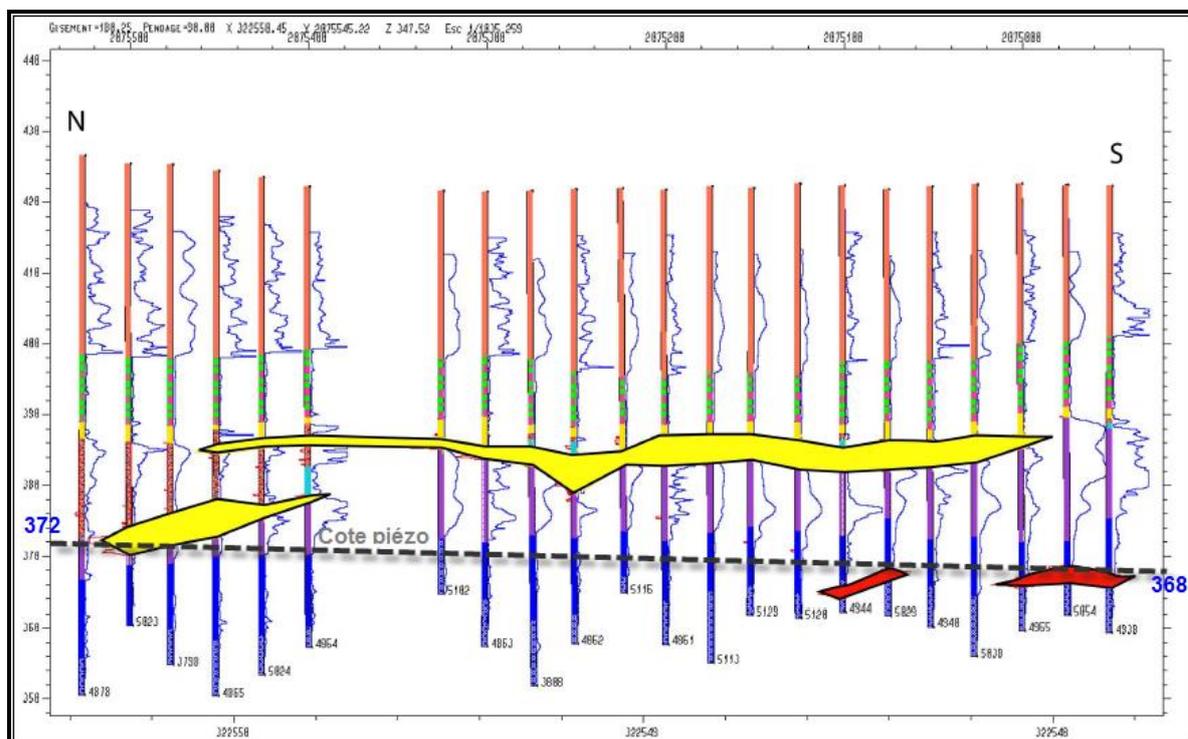


Figure 30: coupe N-S ; position de la minéralisation dans le Tarat (ABDOU Seyni /BOUKARI Laminou)

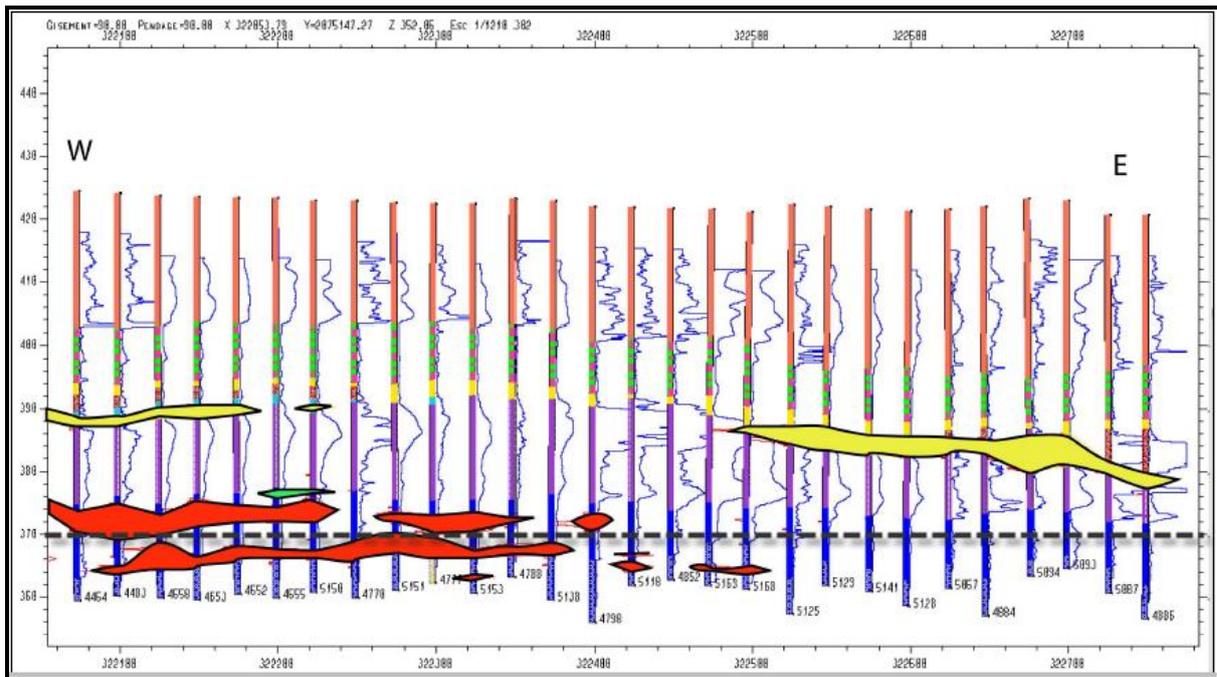
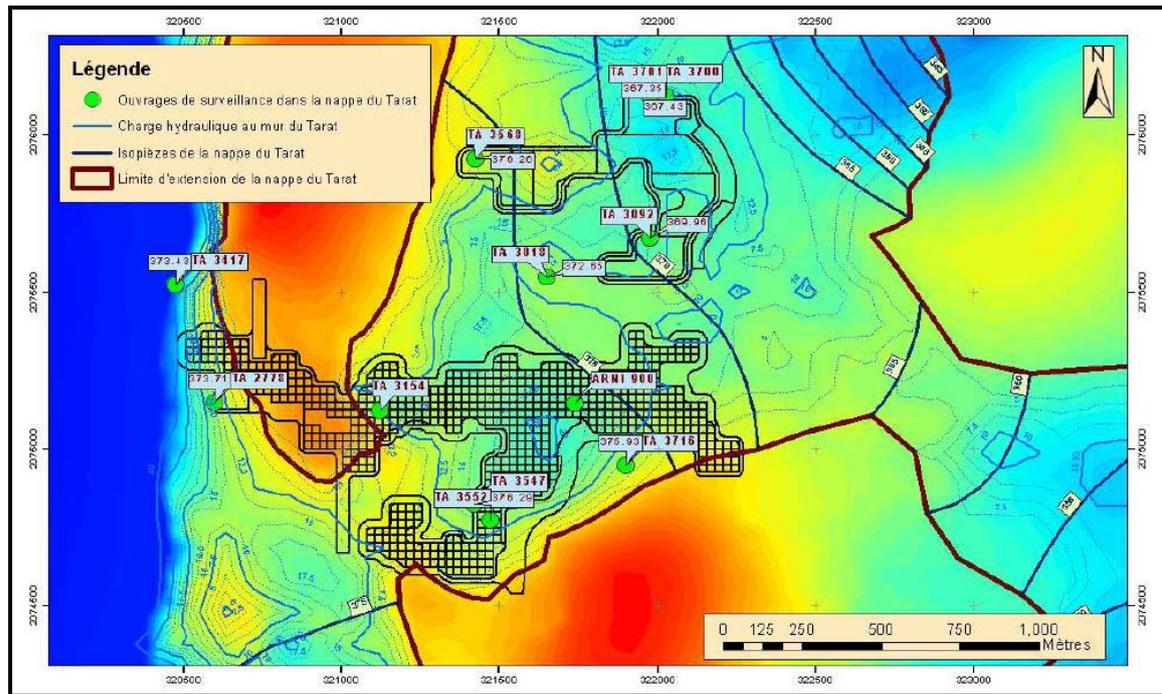


Figure 31: coupe W-E ; position de la minéralisation dans le Tarat (ABDOU Seyni /BOUKARI Laminou)

### Description piézométrique

La carte hydrogéologique (figure 32) montre une cote piézométrique comprise entre 367 m à l'est du gisement et 376 m à l'ouest du gisement. L'eau s'écoule vers le sud (drainée par le dénoyage de la fosse de Tamgak et vers l'est (en direction de la fosse d'Ariège). Sa surface piézométrique se trouve en dessous des niveaux minéralisés, à l'exception des quelques lentilles. Donc, les travaux de découverte devraient être entièrement conduits au-dessus du niveau de la nappe.

Mais d'après le phasage minier, l'exploitation sera conduite sur deux fosses, l'une dans la partie la plus à l'ouest du gisement et l'autre dans la partie centrale. Il faut donc prévoir les travaux de dénoyage sur ces fosses d'attaque. La charge hydraulique à rabattre est respectivement de 30 m et 20 m au niveau du mur dans les parties ouest et centrale.



## 6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude est une contribution à la conceptualisation de l'écoulement des eaux de la nappe du Tarat sur le secteur Somair pour aider au dénoyage des futures fosses. En effet la nappe du Tarat s'écoulait initialement du Sud-Est au Nord-Ouest de l'isopièze 396 m à 393 m avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0.23/1000. Cependant, sous l'effet de nombreux prélèvements réalisés pendant les activités minières, le sens d'écoulement est complètement bouleversé. Il s'effectue actuellement du NW-SE avec un gradient de 4/1000.

Par ailleurs, les structures présentes dans la zone jouent un rôle important dans l'écoulement de l'eau. Une analyse de ces structures a montré que la flexure faille d'Arlit qui constitue la faille majeure de la région ne joue pas dans son ensemble le rôle de limite imperméable entre les compartiments. Quant à la flexure d'Autriche, structure anticlinale, elle constitue une ligne de partage des eaux. Cette séparation des eaux est intervenue à partir des années 90.

Dans les différents secteurs d'exploitation future, les cotes de minéralisations ont été comparées à celles du niveau piézométrique de la nappe. C'est ainsi qu'après l'analyse de toutes les données et l'interprétation des résultats, il ressort ce qui suit :

- Au niveau de la fosse d'Artois, essentiellement dans la partie centrale et Nord-Ouest, la surface piézométrique se situe au-dessus des niveaux minéralisés. Donc, un système de dénoyage s'impose pour l'exploitation. Dans la partie Sud-Ouest, la cote piézométrique se trouve vers la base de la minéralisation.
- L'exploitation des futures fosses de Tamgak-Taossa ne solliciterait pas un dénoyage au préalable, mais, plutôt un système en albraque à l'avancement des travaux.
- S'agissant de la fosse de Nord Taza, la surface piézométrique de la nappe du Tarat se trouve en dessous des niveaux minéralisés, ce qui permet de mener aisément les travaux de découverte. Mais malgré le manque de la flotte sur l'essentiel du secteur, il serait nécessaire de mener des travaux de dénoyage sur les fosses d'attaque ouest et centrale. La charge hydraulique à rabattre est respectivement de 30 m et 20 m au niveau du mur.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOU Seyni, BOUKARI Laminou** (mars 2013) : Rapport technique de suivi de campagne de sondages destructifs et carottés – Extension Est Nord Taza.
- ADAMOU BANA Housseini, BOUKARI Laminou** (janvier 2013) : Rapport de fin de campagne des sondages destructifs et carottés - Taossa 2012.
- AMAN** (2004) : Synthèse hydrogéologique de la nappe du TARAT
- AMAN** (septembre 2012) : Synthèse hydrogéologique à la ZI SOMAIR. Etat des lieux avril 2012
- AMAN** (Mai 2013) : Campagne d'arrêt des puits janvier à février 2013 - Rapport de synthèse.
- ANTEA** (décembre 2008) : Etude du dénoyage du gisement de Tamgak  
Etablissement du modèle mathématique conceptuel destiné à évaluer le dispositif de dénoyage et l'impact sur les aquifères.
- ASSALACK F.** (2009) : Etat du réseau de production d'eau potable de la zone d'Arlit-Akokan, études des essais de pompage et géochimiques – Mémoire de fin d'étude.
- CASTANY, G.** (1982) Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod, Paris, 238p.
- De MARSILY, G.** (2004) : Cours d'Hydrogéologie Université Paris VI.
- FLOTTE N.** (2007) : Etat d'avancement du modèle géologique 3D, éléments de géologie structurale et contrôle de la minéralisation - Compte rendu de Mission.
- HAMIDOU, S.** (2012) : Rapport fin de Campagne 2012 – Sud Artois
- LE BEUX A.** (mars 2013) : Suivi des travaux hydrogéologiques SOMAIR - Compte rendu de Mission.
- SCET AGRI** (1985): Nappes aquifères de la Région d'Arlit. République du Niger. Synthèse Hydrogéologique
- THIERRY S.** (1981): Le contexte sédimentaire du gisement d'uranium d'Arlit. République du Niger. Thèse. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- THIERY S. et BERNARD B.** (1984) : Discontinuités et séquences dans la formation de TARAT (Viséen supérieur) et l'unité d'Arlit (Namuro-Wesphalien) à Arlit (Niger).
- VALSARDIEU, C.** (1971) : Etude géologique et paléogéographique de bassin de Tim Mersoï. Région d'Agadez (République du Niger).

Sites internet :

<http://www.levoyageur.net/climat-ville-arlit.html>

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/concepts.htm:concept> hydrogéologique

<http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>

**Annexe :****Annexe 1: Tables cartes piézométriques****Tableau IV: cotes piézométriques déc.1980**

<b>id</b>	<b>X Nsah</b>	<b>Y Nsah</b>	<b>cote_piézo</b>	<b>Date mesure</b>
ARLI_114_2	322018.65	2082454.1	391.98	31/12/1980
ARLI_116_3	323382.51	2082320.13	390.88	31/12/1980
ARLI_117_2	324403.4	2082605.09	391.28	31/12/1980
ARLI_164_2	326844.13	2078017.59	361.4	31/12/1980
ARLI_167_1	324732.92	2077756.3	385.95	31/12/1980
ARLI_2002_1	329946.62	2075270.79	372.79	31/12/1980
ARLI_232_2	323659.64	2081803.66	390.95	31/12/1980
ARLI_233_2	324480.39	2081850.17	391.01	31/12/1980
ARLI_248_2	324932.74	2073130.35	360.46	31/12/1980
ARLI_252_2	328068.21	2073230.18	328.28	31/12/1980
ARLI_2673_1	323589.49	2082959.05	390.65	31/12/1980
ARLI_2673_2	323583.49	2082955.05	390.59	31/12/1980
ARLI_2674_1	323583.49	2082169.14	390.91	31/12/1980
ARLI_2675_1	323249.52	2081650.19	391.09	31/12/1980
ARLI_2676_1	323680.47	2081412.22	390.7	31/12/1980
ARLI_2677_1	323316.52	2080992.27	390.71	31/12/1980
ARLI_277_2	324372.88	2083383.56	391.61	31/12/1980
ARLI_277_3	324375.4	2083366	391.6	31/12/1980
ARLI_424_3	329737.88	2070952.05	275.95	31/12/1980
ARLI_762_1	326707.01	2077529.68	379.37	01/12/1980
ARLI_836_1	326983.12	2077533.64	379.61	31/12/1980
ARNI_3044_2	319955.76	2074315.8	386.51	31/12/1980
ARNI_386_1	320184.96	2070924.21	381.15	01/12/1980
ARNI_445_1	320897.78	2074784.94	387.41	31/12/1980
ARNI_900_1	321740.1	2075146.05	389.14	31/12/1980
ARNI_911_2	319669.34	2072708.92	385.44	31/12/1980
AT_132_1	324124.44	2077574.64	385.33	31/12/1980
AT_169_1	324025.43	2078074.58	382.12	31/12/1980
arli_134	323757.42	2080208.15	388.89	31/12/1980
arli_180	323257.36	2074493.91	376.42	31/12/1980
arli_182	324867.02	2074589.15	368.95	31/12/1980
arli_214_3	325600.37	2075404.01	368.1	31/12/1980
arli_248_3	324934.84	2073127.98	352.64	31/12/1980
arli_475	323615.56	2075502.24	375.01	31/12/1980
arli_837_2	327044.75	2076596.6	370.05	31/12/1980
arli_837_3	327051.56	2076594.61	364.31	31/12/1980
mour_128	330170.5	2074794.96	377.53	31/12/1980
mour_147	332475.2	2077221.45	392.08	31/12/1980
ai_420	323706.47	2076555.01	352.08	31/12/1980
ai_432	323188.55	2075988.01	379.34	31/12/1980
at_65	324221.94	2076781.85	384.21	31/12/1980
at_137	325324.37	2077375.02	380.95	31/12/1980
arli_124_2	326791.65	2082802.93	392.48	31/12/1980
arli_171_2	323706.74	2081010.28	390.46	31/12/1980
arli_2674_2	323656.48	2082169.14	390.81	31/12/1980
arni_16	321499.71	2071708.28	367	31/12/1980
arni_32_2	320752.16	2073766.21	384.15	31/12/1980
arni_115	320775.86	2073672.41	383.84	31/12/1980
arni_197	322123.66	2073251.41	372.81	31/12/1980
arni_224	320774.07	2070115.8	354.6	31/12/1980
arni_278	321841.57	2075049.41	388.85	31/12/1980
ARLI_445_1	320898.06	2074784.81	387.91	31/12/1980
arni_496	320812.56	2073768.41	384.12	31/12/1980
arli_536_2	322109.96	2075712.01	388.11	31/12/1980
arli_760	322282.11	2072780.62	370.37	31/12/1980
arni_798	322227.06	2072827	370.87	31/12/1980
arni_800	322253.66	2072798.61	370.63	31/12/1980
arni_900_2	321736.57	2075178.11	389.14	31/12/1980

Tableau V: cotes piézométriques déc.1990

id	X <sub>Nsah</sub>	Y <sub>Nsah</sub>	Cote piézo	Date mesure
ARLI_836_1	326983.48	2077533.50	371.67	31/12/1990
ARLI_164_2	327069.77	2078018.13	355.85	31/12/1990
ARLI_762_2	326721.44	2077530.81	372.24	31/12/1990
ARNI_900_1	321737.48	2075148.35	382.67	31/12/1990
ARLI_252_2	328066.49	2073231.96	310.96	31/12/1990
ARLI_2039_2	328853.04	2072158.09	320.3	31/12/1990
ARLI_2020_2	329715.83	2071737.00	235.73	31/01/1991
ARLI_2028_2	328526.44	2072451.79	312.2	31/12/1990
ARLI_295_2	326750.96	2071699.93	291.07	31/12/1990
ARLI_424_3	329736.14	2070959.25	238.77	31/12/1990
ARLI_114_2	322019.10	2082453.89	389.64	31/12/1990
ARLI_116_3	323606.71	2082577.29	380.31	31/12/1990
ARLI_117_2	324403.26	2082604.87	387.32	31/12/1990
ARLI_222_2	327739.00	2080485.00	388.29	01/12/1990
ARLI_233_2	324509	2081725	386.29	31/12/1990
ARLI_277_3	324372.14	2083367.52	388.25	31/12/1990
ARLI_2673_1	323589.49	2082959.1	386.92	31/12/1990
ARLI_2673_2	323583.79	2082954.75	386.22	31/12/1990
ARLI_2674_1	323645.91	2082160.8	384.74	31/12/1990
ARLI_2674_2	323656.79	2082169.50	382.84	31/12/1990
ARLI_2675_1	323296.62	2081783.77	386.26	31/12/1990
ARLI_2676_1	323681.07	2081412.35	385.77	31/12/1990
ARLI_2677_1	323316.44	2080992.52	385.72	31/12/1990
ARLI_169_2	323146.43	2077682.62	365.24	31/12/1990
AT_132_1	324123.98	2077574.19	371.82	31/12/1990
AT_169_1	324025.46	2078074.95	374.77	31/12/1990
ARLI_167_1	324732.96	2077756.29	378.05	31/12/1990
ARNI_386_1	320185	2070924.2	377.74	01/12/1990
ARNI_611_2	320677.4	2073432.1	359.23	01/12/1990
ARNI_614_2	320859.9	2073446.8	358.32	01/12/1990
ARNI_911_2	319048.9	2072253.6	385.02	31/12/1990
ARNI_3044_2	319955.8	2074315.8	383.7	31/12/1990
COMI 17	325834.15	2070174.12	263.94	31/12/1990
ARNI_445_1	320898.1	2074785	380.05	31/12/1990
ARLI_232_2	323657.8	2081807	385.96	31/12/1990
ARLI_277_2	324420	2083240	388.28	31/12/1990

Tableau VI: Cotes piézométriques déc.2000

Id	X_Nsah	Y_Nsah	Cote piézo	Date mesure
ARLI_836_1	326983.48	2077533.50	366.67	31/12/2000
ARLI_164_2	327069.77	2078018.13	372.50	31/12/2000
ARLI_762_2	326721.44	2077530.81	357.97	31/12/2000
ARLI_2002_1	329945.05	2075272.93	363.99	31/05/2001
ARLI_2050_2	329362.00	2071319.00	396.81	31/12/2000
ARNI_900_1	321737.48	2075148.35	378.54	31/12/2000
ARNI_445_1	320898.1	2074785	375.37	31/12/2000
ARLI_248_3	324932.8	2073130	326.67	31/12/2000
ARLI_167_2	324719.14	2077763.33	372.02	31/12/2000
ARLI_2002_2	329947.68	2075255.30	347.22	31/12/2000
ARLI_252_2	328066.49	2073231.96	309.4	31/12/2000
ARLI_2039_2	328853.04	2072158.09	305.98	31/12/2000
ARLI_2020_2	329715.83	2071737.00	291.43	31/12/2000
ARLI_2028_2	328526.44	2072451.79	308.91	31/12/2000
ARLI_295_2	326750.96	2071699.93	294.75	31/12/2000
ARLI_424_3	329736.14	2070959.25	244.93	31/12/2000
ARLI_114_2	322019.10	2082453.89	388.07	31/12/2000
ARLI_116_3	323606.71	2082577.29	386.56	31/12/2000
ARLI_117_2	324403.26	2082604.87	386.77	31/12/2000
ARLI_222_2	327739.00	2080485.00	386.97	01/12/2000
ARLI_232_2	323657.8	2081807	385.68	31/12/2000
ARLI_233_2	324509	2081725	385.55	31/12/2000
ARLI_277_2	324420	2083240	387.25	31/12/2000
ARLI_277_3	324372.14	2083367.52	387.25	01/12/2000
ARLI_2673_1	323589.49	2082959.1	386.9	31/12/2000
ARLI_2673_2	323583.79	2082954.75	386.31	31/12/2000
ARLI_2674_1	323645.91	2082160.8	386.23	31/12/2000
ARLI_2674_2	323656.79	2082169.50	386.15	31/12/2000
ARLI_2675_1	323296.62	2081783.77	385.55	31/12/2000
ARLI_2676_1	323681.07	2081412.35	384.87	31/12/2000
ARLI_2677_1	323316.44	2080992.52	383.19	31/12/2000
ARLI_169_2	323146.43	2077682.62	361.2	31/12/2000
AT_41_2	323973.29	2077229.58	358.8	31/12/2000
AT_132_1	324123.98	2077574.19	367.86	31/12/2000
AT_169_1	324025.46	2078074.95	371.22	31/12/2000
ARLI_167_1	324732.96	2077756.29	371.78	31/12/2000
ARNI_386_1	320185	2070924.2	374.1	01/12/2000
ARNI_611_2	320677.4	2073432.1	352.63	01/12/2000
ARNI_614_2	320859.9	2073446.8	351.57	01/12/2000
ARNI_911_2	319048.9	2072253.6	384.96	31/12/2000
ARNI_3044_2	319955.8	2074315.8	381.68	31/12/2000
COMI 17	325834.15	2070174.12	271.06	31/12/2000
COMI 29	324023.73	2071484.81	348.76	31/12/2000
TO_2031_1	323642.43	2073017.74	359.29	01/12/2000
TO_2074_1	323192.64	2073017.37	360.08	01/12/2000
TO_2147_1	323642.46	2073317.55	360.05	01/12/2000
TO_2331_1	323391.78	2073467.71	361.69	01/12/2000

Tableau VII: cotes piézométriques Mars\_2013

id	X Nsah	Y Nsah	Cote piézo
ARLI 182	324864.58	2074573.93	340.01
ARLI 836	326983.48	2077533.50	364.66
ARLI 164	327069.77	2078018.13	369.32
ARLI 762	326721.44	2077530.81	365.12
AT 41	323973.29	2077229.58	350.01
AT 2323	324694.57	2078040.83	338.58
AT 2324	324488.69	2077601.83	354.25
AT 2325	324625.32	2078550.34	353.8
AT 2326	323702.68	2078802.67	359.25
AT 2327	324349.95	2079149.94	350.27
AT 2328	325600.00	2080405.00	350.69
ARLI 248	324932.78	2073130.34	321.9
ARLI 2002	329947.68	2075255.30	345.03
ARLI 252	328066.49	2073231.96	310.64
ARLI 2039	328853.04	2072158.09	310.72
ARLI 2020	329715.83	2071737.00	293.44
ARLI 2028	328526.44	2072451.79	246.92
ARLI 295	326750.96	2071699.93	296.87
ARLI 762	326721.44	2077530.81	365.12
ARLI 424	329736.14	2070959.25	302.31
Tam 626	320299.74	2072049.65	330.78
TAMT2 ou PR2	320482.71	2071160.35	343.75
TAMT3 ou PR3	320305.62	2071157.56	354.42
TAMT5 ou PR6	320949.59	2072399.99	348.87
TAMT6 ou PR8	320248.93	2072453.85	326.66
TAMT7 ou PR9	320251.82	2072402.02	311.56
TAMT12 ou PR17	319772.49	2071772.17	369
AT 1733	324400.58	2079399.97	363.13
AT 1625	323400.13	2078999.95	363.29
ARLI 169	323145.38	2077678.90	354.98
AT 132	324123.98	2077574.19	355.76
AT 136	325121.59	2077378.21	353.3
AT 169	324025.46	2078074.95	357.83
AT 173	324619.31	2077476.02	356.22
AT 340	325178.65	2077427.10	357.77
AT 342	324979.79	2077423.93	357.5
AT 344	324780.87	2077425.16	357.84
AT 422	324679.86	2077324.87	369.3
AT 552	325125.44	2077624.54	356.68
AT 769	324653.56	2077524.31	356.05
AT 942	324700.06	2077074.91	356.54
AT 1144	324524.71	2077026.37	368.63
AT 1328	324250.38	2076851.62	360.23
AT 1429	324424.30	2076952.51	354.76
AT 1590	324854.45	2077905.67	354.94
AT 1596	324905.15	2077730.42	355.63
AT 1687	325100.23	2077750.31	356.93
AT 1745	324700.39	2078399.51	356.96
AT 1750	324549.71	2077900.29	355.09
AT 1779	325000.10	2078400.58	357.8
AT 1793	324699.95	2078150.03	354.65
AT 1827	325046.80	2078600.00	359.47
AT 1860	324199.93	2077349.80	366.78

AT 1802	324600.73	2078600.20	357.5
AT 2005	324799.82	2078124.98	355.32
AT 2354	323925.26	2076800.34	346.95
AN 3 bis	326584.99	2076050.47	359.88
ARLI 837	327044.79	2076596.59	361.86
ARLI 837	327049.85	2076597.32	361.81
PT 3	326201.13	2075773.43	353.91
PT 7	326314.85	2076142.49	358.28
PT 8	327061.09	2076807.29	361.16
PT 9	325735.92	2075273.94	350.44
PT 10	326466.89	2075634.29	355.84
PT 11	327513.34	2075806.69	358.84
PT 12	327250.93	2075267.73	354.64
PT 13	325636.59	2074903.46	348.63
PT 14	327234.69	2074426.68	348.86
PT 15	326460.25	2077236.86	363.76
TA 3701	322025.46	2076125.89	367.35
TA 3700	321974.85	2076127.02	367.43
TA 3568	321424.43	2075924.92	376.26
TA 3092	321976.02	2075673.67	369.96
TA 3547	321423.02	2074824.98	376.29
TA 2778	320600.46	2075150.35	373.71
TA 3417	320475.02	2075525.79	373.43
TA 3716	321898.84	2074950.82	375.93
TA 3018	321649.50	2075550.79	372.65
TAMRI 220	324335.49	2072666.55	333.75
TAMRI 214	324035.77	2072663.90	356.18
TAMRI 193	324637.37	2072463.14	331.34
TAMRI 232	324036.74	2073069.16	357.71
TAM 1923	322074.75	2072050.34	341.1
TAM 2371	321824.94	2071574.72	339.38
TAM 2230	321723.01	2071349.98	346.4
TAM 2035	322124.99	2072200.2	350.72
TAM 2146	322074.99	2071850.21	342.64
TAM 2248	321999.22	2071475.1	339.58
TAM 2002	322324.92	2071999.86	341.19
TAM 2129	321749.54	2071774.96	343.64
TAM 2079	321824.83	2071950.04	345.88
ARLI 114 b	322018.6536	2082454.097	386.72
ARLI 117 b	324403.3967	2082605.095	384.25
ARLI 232 b	323657.4759	2081807.175	382.52
ARLI 233 b	324480.3918	2081850.166	381.77
ARLI 276(5)	323561.4898	2083323.012	378.28
ARLI 2673	323589.4858	2082959.049	384.69
ARLI 2673 b	323583.4908	2082955.05	384.65
ARLI 2674	323583.4908	2082169.138	383.58
ARLI 2674 b	323656.4781	2082169.138	383.45
ARLI 2675	323249.5186	2081650.189	382.54
ARLI 2676	323680.4747	2081412.219	380.99

**Annexe 2 : Production d'eau sur Somair****Tableau VIII: Bilan production d'eau Somair**

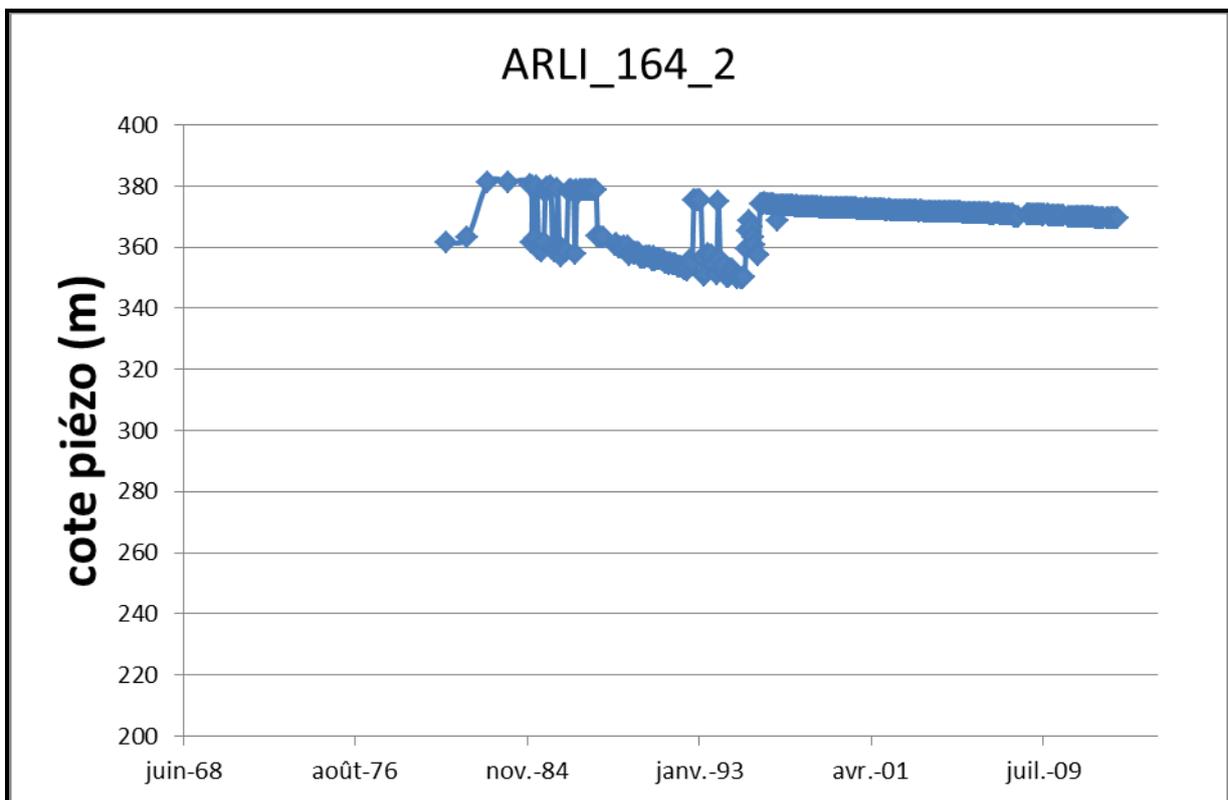
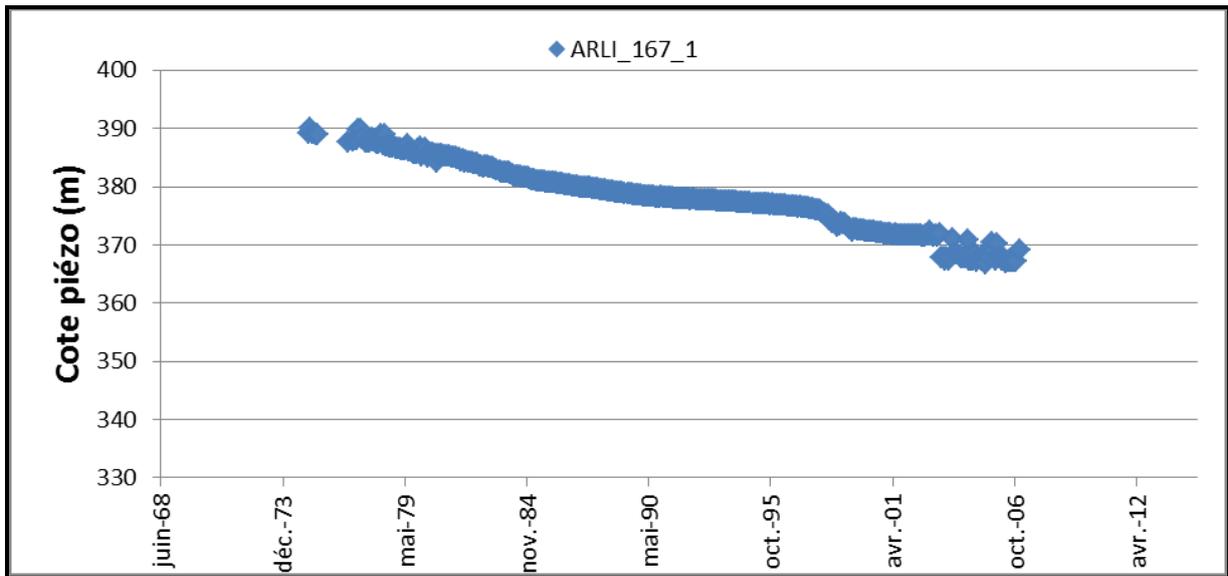
SOMAIR			
années	AEP	EI	TOTAL exhaure
1 969	34 400		34 400
1 970	288 304	245 101	533 405
1 971	603 103	1 045 151	1 648 254
1 972	588 925	953 131	1 542 056
1 973	650 970	1 082 408	1 733 378
1 974	781 427	902 531	1 683 958
1 975	1 280 398	809 223	2 089 621
1 976	2 026 054	1 035 557	3 061 611
1 977	2 833 601	1 129 766	3 963 367
1 978	4 262 449	1 800 447	6 062 896
1 979	5 189 514	2 255 685	7 445 199
1 980	6 020 547	2 212 498	8 233 045
1 981	5 730 760	2 041 567	7 772 327
1 982	6 428 362	2 334 531	8 762 893
1 983	5 816 400	2 689 091	8 505 491
1 984	6 131 768	2 494 119	8 625 887
1 985	6 896 569	2 133 586	9 030 155
1 986	6 757 418	2 115 426	8 872 844
1 987	6 903 310	2 032 376	8 935 686
1 988	7 156 282	2 347 850	9 504 132
1 989	7 476 870	2 125 530	9 602 400
1 990	7 377 553	1 167 406	8 544 959
1 991	6 958 423	1 070 465	8 028 888
1 992	6 362 007	1 026 531	7 388 538
1 993	6 222 013	1 026 741	7 248 754
1 994	6 148 569	1 205 595	7 354 164
1 995	6 078 036	1 223 842	7 301 878
1 996	5 846 622	1 179 467	7 026 089
1 997	6 032 059	1 451 342	7 483 401

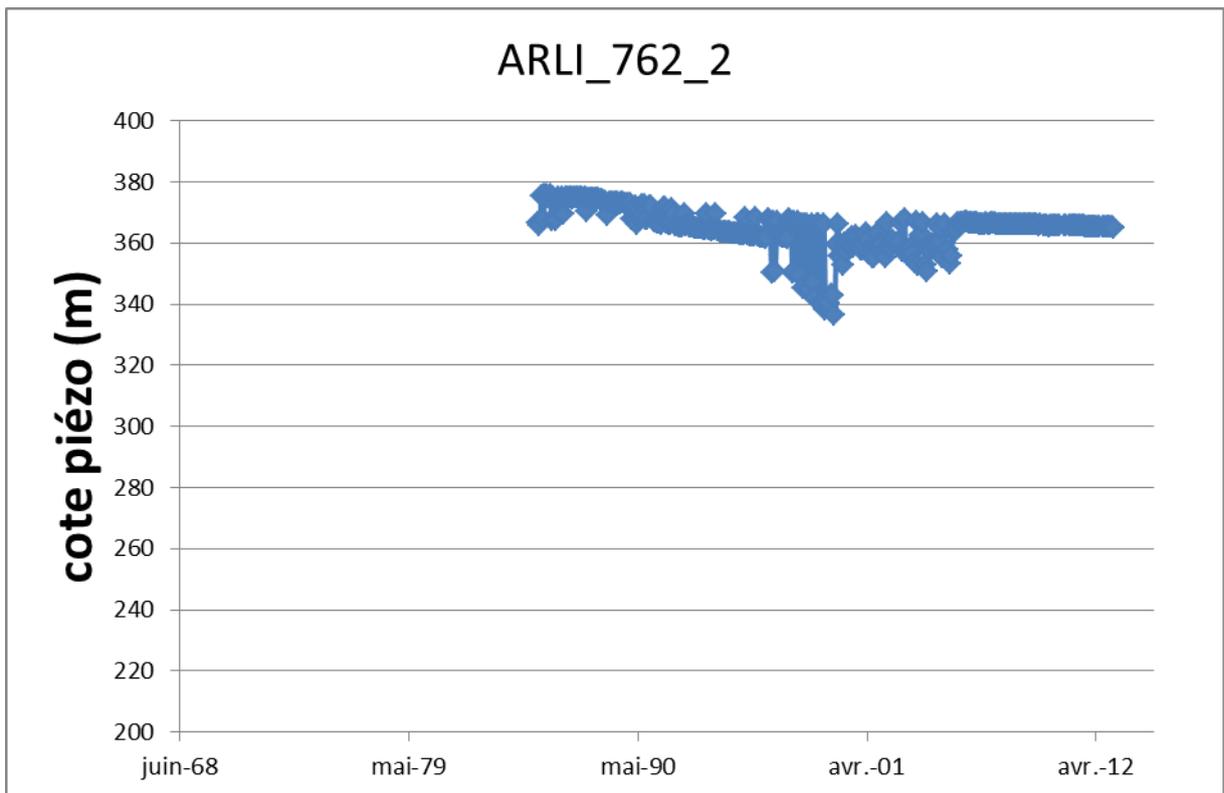
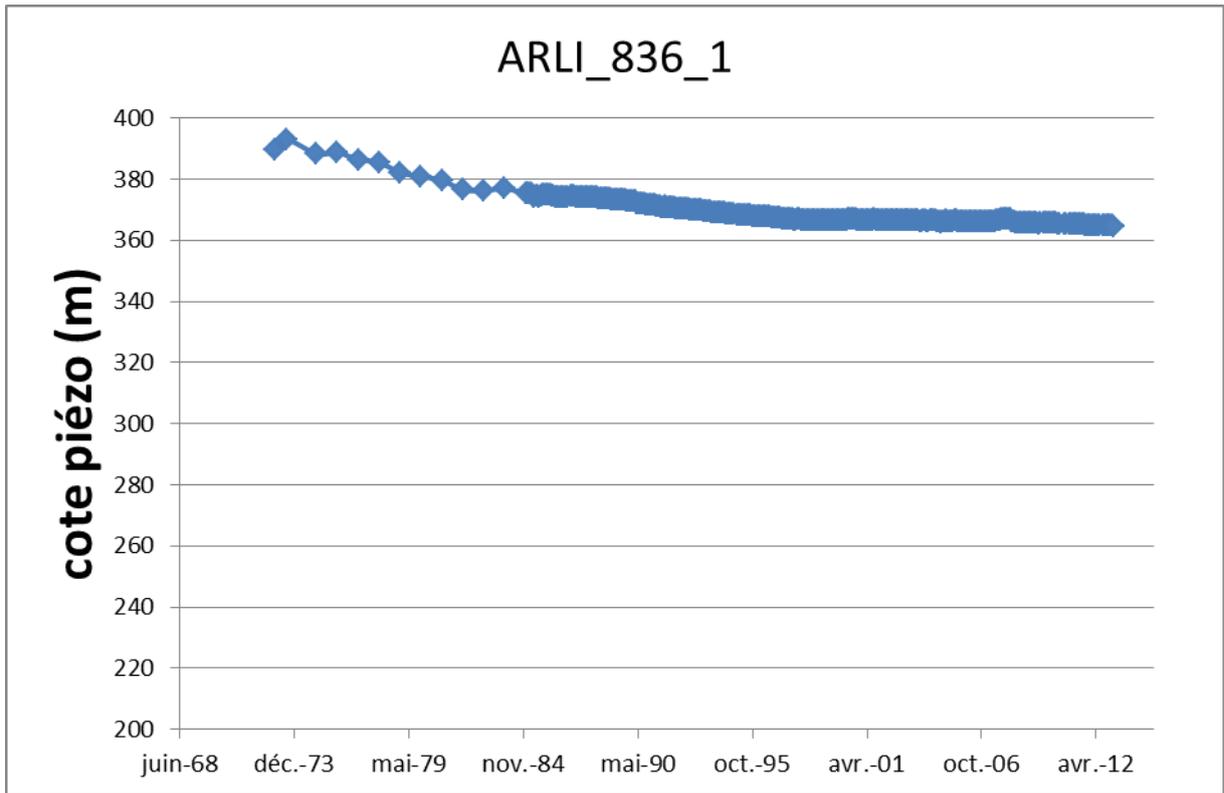
<b>1 998</b>	5 909 128	1 474 740	7 383 868
<b>1 999</b>	4 969 433	964 008	5 933 441
<b>2 000</b>	4 385 401	982 068	5 367 469
<b>2 001</b>	4 214 960	1 320 560	5 535 520
<b>2 002</b>	4 143 943	1 315 993	5 459 936
<b>2 003</b>	4 101 691	1 244 107	5 345 798
<b>2 004</b>	4 063 926	1 299 803	5 363 729
<b>2 005</b>	3 895 811	1 333 524	5 229 335
<b>2 006</b>	3 805 072	1 560 004	5 365 076
<b>2 007</b>	3 833 426	1 761 620	5 595 046
<b>2 008</b>	4 050 199	2 020 324	6 070 523
<b>2 009</b>	3 915 165	2 589 067	6 504 232
<b>2 010</b>	3 509 924	3 161 840	6 671 764
<b>2 011</b>	3 246 717	3 062 811	6 309 528
<b>2 012</b>	3 461 934	3 096 344	6 558 278
<b>TOTAL</b>			<b>266 713 207</b>

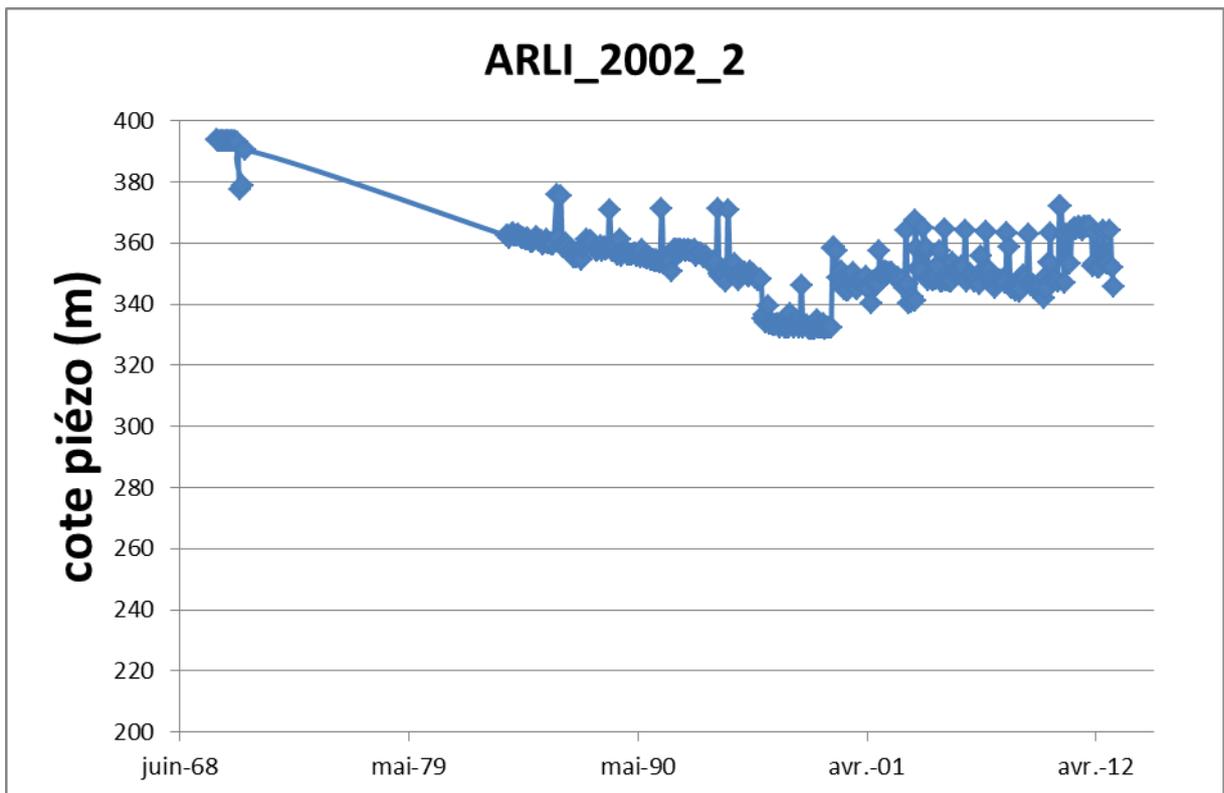
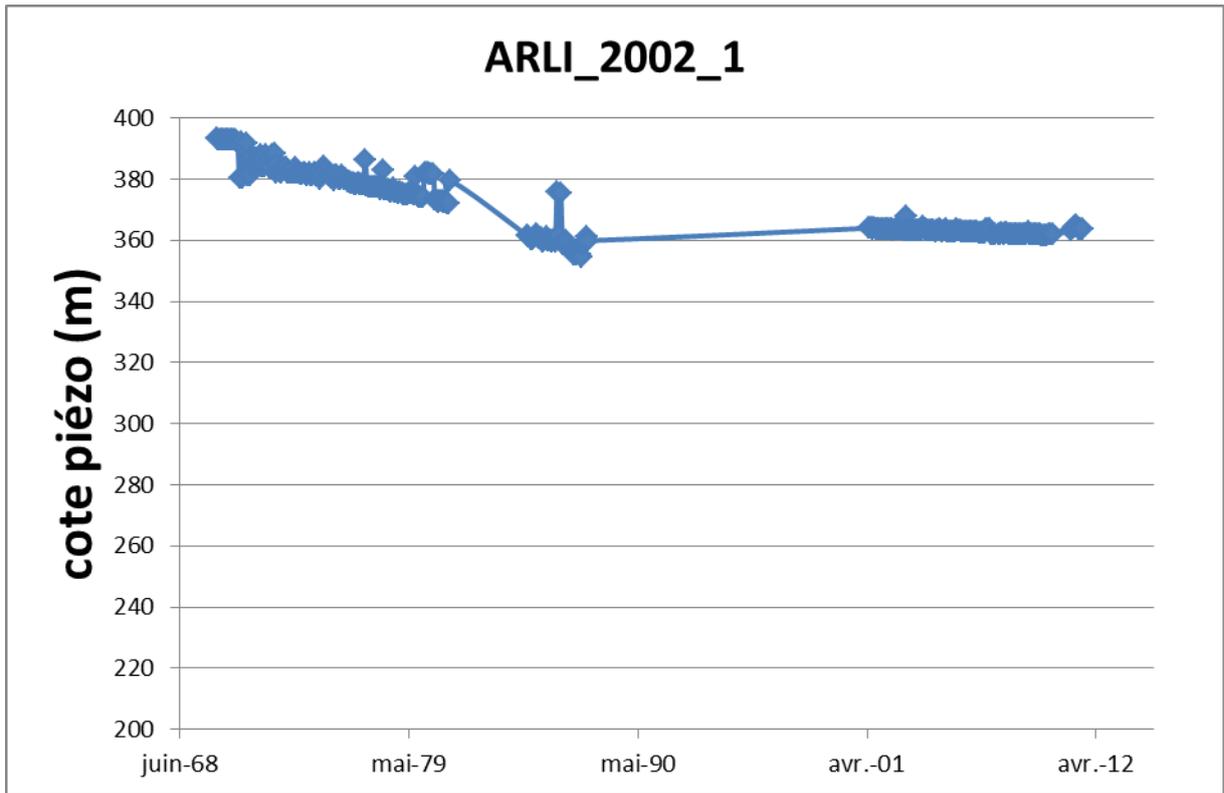
Tableau IX: Production d'eau en fond de fosses

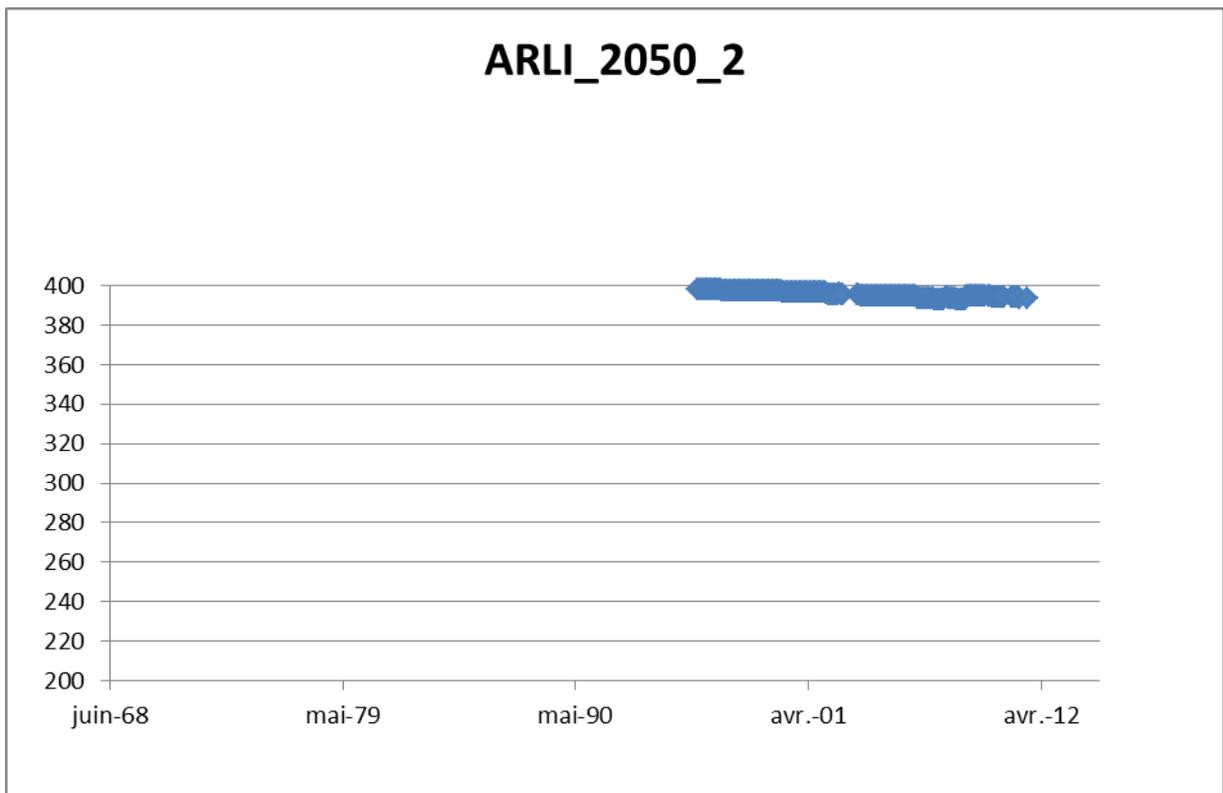
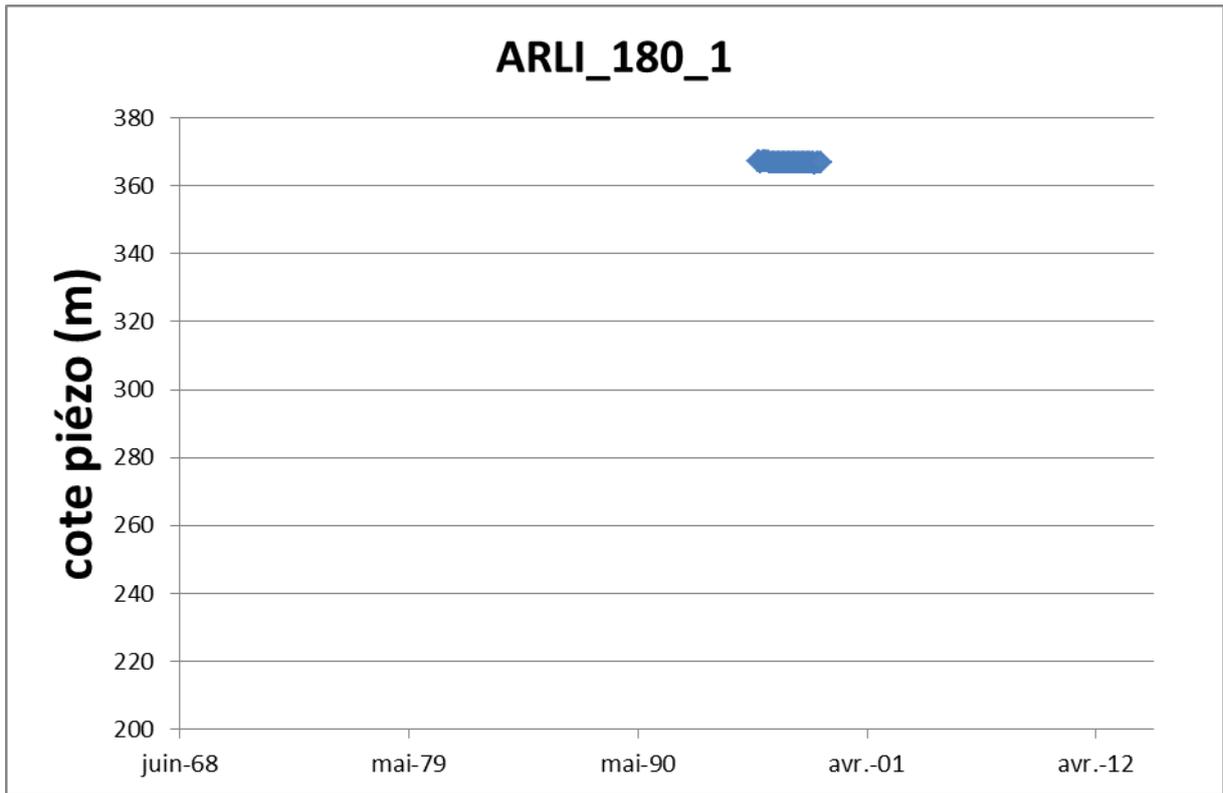
Période	Débits exhaures MCO (m3/an)						
	ARLETTE	ARIEGE	TAZA	TAKRIZA	TAMOU	TAMGAK	TOTALE
1 969							
1 970	207 440						207 440
1 971	599 487						599 487
1 972	659 159						659 159
1 973	709 040						709 040
1 974	578 200						578 200
1 975	591 350						591 350
1 976	609 050						609 050
1 977	671 813						671 813
1 978	513 538	704 027					1 217 565
1 979	343 748	1 149 249					1 492 997
1 980	195 702	1 445 625					1 641 327
1 981	149 897	1 671 787					1 821 684
1 982	126 577	1 914 914					2 041 491
1 983	98 511	2 334 777					2 433 288
1 984	99 684	2 072 506					2 172 190
1 985		1 829 685					1 829 685
1 986	119 565	1 739 556					1 859 121
1 987		1 443 355	276 333				1 719 688
1 988		1 529 704	655 560				2 185 264
1 989		1 117 201	845 743				1 962 944
1 990		146 199	858 621				1 004 820
1 991		286 401	621 478				907 879
1 992		450 615	413 330				863 945
1 993		580 038	284 117				864 155
1 994		819 666	223 343				1 043 009
1 995		1 056 108	5 148				1 061 256
1 996		1 016 881					1 016 881
1 997		1 288 756					1 288 756
1 998		1 223 775					1 223 775
1 999		750 456		47 892			798 348
2 000		720 772		28 106	48 709		797 587
2 001		546 069			313 520		859 589
2 002		707 150			279 896		987 046
2 003		784 751			251 789		1 036 540
2 004		821 872			259 121		1 080 993
2 005		813 997			298 196		1 112 193
2 006		876 251			358 737		1 234 988
2 007		760 331	26 259		219 055		1 005 645
2 008		640 907	42 612		149 990		833 509
2 009		174675			185640		360 315
2 010		194873	2509		129040	17897	344 319
2 011		122128			84570	69132	275 830
2 012		91			102840	15108	118 039
Mars_2013						569	569
<b>TOTAL</b>							<b>47 122 769</b>

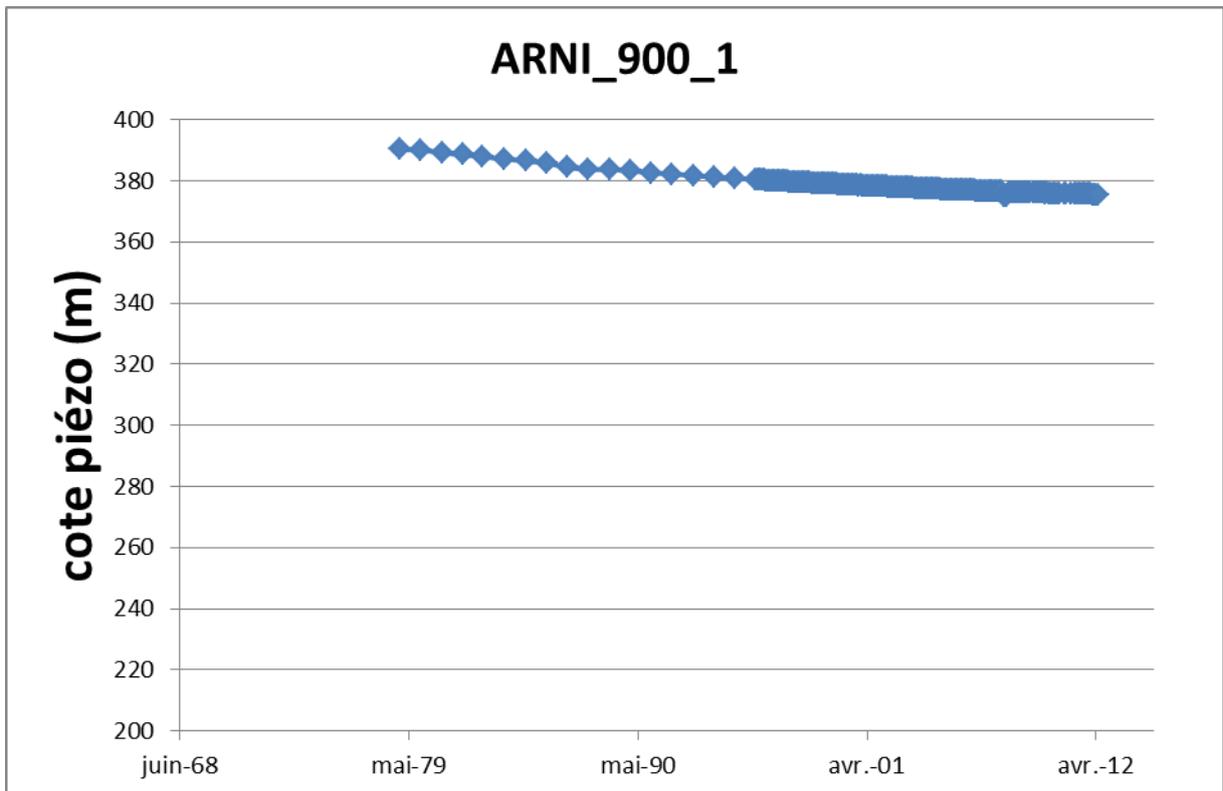
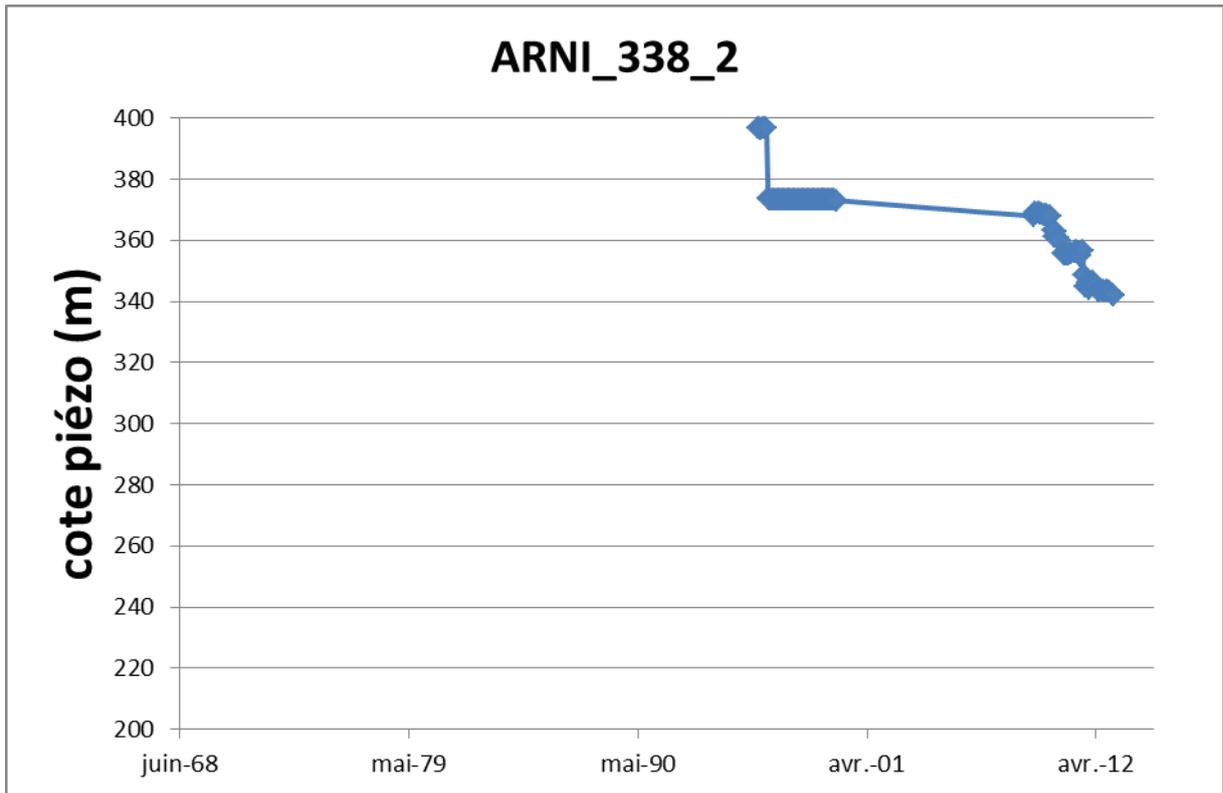
Annexe 3 : Chroniques piézométriques

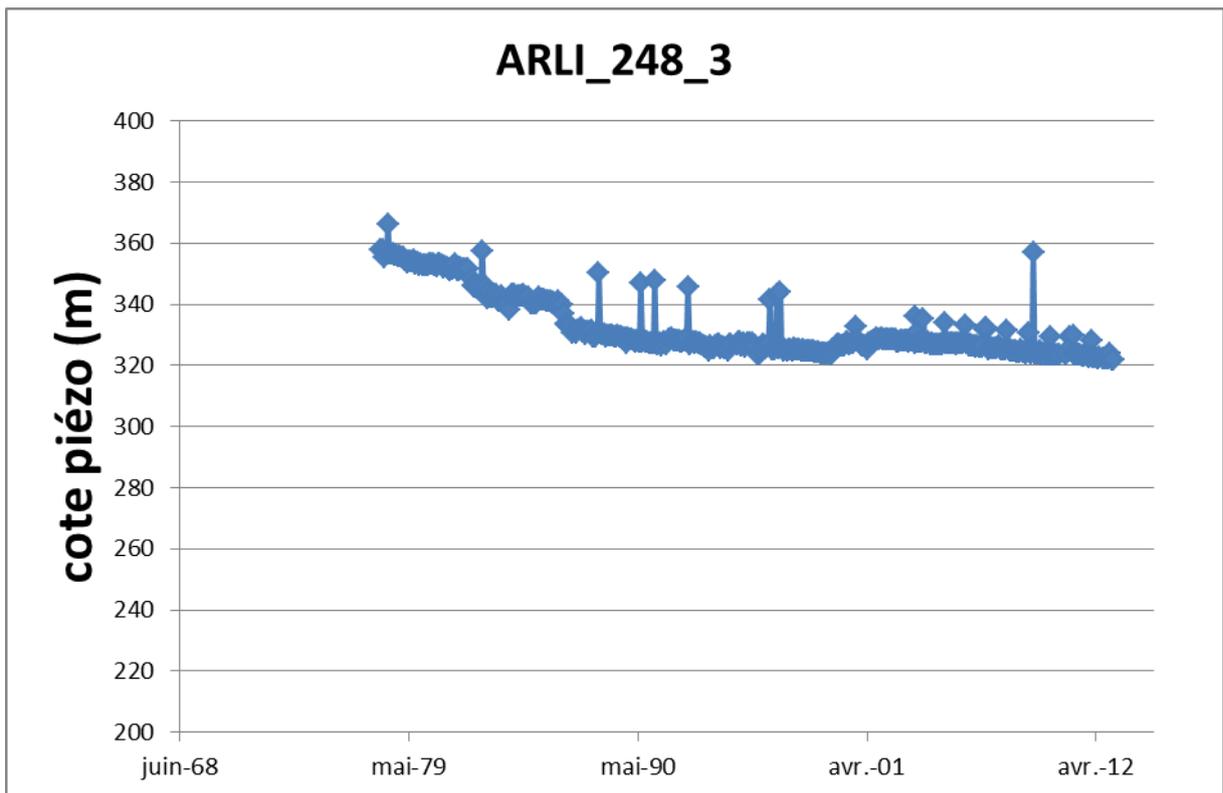
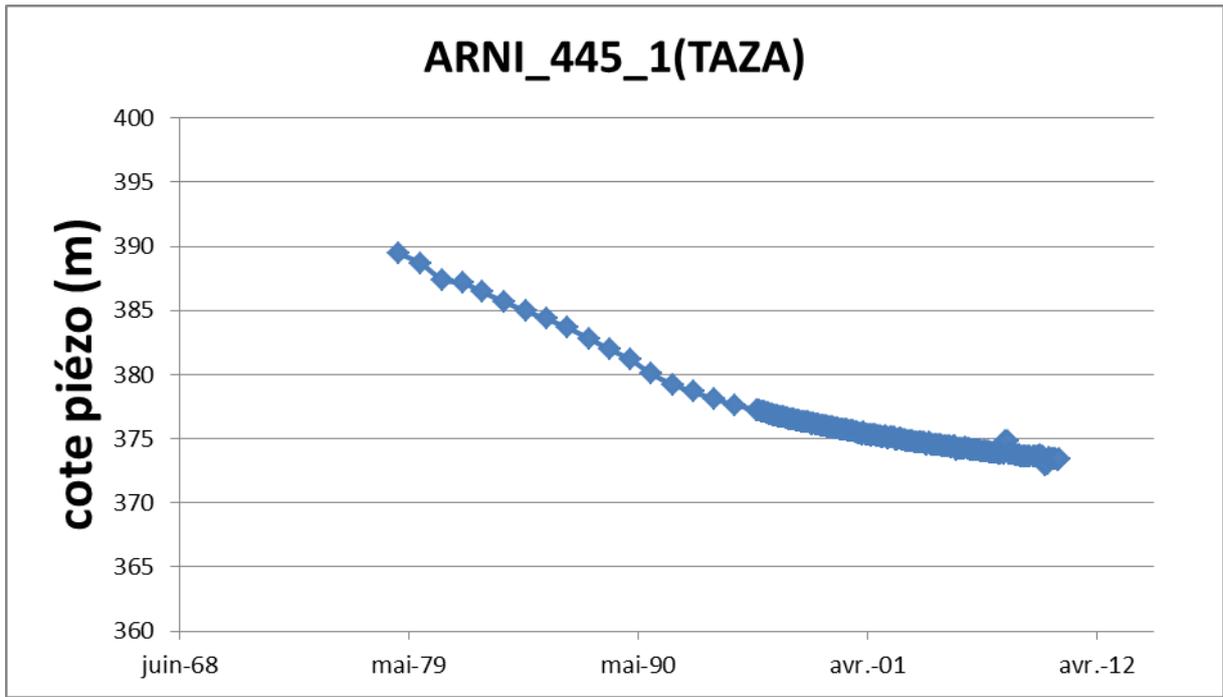


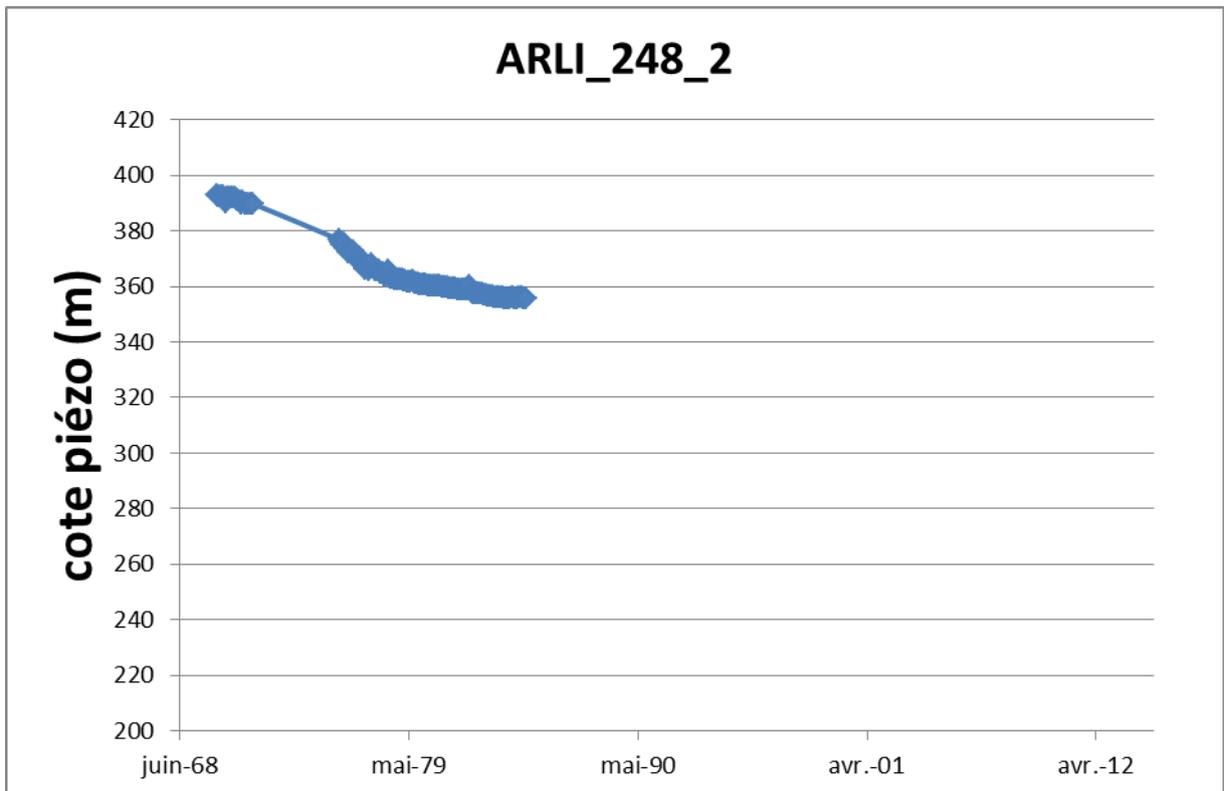
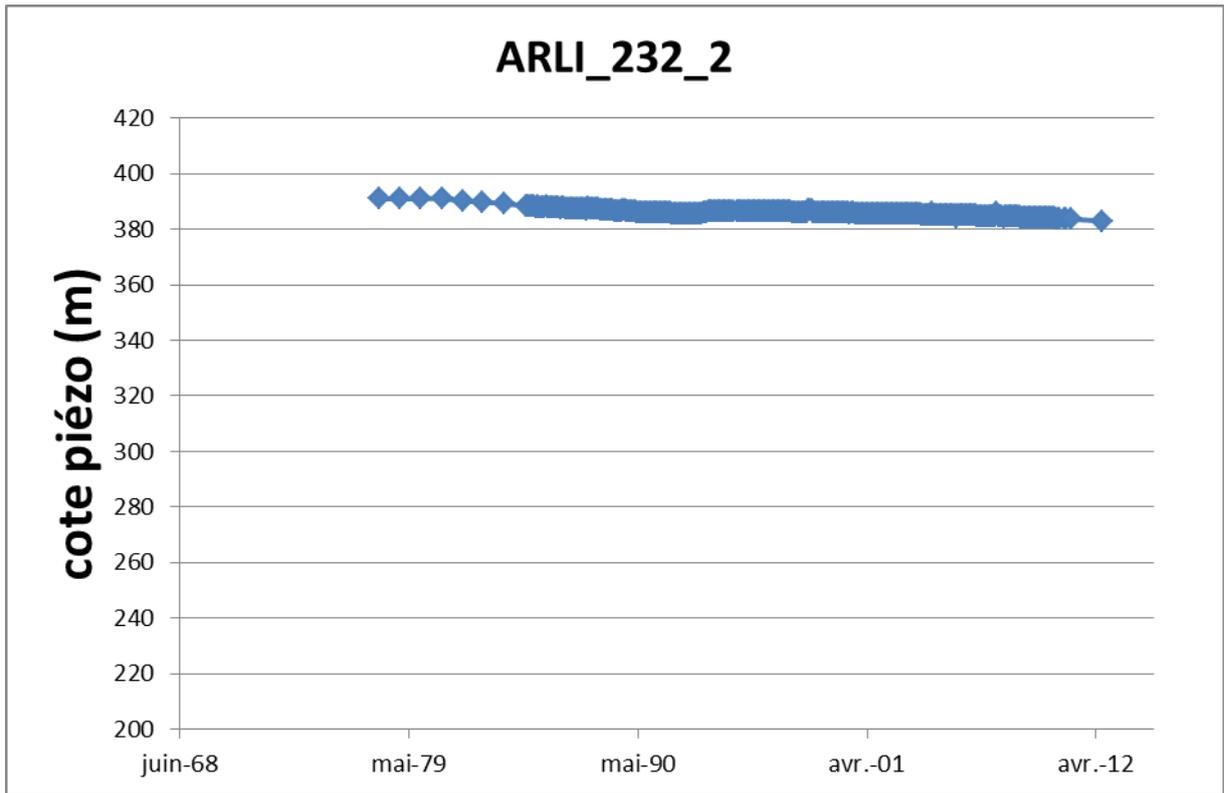


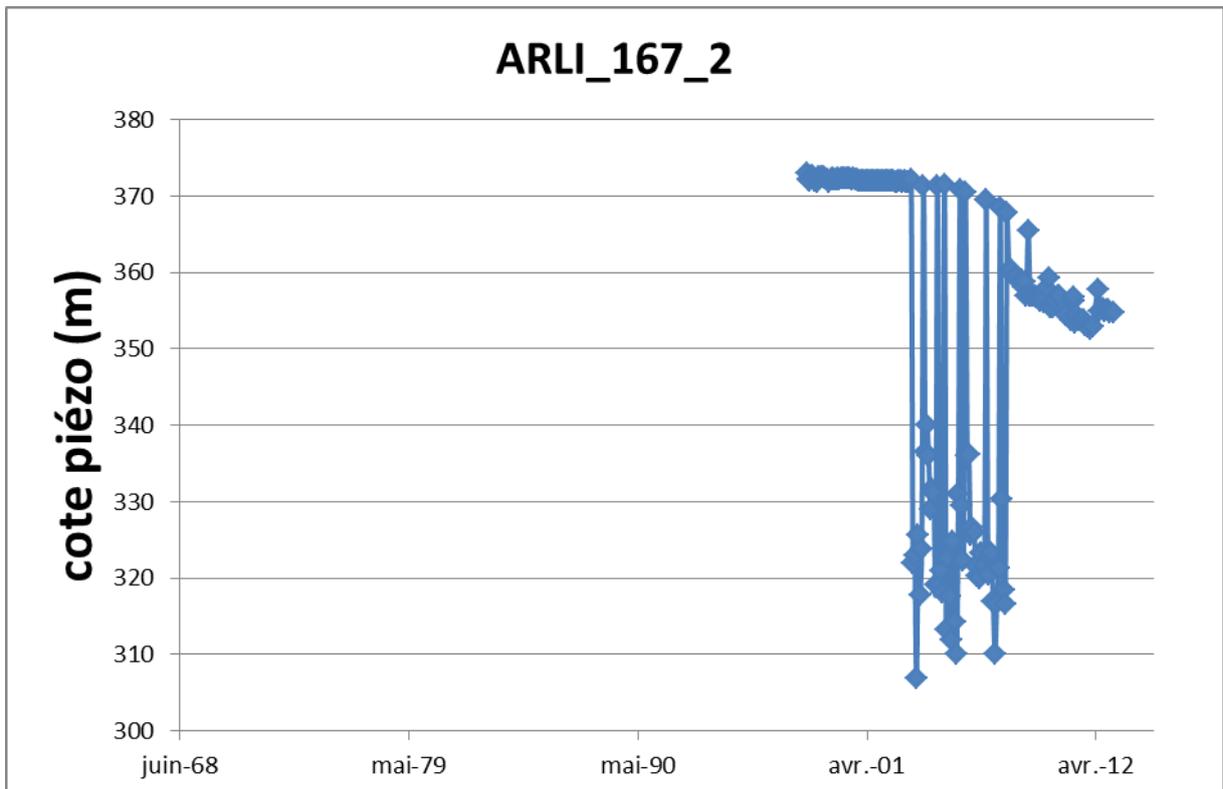
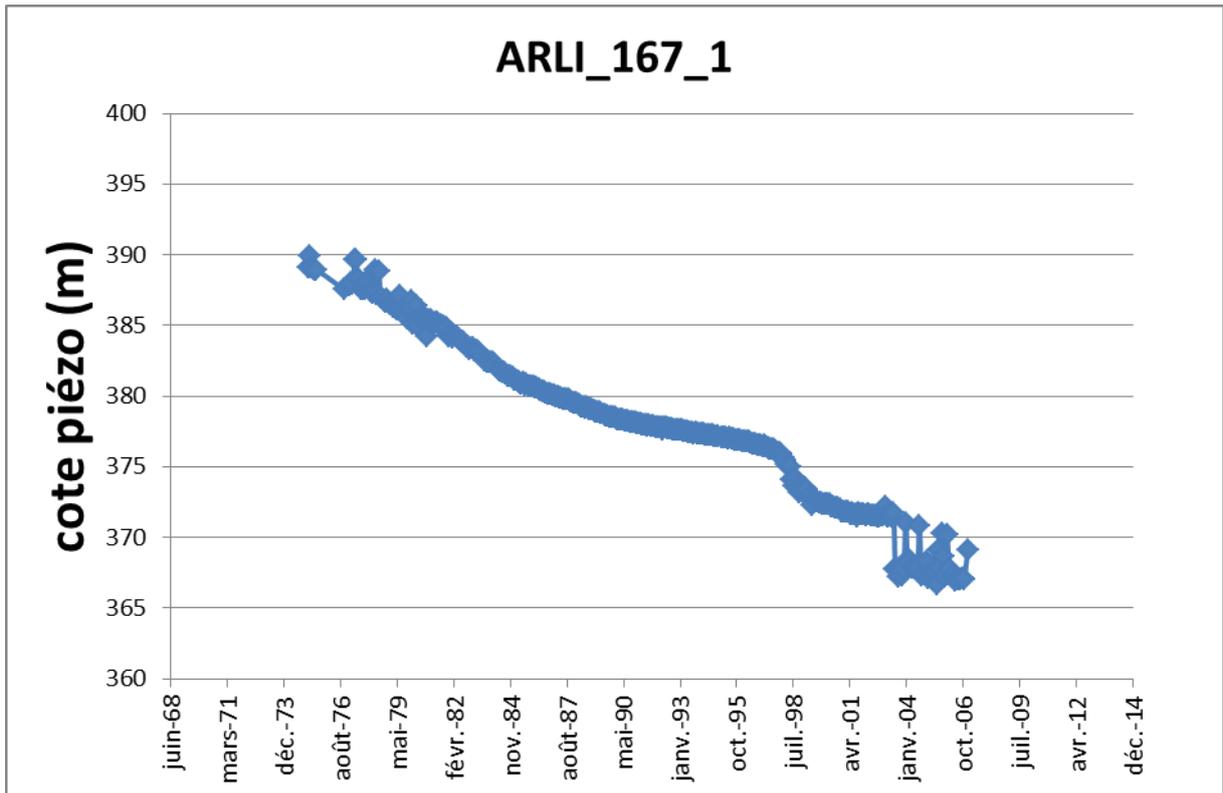


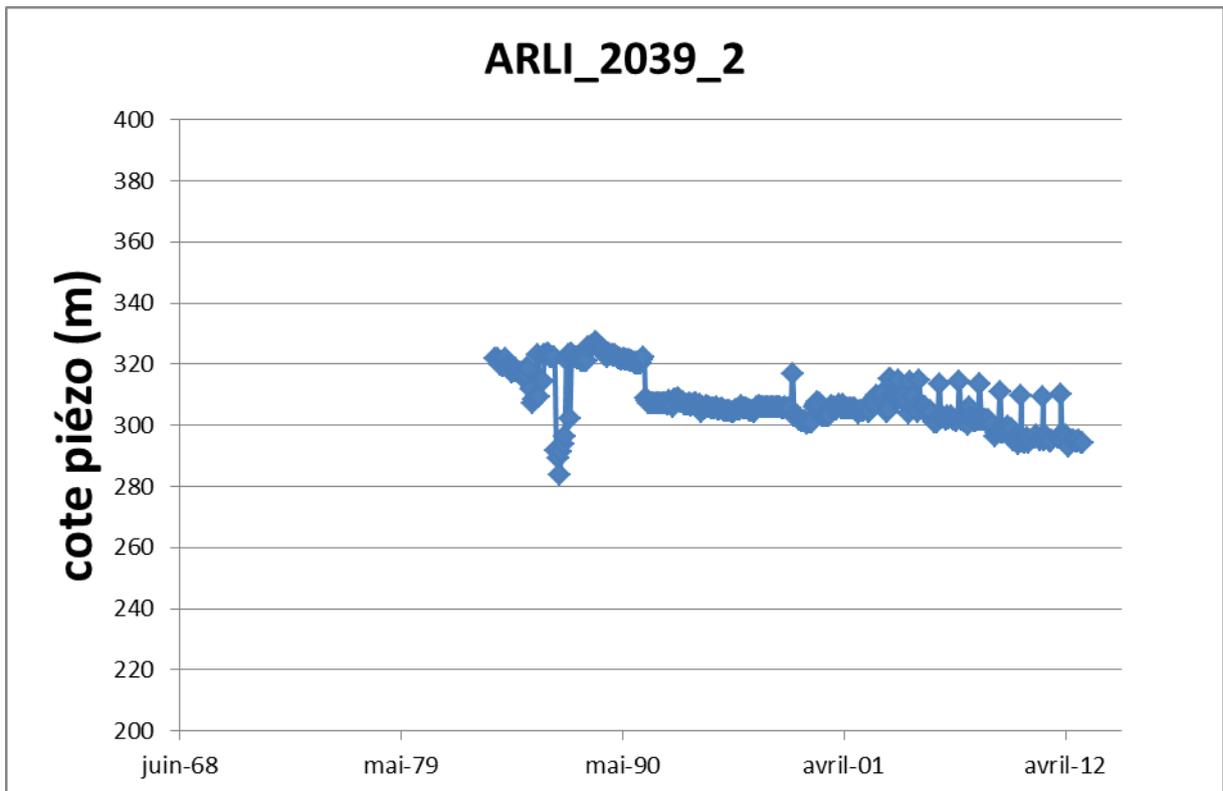
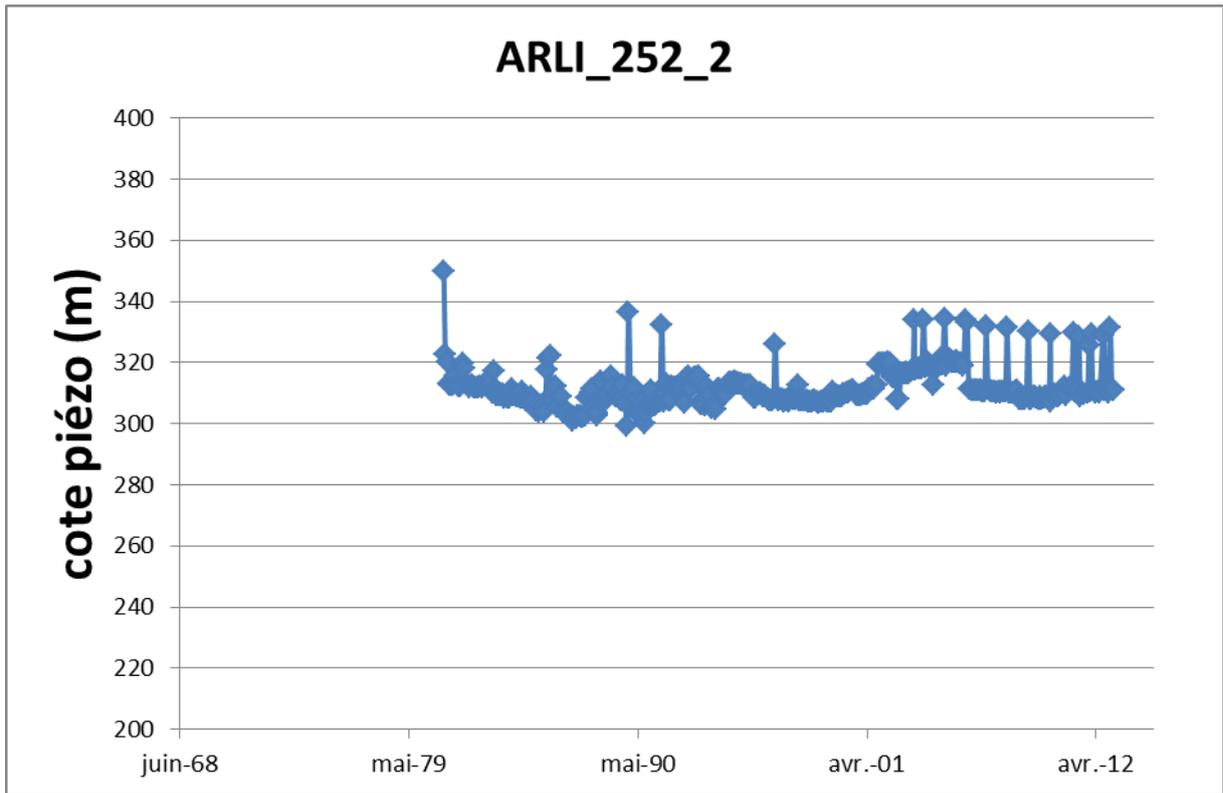


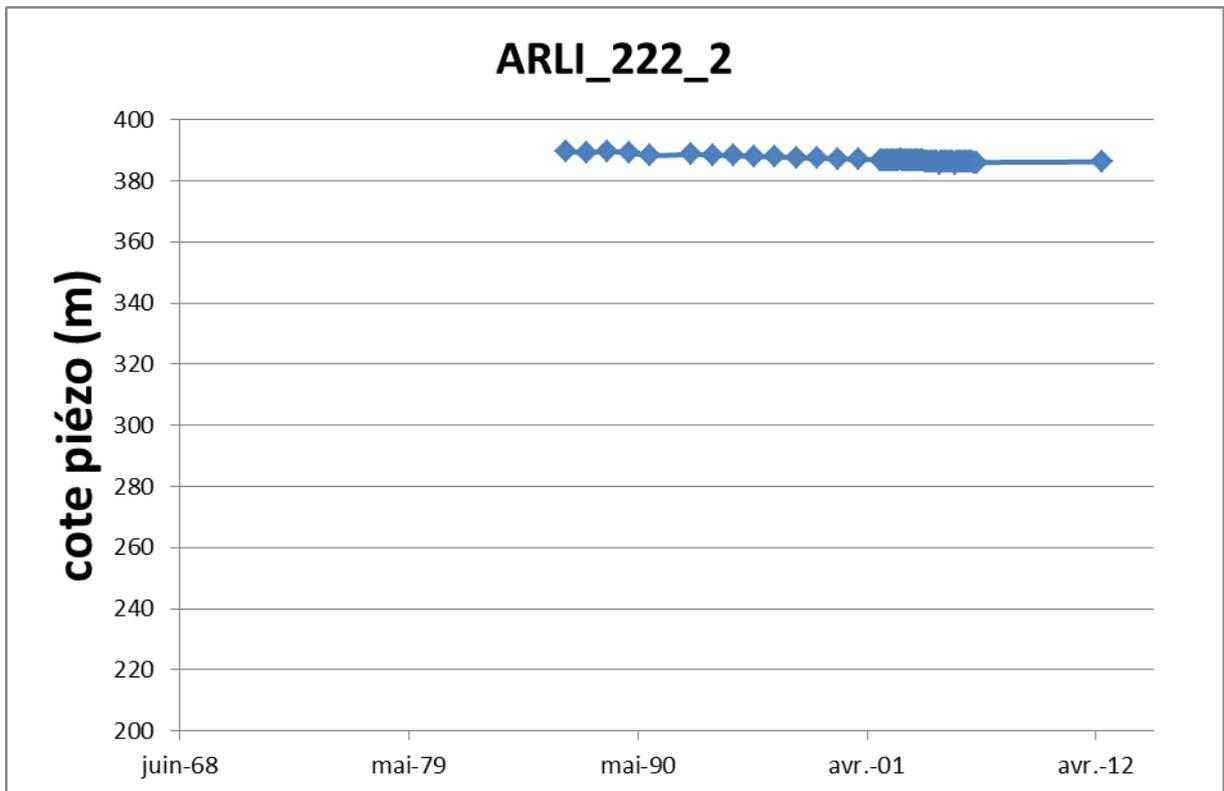
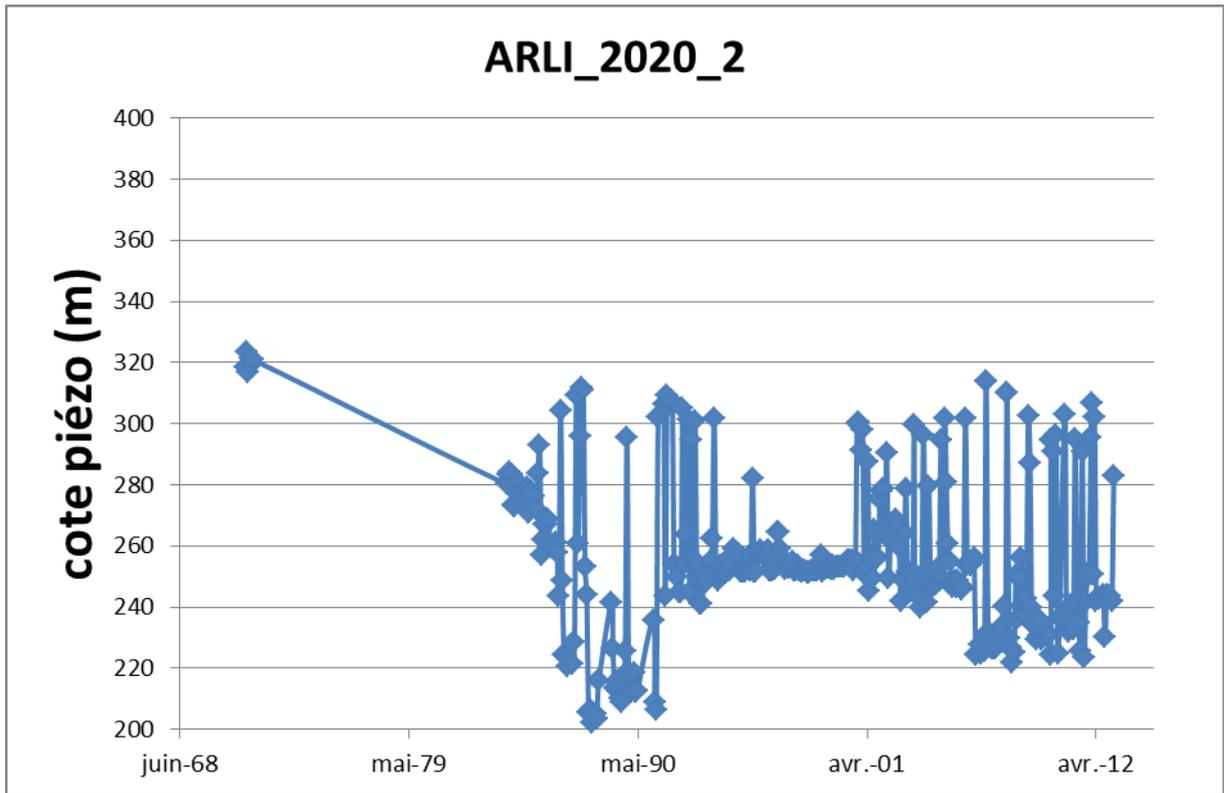


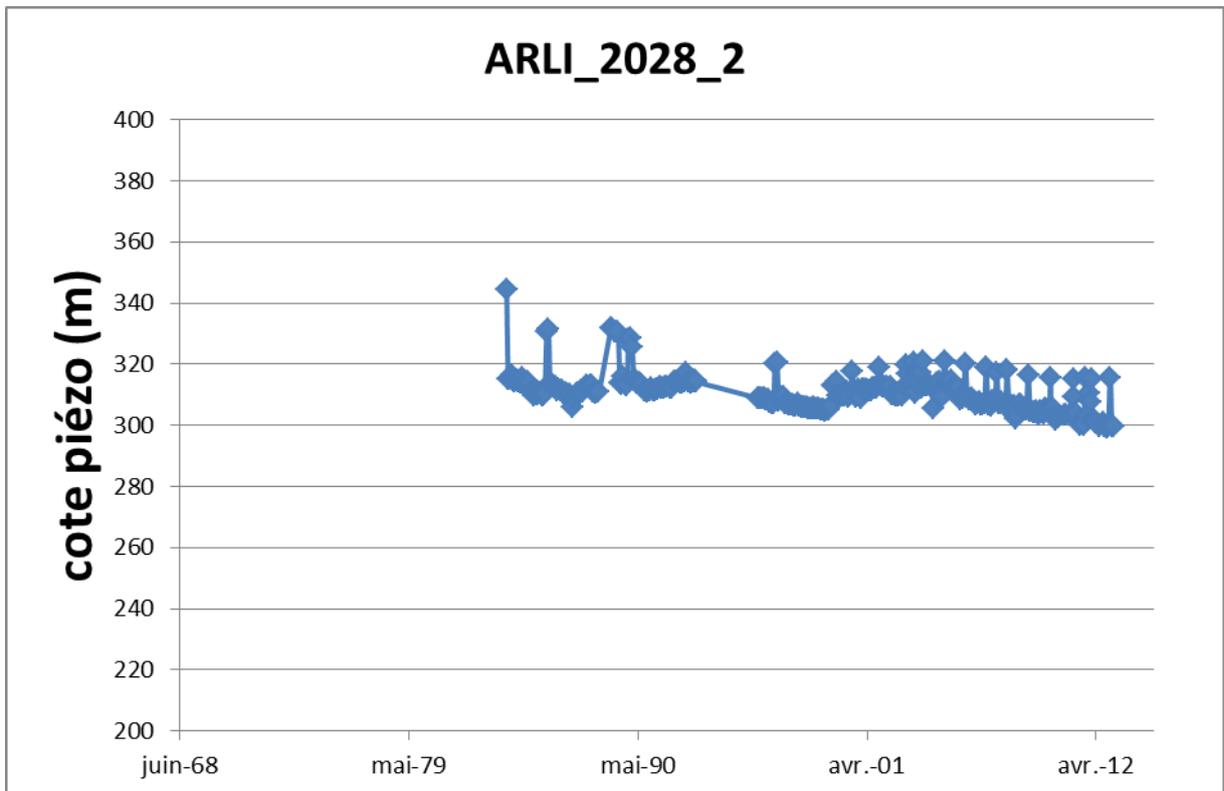
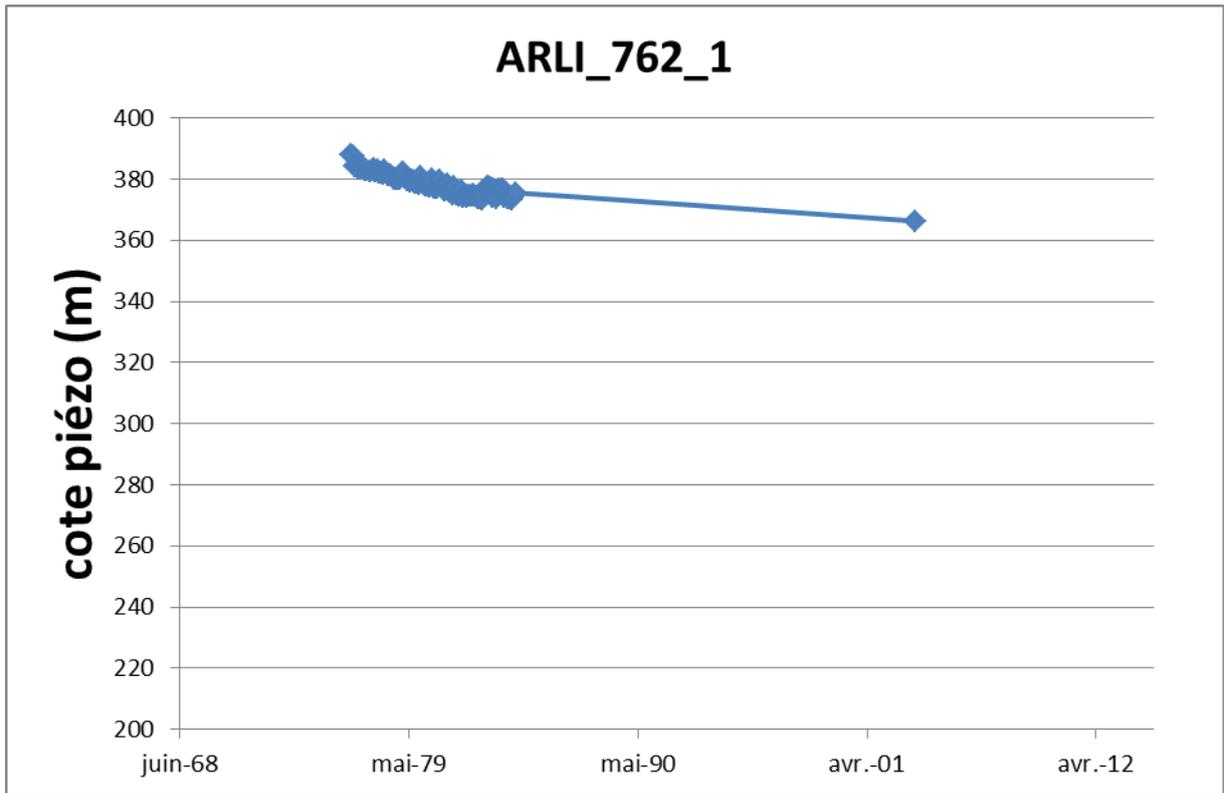


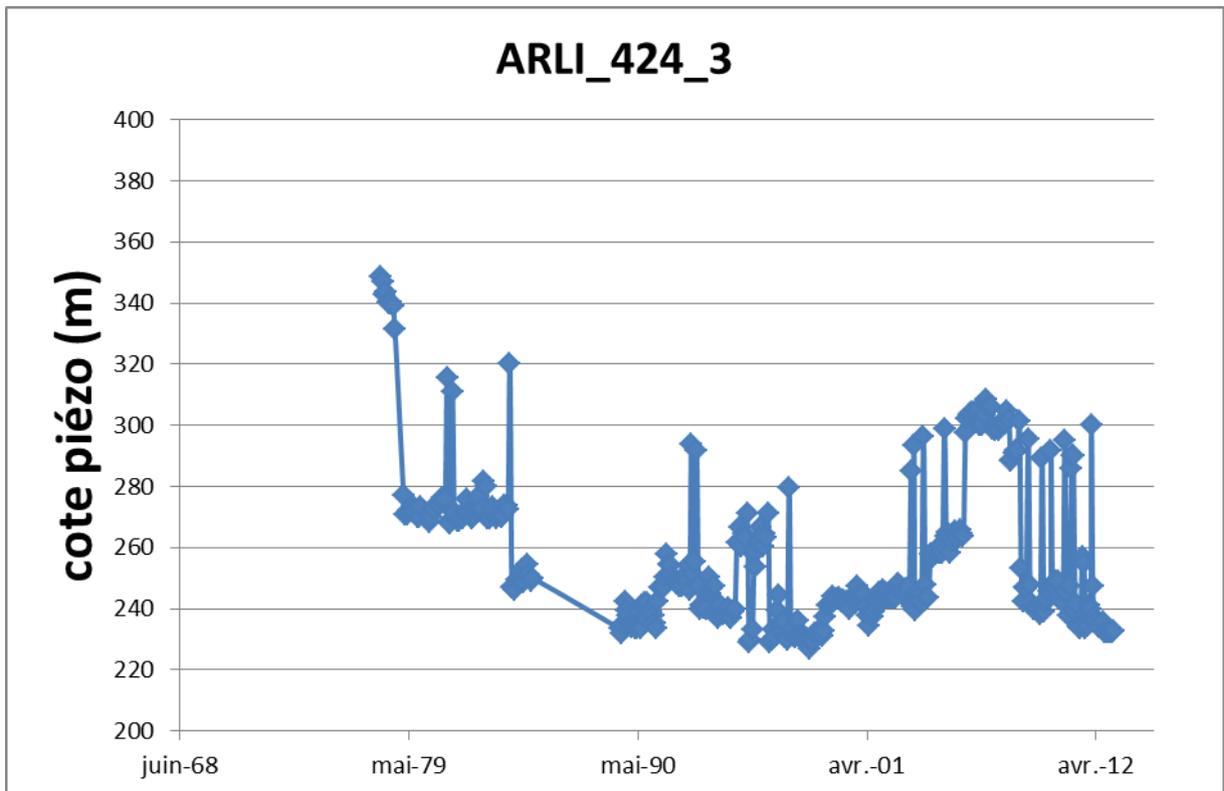
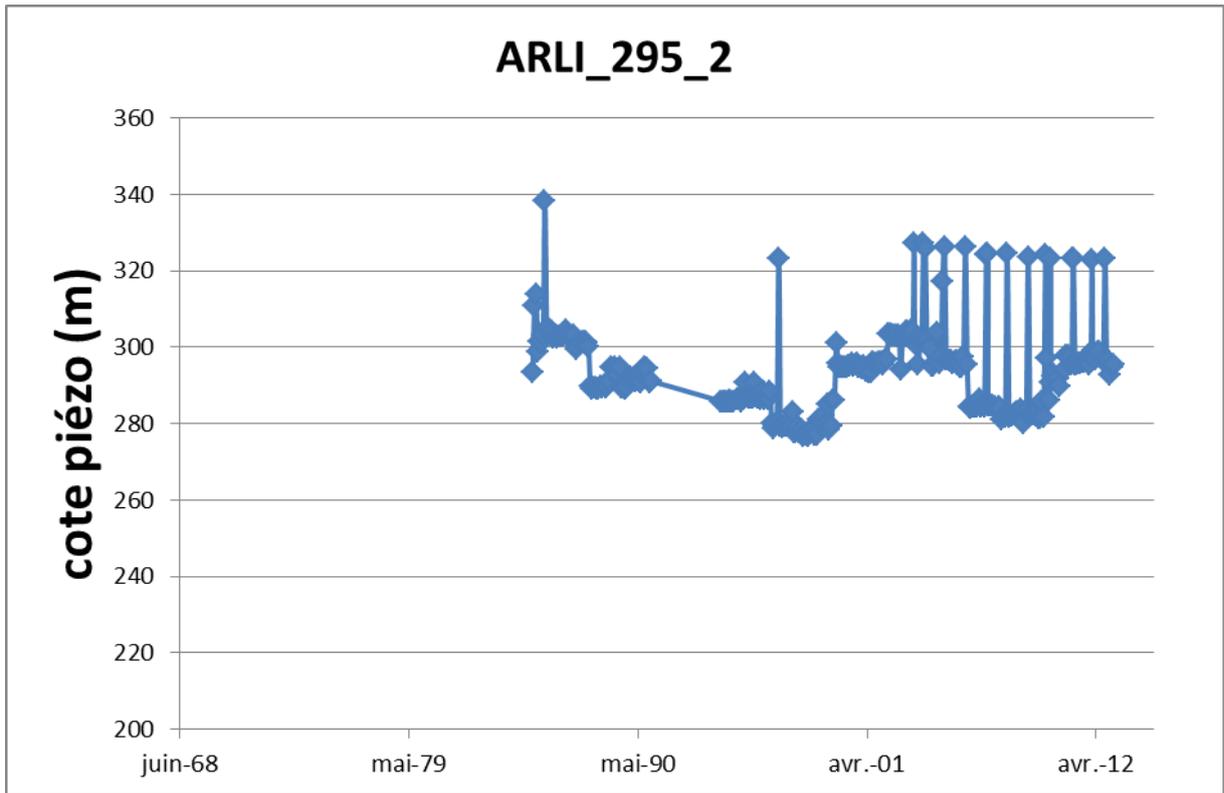


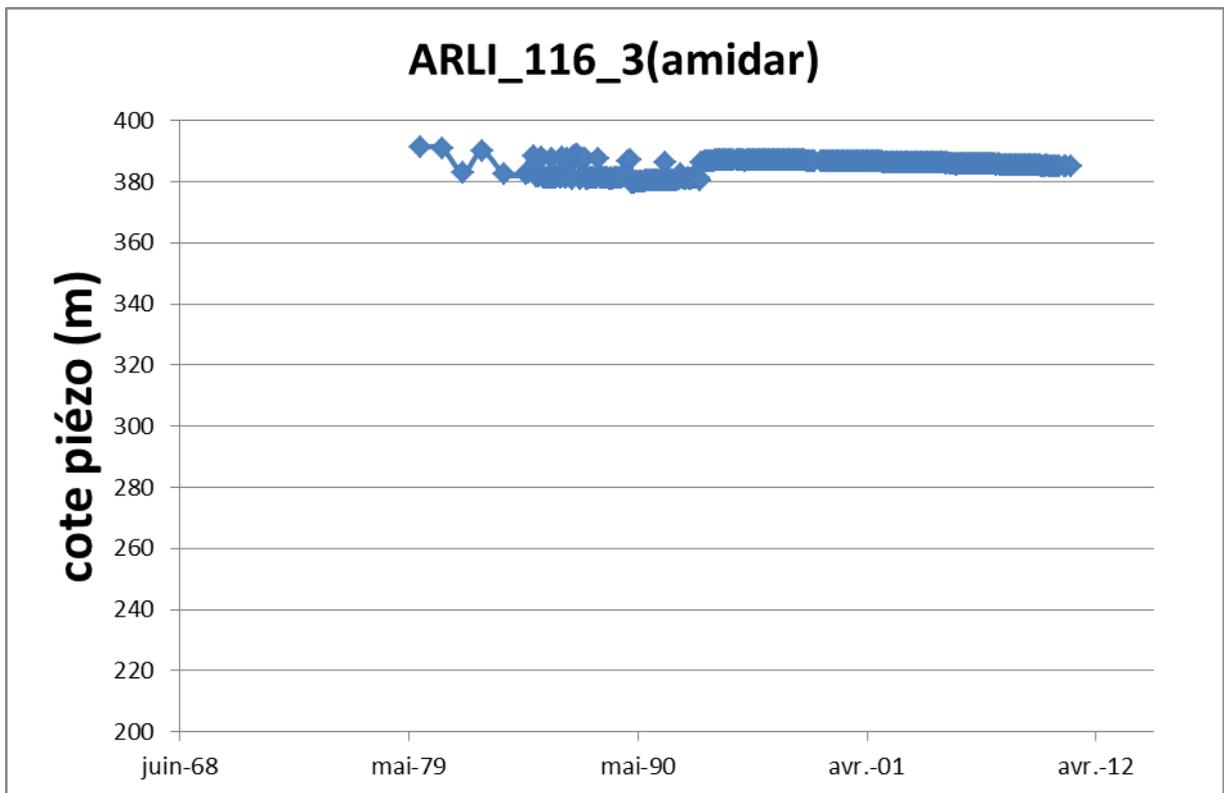
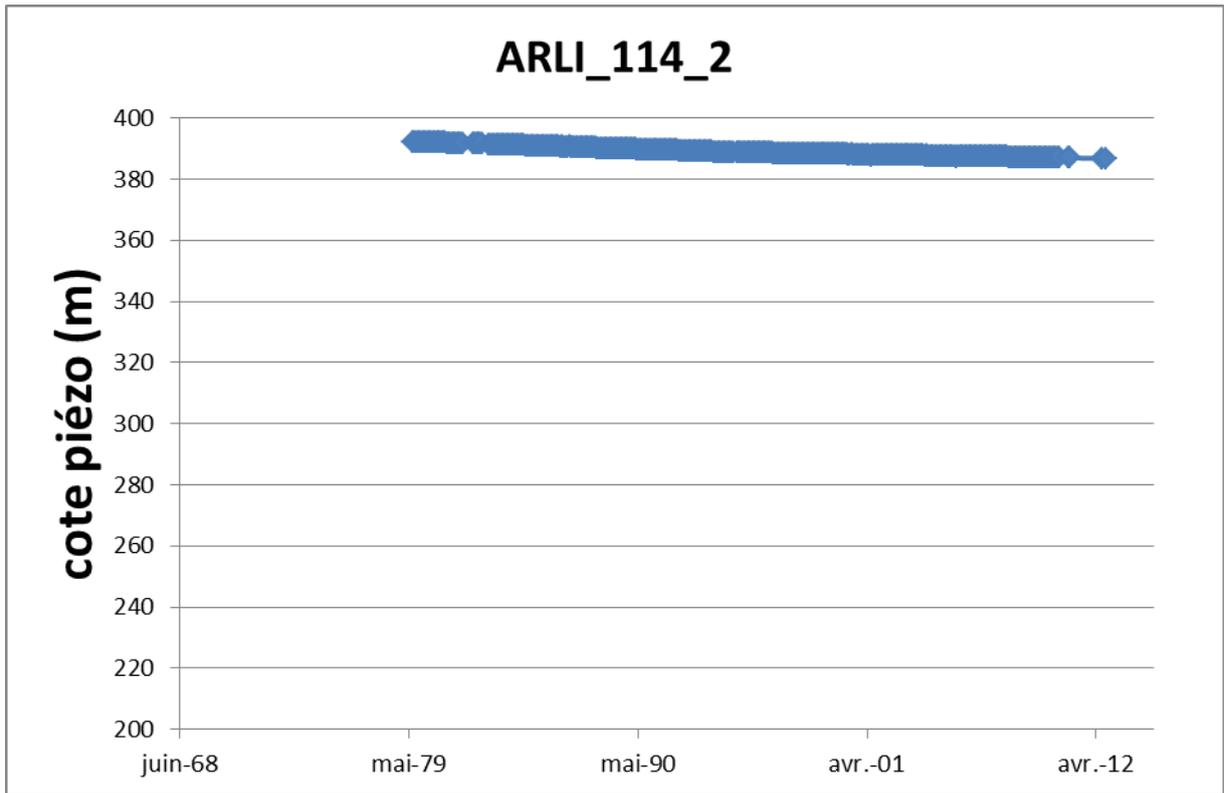


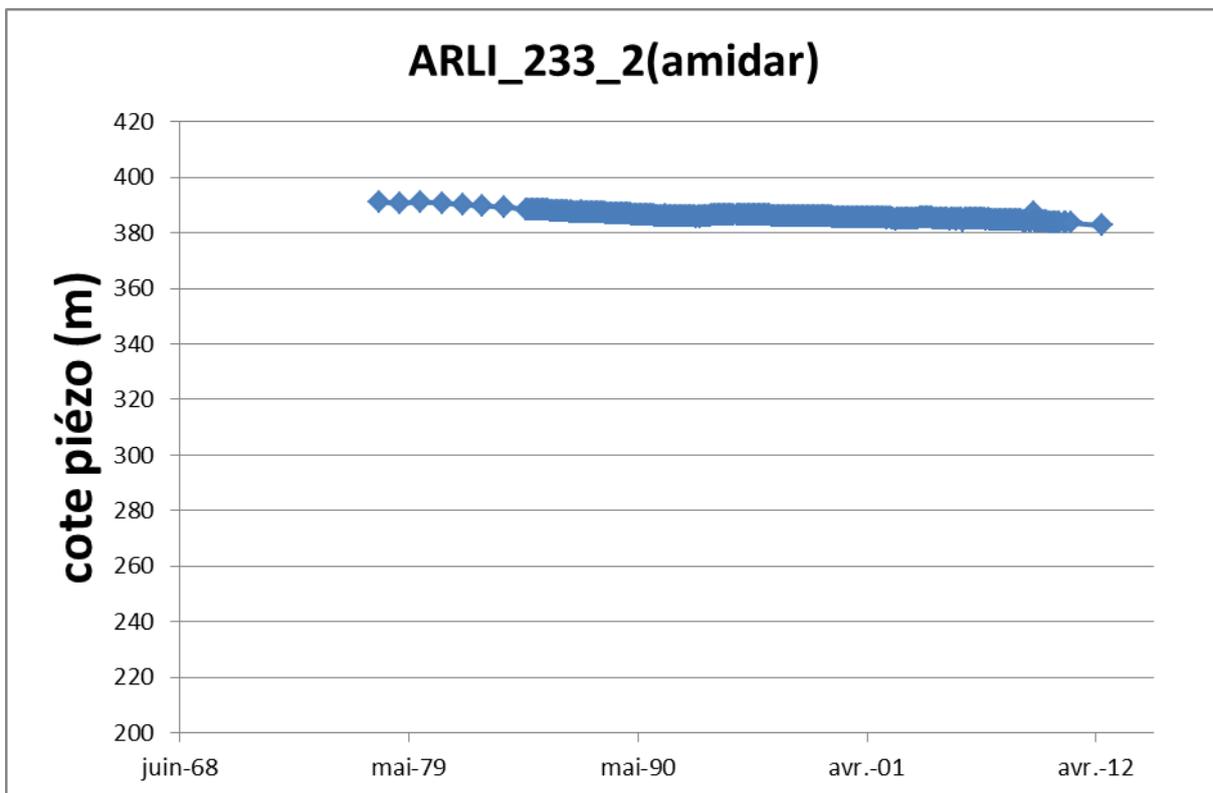
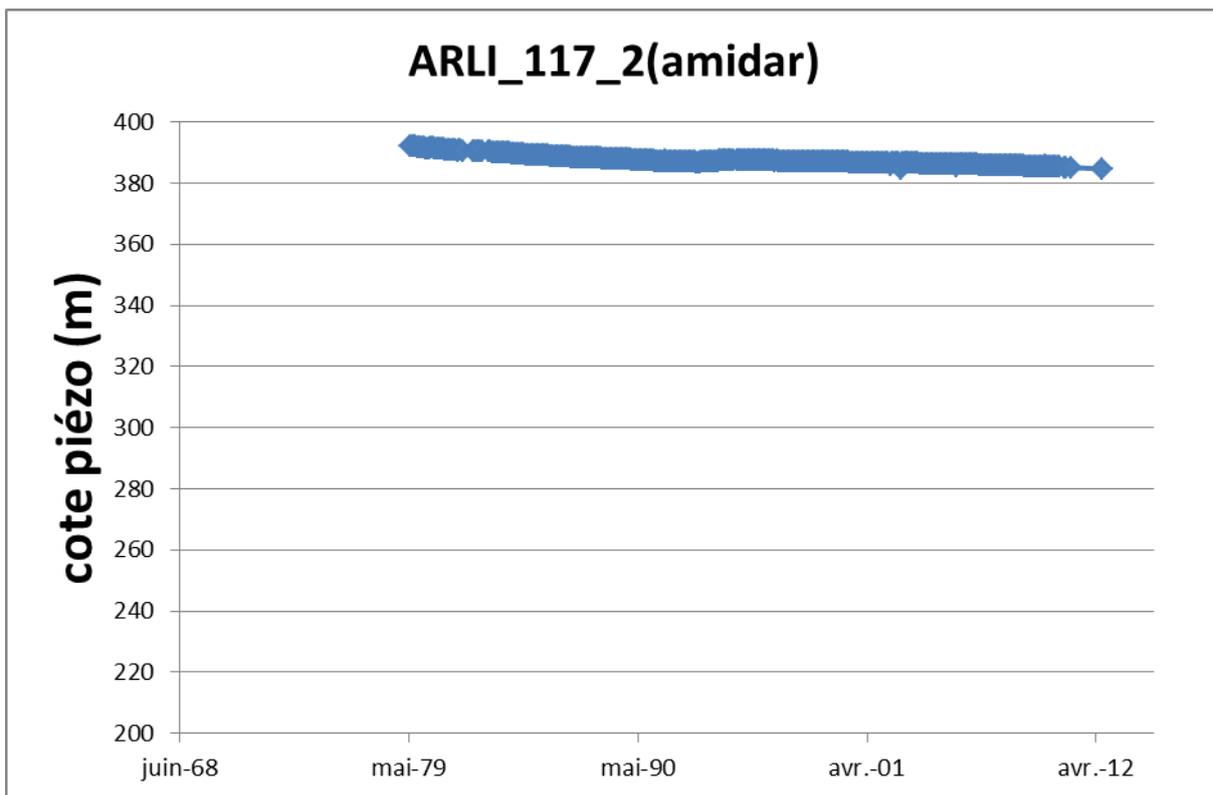


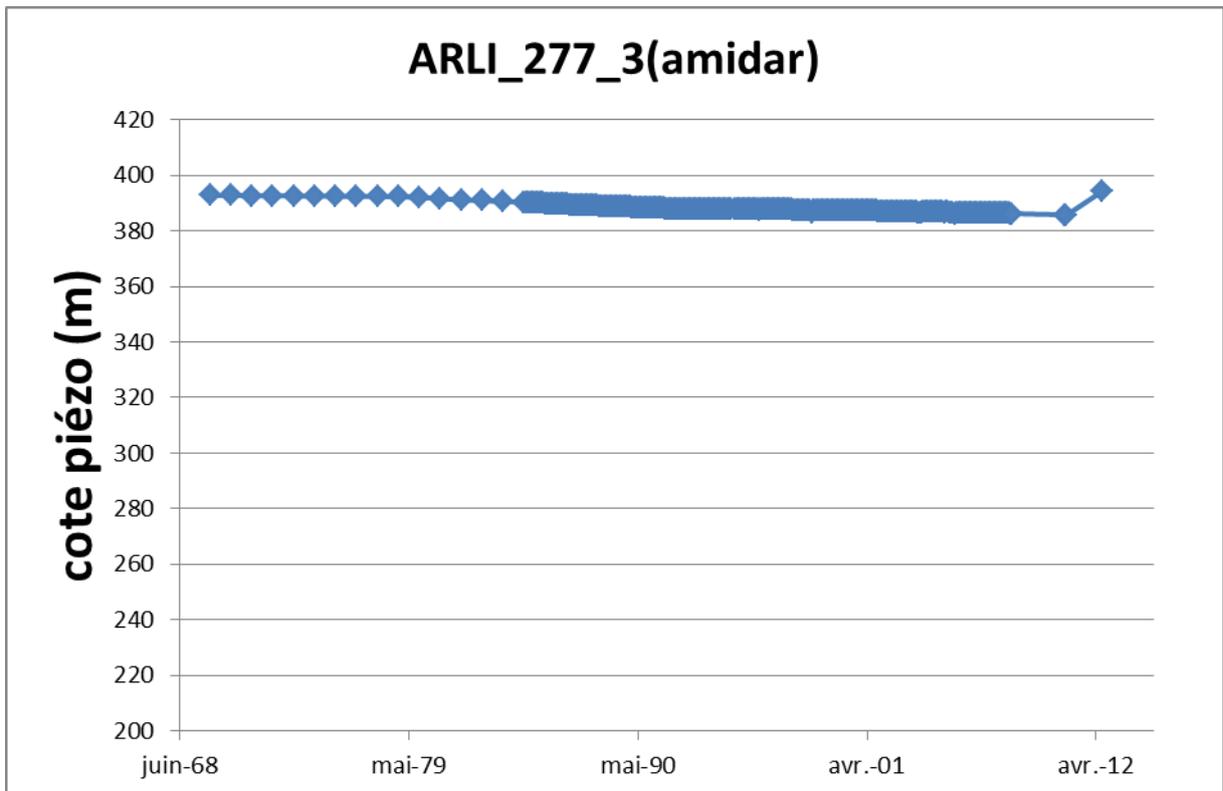
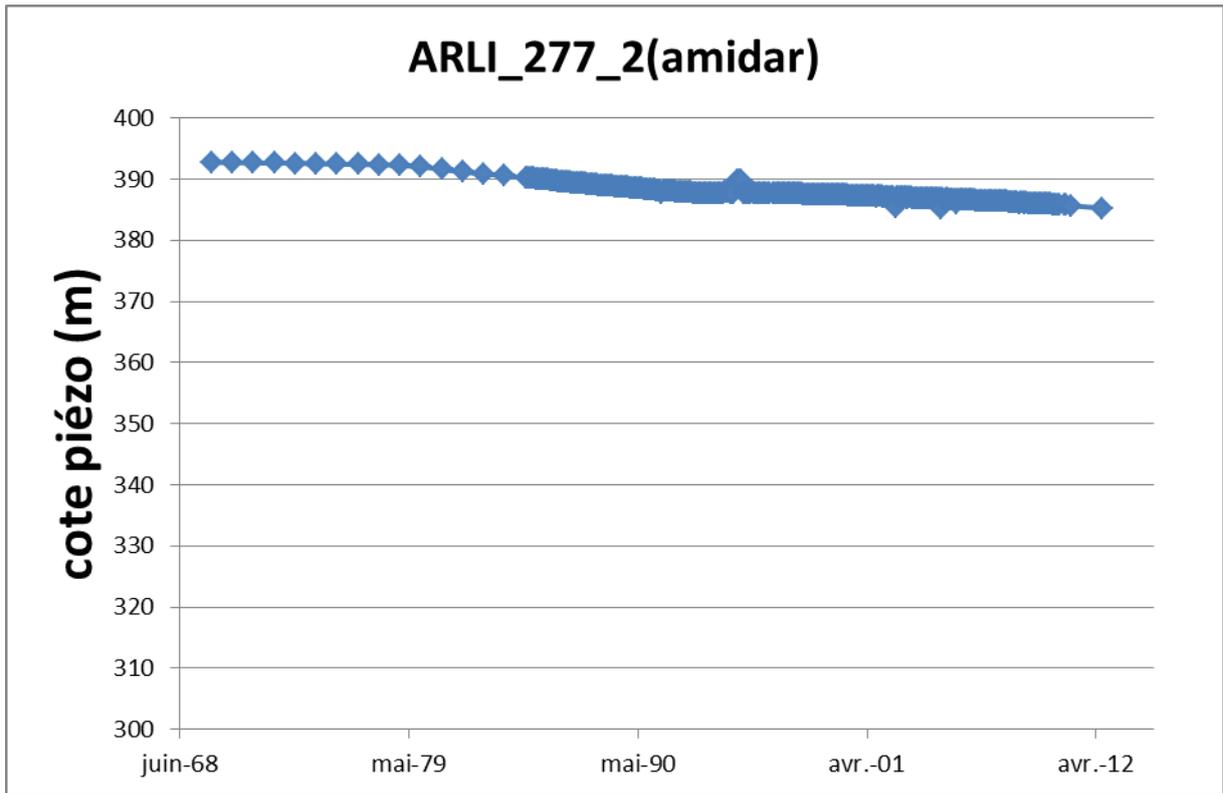


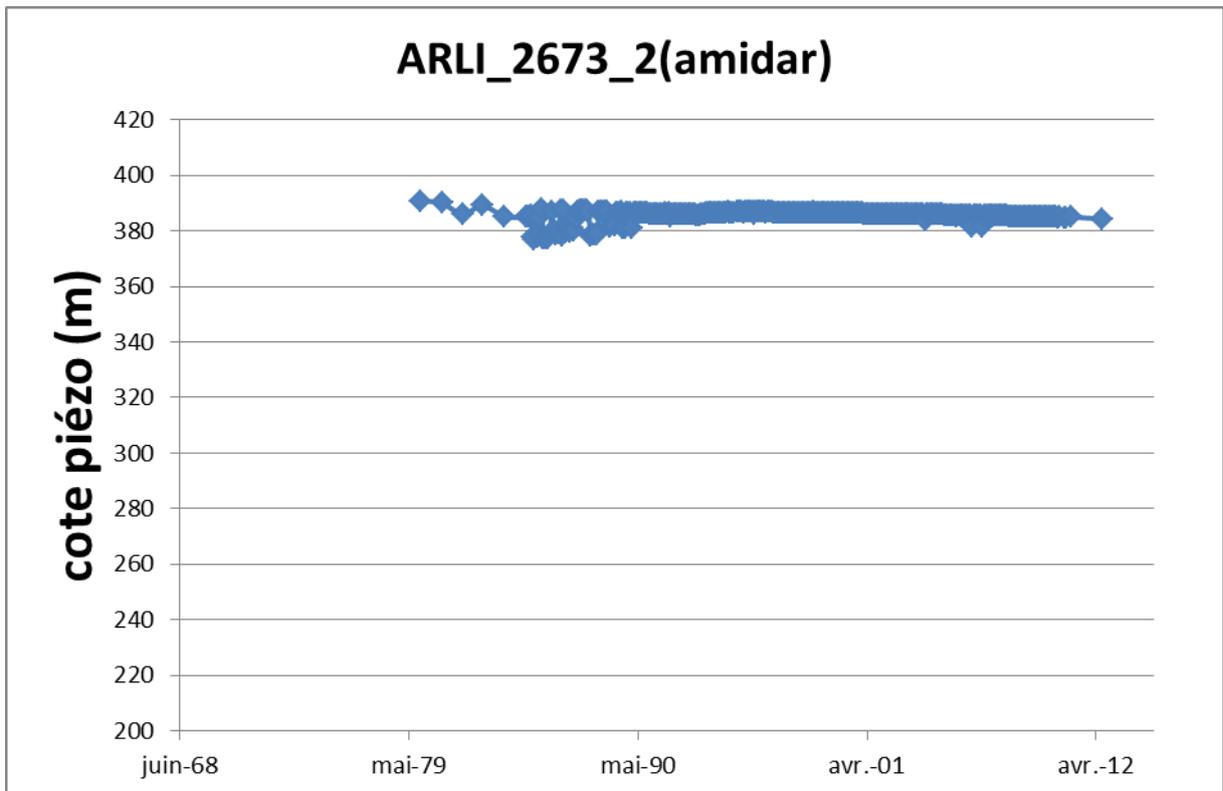
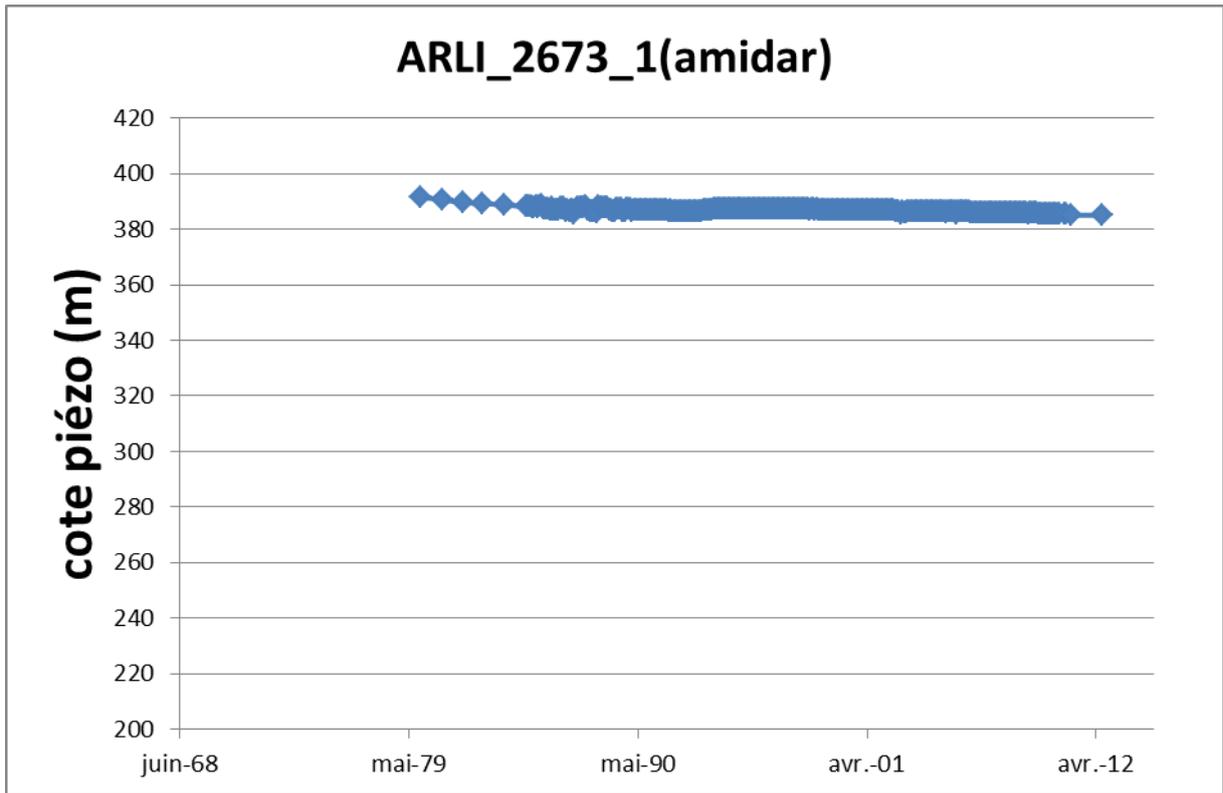


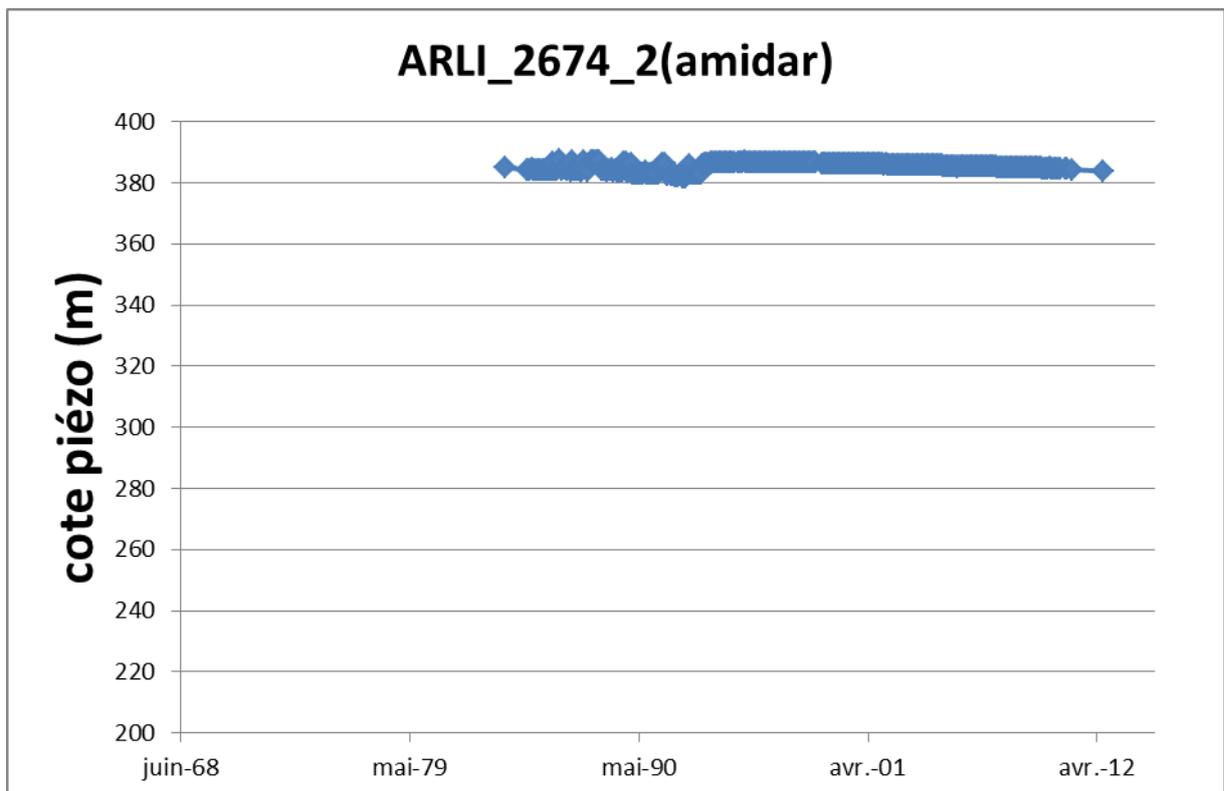
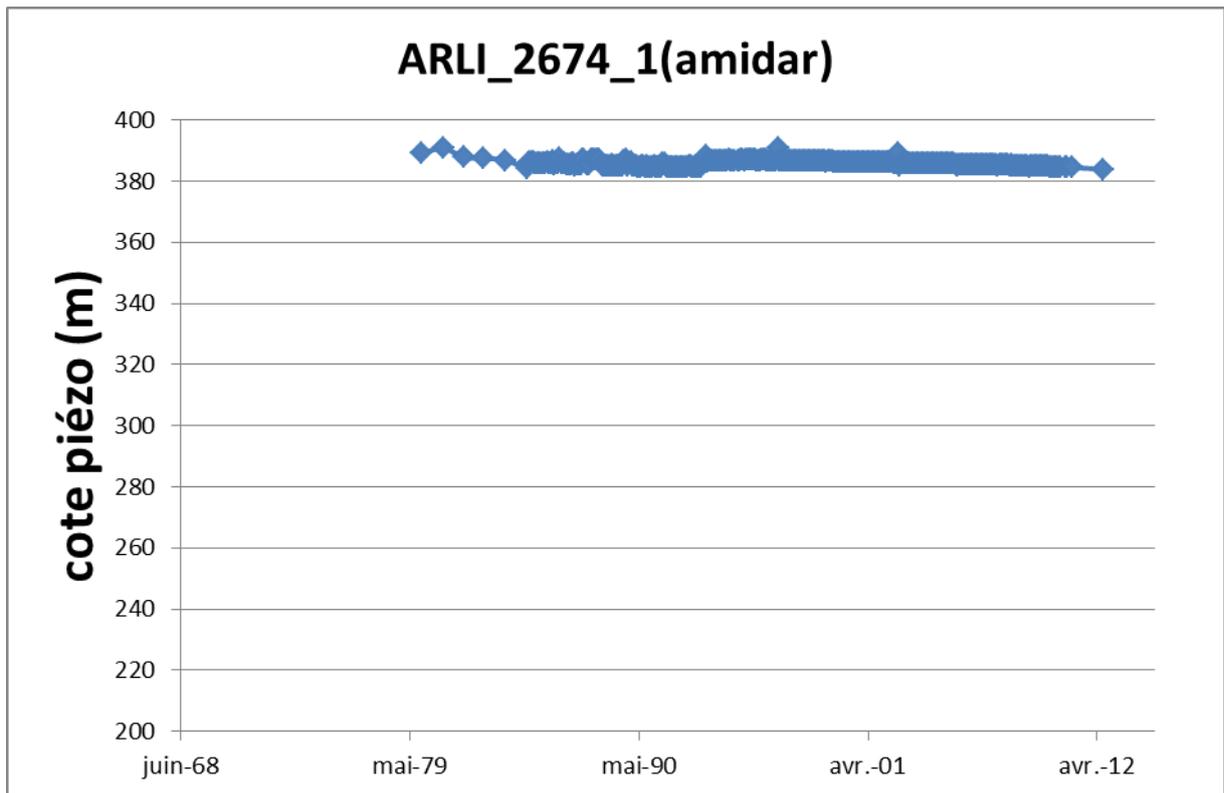


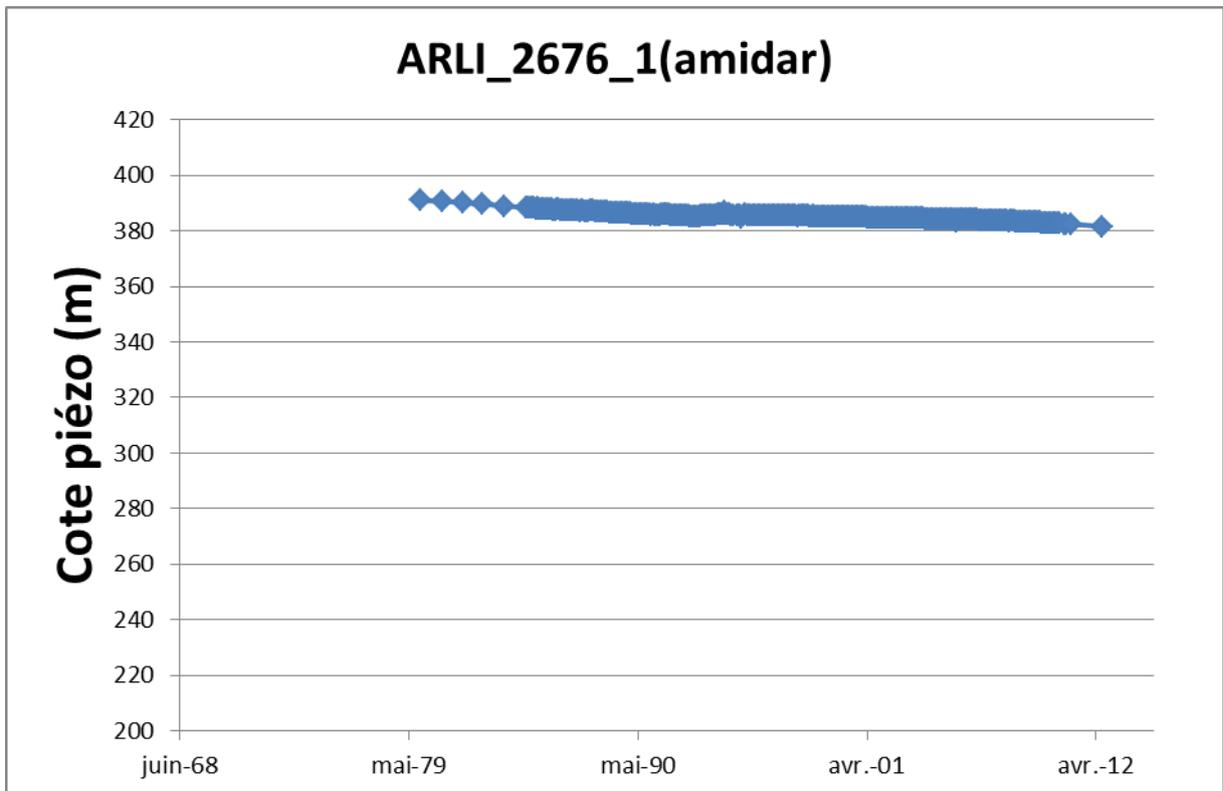
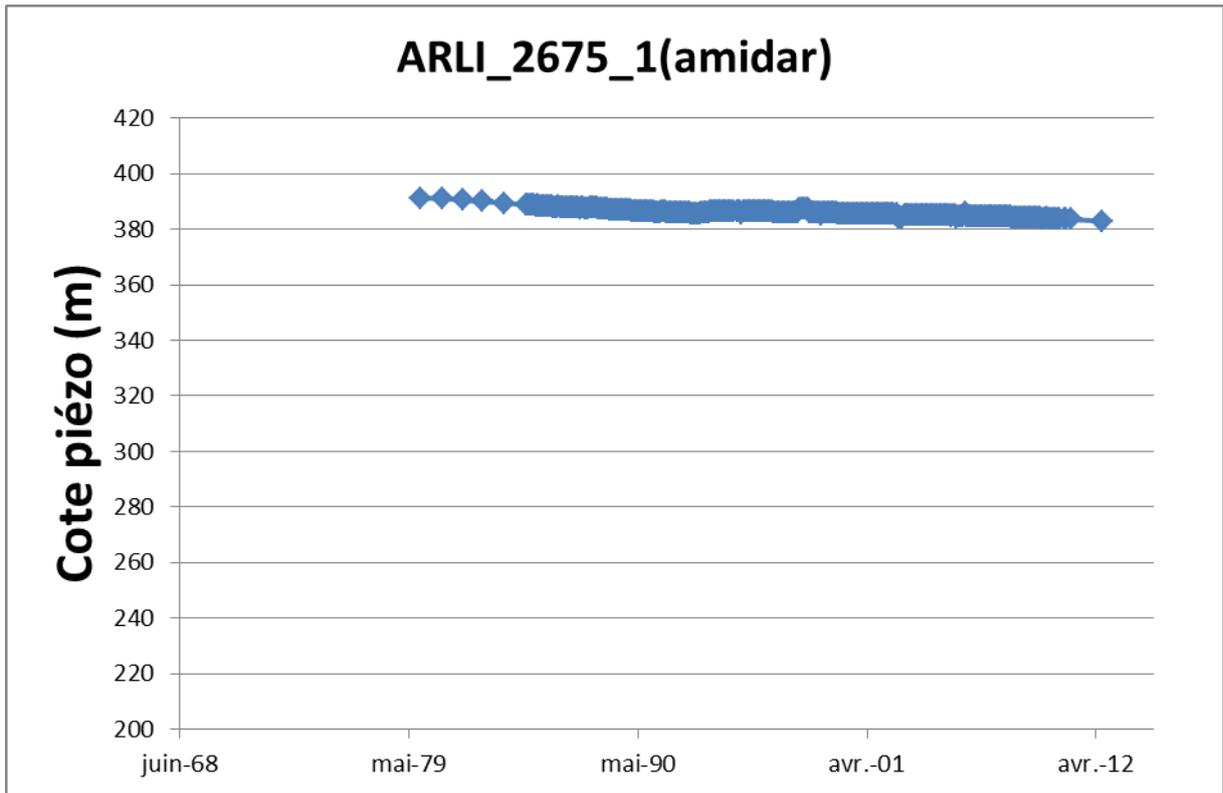


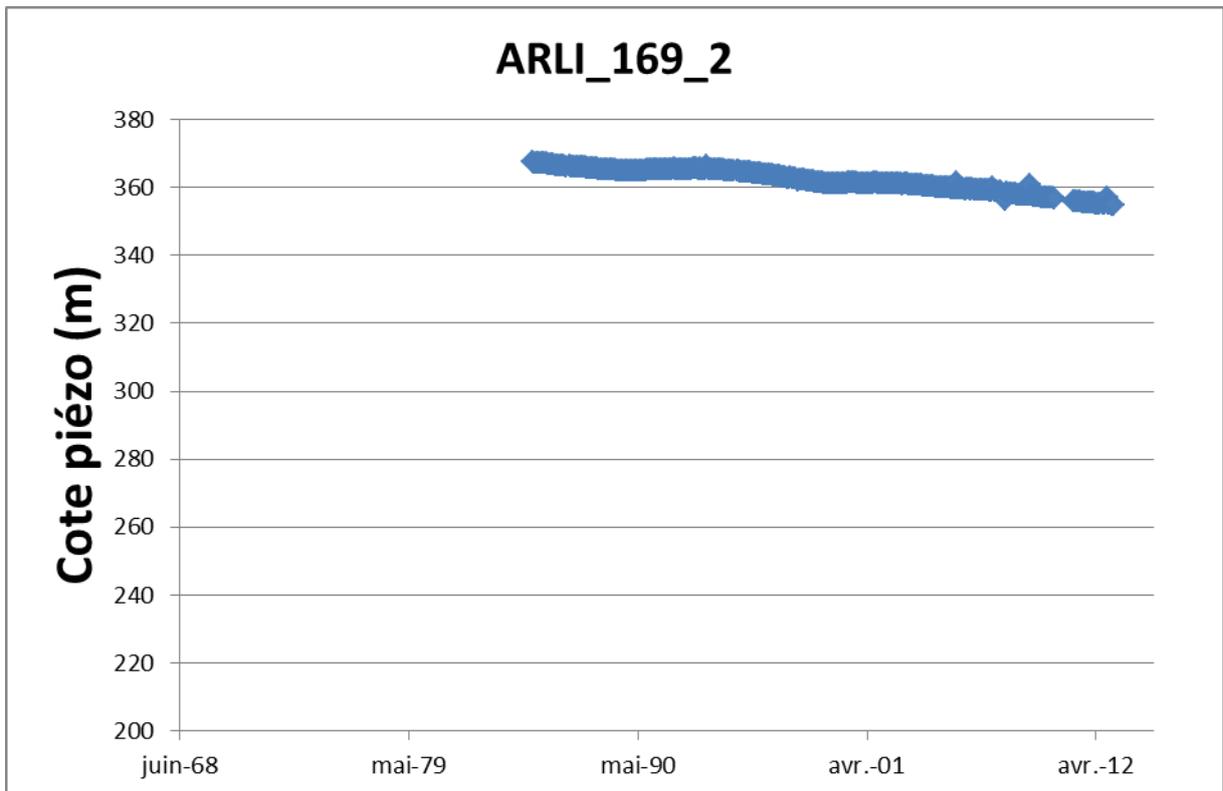
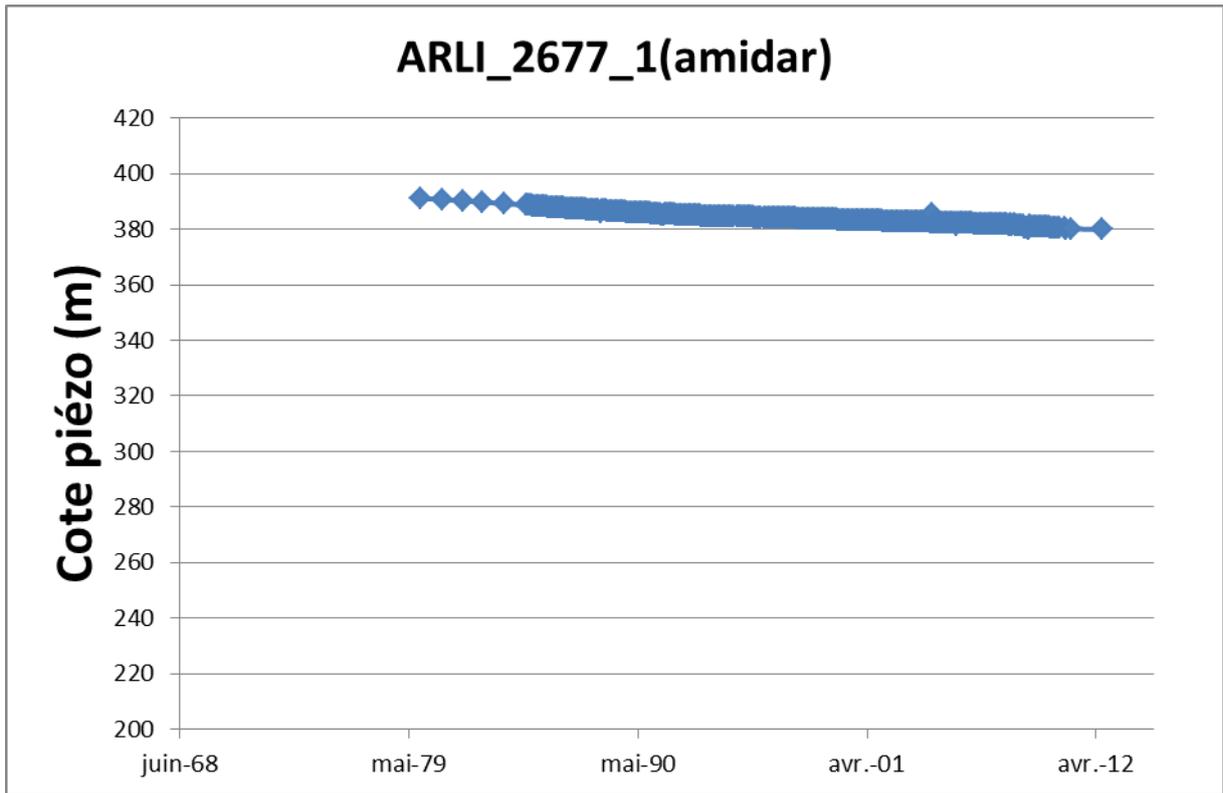


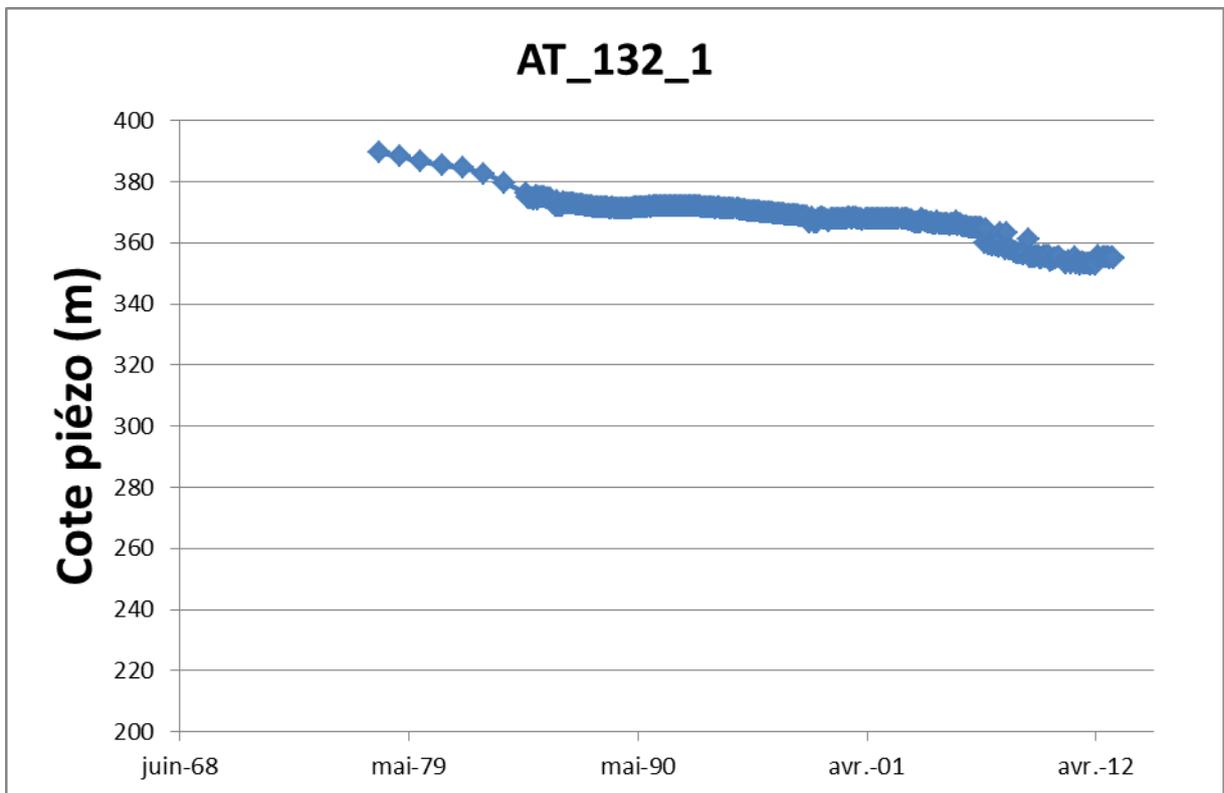
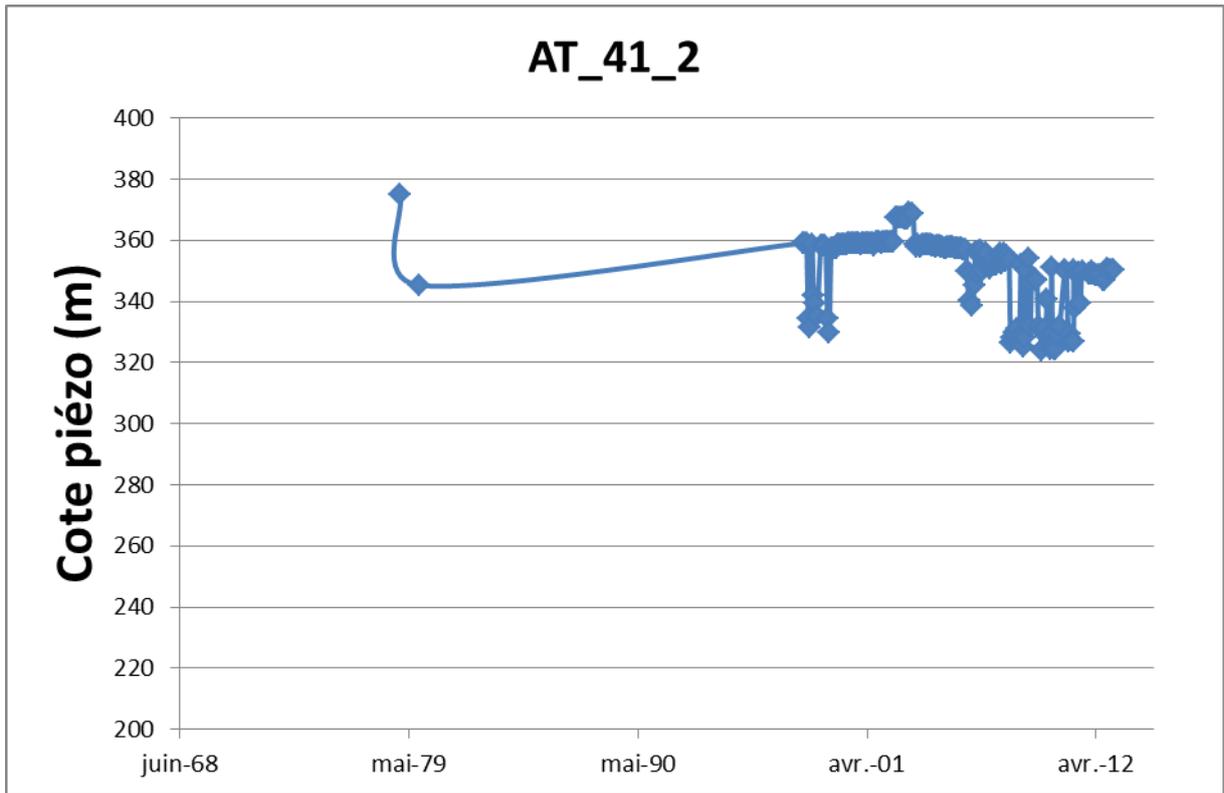


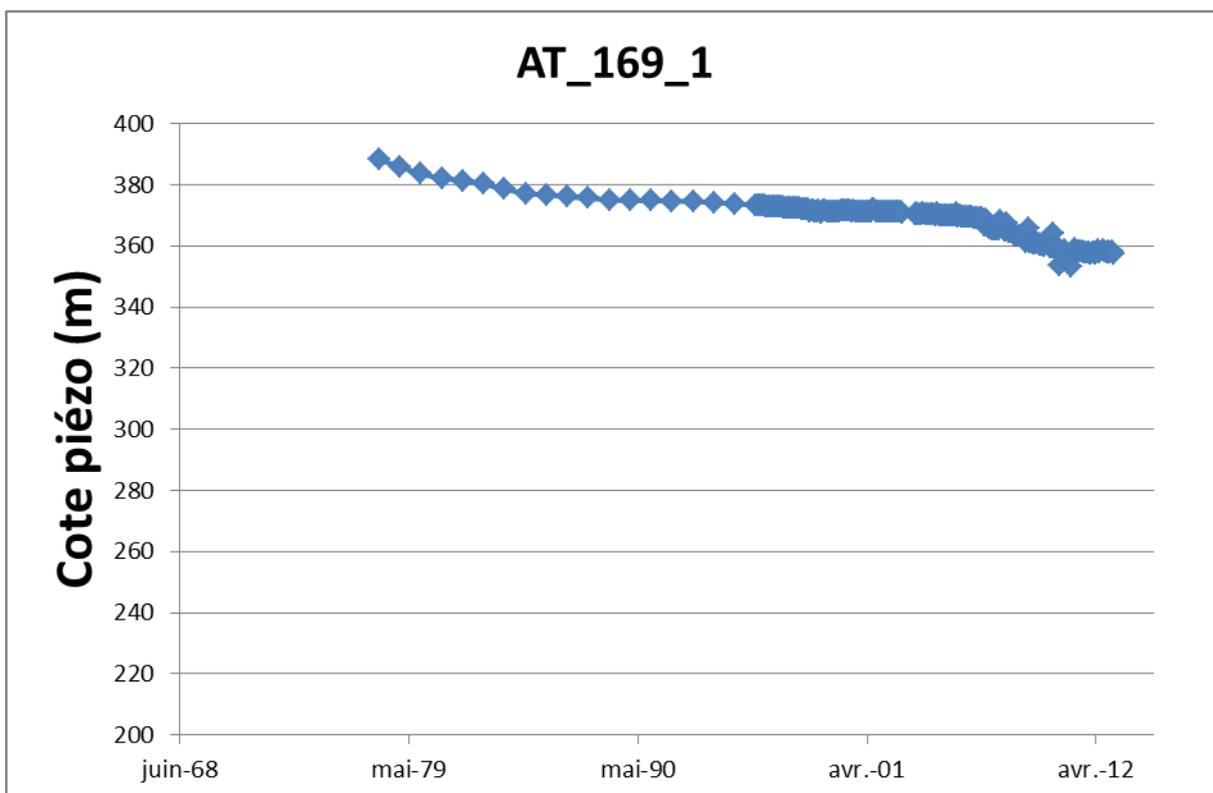
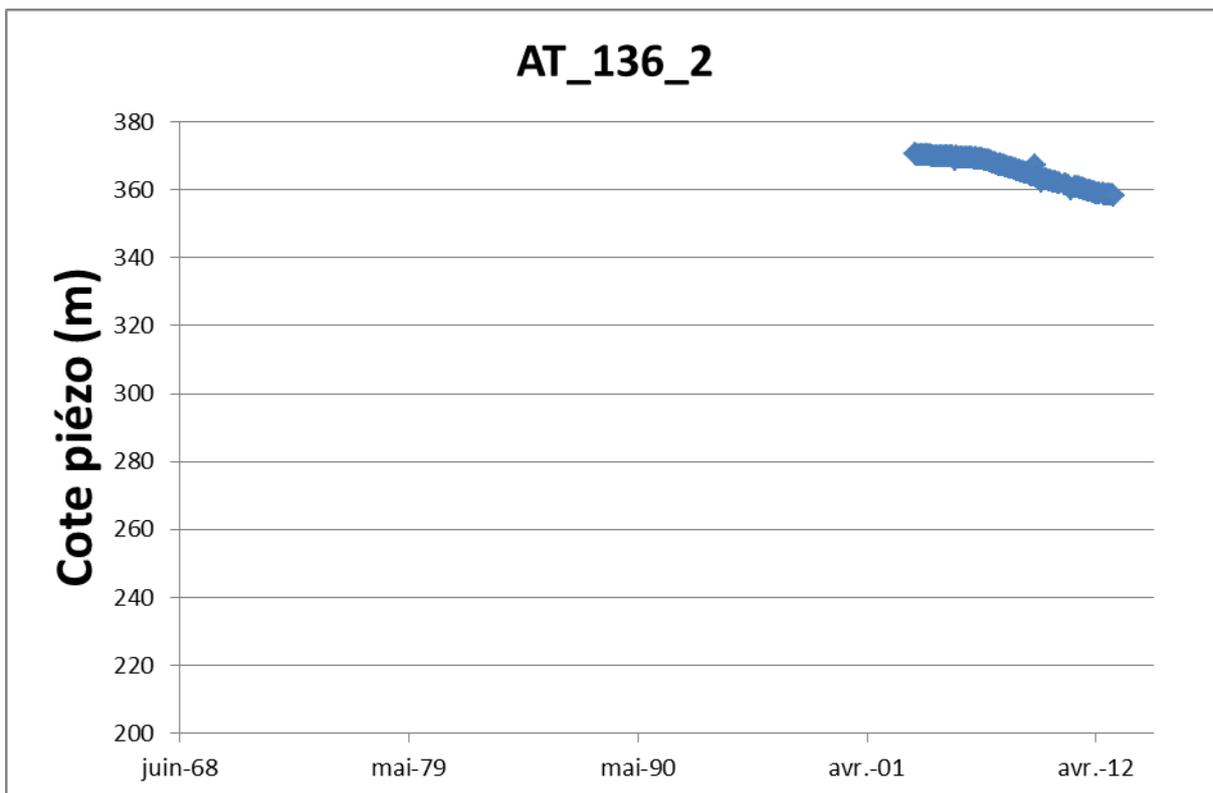


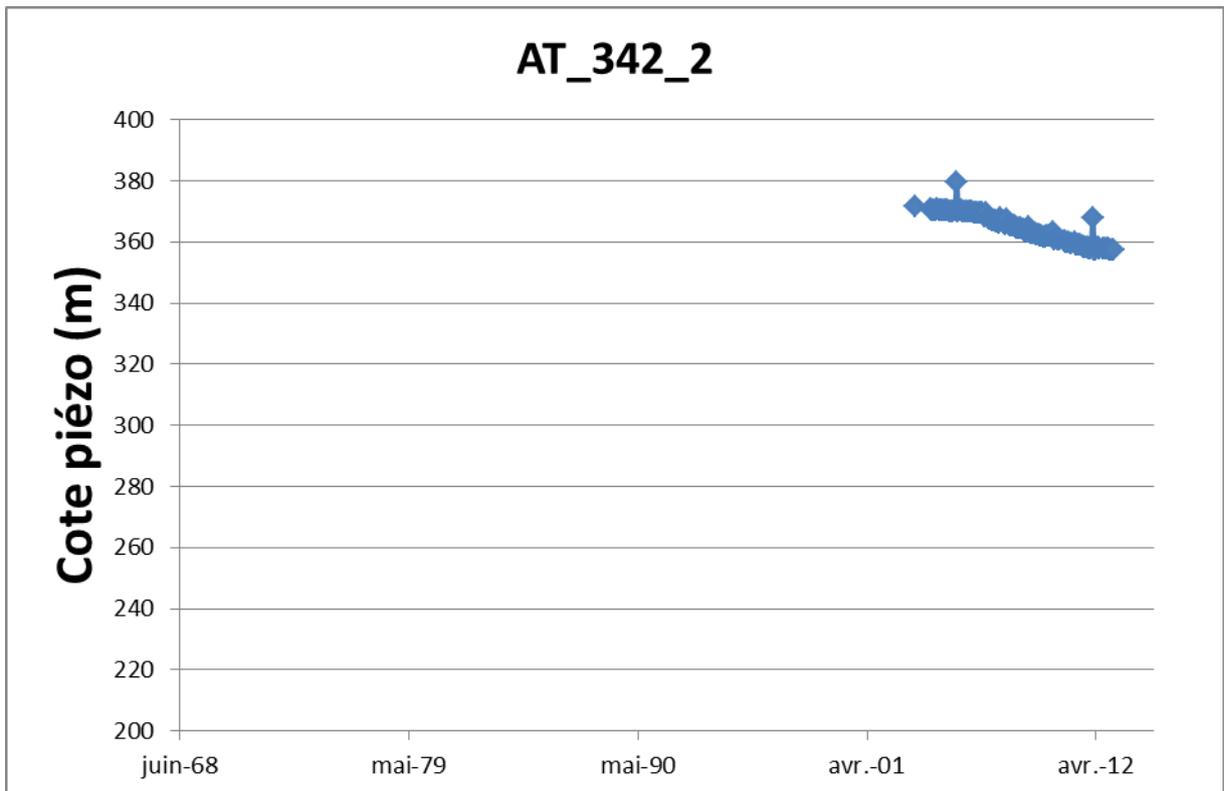
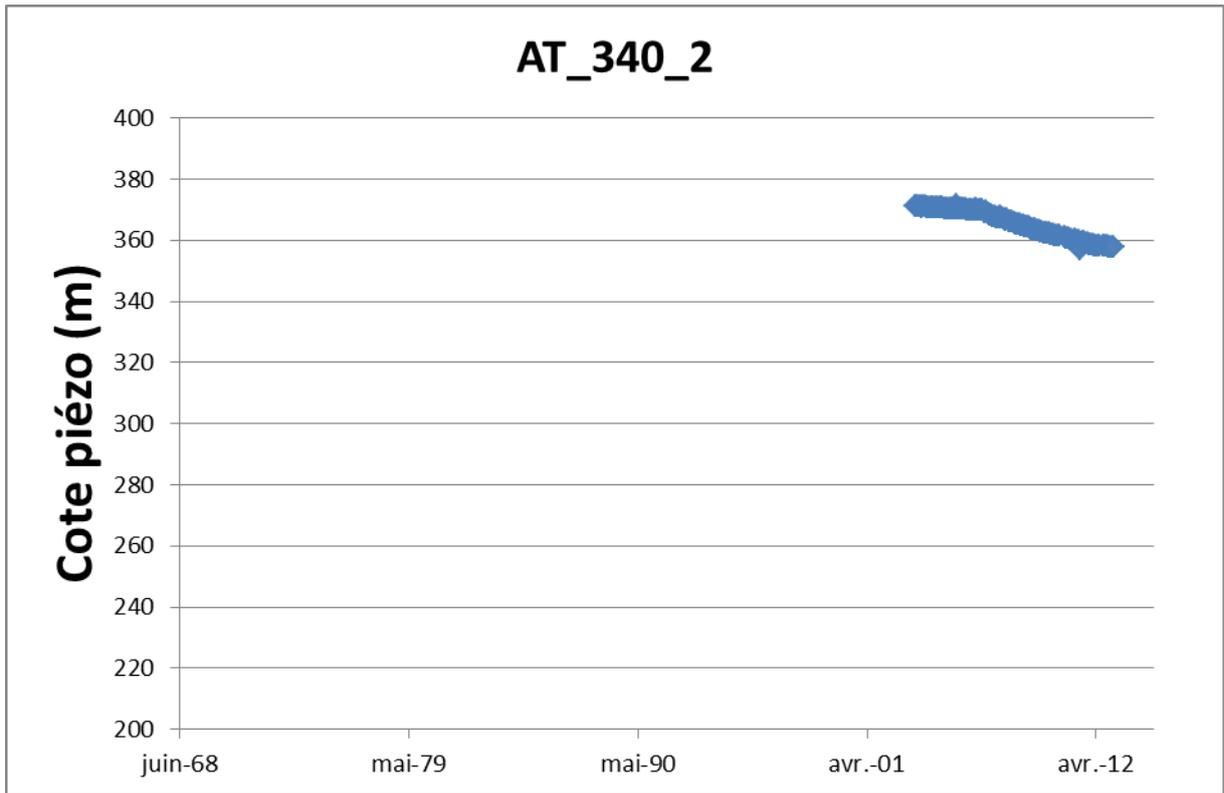


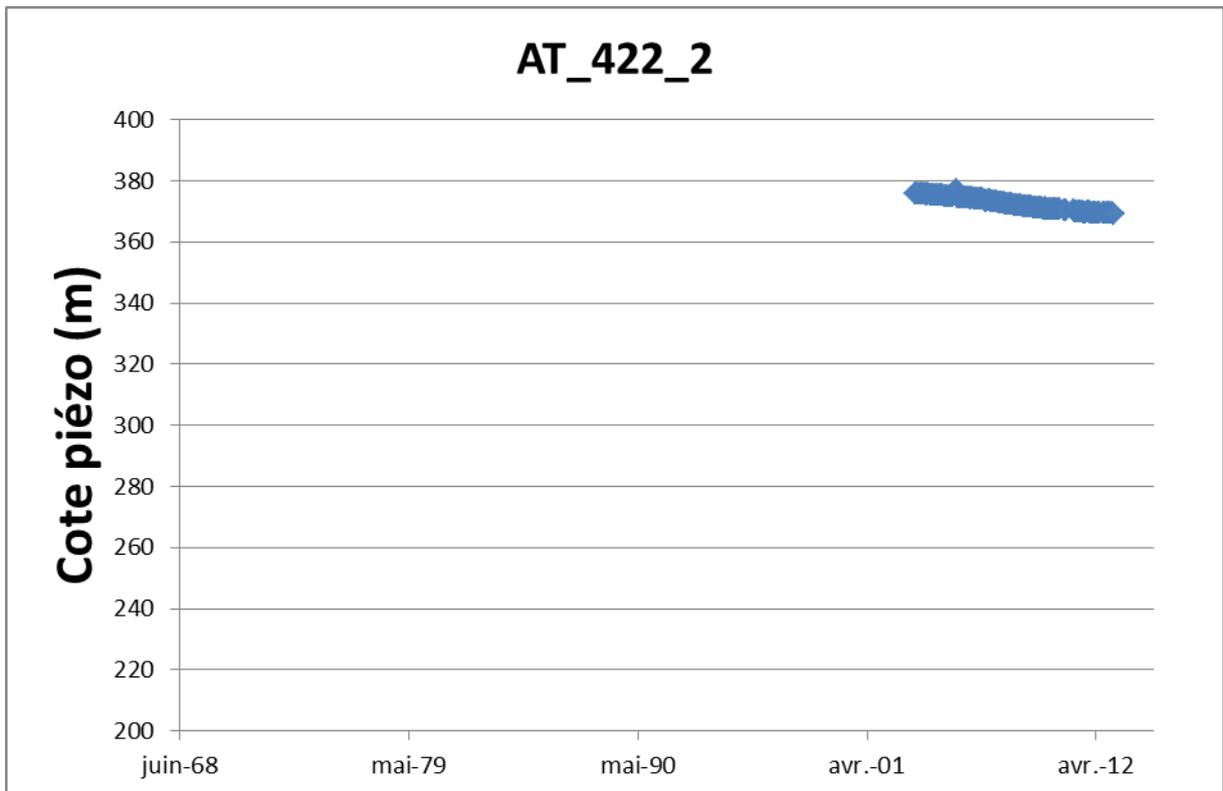
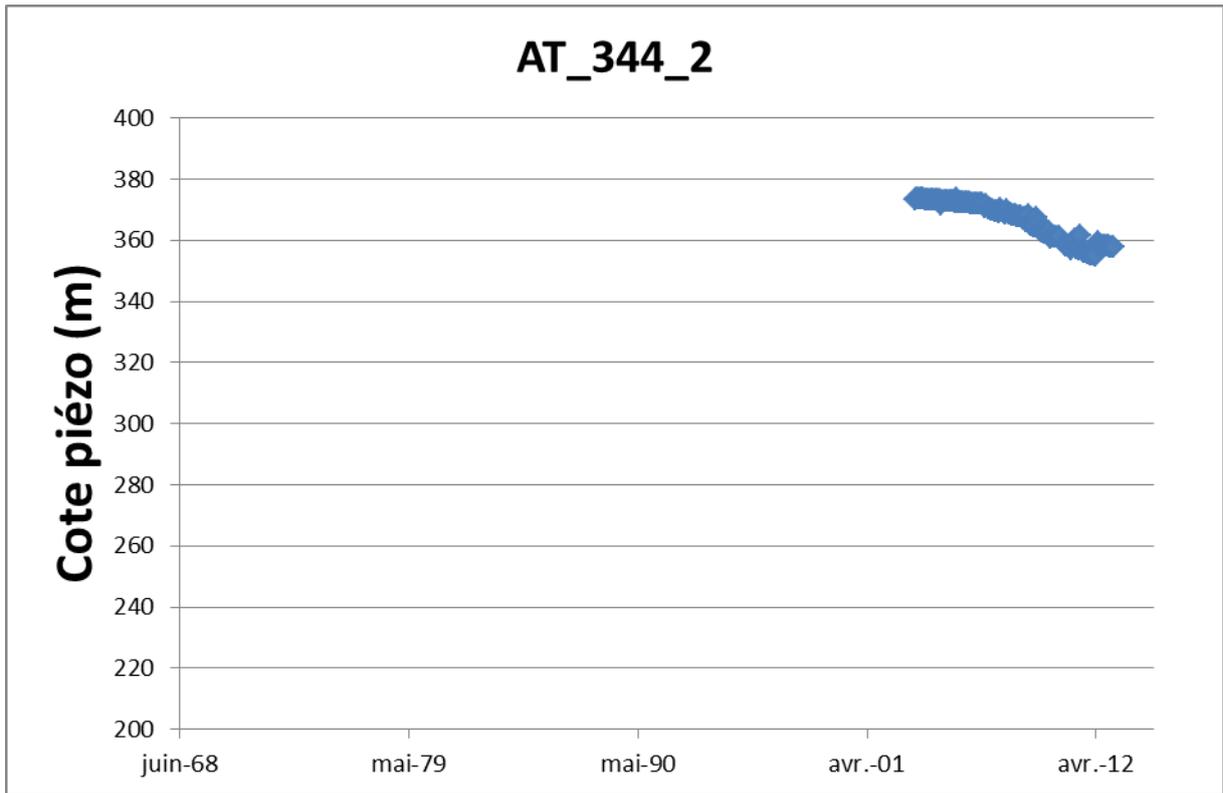


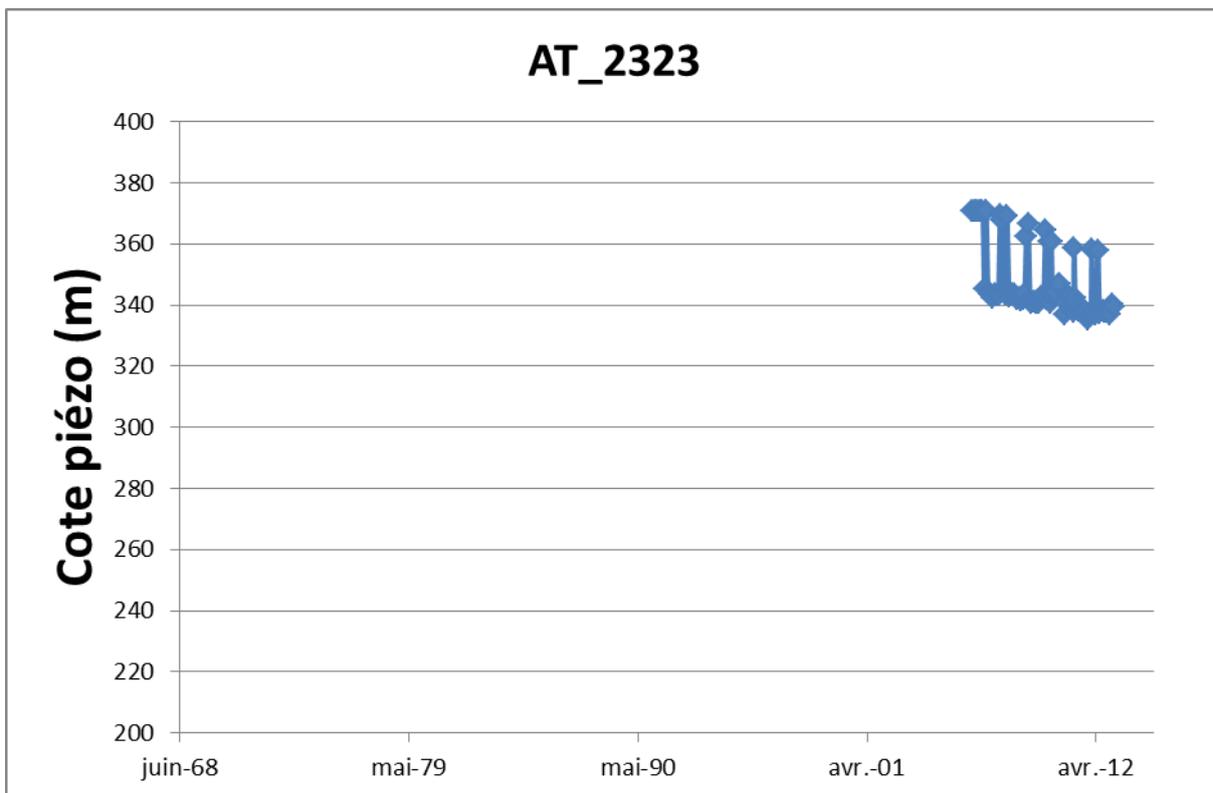
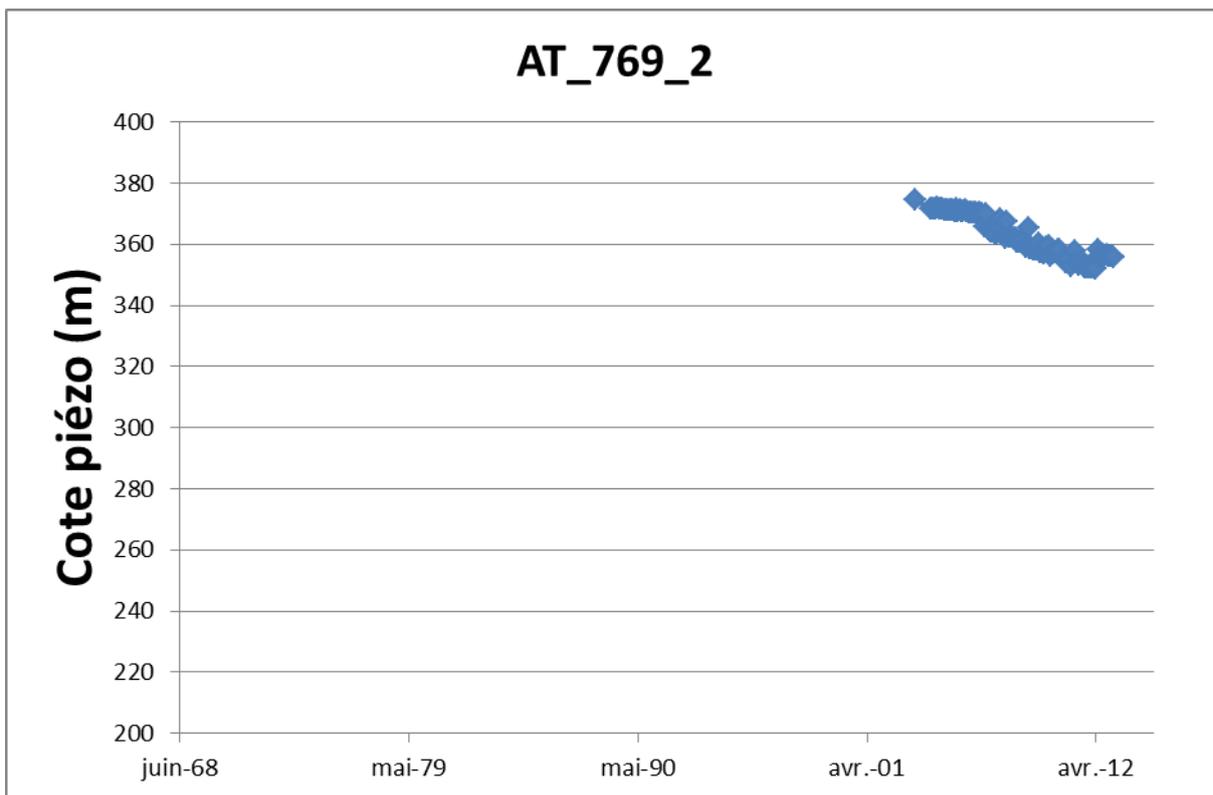


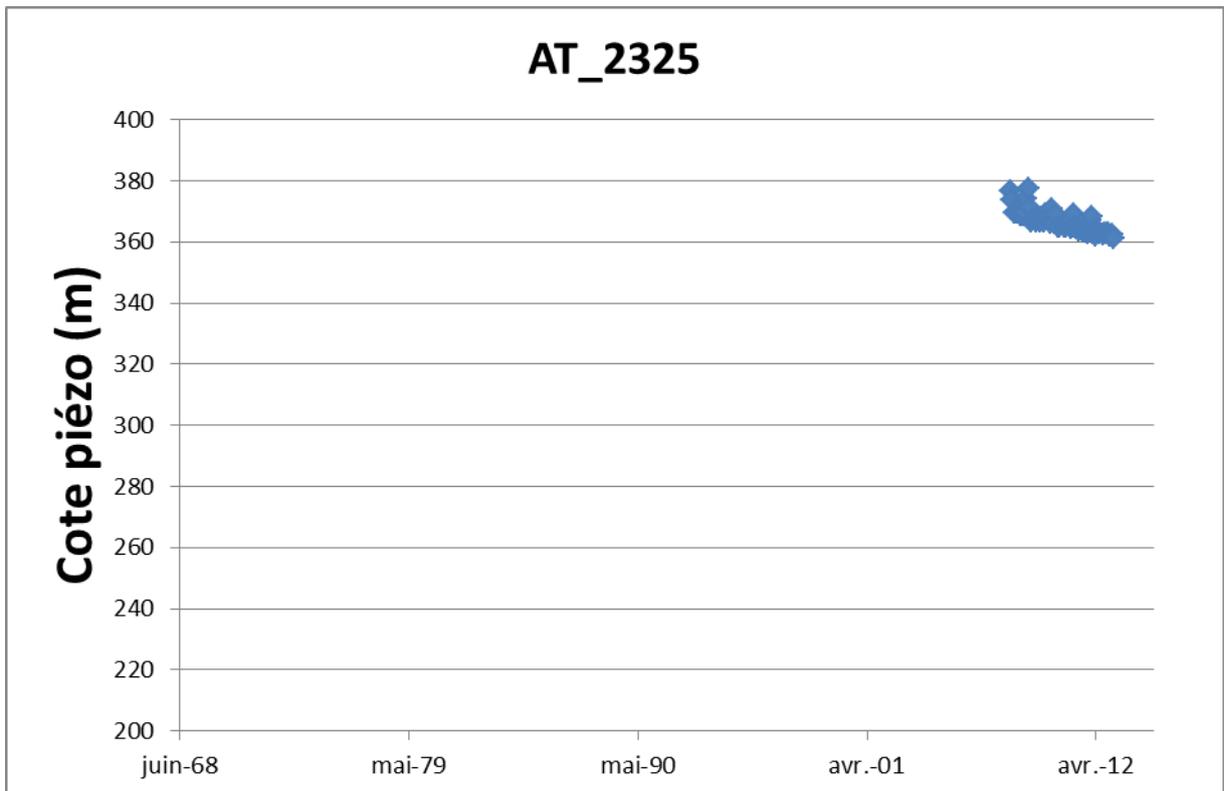
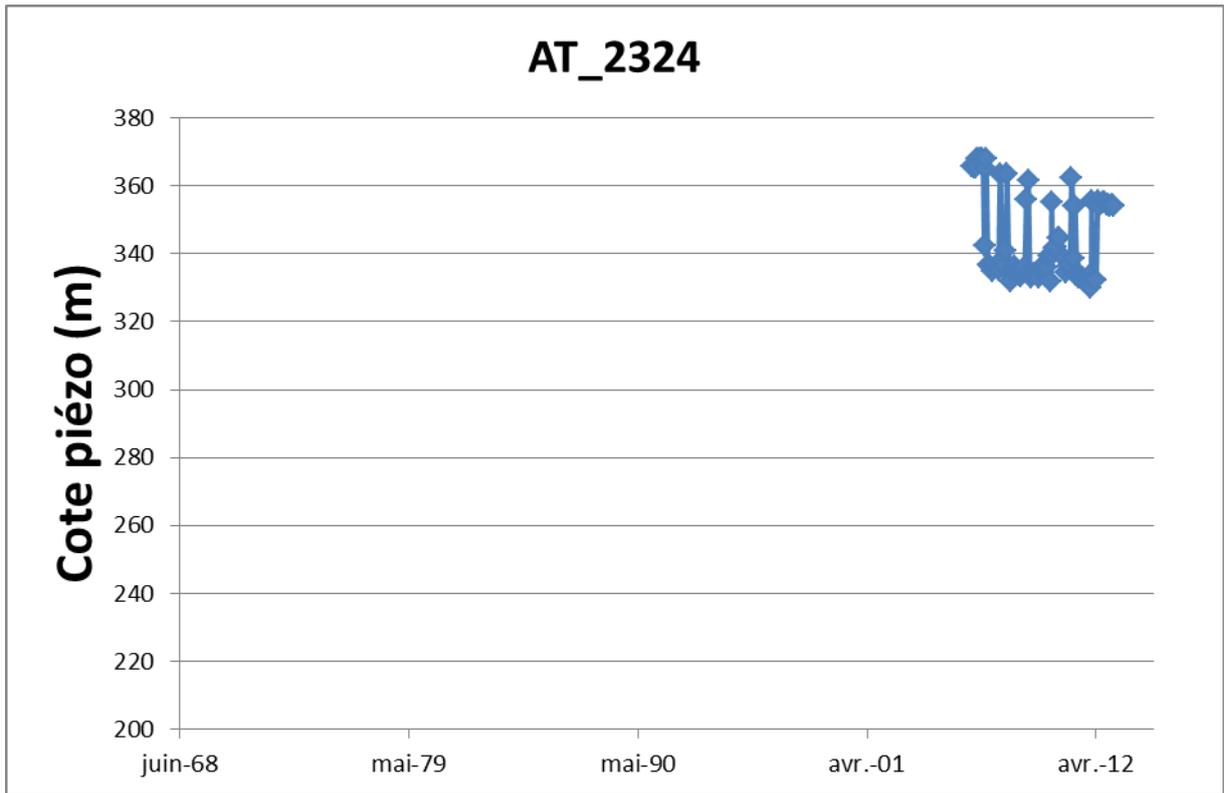




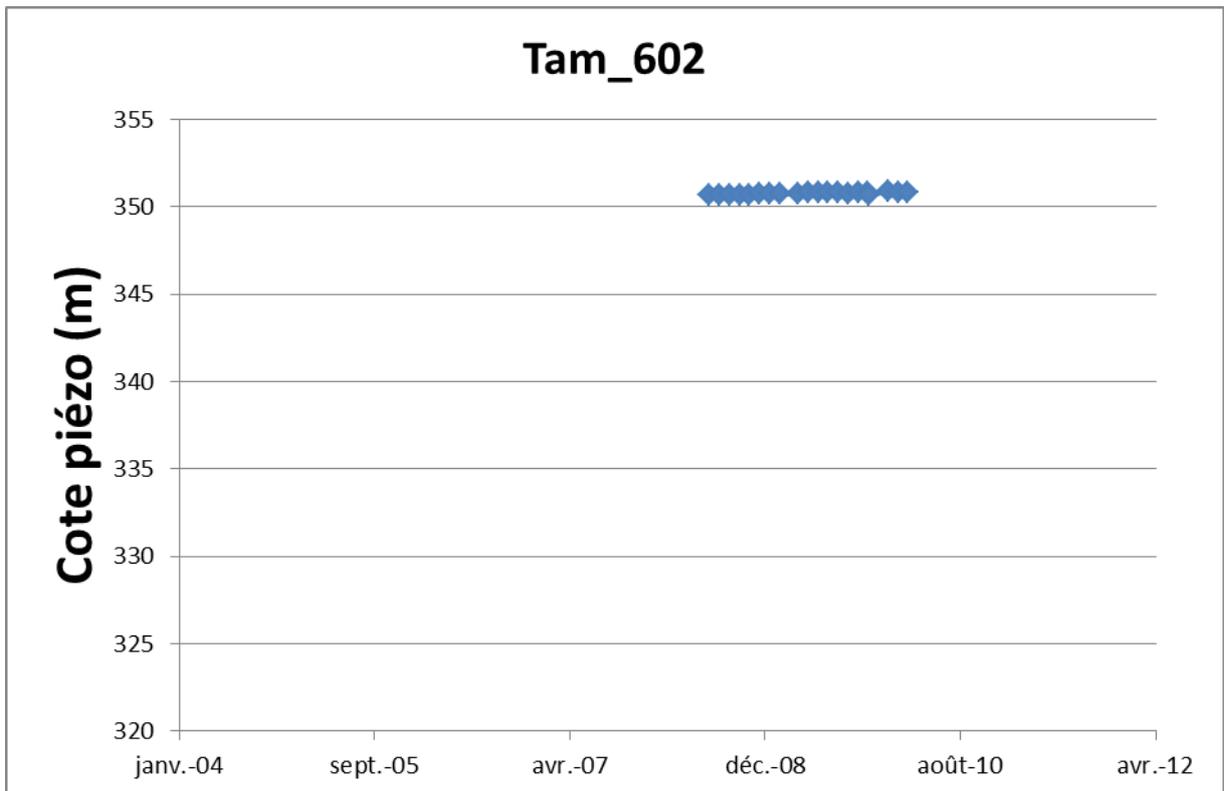
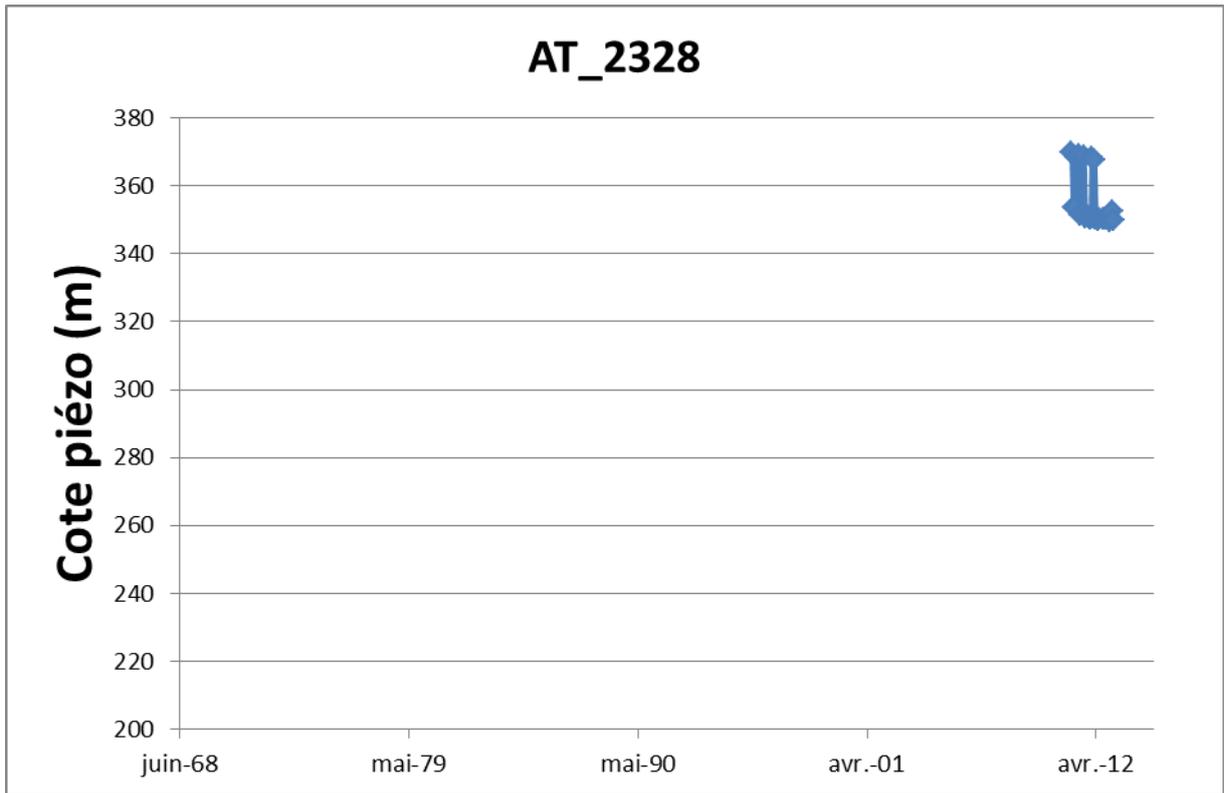


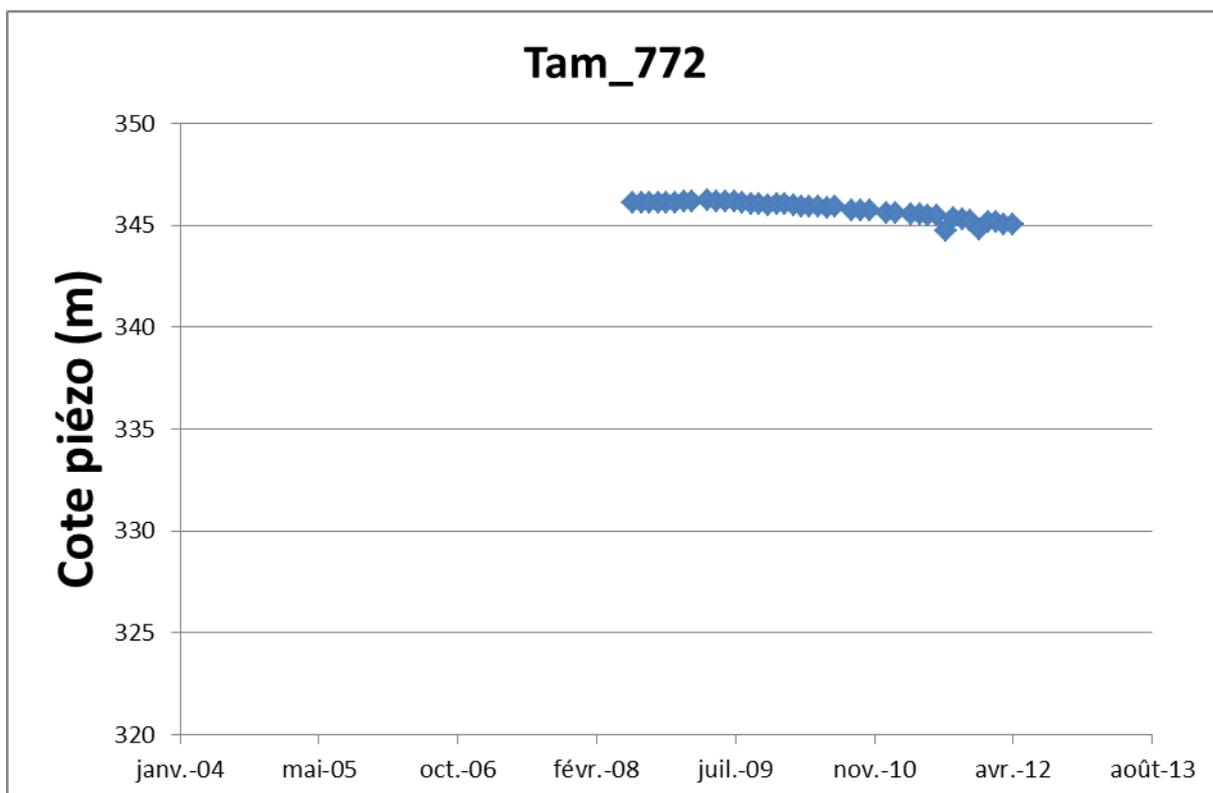
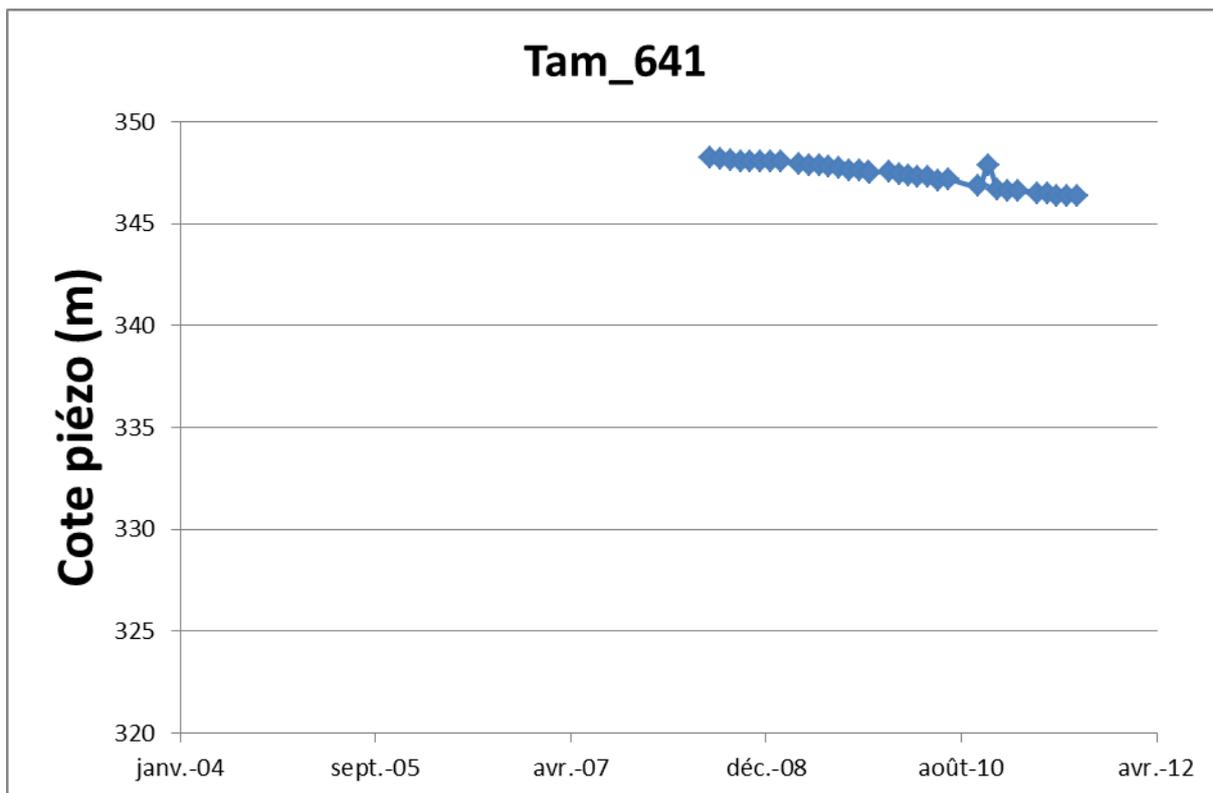


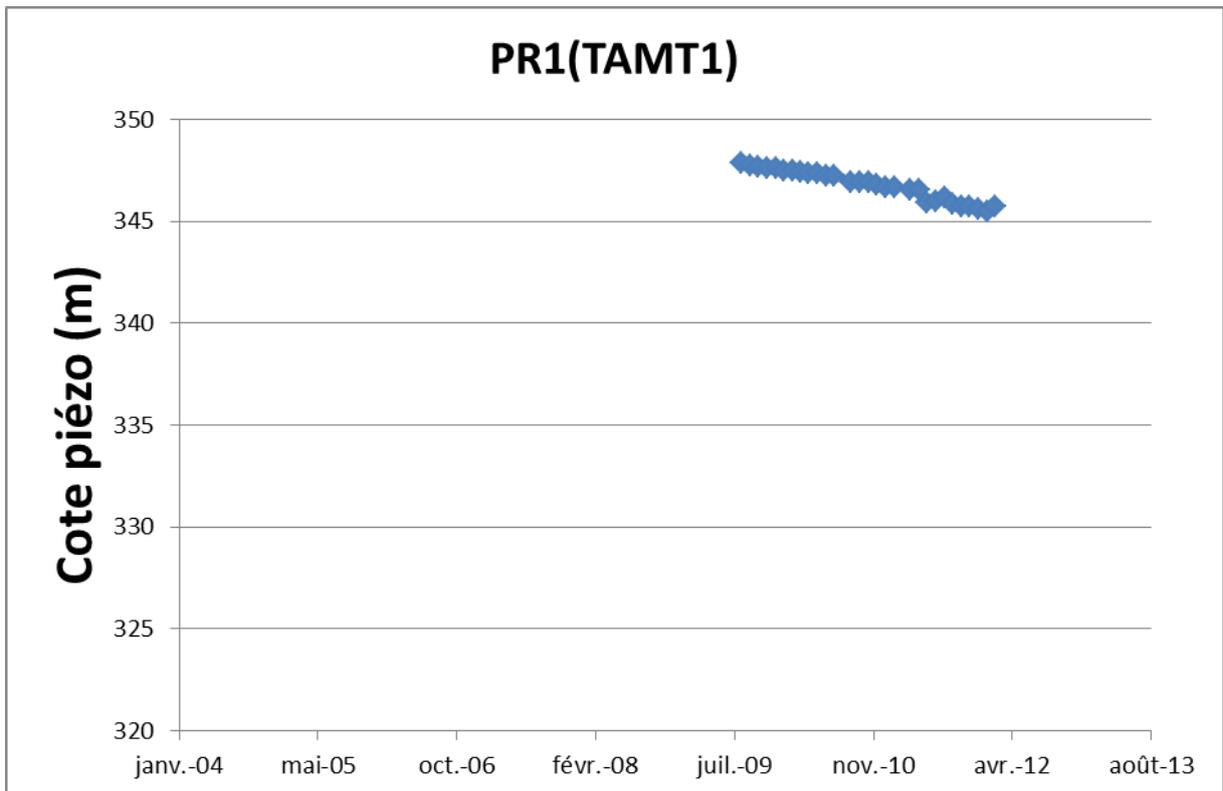
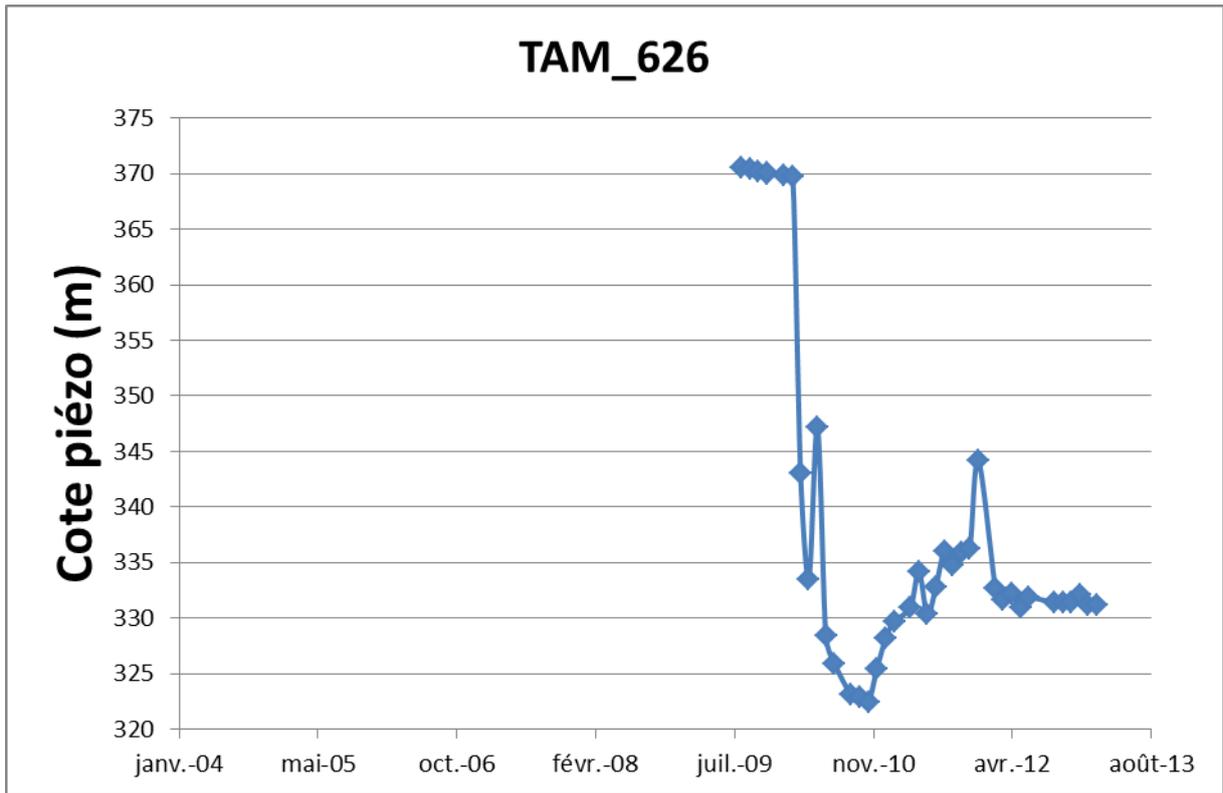


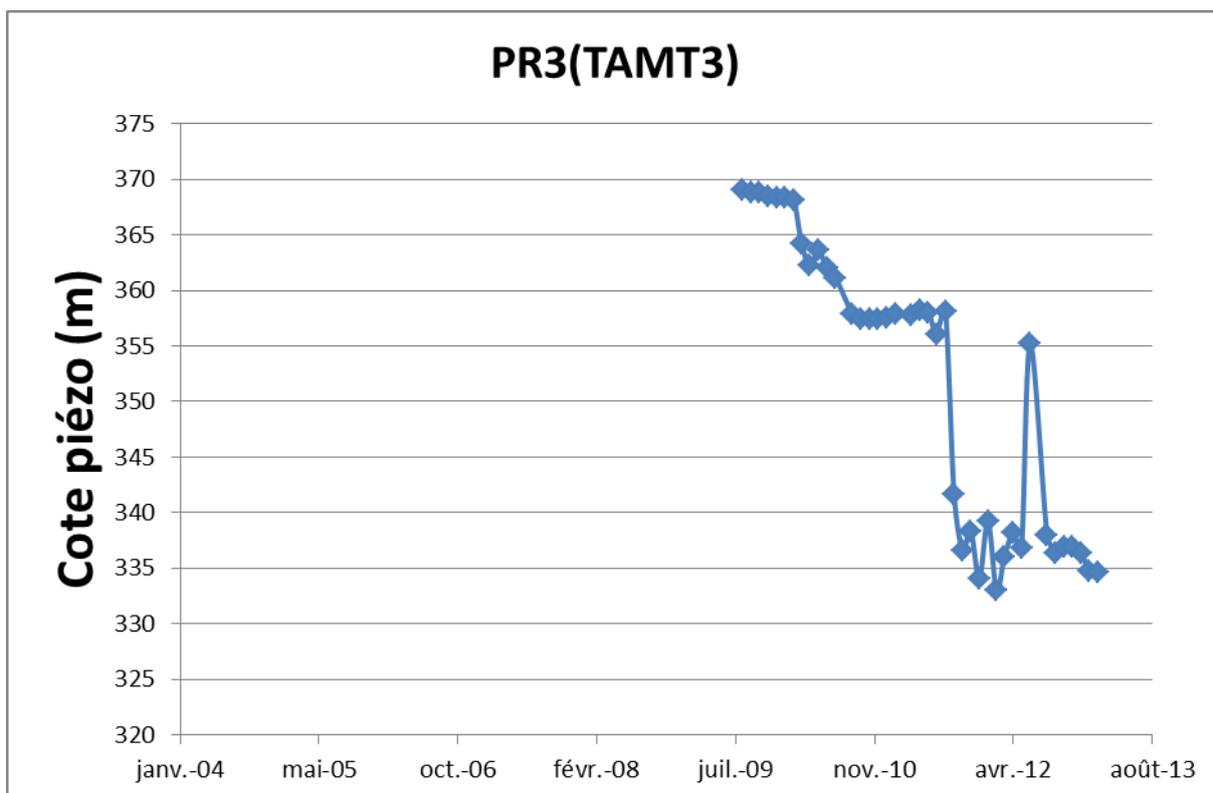
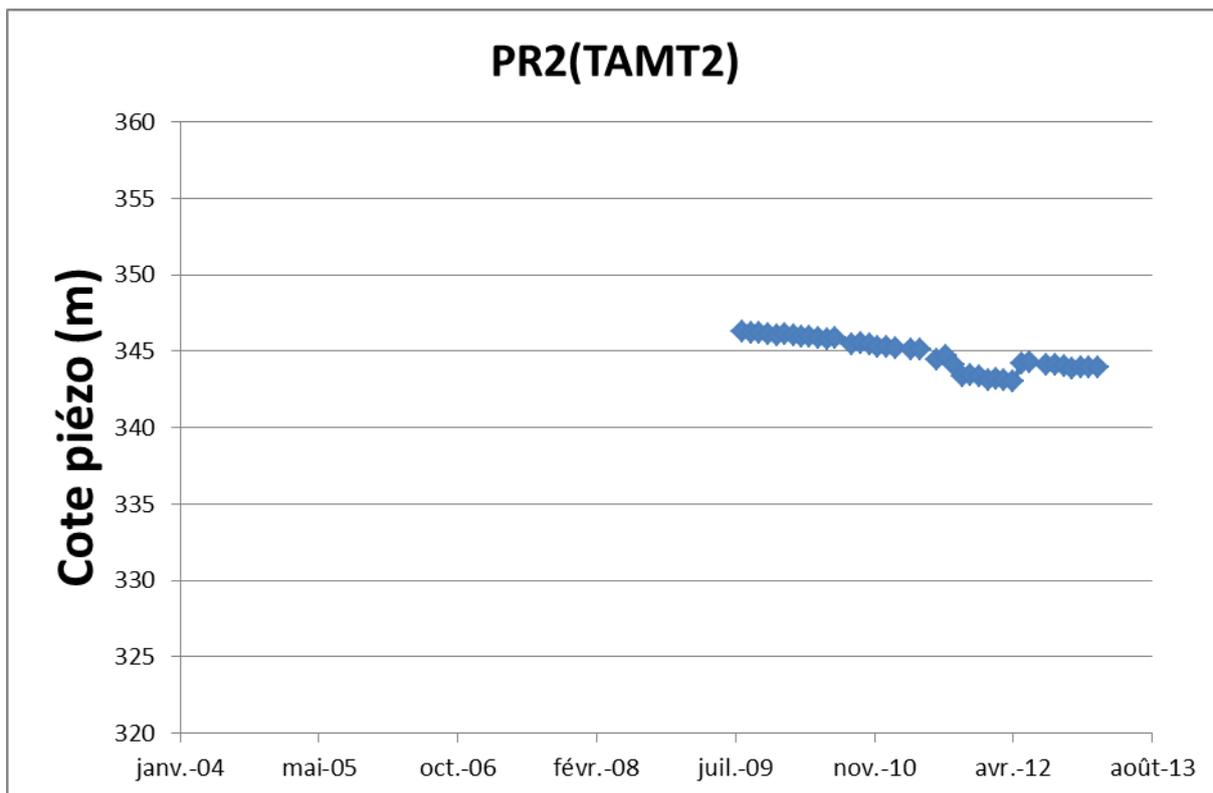


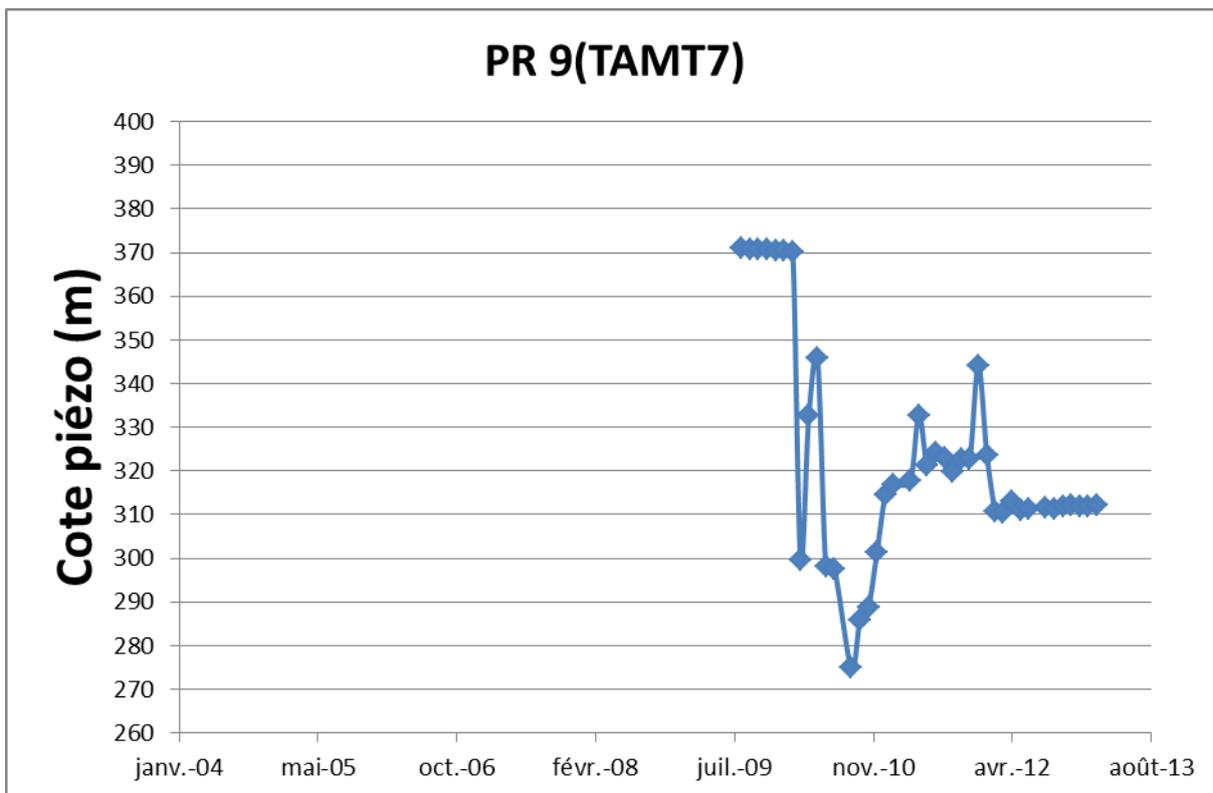
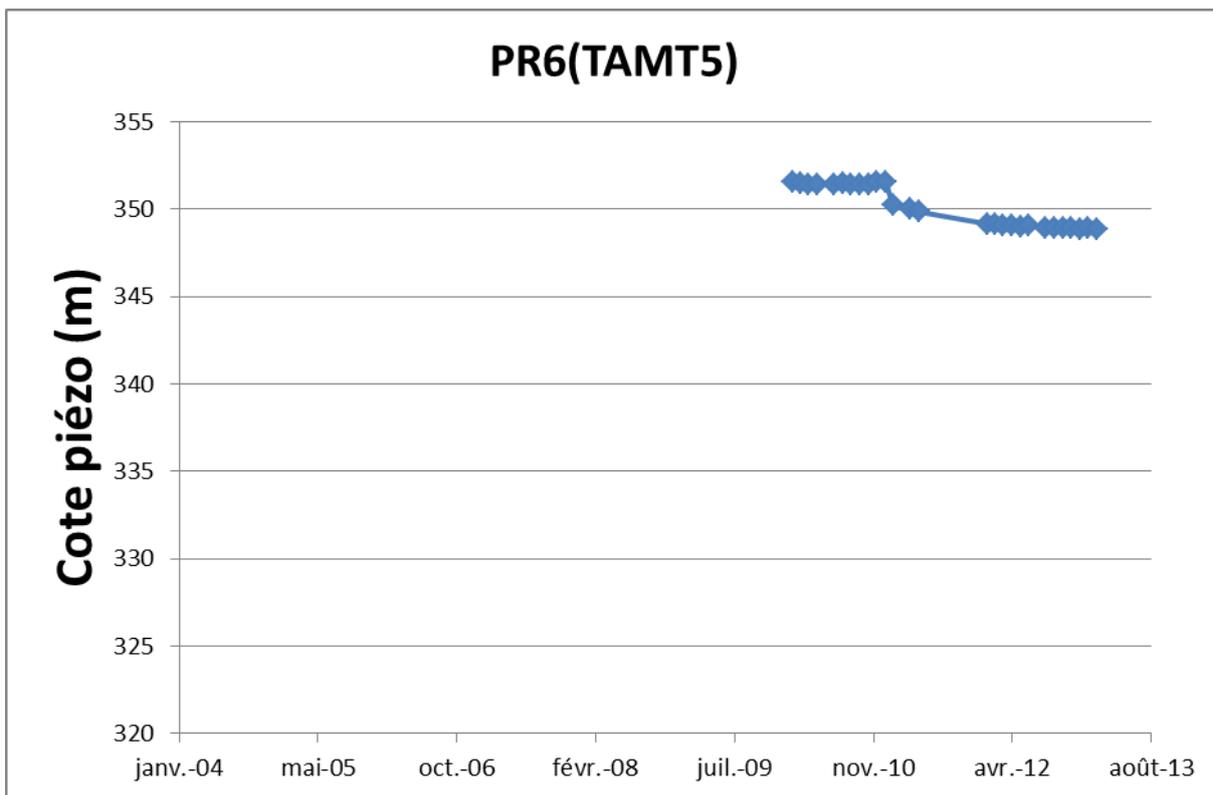


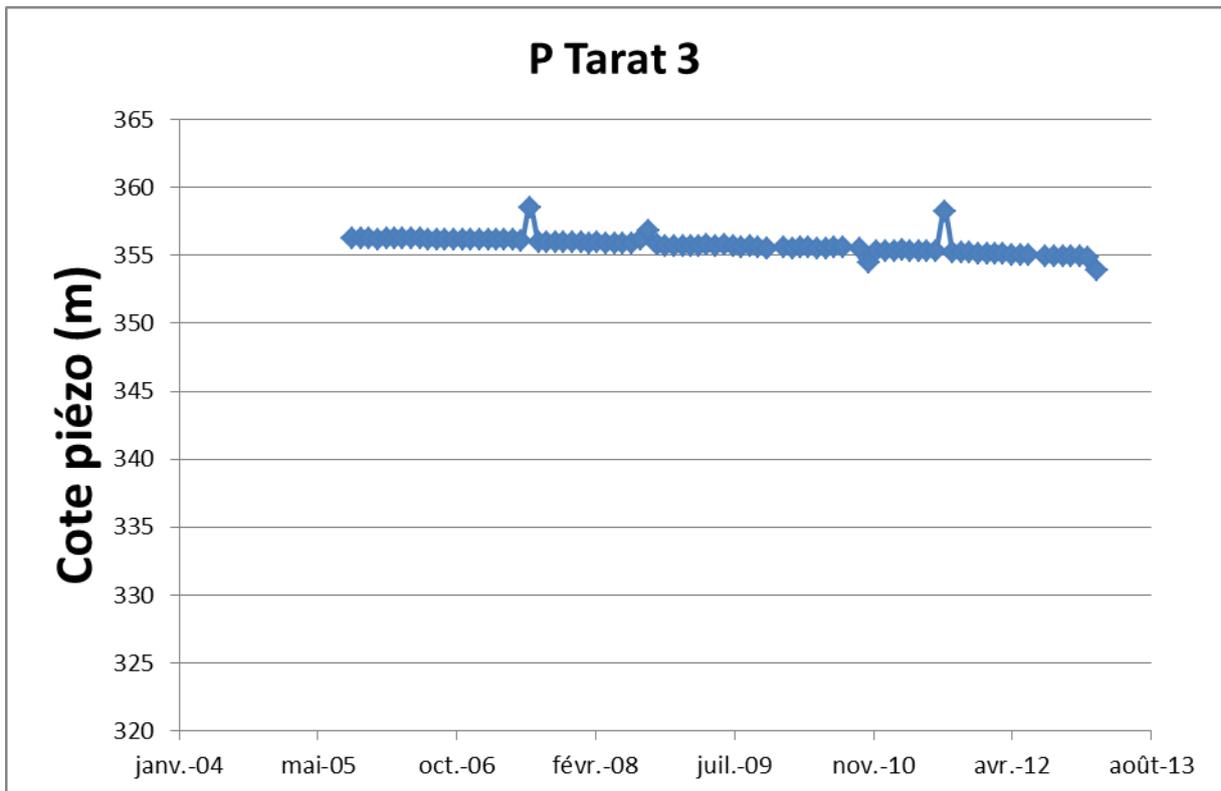
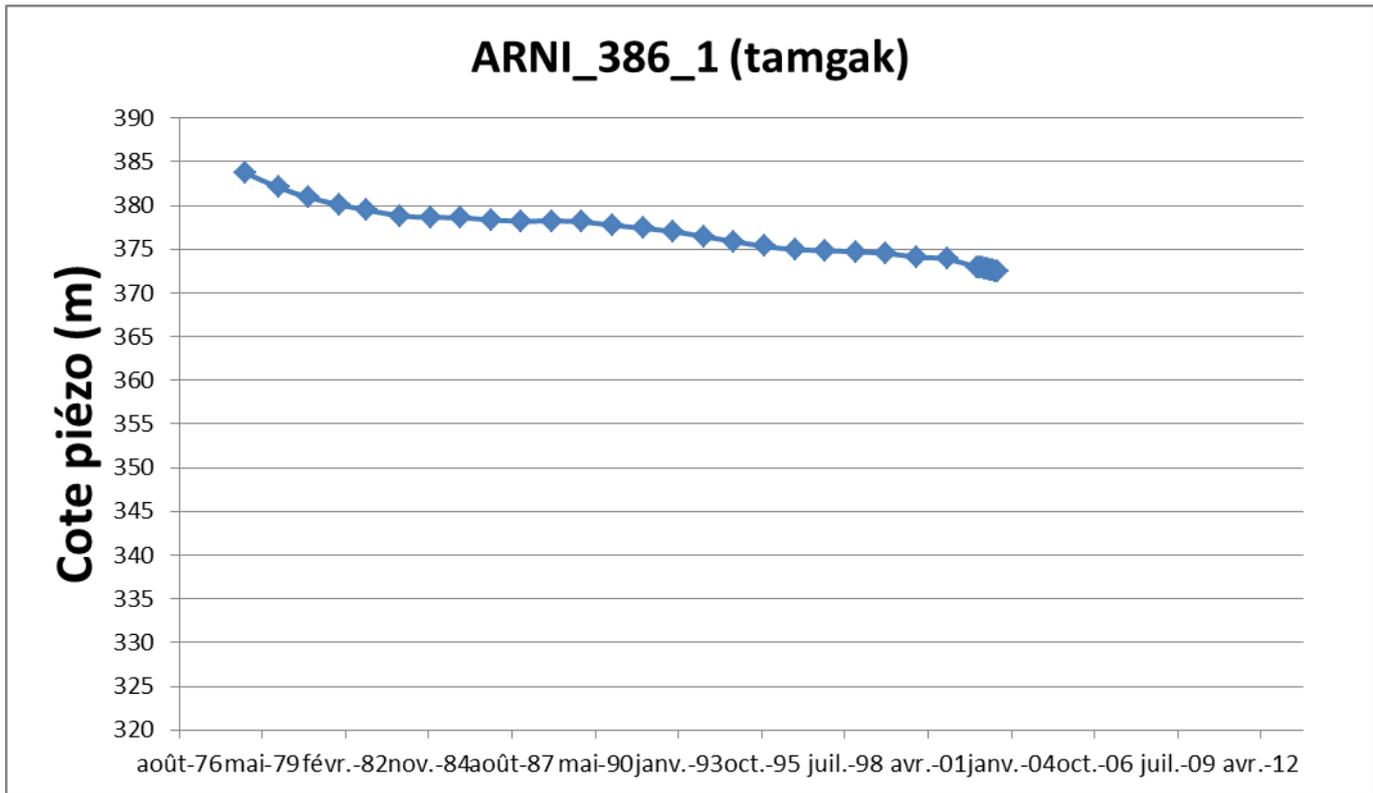


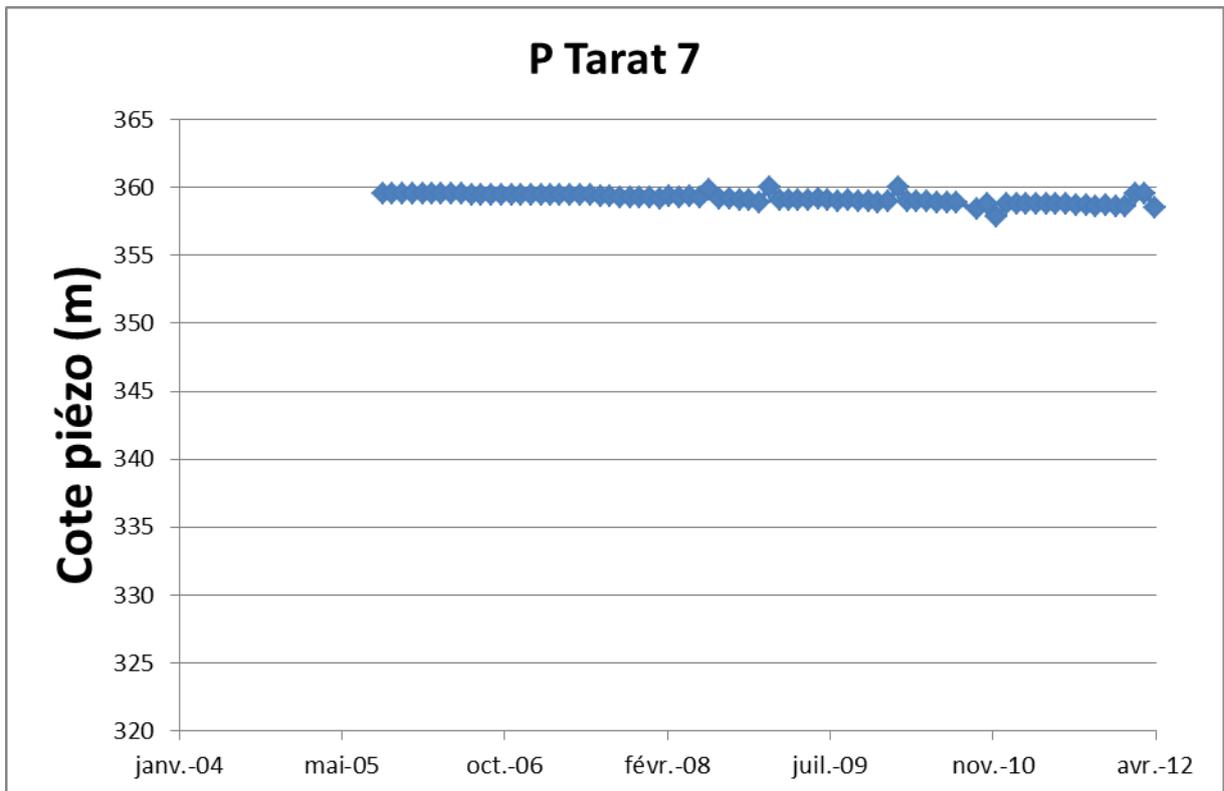
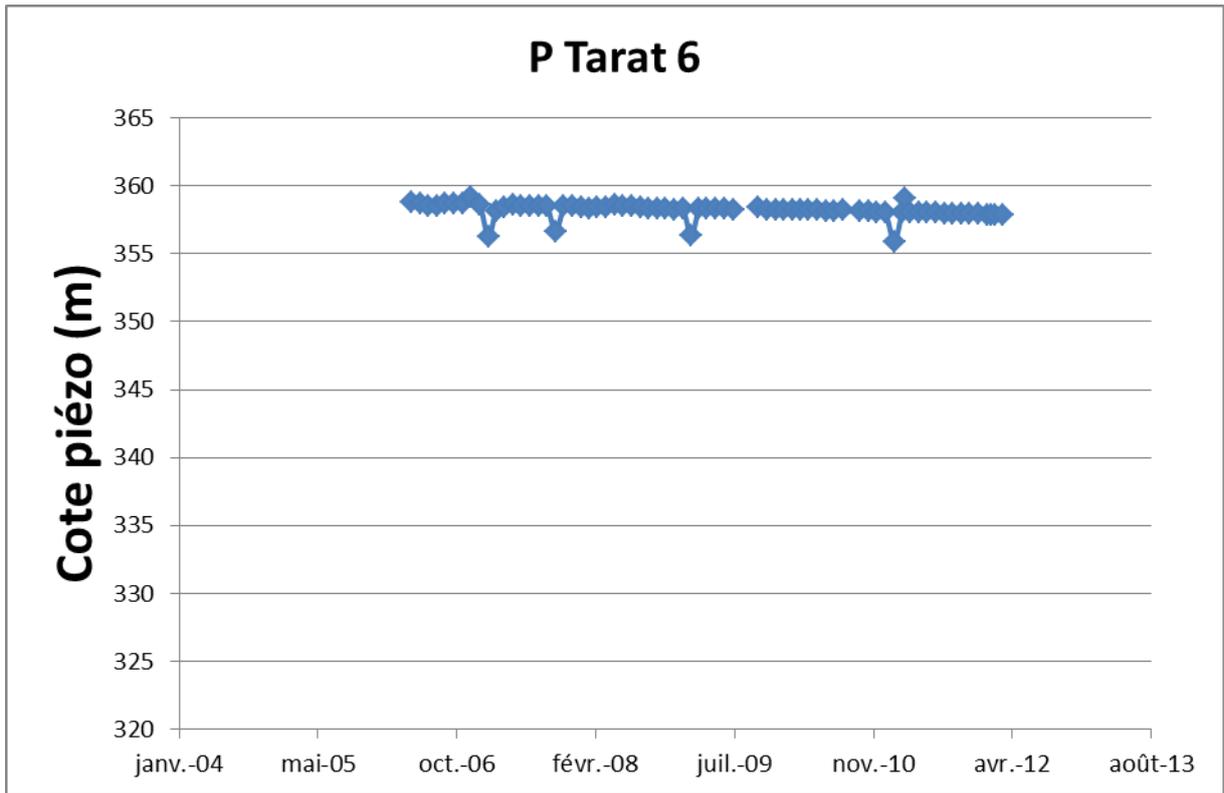


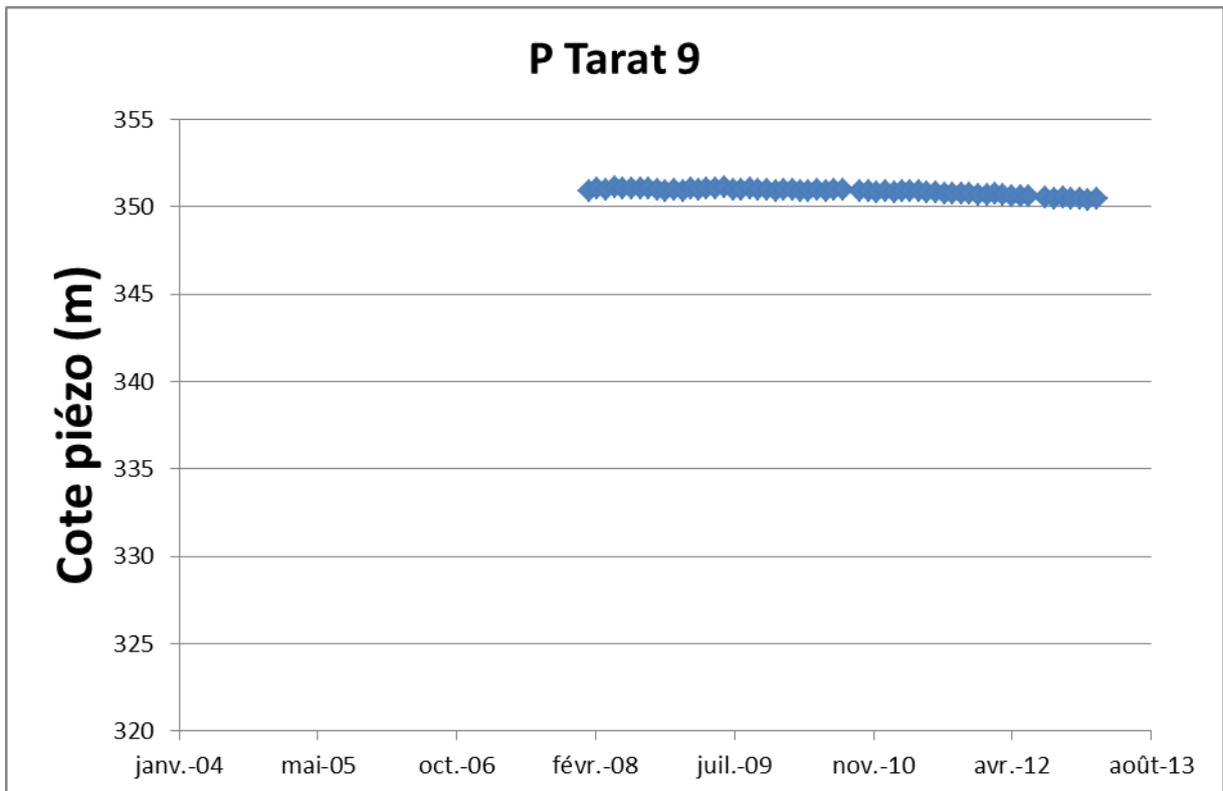
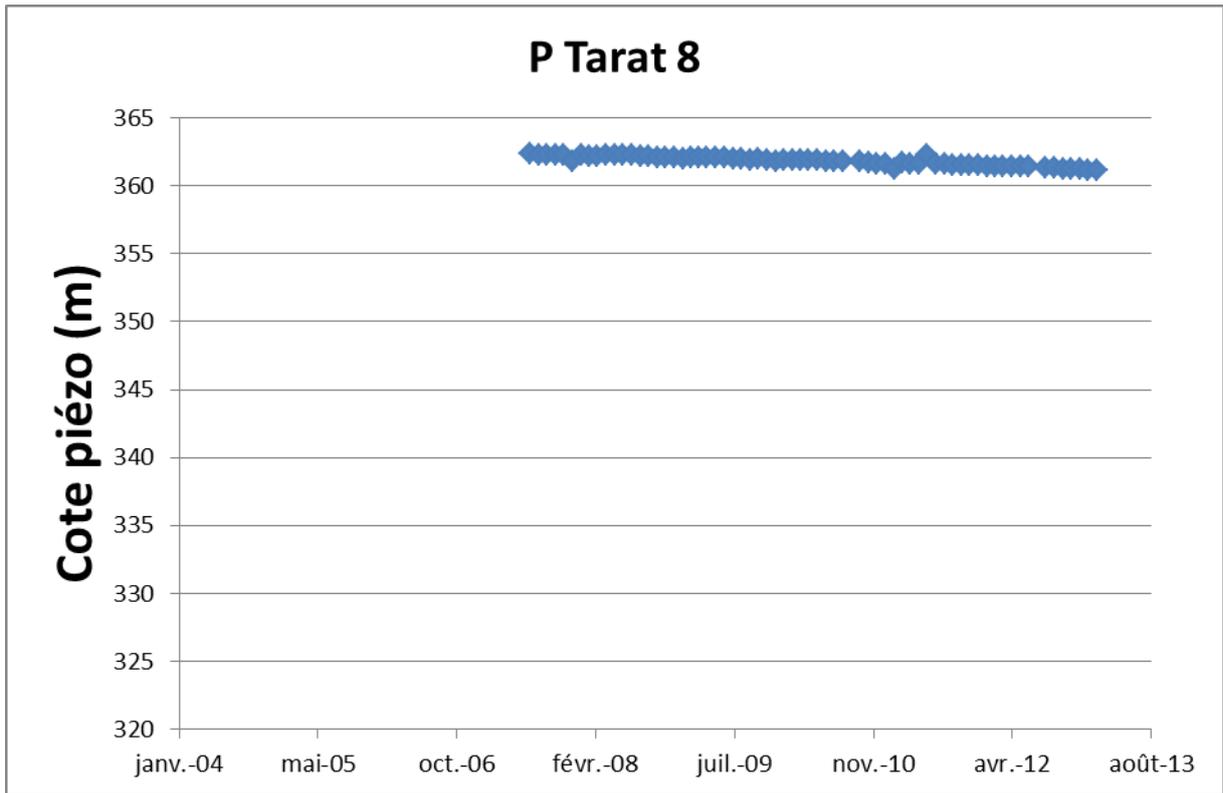


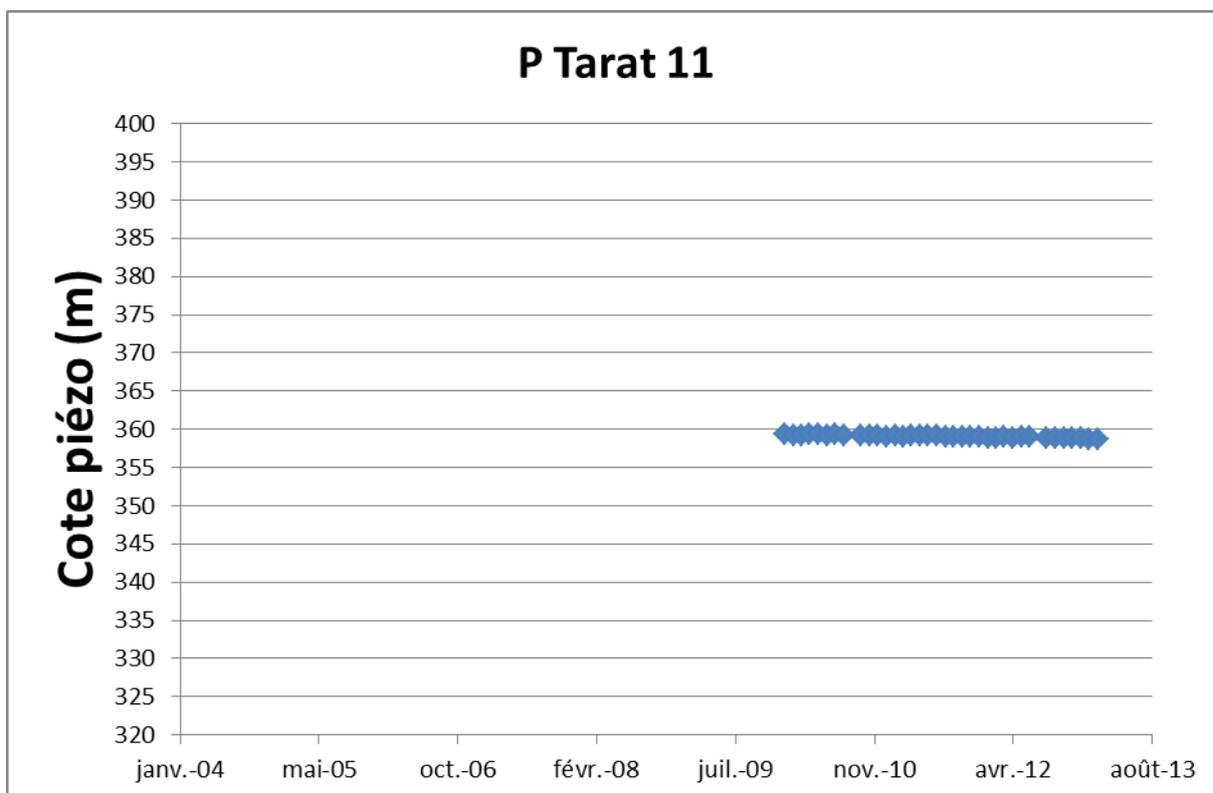
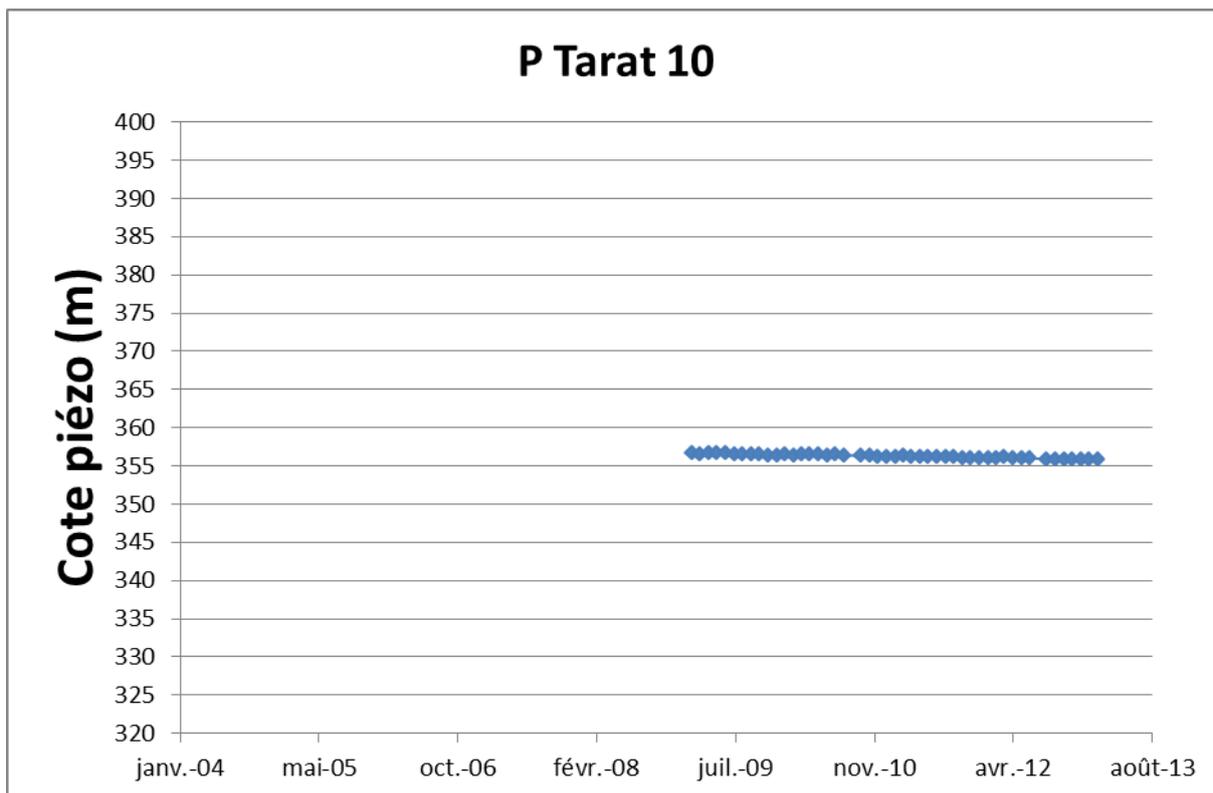


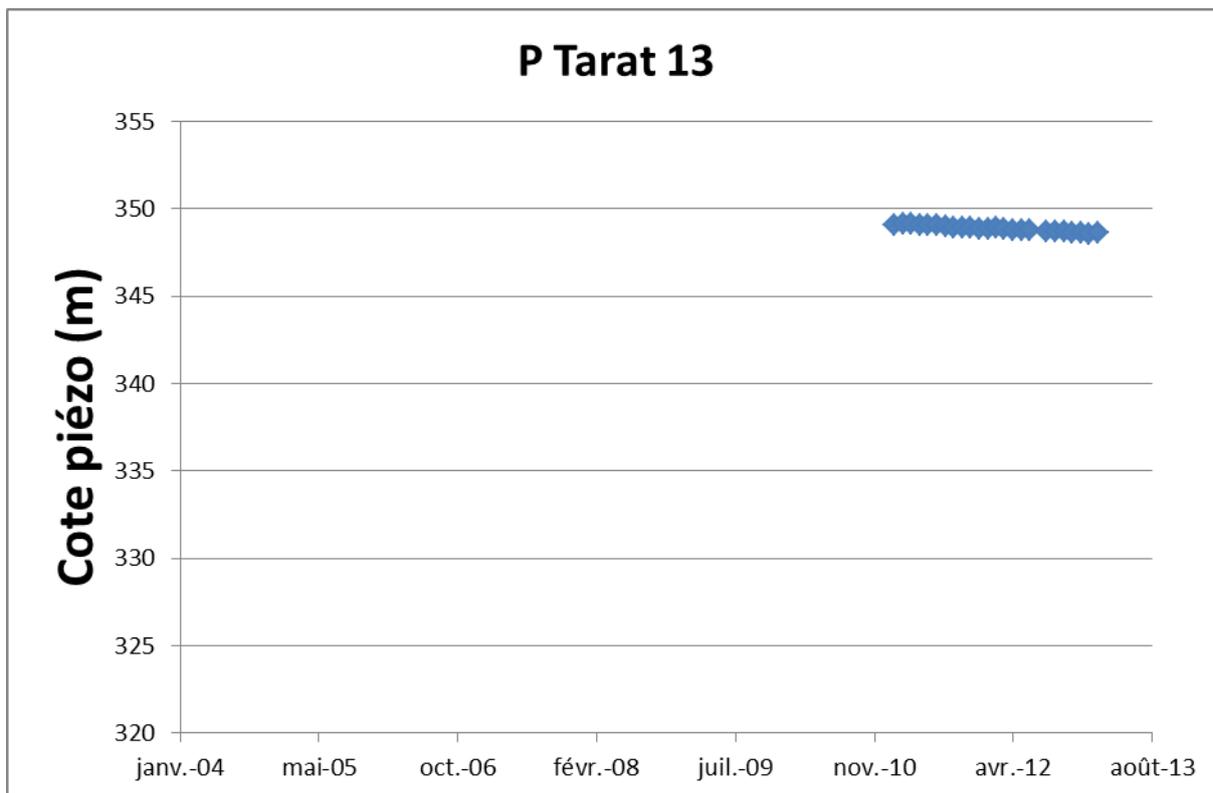
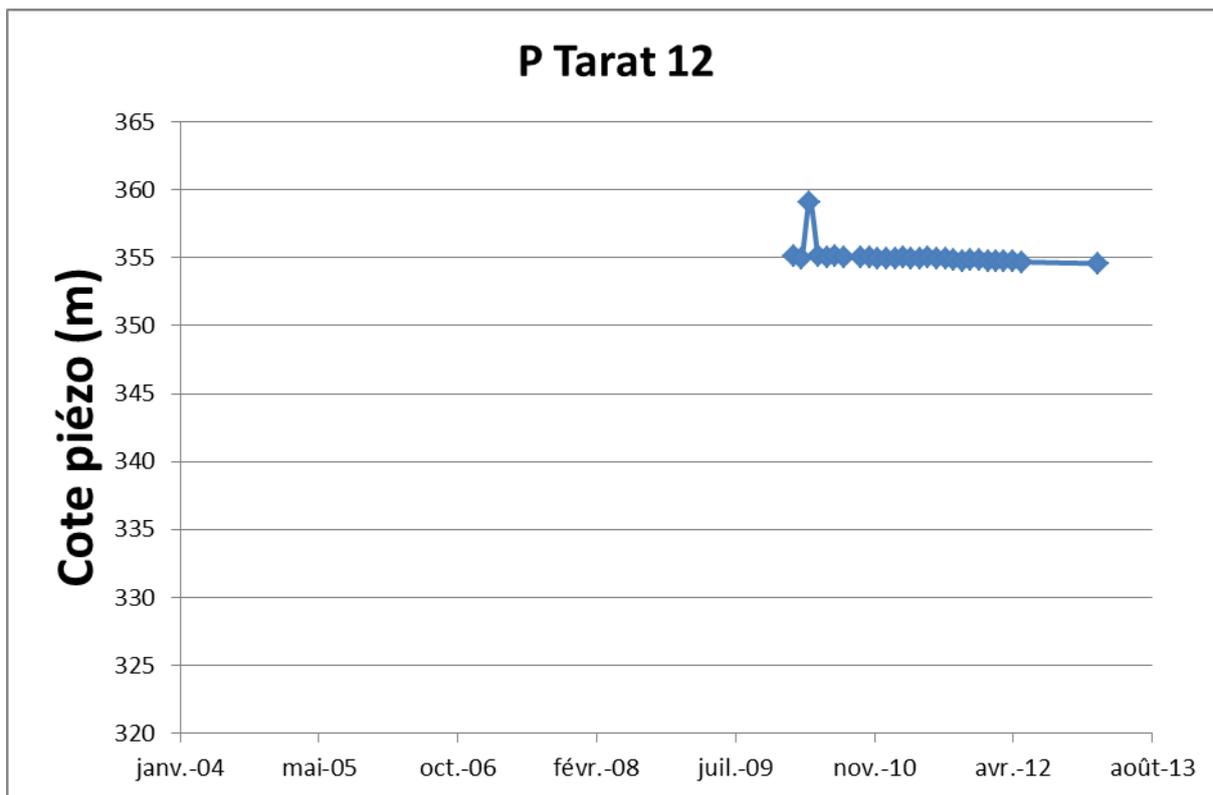


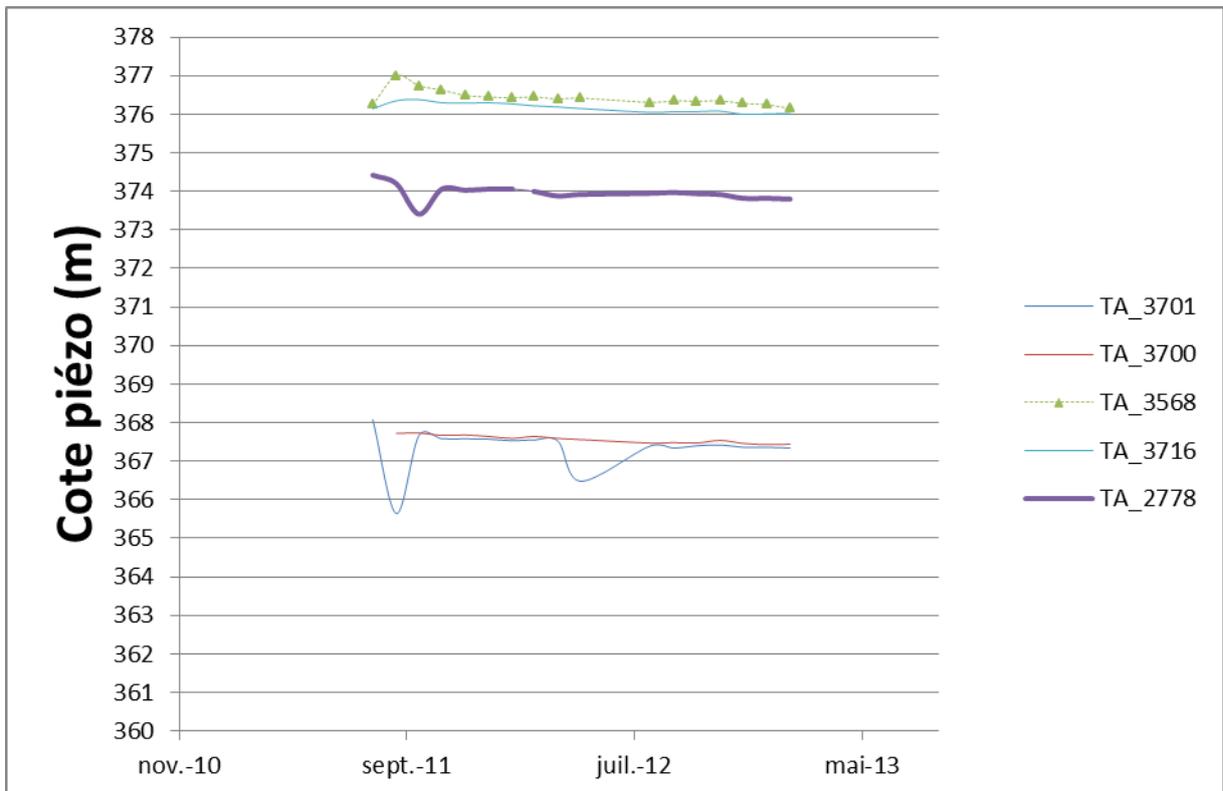
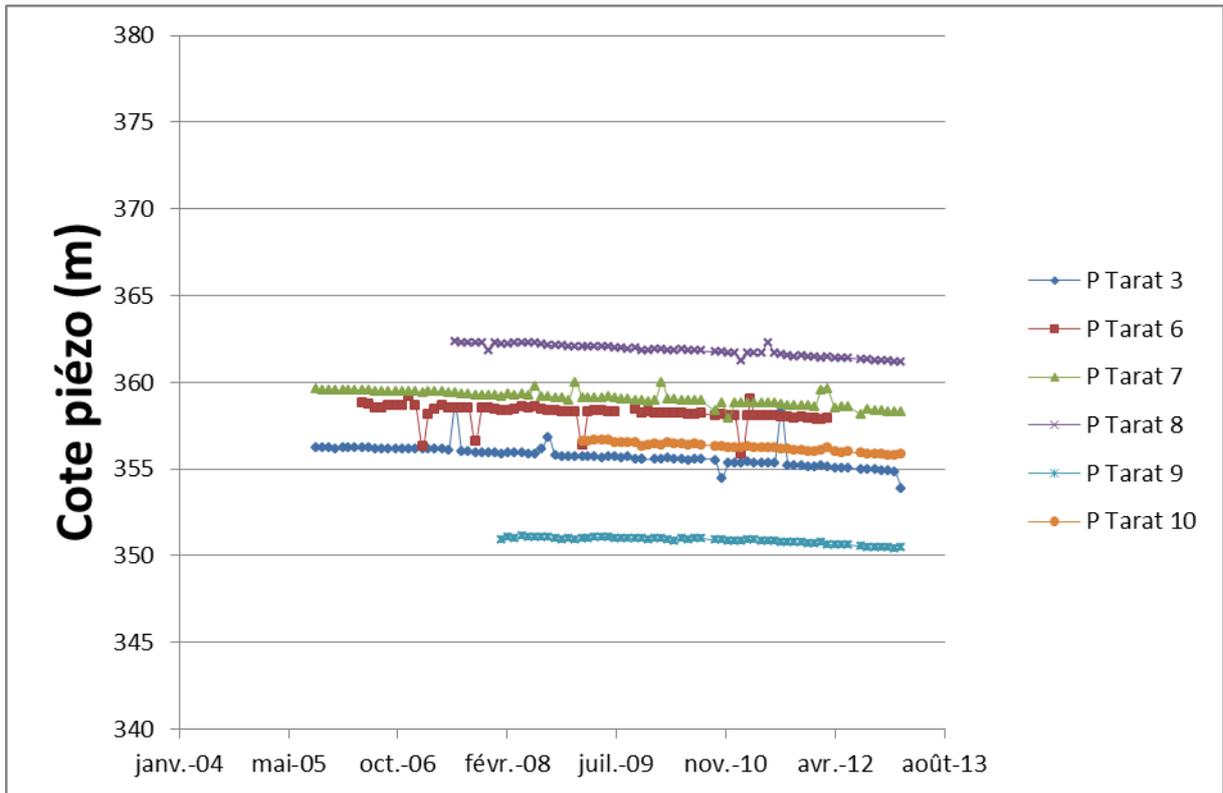


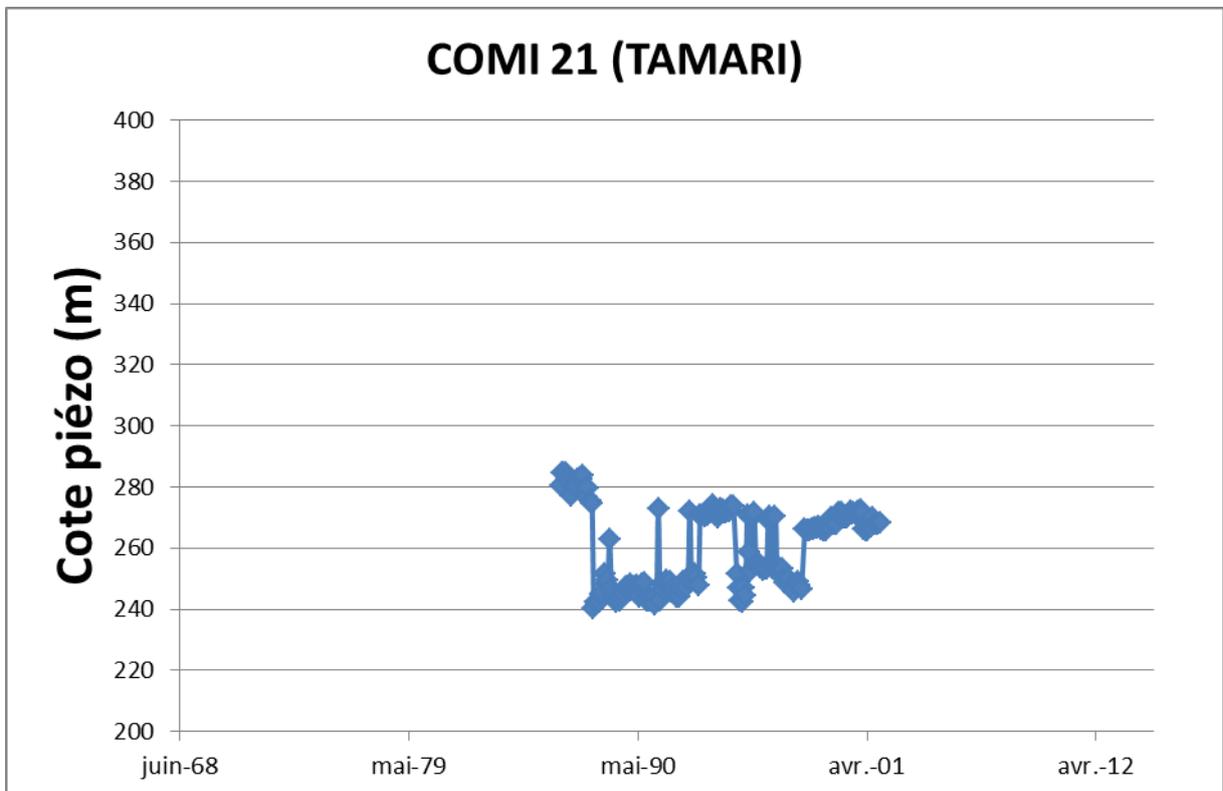
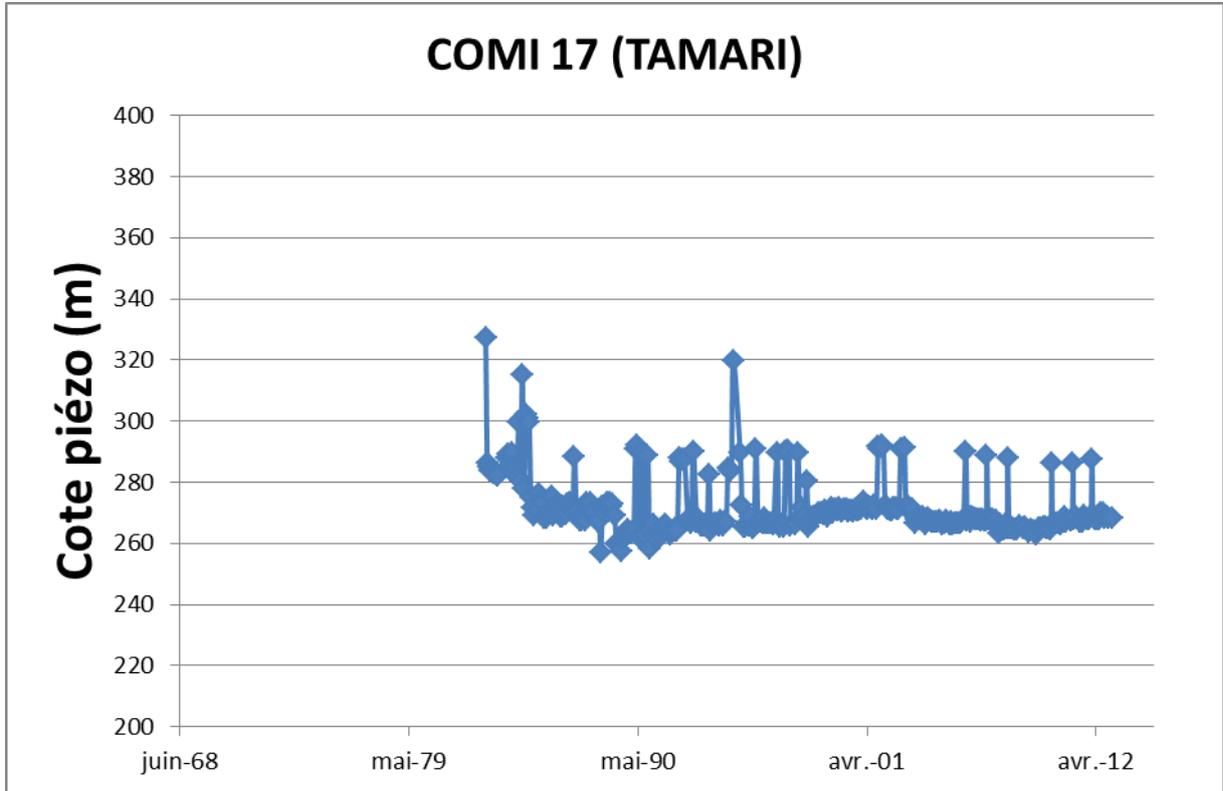


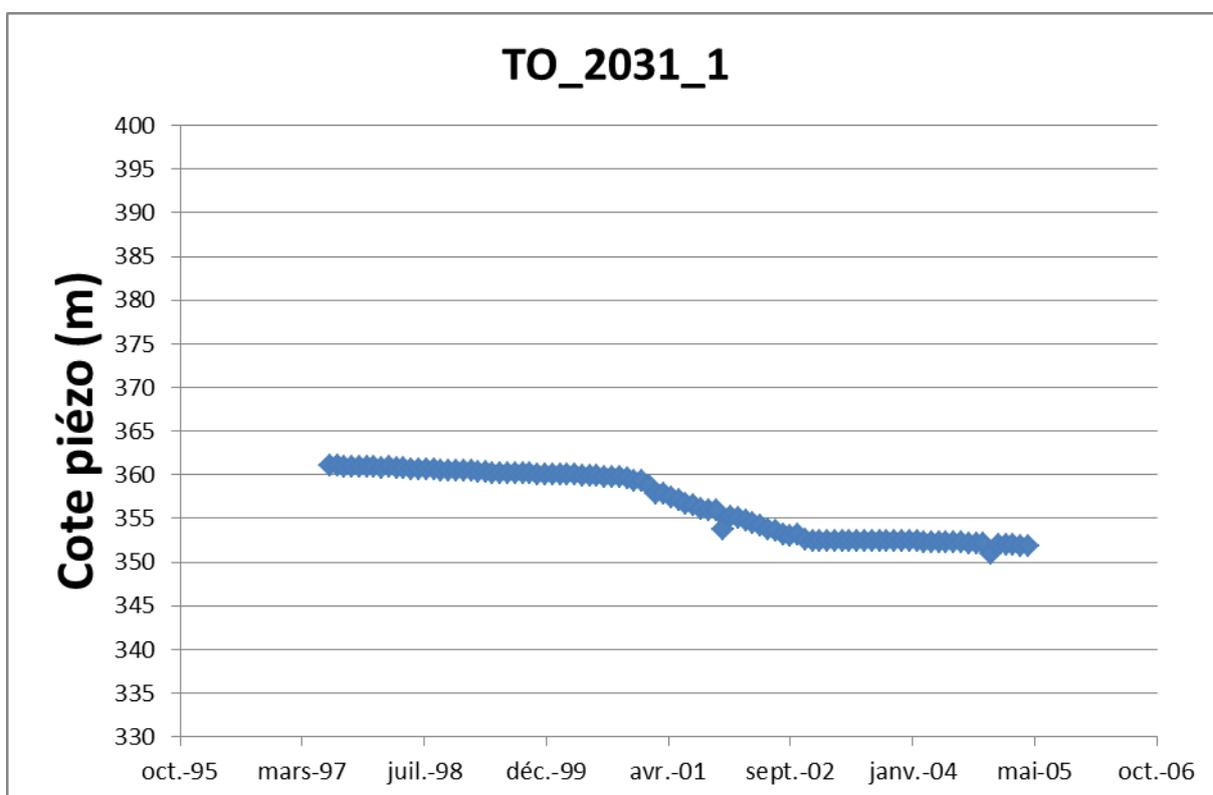
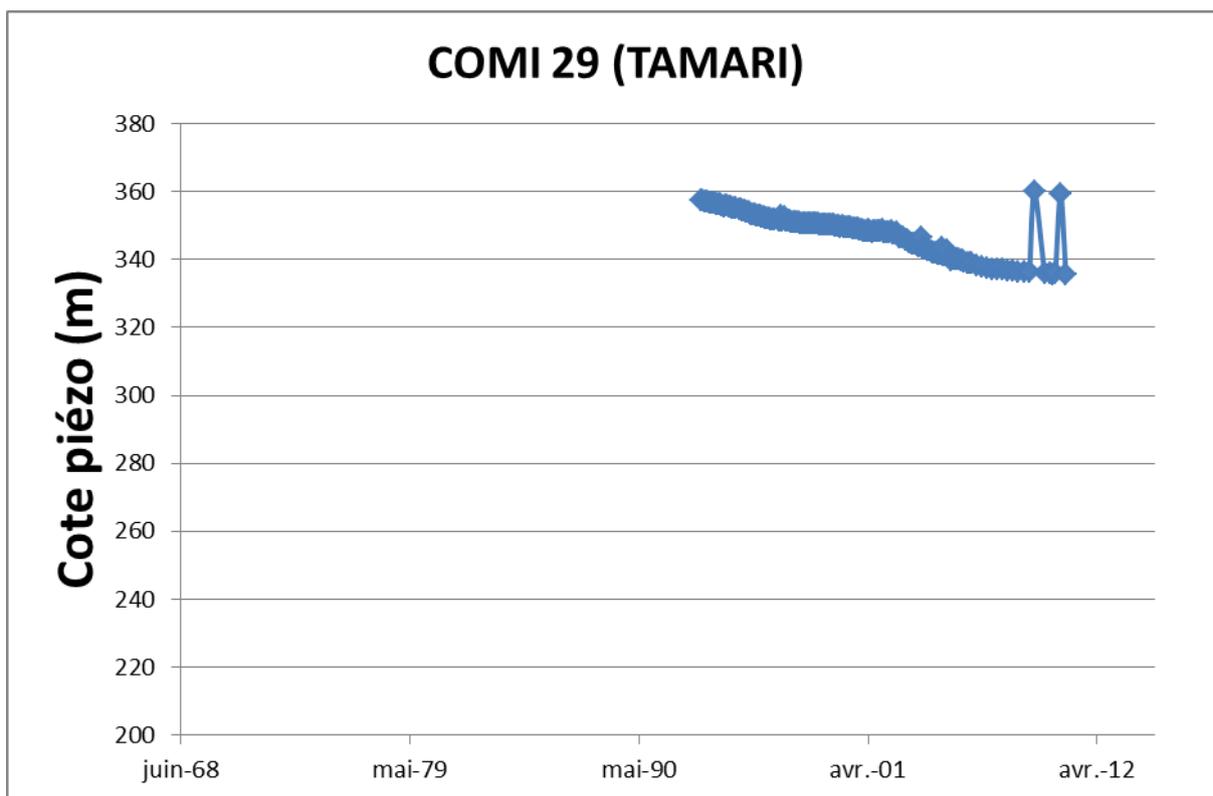


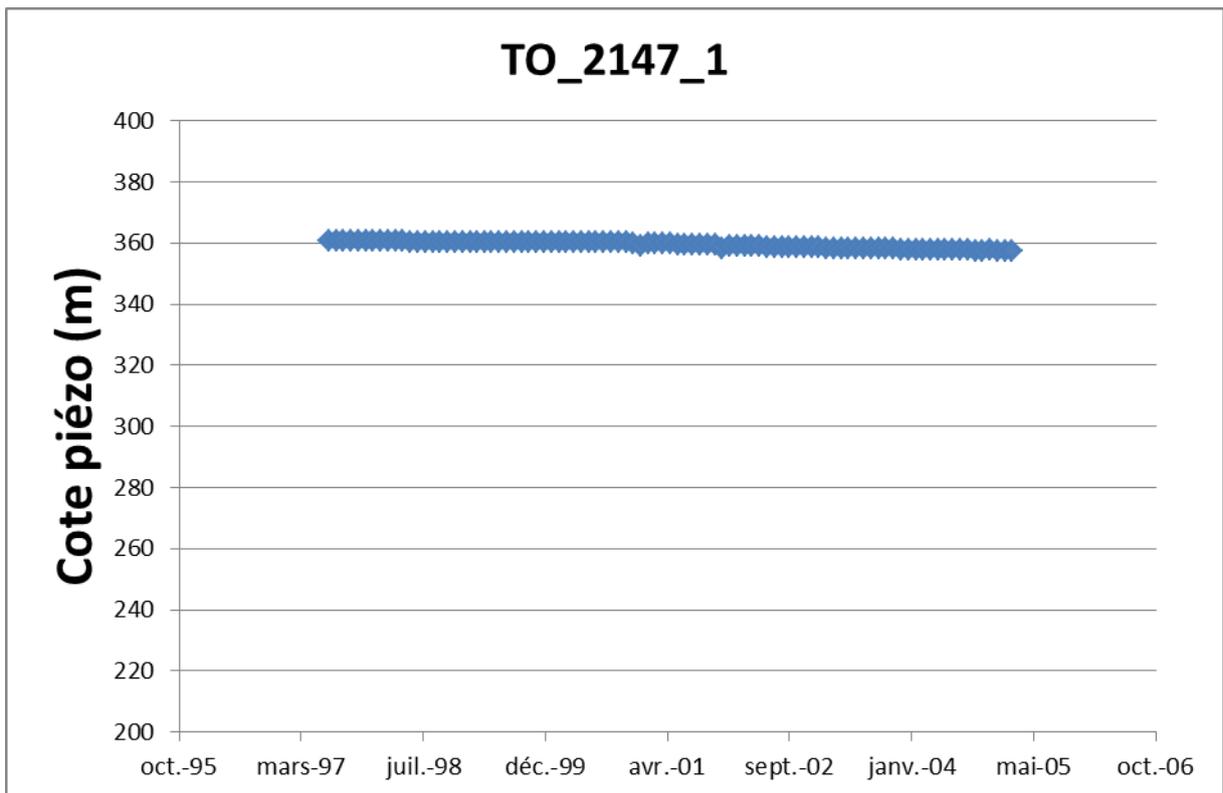
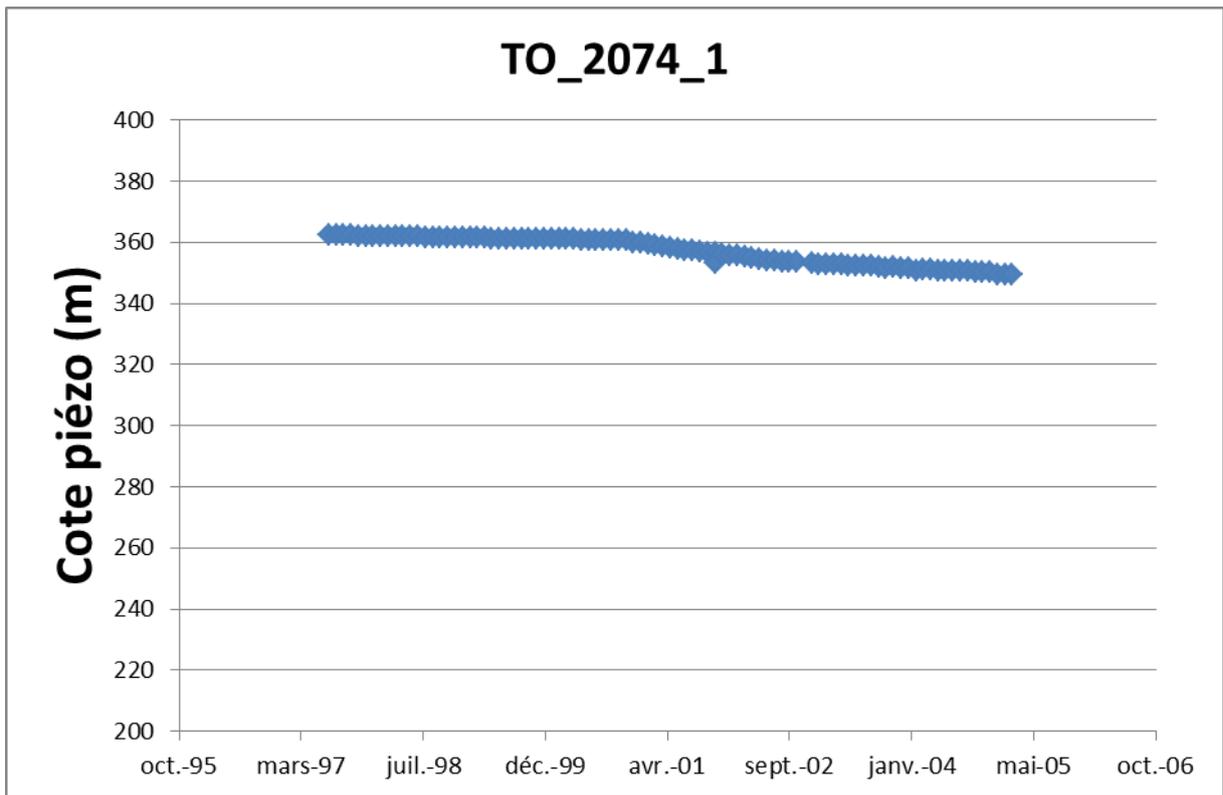


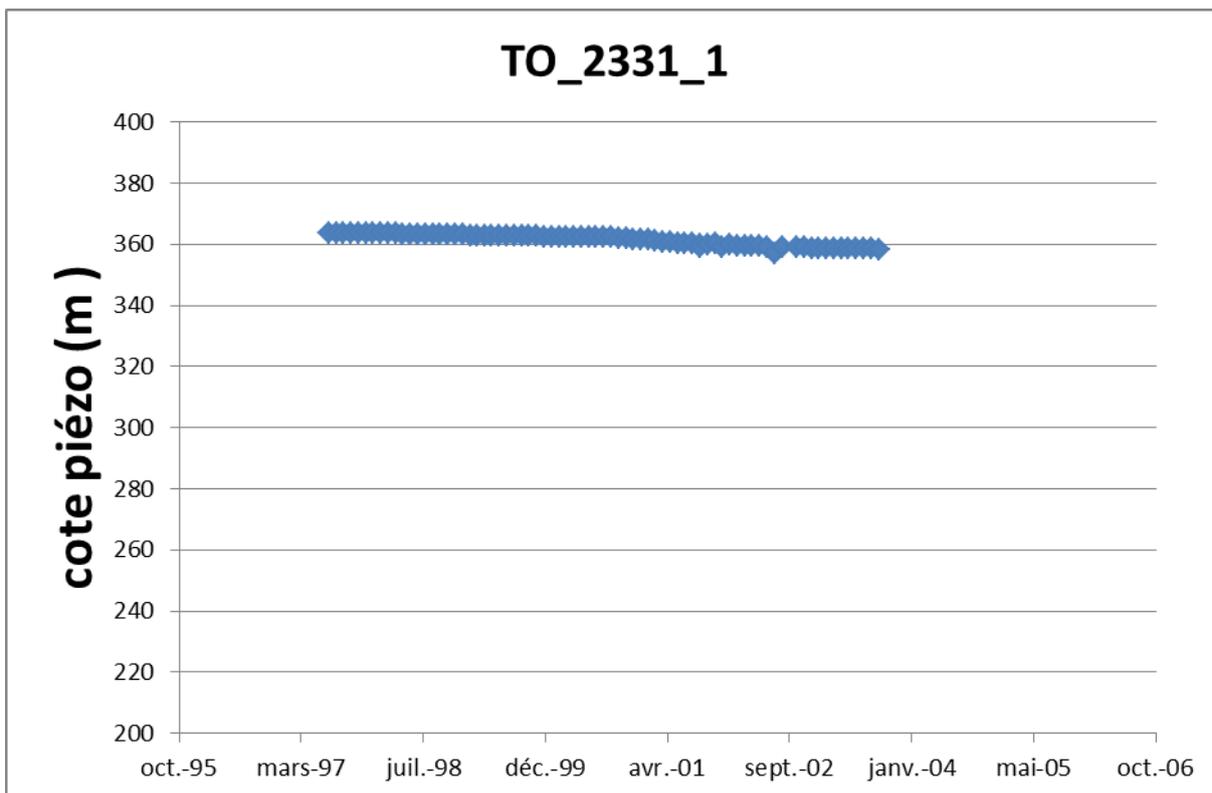












Annexe 4 : Graphe prélèvement d'eau en puits et fond de fosse

