

## **Précisions hydrogéologiques sur le bassin d'alimentation de la zone sourcière de Aanjar – Chamsine (versant Ouest de l'Anti-Liban)**

---

**Bahzad Hakim\* Diala Ghanem\*\* Jean Doumit \*\*\***

### **Résumé**

Aanjar- Chamsine est l'une des plus grandes sources de l'aquifère cénomano-turonien du Liban (2700 l/s de débit moyen annuel).

Cet aquifère occupe le flanc Ouest de l'Anti-Liban et profite d'une épaisseur de 700 m de roches carbonatées karstifiées.

Nous parvenons par des mesures piézométriques répétées à étudier les différents niveaux de la nappe d'eau et à séparer le bassin d'alimentation de Aanjar-Chamsine de celui de la source de Ras El Ain (Baalbek).

Une faille Est-Ouest (la faille de Ouadi El Aassal-Taibé), de regard Sud, semble constituer une limite hydrogéologique entre le bassin d'alimentation de Ras El Ain (niveaux piézométriques 1250 à 1398 m) et celui de Aanjar Chamsine (niveaux piézométriques 940 à 1156 m). La piézométrie du forage de Taibé 1 et Baalbek 14, peu distants (1156 m à Taibé et 1398 m à Baalbek 14), est très éloquente.

Cette constatation permet d'étendre le bassin d'alimentation de la zone sourcière de Aanjar-Chamsine beaucoup plus au Nord, alors que la limite admise ultérieurement l'arrêterait au niveau de Quadi Yahfoufa.

Moralité : ce bassin d'alimentation est majoré d'une centaine de kilomètres carrés supplémentaires pour atteindre 320 km<sup>2</sup> au lieu de 220 km<sup>2</sup>.

---

\* Professeur émérite, Université Libanaise, bahzad.hakim@gmail.com (Hydrogéologie karstique).

\*\* Université Libanaise, Département de Géographie, d.ghamen@ul.edu.lb (Hydrogéomorphologie).

\*\*\* Université Libanaise, Département de Géographie, jeandoumit@ul.edu.lb (Géosciences et Géoinformatiques)

**Mots-clés :** Hydrogéologie Karstique, Zone sourcière, Bassin d'alimentation, forages d'eau, niveau piézométrique.

## 1- Introduction

La partie centrale de la plaine de la Béqaa et les avant-monts qui l'entourent constituent une sorte de synclinorium faillé et complexe, limité par le domaine de la grande faille de Yammouné, du côté du Mont-Liban, et la faille de Sarghaya, du côté de l'Anti-Liban.

Le terrain qui nous intéresse fait partie de la retombée de l'Anti-Liban vers la Béqaa (Fig. 1), et se tient entre 800 et 1800 m d'altitude.

La zone sourcière de Aanjar compte trois sources qui sont (Fig. 2) :

- la source proprement dite de Ain Aanjar dont l'altitude au griffon est de 875 m, et son débit moyen annuel gravite autour de 2200 l/s.
- la source de Ain Chamsine, altitude 871 m avec un débit supérieur à 500 l/s.
- la source de Maassiyé (874m, 100 l/s).

Elles sont issues de l'aquifère karstique du Cénomano-Turonien (C4-5) qui plonge de 45° vers l'Ouest et dont les eaux sont mises en charge par les assises marneuses du Sénonien (C6) et les alluvions fines du Quaternaire (Fig. 3).

Il s'agit donc de « Sources de débordement par contact stratigraphique ».

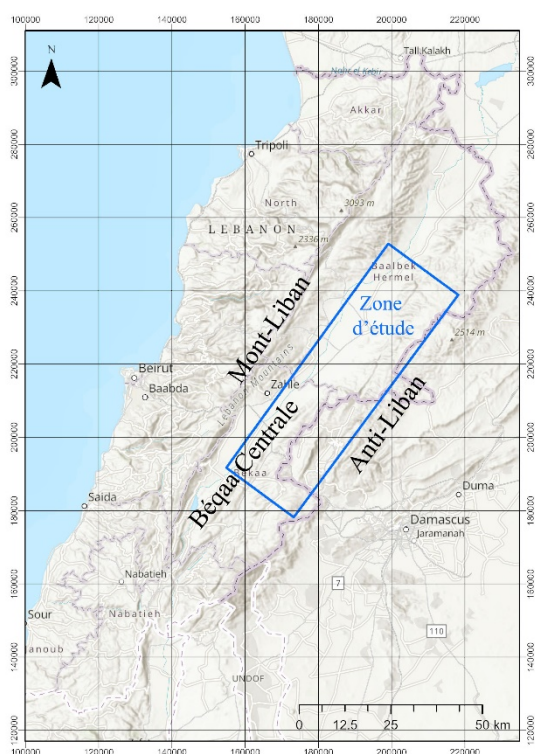


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Le bassin d'alimentation de cette importante zone sourcière s'étend dans l'Anti-Liban sur 220 km<sup>2</sup> selon Massaad El Hakim (2005), qui adopte Ouadi Yahfoufa (Fig. 2) comme limite septentrionale, et 355 km<sup>2</sup> selon PNUD 1970, qui pousse cette limite jusqu'à la latitude de Baalbek.

Une nouvelle limite est proposée par la présente étude, basée sur la géologie, l'hydrologie de surface et surtout sur les mesures piézométriques des différents forages situés dans cette vaste contrée.

L'aquifère du Céno-mano-Turonien de l'Anti-Liban est formé de calcaires, dolomies et calcaires dolomitiques qui s'étendent de Aïta El Fokhar au Sud jusqu'à El Qaa au Nord. Leurs eaux souterraines se déversent naturellement de deux sortes : d'abord au Nord de Baalbek à Ras El Ain (Baalbek) (1160m, 500 l/s), les sources de Younine (1230 m, 50 l/s), Ain Ahla (1000 m, 150 l/s), les sources de Laboué (900 m, 1000 l/s), Fakehé (1025 m, 100 l/s), Ras Baalbek (1000 m, 50 l/s) et bien d'autres exurgences (B. Hakim, 1985, voir surtout la Carte C).

Ces sources de la partie septentrionale de l'Anti-Liban se répartissent sur un front de 34 km et jaillissent de la même façon que Aanjar et Chamsine. Leurs eaux sont mises en charge par les marnes du Sénonien (C6). Elles profitent de la présence d'importantes failles de direction E-W, qui concentrent les eaux souterraines vers les sources susmentionnées.

Par contre, au Sud de « Ras El Ain – Baalbek » et sur une distance de 38 km, ce même aquifère Céno-mano-Turonien ne se manifeste nulle part et n'alimente aucune source ou sortie d'eau en dehors de la zone sourcière de Aanjar – Chamsine. En plus, la direction de l'écoulement souterrain s'effectue plutôt du NE vers le SE (Fig. 2).

L'objectif de cet article est d'essayer de tracer les limites hydrogéologiques entre les deux grands systèmes karstiques de Ras El Ain, d'un côté, et de Aanjar – Chamsine, de l'autre, afin de cerner le bassin d'alimentation de ce dernier système.

## **2- GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE DU SYSTÈME DE AANJAR-CHAMSINE**

### **2.1- Lithostratigraphie du bassin de Aanjar-Chamsine et ses environs**

En se référant à la carte géologique au 1/50.000 de Louis Dubertret (surtout les feuilles de Rayak, Zahlé, Zabadani et Rachaïya Nord), et en se basant sur nos levés de terrain et les précisions litho-stratigraphiques de P. Saint-Marc (1973) et la carte géologique au 1/50.000 de Zabadani de la mission russe soviétique en Syrie (Panikorov, 1968), nous pouvons abréger la stratigraphie et la lithologie de la façon suivante :

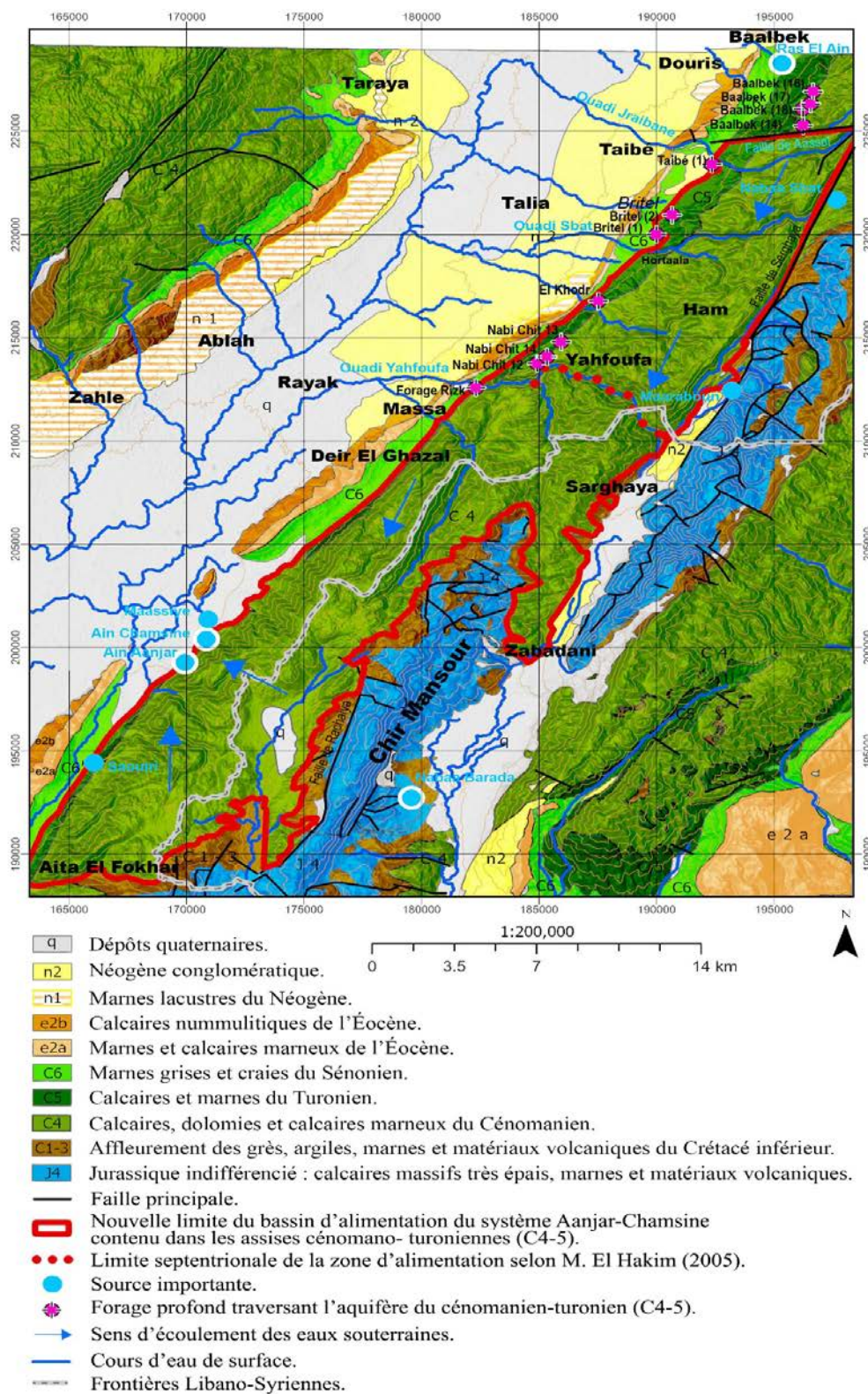


Figure 2 : Hydrogéologie simplifiée du bassin d'alimentation de la zone sourcière de Aanjar-Chamsine (géologie d'après L. Dubertret, 1949-1953)

### **2.1.1- Aquifère du Cénomano-Turonien (C4-5)**

L'aquifère du Cénomano-Turonien (C4-5) atteint 700 m d'épaisseur et repose sur les marnes vertes de l'Albien (C3) (Fig. 3). Il est formé de bas en haut par une suite d'unités lithologiques qui n'ont pas entravé la création d'un seul karst et d'un aquifère unique riche en eau souterraine.

#### **a- Le Cénomaniens inférieur (C4a)**

Il est constitué de dolomies grisâtres, de calcaires dolomitiques et de quelques bancs de calcaires beiges. Épaisseur 250 m.

#### **b- Le Cénomaniens moyen (C4b)**

Il est formé de calcaires marneux blanchâtres et de marnes qui offrent un relief doux dans le paysage. Son épaisseur est de l'ordre de 100 m.

#### **c- Le Cénomaniens supérieur (C4c)**

Il se caractérise par une falaise de dolomies brunes (noirâtres) de 60 m d'épaisseur qui s'individualise dans le paysage et constitue un repère géologique de valeur. Il continue par des calcaires dolomitiques gris et des calcaires beiges, avec parfois des calcaires marneux et des bancs de marnes.

L'épaisseur du (C4c) est de l'ordre de 200 m.

#### **d- Le Turonien (C5)**

Il est surtout formé de calcaires avec quelques assises de marnes à la base. Ces calcaires sont surtout oolithiques et subrécifaux, avec parfois des calcaires cristallins et des calcaires à lentilles silicifiées. L'épaisseur totale du Turonien est de l'ordre de 150 m.

### **2.1.2- Le Sénonien (C6)**

Il est fait de 250 m de marnes grises et de craies (Fig. 3) épaulées par 150 m de marnes blanches appartenant à l'Éocène (e2a) de l'Ère Tertiaire.

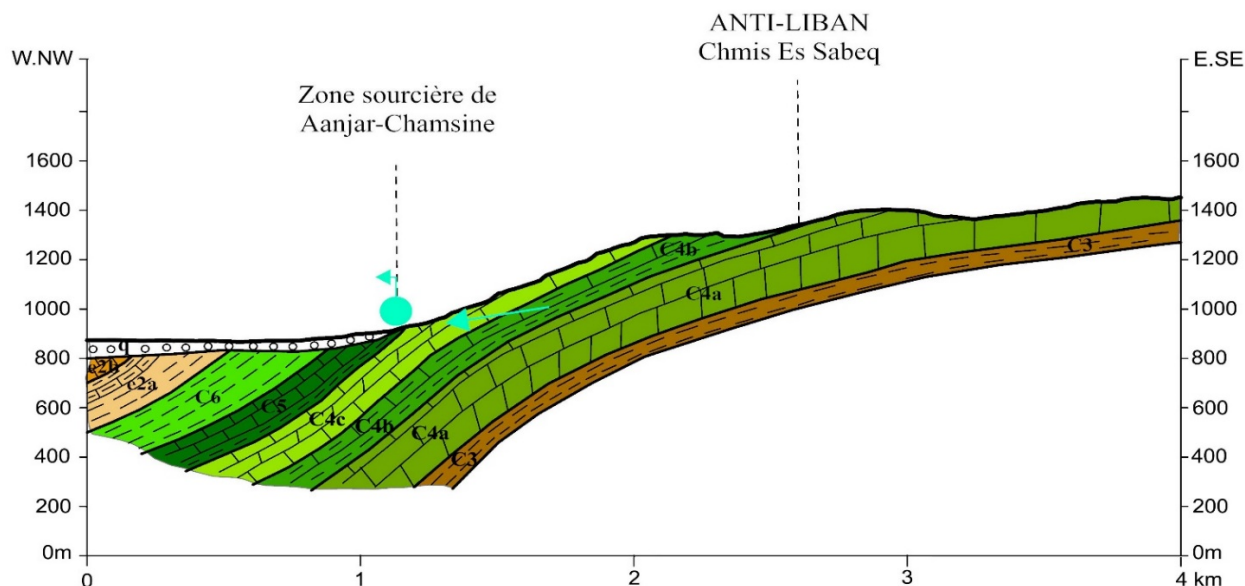


Figure 3 : Coupe géologique et hydrogéologique de la zone sourcière de Aanjar-Chamsine.

Ces 400 m de couches imperméables constituent une barrière hydrogéologique, quasi continue, de toute la façade orientale de la Béqaa en particulier entre Aanjar et El Qaa. Ils mettent en charge l'aquifère des calcaires, dolomies, calcaires dolomitiques et calcaires marneux du Cénomano-Turonien (C4-5) et interdisent l'abouchement des eaux souterraines vers la Béqaa.

### 3- Résultats et discussion : limites du bassin de réception de Aanjar-Chamsine

- En nous référant à la géologie et à la tectonique régnante, nous déduisons que la limite ouest du bassin d'alimentation de Aanjar-Chamsine est logiquement matérialisée par les 400 m de couches marneuses imperméables du Sénonien (C6) et de l'Éocène (e2a) (Fig. 3). Ces assises redressées à plus de 45° bloquent le karst et obligent l'eau souterraine à se rassembler dans l'aquifère du Cénomano-Turonien (C4-5), dans l'attente de trouver la sortie adéquate qui dépend de la topographie (le point le plus bas) et de la structure géologique (présence de failles locales et transverses) ...
- À l'Est de Aanjar, l'affleurement des couches imperméables du Crétacé inférieur (Néocomien, C1 ; Aptien, C2 et Albien, C3) peut être considéré comme la limite orientale, bien que les ruissellements de surface sur ces couches puissent bien rejoindre les couches toutes proches de l'aquifère cénomanien.

Cette limite orientale continue vers le Nord par la célèbre faille de Serghaya qui soulève le Jurassique moyen (J4) au même niveau que le Cénomaniens (C4) et produit la célèbre source de Maaraboun qui jaillit du Jurassique (J4) (Fig. 2).

Cette faille se poursuit vers le Nord et affecte le massif céno-manien de l'Anti-Liban et conduit au jaillissement des sources de Sbat, Ain Es Saa (عين الساعة)...

- Au Sud, la limite de l'aquifère céno-maniano-turonien (C4-5) est matérialisée par la vallée de Aita El Fokhar qui correspond au pointement des roches imperméables du Crétacé inférieur (C1-3).
- La limite nord, objet de cette recherche, a posé depuis toujours un problème difficile à résoudre. Certains auteurs, comme nous l'avons mentionné plus haut, se sont contentés d'arrêter la zone d'alimentation de Aanjar-Chamsine à l'Ouadi Yahfoufa (superficie 220 km<sup>2</sup>), tandis que d'autres ont étendu ce bassin jusqu'à la latitude de Baalbek (355 km<sup>2</sup>).
- Mais en nous basant sur nos travaux de terrain pour décider de l'emplacement des forages de Baalbek – Nabi Chit (CDR, 1996) (Tabl. 1), nous pouvons annoncer les idées suivantes :

- a- Les principales ouadis qui traversent l'aquifère du (C4-5) au Sud de Baalbek sont Ouadi Jraibane à l'Est de Taibé, Ouadi Sbat à l'Est de Hortaala – Britel et Ouadi Yahfoufa à l'Est de Massa (Fig. 2 et 4). Les trois vallées s'encaissent bien dans les calcaires, dessinant ainsi de véritables canyons, sans présenter de sources au contact avec les couches imperméables du Sénonien (C6). Bien au contraire, elles sont munies de plusieurs pertes dont les plus connues sont celles situées à l'aval de Jenta sur l'Ouadi Yahfoufa (le rapport du PNUD, 1970, p. 93, estime le volume d'eau perdu à 10 Mm<sup>3</sup>/an). Il s'ensuit que le niveau de creusement (1250 m à Taibé, 1130m à Hortaala et 1010m à l'Est de Massa) reste bien supérieur au niveau de la nappe sous-jacente qui se dirige vers Aanjar-Chamsine (875m) (Fig. 4).

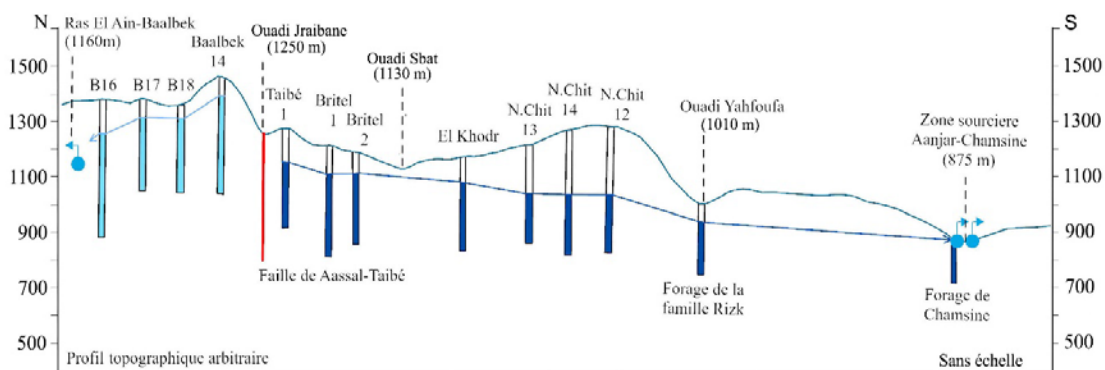


Figure 4 : Position schématique des principaux forages par rapport aux systèmes aquifères de Aanjar-Chamsine et Ras El Ain (Baalbek)

En corollaire, le récent forage creusé par la famille Rizk, à l'Est de Massa, sur l'Ouadi Yahfoufa, et à proximité de la route reliant Nabi Chit à Massa, a montré que le « niveau statique

de l'eau (SWL) de l'aquifère du (C4-5), se situe à 70 m en dessous du cours d'eau superficiel de Yahfoufa (Fig. 4). Cette constatation prouve qu'il est exclu d'avoir des sorties d'eau et des sources sur cette Ouadi, pourtant les conditions géologiques y sont tout à fait favorables.

- b- L'exploitation des données du tableau 1, issues des rapports détaillés des forages de Baalbek - Nabi Chit et des mesures mensuelles du niveau de l'eau, par une sonde piézométrique pendant la période allant de juillet 1997 à décembre 1999, montre (Fig. 4) que les niveaux piézométriques du mois d'août 1998 s'établissent entre 1156 m et 940 m (d'altitude absolue), pour les forages allant de Taibé à Nabi Chit et Rizk (Yahfoufa) (Tabl. 1), ce qui dessine un gradient acceptable qui dirige l'eau vers la zone sourcière de Aanjar-Chamsine. Cependant, les forages 14, 16, 17 et 18 (du champ de Baalbek) semblent avoir des niveaux d'eau compris entre 1250 et 1398 m (altitude absolue). Ces eaux sont en liaison logique avec la source de Ras el Ain (Baalbek) qui jaillit à 1160m (Fig. 4).

La limite entre le bassin d'alimentation de Ras el Ain et de Aanjar-Chamsine devrait donc se trouver entre le forage de Baalbek 14 (niveau piézométrique 1398m) et de Taibé 1 (NP 1156m) (Fig. 4). Nos levés de terrain et l'examen des photographies aériennes (No. 961 et 962 de la mission 010/250, année 1962) indiquent la présence d'une importante faille E-W (de regard Sud) qui suit le cours d'eau de Ouadi El Aassal (affluent de Ouadi Jraibane à l'Est de Taibé) (Fig. 2).

Cette faille transverse (E-W), qui butte à l'Est sur la faille principale de l'Anti-Liban (ou faille de Sarghaya), constitue à notre avis la limite Nord du système aquifère de Aanjar-Chamsine.



**Tableau 2** : Données essentielles sur les forages du Cénomano-Turonien (C4-5) du Projet de Baalbek - Nabi Chit (CDR)

Nom du forage	X (km)	Y (km)	Z (m)	Profondeur (m)	Q (l/s)	Niveau Piézométrique (17/8/98) (m)	Altitude absolue du N.P. (m)
Nabi Chit 12	184,920	213,750	1281	450	35	241	1040
Nabi Chit 14	185,340	214,070	1273	450	36	234	1039
Nabi Chit 13	185,940	214,800	1215	350	58	176	1039
El Khodr	187,380	216,870	1171	335	35	90	1081
Britel (1)	190,000	220,000	1212	400	20	102	1110
Britel (2)	190,490	221,020	1196	345	30	80	1116
Taibé (1)	192,580	223,350	1273	350	6.5	117	1156
Baalbek 14	196,240	225,260	1460	420	20	62	1398
Baalbek 18	196,229	226,078	1363	335	50	53	1310
Baalbek 17	196,560	226,320	1379	328	55	64	1315
Baalbek 16	196,660	226,910	1385	500	11	135	1250
Baalbek 9	198,030	229,250	1360	311	12	46	1314
Baalbek 10	198,120	229,680	1385	312	50	124	1261
Baalbek 12	197,680	228,860	1361	302	42	100	1261
Forage Rizk (Massa)	182,310	212,580	1010	275	40	70 m (Mai 2015)	940

c- Le planimétrage du bassin d'alimentation de Aanjar-Chamsine ainsi délimité (Fig. 2) nous donne une superficie totale de 320 km<sup>2</sup> qui reçoit des précipitations moyennes annuelles comprises entre 500 et 800 mm/an selon la carte pluviométrique préparée par B. Hakim (1985).

Le planimétrage des zones concernées par les différentes isohyètes nous donne un volume moyen annuel de l'ordre de 203 Mm<sup>3</sup> selon le tableau suivant :

Précipitation (en mm)	Superficie (en km <sup>2</sup> )	Volume d'eau moyen (en Mm <sup>3</sup> )
500-600	96	52,8
600-700	174	113
700-800	50	37,5
Total	320	203,3

Ce volume devra être majoré d'une vingtaine de  $Mm^3$  pour tenir compte des apports des Ouadis Yahfoufa, Sbat et Jraibane, dont une partie de leurs bassins versants (Fig. 2) se situe à l'Est et à l'extérieur de la zone d'alimentation du Cénomano-Turonien ( $C_{4-5}$ ) de Aanjar-Chamsine.

Par ailleurs, il ne faut pas négliger les abouchements souterrains qui peuvent se produire directement entre l'aquifère du Jurassique moyen ( $J_4$ ) au SE du système (au Chir Mansour) et au Nord du village de Ham ( $5 Mm^3$ ) (Fig. 2). Les apports totaux seront donc de l'ordre de  $225 Mm^3$  dont au moins  $99 Mm^3$  (44%) s'infiltreront dans ce karst nu et karstifié pour constituer les réserves moyennes annuelles de l'aquifère du Cénomano-Turonien ( $C_{4-5}$ ).

- d- Les récents forages autour de Aïn Chamsine ont montré une karstification qui va à 150 m de profondeur. Cette karstification profonde a permis d'augmenter le débit exploité par le système Aanjar-Chamsine en rabattant la nappe, par pompage, pendant la période d'étiage.

La karstification est également importante au Nord du système aquifère du ( $C_{4-5}$ ). En effet, les forages de Nabi Chit (situés au Nord de Ouadi Yahfoufa) présentent des vides karstiques avec arrivée d'eau importante à l'altitude absolue 878 et 880 m, ce qui est sensiblement la côte d'émergence de Aanjar-Chamsine (875m).

De même, le forage d'El Khodr (qui se situe à 22 km à vol d'oiseau de Aanjar) présente un vide karstique important, avec « perte totale du liquide de forage » à la côte 880m. Une arrivée d'eau importante s'est produite à 855 m d'altitude absolue.

De plus, le forage de Britel 2 (26 km au Nord de Aanjar) produit de l'eau abondante (30 l/s) à 900m d'altitude absolue.

La karstification dans le forage de Taibé (à la limite du système, à 29 km au Nord de Aanjar) semble être moindre. L'eau (6 l/s) a été trouvée à 1080m d'altitude absolue pour ne plus rien trouver en profondeur.

La karstification profonde est donc importante même à 22 km au Nord d'Aanjar (forage d'El Khodr), ce qui montre que les réserves du système sont considérables.

Enfin, pour mettre terme au sujet de la karstification, il est nécessaire d'indiquer que le forage de Majdel Aanjar (995m d'altitude non loin de Masnaa) n'a trouvé l'eau qu'à 270m de profondeur. Celui de Saouiri (1010 m d'altitude) est descendu jusqu'à 250m. Le forage de Manara (1150m) est allé jusqu'à 400m, ce qui prouve que la karstification profonde est toujours importante à l'aval du système.

- e- Les sorties d'eau du système aquifère du Cénomano-Turonien ( $C_{4-5}$ ) de Aanjar se matérialisent, comme il vient d'être dit, par la zone sourcière de Aanjar - Chamsine – Maassiyé. La source de Saouiri (7 km au Sud de Aanjar) produisait 50 l/s en moyenne en 1970. Elle ne

produit actuellement que quelques litres, suite à la surexploitation de la nappe par les forages du privé.

Les forages du privé pullulent presque partout en allant de Manara au Sud, en passant par Majdel Aanjar, Kfar Zabad, Raite, Nabi Chit, Khodr, Hortaala et en arrivant à Britel. Des centaines de forages ont été inventoriés dont quelques-uns sont équipés avec des conduites de refoulement de 5 et même 6 pouces qui exploitent les eaux souterraines du (C4-5) sur les hauteurs et les expédient vers la plaine de la Béqaa pour servir à l'irrigation.

Ces sorties de la nappe sont mal contrôlées et mal connues. Leur évaluation est impossible dans l'état actuel des choses car il est difficile de connaître le débit d'exhaure et le rythme d'exploitation pour des raisons pratiques évidentes. Les propriétaires refusent de parler de leurs forages et sont hostiles à l'installation de compteurs sur leurs ouvrages.

## **6- Conclusion**

Notre recherche sur l'aquifère du Cénomanién-Turonien (C4-5) de l'Anti-Liban parvient à tracer la limite hydrogéologique entre la partie septentrionale de ce grand massif, riche en sources, et la partie méridionale qui déverse ses eaux uniquement et seulement dans la zone source de Aanjar-Chamsine.

Cette limite se matérialise par la faille transverse qui suit le cours d'eau de Ouadi El Aassal (affluent de Ouadi Jraibane à l'Est de Taïbé).

Le niveau piézométrique s'établit à 1398 m au nord de la faille (forage de Baalbek no. 14) et 1156 m au Sud de cette même faille (Fig. 4).

Les eaux souterraines de ce compartiment Sud de l'Anti-Liban sont drainées vers le système de Aanjar-Chamsine et passent à un niveau très bas par rapport aux cours d'eau de surface que ce soit à Ouadi Jraibane, Ouadi Sbat, ou Ouadi Yahfoufa dont le niveau des eaux souterraines est très en dessous du niveau des rivières (70 m au forage de la famille Rizk) (Tabl. 1 et Fig. 4).

La superficie totale du bassin d'alimentation de Aanjar-Chamsine serait donc de 320 Km<sup>2</sup> avec des apports annuels de l'ordre de 225 Mm<sup>3</sup> dont 99 Mm<sup>3</sup> constituent les réserves souterraines de Aanjar-Chamsine.

Ce constat montre une différence notable par rapport aux 220 Km<sup>2</sup> qui arrêtent le bassin de réception à Ouadi Yahfoufa. Il donne également à éviter de pousser les limites nord jusqu'à la latitude de Baalbek (355 Km<sup>2</sup>).

## Références

- Conseil du Développement et de la Reconstruction (C.D.R.) (1996). *Rapports inédits des forages de la région de Baalbek-Nabi Chit*. (B.T.D.) et (B. Hakim), Rapports de fin des travaux de 22 forages de la Béqaa Est et l'Anti-Liban.
- Dubertret L. (1949-1953). *Cartes géologiques au 1/50.000 de Rayak, Zahlé, Zabadani et Rachaiya Nord*. Min. des Travaux Publics, Beyrouth.
- El Hakim M. (2005). *Les aquifères karstiques de l'Anti-Liban et du Nord de la plaine de la Béqaa : Caractéristiques, fonctionnement, évolution et modélisation, d'après l'exemple du système karstique de Aanjar – Chamsine (Liban)*. (Thèse de Doctorat), Université de Montpellier et Université Saint Joseph (Beyrouth), 213 p., 161 fig., 30 tabl., 2 annexes.
- Ghanem D. (2017). *Le karst du Jabal Jaj entre Nahr El Jaouz et Nahr Ibrahim (Géomorphologie, Géologie et Hydrogéologie)*. (Thèse de Doctorat), Université Libanaise, Beyrouth, 302 p., 27 fig., 19 tabl., 43 photos, 6 cartes coul. h.t., 4 annexes.
- Hakim B. (1985). *Recherches hydrologiques et hydrochimiques sur quelques karsts méditerranéens : Liban, Syrie et Maroc*. Publications de l'Université Libanaise, Beyrouth, 710 p., 106 fig., 54 tabl., 6 cartes coul. h.t.
- Panikarov V. et al. (1968). *Carte géologique de Zabadani (Syrie) au 1/50.000*. Ministère de l'Industrie (Damas) et Mission Soviétique en Syrie.
- Projet de Développement Hydro-agricole PNUD (1970). *Liban, étude des eaux souterraines*. Rapport technique, PNUD, New-York, 186 p., 38 fig., 82 tabl., 2 cartes coul. h.t.
- Saint-Marc P. (1973). *Étude stratigraphique et micropaléontologique de l'Albien, du Cénomanién et du Turonien du Liban*. (Thèse de Doctorat), Université de Nice-Antipolis, France, 342 p., 58 fig., 20 planches photos.