

# Contribution du système de fracturation à la recharge des aquifères du bassin de Tim Mersoï (Nord Niger)

Boubacar ABDOU BOKO<sup>1</sup>, Moussa KONATÉ<sup>1\*</sup>, Rabani ADAMOU<sup>2</sup> et Alassane ABDOULAYE<sup>2</sup>

## Résumé

La région d'Arlit marque la bordure orientale du bassin de Tim Mersoï. Elle renferme des formations gréseuses paléozoïques à mésozoïques constituant quatre aquifères très sollicités pour l'alimentation en eau des populations et pour les besoins des sociétés minières. Plusieurs réseaux de fractures affectent ces formations aquifères et rendent complexe l'hydrogéologie de ce bassin. L'objectif de cette étude est de déterminer le rôle joué par le système de fracturation sur la dynamique des aquifères de la région d'Arlit. La méthodologie mise en œuvre, basée sur l'utilisation du SIG, a combiné l'étude de la piézométrie et de la transmissivité à l'analyse et à la modélisation de la fracturation. Cette approche met en évidence le contrôle exercé par les fractures N0° à N30° et N70° sur les principales directions d'écoulement. Ces fractures influencent non seulement les paramètres hydrodynamiques des aquifères, mais favorisent également les échanges verticaux, ascendants et descendants entre les aquifères.

**Mots clés :** Bassin de Tim Mersoï, Arlit, système de drainage, SIG, hydrodynamique, recharge.

## Abstract

Arlit region marks the Eastern edge of Tim Mersoï Basin. It contains Paleozoic to Mesozoic sandstone formations which constitute four highly stressed aquifers for the groundwater supply to population and mining activities. Number of fractures affect these aquifers system and create a complex hydrogeological system within the basin. The scope of this study is to improve the understanding of the aquifer systems hydrodynamics as affected by fractures and faults. The methods used combined, characterization of hydrodynamics parameters, fractures analysis and modeling, as well as GIS technics. Results have shown that groundwater flow is mainly controlled by N0°-N10°, N70° fractures system. These fractures also control the hydrodynamics parameters distribution and can lead to vertical exchange between aquifers.

Key words : Tim Mersoï Basin, Arlit,

<sup>1</sup>Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire Eaux Souterraines et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger

Environnement (LAMEE), BP 10662, Niamey, Niger

\*Corresponding author: [konate.moussa@gmail.com](mailto:konate.moussa@gmail.com)

<sup>2</sup>Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, Laboratoire Matériaux-Eaux-

## 1. Introduction

Au Niger, comme dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, la question de la disponibilité et de l'accessibilité à l'eau, en qualité et en quantité suffisante reste une problématique essentielle pour un développement durable.

Ces dernières années, le développement du secteur minier au Niger se traduit par un accroissement des industries extractives dans le Nord du pays. Dans la région d'Arlit, les zones uranifères sont localisées à proximité de la faille d'Arlit. Les minéralisations uranifères sont contenues dans les formations géologiques plus ou moins perméables. Ces dernières sont susceptibles de constituer des aquifères comme ceux de Guézouman, de Tarat, d'Izégouande et de Téloua (Adamou *et al.*, 2015). Aussi, la sollicitation de ces aquifères pour l'eau de consommation urbaine, de plus en plus importante, ainsi que pour l'activité minière pourrait impacter sur la qualité des ressources en eau (Fetter, 1994 ; Arenas et Candela, 2010 ; Love *et al.*, 2006 ; Duah, 2006).

Pour permettre une gestion durable des ressources en eaux souterraines de la région d'Arlit, une meilleure compréhension du fonctionnement des aquifères s'avère nécessaire. Des études réalisées à l'échelle du bassin de Tim Mersoï ont permis de caractériser la géométrie des aquifères et leurs conditions de recharge (Dodo, 1990; Joseph, 1990; Dodo et Zuppi, 1999).

Ces études ont également évoqué le rôle potentiel de drain joué par le réseau de fractures dans le régime d'écoulement des nappes (directions d'écoulement, échanges entre aquifères).

L'objectif principal de cette contribution est de mettre en évidence l'influence du système de fracturation sur la dynamique des aquifères de la région d'Arlit. Spécifiquement, il s'agit :

- de cartographier l'ensemble du réseau de fractures ;
- de déterminer le rôle de la fracturation sur les paramètres hydrodynamiques des aquifères ;
- de caractériser les échanges potentiels verticaux entre les nappes.

## 2. Contexte Géologique

### 2.1. Principaux traits litho-structuraux du bassin de Tim Mersoï

Le bassin de Tim Mersoï constitue le prolongement nord-est de la synclise des Iullemmeden (Valsardieu, 1971; Yahaya, 1992; Gerbeaud, 2006; Wagani, 2007; Konaté *et al.*, 2007). Il est limité à l'Est par le massif cristallin et cristallophyllien de l'Air, au Nord par le massif du Hoggar, et à l'Ouest par la dorsale d'In Guezzam, d'orientation globalement nord-sud (**fig. 1**).

La pile sédimentaire est essentiellement constituée de dépôts paléo-mésozoïques discordants sur le socle panafricain et précambrien rajeuni de l’Air (figs. 1 et 2).

Le bassin de Tim Mersoï est affecté par une déformation cassante, plicative et intermédiaire. La déformation cassante est matérialisée par un réseau de fractures ou d’accidents kilométriques. Les structures plicatives correspondent à un ensemble de flexures d’axe N0° à N30° (Valsardieu, 1971; Elhamet, 1983; Yahaya, 1992; Konaté *et al.*, 2007). Le réseau de fractures comprend quatre familles (fig. 2) : le système de failles N0° d’Arlit, le système de failles N30° de Madaouéla, le faisceau de Tin Adrar N70°-N80° et les failles N130°-N140° qui seraient les conjuguées des précédentes (Greigert et Pougnet, 1967; Guiraud *et al.*, 1981; Sempéré, 1981; Clermonté *et al.*, 1991; Mamane Mamadou, 2016).

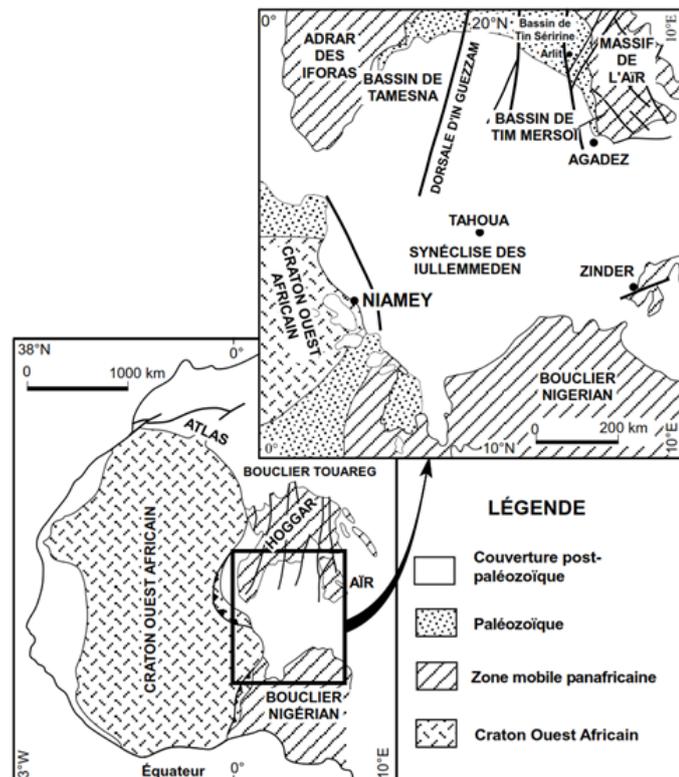


Figure 1 : Localisation du bassin de Tim Mersoï dans la synclise des Iullemmeden (Valsardieu, 1971 ; Wright *et al.*, 1993, modifiée).

La colonne lithostratigraphique du bassin de Tim Mersoï (fig. 3) comprend deux séquences :

- une séquence basale correspondant aux formations grises du carbonifère (Farazekat, Talak, Unité d’Akokan, Guézouman, Tchinezogue, Tarat, Madaouéla et Unité d’Arlit);
- et une séquence supérieure représentée par les formations rouges d’âge permien à jurassique (Izégouande, Tejia Tamamat, Moradi et Téloua) (Jouliia, 1959; Cazoulat, 1985; Forbes, 1989; Gerbeaud, 2006; Konaté *et al.*, 2007; Wagani, 2007).

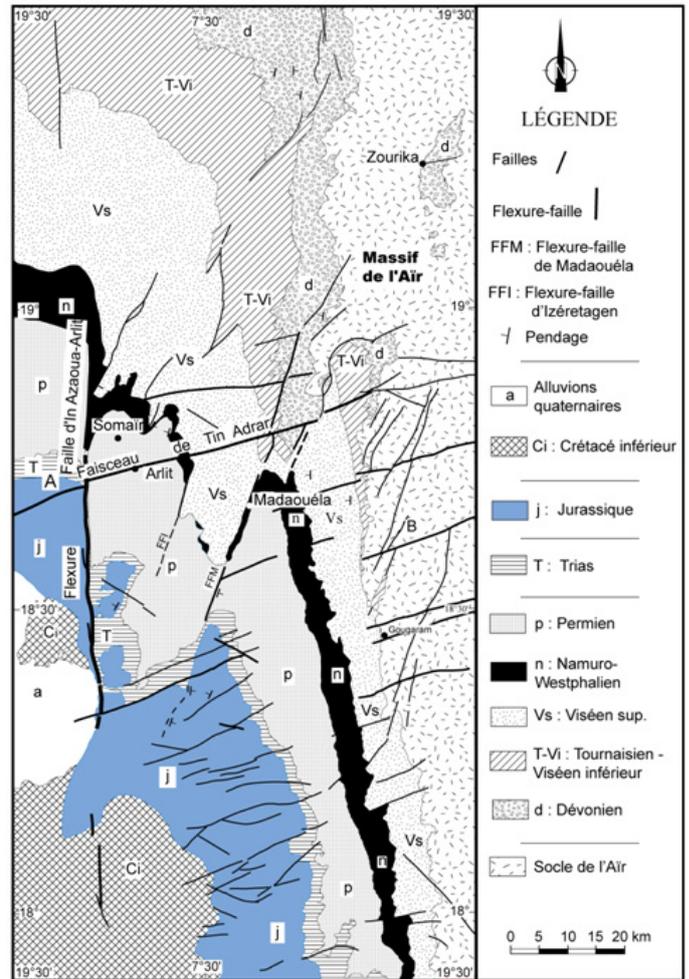


Figure 2 : Carte géologique du bassin de Tim Mersoï le long de la bordure occidentale du Massif de l’Air (Konaté *et al.*, 2007, modifié).

## 2.2. Hydrogéologie de la région d’Arlit

Les différentes études hydrogéologiques réalisées dans la région d’Arlit ont permis de mettre en évidence l’existence de quatre aquifères (fig. 3), qui sont de la base au sommet : l’aquifère de Guézouman, l’aquifère de Tarat, l’aquifère de l’Izégouande et celui de Téloua (Dodo, 1992; Illias, 2014).

Les caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques de ces aquifères sont fortement influencés par deux facteurs (Dodo, 1992; Abdou Boko, 2014; Illias, 2014) :

- la lithologie, avec les variations latérales de faciès et d’épaisseur,
- la structure (plissement et compartimentage par les accidents).

### Aquifère de Guézouman

La nappe de Guézouman est contenue dans les niveaux gréseux du Guézouman (fig. 3), dépôt hôte des minéralisations uranifères exploitées par la COMINAK (Bigotte *et Obellianne*, 1968). Le réservoir de la nappe est caractérisé par d’importantes variations latérales d’épaisseur et de faciès. Le mur de l’aquifère est formé par la puissante formation argileuse de Talak et/ou de l’Unité d’Akokan, tandis que son toit correspond aux niveaux argileux du Tchinezogue (Jouliia, 1959 ; Jouliia et Obellianne, 1976 ; Yahaya, 1992).

ÈRES	PÉRIODES	ÉPOQUES	GROUPES	FORMATIONS OU UNITÉS ET ÉCHELLE	COLONNE LITHOLOGIQUE	DESCRIPTION SOMMAIRE DES FACIÈS	PRINCIPALES NAPPES	
								Arg.
PALÉOZOÏQUE SUPÉRIEUR	Jurassique	sup.	D'Agadez	F. Abinky	[Lithologie]	Analcimolites et grès conglomératiques à bois silicifié	Nappe de Téloua	
		inf.		F. Tchizemine I				
	Trias	sup.	D'Agadez	F. Teloua 2	[Lithologie]	Grès grossiers, conglomératiques à la base	Nappe de Téloua	
		inf.		F. Teloua 1				
	PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR	Permien	sup.	Izégouandane	F. Moradi	[Lithologie]	Argilites rouges à chenaux d'arkose	Nappe d'Izégouande
			inf.		F. Izégouande			
		Carbonifère	sup.	Tarat	U. Arlit	[Lithologie]	Grès fins argileux	Nappe de Tarat
			inf.		Madaouéla			
		Dévonien	sup.	Tarat	Tarat	[Lithologie]	Grès grossiers et argilo-siltites	Nappe de Tarat
			inf.		Blanchâtre			
Silurien		sup.	Tarat	Guézouman	[Lithologie]	Grès avec conglomérats à la base	Nappe de Guézouman	
		inf.		Unité d'Akokan				
Ordovicien		sup.	Tarat	F. Talak	[Lithologie]	Bancs gréseux parfois en blocs basculés	Nappe de Farazekat	
		inf.		Farazekat				
Cambro-Ordovicien	sup.	Tarat	Amesgueur	[Lithologie]	Argilites à dropstones, grès à rides	Nappe de Farazekat		
	inf.		Touaret					
Précambrien	sup.	Tarat	Idekkel	[Lithologie]	Grès grossiers passant aux tillites	Nappe de Farazekat		
	inf.		Schistes à Graptolites					
Précambrien	sup.	Tarat	F. d'In-Azaoua	[Lithologie]	Schistes calcaires à graptolites	Nappe de Farazekat		
	inf.		Tindi					
Précambrien	sup.	Tarat	Timesgar	[Lithologie]	Alternance de grès à tigillites et d'argilo-siltites	Nappe de Farazekat		
	inf.		Timesgar					
PRÉCAMBRIEN					[Lithologie]	Conglomérats à intercalation de grès micacés		
					[Lithologie]	Soce granito-gneissique		

Figure 3 : Colonne lithostratigraphique du bassin de Tim Mersoï sur la bordure ouest de l'Air (D'après les travaux de Konaté *et al.*, 2007, modifié).

#### Aquifère de Tarat

Le réservoir de Tarat est constitué essentiellement par des grès grossiers à moyens (fig. 3), limité à la base par des grès microconglomératiques à intercalations argileuses (Dodo, 1992; SCETAGRI, 1985; AMMAN, 2013). Ces formations constituent également l'hôte des minéralisations uranifères exploitées par la SOMAIR. Dans la zone d'Arlit, l'aquifère de Tarat a une extension limitée au Nord et à l'Est par ses propres affleurements. Au SE, la zone de flexure d'Izéretagen associée au biseau de la formation (fig. 2) pourrait constituer une limite de l'aquifère de Tarat (Valsardieu, 1971; AMMAN, 2013). Le mur de l'aquifère de Tarat est représenté par les niveaux argileux imperméables du Tchinezogue. La formation de Madaouéla, parfois absente dans le compartiment Est flexure, représente le toit dudit aquifère (Valsardieu, 1971; Dodo, 1992; AMMAN, 2013).

#### Aquifère d'Izégouande

Dans la zone d'étude, l'aquifère d'Izégouande est plus étendu que les précédents. Cet aquifère à nappe libre est limité au Nord et à l'Est par les limites de ses affleurements, tandis qu'à l'Ouest et au Sud son extension se poursuit au delà de la zone d'étude (figs. 2 et 3). Le réservoir est constitué de grès arkosiques, grossiers à niveaux et à passées microconglomératiques (Valsardieu, 1971; Forbes, 1989; Yahaya, 1992). Le mur de l'aquifère est constitué par la formation d'Arlit dont l'épaisseur varie de part et d'autre de la flexure-faille d'Arlit (SCETAGRI, 1985; AMMAN, 2013, Abdou Boko, 2014).

#### Aquifère de Téloua

La formation de Téloua n'affleure qu'à l'Ouest de la flexure-faille d'Arlit (fig. 2). L'aquifère à nappe libre de Téloua est constitué de grès généralement grossiers et parfois microconglomératiques (Yahaya, 1992; AMMAN, 2013). Son mur est formé par l'importante série d'Izégouandane (fig. 3).

### 3. Approche Méthodologique

L'approche méthodologique comprend trois étapes :

- l'analyse linéaire et la modélisation basées sur des techniques de télédétection et du système d'informations géographiques (SIG). Cette première étape est assortie d'une campagne vérité-terrain. Elle a abouti à la cartographie détaillée du réseau et à l'identification de ses composantes ;
- l'intégration des données de sondage géologique et diagraphique pour compléter et valider la carte du réseau de fractures.
- l'analyse des données piézométriques en régime permanent sur les différentes nappes grâce au logiciel ARCGIS, et l'exploitation des cartes de différence de charge hydraulique. Cette étape a conduit à la mise en évidence des échanges entre les aquifères.

La mise en œuvre de l'ensemble des investigations est résumée par l'organigramme de la figure 4.

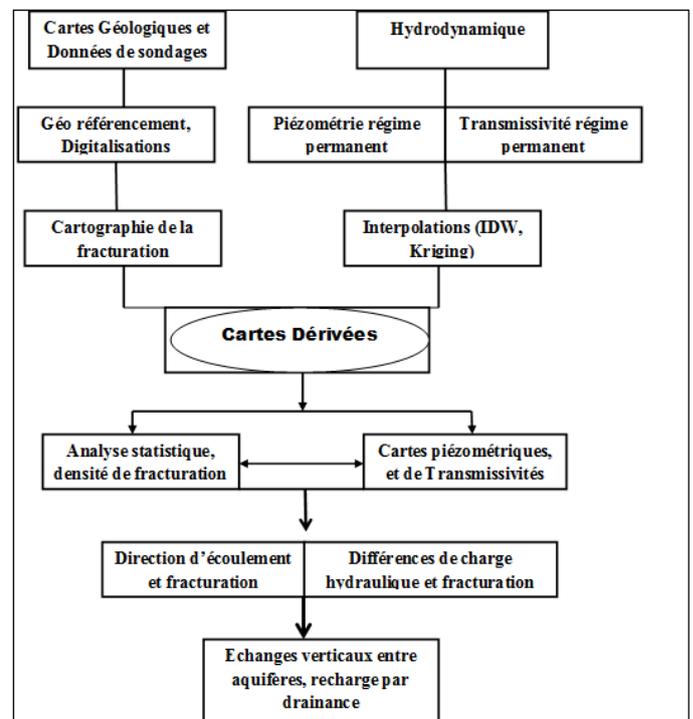


Figure 4 : Organigramme de la méthodologie combinant l'approche hydrodynamique et l'analyse de la fracturation.

### 4. Résultats et Discussions

#### 4.1. Cartographie de la fracturation

La carte de la fracturation (fig. 5) a été obtenue à partir de la compilation des données satellitaires (images Landsat), de cartographie numérique (SIG), des observations de terrain, des logs de sondage géologique et des diagraphies disponibles (Abdou Boko, 2014). La cartographie de la fracturation a permis de recenser, à l'échelle de la zone d'Arlit, l'ensemble des accidents tectoniques en vue de déterminer leur influence sur les écoulements des différentes nappes et le potentiel transfert des contaminants. Un total de 285 linéaments ou fractures a été relevé.

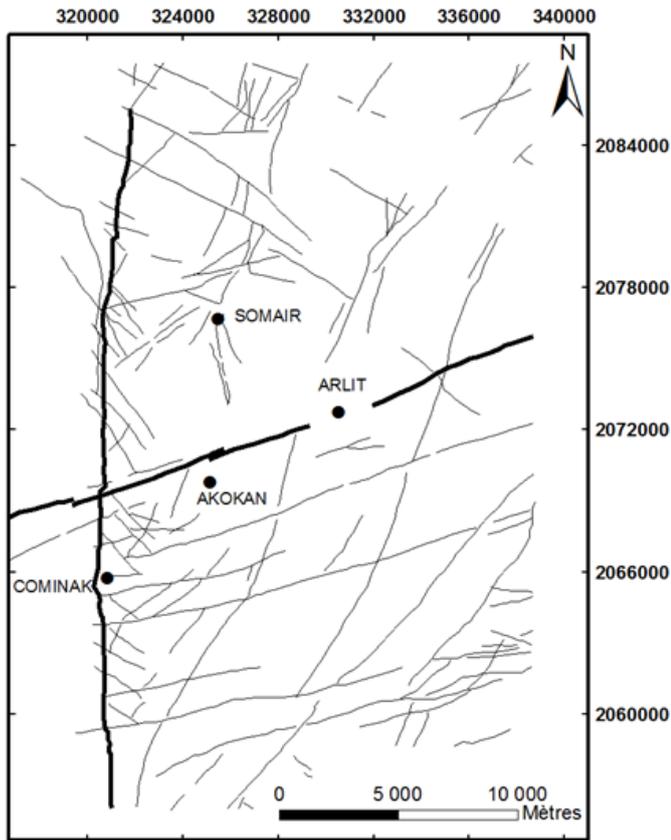


Figure 5 : Carte de distribution des linéaments ou des fractures.

**4.2. Analyse statistique de la fracturation**

L'analyse statistique de la fracturation a porté sur deux catégories de données :

- le nombre de linéaments ou de fractures présent dans une direction donnée ;
- le poids (longueur cumulée de fractures dans une direction donnée).

A partir de ces données, il a été dressé :

- des rosaces directionnelles qui permettent d'observer suivant les principales directions le poids de fractures (pourcentages en longueurs cumulées) et leur nombre (fig. 6);
- des diagrammes qui expriment sous forme d'histogramme les pourcentages de fractures en poids et en nombre (fig. 7).

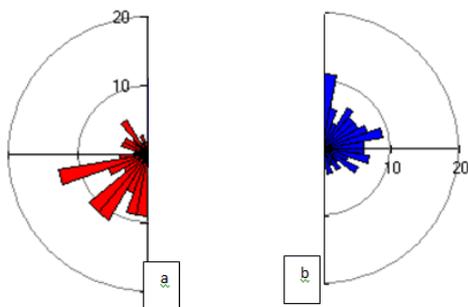


Figure 6 : Rosace directionnelle des fractures : (a) en longueur cumulée, et (b) en nombre.

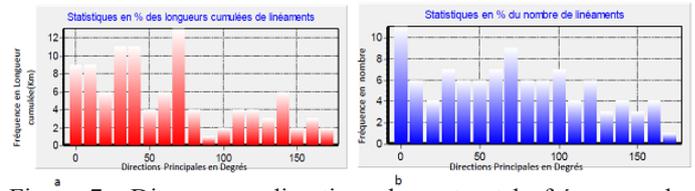


Figure 7 : Diagramme directionnel montrant la fréquence des fractures : (a) en longueur cumulée et (b) en nombre.

Cinq grandes familles ou systèmes de fractures ont été distinguées :

- la famille de fractures subméridiennes N0° à N10°, dont la direction principale est représentée par la faille majeure d'In Azaoua-d'Arlit (fig. 7). Cette famille, largement dominante, représente 11% du nombre total de fractures (fig. 6). Cependant, en pourcentage de longueur cumulée, cette famille ne représente que 9%.
- le système de fractures N70°-N80°, correspondant au faisceau de Tin Adrar, représentent 9% des fractures. Il correspond à des fractures prédominantes en longueur cumulée avec un pourcentage de 13% (fig. 6).
- la famille N30°-N40° a un pourcentage de 7% (fig. 6). Elle représente 11% des fractures en poids. Cette direction est celle de la flexure-faille N30° de Madaouéla, qui constitue selon Sempéré (1981), un satellite du système de fractures de direction N0° à N10°.
- le système de fractures N60°-N70° représente 7% en nombre de fractures et 6% en poids. Cette famille de fractures coïncide avec les axes principaux des chenaux des grès de Guézouman.
- la famille N100°-N110° a un pourcentage de 7% en nombre de fractures mais ne représente que 2% en poids. La plupart de ces fractures correspond à des décrochements dextres (Gerbeaud, 2006; Abdou Boko, 2014).

**4.3. Etude de la densité de fractures**

La carte de la densité de fractures (fig. 8) traduit l'intensité de la tectonique cassante ayant affecté la région. Cette densité élevée confère à la formation lithologique une importante porosité secondaire et donc une très bonne perméabilité (Shaban *et al.*, 2006; Magesh, 2012; Abdou Boko, 2014). Dans le bassin de Tim Mersoï, l'importante densité de fracturation observée pourrait influencer le comportement hydrodynamique des aquifères.

L'analyse de cette fracturation est basée sur les trois critères suivants :

- l'interconnexion des fractures,
- la densité de la fracturation,
- le nombre de fractures.

La carte de densité de fracturation (fig. 8) a permis de distinguer quatre (4) classes principales réparties de 0 à 4,6 km/km<sup>2</sup>. Les fortes densités de fracturation ont été observées le long des grands accidents, qui sont associés généralement à un système de fracturations secondaires. La plus forte densité

de fracturation, correspondant à la classe  $[3,7 - 4,6]$  km/km<sup>2</sup>, se trouve le long de la faille majeure d'Arlit (figs. 2, 5 et 8). Les principales familles de fracturations sont représentées par les directions N0° à N10°, N30°-N40°, N60°-N70°, N70°-N80°, N100°-N110° (fig. 7). Chaque famille correspond à un pourcentage de fractures supérieur ou égal à 7% (fig. 7b). La direction N0° à N10° est la plus fréquente (11%) tandis que la famille N70°-N80° représente les fractures prédominantes en longueur cumulée avec un pourcentage de 13% (fig. 7a).

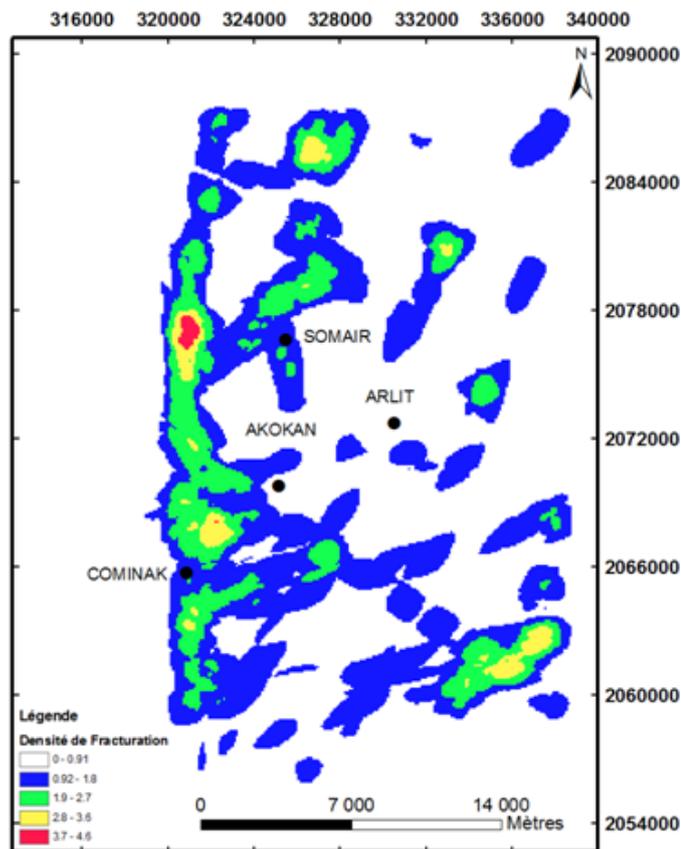


Figure 8 : Carte de la densité de linéaments et de fractures de la région d'Arlit.

#### 4.4. Fracturation et caractéristiques hydrodynamiques des aquifères

Des données piézométriques en régime permanent (conditions de non pompage) ont été utilisées pour déterminer l'allure générale de la piézométrie et les échanges potentiels entre les quatre aquifères. La carte piézométrique (fig. 9), indique que les écoulements s'effectuent globalement du Sud vers le Nord (courbe isopièze 397,5 m au sud à la courbe 393,5 au nord). Cependant, d'importantes perturbations locales affectent les isopièzes (fig. 9).

Au Sud, à proximité du piézomètre Arli\_2077, les isopièzes présentent, un module d'espacement, traduisant un gradient hydraulique constant (fig. 9). Les lignes de courant sont divergentes, ce qui suggère la présence d'une zone d'infiltration. La position de ce piézomètre à proximité d'une zone flexurée et au voisinage du cori Akokan (oued d'Akokan), en provenance de l'Air, laisse supposer que cet oued correspond à une zone de recharge : soit à partir de la flexure, soit à partir des eaux de crue drainées par le cori Akokan. Ce type de recharge des nappes carbonifères, au voisinage des principaux oueds du bassin, a déjà été mis en évidence par des études isotopiques antérieures

(Joseph, 1990; Dodo, 1992).

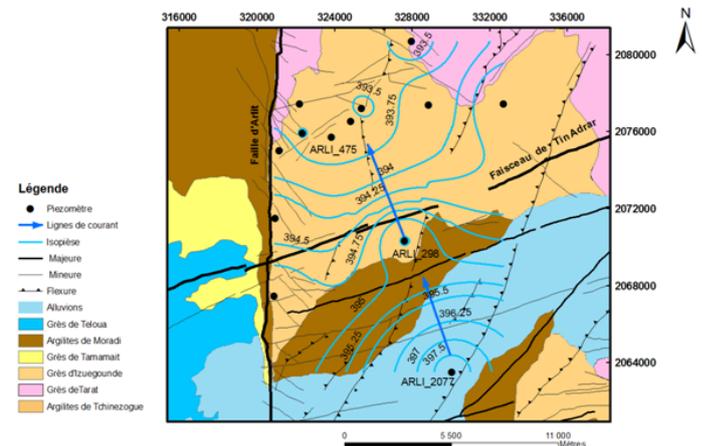


Figure 9 : Piézométrie de Tarat en 1968 dans le secteur minier (Source des données AMMAN, 2013).

Les isopièzes sont brusquement déformées au contact du faisceau de Tin Adrar (fig. 9) qui crée un dôme piézométrique, traduisant le fait que, ce faisceau pourrait constituer un drain structural qui alimente la nappe de Tarat, soit à partir des eaux provenant des oueds de l'Air, soit à partir de la drainance descendante de la nappe sus-jacente d'Izegouande.

Dans le compartiment Est-flexure, au Nord du faisceau Tin Adrar, le module d'espacement des isopièzes croît régulièrement vers le Nord (fig. 9). Cela traduit une diminution du gradient hydraulique et une augmentation des valeurs des paramètres hydrodynamiques (transmissivité, conductivité hydraulique). Pour confirmer cette variation des paramètres hydrodynamiques, la carte de transmissivité (fig. 10) de la même nappe a été établie (AMAN, 2013; Abdou Boko, 2014). Cette carte a été réalisée après compilation des données des essais de pompage du projet de suivi des eaux souterraines de la région d'Arlit (AMMAN, 2013). Pour l'interprétation des résultats de ces essais de pompages longue durée, il a été utilisé les méthodes de descente de Jacob et Thies (Castany, 2000).

Les valeurs de transmissivité sont comprises entre  $0,0043 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , avec une valeur moyenne de  $0,87 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Ces valeurs ont été regroupées en cinq (5) classes de transmissivité (fig. 10). La transmissivité de la nappe de Tarat augmente vers le Nord (fig. 10). Cela expliquerait les variations observées dans le module d'espacement des isopièzes de la figure 9. Ainsi, à proximité du Faisceau de Tin Adrar, les valeurs de transmissivité passent de la classe  $[0,283 \cdot 10^{-3} - 0,577 \cdot 10^{-3}]$  à la classe  $[0,577 \cdot 10^{-3} - 1,32 \cdot 10^{-3}]$ . Les valeurs de transmissivité augmentent vers le Nord à l'intérieur du compartiment, délimité par la flexure-faille d'Arlit et le faisceau de Tin Adrar (fig. 10). A l'Ouest de la Somaïr (fig. 5), suivant la flexure-faille d'Arlit, dans la zone à forte densité de fracturation, les valeurs de transmissivités sont doublées et passent de la classe  $[0,577 \cdot 10^{-3} - 1,32 \cdot 10^{-3}]$  à la classe  $[1,32 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-3}]$ . En effet, dans le compartiment Est-flexure (fig. 10), au Nord du faisceau de Tin Adrar, les densités élevées de fracturation sont dues aux accidents de direction N0°, N70° et N140°.

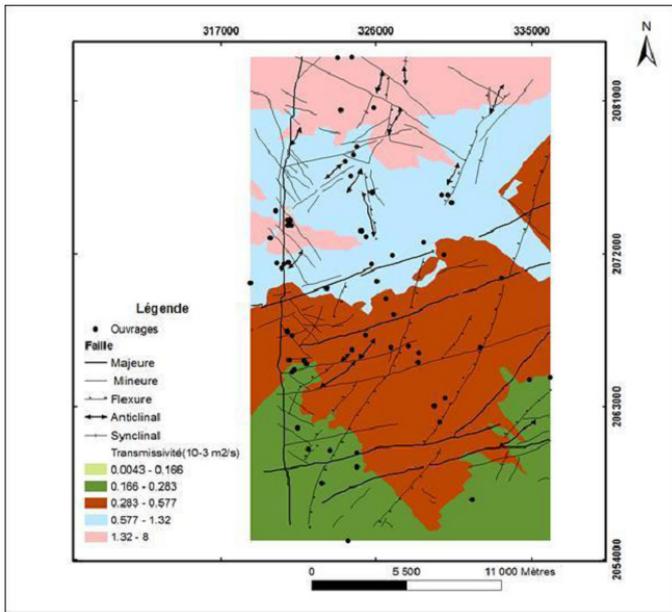


Figure 10 : Carte de Transmissivité de la nappe de Tarat établie à partir des données des essais de pompage (AMMAN, 2013).

4.5. Evaluation des échanges entre les aquifères

4.5.1 Echanges entre les aquifères de Tarat et de Guézouman

Les cartes piézométriques de 1979 de la nappe de Tarat (fig. 11 a) et celle de la nappe sous jacente de Guézouman (fig. 11 b), interpolées par la méthode IDW (Inverse Distance Weighted), ont été utilisées pour élaborer la carte de différence de charge hydraulique (fig. 12). Cette différence est déterminée en soustrayant de la charge hydraulique de la nappe de Tarat celle de Guézouman. Ainsi, les valeurs positives indiquent que la nappe de Tarat est en charge par rapport à celle de Guézouman et les valeurs négatives que la nappe de Guézouman est en charge par rapport à celle de Tarat.

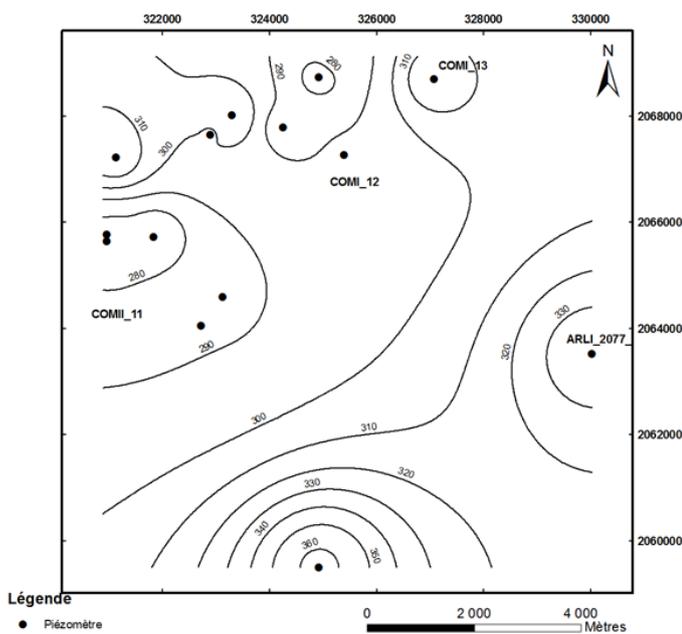


Figure 11 a : Carte Piézométrique de la nappe de Tarat réalisée à partir des données de 1979 (Source des données AMMAN, 2013).

L'analyse de la carte de différences de charge hydraulique (fig. 12), entre la nappe de Tarat et celle de Guézouman, montre une grande variabilité des différences de charge. La charge hydraulique, dans la nappe de Tarat, est inférieure à celle de

la nappe de Guézouman, sauf au niveau des piézomètres AFAW\_3834 et ARLI\_2120, où la charge hydraulique de la nappe de Tarat est supérieure à celle de Guézouman. En effet, ces deux piézomètres sont localisés au niveau de la zone industrielle de la COMINAK où l'intensité de pompage dans la nappe de Guézouman (travaux d'aéragé et de dénoyagé) est relativement plus forte comme l'attestent les dépressions piézométriques de la figure 11b. Ainsi, la carte de différences de charge hydraulique (fig. 12) met en évidence deux (2) types d'échanges potentiels entre la nappe de Guézouman et celle de Tarat :

- drainance descendante de la nappe de Tarat vers celle de Guézouman à proximité des piézomètres AFAW\_3834 et ARLI\_2021 ;
- drainance ascendante de la nappe de Guézouman vers celle de Tarat le long des fractures de directions N70° du Nord-Est vers le Sud-Ouest (fig. 12).

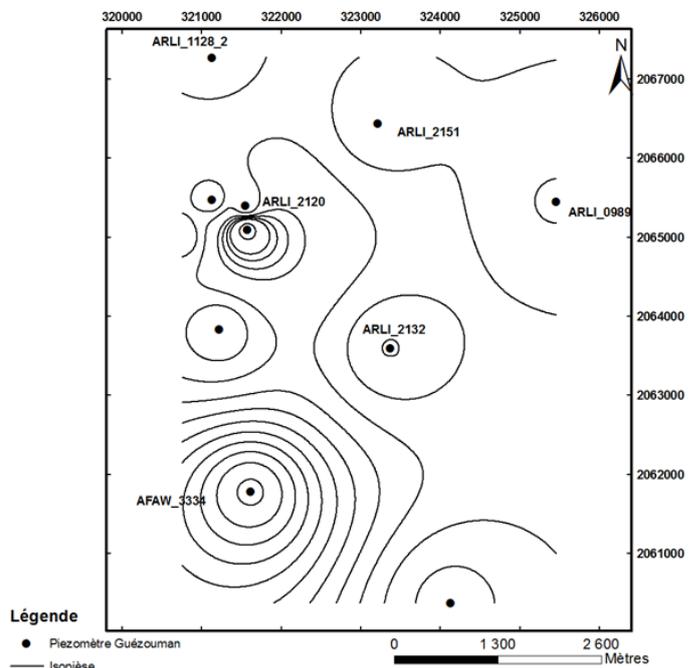


Figure 11 b : Carte Piézométrique de la nappe de Guézouman réalisée à partir des données de 1979 (Source des données AMMAN, 2013).

Les différences de charge hydrauliques décroissent du Nord-Est vers le Sud-Ouest parallèlement aux fractures de directions N70°. Cette drainance peut être expliquée par l'intensité de pompage dans la nappe de Tarat, induisant ainsi un appel des eaux de la nappe de Guézouman sous-jacente. Des études isotopiques antérieures (Dodo et Zuppi, 1999) ont déjà mis en évidence une drainance ascendante de la nappe de Guézouman vers celle de Tarat.

Cependant, le toit de l'aquifère de Guézouman correspond à la puissante formation argilo-gréseuse (environ 60 m) et à perméabilité faible de Tchinezogue (Gerbeaud, 2006; Abdou Boko, 2014). L'existence de cette interface entre les deux nappes permet de soupçonner fortement des transferts d'eau verticaux par le biais des fractures lors des pompages intensifs.

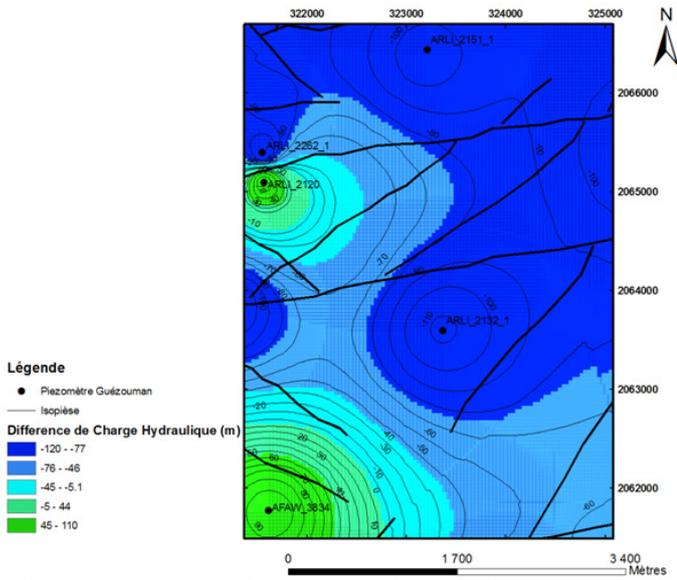


Figure 12 : Carte de différence de charge hydraulique entre le Tarat et le Guézouman.

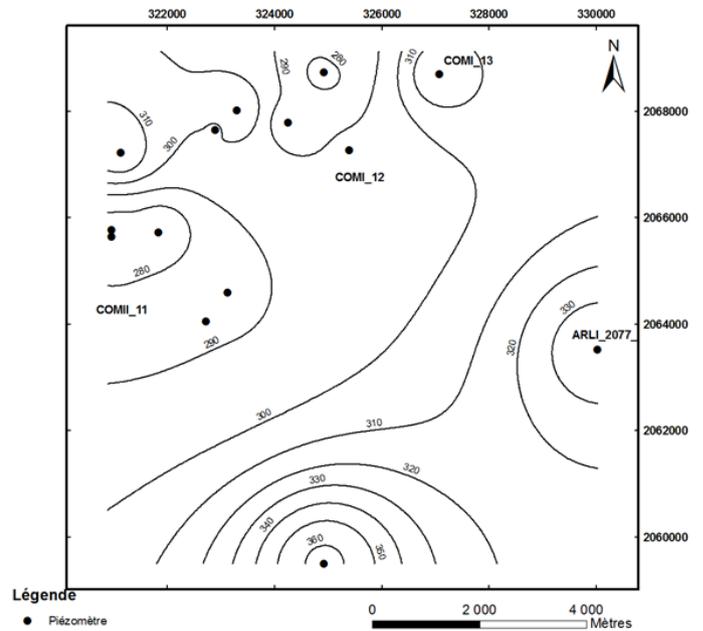


Figure 13 (b) : Carte Piézométrique de la nappe de Tarat réalisée à partir des données de 1979 (Source des données AMMAN, 2013).

### 4.5.2 Echanges entre les aquifères de Tarat et celui d’Izégouande

La carte de différences de charge hydraulique entre la nappe d’Izégouande et celle de Tarat a été établie en soustrayant de la charge hydraulique de la nappe d’Izégouande (fig. 13a) celle de Tarat (fig. 13b). Les valeurs positives indiquent que la nappe d’Izégouande est en charge par rapport à la nappe de Tarat. Cette carte indique des différences de charge positives (fig. 14) sur l’étendue de la surface d’interpolation. La différence de charge hydraulique diminue globalement de l’Est vers l’Ouest. Ces directions coïncident avec celles des fractures N70° et N0° à N10°. Ainsi, se met en évidence une drainance descendante de la nappe d’Izégouande vers la nappe de Tarat, le long des fractures de directions N70° et localement, suivant des fractures N0° à N10°.

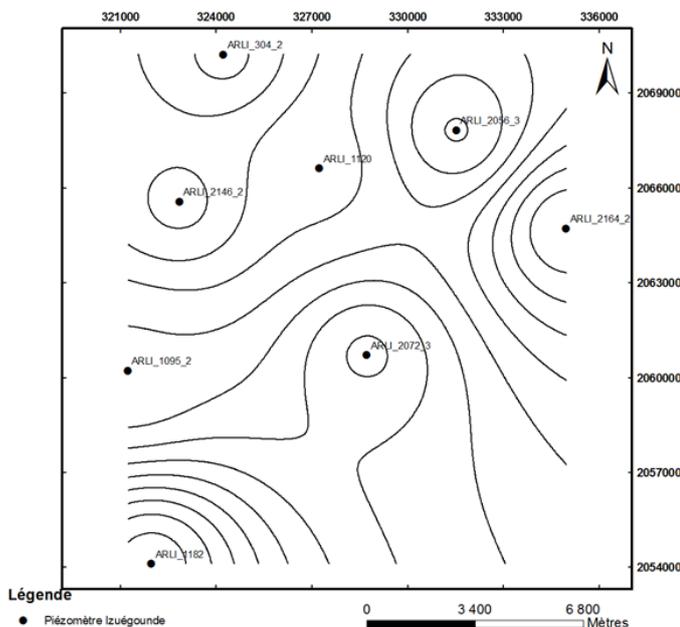


Figure 13 (a) : Carte Piézométrique de la nappe d’Izégouande réalisée à partir des données de 1979 (Source des données AMMAN, 2013).

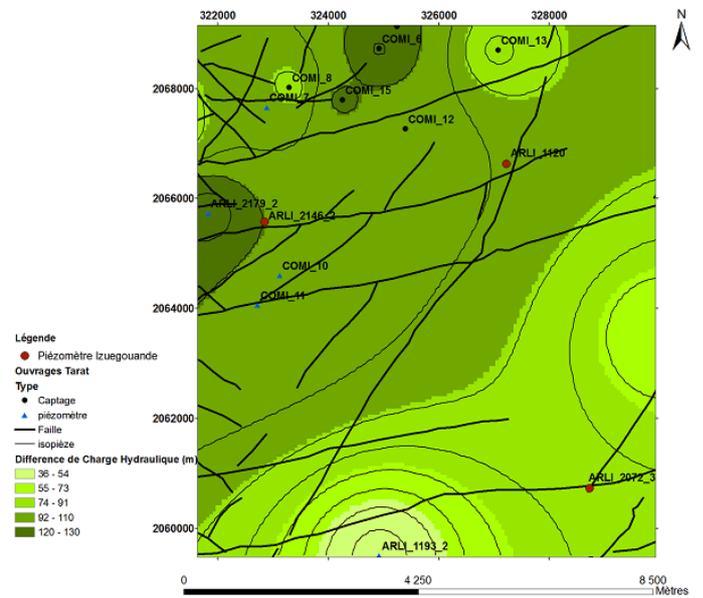


Figure 14 : Carte de différence de charge Hydraulique entre les nappes Izégouande et Tarat.

## 5. Conclusion

Les nappes captives de la région d’Arlit semblent être soumises à des conditions de recharge. Plusieurs facteurs y contribuent : la fracturation, la lithologie et les pompages intensifs miniers. L’observation de la différence de charges hydrauliques révèle l’existence d’échanges verticaux entre les différents aquifères de la région. Ces échanges se feraient non seulement à travers les formations géologiques semi-perméables de Tchinzogue et de Madaouéla, mais aussi suivant le réseau de fractures et de linéaments N70° (Faisceau de Tin Adrar) et N0° (Faille d’Arlit) Ainsi, les pompages miniers intensifs ont perturbé les sens des écoulements des nappes, et les échanges verticaux entre aquifères. Cela pose le problème de la vulnérabilité des nappes qui pourrait résulter de fortes sollicitations de celles-ci par les industries extractives.

## Références Bibliographiques

- ABDOU BOKO A. (2014)** : Contribution du système de drainage à la recharge des aquifères du Bassin de Tim Mersoï (Nord Niger) : apports de la télédétection. *Mémoire de fin de cycle, Master Hydrogéologie, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*, 64 pages.
- ADAMOU R., ABDU MOUMOUNI A., IKHIRI K., OUSMANE B., ABDOULAYE A. & KONATE M. (2015)** : Etat des lieux sur les aquifères de la zone minière d'Arlit pour la période allant de 1968 à 2013 : hydrogéologie et hydrochimie. *Expertise collégiale FAST-SOPAMIN, Collection Etudes Nigériennes*, 156 pages.
- AMMAN (2013)** : Suivi de la nappe du Tarat et du réseau de production en eau potable et en eau industrielle d'Arlit-Akokan. *Rapport de synthèse. Réf. : 2013/NIG/AMN/03/HYDRO*.
- ANTEA (2011)** : Etude hydrogéochemique et de modélisation sur le site de la COMINAK à AKOKAN – *Rapport de synthèse de la phase I A61461/B*.
- ARENAS VIRGINIA M.R. ET CANDELA L. (2010)** : Hydrological conceptual model characterisation of an abandoned mine site in semiarid climate. The Sierra de Cartagena-La Unión (SE Spain). *Geologica Acta, Vol. 8, N°3, p. 235 – 248*.
- BIGOTTE G. ET OBELIANNE J. M. (1968)** : Découverte de minéralisations uranifères au Niger. *Mineal. Deposita*, 3, p. 317-333.
- CASTANY G. (2000)** : Hydrogéologie : principes et méthodes. *Editions DUNOD, Liège 130 pages, Chapitre 6, p.147-153*.
- CAZOULAT M. (1985)** : Geologic environment of the uranium deposits in the carboniferous and Jurassic sandstones of the western margin of the Aïr Mountains in the republic of Niger. *IAEA TECDOC 328, Geological environments of sandstone type uranium deposits*. Vienne, p. 247-263.
- CLERMONT J., YAHAYA M., LANG J. et OUMAROU J. (1991)** : Un bassin paléozoïque et mésozoïque dans une zone en décrochement : le Tim Mersoï dans la région d'Arlit, à l'Ouest de l'Aïr (Niger). *C.R. Acad. Sc. Fr., Paris*, t. 312, Série II, p.1189-1195.
- COGEMA (1977)** : Notice explicative de la carte géologique au 1/200.000è d'Afaste. *Direction Mines et Géologie, Niamey*, 31pages.
- DODO A. (1992)** : Etude des Circulations Profondes le Grand Bassin Sédimentaire du Niger : identification des aquifères et compréhension de leurs fonctionnements. *Thèse Université de Neuchâtel*, 101 pages.
- DODO A. ET ZUPPI G. M (1999)** : Variabilité climatique durant le quaternaire dans la nappe du Tarat (Arlit, Niger). *C. R. Acad. Sci. Paris. Sciences de la Terre et des Planètes 328*, p. 371-379.
- DUAH A. A. (2006)** : Groundwater Contamination in Ghana. *Groundwater Pollution in Africa*, p. 57-64.
- EL HAMET M.O. (1983)** : Analyse géologique et pétrographique de la formation de Tarat dans les carrières Somaïr (Paléozoïque supérieur). Essai d'interprétation paléoclimatique à la lumière de l'épisode glaciaire dévono-carbonifère. *Thèse spécialité Université de Dijon et Niamey*, 279 pages.
- FETTER C.W. (1994)** : Applied Hydrogeology. *Fourth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458*, 597 pages.
- FORBES P. (1989)** : Rôles des structures sédimentaires et Tectoniques, du volcanisme alcalin régional et des fluides diagenétiques hydrothermaux pour la formation des minéralisations à U-Zr -Zn -V -Mo. D'Akouta (Niger). *Thèse de doctorat, CREGU Nancy*, 375 pages.
- GALLAIRE R. (1995)** : Hydrologie en milieu subdésertique d'altitude, Le cas de l'Aïr (Niger). *Thèse Université Paris XI*, 380 pages.
- GERBEAUD O. (2006)** : Evolution Structurale du Bassin de Tim Mersoï : Déformations de la couverture sédimentaire, Relations avec la Localisation des gisements uranifères du secteur d'Arlit. *Thèse Université de Paris Sud*, 261 pages.
- GUIRAUD R., BOUREÏMA O. et ROBERT J.-P. (1981)** : Mise en évidence de déformations traduisant un raccourcissement dans le Mésozoïque de la périphérie de l'Aïr (Niger). *Comptes-Rendus Académie des Sciences, Paris*, t. 292, série II, p.753-756.
- GREEN G., WATT E., ALCOE D., COSTAR A., MORTIMER L. (2010)** : Groundwater flow across regional scale faults, DFW Technical Report 2010/15, Government of South Australia, through Department for Water, Adelaide.
- GREIGERT J. et POUUNET R. (1967)** : Essai de description des formations géologiques de la république du Niger. *Publication Direction des Mines et de la Géologie, Niger*, n°3, 273 pages.
- ILLIASA. (2014)** : Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du Tarat-Quantification et optimisation du dispositif de dénoyage : cas du prospect apophyse Ariège. *Mémoire de fin de cycle, Master Hydrogéologie, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)*, 68 pages.
- JOULIA F. (1959)** : Les séries primaires au N et au NW de l'Aïr (Sahara central). Discordances observées. *Bulletin de la Société Géologique de France*, p. 192-196.
- JOULIA F. (1963)** : Carte géologique de reconnaissance de la bordure sédimentaire occidentale de l'Aïr au 1/500 000. *Éditions du BRGM, Orléans, France*.
- JOULIA F. ET OBELIANNE J. M. (1976)** : levés géologiques à l'ouest de l'Aïr. COGEMA, inédit.
- JOSEPH A. (1990)** : Recharge et paléorecharge en Région sub-désertique au Niger. *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 167 pages.
- KONATE M., DENIS M., YAHAYA M. ET GUIRAUD M. (2007)** : Structuration Extensive Et Transtensive Au Devono-Dinantien Du Bassin De Tim Mersoï (Bordure Occidentale De L'Aïr, Nord Niger). *Annales de l'Université de Ouagadougou*

- Série C, Vol. 005, p. 1-32.

**LOVE D., ZINGONI E., RAVENGAI S., AMOS A., GANDIDZANWA P., MAGADZIRE F., NYAMA Z., LOVE I. (2006)** : Characterization of diffuse pollution of shallow groundwater in the Harare Urban area, Zimbabwe. *Groundwater Pollution in Africa*, p. 65-75.

**MAGESH N. S., CHANDRASEKAR N., SOUNDANAYAGAM P. J. (2012)**: Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques. *Geosciences frontiers* 3(2) (2012), p. 189-196.

**MAMANE MAMADOU M. (2016)** : Le système métallogénique des gisements d'uranium associés à la faille d'Arlit (Bassin de Tim Mersoï, Niger) : diagenèse, circulations des fluides et mécanismes d'enrichissement en métaux (U, Cu, V). *Thèse de l'Université de Lorraine*, 390 pages.

**SEMPERE T. (1981)** : Le contexte sédimentaire du gisement d'uranium d'Arlit (République du Niger). *Mémoire Thèse, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris*, 374 pages

**SEMPERE T. ET BEAUDOUIN B. (1984)** : Discontinuités et séquences dans la formation de Tarat (viséen sup.) et l'unité d'Arlit (Namuro-Wesphalien) à Arlit (Niger). Evolution sédimentaire, climatique et tectonique dans la région au carbonifère. *Bull. soc. géol. Fr.*, 26 (6), p. 995-1014.

**SCETAGRI. (1985)** : Nappes aquifères de la région d'Arlit, *Synthèse hydrogéologie – Nappe du Tarat*, Juillet.

**SEATON W.J and BURBEY T.J (2005)**: Influence of Ancient Thrust Faults on the Hydrogeology of the Blue Ridge Province. *Vol. 43, No. 3—ground water—May–June 2005*, p. 301–313.

**SHABAN A., KHAWLIE M. and ABDALLAH C. (2006)** : Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zone: the case of Occidental Lebanon. *Hydrogeology Journal* 14, p. 433-443.

**VALSARDIEU C. (1971)** : Etude géologique et Paléogéographique du Bassin de Tim Mersoï : Région d'Agadès (République du Niger). *Thèse Université de Nice*, 514 pages.

**WAGANI I. (2007)** : Potentialités uranifères des sources volcaniques envisageables pour la formation des minéralisations de la région d'Arlit (Niger). *Thèse Université Paris XI, Orsay*, 291 pages.

**WRIGHT L. I., BRANCHET M. ET ALISSO I. (1993)**. Notice explicative de la carte géologique du bassin houillier d'Anou Araren / Solomi. Ministère des Mines et de l'Énergie, Niger, 20 pages.

**YAHAYA M. ET LANG J. (2000)** : Évolution tectono-sédimentaire de l'Unité d'Akokan au cours du Viséen dans le bassin de Tim Mersoï (région d'Arlit, Niger). *Journal of African Earth Science*, vol. 31, No. 2, p. 415-431.

**YAHAYA M. (1992)** : Dynamique sédimentaire du Guézouman et des formations viséennes sous-jacentes en liaison avec la tectonique, le volcanisme et le climat. *Mémoire Thèse Université de Bourgogne*, 355 pages.