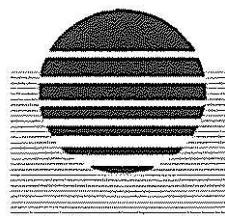


*Source Massimoni
(commune de Mamoudzou, Mayotte)
Contexte d'émergence, origine de la pollution,
vulnérabilité, proposition de solutions*

Etude réalisée dans le cadre de l'opération de Service public BRGM 00-PIR-119

Lebon D., Lachassagne P.

janvier 2001
BRGM/RP-50691-FR
2001 SG/MAY 02



BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

*Source Massimoni – Contexte d'émergence, origine de la pollution, vulnérabilité,
proposition de solutions*

Mots clés : Source, Pollution, Bactériologie, Vulnérabilité, Captage, Réseau AEP,
Milieu volcanique, Environnement, Mamoudzou, Mayotte.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Lebon D., Lachassagne P. (2001) – Source Massimoni (commune de Mamoudzou, Mayotte) – Contexte d'émergence, origine de la pollution, vulnérabilité, proposition de solutions.- Rapport BRGM RP-50691-FR 2001 SG/MAY 02

© BRGM, 2001. ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La source Massimoni est située dans le village de Kavani sur la commune de Mamoudzou à une altitude d'environ 45 m NGM.

Il s'agit d'une émergence d'eau souterraine associée à une nappe « perchée ». L'émergence se fait au niveau d'un contact entre des pyroclastites relativement perméables (lapilli, scories) et un substratum basaltique altéré et argilisé.

La source est actuellement dotée d'un captage sommaire accessible aux humains et animaux et non protégée des eaux de pluie et de ruissellement. Des analyses bactériologiques et physico-chimiques ont montré la présence d'une contamination bactérienne de l'eau et son caractère non-potable.

Deux principales sources potentielles de contamination ont été détectées :

- une pollution directe au niveau du bassin, liée aux caractéristiques du captage et aux modalités d'exploitation de la source par les habitants du village ; il s'agit très clairement du principal mode de contamination des eaux ;
- une pollution au sein de l'aquifère, qui est relativement vulnérable par rapport à des contaminations depuis la surface, de par la nature perméable des terrains pyroclastiques (scories, lapilli) à l'affleurement. Les principales sources de pollution potentielle sont liées (i) à la faune bactérienne du sol et (ii) aux rejets depuis les habitations localisées à proximité de la source et non dotées de dispositif d'assainissement (pollution minoritaire actuellement).

Deux solutions peuvent être envisagées, dans le cadre d'une réhabilitation du point d'eau.

La solution la plus sûre et la moins onéreuse serait de **condamner la source**, d'évacuer ses eaux par drainage au sein du réseau d'eaux pluviales et d'installer une borne fontaine et un lavoir alimentés par le réseau AEP. A l'heure actuelle, les usagers ne semblent pas opposés à cette solution, sous condition d'une **mise en libre service des installations**.

La seconde solution serait d'envisager le **recaptage de la source** dans les règles de l'art, ce qui entraînerait :

- (1) l'engagement de travaux de recaptage, qui s'avèreraient très délicats en raison du contexte d'émergence de la source (faible débit, aquifère peu épais). Ces travaux devraient, en outre, faire l'objet d'un suivi hydrogéologique permettant de dimensionner l'ouvrage précisément ;
- (2) l'entretien régulier des installations ;
- (3) la mise en œuvre des mesures administratives réglementaires (demande d'autorisation d'exploitation pour l'AEP, analyses physico-chimiques et bactériologiques complètes, instauration de périmètres de protection, etc.) ;

Compte tenu des « lourdeurs » de mise en œuvre de travaux de recaptage et d'autant plus qu'on ne peut garantir totalement l'absence de pollution des eaux, on peut préconiser la fermeture du captage actuel et la mise en place d'un point d'eau ainsi que d'un lavoir publique.

Sommaire

1. INTRODUCTION	6
2. SITUATION.....	7
3. CADRE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE	9
3.1 GÉOLOGIE.....	9
3.2 HYDROGÉOLOGIE.....	10
3.2.1. Contexte d'émergence	10
3.2.3. Puits voisins.....	11
3.2.4. Bassin versant hydrogéologique.....	11
4. QUALITÉ DE L'EAU.....	12
5. ENVIRONNEMENT GÉOGRAPHIQUE ET SOCIOLOGIQUE.....	13
5.1 OCCUPATION DU SOL	13
5.2 ASPECT SOCIOLOGIQUE.....	14
5.2.1 Les usagers.....	14
5.2.2 Aspect religieux.....	14
5.2.3 Aptitude à changer de ressource	14
6. VULNÉRABILITÉ DES EAUX.....	17
6.1 POLLUTIONS LIÉES AUX CARACTÉRISTIQUES DU CAPTAGE	17
6.2 ALEA CHRONIQUE.....	17
7. SOLUTIONS ENVISAGEABLES.....	18
7.1 INSTALLATION D'UNE BORNE FONTAINE ET D'UN LAVOIR ALIMENTÉS PAR LE RÉSEAU AEP	18
7.2 CONSTRUCTION D'UN CAPTAGE DANS LES RÈGLES DE L'ART.....	18
8. CONCLUSION	21
9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	23

Liste des illustrations

FIGURES

- Figure 1 : Localisation de la source Massimoni.
- Figure 2 : Captage sommaire de la source Massimoni (septembre 2000).
- Figure 3 : Observations géologiques et hydrogéologiques de terrain sur le secteur de Kavani.
- Figure 4 : Occupation du sol sur le secteur de Kavani : voies de communication, réseau AEP.
- Figure 5 : Occupation du sol sur le secteur de Kavani : bâti et zone d'habitat précaire.
- Figure 6 : Consommation de l'eau de la source Massimoni (a) par les lavandières, (b) pour des usages domestiques ou la boisson (septembre 2000).
- Figure 7 : (a) Vue générale de la source Massimoni dans sa partie aval ; (b) Zone d'évacuation du trop-plein du bassin (septembre 2000).
- Figure 8 : Schéma type d'un captage d'eau potable.

Liste des annexes

- Annexe 1 : Résultats des analyses bactériologiques et physico-chimiques des eaux de la source Massimoni (octobre 2000).
- Annexe 2 : Résultats des analyses bactériologiques du puits le plus proche de la source Massimoni (octobre 2000).
- Annexe 3 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux de la source Massimoni et du puits le plus proche, effectuées entre 1998 et 1999 par la DASS de Mayotte.

1. Introduction

Dans le cadre d'un appui technique à la Délégation de l'Environnement de Mayotte, le BRGM – Service Géologique Régional / Réunion – Mayotte a été chargé d'étudier l'origine de la pollution (essentiellement bactériologique) de la source Massimoni sur la commune de Mamoudzou, à Mayotte et de proposer des solutions permettant de remédier aux problèmes sanitaires associés.

Cette étude a été mise en œuvre en deux temps : (1) visite préalable du site par un hydrogéologue expert en juillet 2000, (2) reconnaissances de terrain et enquêtes effectuées auprès de la population et des différentes administrations (Equipement, DASS, Services techniques de la mairie de Mamoudzou), avec l'objectif de :

- (i) préciser le contexte d'émergence de la source (origine des eaux souterraines, probable bassin versant, etc.) ;
- (ii) identifier et de localiser les sources de pollution bactériologique sur ce bassin versant (analyses bactériologiques et physico-chimique, occupation du sol, etc.),
- (iii) déterminer la vulnérabilité de la source, compte tenu de son environnement ;
- (iv) proposer des projets de réhabilitation du site ;
- (v) prendre en compte l'avis des utilisateurs de la source sur ces projets.

Le présent rapport rend compte des principaux résultats obtenus ayant permis de proposer un choix de solutions quant à la gestion future de la source Massimoni.

2. Situation

La source se situe à l'Ouest du village de Kavani et de l'agglomération de Mamoudzou. Elle émerge à proximité du pied d'un relief qui constitue l'un des contreforts du Mlima M'Tsapéré, et culmine à 209 m NGM en amont immédiat de Kavani (Figure 1). A grande échelle, la source est captée dans la partie supérieure d'un versant relativement plan, de pente modérée (quelques pour-cent), qui constitue l'amorce de la partie centrale de la dépression circulaire de Kavani. Ce « versant » se situe en aval immédiat du débouché d'une petite ravine, elle-même encaissée entre deux versants relativement abrupts, qui ne montre pas de lit bien matérialisé ni *a fortiori* d'écoulement pérenne.

Les coordonnées UTM, en mètres, de la source sont les suivantes :

X = 523 480 m
Y = 8 587 080 m
Z = 45 m

Ces valeurs ont été définies à partir de la carte IGN 1/25 000^e de 1993.

La source est dotée d'un captage sommaire : mur de béton formant barrage en aval immédiat d'une fosse circulaire d'environ 5 m de diamètre et de 2 m de profondeur environ (par rapport au terrain environnant). Cette fosse est accessible aux humains et aux animaux et n'est pas protégée des eaux de pluie ou de ruissellement (Figure 2).

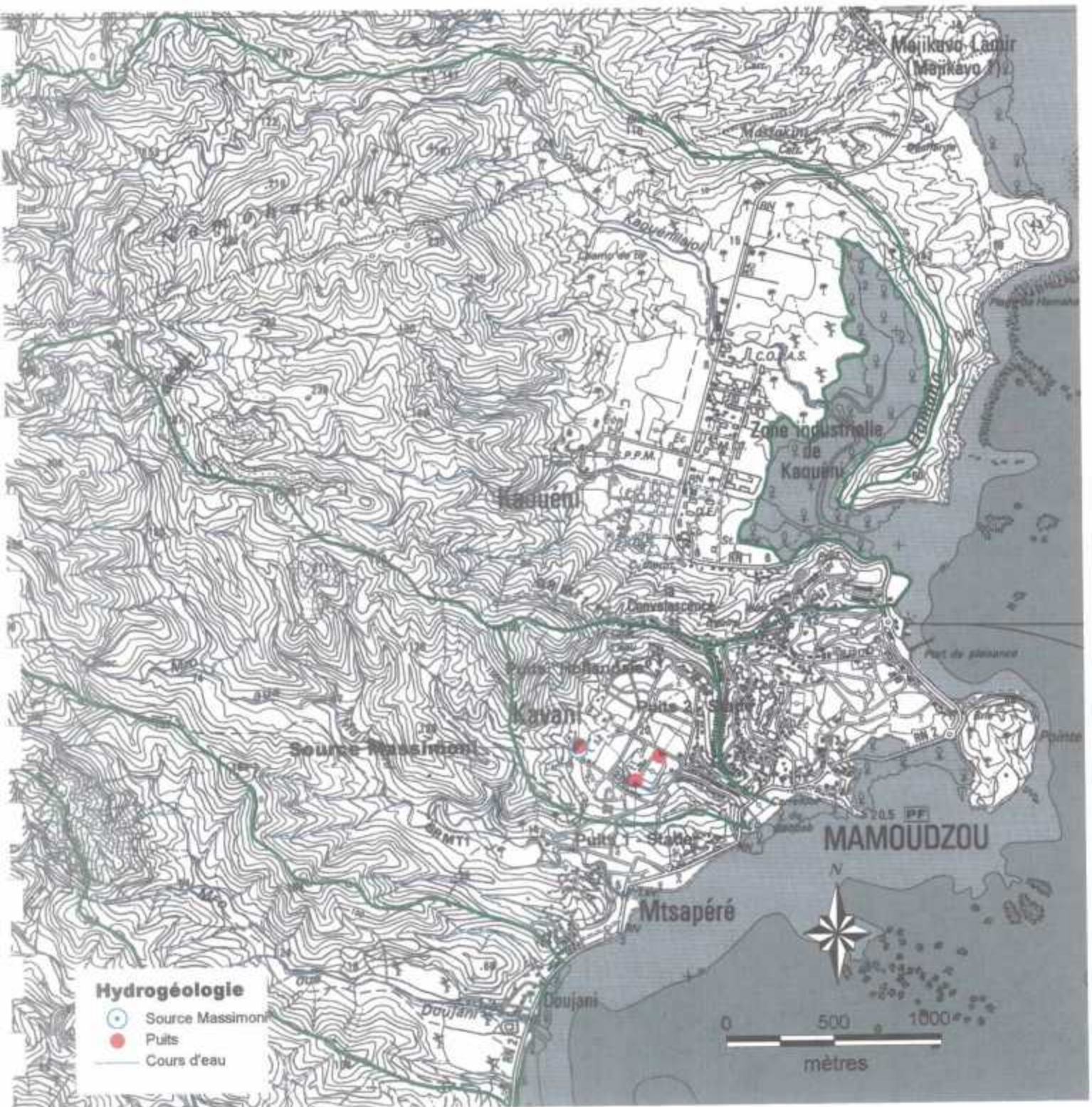


Figure 1 : Localisation de la source Massimoni



(a) Vue amont du captage



(b) Vue détaillée de l'ouvrage et du point d'émergence

Figure 2 : Captage sommaire de la source Massimoni (septembre 2000).

3. Cadre géologique et hydrogéologique

3.1 GEOLOGIE

Le secteur de Kavani appartient au massif volcanique du M'Tsapéré et du Digo, localisé au Nord de Mayotte. D'après la carte géologique au 1/50 000^e de l'île (Stieltjes, 1988), cette zone est caractérisée par la présence (des formations les plus anciennes vers les plus récentes) :

- d'une série lavique différenciée de fond de vallée du M'Tsapéré (1,4 à 1,5 Ma), affleurant au niveau de la ville de Mamoudzou ;
- d'anneaux de pyroclastites trachytiques (dépressions de Kaouéni, Kavani, etc.), datés à 0,5 Ma ;
- d'un épisode volcanique explosif plus récent (autour de 10 000 ans) qui s'est traduit par la mise en place de cône de scories et coulées associées ainsi que de cratères d'explosion de type maar dont les dépôts sont également à l'origine de l'île de Petite Terre. Ce volcanisme aurait affecté la côte Est de Grande-Terre au niveau de Mamoudzou.

Dans le cadre de la présente étude, la cartographie des principales formations géologiques affleurant dans l'environnement du bassin versant de la source Massimoni a permis de préciser ce contexte. Elle a, en particulier, mis en évidence deux structures géologiques remarquables (Figure 3) :

- (1) la dépression circulaire de Kavani pourrait constituer les restes d'un ancien cratère d'explosion de type maar dont les bords ont été érodés et la partie centrale partiellement comblée par des colluvions (limons), des alluvions fines ou des éboulis. Les dépôts pyroclastiques associés (tuf trachytique) ont été conservés dans la partie Nord et Est du cratère. Ces dépôts seraient à rattacher au volcanisme explosif ayant affecté le Nord de l'île autour de 500 000 ans. Ce cratère s'est mis en place sur un substratum constitué des laves du massif du M'Tsapéré.
- (2) la présence d'un cône volcanique d'une centaine de mètre de hauteur constitué d'une accumulation de projections scoriacées (blocs, lapilli), culminant à 209 m d'altitude au-dessus de Kaouéni et du village de Kavani. Les projections les plus fines ont vraisemblablement moulé la topographie préexistante. Leur extension actuelle autour du cône est réduite en raison de leur érosion. Deux secteurs d'émission de la lave ont pu être observés au cours des investigations de terrain :
 - sur le flanc Sud-est du cône, par la présence d'une petite coulée massive de basalte à olivine qui s'étendrait jusque dans la partie centrale de la dépression de Kavani ;
 - sur le flanc Nord-est, par l'épanchement de coulées de basalte à pyroxène, dirigées vers la plaine de Kaouéni.

LEGENDE





Formations sédimentaires

-  Limons
-  Alluvions

Formations volcaniques

-  Projections scoriacées du cône de Kavani
-  Coulée de basalte à olivine du cône de Kavani
-  Coulée de basalte à pyroxène du cône de Kavani
-  Anneau de tufs trachytiques
-  Coulées de lave altérées / altérites
-  Dyke
-  Sens d'écoulement des laves
-  Limites supposées entre formations géologiques

Hydrogéologie

-  Source Massimoni
-  Puits
-  Cours d'eau principaux
-  Bassin versant topographique de la source Massimoni

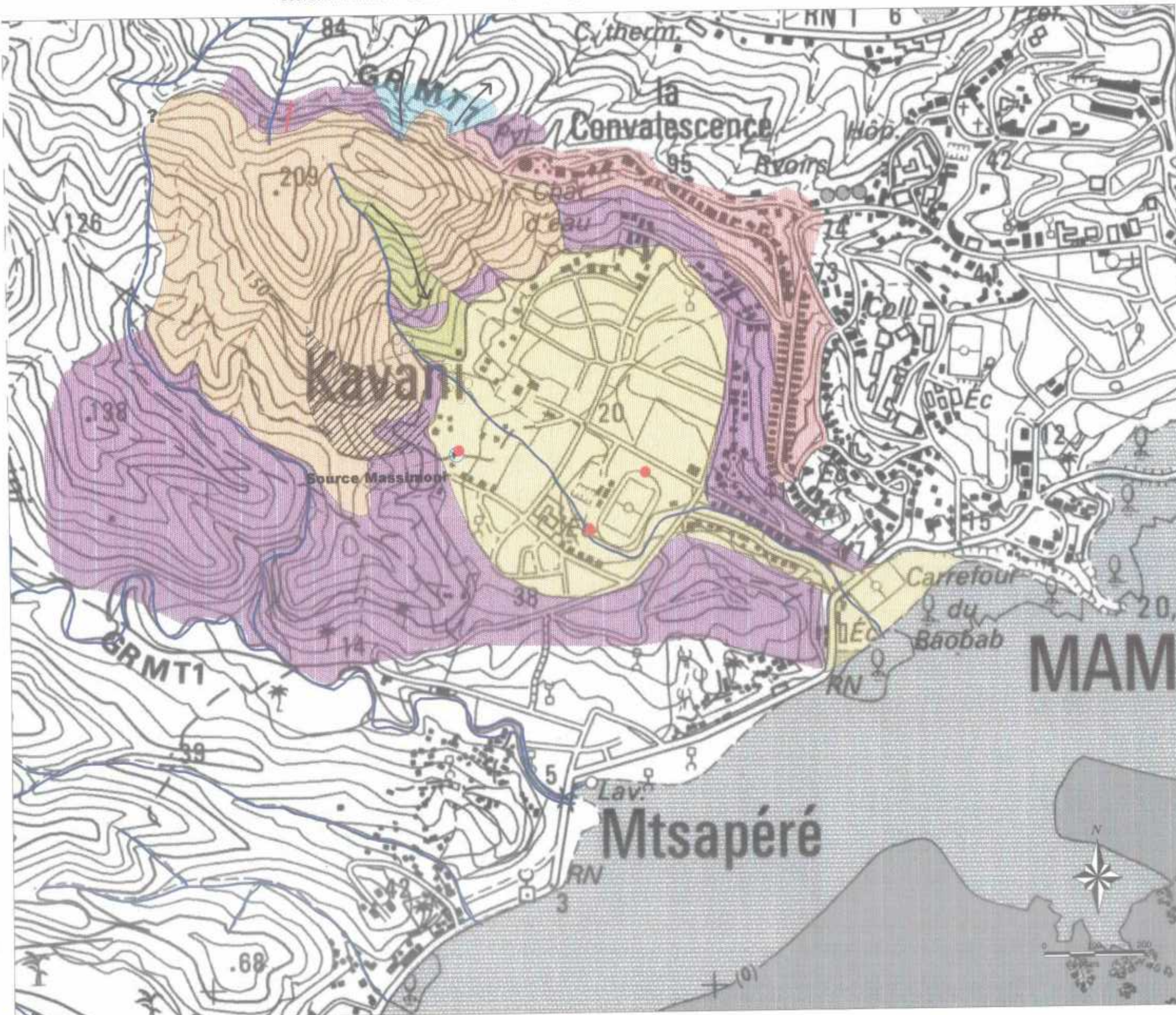


Figure 3 : observations géologiques et hydrogéologiques de terrain sur le secteur de Kavani.

L'ouverture de fissures éruptives se serait faite, globalement, selon un axe Nord-Sud, comme le suggère la présence d'un dyke altéré de 80 cm d'épaisseur, situé au pied du cône (Figure 3), de direction N30, de pendage 70° vers le sud-est.

Ces formations, qui semblent recouvrir les dépôts pyroclastiques trachytiques précédents, appartiendraient à la dernière phase du volcanisme explosif ayant affecté le Nord de Mayotte, il y a 10 000 ans environ.

Les dépôts des deux épisodes volcaniques présentés ci-dessus semblent reposer sur un substratum volcanique profondément altéré qui est probablement associé au volcanisme du M'Tsapéré daté entre 1,4 à 1,5 Ma (Figure 3). Ce substratum est constitué de laves complètement argilisées, notamment dans la partie Sud de la dépression de Kavani. Le toit de ces laves est plus haut du côté nord du cône (environ 150 m NGM) que le long de ses flancs sud (d'environ 100 à 70 m NGM de l'Ouest vers l'Est) et est (40 m NGM environ).

3.2 HYDROGEOLOGIE

3.2.1. Contexte d'émergence

La source Massimoni émerge au sein du bassin versant topographique du thalweg de Kavani, débouchant sur la mer au Sud de Mamoudzou (Figure 1). Ce bassin versant, de 84 ha environ de superficie, présente une forme circulaire. La pluviométrie annuelle moyenne est de l'ordre de 1 300 mm au niveau de la Convalescence, au Nord de Kavani (donnée DAF de Mayotte).

La source semble être une réelle émergence d'eau souterraine si l'on se réfère à l'absence d'écoulements superficiels en amont et de lit de ravine bien individualisé (Figures 1 et 2). Les observations de terrain (Figure 3 - § 3.1) concordent avec cette analyse : l'émergence semble bien coïncider avec le contact entre les projections scoriacées du cône situé en amont de la source et le substratum basaltique altéré appartenant à la phase du volcanisme du M'Tsapéré, ce qui pourrait expliquer son caractère pérenne et son émergence à flanc de versant. La source doit donc probablement drainer les eaux circulant au sein des projections scoriacées du flanc Sud du cône. Les formations de pied de versant (colluvions et éventuellement « alluvions » de la petite ravine) participent elles aussi probablement à l'écoulement des eaux souterraines. Ces formations (projections scoriacées et/ou formations superficielles) constituent donc « l'aquifère » alimentant la source, tandis que le substratum volcanique altéré du M'Tsapéré forme très probablement le mur imperméable de cet aquifère. L'émergence des eaux souterraines s'explique très probablement par la disparition de l'aquifère (limite d'érosion).

3.2.2. Débit de la source

Le débit relativement réduit de la source et sa faible variabilité apparente dans le temps, suggèrent que l'aquifère présente des propriétés de perméabilité moyenne à médiocre, à l'image des formations similaires reconnues par forage à Mayotte.

Le débit de la source est assez difficile à évaluer compte tenu de son mode de captage actuel (nombreuses fuites diffuses, point d'émergence situé au fond du bassin de captage, etc.). Néanmoins, à la date des observations de terrain (réalisées en période de moyennes à basses eaux, le 28/07/2000), il était de l'ordre de **quelques litres par minute**. Par ailleurs, le recaptage de la source dans les règles de l'art, en assurant un drainage plus efficace des eaux souterraines et une limitation des fuites diffuses, permettrait très vraisemblablement d'augmenter significativement le débit disponible (de l'ordre de 10 à 20% au moins, voire plus selon l'ampleur des travaux de captage).

3.2.3. Puits voisins

Un puits de gros diamètre et de faible profondeur (3 à 4 m) se situe à quelques mètres à l'Est de la source ; il est équipé d'une pompe immergée. Le niveau piézométrique y est similaire à celui de la source. Son propriétaire a été amené à l'approfondir récemment pour palier à son assèchement en saison sèche (puits du Hollandais – figure 1).

Ce puits est exploité à un faible débit (de l'ordre du $m^3/jour$), pour un usage domestique. En l'absence de pompage d'essai, il est hasardeux d'estimer un débit d'exploitation maximal. Compte tenu de la faible profondeur du puits, il est néanmoins peu probable qu'il puisse fournir plus de **quelques m^3/j** .

Deux autres puits de 7 à 8 m de profondeur, situés en aval de la source, sont utilisés pour l'arrosage du stade de Kavani (figure 1). Leurs niveaux piézométriques sont relativement proches de la surface : entre 1 et 2 m de profondeur en saison des pluies (d'après les services techniques de la mairie de Mamoudzou) et entre 2 et 3 m de profondeur en saison sèche, soit à une altitude d'environ 20 m NGM (mesures du 22/09/00). Leur débit d'exploitation est de l'ordre de quelques m^3/j . Au niveau de ces deux puits, la nappe serait en relation avec la mer (côte située seulement à environ 400 m au Sud) selon des témoignages affirmant la remontée d'eau saumâtre lors d'exploitation en période d'étiage, au cours de ces dernières années. Compte tenu de l'altitude du niveau piézométrique et de la profondeur des puits, cette contamination saisonnière par des eaux saumâtres nous paraît très peu probable.

3.2.4. Bassin versant hydrogéologique

Compte tenu de la structure géologique du sous-sol, il semble peu probable que le bassin versant hydrogéologique de la source excède de beaucoup la taille de son bassin versant topographique (Figure 3). En effet, la limite entre le cône de projections scoriacées et le substratum de coulées de lave altérées coïncide avec le tracé de l'affluent rive gauche de la rivière Majimbi ; ce dernier doit donc drainer le flanc sud-sud-ouest des scories. Néanmoins, seule une reconnaissance de détail des paléomorphologies (mur des projections scoriacées), ainsi que des propriétés des laves sous-jacentes, permettrait de définir avec précision le bassin versant hydrogéologique.

4. Qualité de l'eau

Des prélèvements d'eau ont été effectués à la source Massimoni et dans le puits le plus proche (puits du Hollandais) le 29 septembre 2000 par le BRGM. Les échantillons ont été analysés par le laboratoire d'épidémiologie et d'hygiène du milieu de La Réunion. Les résultats de ces analyses bactériologiques et physico-chimiques sont présentés en annexes 1 et 2.

Les eaux de la source Massimoni et du puits voisin présentent un pH et une conductivité électrique proches, ce qui suggère une origine similaire. La conductivité, voisine de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, est représentative d'une eau souterraine (les eaux de surface sont en général moins minéralisées, donc montrent une plus faible conductivité électrique). Il semble peu probable qu'une partie de cette minéralisation soit liée à une pollution par des eaux usées. En effet, les teneurs en nitrates sont très faibles et le ratio Na/Cl est très proche de celui que l'on trouve normalement dans des eaux de pluie (0,55).

L'eau de la source présente des teneurs significatives en fer et en aluminium, ce qui est assez fréquent en milieu volcanique. Un artefact lié à la présence de matières en suspension ne peut cependant être exclu. Ces eaux présentent un faciès hydrochimique typique des eaux reconnues à Mayotte (Eberschweiler, 1986).

Les eaux de la source et du puits présentent une forte contamination bactérienne (coliformes, streptocoques fécaux, clostridium sulfite-réducteurs...) d'origine fécale qui, en l'état, la rend impropre à la consommation. Cette contamination est d'un ordre de grandeur similaire au niveau des deux points d'eau.

Ces résultats confirment les analyses effectuées par la DASS en 1998 et 1999 (annexe 3). Ces dernières suggèrent que la contamination bactérienne doit être plus accentuée durant la saison sèche que durant la saison humide.

5. Environnement géographique et sociologique

5.1 OCCUPATION DU SOL

➤ Les voies de communication

Elles comprennent :

- la RN2, passant à 750 m au Sud de la source ;
- le réseau communal de l'agglomération de Kavani ;
- une piste contournant le cône de Kavani par le flanc Sud-est et dont l'accès peut se faire de Kavani par une portion nouvellement aménagée passant à moins de 50 m à l'Ouest et en amont de la source ;
- le sentier GR MT 1 passant au Nord du cône et de la dépression de Kavani.

Ces données sont représentées sur la carte d'occupation des sols en figure 4.

➤ L'habitat

Il est principalement constitué par :

- des maisons individuelles localisées à l'intérieur et au Sud de la dépression de Kavani ;
- les quartiers résidentiels (SIM) situés sur les hauteurs de Kavani (bordure Nord, Est, Sud-est et Sud-ouest de la dépression) ;
- des écoles et un complexe sportif du centre de Kavani ;
- un secteur d'habitat précaire (bidonvilles, zones de Résorption de l'Habitat Insalubre) localisé principalement sur les flancs Sud-est et Sud du cône et à proximité immédiate de la source.

Ces données sont représentées sur la carte d'occupation des sols en figure 5.

➤ La végétation

Elle est constituée majoritairement :

- de bois et friches présents au niveau du cône de scories, dans la partie Sud-ouest de Kavani et au niveau de l'émergence de la source ;
- de cultures vivrières (bananes, manioc) localisées principalement au Sud-ouest de Kavani ainsi qu'au sommet et au pied du cône.

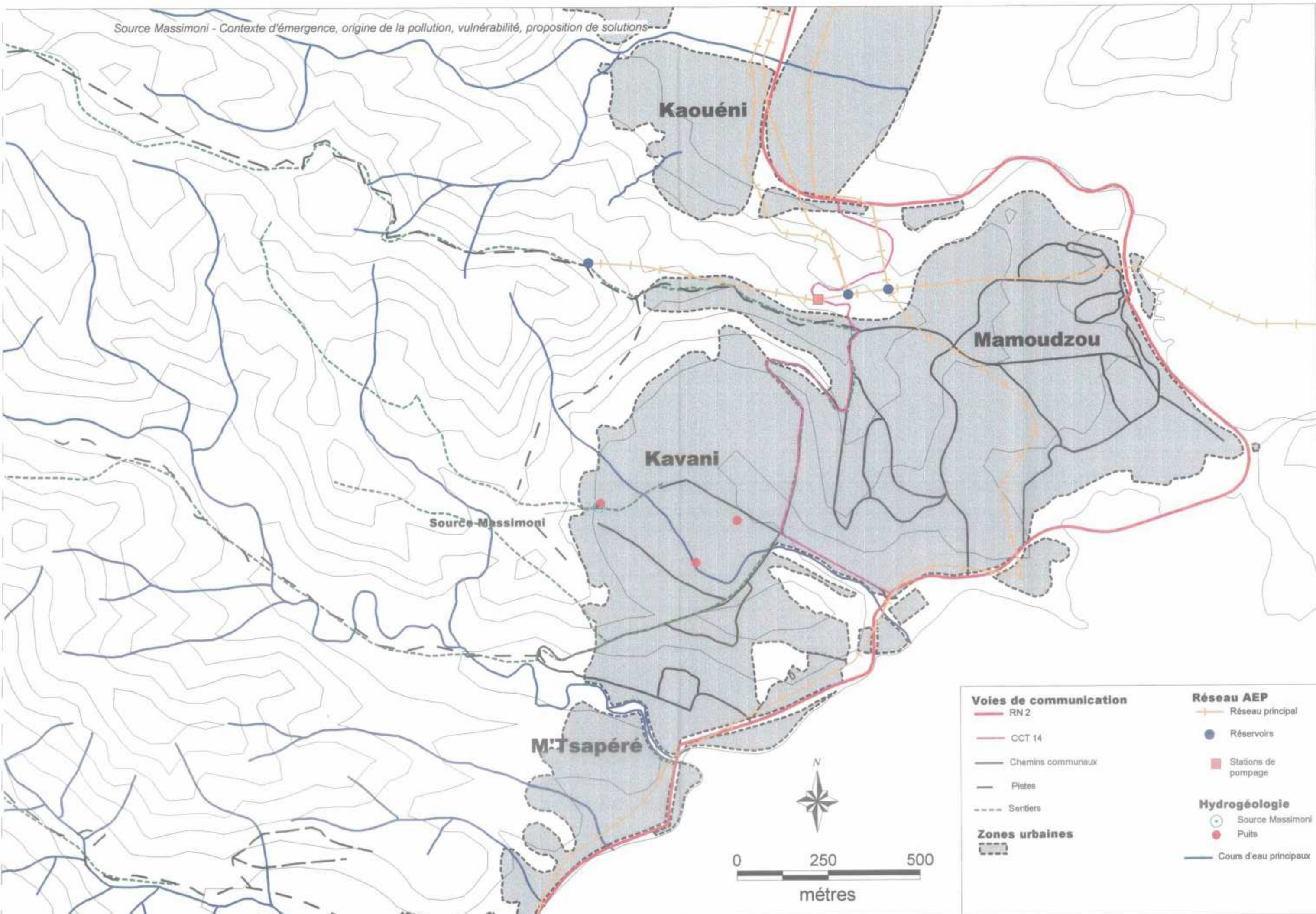


Figure 4 : Occupation du sol sur le secteur de Kavani : voies de communication et réseau AEP.



Figure 5 : Occupation du sol sur le secteur de Kavani : bâti et zones d'habitat précaire.

5.2 ASPECT SOCIOLOGIQUE

Dans le cadre d'une éventuelle réhabilitation du site de la source Massimoni, la description de son environnement social s'est avérée indispensable. Les informations obtenues ci-dessous proviennent essentiellement d'une enquête menée en présence d'un interprète, M. F. CHEIK AHMED, de la Délégation à l'Environnement.

5.2.1 Les usagers

A tout moment de la journée, pendant la semaine, on peut compter une quinzaine de personnes qui utilisent l'eau de la source. L'affluence est beaucoup plus importante le week-end où l'on peut compter plusieurs centaines de consommateurs dans la journée.

Ils peuvent être regroupés en deux catégories. Il s'agit pour le premier groupe, des résidents du quartier (partie basse de Kavani) qui, même s'ils sont raccordés au réseau AEP, pour la plupart, utilisent l'eau de la source pour son caractère gratuit. L'eau est essentiellement utilisée sur place par les lavandières pour la lessive (figure 6-a).

La deuxième catégorie, qui correspond à la majorité des utilisateurs, est constituée par des « squatters » qui ont construit leurs habitations (type bangas ou bois sous tôles) sur des terrains appartenant à la Collectivité qui sont classés « Terrains Naturels à protéger » d'après le projet du Plan d'Occupation des Sols de la commune de Mamoudzou (Direction de l'Équipement, juillet 2000). Ces personnes sont surtout regroupées sur la partie Nord-ouest de Kavani et dans sa partie haute, dans un rayon de 300 m environ autour de la source qui constitue un « pôle » attractif (Figure 5). Il s'agit surtout d'immigrés clandestins qui n'ont pratiquement aucune source de revenus.

Dans ce cas, l'eau est utilisée sur place pour la toilette, la lessive et éventuellement la boisson (figure 6-b). Elle est aussi prélevée du bassin et transportée vers les habitations au moyen de bidons, seaux etc., pour un usage domestique. En effet, la plupart des habitations ne sont raccordées ni au réseau AEP, ni au réseau d'assainissement qui est d'ailleurs quasiment inexistant. Par ailleurs, ce mode de prélèvement entraîne une contamination directe du bassin de manière constante.

5.2.2 Aspect religieux

Selon des croyances locales, les eaux de la source de Massimoni auraient un caractère « sacré » et donc bénéfique pour les utilisateurs. Il s'agit d'une croyance ancienne qui ne rencontre actuellement que peu d'écho auprès des jeunes générations.

5.2.3 Aptitude à changer de ressource

Dans le cadre d'un éventuel abandon des ressources en eau de la source Massimoni pour un usage domestique, la plupart des personnes interrogées ne voient pas d'inconvénients à utiliser l'eau du réseau, mais sous certaines conditions, à savoir :

- **l'accès gratuit à l'eau ;**
- **la mise en place d'un lavoir ;**
- **la possibilité d'accès à une borne fontaine d'eau potable.**

Par ailleurs, nous avons pu constater que la majorité des usagers souhaite un réaménagement rapide du site afin de le protéger des sources de pollution directe (les déjections animales et humaines, déchets ménagers, eaux de ruissellement chargées en matières solides en période des pluies etc.). Le bassin serait actuellement entretenu par des volontaires de plusieurs associations de quartier. Une vidange et un nettoyage du bassin et de ces abords seraient effectués régulièrement tous les 6 mois environ ou ponctuellement suite à un colmatage du bassin par des eaux de ruissellement boueuses en période des pluies.

Enfin, il est aussi important de noter que la source est un lieu social très important du secteur car il s'agit d'un lieu de rencontre et d'échange entre diverses communautés. Ce facteur est donc aussi à prendre en compte pour tout projet de réaménagement du site dans l'avenir.



Figure 6 : Consommation de l'eau de la source Massimoni (a) par les lavandières, (b) pour des usages domestiques ou la boisson (septembre 2000).

6. Vulnérabilité des eaux

Compte tenu du contexte d'émergence de la source et de son environnement décrit précédemment, il est très probable que la source soit soumise à deux types de pollution.

6.1 POLLUTIONS LIEES AUX CARACTERISTIQUES DU CAPTAGE

En raison de l'environnement immédiat la source Massimoni, l'origine de la pollution bactériologique des eaux est liée **majoritairement** :

- (1) à la conception du captage (figure 2) au sein même duquel se situent des facteurs potentiels de pollution (terre et son cortège bactériologique associé, végétaux, petits animaux, etc.) et qui n'est, en outre, pas protégé de l'introduction naturelle de facteurs polluants (par le sol ou par chute en son sein) ;
- (2) aux modalités de son utilisation (§ 5.2 et figure 6) : contamination des eaux (i) par **les humains**, qui puisent directement au sein du bassin et peuvent donc le contaminer au moyen de récipients souillés, qui se lavent à proximité et peuvent y projeter des eaux souillées (ou les y faire parvenir après un faible ruissellement), etc., (ii) par **les animaux** (de différentes espèces) dont l'accès au bassin ne présente aucun moyen de limitation.

6.2 ALEA CHRONIQUE

Les rejets des habitations riveraines, les dépôts d'ordures à proximité de la source, ainsi et surtout que la vie présente dans le sol (les analyses disponibles suggérant une faible contamination par des eaux usées) constituent aussi très vraisemblablement, bien qu'en deuxième ordre, une source de pollution.

En effet, il est important de noter que dans le secteur de Kavani, le réseau d'assainissement est très insuffisant, voire inexistant par endroits. Il existe bien un réseau d'assainissement collectif sous forme de petites unités d'épuration raccordées sur le réseau d'évacuation des eaux pluviales, qui rejettent les eaux usées brutes dans la mangrove (étude de la Direction de l'Équipement, 1994). Les quartiers résidentiels situés sur les hauteurs de Kavani semblent raccordés au réseau d'assainissement. De plus, certaines constructions du centre de Kavani seraient équipées d'un système d'assainissement individuel. Cependant ce n'est pas le cas de la plupart des habitations individuelles du secteur de la source, ainsi que des zones d'habitat précaire (Figure 5). Les rejets en eaux usées de ces dernières sont généralement évacués par le réseau d'eaux pluviales ou s'infiltrent directement dans le sol. Ces rejets, situés dans la plupart des cas à proximité de l'émergence (zones de bidonvilles, figure 5) peuvent donc constituer une source de pollution chronique.

7. Solutions envisageables

Deux solutions semblent envisageables pour remédier au problème posé par la très mauvaise qualité des eaux de la source.

7.1 INSTALLATION D'UNE BORNE FONTAINE ET D'UN LAVOIR ALIMENTES PAR LE RESEAU AEP

D'un point de vue technique, la mise en place d'une borne fontaine et d'un lavoir entraînerait la condamnation de la source par destruction du dispositif de captage et drainage des eaux vers le réseau d'évacuation des eaux pluviales. Lors du drainage des eaux il faudra faire attention à ne pas trop abaisser le niveau piézométrique, ce qui pourrait provoquer l'assèchement du puits voisin.

D'un point de vue social, cette solution est tout à fait envisageable car les habitants ne semblent pas, *a priori*, opposés à l'utilisation de l'eau du réseau en remplacement à celle de la source à condition de pouvoir en disposer gratuitement (§ 5.2.3). De plus, la mise en place d'une borne fontaine et d'un lavoir publique favoriserait aussi bien les échanges socio-culturels entre les différentes communautés d'usagers de la source.

Les points forts de cette solution consisteraient (i) en la disparition des risques d'épidémies ou de maladies liés à l'utilisation de l'eau de la source (ii) en sa rapidité de mise en œuvre, qui n'entraînera pas de travaux lourds et coûteux et (iii) à la réhabilitation rapide d'un environnement « propre » aux alentours du point d'eau.

7.2 CONSTRUCTION D'UN CAPTAGE DANS LES REGLES DE L'ART

Le recaptage de la source dans les règles de l'art pourrait régler en grande partie les problèmes de pollution au niveau de l'émergence. Un schéma type de captage d'eau d'une source au moyen d'une tranchée drainante est proposé en figure 8.

La construction de ce type de captage nécessite un suivi hydrogéologique des travaux afin de définir et de dimensionner précisément, en fonction de la nature précise du sous-sol, le dispositif exact de captage. Celui-ci devra comprendre deux ensembles distincts :

- (1) le captage proprement dit, dont l'objectif est de drainer les eaux souterraines (volet quantitatif) et de supprimer tout risque de pollution locale (par la faune bactérienne du sol). Il ne devra comprendre aucun dispositif de mise en charge. Compte-tenu du débit modeste de la source en étiage et de son caractère en apparence superficiel (contribution des alluvions et colluvions), il n'est pas possible de garantir que la réalisation d'un captage supprimera tout risque de pollution d'origine locale (faune du sol provenant des environs de la source, en particulier en période pluvieuse). Ce risque pourra être limité par un entretien et une désinfection régulière de l'ouvrage (hypochlorite de sodium, par exemple), qui devra donc être couvert, doté de dispositifs de fermeture, tant vis à vis des humains que des animaux, et visitable. Par ailleurs, il conviendra d'aménager les abords de ce captage : suppression des sources

potentielles de pollution les plus proches, imperméabilisation du sol et diversion des eaux de ruissellement dans un périmètre de plusieurs mètres autour du captage, etc.,

- (2) la zone d'utilisation des eaux, située à plusieurs mètres en aval. Cet aménagement pourrait être constitué d'un bassin fermé qui aurait un rôle de stockage et serait muni de dispositifs de vidange et de robinets pour les utilisateurs. Ce dispositif devrait lui aussi être visitable et fermé. Par mesure de sécurité, il serait souhaitable de le doter d'un dispositif de chloration (pompe doseuse).

Compte tenu de la pente sur le site, des travaux de recaptage seraient parfaitement réalisables (Figure 7).

Par ailleurs, la mise en place d'un captage AEP nécessite un suivi de la qualité des eaux (analyses bactériologiques et physico-chimiques) qui devra être effectué, selon la législation en vigueur, au moins 1 fois par an.

La réalisation d'analyses bactériologiques par prélèvement directement au niveau des venues d'eau devrait permettre de vérifier la qualité des eaux de source. Il ne pourra cependant pas être exclu que des **pics de pollution** se produisent en période de pluies (alea à définir en fonction des observations qui seront réalisées lors de la construction du captage).

En cas de pollution chronique, il faudra envisager des travaux d'assainissement des habitations riveraines et/ou d'aménagement des environs du captage en limitant les infiltrations (dalle en béton etc.).

Ce captage devra aussi faire l'objet d'un entretien régulier par :

- nettoyage des installations (parois, réservoirs, abreuvoirs etc.) ; il est à effectuer juste après les travaux et ensuite annuellement ;
- désinfection du circuit hydraulique de l'ouvrage à l'aide d'une solution chlorée. La désinfection est à refaire une fois par an minimum, voire tous les 3 à 6 mois si le captage est très contaminé.

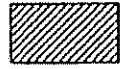


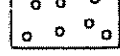
Enfin, on peut envisager une protection maximale de cet éventuel point d'eau AEP par l'instauration de périmètres de protection et des servitudes associées à l'intérieur de ces périmètres. La définition de ces périmètres nécessiterait des études complémentaires ainsi que l'avis d'un hydrogéologue agréé.

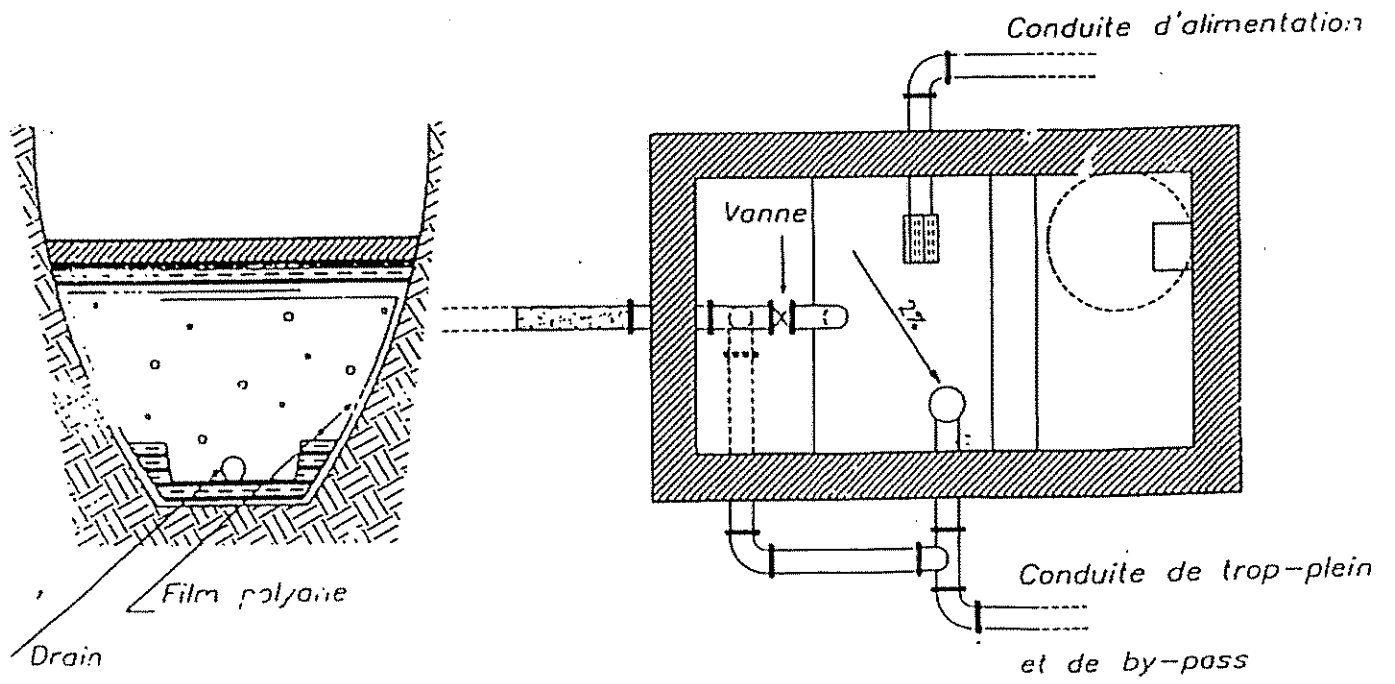
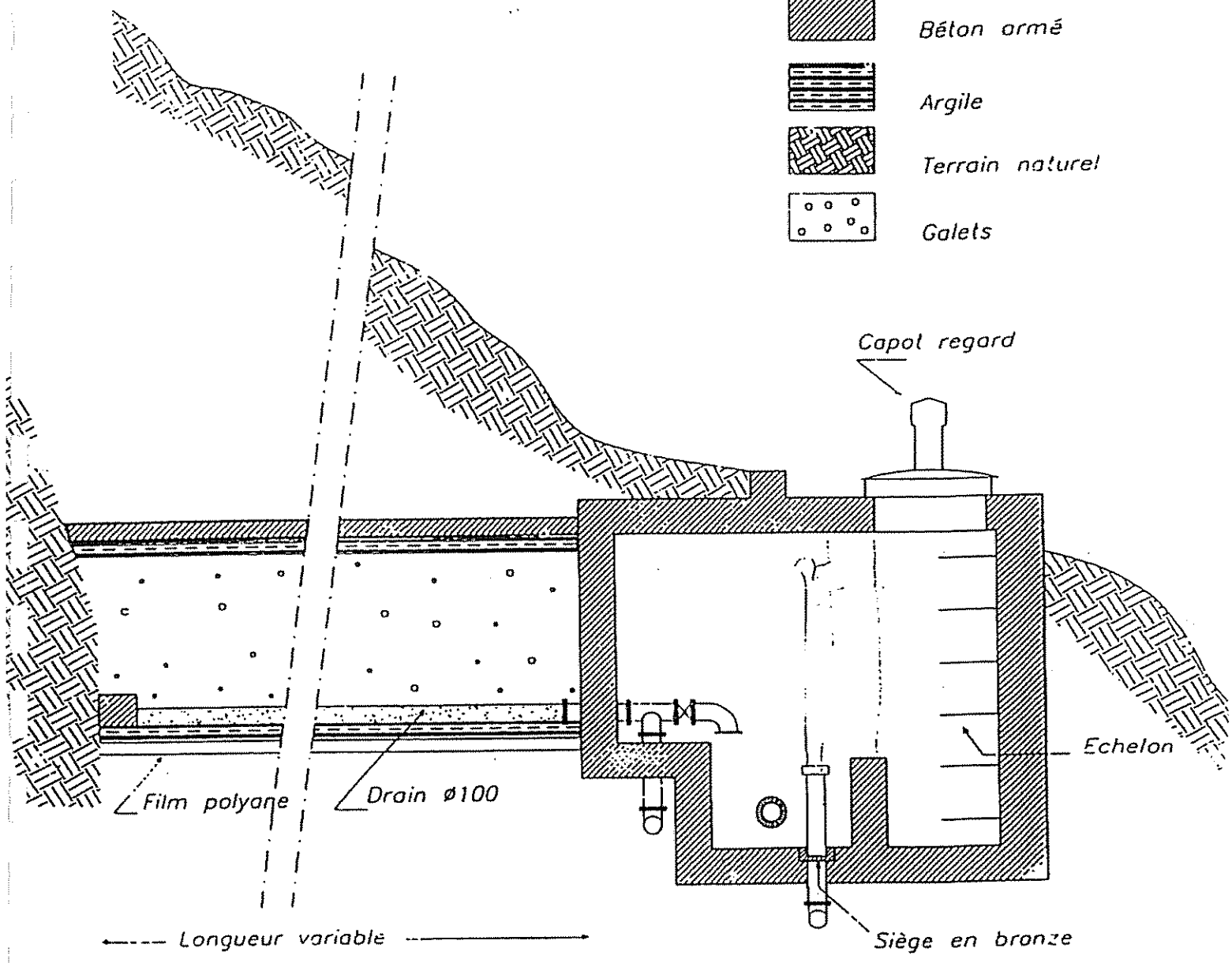


Figure 7 : (a) vue générale de la source Massimoni dans sa partie aval ; (b) zone d'évacuation du trop-plein du bassin (septembre 2000).

CAPTAGE D'EAU POTABLE

SCHEMA TYPE

-  Béton armé
-  Argile
-  Terrain naturel
-  Galets



8. Conclusion

La source Massimoni correspond à une émergence d'eau souterraine associée à une nappe « perchée ». L'eau de cette source possède un caractère non potable qui est lié à une contamination bactérienne.

Cette étude a permis de recenser deux principales sources potentielles de contamination du griffon :

- une pollution directe au niveau du bassin, liée aux caractéristiques du captage et aux modalités d'exploitation de la source par les habitants du village ; il s'agit très clairement du principal mode de contamination des eaux ;
- une pollution au sein de l'aquifère, qui est relativement vulnérable par rapport à des contaminations depuis la surface, de par la nature perméable des pyroclastites (scories, lapilli) à l'affleurement. Les principales sources de pollution potentielle sont liées (i) à la faune bactérienne du sol et (ii) aux rejets depuis les habitations localisées à proximité de la source et non dotées de dispositif d'assainissement (pollution minoritaire actuellement).

Deux solutions peuvent être envisagées, dans le cadre d'une réhabilitation du point d'eau.

La première solution, la plus sûre et la moins onéreuse serait de condamner la source, d'évacuer ses eaux par drainage au sein du réseau d'eaux pluviales et d'installer une borne fontaine et un lavoir, alimentés par le réseau AEP. A l'heure actuelle, les usagers ne semblent pas opposés à cette solution, sous condition d'une **mise en libre service des installations**. L'avis d'un sociologue s'avérerait peut-être nécessaire pour confirmer cette première impression qui ressort d'une enquête auprès des usagers de la source.

La seconde solution serait d'envisager le recaptage de la source dans les règles de l'art. Ceci entraînerait :

- l'engagement de travaux de recaptage, qui s'avéreraient très délicats en raison du contexte d'émergence de la source (faible débit, aquifère peu épais). Ces travaux devraient, en outre, faire l'objet d'un suivi hydrogéologique permettant de dimensionner l'ouvrage précisément ;
- l'entretien régulier des installations ;
- la mise en œuvre des mesures administratives réglementaires (demande d'autorisation d'exploitation pour l'AEP, analyses physico-chimiques et bactériologiques complètes, instauration de périmètres de protection, etc.) ;

En cas de recaptage de la source, des périmètres de protection pourraient être instaurés, afin de garantir une protection maximale de la qualité des eaux de captage. Cependant, la délimitation de tels périmètres requerrait des investigations plus poussées (fouilles à la pelle pour mieux caractériser la nature des formations géologiques du sous-sol, pompages d'essai sur les puits alentours, si possible des piézomètres de fortune pour estimer la direction d'écoulement des eaux souterraines, pour mieux préciser le bassin versant, etc.). L'objectif serait, alors :

- de protéger les abords immédiats de la source, dans un périmètre à définir en fonction de l'acquisition de nouvelles données géologiques et hydrogéologiques détaillées ;
- de protéger l'ensemble du bassin versant, si les données acquises montraient un risque de propagation rapide des pollutions et surtout l'absence d'auto-épuration.

En conclusion, quelle que soit la solution envisagée, l'accès direct du public à la source devrait être strictement interdit, ce qui permettrait de résoudre le problème de pollution de l'eau qui est majoritairement lié au mode actuel de captage et d'utilisation de la source.

9. Références bibliographiques

Eberschweiler C., 1986 – Etude hydrologique, hydrochimie et géochimie isotopique d'une île volcanique sous climat tropical humide : Mayotte. Thèse doct. 3^e cycle. Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay. 268 p.

Direction de l'Équipement, 1998 – Etude préalable à l'assainissement de Mamoudzou – Phase 1 : 1994-1998.

Direction de l'Équipement, 2000 – Extrait du projet du Plan d'Occupation des Sols au 1/5 000^e – Commune de Mamoudzou / zonage 2.

Stieltjes L., 1988 – Carte géologique de l'île de Mayotte au 1/ 50 000^e. Ed. BRGM.

Annexe 1

Résultats des analyses bactériologiques et physico-chimiques des eaux de la source Massimoni (octobre 2000)

DEPARTEMENT DE LA REUNION - CONSEIL GENERAL

LABORATOIRE DEPARTEMENTAL D'EPIDEMIOLOGIE ET D'HYGIENE DU MILIEU

12, Rue Jean CHATEL - 97488 SAINT-DENIS Cédex - Téléphone : 02-62-21-23-68 - Télécopie : 02-62-21-35-43

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

analyse type : b3c3

N° : 39719 Prélèvement effectué le : 29/09/2000 à 00:00 Commune de: MAYOTTE **06 OCT. 2000**

Demandeur : B.R.G.M. (Réunion/Mayotte)
5 Rue Sainte Anne
B.P. 906
97478

Lieu du Prélèvement : MAMOUDZOU Mayotte
Code: Source MASSIMONI

Examen physique

			C. M. A.*
Température (°C) :	pH..... :	7,10	6,5 à 9
Couleur : incolore	Turbidité (en N.T.U.):	5,29	< 2
Odeur : inodore	Conductivité (µS/cm):	286	
Minéralisation : peu accentuée			

Contrôle du traitement

Chlore total (en mg/l) :	Chlore libre (en mg/l) :	0.2 à 0.6
--------------------------	--------------------------	-----------

Analyse bactériologique

* Numération sur gélose nutritive, 72H à 22°C (col/ml) [XP T90-402]	> 300	
* Numération sur gélose nutritive, 24H à 37°C (col/ml) [XP T90-401]	> 300	
* Colimétrie sur membranes filtrantes et milieu TTC (col/100ml) :		
Coliformes totaux, 24H à 37°C [NF T90-414].....	2 400	0
Coliformes thermotolérants, 24H à 44,5°C [NF T90-414].....	400	0
* Streptocoques fécaux sur mb. filtr. et Slanetz, 48H à 37°C (col/100 ml) [XP T90-416]	6	0
* Clostridium Sulfito-réducteurs sur milieu VF, 48H à 37°C (col/100 ml) [NF T90-415]	100	5
* Autres germes : Pseudomonas++ - micrococcus		

Analyse chimique

	C. M. A.*		C. M. A.*	
TH en °F [NF-90.003].....	11,1	35	Ammonium (mg/l NH4[NF T90-015]:	0,02 0,50
TA en °F [NF ISO 9963-1].....	0,0		Nitrates (mg/l NO3)[FDT90-045].....	0,6 50
TAC en °F.[NF ISO 9963-1].....	12,8	12 à 15	Nitrites mg/l NO2[NF EN 26777] ...	0,00 0,10
Sodium (mg/l Na) [NF T90-019]... :	30,9	150	Fer (mg/l Fe++) [NF T90-017]	0,38 0,20
Potassium mg/l K) [NF T90-019]:	3,6	12	Manganèse (mg/l Mn)[NF T90-024]:	0,0 0,05
Aluminium (mg/l Al) [FDT 90-112]: ;;;	0,05	0,20	Oxydabilité KMnO4 en milieu acide (mg/l	
Chlorures (mg/l Cl-)[NF T90-014] :	53,7	200	02)[NF ISO 8467]	0,4 5
Sulfates (mg/l.S04 --)[NF T90-040] :	8,6	250	Essai/marbre: pHi-pHsat	-0,48
Azote Kjeldahl (mg/l N)[NF EN 25663] :		1	Orthophosphates (mg/l P2O5)	

Conclusion

Eau non potable.

Observations

* C. M. A.: Concentration Maximale Admissible

St. Denis le, 05/10/2000

P/le Directeur, L'Ingénieur en Chef
Didier LIOT



Annexe 2

Résultats des analyses bactériologiques du puits le plus proche de la source Massimoni (octobre 2000)

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

analyse type : **b3c1**

N° : **39720** Prélèvement effectué le : **29/09/2000** à **00:00** Commune de : **MAYOTTE**

Demandeur : **B.R.G.M. (Réunion/Mayotte)**
5 Rue Sainte Anne
B.P. 906
97478

Lieu du Prélèvement : **Secteur MASSIMONI Mamoudzou**
 Code: **Puits**

Examen physique

C. M. A.*

Température (en °C) :		
Couleur	incolore	
Odeur	inodore	
pH.....	7,10	6,5 à 9
Turbidité (en N.T.U.):	4,12	< 2
Conductivité (µS/cm):	300	
Minéralisation	peu accentuée	

Contrôle du traitement

Chlore total (en mg/l) :	
Chlore libre (en mg/l) :	0.2 à 0.6

Analyse bactériologique

* Numération sur gélose nutritive, 72H à 22°C (col/ml)	> 300	
* Numération sur gélose nutritive, 24H à 37°C (col/ml)	> 300	
* Colimétrie sur membranes filtrantes et milieu TTC (col/100ml) :		
Coliformes totaux, 24H à 37°C.....	12	0
Coliformes thermotolérants, 24H à 44,5°C.....	230	0
* Streptocoques fécaux sur mb. filtr. et Stanetz, 48H à 37°C (col/100 ml)...	22	0
* Clostridium Sulfito-réducteurs sur milieu VF, 48H à 37°C (col/100 ml)...	100	5
* Autres germes : Pseudomonas+++		

Conclusion

Eau non potable.

Observations

La prédominance des pseudomonas inhibe la culture des coliformes totaux à 37°C.

Saint Denis le, **05/10/2000**
 P/le Directeur, L'Ingénieur en Chef
Didier LIOT

* C. M. A.: Concentration Maximale Admissible



Annexe 3

Résultats des analyses bactériologiques des eaux de la source Massimoni et du puits le plus proche effectuées entre 1998 et 1999 par la DASS de Mamoudzou

REPUBLIQUE FRANÇAISE

COLLECTIVITÉ TERRITORIALE
DE MAYOTTE

REPRÉSENTATION DU GOUVERNEMENT



DIRECTION DES
AFFAIRES SANITAIRES
ET SOCIALES

Ourfane ALI

Référence :

Affaire suivie par 57/DASS/00/SE

28 Septembre 2000

Date :

Analyses d'eaux de la "source Massimoni" Kavani M'tsapéré.

Résultats bactériologiques : (année 1998-1999)

Lieux de prélèvement	Date	Germes totaux col/100 ml	Coliformes totaux col/100 ml	Coliformes fécaux col/100 ml	Stréptocoques fécaux col/100 ml
Dans la source	06/05/98	10000	0	0	2960
Dans la source	04/10/99	10000	61	9	1440
Dans le puits le plus proche	06/05/98	10000	0	0	1860
Dans le puits le plus proche	04/10/99	<10000	32	0	1260

Conclusion : eau impropre à la consommation humaine.

Le Service Santé-Environnement

