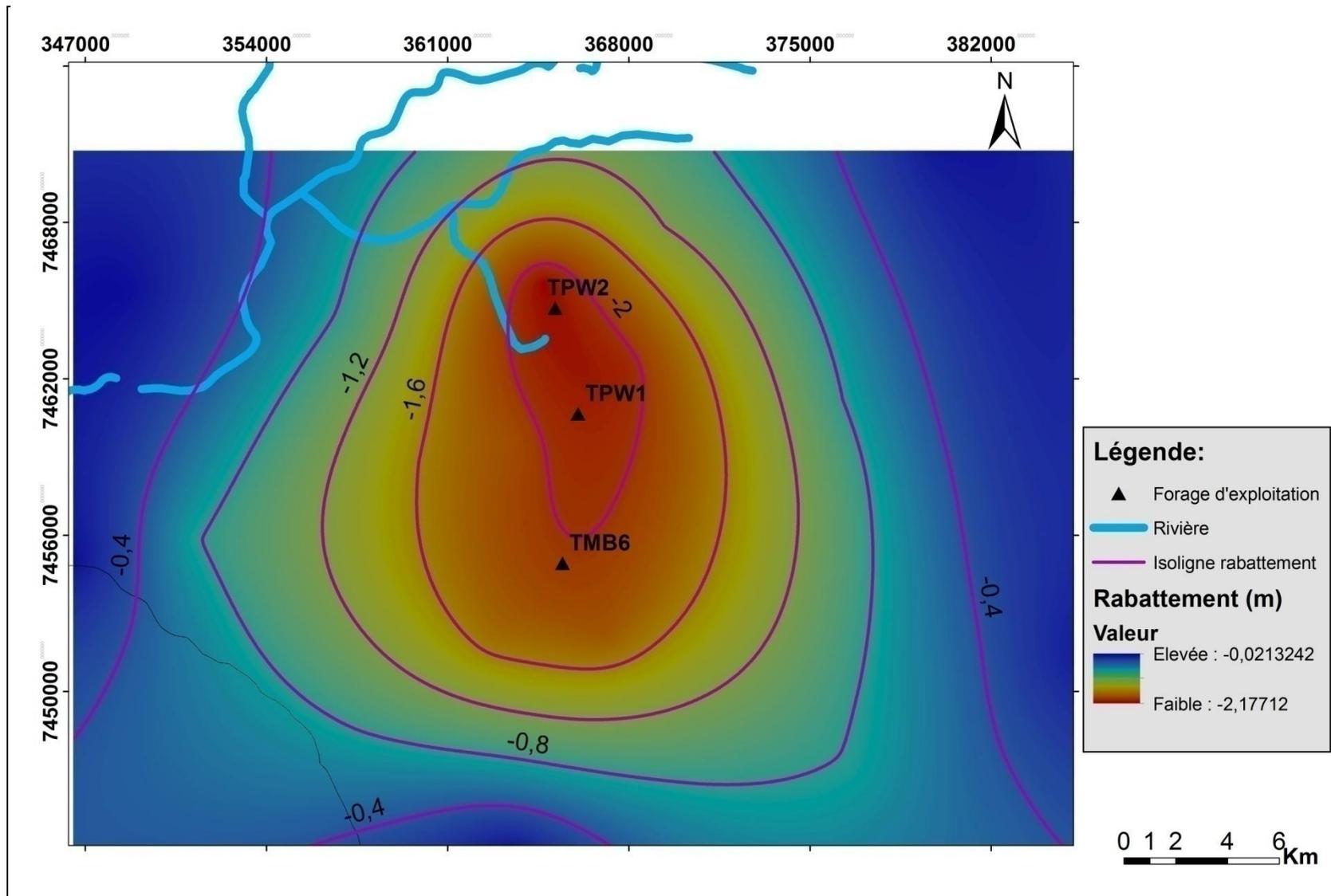
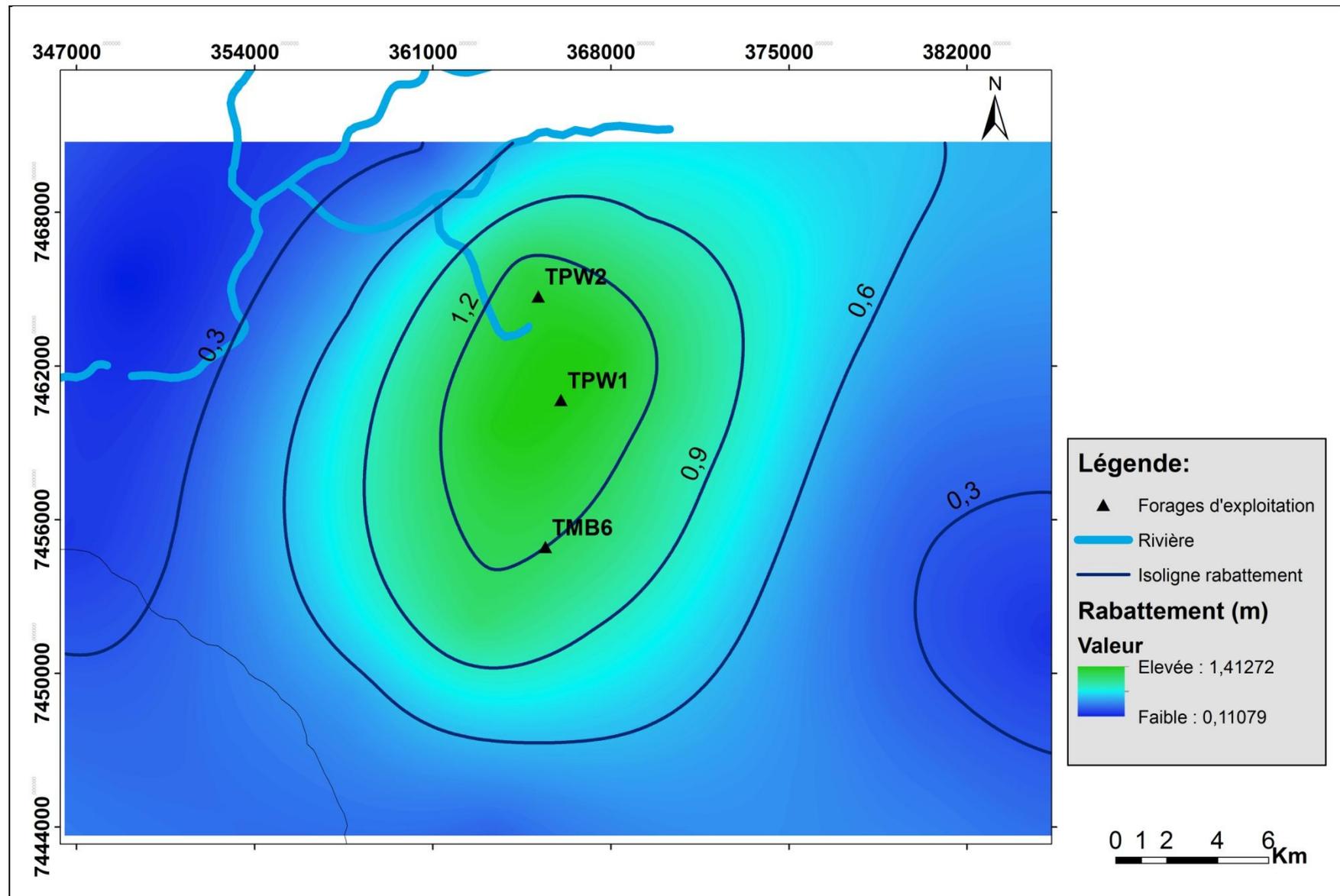


Carte 12: Evolution du rabattement dans la nappe alluviale après 3 mois de pompage avec réalimentation



Carte 13: Evolution du rabattement dans la nappe calcaire après 3 mois de pompage avec réalimentation



Durant la période où se produit la recharge, la montée du niveau d'eau dans la nappe alluviale est plus importante et l'effet du drainage dû au pompage est intégralement compensé. Comme représenté sur la carte, cette remontée atteint 2,18 m sur le lieu du rejet et diminue jusqu'à atteindre le niveau normal à quelques kilomètres. Vu le niveau naturel de la nappe, cette valeur maximale de la remontée ne peut pas causer des méfaits sur le milieu. Tout d'abord, car la nappe phréatique se trouve à une profondeur moyenne de 10m et ensuite car le site est éloigné des villages. Cette remontée de la nappe peut même être favorable à l'accès à l'eau dans les puits.

Dans la nappe calcaire, on observe toujours un abaissement du niveau de la nappe à cause du prélèvement. Cependant, ce rabattement est amorti grâce à la recharge et ne représente plus que 1,70m au maximum, tout près des ouvrages de captage. Cette baisse de niveau peut être considérée comme négligeable dans la nappe calcaire, vue la largesse de cette ressource et sa situation vis-à-vis de son usage.

L'écoulement de la rivière Manombo n'est pas influencé durant cette période.

 Etude d'une sécheresse de 4ans

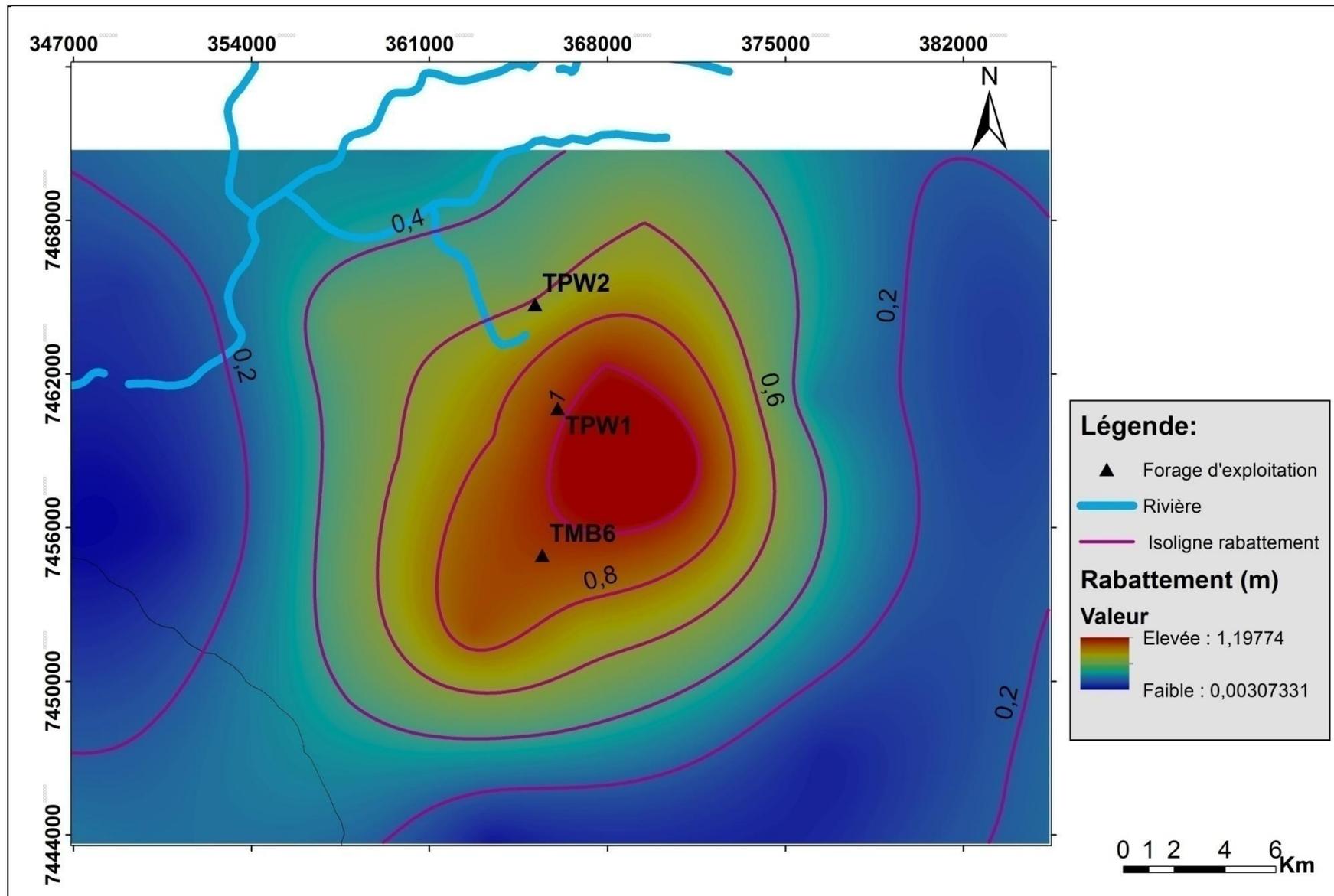
L'impact d'une sécheresse pendant 4 ans est considéré comme étant le pire des cas. Le cas de figure est assez simple ici, mais c'est un cas extrême. Il s'agit d'analyser l'effet du pompage au cours des quatre années où survient un étiage sévère.

On prendra donc une période de simulation de 4 ans, gardée entière, et dans les mêmes conditions que le premier scenario. Autrement dit les sollicitations restent les mêmes durant toute la période. Cependant, la quantité d'eau qui alimentera la nappe sera la recharge évaluée dans le contexte d'un étiage de période de retour de 5 ans.

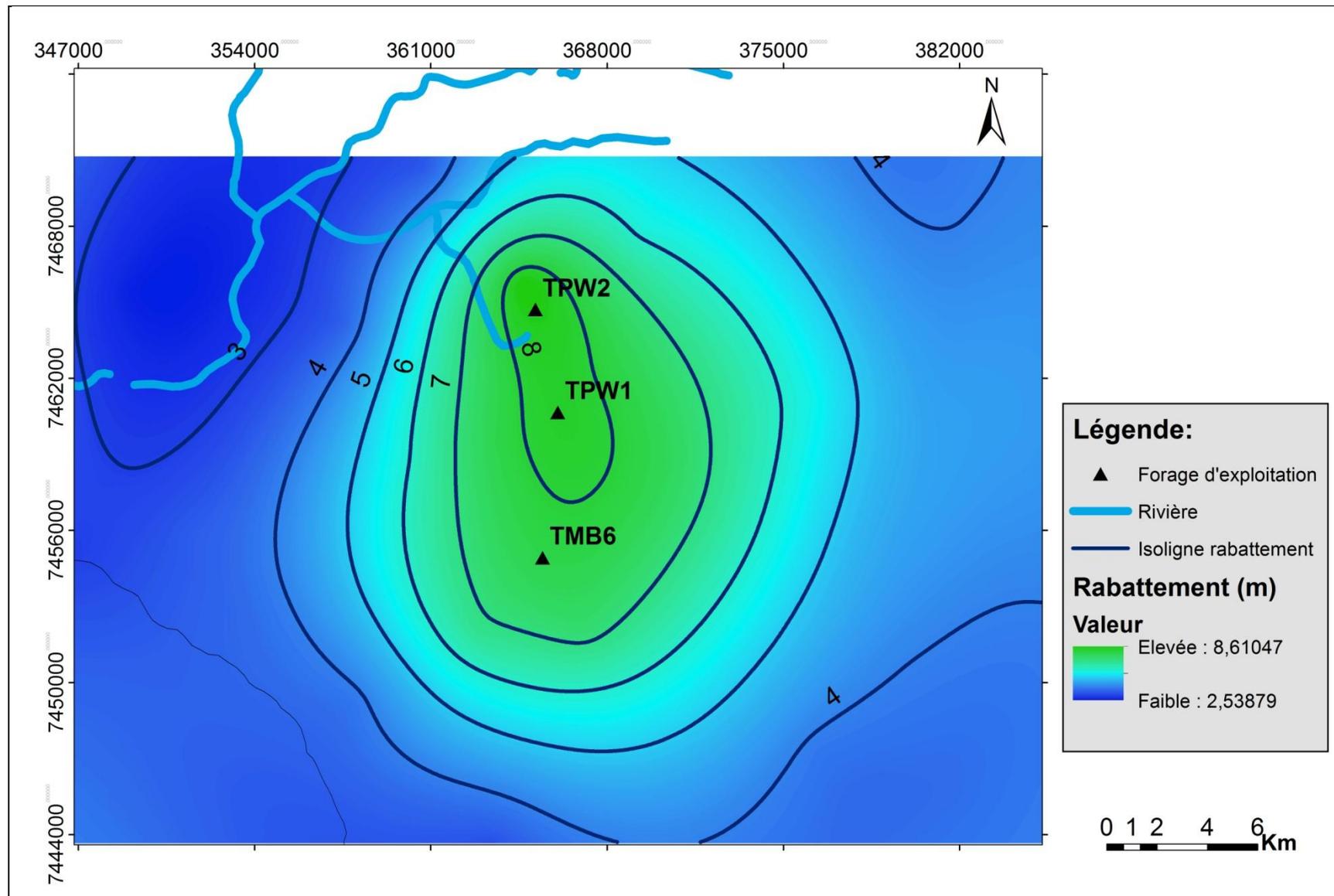
Temps		Paramètres					
Pas de temps	Période de stress	Pompage[m ³ /jour]		Recharge[m/jour]		Injection[m ³ /jour]	
		Couche supérieure	Couche inférieure	Couche supérieure	Couche inférieure	Couche supérieure	Couche inférieure
4ans = 1465 jours	1	0	3240	4,4.10 ⁻⁵	7,1.10 ⁻⁵	2592	0

▪ **Rabattement simulé à la suite de 4 années de sécheresse**

Carte 14: Evolution du rabattement dans la nappe alluviale après 4 années de sécheresse



Carte 15 : Evolution du rabattement dans la nappe calcaire après 4 années de sécheresse



A la suite de 4 années de sécheresse, la nappe alluviale subit une baisse de niveau maximale de 1,2 m, un peu plus au sud du champ de captage. Cette baisse s'atténue en allant vers le nord. Le rabattement qui se produit est dû au drainage de la nappe sous-jacente. Par ailleurs, cet effet est amorti par le recyclage. L'impact n'est pas considéré comme très préjudiciable car le rabattement le plus important est enregistré près du site minier, plus précisément au Sud-Est du champ de puits communautaires.

L'impact d'une période sèche de 4 ans se concrétise nettement plus au niveau de la nappe pompée. Le rabattement simulé pour le cas atteint 8m environ autour du champ de captage. Le pompage a une influence plus large au sud ; le rabattement mesuré n'a diminué que de 2m tandis que vers le nord il est presque négligeable. Le rabattement provoqué par le prélèvement est certes non négligeable mais il n'est pas non plus préjudiciable pour la ressource ou pour la population.

Après la période de sécheresse de 4 ans, l'écoulement de la rivière Manombo se trouve affectée. On prévoit une réduction du niveau du cours d'eau, d'une part à cause de la diminution des écoulements souterrains alimentant la rivière et d'autre part surtout à cause du déficit de ruissellement de surface lui-même.

Dans le contexte normal

En dernier, l'étude consiste à analyser l'effet du prélèvement sous les conditions normales, considérées comme les plus probables au cours du temps.

✓ Temps de simulation

Pour tenir compte de l'évolution temporelle de l'impact, l'étude est effectuée sur trois horizons de projection de 5, 10 et 21 ans. La simulation est donc établie sur 3 périodes.

Comme il a été vu dans la section concernant les ressources en eau, le régime de recharge et de pompage sont à peu près constants au cours de l'année. On ne fera donc pas de distinction entre période sèche et humide. Cependant, il faut prévoir un effet de changement climatique sur les ressources en eau après une dizaine d'années.

- Pour les périodes de simulation de 5 et 10 ans, on n'aura pas à considérer des conditions de stress différents. Il n'y aura, par conséquent, qu'une seule période de stress pour chaque pas de temps.
- Au cours des années qui suivent ces périodes, on tiendra compte d'une diminution de la recharge due à l'effet du changement climatique après 15 ans. La période sera donc subdivisée en deux périodes de stress qui représenteront deux contextes climatiques différents.

✓ Paramètres en jeu

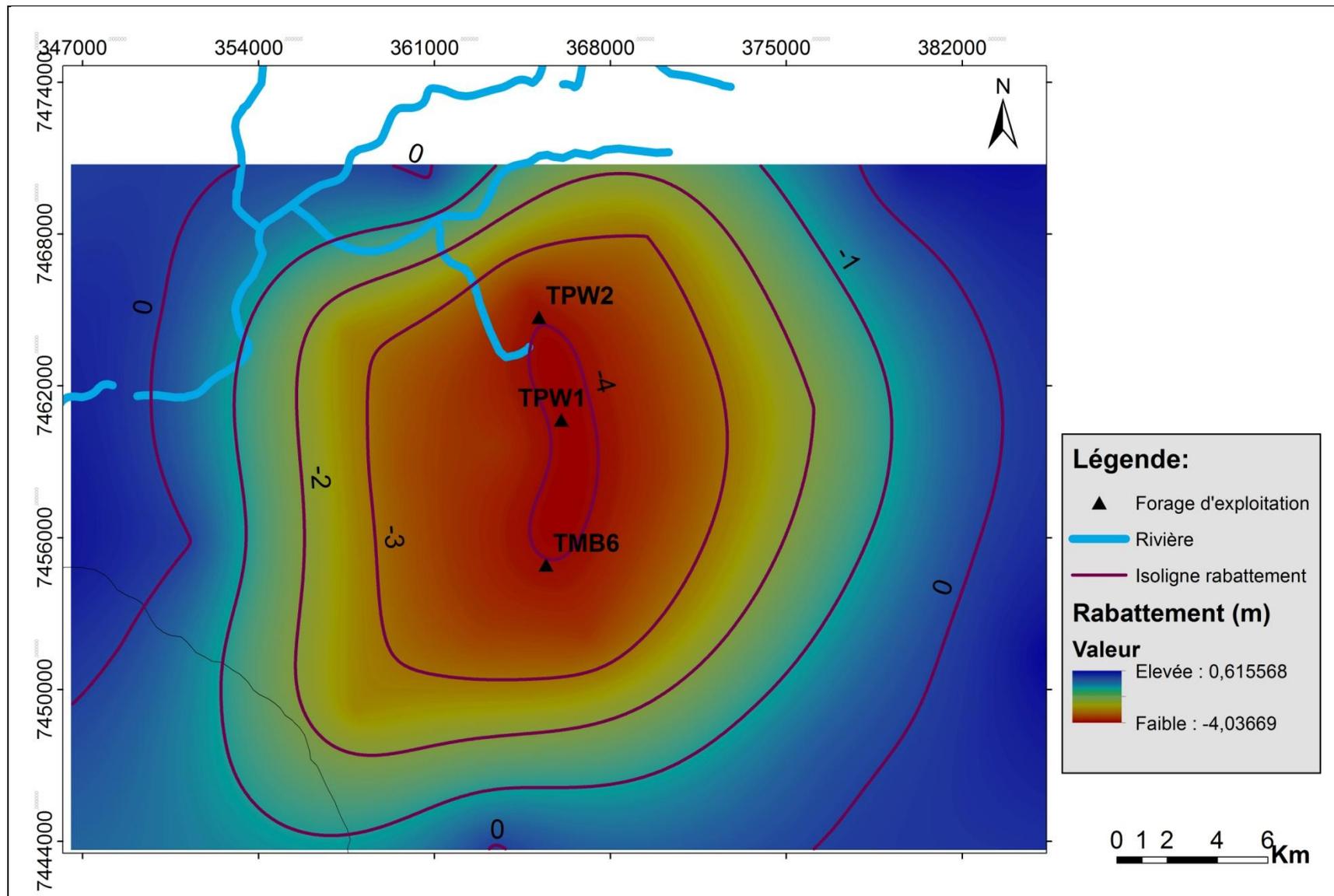
- La recharge de la nappe est telle que calculée précédemment, dans l'étude des ressources en eau. C'est la recharge estimée sur la base des conditions en année médian.
- Les prélèvements sont fixés à partir des besoins évalués.
- La quantité d'eau restituée à la nappe par le dépôt des déchets humides est introduite sous une condition d'injection dans la nappe. Cette quantité représente 80% de la quantité d'eau prélevée.
- Pour rendre compte des effets du changement climatique sur les ressources en eau, la recharge a été réduite d'une quantité arbitraire de 20% de sa valeur initiale, après 15 ans.

Le tableau suivant résume le premier scénario de l'étude.

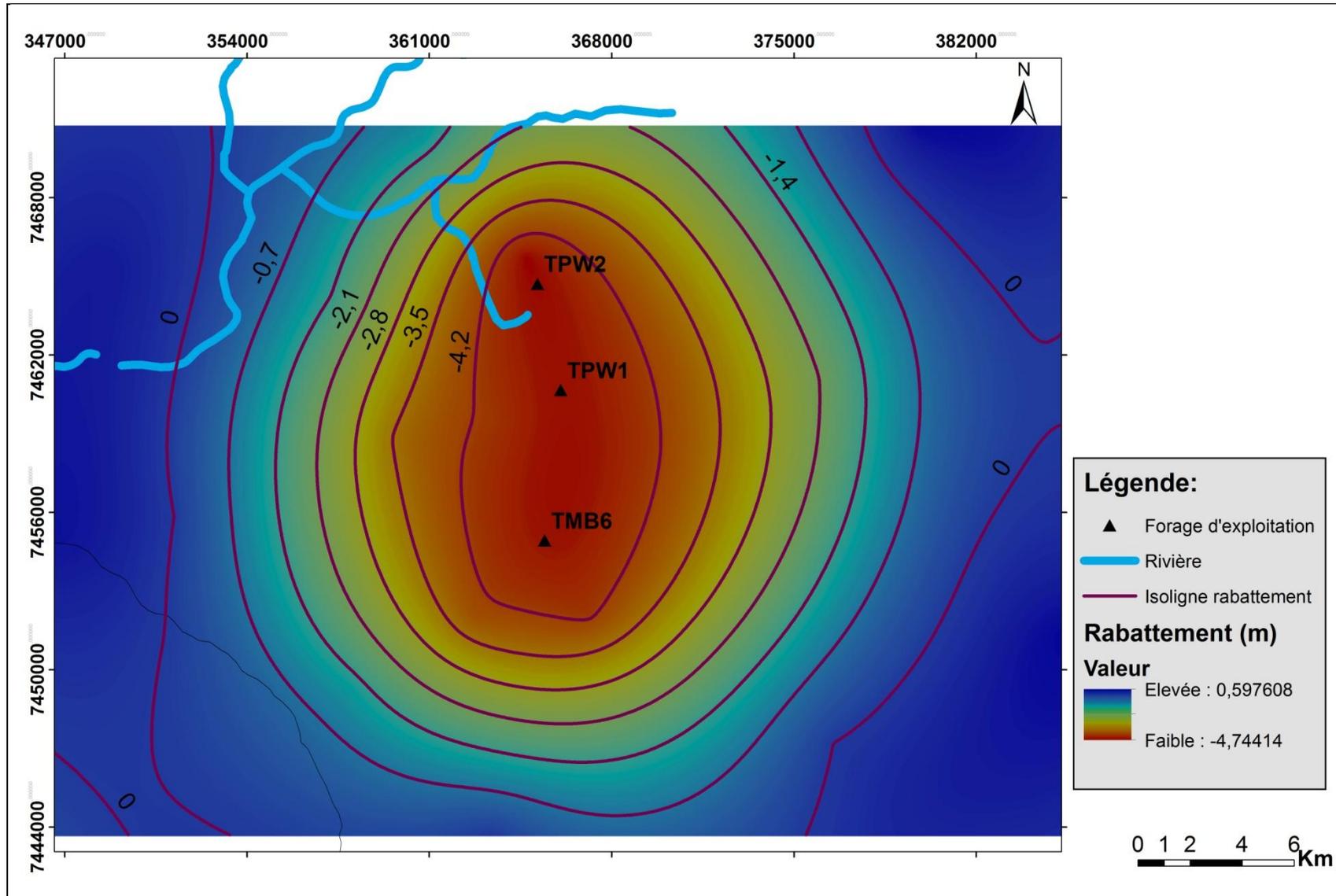
Temps		Paramètres					
Pas de temps	Période de stress	Pompage [m ³ /jour]		Recharge [m/jour]		Injection [m ³ /jour]	
		Couche supérieure	Couche inférieure	Couche supérieure	Couche inférieure	Couche supérieure	Couche inférieure
5ans = 1825 jours	1	0	3240	4.10 ⁻⁴	3.310 ⁻⁴	2592	0
10ans = 3650 jours	1						
21ans = 7665 jours	1 (15ans)						
	2 (6ans)	3,2.10 ⁻⁴	2.6.10 ⁻⁴				

- Rabattements dans la nappe alluviale

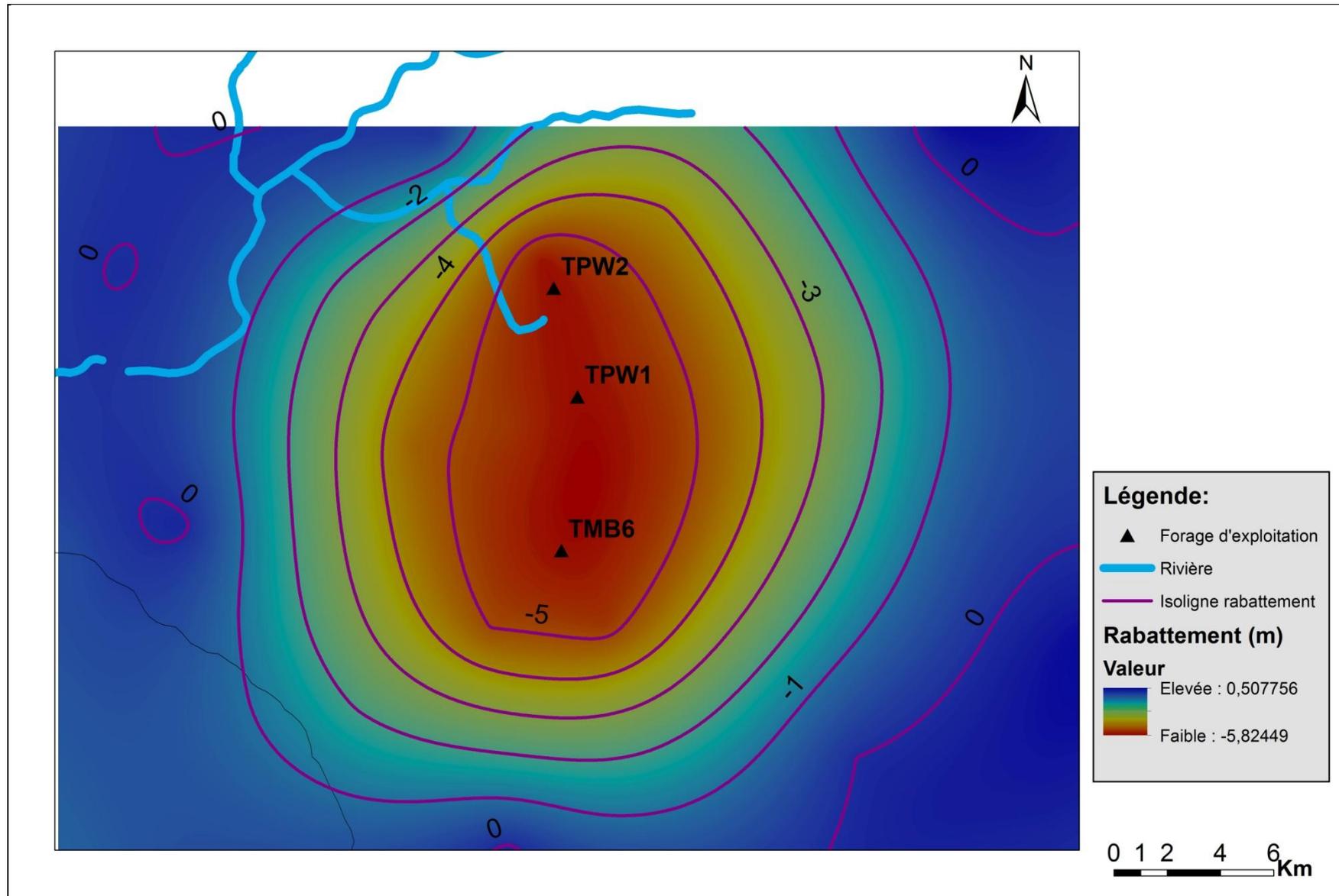
Carte 16: Evolution du rabattement dans la nappe alluviale après 5 ans de pompage



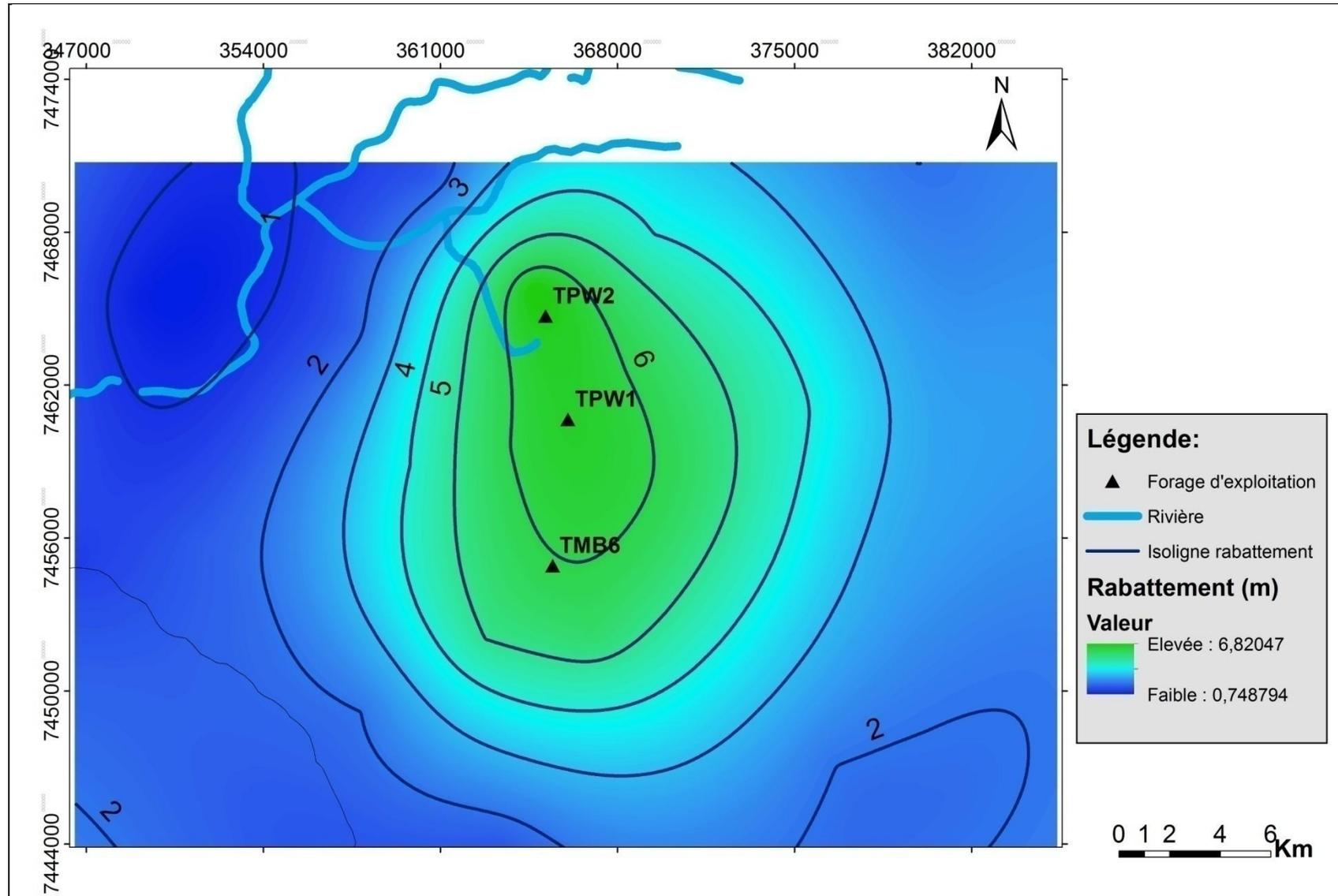
Carte 17: Evolution du rabattement dans la nappe alluviale après 10 ans de pompage



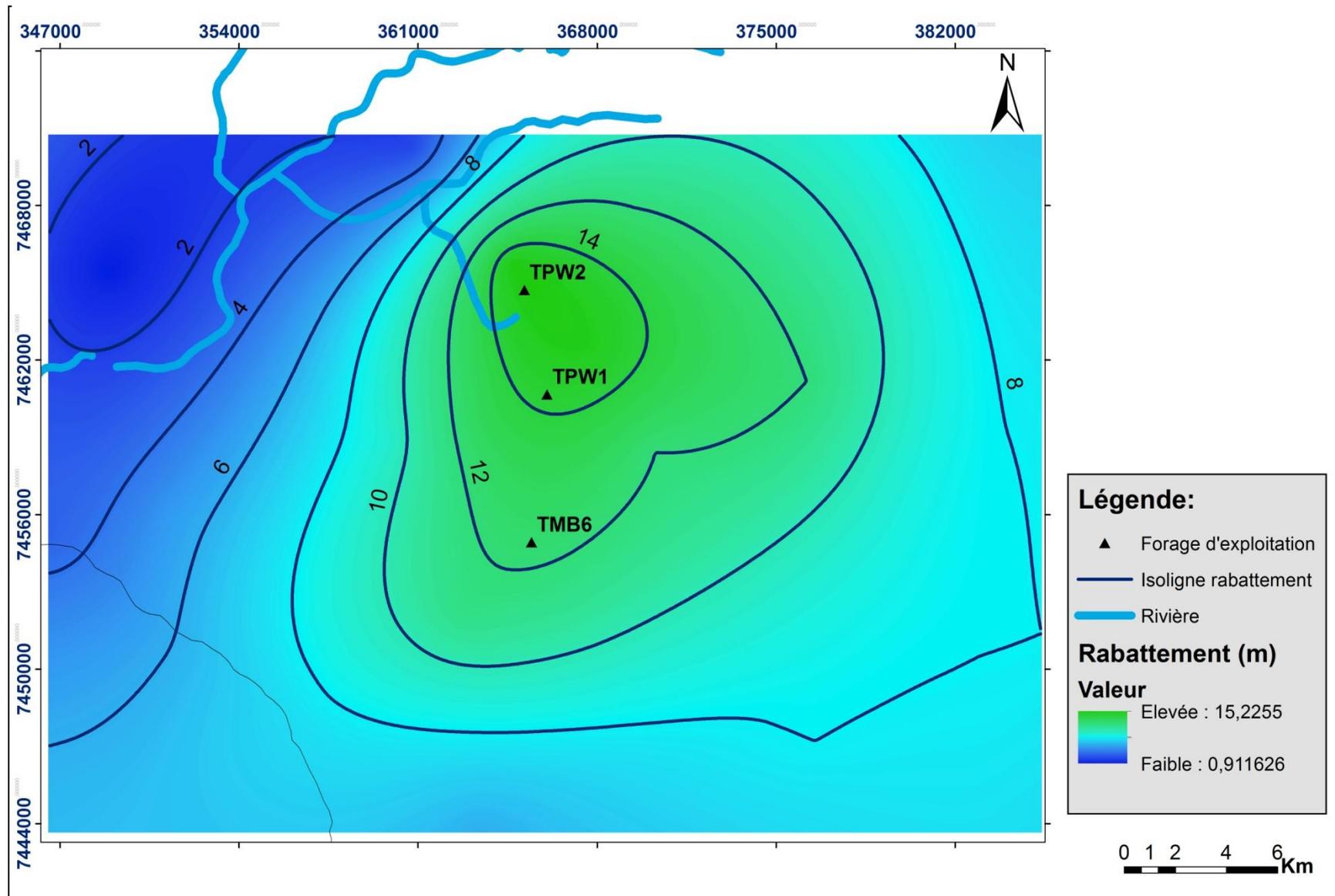
Carte 18: Evolution du rabattement dans la nappe alluviale après 21 ans de pompage



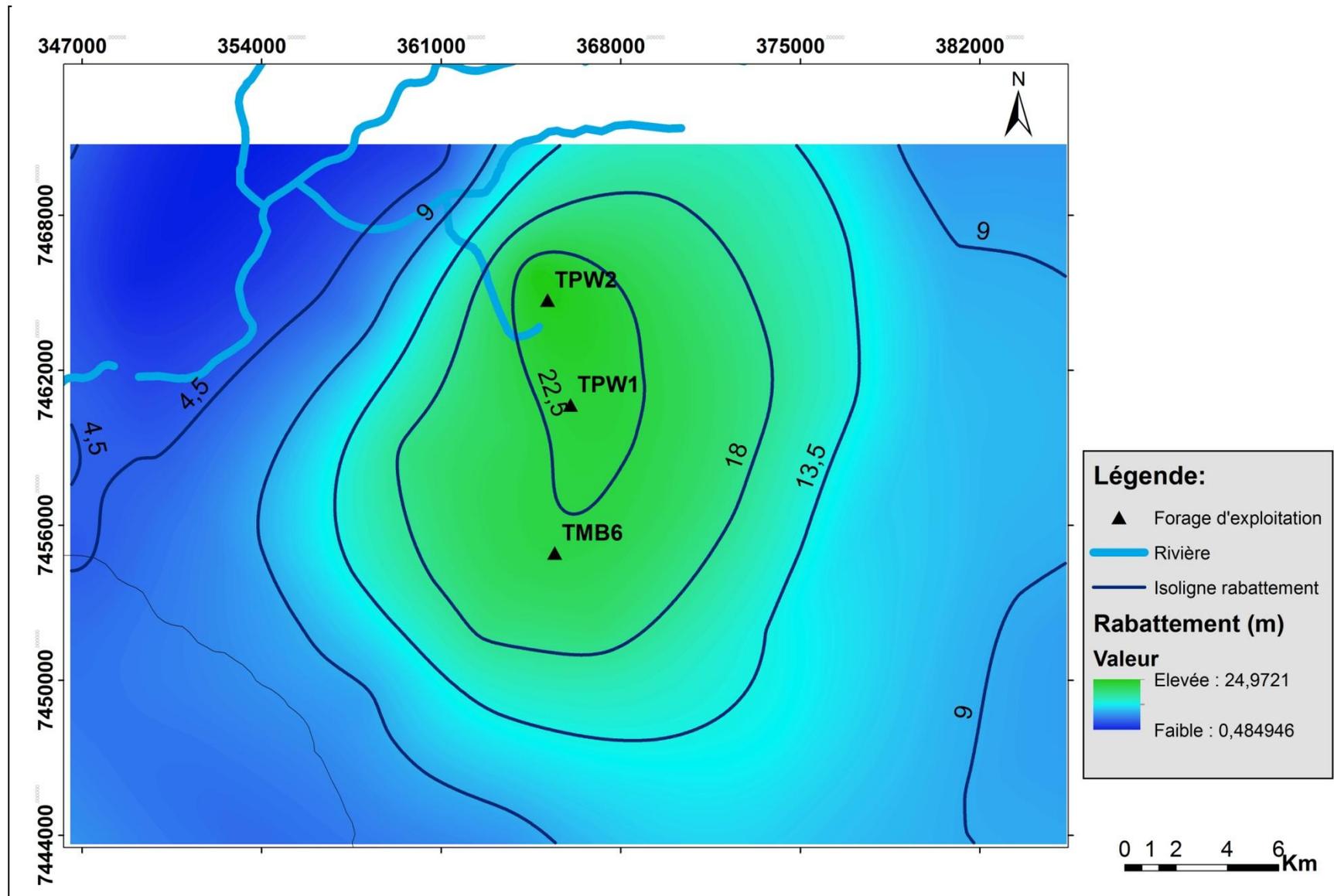
Carte 19: Evolution du rabattement dans la nappe calcaire après 5 ans de pompage



Carte 20: Evolution du rabattement dans la nappe calcaire après 10 ans de pompage



Carte 21: Evolution du rabattement dans la nappe calcaire après 21 ans de pompage



Comme on pouvait le voir sur les cartes, le niveau d'eau dans la nappe alluviale évolue en augmentant, au cours du temps, aux alentours du site de dépôt mais connaît une petite diminution à quelques kilomètres de ce site. Entre les 5, 10 et 21 ans d'exploitation, la remontée progresse respectivement de 3, 1 et 1,75m au maximum dans la concession minière et le rabattement reste dans les environs de 0,62m. Ces résultats nous permettent de déduire qu'après quelques années, il s'établit un équilibre entre l'opération de prélèvement et de l'injection et le niveau de la nappe reste plus ou moins stable. Aucune conséquence grave n'est à craindre par rapport à la remontée ou/et ou la baisse du niveau de la nappe si l'on se réfère à sa profondeur. De plus, le périmètre cultivé et les villages d'habitation sont éloignés de la zone de dépôt où le niveau d'eau est maximal.

Comme dans tous les cas de figures précédents, le niveau d'eau dans la nappe souterraine calcaire connaît une progression décroissante à cause du prélèvement. Durant les 5 premières années de l'exploitation, le rabattement est estimé à 6,5m au niveau des points de captage avec un rayon d'influence moyen de 2km. Après 10 ans, le rabattement maximal prévu est de 15m. Il persiste plus vers le Sud-Est et n'est réduit qu'à 7.35m tandis que vers le nord-ouest il n'est plus que de 1,84m. La répartition spatiale du rabattement se présente de la même manière mais il s'intensifie au cours du temps. Après 21 ans, l'abaissement le plus important est de 25m à proximité du champ de captage, le rabattement résiduel est de 8m au Sud Est et 3,66m le long de la rivière Manombo et des villages.

Pendant les quelques premières années de l'exploitation, l'influence du pompage sur la rivière est estimé moindre. Ce n'est qu'en début de la deuxième décennie que l'impact du pompage atteint l'écoulement de surface. La diminution du débit de la rivière est alors évaluée à 17% de sa valeur initiale. A la fin de l'exploitation, c'est-à-dire après 21 ans, on estime une réduction de 30% de l'écoulement avant l'exploitation de la rivière Manombo.

Conclusion partielle

D'après les résultats obtenus précédemment, on conclut que la nappe alluviale est peu affectée par le captage d'eau grâce au recyclage par les résidus humides. Les niveaux d'eau ont une tendance de remontée aux alentours du site de dépôt. Par ailleurs, à quelques kilomètres, le niveau cède à un rabattement, mais il est minime.

Dans la nappe exploitée directement, le rabattement simulé est assez considérable malgré la réintégration de l'eau dans la nappe par les dépôts humides car seule une infime partie de cette eau rejoint la nappe souterraine. La zone d'influence du pompage est plus large vers le plateau calcaire et vers le sud. Le rabattement s'amointrit vers le nord-est, c'est-à-dire le long de la rivière Manombo et de la côte.

5.3.1.2. Les sols des sites d'accumulation

Sur les Hautes Terres et le versant oriental, les sites d'accumulation correspondent uniquement aux vallées (**cf photo n°22**) où sont déposés les dépôts alluviaux. En fonction du drainage, on peut observer sur la moyenne terrasse des sols allitiques rajeunis. Dans le premier cas, l'incision du réseau hydrographique et le changement des conditions de drainage, a provoqué le lessivage du fer et, à un moindre degré, de la silice dans les anciens niveaux de gley. On aboutit ainsi des sols à gley lessivés assez fortement allitiques. Tous les profils présentent les caractères suivants.

A Horizon humifère généralement peu structuré, fortement désaturé.

B ou Bg Horizon argileux où aucun minéral primaire altérable ne peut être reconnu. Gibbstique au sommet ($\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = 1 \text{ à } 1.2$), plus ou moins bien structuré, atteignant plus de 60cm de profondeur mais ne dépassant pas 1.50m – 2m, fortement désaturé.

BC ou BCg Horizon kaolinique, argilo-limoneux, où l'on reconnaît des minéraux primaires altérés (ex : squelettes de micas kaolinisés) avec l'absence de véritable zone tachetée. Même pour les sols ferrallitiques rajeunis la présence de traces d'hydromorphie peut apparaître à ce niveau, fortement désaturé (**BOURGEAT F., SOURDAT M., TRICART**, Juillet-Décembre 1979, in revue de Madagascar n°35, pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples malgaches).



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 22 : Forme de site d'accumulation à Tsarataona.

Après l'accumulation, les débris sont transportés par des cours d'eau et déposés quelque part pour donner des éluvions. Mais ici, le dynamisme fluvial lors d'une crue transporte des matériaux grossiers comme le caillou, sable, limon pour former ce qu'on appelle une nappe de gravât. À l'état actuel, ce dépôt apparaît sur la coupe du sol (**cf photo n°23**) les stone-lines.

5.3.1.3. Les sols associés à des remaniements

Sur les Hautes Terres, la présence de nappes de gravats dans les horizons superficiels des sols atteste l'existence, locale, des phénomènes de remaniement, de stone-line (**cf photo n°23**). Ces différentes couches sont marquées sur les pentes que sur les niveaux locaux d'aplanissement (**PETIT M., BOURGEAT F., 1965**).



Source : Auteur (Decembre 2017).

Photo 23 : Profil topographique sur la partie septentrionale de la zone d'Ambohimambola (Tsarataona).

Dans la zone d'Ambohimambola, les sols de site des remaniements se trouvent sur la plaine d'Ivovoka (partie Sud de la zone) (**cf photo n°24**). Tous matériaux sont transportés par la rivière provenant des hautes altitudes.



Source : Cliché de l'Auteur (Decembre 2017).

Photo 24 : Forme de site de remaniement à Ambohimambola.

La dégradation de la végétation, la pédogénéisation déclenche l'action érosive dans cette zone en créant des formes d'érosion diverses sur les versants.

5.3.2. L'action érosive et les formes résultantes

L'érosion est l'ensemble des phénomènes qui façonnent les formes du relief terrestre. L'érosion tend à détruire ces reliefs mais elle le fait inégalement, plus rapidement dans les roches tendres. On dit que son travail est différentiel, c'est-à-dire différent suivant la résistance des roches. Ikopa, la principale rivière traverse la totalité de la plaine d'Ambohimambola et à Bevomanga, reçoit les apports de ses propres affluents sur les rives gauche et droite juste en amont de l'exutoire. L'affluent de la rive droite est formé par l'Imamba, de direction Est-Ouest qui draine la partie Nord. Les affluents de la rive gauche drainent la partie Sud et sont formés par l'Andromba grossie de Katsaoka, de direction Sud –Nord, et le Sisaony qui prend source à Andramasina. Ils drainent la partie Sud (**RAKOTOSOA H. A. H.**, Mars 2011).

D'une part, les processus d'érosion dans la zone étudiée sont : l'érosion mécanique, l'érosion par l'eau, le ruissellement,...

D'abord, l'érosion mécanique (**cf photo n°26**): il se produit sous l'action d'une force physique qui arrache des morceaux de roche plus ou moins volumineux : éclatement dû au gel ou à la chaleur, usure par frottement (écoulement d'eau ou vent), ce sont les débris charriés par les facteurs (rocher, gravier, quartz ou sable) qui sont efficace dans les processus d'érosion. Par exemple : à Ambohibato. Ensuite, l'érosion par l'eau, elle est mécanique et chimique avec principaux altérations : l'hydroclastie, l'effet splash (impact des gouttes d'eau qui tombe sur le sol) la reptation, la solifluxion. L'érosion par l'eau est renforcée par la pente (torrent) et est un facteur de transport à plus ou moins longue distance. Par exemple : à Ankatsaka. Après, le ruissellement est une érosion mécanique, quand le sol est saturé d'eau, l'eau ruisselle à la surface. Il peut être concentré (torrent, oueds) ou diffus. Par exemple : à Antanambola.

D'autre part, ces processus d'érosion laissent des formes spécifiques paysagères sur les versants. Des phénomènes en surface et en profondeur créent ces formes. L'agression se fait de façon visible (éboulements,...) ou subtiles (action des vents, pluies, température,...). Les gouttes de pluies sont responsables de ce phénomène. Les différentes formes d'érosion résultantes se distinguent : l'érosion sur les versants comme le pied de vache (photo n°26), la griffure, le ravinement, l'érosion aréolaire et l'érosion en lavaka (**photo n°29**), le stade ultime de forme de dégradation. Le pied de vache évolue et donne de griffure, de ravin et de lavaka. L'encaissement de celle-ci peut aller de dizaine de mètre à 200 ou 300 m. A coup sûr, les vallées ont été ouvertes dans une topographie d'aplanissement antérieure, on est donc dans tous les cas, en face d'un relief polygénique fait d'héritage divers. Bien souvent, les topographies molles des interfluves, aux altitudes concordantes de part et d'autre de gorge qui les incitent, sont elles-mêmes dominées par des reliefs isolées armées par des roches peu altérables (granulites, quartzite,...) auxquels on donne le nom de monadnocks. Comme la surface tangente aux aplanissements d'interfluves recoupe des roches et des structures variées, on parle d'une surface d'érosion et, compte tenu de ses irrégularités tout autant que les modalités supposées de son élaboration, on la qualifie de pénéplaine, terme

acceptables si l'on ne retient que sa valeur descriptive (**VIERS G.** 1967). L'érosion aréolaire crée un abaissement et régularisation des versants qui prennent parfois la forme d'un plan incliné appelé ²⁵glacis. Puis le ravinement crée un modelé de dissection appelé ²⁶badland ou le paysage de roubimes ou de calanchi. Cela est caractérisé par des interfluves réduits à des crêtes étroites séparant des ravines. Le ruissellement se produit aussi sous couvert végétal après des séquences pluvieuses abondantes qui saturent les sols et les formations superficielles. Si le seuil de liquidité est atteint, les matériaux transformés en coulées boueuses ou pâteuses fluent sur le versant ; les coulées de ²⁷solifluxion, quand elles sont généralisées, donnent aux versants un aspect bosselé. Ces formes sont présentées à l'aide des **photos n°25, 26, 27, 28, 29, 30.**

Après, l'érosion aréolaire (**cf photo n°27 et n°28**); les pénéplaines des massifs anciens, elles juxtaposent des topographies de plateaux mollement ondulées où la roche saine n'affleure guère et des vallées aux versants raides et rocheux. Enfin, l'érosion en lavaka ; les lavaka sont des agents naturelles d'évolution des versants. Ils pouvaient apparaître avec les systèmes de terrasse, coopérant à l'alimentation des formes d'accumulations. Les lavaka seraient des témoins de période d'instabilité climatique correspondant à un retrait de la forêt (**RIQUIER J.**). Par exemple : à Antanetibe Ambohimahatsinjo.



Photo 25 : Erosion linéaire d'Ankatsaka.



Photo 26 : Erosion mécanique d'Ambohibato



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 27 : Erosion aréolaire d'Ambohibato.



Photo 28 : Erosion aréolaire d'Ambohibato.



Photo 29 : Erosion en lavaka d'Antanetibe



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

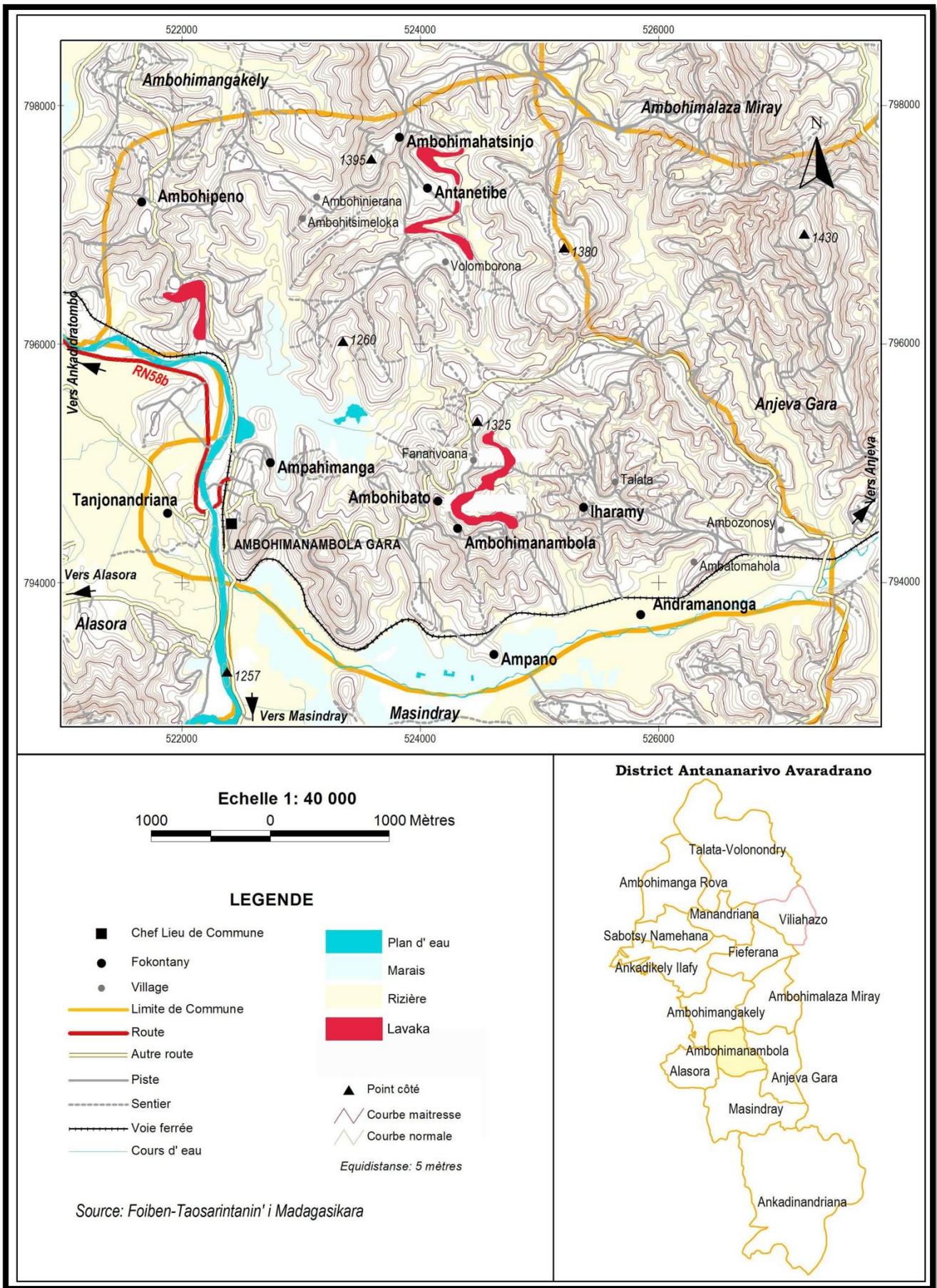
Photo 30 : Glissement de terrain d'Antanambola Ambohimahatsinjo

²⁵ Glacis : C'est une forme d'accumulation des sédiments situés en bas de versant de plan incliné.

²⁶ Badlands : Ce sont des terres meubles creusées de profondes rigoles par les eaux de ruissellement.

²⁷ Solifluxion : Ce sont des formations superficielles qui se forment sur les versants et concerne les matériaux boueux ramollis par le teneur en eau liquide.

En général, le sous-espace d'Ambohimanambola est une zone instable. Face à l'action érosive comme le ruissellement, l'action mécanique et chimique, le sol devient instable et change d'aspect. Les actions sont accentuées surtout dans la zone de faible couverture végétale comme dans la partie Ouest d'Ambohimanambola. Les processus d'érosion constituent les 3 sites : le site d'ablation se situe au sommet des collines, le site de transport se déroule sur les pentes et le site d'accumulation se trouve en bas des versants, au bas-fond. Elle se manifeste par l'enlèvement, l'arrachement, la mise en solution, puis le dépôt des particules détachées de la surface du sol et des roches. Ce phénomène crée des modelés sur les versants, comme le ravin, le rigole, le lavaka. Mais sous l'action de la pesanteur, des éboulements, des débris transportés par l'eau sont déplacés. Ce transport à plus ou moins longue distance aboutit à des accumulations créatrices de modelés construits comme le cône de déjection. Son action s'exerce sur les matériaux meubles comme le sable, le limon, l'argile, ...provenant des hautes altitudes. Sur les versants, la couverture végétale est discontinue et dégradée, elle protège mal le sol, alors que l'eau ruisselle tout de suite. En général, les eaux de pluies s'infiltrent moins facilement ; si elles surviennent sous formes d'averses brutales, elles ne peuvent être absorbées.



Source : FTM

Croquis 7 : Carte de la représentation des lavaka à Ambohimambola.

Tous ces éléments forment des paysages naturels, des paysages topographiques.

5.4. Les modelés et les reliefs inversés

Le modelé est le résultat du travail de l'érosion selon Bernardin de Saint Pierre. C'est l'interdépendance entre l'œuvre de l'érosion, le rôle des forces tectoniques et la nature des matériaux. « **DERRUAU M.** (2015), les formes du relief terrestre ».

Les témoins de crise morphogénétique évolue et mis en place de nouvelle formation. Les reliefs laissés par ce processus morpho dynamiques marquent le paysage topographique suivant :

Le relief de schistes et cipolins (**cf photo n°31**) comme celui d'Ampahimanga, Ambohimarina, JIRAMA, PAPMAD. Le relief est formé d'une roche très tendre, une altérite très épaisse (roche saine pourri). Pendant la saison de pluie, cette altérite est imbibée d'eau et favorise l'infiltration. Il y a formation de source en bas versant. Cette source déversée dans la rivière Ikopa occupe le bas fond. Ce qui favorise l'inondation chaque année.



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 31 : Le relief des schistes et cipolins d'Ampahimanga.

Le relief quartzitique (**cf photo n°32, n°33**) est formé par des filons de quartz comme celui d'Ambohibato (**cf photo n°32, n°33**) Ankazonorina, Ambohimandry, Fisikinana. Ce relief est composé d'une roche très dure, versant court, modelé crénelé, le sable est l'élément le plus dominant dans cette zone avec la dégradation de quartz, roche très riche en silice.



Photo 32 : Le relief quartzitique d'Ambohibato.



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 33 : Le filon de quartz d'Ambohibato

Le relief de gneiss (**cf photo n°34, n°35**) est très marqué sur la partie méridionale du sous-espace d'Ambohimambola (la plaine d'Ivovoka). Ce relief est composé d'une roche tendre, un alvéole ou bassin intramontagnard. Il se situe entre le massif granitique d'Iharamy et d'Ampano, de Masindray. La formation d'un alvéole est due au remblaiement et déblaiement chaque année, depuis l'amont du canal Ivovoka (9km) jusqu'en aval, la plaine d'Ivovoka. L'autre se situe entre le massif quartzitique d'Ambohibato et le massif granitique de Mahatsara et de Volomborona.



Photo 34 : Le relief de gneiss d'Ambohimambola Est.



Photo 35 : Le relief de gneiss d'Ambohimambola Centre.

Source : Cliché de l'Auteur (Decembre 2017)

Le relief de granite migmatitique (**cf photo n° 36, n°37, n°38 et n°39**) est très marqué sur la partie orientale de la zone comme celui d'Ampano, d'Antanambola (**cf photo n°36**) et d'Iharamy (Ambohijatovo, Ankelimanga, Antsahamarolahy). Le relief est composé d'une roche dure, des crêtes élevées et massives, des vallées profondes. Due au phénomène de battance, le petit trou répété s'élargit pour former les pieds de vache. Ce relief armé par des granites est altéré et il y a présence de blocs granitiques détachés au pied des versants (**cf photo n°36, n°37**). L'ensemble n'est plus armé par de granite, il y a formation d'eucalyptus et de pinus patulas au sommet de cet ensemble. Pendant la saison de pluie, l'eau de résurgence se crée en bas de versant (**cf photo n°37**).



Photo 36 : Le relief de granite migmatitique d'Antanambola.



Photo 37 : L'eau de résurgence d'Antanambola.

Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).



Photo 38 : les blocs granitiques en bas de versant d'Antanambola.



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 39 : Les boules granitiques à mi-versant d'Antanambola.

Le relief migmatite (**cf photo n°40**) est très marqué sur la partie septentrionale de la zone. Le relief est composé d'une roche moins dure, des versants moins pentus. Le phénomène d'altération érosion a travaillé l'ensemble pour donner des formes arrondies, parfois versant cisailé. Les altérites deviennent de plus en plus instables lors de la présence d'une nappe phréatique favorisant le lavaka, les matériaux déblayés sont transportés et déposés en aval.



Source : Cliché de l'Auteur (Décembre 2017).

Photo 40 : Le relief de migmatite d'Antanetibe Ambohimahatsinjo.

Le pied de vache évolue et donne de griffure, de ravin et de lavaka. Le modelé (**cf photo n°41, n°42**) est constitué par une multitude de croupes convexes qui culminent à une même altitude et présentent une pente longitudinale faible (5 à 10%). La pente de leur flanc peut cependant dépasser 35°. L'encaissement du réseau hydrographique est plus fort que dans le cas précédent. Des lavaka peuvent localement entailler les versants. Les bas-fonds sont étroits (moins de 50m), plus ou moins bien drainés, et, en l'absence de lavaka, occupés par des sols hydromorphes minéraux (sols à gley et

pseudogley peu ou moyennement organiques). Lorsque la dissection s'accroît, on a des collines convexes arrondies. Les pentes atteignent en moyenne 15 à 45°. Les sommets se situent à des altitudes subégales. L'encaissement du réseau hydrographique est très prononcé ; les bas-fonds, généralement étroits, bien drainés, sont tapissés par des dépôts portant des sols peu évolués modaux ou faiblement hydromorphes. Ces collines, lorsqu'elles ne sont pas des filons ou des lames de granite, sont fréquemment entaillées par des lavaka (**BOURGEAT F., SOURDAT M., TRICART J.** Juillet-Décembre 1979, revue de Madagascar n°35, pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples malgaches).

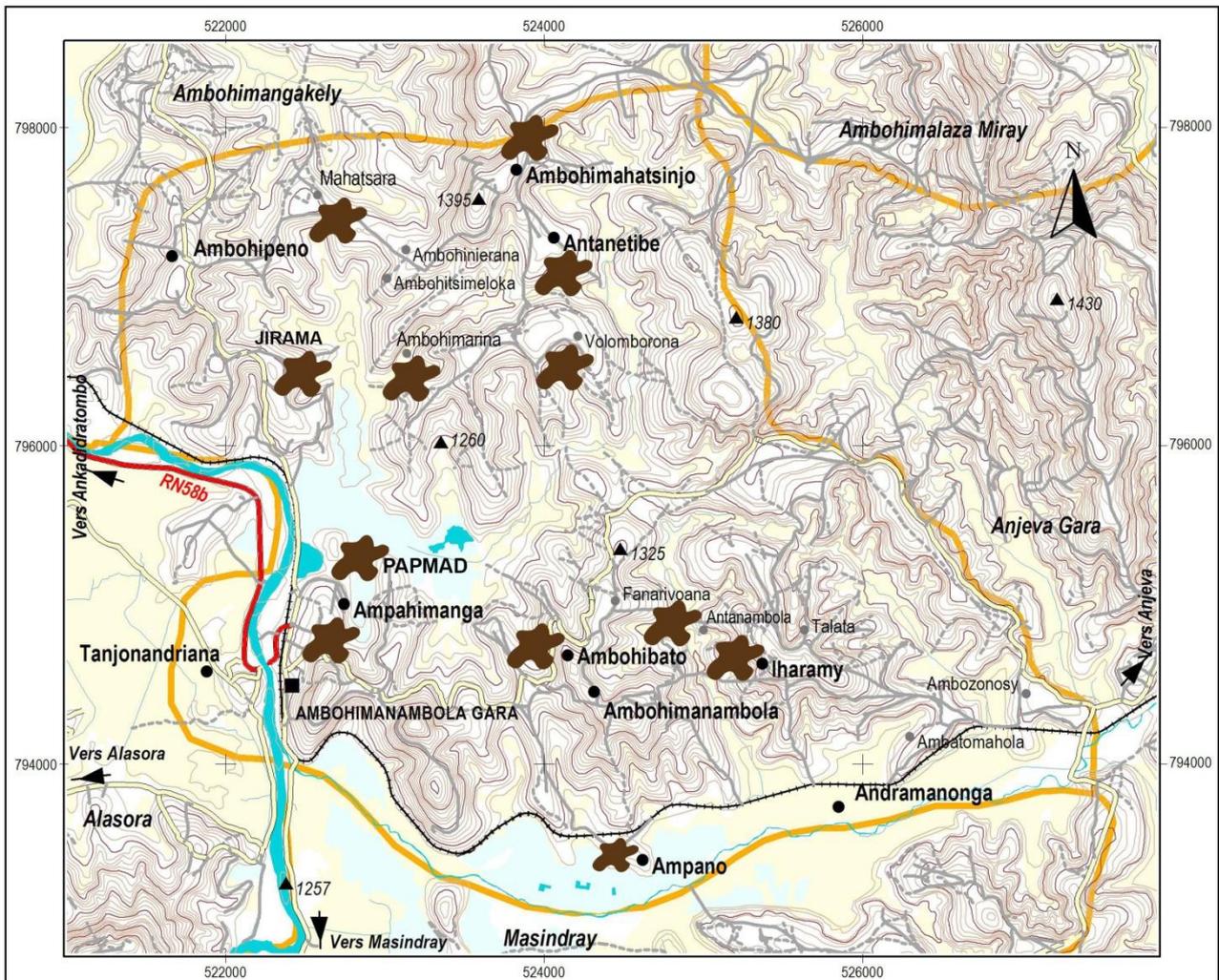
Les reliefs vigoureux ont une certaine extension dans la zone (partie occidentale) qui domine les niveaux d'aplanissements anciens très disséqués. Les pentes sont très fortes et dépassent généralement 45°. Les versants se recoupent en ²⁸crêtes. Les cours d'eau temporaires, qui occupent les fonds de ravins, ont également une pente très forte et ils édifient des cônes de déjection. Il n'y a guère de bas-fonds. Les lavaka ne s'observent que dans les reliefs de dissection formés par des roches fortement altérées. Sur les reliefs résiduels, l'affleurement plus ou moins généralisé de roches saines empêche l'incision (**BOURGEAT F., SOURDAT M., TRICART J.** ; revue de Madagascar n°35, Juillet-Décembre 1979, pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples malgaches).

En général, on dit que la structure de la zone d'Ambohimambola fait partie d'un relief appalachien. Il correspond à un relief plissé qui a été complètement aplani avant d'avoir été rajeunie, puis de nouveau travaillé par l'érosion. La morphologie de ce relief est constituée d'une succession de collines et de vallées allongées nommées respectivement barres et sillons appalachiens. La région est soulevée après sa planation ; l'érosion reprend son œuvre sélective ; elle s'encaisse dans les roches tendres et dégage les roches dures. On a ainsi un relief ²⁹appalachien. Les sommets sont des roches dures tranchées par l'ancienne surface d'érosion, donc culminant à des altitudes subégales. Les sillons sont taillés dans les roches tendres. Les surfaces structurales dégagées forment souvent les flancs. On remarquera que les sommets dans le relief appalachien peuvent correspondre aussi bien à un ancien anticlinal par rapport à un ancien synclinal ou à un crêt de position intermédiaire ; les sillons peuvent aussi être modelés indifféremment dans des positions synclinales, anticlinales, monoclinales. Le sommet d'une ondulation est enlevé par l'érosion. Il y a apparition de la nappe sous-jacente ou les terrains autochtones. Et cette nappe érodée peut laisser subsister les témoins de son ancienne avancée. On les appelle lambeaux de recouvrement ou ³⁰klippe.

²⁸ Crêt : C'est une tranche de la couche dure du flanc anticlinal de part et d'autre de la combe (dépression établie au sommet d'un anticlinal).

²⁹ Appalachien : C'est un relief de plis simple.

³⁰ Klippe : Ce sont les témoins d'une nappe érodée « nappe sous-jacente (qui demeure caché et ne se manifeste pas extérieurement) ou terrain autochtone (qui n'a pas subi un déplacement) » sous l'enlèvement du sommet d'une ondulation par l'érosion.



Echelle 1: 40 000
 1000 0 1000 Mètres

LEGENDE

- | | | | |
|-----|----------------------|---|------------------------|
| ■ | Chef Lieu de Commune | ■ | Plan d' eau |
| ● | Fokontany | ■ | Marais |
| ● | Village | ■ | Rizière |
| — | Limite de Commune | ★ | Modelé |
| — | Route | ▲ | Point côté |
| — | Autre route | ∩ | Courbe maitresse |
| — | Piste | ∩ | Courbe normale |
| --- | Sentier | | Equidistance: 5 mètres |
| — | Voie ferrée | | |
| — | Cours d' eau | | |

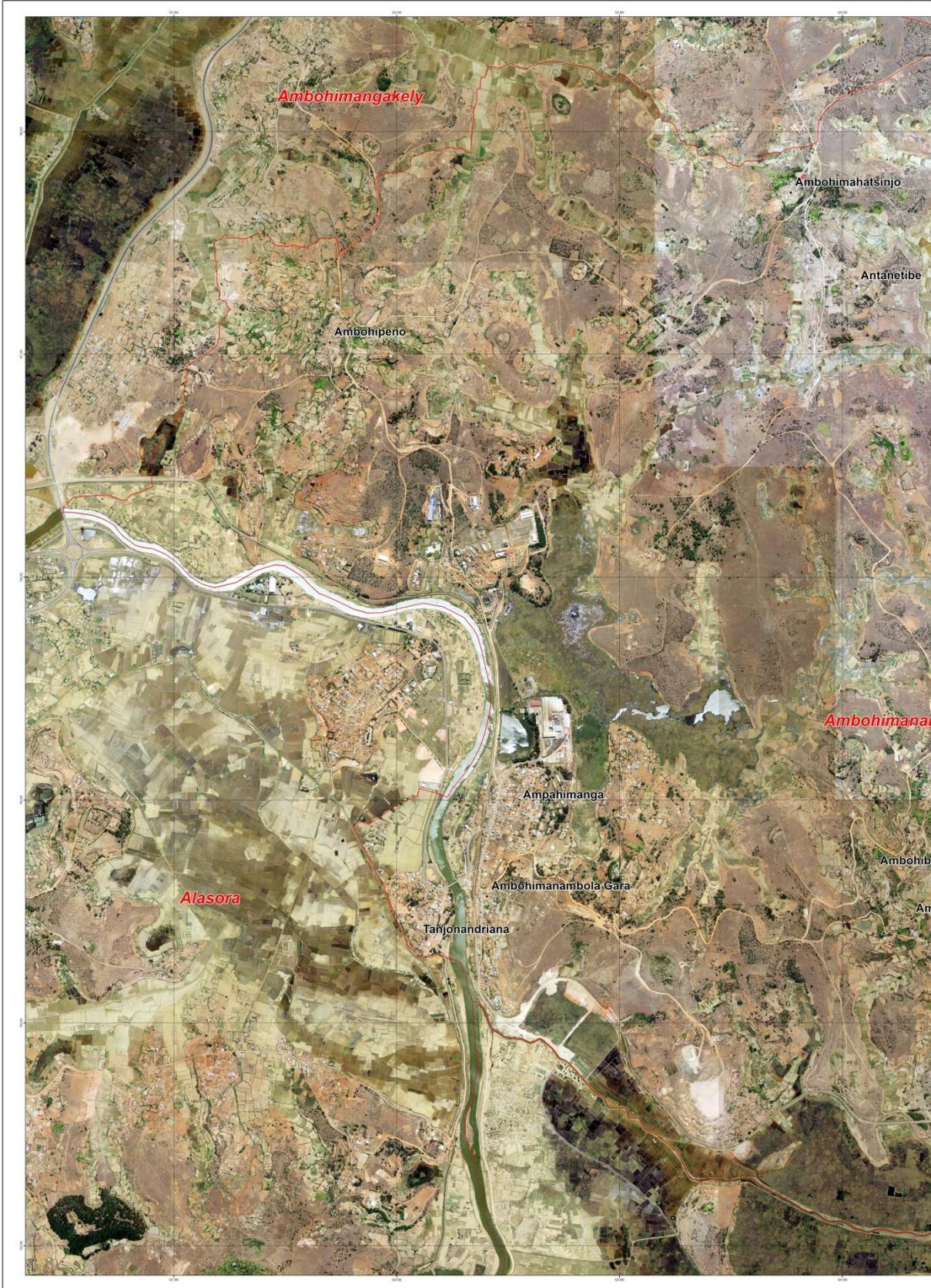
Source: Foiben-Taosarintanin' i Madagasikara

District Antananarivo Avaradrano



Source : FTM

Croquis 8 : Carte de la représentation des modelés à Ambohimambola.



Source : FTM (Foibe Taosritanin'i Madagasikara).

Photo 41: Les modelés dans la zone d'Ambohimambola sur la partie occidentale.



Source : FTM (Foibe Taosritanin'i Madagasikara).

Photo 42: Les modelés dans la zone d'Ambohimambola sur la partie orientale.