

Etude sur le Risque de Contamination des Eaux de Gâchage de Béton par les Eaux Minérales - Cas de la Ville d'Antsirabe

[Study on the Risk of Contamination of Concrete Mixing Water by Mineral Water - Case of the City of Antsirabe]

Riantsoa Nasandratra Rakotolahy, Velomanantsoa Gabriely Ranaivoniarivo, Rija Lalaina Rakotosaona
Université d'Antananarivo, École Supérieure Polytechnique, Mention Science et Ingénierie des Matériaux,
B.P 1500 Antananarivo, 101 Madagascar



Résumé — Cette étude concerne le risque de contamination des eaux de gâchage de béton par les eaux minérales - cas de la ville d'Antsirabe. L'objectif de notre étude est d'évaluer la conformité et l'aptitude à l'emploi comme eau de gâchage de béton de certaines eaux de source minérale d'Antsirabe. Des analyses en laboratoire ont été réalisées afin d'apprécier les paramètres physico-chimiques de ces eaux minérales. Ensuite des éprouvettes de mortier normal ont été confectionnées en substituant toute ou une partie de l'eau de gâchage par ces eaux minérales. Pour les essais, nous avons choisi comme référence la norme NF EN 1008 - eau de gâchage pour béton. Les résultats montraient qu'elles sont conformes aux exigences de contrôle préliminaire, de teneur en chlorures et en sulfates. Par contre aucune d'elles n'est conforme aux exigences des temps de prise. Et pour la résistance moyenne à la compression, seule la source Ranomafana a permis d'atteindre la valeur requise pour le 7^{ème} jour d'âge. Pour l'ensemble de tous les essais, nous obtenons le meilleur résultat avec la source du Lac pour une proportion de 25% dans l'eau de gâchage et à 28 jours d'âge avec une résistance à la compression de 43,1 MPa. Néanmoins, la prudence est primordiale sur l'utilisation des eaux minérales surtout dans le domaine de la construction en béton.

Mots-clés — *Risque, Eau Minérale, Antsirabe, Eau de Gâchage, Mortier Normal, Résistance en Compression*

Abstract — This study concerns the risk of contamination of concrete mixing water by mineral water - case of the city of Antsirabe. The objective of our study is to assess compliance and suitability for use as concrete mixing water of some mineral spring waters from Antsirabe. Laboratory analyzes were carried out in order to assess the physico-chemical parameters of these mineral waters. Then normal mortar specimens were made by replacing all or part of the mixing water with these mineral waters. For the tests, we have chosen as standard NF EN 1008 - mixing water for concrete. The results showed that they comply with the requirements for preliminary inspection, for chlorides and sulphates content. However, none of them meet the requirements for setting times. And for the average resistance to compression, only the Ranomafana source made it possible to reach the value required for the 7th day of age. For the whole of all the tests, we obtain the best result with the source of the Lake for a proportion of 25% in the mixing water and at 28 days of age with a compressive strength of 43.1 MPa.

However, caution is essential when using mineral water, especially in the area of concrete construction.

Keywords — *Risk, Mineral Water, Antsirabe, Mixing Water, Normal Mortar, Compressive Strength.*

I. INTRODUCTION

La plupart des usagers de béton utilisent l'eau de robinet comme eau de gâchage. Or le prix d'un mètre cube d'eau de robinet de la Jirama (compagnie de distribution d'eau à Madagascar) est encore assez élevé surtout pour les catégories usages spéciaux comme les chantiers de construction. Cela incite certains usagers de béton à le remplacer par d'autres types d'eaux moins chers et même gratuits. Les sources minérales sont d'un important approvisionnement en eau à Madagascar, et certains usagers de béton sont tentés de les utiliser. Mais, sans étude préalable, cela présenterait un risque pour les ouvrages.

C'est justement c'est qui nous a poussé à entreprendre ce travail sur l'étude de conformité à la norme de gâchage de béton des eaux minérales - cas de la ville d'Antsirabe.

Les quatre sources minérales étudiées sont la source Ranomafana, la source du Lac, la source du Parc et la source Rano Visy. Elles se trouvent dans le District d'Antsirabe I. Nous les avons analysé, avant de les utiliser dans la fabrication des éprouvettes de mortier normal. Pour que l'étude suive les normes, les analyses des eaux ont été effectuées au laboratoire de la Jirama à Mandrozeza avec leurs matériels, tandis que la fabrication et les essais de caractérisation des éprouvettes de mortier normal ont été faits au Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment (LNTPB) à Alarobia.

II. METHODES ET MATERIELS DE CONFECTION DES EPROUVETTES

Il s'agit des méthodes ainsi que des matériels de caractérisation standards utilisées pour les essais de détermination des performances mécaniques des mortiers normaux.

Le but de ces essais consiste à déterminer la résistance à la compression des éprouvettes de mortier normal. On essayera de déterminer la quantité optimale de mélange d'eau de source minérale et de l'eau de robinet pour le gâchage des mortiers. Nous prendrons comme témoin une éprouvette de mortier normal gâchée avec 100% d'eau de robinet. Les paramètres variables dans nos expériences sont les types d'eau et leurs proportions.

Les étapes ci-dessous sont de la norme NF EN 196-1 et valables pour la recherche de la résistance à la compression à 2, 7 et 28 jours.

Les matériels utilisés sont : malaxeur ; appareil à choc ; moule de dimension 4*4*16[cm] ; presse hydraulique ; chronomètre, balance, règle plate, spatule. Le procédé de fabrication des échantillons des éprouvettes de mortier normal est présenté sur la figure suivante :

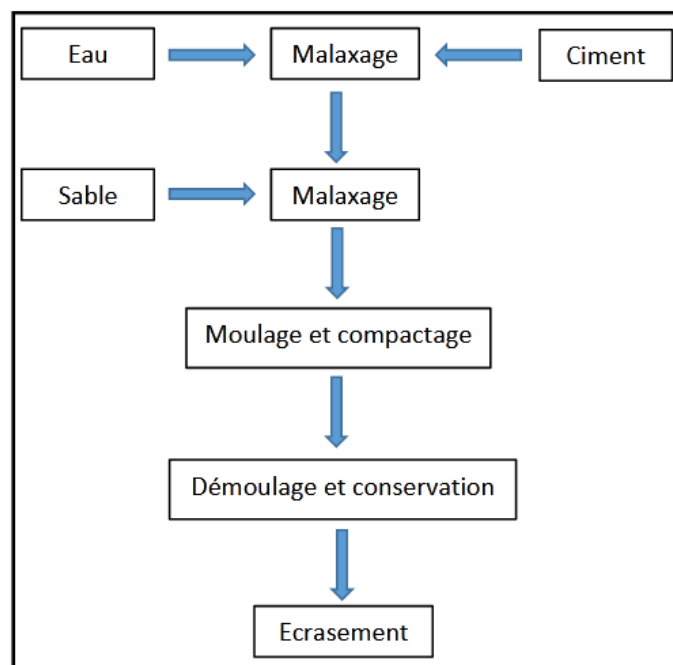


Figure 1: Procédé de fabrication des éprouvettes.

I-1 Malaxage

Réaliser le malaxage en procédant comme suit : peser 225g d'eau et verser dans le récipient du malaxeur ; peser 450g de ciment et introduire dans le récipient du malaxeur ; mettre le malaxeur en marche à petite vitesse pendant 30s ; introduire régulièrement tout le sable pendant les 30s suivantes ; mettre le malaxeur à sa vitesse la plus grande et continuer à malaxer pendant 30s supplémentaires ; arrêter le malaxeur pendant 90s temps durant lequel on baisse le bol et racle au moyen d'une spatule en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du bol ; remonter le bol et reprendre le malaxage à grande vitesse pendant 60s. On obtient un mortier que l'on porte dans le moule 4*4*16 sur l'appareil à choc.



Photo 1: Malaxeur de laboratoire.

I-2 Moulage et compactage

Le moulage et le compactage des éprouvettes sont effectués selon la procédure suivante : introduire la 1ère couche de mortier dans chacune des 3 alvéoles, au moyen de la grande raclette en prenant appuis sur le bord supérieur de la hausse, tirer une fois en avant et une fois en arrière pour retirer le surplus du mortier ; mettre la table à chocs en marche pour 60 coups. ; introduire la 2ème couche et remettre la table à chocs en marche pour 60coups. ; démonter. Enlever ensuite l'excès de mortiers avec la règle en faisant attention de ne pas faire pivoter le moule ; lisser la surface des éprouvettes en utilisant la même règle, puis nettoyer le bord du moule.



Photo 3: Table de chocs.



Photo 2: Moule 4cm*4cm*16cm.

I-3 Démoulage et conservation

Placer le moule dans une « chambre froide » sous une température de 20°C durant 24h ; démouler et immerger les éprouvettes verticalement dans l'eau à une température de 20°C ; conserver les éprouvettes dans la « chambre froide » selon l'âge de l'essai à effectuer, c'est-à-dire de 48 heures, 07 jours et 28 jours.



Photo 4: Conservation des éprouvettes.

I-4 Ecrasement

Sortir les éprouvettes (après le temps voulu) et laisser sécher pendant un certain moment (quelques heures) ; effectuer l'essai de rupture sur l'appareil de mesure de flexion en sectionnant l'éprouvette en deux ; la charge de rupture en [N] est lue directement sur l'appareil.

Ecraser chaque demi-éprouvette sur l'appareil de mesure de la résistance à la compression. Lire directement la résistance à la compression en [MPa], et prendre la moyenne sur les résultats de deux demi-éprouvettes.



Photo 5: Mesure de la résistance à la compression.

I-5 Détermination des temps de prise

L'essai permet de déterminer les temps de début et de fin de prise d'une pâte de ciment.

On utilise un appareil de Vicat avec une aiguille de diamètre 1,13 millimètre (mm).

Une fois la pâte à consistance normale obtenue, on procède comme suit : amener l'aiguille à la surface de l'échantillon et relâcher sans élan (sans vitesse). L'aiguille alors s'enfonce dans la pâte. Lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30 s d'attente), relever la distance d séparant l'extrémité de l'aiguille de la plaque de base.

Recommencer l'opération à des intervalles de temps convenablement espacés ($\sim 10-15$ mn) jusqu'à ce que $d = 4\text{mm} \pm 1\text{mm}$. Cet instant mesuré à 5 mn près est le temps de début de prise pour la pâte de ciment testée.

Pour avoir le temps de fin de prise, on inverse le moule tronconique dès que le temps de début de prise est atteint. Lorsque l'aiguille ne s'enfonce plus dans la pâte de ciment, on a le temps de fin de prise.



Photo 6: Appareil de Vicat avec un moule tronconique.

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Le tableau 1 ci-après présente les résultats des analyses physico-chimiques de nos sources minérales que nous avons effectués au laboratoire de la Jirama à Mandrozeza.

Tableau 1: Résultats des analyses physico-chimiques des quatre sources minérales.

Paramètres	Unité	Source Ranomafana	Source du Lac	Source du Parc	Source Rano Visy
Aspect		Claire	Claire	Claire	Claire
Couleur		Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
T à l'émergence	°C	50	37	27	42,5
Turbidité	NTU	3,56	13,5	7,97	7,72
pH		7,34	6,98	6,89	7,14
Conductivité	μS/cm	5800	5060	4830	5840
Minéralisation	mg/l	5371	4686	4472	5408
Dureté Totale	°F	64,2	55	60	68
TH Ca	°F	28,4	27	33	34,4
TA	°F	0	0	0	0
TAC	°F	317	246	240	194
Ca ²⁺	mg/l	113,6	108	132	137,6
Mg ²⁺	mg/l	86,99	68,04	65,61	81,65
CO ₃ ²⁻	mg/l	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	mg/l	3867,4	3001,2	2928	2366,8
M.O	mg/l	0,6	0,2	0,3	0,6
Ammonium	mg/l	0,01	0,07	0,05	0,02
Fer total	mg/l	0,1	0,45	0,2	0,15
Chlorure	mg/l	485,64	431,68	416,06	474,28
Sulfate	mg/l	119,75	106,04	103,75	121,46
Nitrite	mg/l	0	0	0	0

Nitrate	mg/l	0	0	0	0
Sodium	mg/l	1514,06	1187,75	1126,26	924,17

Le tableau 2 ci-après présente les résistances à la compression des éprouvettes de mortiers normaux conçus à 2, 7 et 28 jours d'âge.

Tableau 2 : Résultats des résistances à la compression des éprouvettes à 2, 7 et 28 jours d'âge.

	Rc à 02 jours [MPa]				Rc à 07 jours [MPa]				Rc à 28 jours [MPa]			
Proportion [%]	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100
Source Ranomafana	15,2	13,9	15,5	15,3	26	24,6	26,5	24,3	40,7	35,5	35,1	36,7
Source du Lac	14,5	13,9	13,1	12,5	25,1	23,3	22,8	21,9	43,1	41,4	39,1	38,2
Source Rano Visy	12,4	11,1	12,6	11,9	24,5	22,3	23,3	20,4	32,3	30,9	29,5	29,1
Source du Parc	13,6	13,3	12,7	12,8	26,1	24,3	23,4	23,5	34,4	32	31	30,3
100% Témoin	15,1	15,1	15,1	15,1	26,4	26,4	26,4	26,4	34,3	34,3	34,3	34,3

Ces résultats des essais de **résistance à la compression (Rc)** peuvent être représentés par la figure ci-dessous.

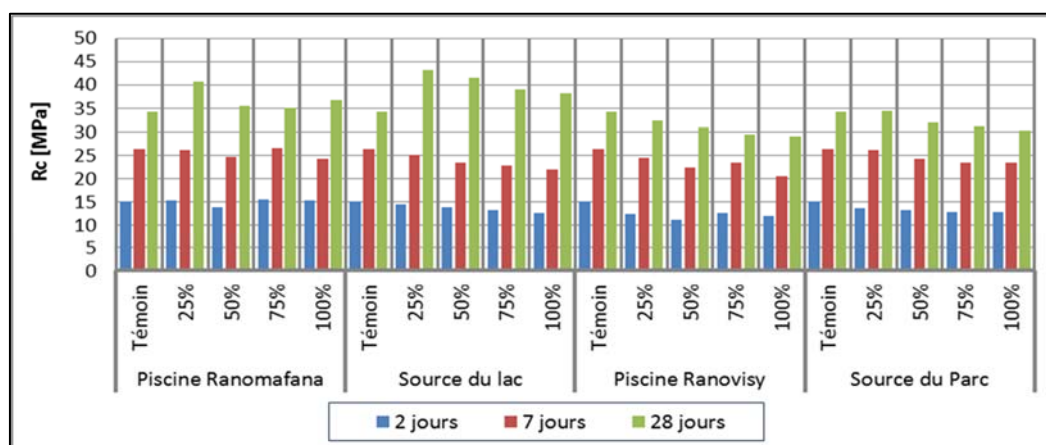


Figure 2: Résistance à la compression des échantillons.

Pour les deux sources minérales source Ranomafana et source du Lac, on constate à 28 jours d'âge, que leur ajout dans l'eau de gâchage améliore la résistance à la compression des mortiers. Leurs R_{c28} sont supérieures à celles du témoin pour toutes les proportions et présentent des maximums à 25% de substitution.

Pour l'ensemble de tous les essais, nous obtenons le meilleur résultat avec la source du Lac pour une proportion de 25% dans l'eau de gâchage et à 28 jours d'âge avec une résistance à la compression de 43,1 MPa.

Par contre, les R_{c28} des éprouvettes conçues avec la source du Parc et la source Rano Visy sont inférieures à celles du témoin pour toutes les proportions. Ce qui montre que l'utilisation de ces deux sources comme eau de gâchage n'est pas intéressante du point de vue résistance à la compression.

IV. CONFORMITE A LA NORME DE GACHAGE POUR BETON

Dans cette étude de conformité, nous avons pris comme référence la norme NF EN 1008 intitulée : « Eau de gâchage pour béton – Spécifications et essais ». L'eau utilisée pour le béton doit être conforme aux exigences de contrôle préliminaire, des teneurs en chlorures et en sulfates. De plus l'eau doit satisfaire aux essais de temps de prise et de résistance.

I-6 Contrôle préliminaire

Il s'agit d'un contrôle portant sur les huiles et graisses, les détergents, la couleur, les matières en suspension, les odeurs et les matières humiques effectué sur un petit sous-échantillon. Et le pH doit être supérieur ou égale à 4.

Nos quatre sources minérales sont conformes à ces exigences préliminaires. Elles ne contiennent pas de traces visibles d'huile, de graisses, et de détergents. Elles ont toutes un aspect pâle et exempt d'odeur. Et enfin leurs pH sont tous supérieurs à 4.

La figure ci-dessous présente les pH des quatre sources minérales et la spécification pour l'eau de gâchage.

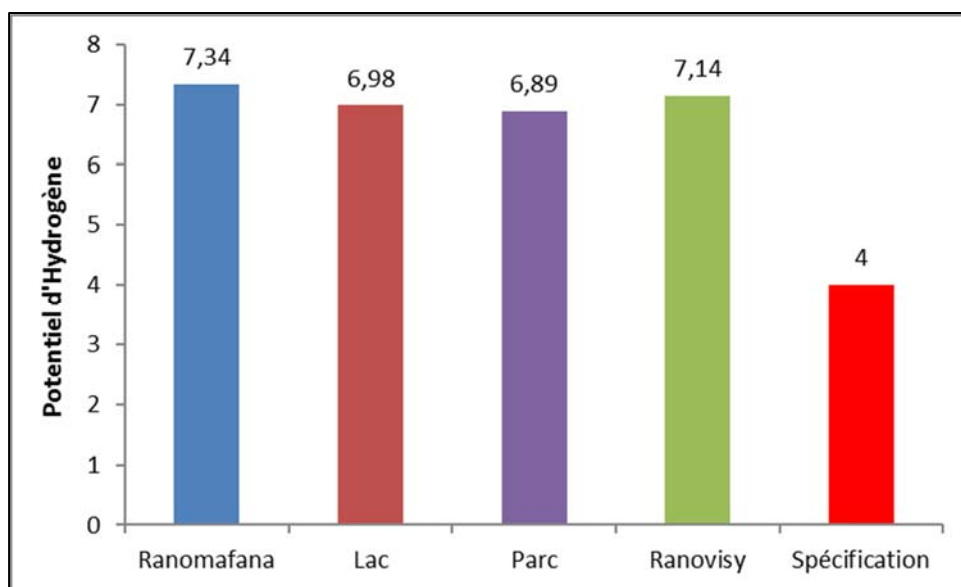


Figure 3: pH des sources minérales et spécification pour l'eau de gâchage

Les pH des quatre sources minérales sont conformes à la spécification pour l'eau de gâchage.

I-7 Chlorures

La teneur en chlorures de l'eau mesurée, exprimée en Cl^- , ne doit pas dépasser les seuils figurant dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 3 : Teneur maximale en chlorures des eaux de gâchage.

Utilisation finale	Teneur maximale en Chlorures (mg/l)
Béton précontraint ou coulis (BPC)	500
Béton armée (BA)	1 000
Béton non armé et sans insert (BNA)	4 500

Source: NF EN 1008

Le graphique 2 ci-dessous présente la comparaison des teneurs en chlorures des quatre sources minérales avec les spécifications pour l'eau de gâchage.

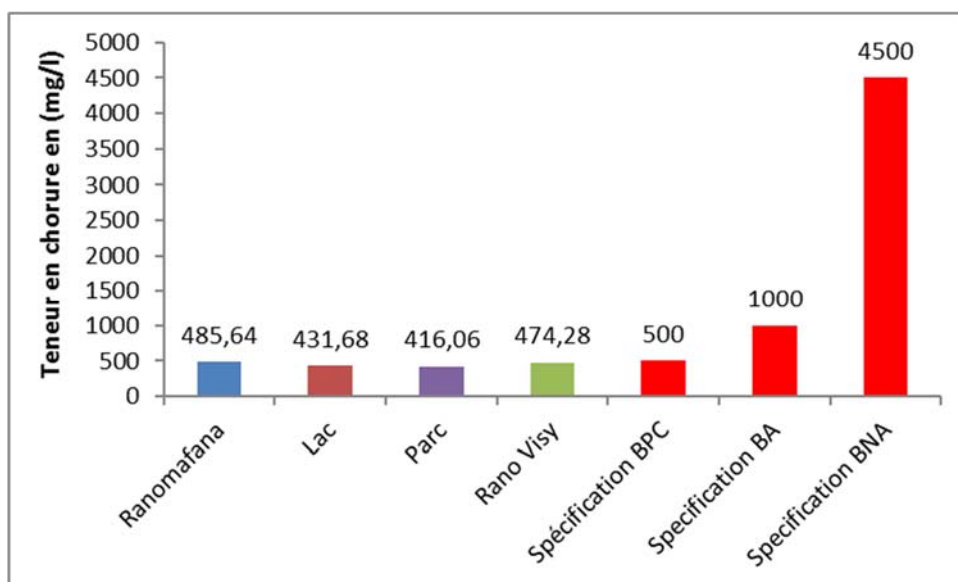


Figure 4: Teneurs en chlorures des sources minérales et spécification pour l'eau de gâchage.

La figure 4 montre que les quatre sources minérales ont des teneurs en chlorure en-dessous des spécifications. Elles sont donc conformes au gâchage de béton en ce qui concerne la teneur en chlorures.

I-8 Sulfates

La teneur en sulfates de l'eau exprimée en SO_4^{2-} , ne doit pas dépasser 2 000 mg/l. La figure 5 ci-dessous présente les histogrammes des teneurs en sulfates des quatre sources minérales et la spécification pour l'eau de gâchage.

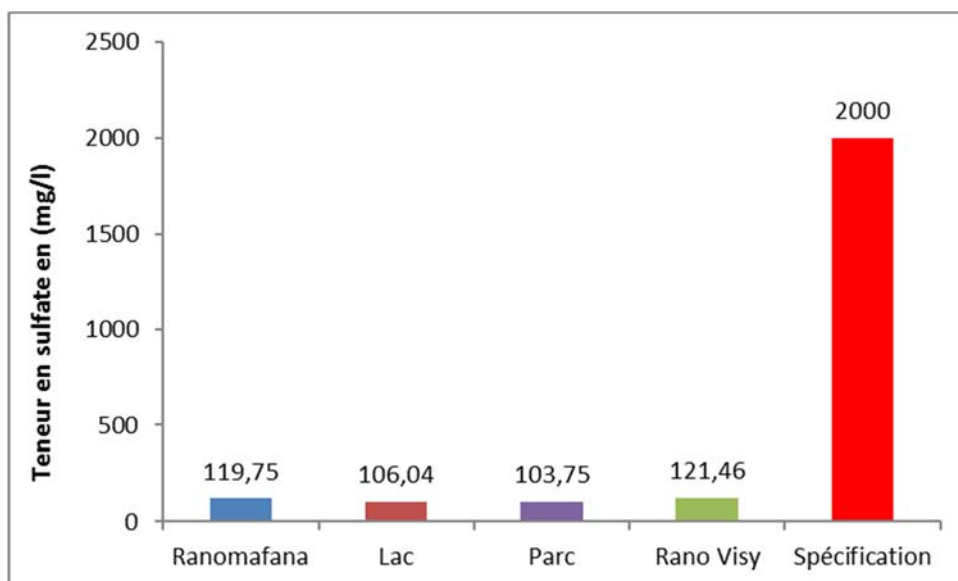


Figure 5: Teneurs en Sulfate des sources minérales et spécification pour l'eau de gâchage.

La figure 5 montre que les quatre sources minérales ont des teneurs en sulfate bien en-dessous de la spécification. Elles sont donc conformes au gâchage de béton en ce qui concerne la teneur en sulfates.

I-9 Temps de prise

I-9-1 Exigence pour le temps de début de prise

Lors des essais effectués, le temps de début de prise, obtenu sur des éprouvettes fabriquées avec l'eau essayée ne doit pas être inférieur à 1 h et ne doit pas s'écarter de plus de 25% du temps de début de prise obtenu avec des éprouvettes préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau dé-ionisée.

Pour faciliter l'écriture, notons TDP le temps de début de prise. Cette phrase peut être donc traduite par l'équation suivante :

$$(\text{TDP du Témoin}) - 1 \text{ heure} < \text{TDP de l'échantillon} < 1,25 \times (\text{TDP du Témoin})$$

Avec :

- TDP du Témoin = 3h22 = 202 min
- $(\text{TDP du Témoin}) - 1\text{h} = 142 \text{ min}$
- $1,25 \times (\text{TDP du Témoin}) = 252,5 \text{ min}$

Donc :

$$142 \text{ min} < \text{TDP de l'échantillon} < 252,5 \text{ min}$$

Le temps de début de prise de l'échantillon doit donc être compris entre 142 min à 252,5 min. Le tableau 4 suivant montre la conformité des temps de début de prise par rapport à cette exigence.

Tableau 4 : Temps de début de prise des échantillons

Types d'eau	Temps de début de prise	
	Heure	Minute
Source Ranomafana	4h01	241 min
Source du Lac	4h52	292 min
Source du Parc	8h	480 min
Source Rano Visy	3h20	200 min

La figure ci-dessous présente la comparaison des temps de début de prise des échantillons avec les spécifications pour l'eau de gâchage.

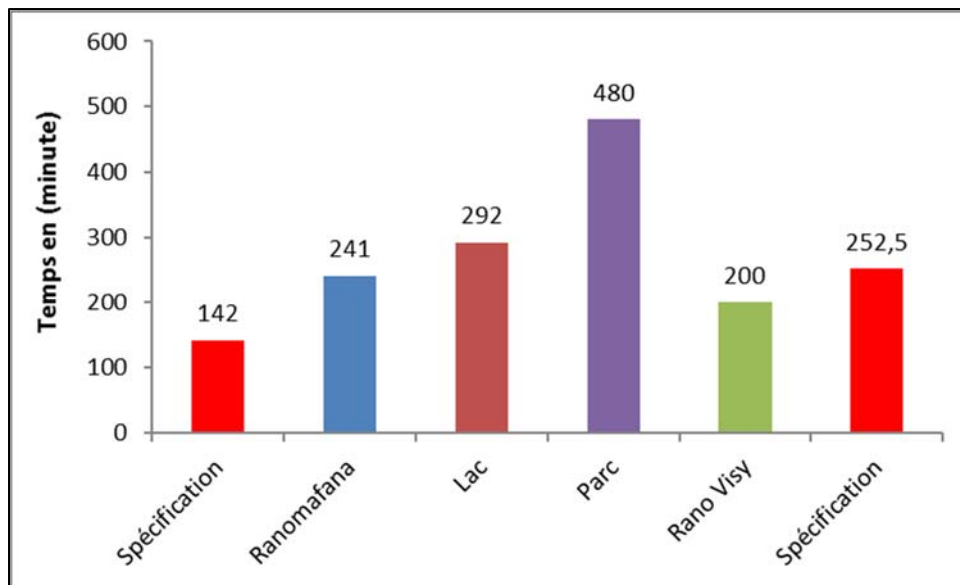


Figure 6: Temps de début de prise et spécifications pour l'eau de gâchage.

Les temps de début de prise obtenus avec les éprouvettes préparées avec la source Ranomafana et la source du Rano Visy sont conformes à la spécification. Ceux avec la source du Lac et la source du Parc sont au-dessus du temps maximal admis qui est de 252,5 min.

I-9-2 Exigence pour le temps de fin de prise

Le temps de fin de prise ne doit pas être supérieur à 12 h et ne doit pas s'écarter de 25% du temps de début de prise obtenu avec des éprouvettes préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau dé-ionisée.

Pour faciliter l'écriture, notons TFP le temps de fin de prise et TDP le temps de début de prise. Cette phrase peut être donc traduite par l'équation suivante :

- $TFP \text{ de l'échantillon} < (TDP \text{ du Témoin}) + 12 \text{ heures}$; et
- $TFP \text{ de l'échantillon} < 1,25 \times (TDP \text{ du témoin})$

Avec :

$$TDP \text{ du témoin} = 3h22 = 202 \text{ min}$$

$$(TDP \text{ du témoin}) + 12h = 922 \text{ min}$$

$$1,25 \times (TDP \text{ du témoin}) = 252,5 \text{ min}$$

L'exigence est donc :

- $TFP \text{ de l'échantillon} < 922 \text{ min}$; et
- $TFP \text{ de l'échantillon} < 252,5 \text{ min}$

Nous prendrons l'intersection de ces deux équations qui n'est autre que la deuxième équation : $TFP \text{ de l'échantillon} < 252,5 \text{ min}$

Tableau 5: Temps de fin de prise des échantillons

Types d'eau	Temps de fin de prise	
	Heure	Minute
Source Ranomafana	5h46	346 min
Source du Lac	5h14	314 min
Source du Parc	-	-
Source Rano Visy	6h15	375 min

La figure ci-dessous présente les histogrammes des temps de fin de prise des échantillons et la spécification pour l'eau de gâchage.

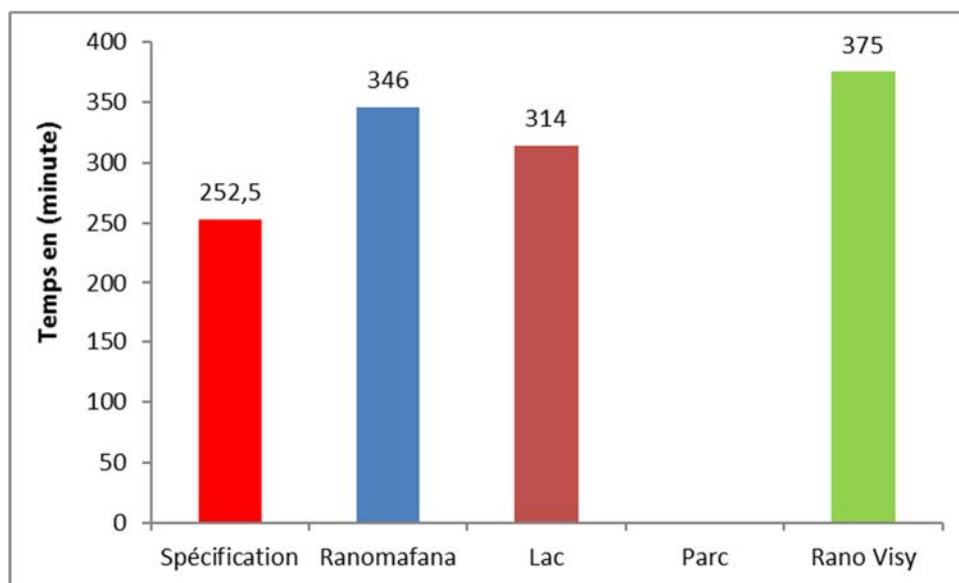


Figure 7: Temps de fin de prise des sources minérales et spécification pour l'eau de gâchage.

Aucune des valeurs de temps de fin de prise obtenu avec nos échantillons préparés n'est conforme à la spécification. Elles sont toutes au-dessus du temps maximal admis qui est de 252,5 min. Celui de la source du Parc est largement supérieur de sorte qu'on n'a obtenu aucun résultat sur son temps de fin de prise.

I-9-3 Récapitulation sur les exigences pour les temps de prise

Le tableau 5 suivant récapitule la conformité des quatre sources minérales vis-à-vis des exigences des temps de prise pour l'eau de gâchage.

Tableau 6: Récapitulation sur la conformité des temps de prise des sources minérales.

Sources minérales	Début de prise	Fin de prise	Récapitulation
Source Ranomafana	Conforme	Non conforme	Non conforme
Source du Lac	Non conforme	Non conforme	Non conforme
Source du Parc	Non conforme	Non conforme	Non conforme
Source Rano Visy	Conforme	Non conforme	Non conforme

Vu ce tableau de récapitulation, aucune des quatre sources minérales n'est conforme aux exigences des temps de prise pour l'eau de gâchage.

I-9-4 Résistance à la compression

La résistance moyenne à la compression à 7 jours des éprouvettes de béton ou de mortier préparées avec l'eau essayée, doit atteindre au moins 90% de la résistance moyenne des éprouvettes correspondantes préparées avec de l'eau distillée ou dé-ionisée. Cette phrase peut se traduire par l'équation suivante :

$$R_{c7} - [0,9. (R_{c7} \text{ Témoin})] > 0$$

Tableau 7: Conformité des résistances à la compression des sources minérales.

Types d'eau	R _{c2} [MPa]	R _{c7} [MPa]	R _{c28} [MPa]	R _{c7} - [0,9.(R _{c7} Témoin)]	R _{c28} - [0,9.(R _{c28} Témoin)]
Source Ranomafana	15,3	24,3	36,7	0,54	5,83
Source du Lac	12,5	21,9	38,2	-1,86	7,33
Source du Parc	12,8	23,4	30,3	-0,26	-0,57
Source Rano Visy	11,9	20,4	29,1	-3,36	-1,77
Témoin	15,1	26,4	34,3	2,64	3,43

La figure ci-dessous montre la conformité des résistances à la compression à 7 jours des sources minérales selon l'équation :

$$R_{c7} - [0,9. (R_{c7} \text{ Témoin})] > 0.$$

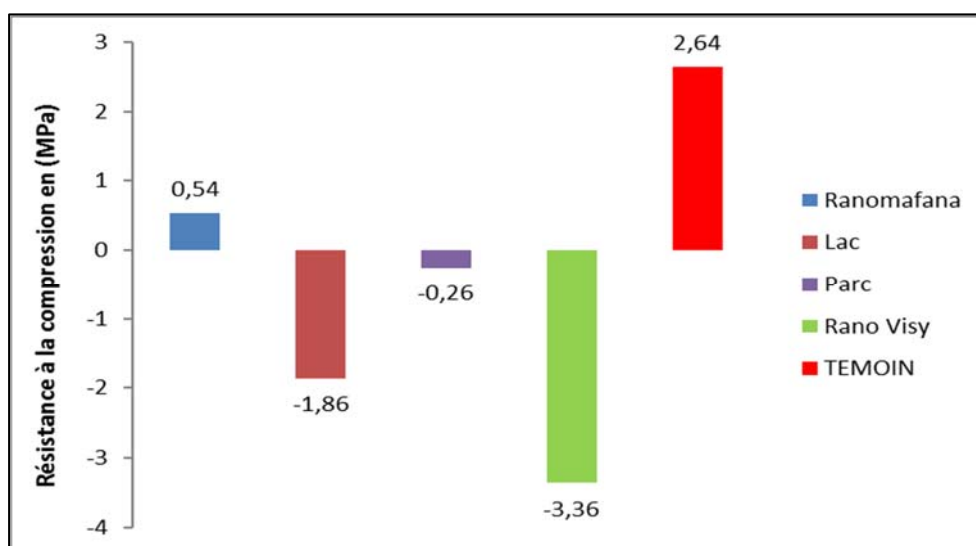


Figure 8: Conformité des résistances à la compression à 7 jours des sources minérales.

Sur les quatre sources minérales, seule la résistance moyenne à la compression à 7 jours des éprouvettes de mortier préparées avec l'eau de source Ranomafana a atteint le 90% de la résistance moyenne à 7 jours du témoin.

Si on applique cette exigence sur la résistance moyenne à la compression à 28 jours des éprouvettes, traduit par l'équation

$$R_{c28} - [0,9. (R_{c28} \text{ Témoin})] > 0, \text{ on obtient la figure ci-dessous.}$$

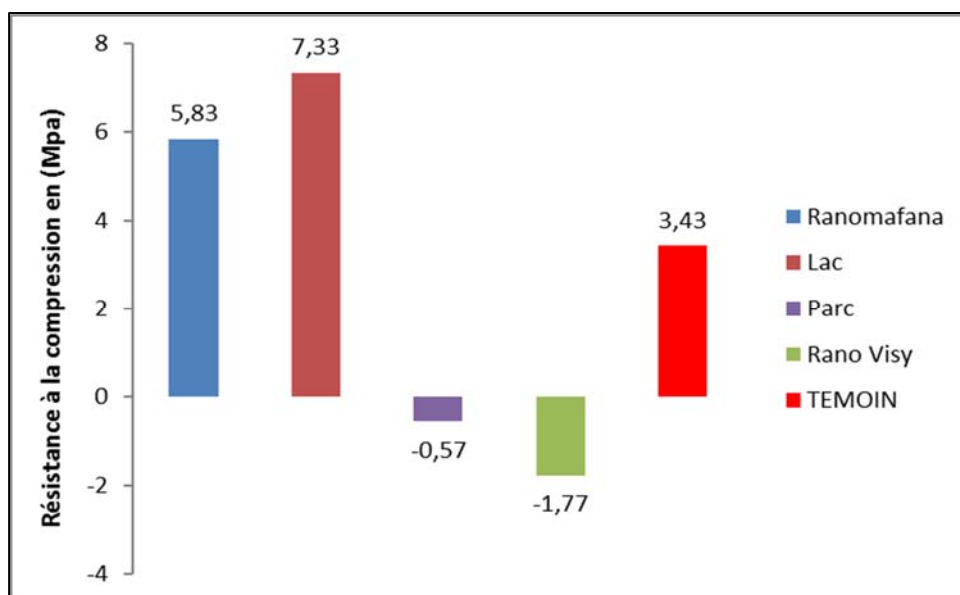


Figure 9: Conformité des résistances à la compression à 28j des sources minérales.

Sur les quatre sources minérales, les résistances moyennes à la compression à 28 jours des éprouvettes de mortier préparées avec l'eau de source Ranomafana et du Lac ont atteint le 90% de la résistance moyenne à 28 jours du témoin. Celles obtenues avec la source du Parc et du Rano Visy ne sont pas conformes à cette exigence.

V. CONCLUSION

Ce travail concerne l'étude de risque de contamination des eaux de gâchage de béton par les eaux minérales - cas de la ville d'Antsirabe. Les résultats montraient qu'elles sont conformes aux exigences de contrôle préliminaire, de teneur en chlorures et en sulfates. Par contre aucune d'elles n'est conforme aux exigences des temps de prise. Et pour l'exigence sur la résistance moyenne à la compression, seule la source Ranomafana a permis d'atteindre la valeur requise pour le 7^{ème} jour d'âge.

Ainsi, aucune de nos quatre sources minérales n'est tout à fait conforme à la norme NF EN 1 008 concernant son aptitude à l'emploi comme eau de gâchage de béton. Leur utilisation dans ce but présenterait un risque pour l'ouvrage.

Néanmoins, les résultats des résistances à la compression à 28 jours d'âge des éprouvettes fabriquées avec 100% d'eau de la source Ranomafana et 100% d'eau de la source du Lac qui sont respectivement 36,7 MPa et 38,2 MPa, sont intéressantes parce qu'elles sont supérieures à celle du témoin qui est de 34,4 MPa.

REFERENCES

- [1] Lenoble, A., 1946. Le bassin thermominéral d'Antsirabe, Bulletin Académique Malgache, Tome XXVII.
- [2] NF-EN 1008 Juillet 2003. Eau de gâchage pour béton : spécification d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton.
- [3] Norme de potabilité malgache. Décret n° 2004-635 du 15/16/04.
- [4] Rakotolahy R., Ranaivoniarivo G., 2018. Essais d'utilisation de certaines eaux de source minérale d'Antsirabe dans le gâchage de mortier normal. MADA-HARY, ISSN 2410-0315, VOL. 7, 2018, pp 26 – 38.
- [5] Rakotosaona R., Rakotolahy R.N., Ramaroson J.D., Randrianarivelo F., Ranaivoniarivo G., 2015. Conception et réalisation d'une presse vibrante de laboratoire. MADA-HARY, ISSN 2410-0315, VOL. 3, 2015, pp 20 – 33.
- [6] Ranaivoniarivo V.G., 2005. Contribution à l'étude d'élaboration de ciments à haute résistance à Madagascar : actions sur le mélange cru. Thèse de doctorat d'Etat ès – Sciences Physiques, Option Science des Matériaux, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.