

B.R.G.M.

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

74, rue de la Fédération
PARIS XVe

Département Géologie

I.R.H.B.L.

INVENTAIRE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES DU BASSIN LORRAIN

1, rue Eugène Schneider
METZ (Moselle)

LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES
DES ALLUVIONS DE LA MOSELLE EN AVAL DE METZ

par G. CASTANY, Ingénieur-Géologue en Chef, M. GUILLAUME et
J. de MAUTORT, Ingénieurs-Géologues au B.R.G.M.

Note présentée aux VIèmes Journées de l'Hydraulique
de la Société Hydrotechnique de France (Nancy 1960).

LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES
DES ALLUVIONS DE LA MOSELLE EN AVAL DE METZ

par G. CASTANY, Ingénieur-Géologue en Chef, M. GUILLAUME et
J. de MAUTORT, Ingénieurs-Géologues au B.R.G.M.

I - INTRODUCTION.-

Les nappes alluviales superficielles sont activement exploitées pour l'alimentation en eau potable des collectivités riveraines de la Moselle, et couvrent une part importante, souvent même la totalité de leurs besoins.

Malgré leur faible épaisseur, leur vulnérabilité et les difficultés nombreuses auxquelles s'est heurtée leur exploitation, elles ont acquis une importance économique considérable car elles sont le plus souvent la seule ressource en eau facilement accessible à proximité même des besoins à satisfaire. Pour cette raison, elles ont fait l'objet de très nombreuses études, depuis 1904, dont les principales sont dues à THIEM, STEUER, SMREKER, Van WERVEKE et Louis GUILLAUME. Chacun de ces auteurs s'est attaché à définir les possibilités de la nappe aquifères et les caractéristiques de son exploitation rationnelle. Des estimations sur les réserves de la nappe et sa réalimentation ont été souvent abordées mais sont restées localisées à quelques secteurs alluvionnaires particuliers. Elles ont été longtemps et souvent discutées.

Les multiples observations recueillies, ainsi que celles faites à l'occasion de nombreux travaux de reconnaissance ou de captage et au cours de l'exploitation prolongée des stations de pompage (1), représentent une documentation hydrogéologique considérable. Malheureusement, cette documentation est demeurée dispersée, et une grande partie en a été irrémédiablement perdue faute d'une méthode d'inventaire systématique des ressources hydrauliques.

(1) 250 puits en exploitation dénombrés à l'heure actuelle.

Une première synthèse de l'ensemble des nappes alluviales a été faite cependant par Louis GUILLAUME en 1930, à l'occasion de l'extension des captages des villes de Metz et de Thionville, mais les observations systématiques de l'exploitation, préconisées alors et destinées à sanctionner par l'expérience les conclusions de cette étude n'ont pas été non plus des plus suivies faute de pouvoir s'insérer dans un cadre régional organisé de documentation hydrogéologique. Leur efficacité s'en est trouvée fortement atténuée.

Devant l'augmentation massive des besoins de ces dernières années, et le sentiment que l'exploitation des nappes alluviales atteignait peut-être leurs possibilités extrêmes, nous avons repris les études antérieures et tenté de dégager une synthèse géologique et hydrologique d'ensemble des alluvions.

Le but de cette note est de montrer comment la coordination indispensable de la masse de documentation rassemblée durant la première phase d'inventaire systématique de l'étude, peut s'exprimer sous forme de documents de synthèses dont l'élaboration devient aisée, si chaque observation, analysée séparément, est "codifiée" au stade même de la documentation, en vue de son utilisation finale pour la synthèse de la nappe.

Nous avons effectué ensuite une première estimation globale des réserves aquifères et de la réalimentation des nappes alluviales. Comparée à l'inventaire des débits exploités actuellement, cette estimation permet de définir un ordre de grandeur des réserves encore disponibles et de les localiser.

La disposition d'éléments de synthèses, présentés sous une forme aisément interprétable, nous a permis enfin de donner un programme, à notre sens logique, pour l'observation ultérieure suivie, de l'ensemble des nappes alluviales, en mettant en évidence les éléments importants de cette observation et en lui donnant un cadre. Cette façon organisée de procéder devrait permettre de reprendre, en les serrant de plus près, les premières estimations des réserves et de leur renouvellement. Elle nous paraît la plus appropriée à tirer le maximum d'enseignements des investissements faits ou à faire pour l'exploitation des nappes alluviales, ce qui, en fin de compte, ne saurait manquer de se traduire par des économies sensibles sur le plan de l'exploitation.

Nous exposerons dans ce qui suit, un résumé succinct des principales caractéristiques des nappes alluviales et des conditions dans lesquelles a été abordée leur étude.

II - CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES NAPPES ALLUVIALES DE LA MOSELLE.

1°) Le cadre morphologique et géologique

De Novéant (amont de Metz) à Sierck, sur une longueur de 55 km., la Moselle s'est ouvert une vallée de 4 km. de largeur en moyenne dans les marnes tendres du Lias.

L'évolution morphologique de cette vallée est en relation directe avec l'écoulement de la Moselle dans la poursuite de son profil d'équilibre (alternance de phases de creusement et de remblaiement, migrations de méandres, etc...). Il en est résulté quatre terrasses alluvionnaires principales, étagées, généralement bien individualisées dans la topographie, légèrement inclinées vers l'aval. Leurs cotes d'altitude, remarquablement constantes à un ou deux mètres près, ont été fixées par rapport au niveau moyen d'étiage de la Moselle, soit, les terrasses de 50, 25, 12 et 5 m.

Les terrasses de 50 et 25 m. sont suspendues. Localement, deux terrasses dites "intermédiaires" relient insensiblement les trois niveaux inférieurs définis ci-dessus, soit, les terrasses de 5-12 m. et de 12-25 m. Seules, les terrasses inférieures, les plus récentes (5 et 12 m.) ont été préservées par l'érosion et sont conservées sur de grandes étendues. Elles offrent les réserves aquifères les plus importantes et les plus accessibles.

L'ensemble de ces terrasses couvre une superficie de 201 km².

2°) Les caractéristiques géométriques du système aquifère ; ses limites

a) Le substratum, constitué par les puissantes assises de marnes du Charmouthien, peut être considéré comme étanche. Cette surface est plane dans l'ensemble, avec une légère pente vers l'aval. Elle présente cependant de nombreux sillons, de direction généralement parallèle à l'axe de la vallée et de faible profondeur (dépassant rarement 2 m.), qui représentent d'anciens lits de la Moselle. Ils correspondent aux meilleures conditions d'exploitation.

b) Les alluvions. Dans les terrasses de 5 et 12 m., l'épaisseur du matériau est faible, généralement comprise entre 2 et 5 m. (3 à 4 m. en moyenne). Dans les terrasses les plus élevées, elle peut exceptionnellement atteindre 8 à 10 m.

Les alluvions sont essentiellement siliceuses, plus rarement calcaires, de granulométrie hétérogène aussi bien dans le

sens horizontal que vertical (allant des sables fins aux galets de dimensions excédant rarement 10 cm.). La stratification est torrentielle. Il s'agit d'un milieu hétérogène et anisotrope.

c) Le recouvrement est généralement constitué par une faible épaisseur de limons (1 à 2 m. en moyenne) qui joue un rôle de protection du gisement. Ils font défaut dans certaines zones où l'érosion a été particulièrement active.

A la surface de la terrasse de 5 m., on observe des chenaux alluviaux (reliquat de bras morts et d'anciens méandres). Ces irrégularités situées à 3 ou 4 m. au-dessus du niveau moyen de la Moselle font partie des zones périodiquement inondées. A l'aplomb de ces chenaux, sur une épaisseur pouvant atteindre 3 m., les alluvions manquent le plus souvent et sont remplacées par des sédiments fins argileux et imperméables. Il en résulte un cloisonnement du système aquifère.

d) Relations des terrasses entre elles. Position du substratum par rapport au niveau de base. Le substratum imperméable n'affleure que localement, dans les zones de contact entre les terrasses suspendues de 25 et de 50 m. Les terrasses inférieures (12 et 5 m.) sont par contre en continuité et ne forment qu'un seul complexe aquifère. L'écoulement d'ensemble de la nappe aquifère s'effectue selon la pente topographique, c'est-à-dire, des versants de la vallée vers la Moselle.

La terrasse de 5 m. est la seule dont le substratum soit situé au-dessous du niveau moyen de la Moselle. C'est donc la cote du plan d'eau de cette rivière qui règle l'écoulement de la nappe dans cette formation, permettant la constitution d'une réserve utile généralement comprise entre 2 et 3 m.

3°) Origine de l'alimentation en eau des terrasses

Les nappes aquifères des terrasses alluviales de la Moselle sont essentiellement alimentées par les eaux atmosphériques tombées directement sur leur surface.

La disposition générale des assises et la nature du substratum excluent tout apport d'eau en provenance d'un bassin versant éloigné latéral ou sous-jacent. Les eaux en provenance de niveaux aquifères proches situés sur le versant occidental de la vallée (Aalénien et Bajocien), circulant sous les éboulis de pentes ne sont pas négligeables. Toutefois, étant donnée la structure de la région, il ne pourrait s'agir que du trop-plein de nappes qui se mettent en charge vers l'Ouest. Les données font défaut pour en évaluer l'importance. On doit se résoudre à ne pas tenir compte de cet apport qui semble secondaire.

Les eaux de ruissellements qui stagnent dans les points bas de la terrasse de 5 m. (zones précisément les moins perméables) sont pratiquement éliminées par évaporation. Celles qui s'écoulent vers la Moselle remplissent rarement les conditions nécessaires à leur infiltration (érosion des limons peu perméables de recouvrement, circulation suffisamment rapide pour éviter le colmatage, et, surtout, position du niveau piézométrique de la nappe au-dessous du niveau du cours d'eau).

III - METHODE ADOPTEE POUR L'ETUDE DES NAPPES AQUIFERES.-

On a utilisé la méthode d'inventaire des ressources hydrauliques.

Dans une première phase analytique, on a rassemblé l'ensemble de la documentation hydrogéologique concernant les nappes alluviales, ce qui a permis de dégager les points essentiels suivants :

- Les terrasses de la Moselle sont peu épaisses par rapport à leur extension latérale, et en outre très hétérogènes. Au cloisonnement naturel (anciens méandres, etc...), il faut ajouter un morcellement artificiel créé par le colmatage dû à de nombreuses sablières.

- Les nappes sont intensément exploitées pour l'alimentation en eau potable de collectivités importantes, et il ne pouvait être question de les étudier dans leur comportement naturel.

- Enfin une abondante documentation d'origines diverses (puits et sondages notamment) permettait de préciser assez rapidement les caractéristiques stables de la formation aquifère, alors que les délais et crédits impartis ne permettaient pas, dans cette première phase de l'étude, d'effectuer une reconnaissance détaillée par de nombreux travaux et essais sur le terrain, longs et coûteux.

Les caractéristiques hydrogéologiques étant essentiellement variables d'un point à un autre, il est apparu sans intérêt, voire dangereux d'extrapoler à partir d'observations localisées. On a donc tenté de définir le comportement d'ensemble de ces nappes dans leur état actuel, compte tenu des renseignements disponibles, tout en préparant un programme de travaux et d'études complémentaires d'observations localisées avec essais expérimentaux (deuxième phase).

1°) Reconnaissance morphologique et géologique

Elle a consisté à lever la carte des terrasses, de leurs limites aussi bien au point de vue géologique que topographique.

2°) Etablissement et mise en oeuvre de la documentation : fiches et dossiers

Les documents retenus ont été rassemblés dans des dossiers d'un type uniforme. Ils y sont transcrits sous une forme permettant leur utilisation immédiate, pour l'établissement des éléments de synthèse des nappes alluviales. Les dossiers sont groupés par secteurs alluvionnaires afin de respecter autant que possible l'individualité des ensembles aquifères.

Les renseignements recueillis sur chaque point d'eau sont condensés sur des fiches analytiques, perforées, permettant un triage rapide.

Les renseignements portés sur ces fiches ont été volontairement réduits au minimum. On a indiqué simplement pour chaque sondage : l'épaisseur des alluvions et celle des formations de recouvrement, ainsi que le nivellement du sol et du substratum imperméable.

L'ensemble des fiches permet donc de dresser rapidement ou de remettre à jour les cartes statistiques en courbes (isopaques) de la synthèse hydrogéologique.

3°) Documents de synthèse (cf. illustrations jointes)

Ces divers renseignements ont été synthétisés sur des cartes en courbes au 1/10.000°.

Pour les paramètres constants :

- cartes géologiques de surface ;
- cartes de situation des ouvrages et points d'eau ;
- cartes de la topographie du substratum imperméable ;
- cartes de l'épaisseur des alluvions aquifères.

Ces deux dernières catégories de cartes, établies pour les secteurs où la documentation était suffisamment dense, mettent

immédiatement en évidence les zones susceptibles d'offrir les conditions hydrologiques optimales.

Pour les paramètres variables :

- les cartes de hauteur d'eau (à établir périodiquement).

Dans le cas présent, d'une nappe systématiquement exploitée, on a préféré l'élaboration de cartes de hauteurs d'eau (hauteur d'alluvions saturées), lesquelles tiennent compte à la fois de la cote de la surface piézométrique et de celle du substratum, leur lecture et leur interprétation montrant l'influence des différents secteurs exploités sur le plan des réserves disponibles.

A ces documents, il y a lieu d'ajouter la carte d'encadrement de surface, également au 1/10.000^e, illustrant notamment la répartition des zones urbaines, industrielles et des sables, renseignement nécessaire à l'étude de la protection des nappes tant en ce qui concerne les perturbations apportées à leur écoulement que les problèmes de contamination bactériologique et chimique. En outre, cette carte permet de situer les régions qui sont encore disponibles pour l'exploitation. Leur répartition géographique apparaît comme très morcelée.

IV - ESTIMATION PROVISOIRE DES RESERVES. -

1°) Eléments du calcul

a) Coefficient d'infiltration efficace - Coefficient d'emmagasinement. Le coefficient d'infiltration efficace permet d'estimer la réalimentation moyenne de la nappe en fonction de sa superficie. Il est difficile à déterminer, car il dépend de facteurs nombreux et variables. Il ne peut être question que d'une valeur moyenne. Celle qui a été admise et qui semble correspondre à l'expérience acquise pour les terrasses de la Moselle est de 1/3 environ.

Compte tenu de la hauteur moyenne annuelle de précipitations dans la région (750 mm.), on peut évaluer la quantité d'eau atmosphérique alimentant la nappe par km² à :

$$\frac{0,25 \times 10^6}{365} = 685 \text{ m}^3 \text{ jour environ.}$$

Ce chiffre a été contrôlé localement par l'observation prolongée des débits d'exploitation d'un secteur bien connu et des

variations du niveau piézométrique de la nappe. Les résultats donnent des chiffres du même ordre.

La porosité efficace voisine, dans le cas d'une nappe libre du coefficient d'emmagasinement, a pu être évaluée à 10 % en moyenne pour les alluvions de la Moselle.

b) Réserve géologique ou réserve de constitution.

L'observation des cartes de hauteurs d'eau établies montre que la puissance de la nappe aquifère à l'étiage se tient en moyenne aux environs de 3 m. (épaisseur moyenne d'alluvions saturées).

L'équivalent en hauteur d'eau de la réserve géologique peut donc être estimée à $3 \text{ m.} \times 0,1 = 0,3 \text{ m.}$

c) Réalimentation ou réserve hydrologique annuelle.

La quantité d'eau emmagasinée dans la tranche de terrain aquifère comprise entre la cote maximum et l'étiage constitue la réserve annuelle.

L'observation de la nappe montre que l'amplitude des oscillations du niveau piézométrique ne dépasse pas 2 m. La réserve annuelle correspond donc, sur la base d'une porosité efficace de 10 % à un maximum de $2 \text{ m.} \times 0,1 = 0,2 \text{ m.}$ d'équivalent en hauteur d'eau. Cette estimation est inférieure à la réalimentation efficace annuelle, évaluée précédemment à 0,25 m. La différence de 0,05 m. provient de ce que dans l'estimation de la réserve annuelle, on ne tient pas compte de l'écoulement de la nappe vers la Moselle. L'estimation de la réserve annuelle basée sur un coefficient de porosité efficace de 10 % conduit à des résultats cohérents et permet, par recoupement, de contrôler l'estimation du coefficient d'infiltration efficace moyen.

d) Conclusion. On retiendra de cette étude, que la réserve géologique de la nappe est du même ordre de grandeur que la réalimentation annuelle hydrologique.

2°) Calcul d'un bilan provisoire

Le morcellement des dépôts alluviaux a permis de définir 50 secteurs individualisés ayant des comportements hydrologiques relativement indépendants. Leur bilan a été déterminé séparément.

Les résultats d'ensemble peuvent être résumés dans le tableau ci-dessous :

Superficie totale	Basses terrasses (5 et 12 m)	Hautes terrasses (25 et 50m)	Total
	167,7 km ²	33,5 km ²	201,2 km ²
Réalimentation théorique correspondante	115.000 m ³ /j	23.000 m ³ /j	138.000 m ³ /j
Superficie perdue	48,6 km ²	7,5 km ²	56,1 km ²
Réalimentation perdue	33.000 m ³ /j	5.000 m ³ /j	38.000 m ³ /j
Possibilités	82.000 m ³ /j	18.000 m ³ /j	100.000 m ³ /j
Débits exploités	50.000 m ³ /j	2.000 m ³ /j	52.000 m ³ /j
Réserves théoriques disponibles	32.000 m ³ /j	16.000 m ³ /j	48.000 m ³ /j

V - CONCLUSIONS.-

Cette étude préliminaire met en évidence les points suivants :

1°) La capacité des nappes alluviales est de l'ordre de 95.000 à 100.000 m³/j., dont 50 % au minimum sont déjà exploités.

L'excédent ne pourrait être exploité qu'avec une dispersion considérable des captages. De ce fait, on doit considérer que, par rapport à un programme d'ensemble de mise à disposition de ressources nouvelles importantes, la fraction réellement utilisable est faible.

2°) Les nappes sont exploitées avec un faible rabattement. Elles ne possèdent aucune réserve importante, conditions défavorables à une exploitation souple permettant de parer aux fluctuations saisonnières de l'alimentation qui vont en sens contraire de celles des besoins : sécheresse et forte consommation en été, par exemple ; étant entendu qu'on ne saurait de façon durable pomper un débit supérieur au débit de réalimentation.

A cet inconvénient d'ordre naturel, s'en ajoutent d'autres inhérents au mode d'exploitation lui-même. Les principaux captages, dont certains sont anciens, ont été disposés suivant une ligne continue d'environ 10 km., les puits étant espacés d'une centaine de mètres et reliés par des siphons de grande longueur.

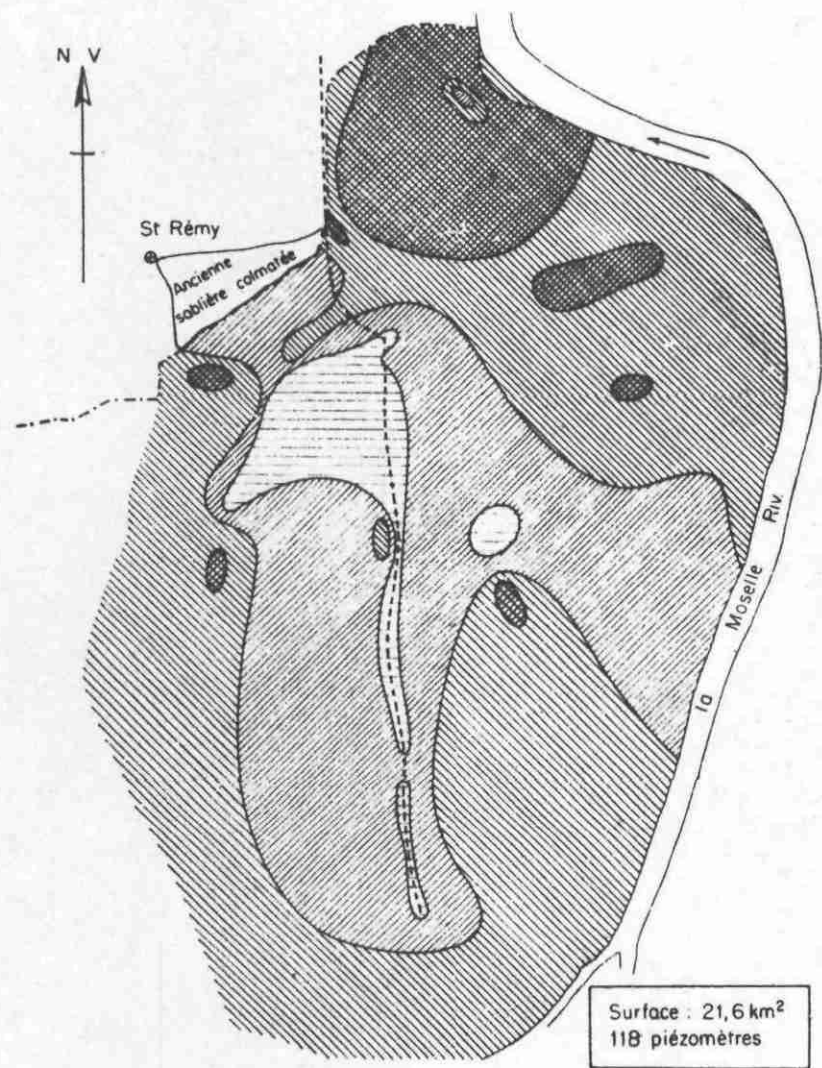
Le fonctionnement de l'ensemble est de ce fait irrégulier, et, si l'on observe une vidange correcte de la nappe dans certains secteurs (rayon d'action de 600 à 700 m. pour un rabattement maximum dans les puits : rabattement faible de toute manière), il n'en est pas de même dans d'autres secteurs.

La solution consiste à répartir rationnellement l'exploitation en surface (ce qui aurait entre autres avantages de réduire les pertes par évapo-transpiration et d'augmenter l'infiltration), en améliorant les captages déficients et en créant de nouveaux groupes de captage de faible puissance répartis dans les zones favorables encore accessibles à l'exploitation.

3°) A ce programme, il convient d'ajouter la surveillance des captages existants notamment en ce qui concerne les pollutions. Il est apparu en effet que certains secteurs étaient exploités au delà de leur possibilité de réalimentation, les captages influençant largement les canaux latéraux de la Moselle dont le plan d'eau se situe au-dessus de celui de la nappe.

On a donc prévu la pose d'un réseau piézométrique complémentaire. Dans une nappe aussi accessible, en raison de sa faible épaisseur, la dépense à engager est faible par rapport aux renseignements capitaux que cette campagne doit apporter.

4°) Les nappes de la plaine alluviale de la Moselle sont naturellement fragiles et vulnérables. Elles sont, de plus, menacées par une extension considérable des zones urbaines, industrielles, et des exploitations de sable et gravier. Leur protection relève d'une action combinée sur les plans technique et administratif.

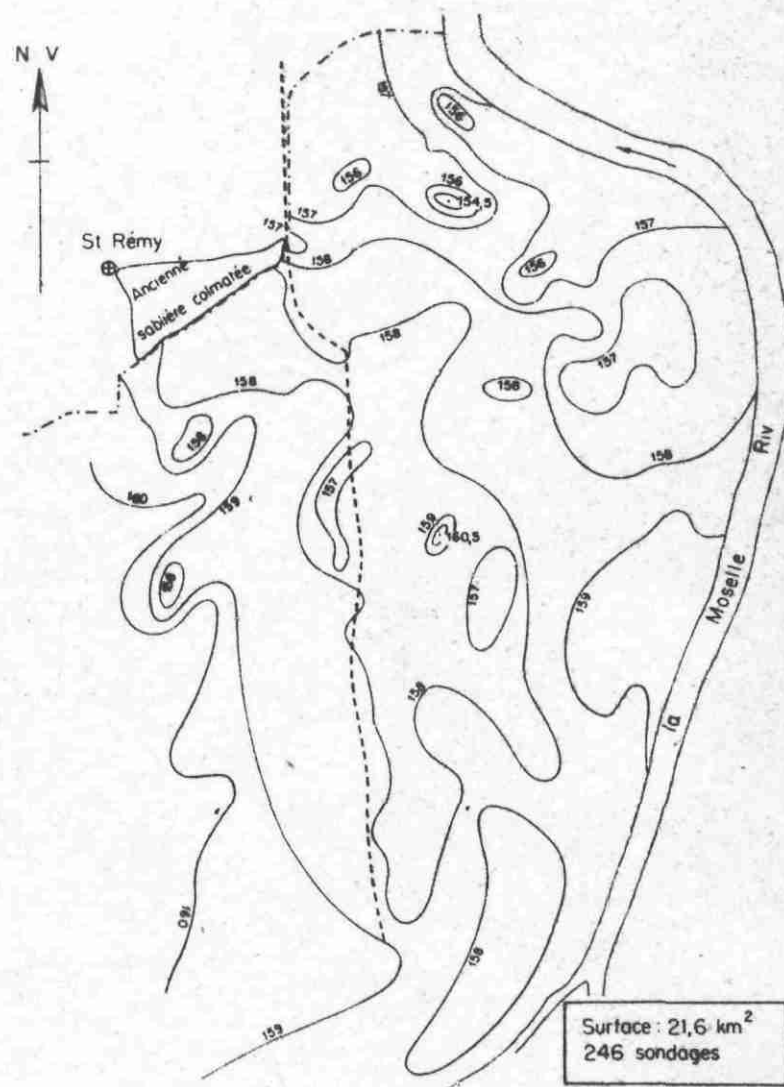


0,00 à 1,00 m
1,00 à 2,00 m
2,00 à 3,00 m

3,00 à 4,00 m
--- Limite du secteur
--- Ligne de captages

100m 0 500m 1km

SECTEUR DE METZ-SAINT-ÉLOY
Hauteurs d'eau. Etiage 1954.



--- Limite de secteur

--- Ligne de captages

100m 0 500 1km

SECTEUR DE METZ-SAINT-ÉLOY
Courbes de niveau du substratum