

*Valorisation pour l'alimentation
en eau potable d'anciennes carrières
sur le département du Morbihan (56)*

1^{ère} phase : inventaire et sélection de sites a priori favorables

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-438

mars 1998
R 39704



Mots clés : Département du Morbihan, alimentation en eau potable, carrières en eau, anciennes carrières, inventaire, sélection, réserve en eau, qualité chimique de l'eau, carrières en exploitation.

En bibliographie ce rapport sera cité de la façon suivante :

Valorisation pour l'alimentation en eau potable d'anciennes carrières sur le département du Morbihan (56) – 1^{ère} phase : inventaire et sélection de sites a priori favorables
Rapport BRGM R 39704.

© BRGM, 1998, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

RÉSUMÉ.....4

INTRODUCTION6

1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....6

2. L'EAU ET LES CARRIÈRES.....6

 2.1. ORIGINE DE L'EAU PRESENTE DANS UNE CARRIERE.....6

 2.2. RELATIONS EAU-CARRIERE7

 2.3. QUALITE DE L'EAU DANS LES CARRIERES9

 2.4. EXPLOITATION ET GESTION DES CARRIERES EN EAU10

 2.5. EXPLOITATION ET GESTION DES CARRIERES EN FOSSE SECHE.....11

 2.6. LA FAISABILITE D'UN STOCKAGE PERIODIQUE EN CARRIERES.12

3. LES DONNÉES DE BASE DE LA RECHERCHE DE SITES.....12

4. LA VISITE DE TERRAIN13

5. LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARRIÈRES VIS À VIS14

DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE14

 5.1. CARRIERES DE SABLE ET D'ALLUVIONS.....14

 5.2. ARDOISIERES (ANNEXE 2).....14

 5.3. EXCAVATIONS EN FOSSE.....16

 5.4. CARRIERES DE CONCASSES OU DE GRANITE ORNEMENTAL.....23

 5.4.1. Aspect capacitif.....23

 5.4.2. Aspect qualitatif (réf. Annexe 3)23

6. PRÉSENTATION DES CARRIÈRES SÉLECTIONNÉES.....26

 6.1. CARRIERE DE CLERGEREL SUR QUESTEMBERT26

 6.2. CARRIERE DE POULGOURIO A CALAN31

 6.3. CARRIERE DE BONNE NOUVELLE (OU DE CALZAT) A INZINZAC-LOCHRIST40

 6.4. CARRIERE DE GANDOUIN A ST MARCEL45

 6.5. CARRIERE LE COGNEL SUR GUEHENNO50

7. LES CARRIÈRES EN EXPLOITATION POTENTIELLEMENT INTÉRESSANTES POUR L'AEP.....56

CONCLUSION63

LISTE DES ANNEXES.....64

LISTE DES CARTES.....100

Résumé

Le Conseil Général du Morbihan s'est adressé au BRGM, Service Public, pour sélectionner les anciennes carrières de grands volumes ($> 200\,000\text{ m}^3$) susceptibles d'être utilisées comme réserve en eau potable, sur son département.

L'étude a débuté par une recherche bibliographique : Consultation des dossiers BRGM (321), des fiches DRIRE (133), et des cartes IGN, complétée par des rencontres avec la profession (subdivisionnaire de la DRIRE, adhérents de l'UNICEM).

Les premiers critères retenus ont été la présence d'eau matérialisée sur les cartes IGN et/ou la superficie de la demande d'autorisation ($S > 10\,000\text{ m}^2$).

Après une première série de visites, toutes les carrières d'alluvions quaternaires et/ou de sables ont été éliminées en raison de la trop faible hauteur de leur plan d'eau.

Dans un deuxième temps, les anciennes ardoisières ont elles aussi été exclues compte tenu de leurs réserves en eau insuffisantes par rapport aux objectifs fixés, critère auquel s'ajoutaient des problèmes chroniques de pollution. Cependant, un ensemble de cavités présentes sur un même site, le Parc de la Préhistoire à Malansac, aurait pu convenir mais les propriétaires se sont prononcés contre le projet et n'ont pas autorisé les prélèvements d'eau pour analyses.

Les carrières en creux, sèches, posaient le problème du rendement du stockage de l'eau à cause des fuites prévisibles par le fond et les flancs. Une seule carrière de ce type a été sélectionnée, l'exploitant étant prêt à céder son site à la collectivité. Néanmoins un certain nombre d'aménagements et de suivis devront être réalisés pour examiner la faisabilité du projet.

La majorité des carrières de granite ornemental et de concassés s'est avérée de trop faible dimension ou située à flanc de coteau et sans eau.

Sur les 75 carrières visitées, seuls cinq sites en eau ont été retenus et ont fait l'objet de prélèvement et d'analyse d'eau : quatre d'entre eux présentaient des volumes d'eau proches de ceux recherchés, supérieurs à $17\,000\text{ m}^3$, le cinquième était de dimension plus modeste mais ses possibilités d'exhaure journalier, $500\text{ m}^3/\text{jour}$ (à vérifier par un pompage d'essai) sont apparues intéressantes dans un secteur déficitaire du département.

L'analyse chimique des eaux montre que seuls deux sites à Questembert et Calan présentent des eaux de bonne qualité. Deux autres sites se situent dans un contexte « eaux acides avec des métaux lourds ». A Inzinzac, l'eau peut être diluée avec celle du fleuve, le Blavet, situé à proximité, alors qu'à St Marcel, elle apparaît difficilement traitable. Cependant il serait intéressant de suivre, sur ces deux sites, l'évolution de pH dans le temps afin de pouvoir utiliser ces volumes d'eau importants dans le cas d'un retour rapide à des pH neutres.

L'eau du cinquième site serait bonne s'il n'y avait des teneurs en cadmium, élément toxique, dépassant quatre fois la norme et qui, en l'état actuel, n'autorisent pas son utilisation pour l'AEP, même comme eau brute. Ce site devrait faire l'objet de nouvelles analyses pour suivre l'évolution du cadmium dans le temps. De même, un essai par pompage de longue durée s'impose pour confirmer les débits d'exhaure annoncés par l'ancien exploitant.

Il apparaît à l'issue de cette étude qu'il serait intéressant de se tourner vers les carrières actuellement en exploitation afin de sélectionner celles dont les volumes et la qualité de l'eau en fin d'exploitation seraient susceptibles de permettre une reconversion en réserve d'AEP.

Introduction

Le Conseil Général du Morbihan, soucieux de l'alimentation et de la distribution de l'eau potable au sein de son département s'est interrogé sur les possibilités de réserve et/ou de stockage que constituent les anciennes carrières de son territoire.

Il s'est tourné vers le BRGM, Service Géologique Régional de Bretagne pour effectuer ces premières investigations.

1. Objectifs de l'étude

La première phase d'étude des possibilités d'utilisation d'anciennes carrières à des fins d'alimentation en eau potable dans le Morbihan, s'est déroulée durant l'année 1997 et a porté sur les points suivants :

- Le recensement des carrières en fosse arrêtées ou en voie de fermeture représentant de grands volumes (200 000 à 1 million de m³), soit naturellement en eau, soit sèches mais susceptibles d'être aménagées en réservoir.
- La sélection des sites intéressants sur lesquels ont été effectués, une étude de l'environnement immédiat, un prélèvement et une analyse de l'eau ainsi qu'une synthèse des éléments recueillis.

2. L'eau et les carrières

2.1. ORIGINE DE L'EAU PRESENTE DANS UNE CARRIERE

Elle provient de trois origines différentes :

- *L'eau de pluie* qui tombe directement dans la carrière. Par exemple, pour le Morbihan où la pluie varie de 700 à 1 100 mm par an, ce volume d'eau représente entre 14 000 et 22 000 m³ pour une carrière de 20 000 m². Cependant, une quantité importante d'eau s'évapore directement de la surface du plan d'eau, de l'ordre de 660 à 700 mm par an, ce qui conduit à un bilan nul ou légèrement excédentaire dans les zones pluvieuses du département (nord-ouest).
- *L'eau de ruissellement* du bassin versant surplombant directement la carrière. Or, les carrières sont souvent implantées en sommet de butte ou à flanc de coteau dans sa partie haute, là où la roche est la plus saine ; de ce fait, ce bassin versant peut être limité en superficie et donner peu d'apport.
- *L'eau de la nappe* qui représente l'apport essentiel en eau.

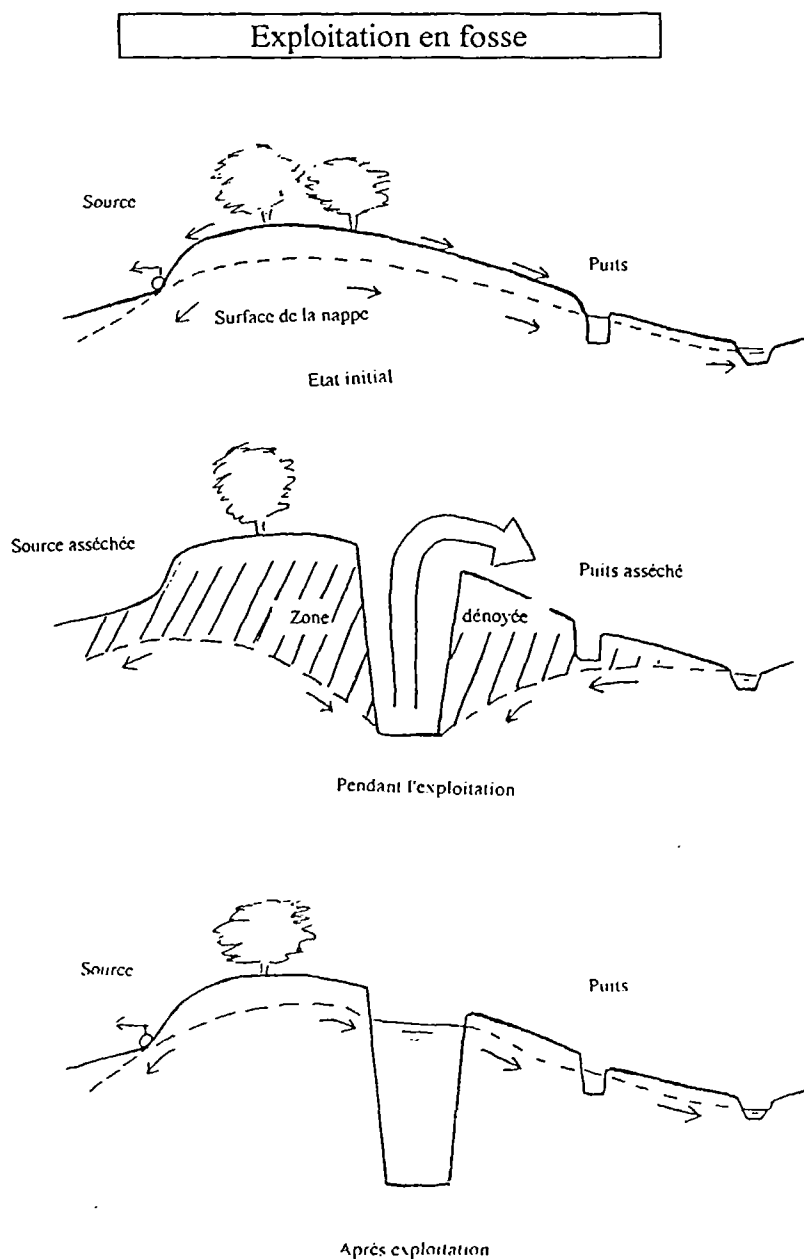
2.2. RELATIONS EAU-CARRIERE

En Bretagne, le niveau naturel de la nappe phréatique est toujours proche du sol, le plus souvent vers 5 à 6 m de profondeur. Des profondeurs plus importantes sont exceptionnelles et sont le signe d'une « forte » perméabilité du sol et du sous-sol.

Toute carrière un peu importante (certaines dépassent 80 m de profondeur) est réalisée sous le niveau de la nappe et doit exhauser des quantités variables d'eau d'origine souterraine.

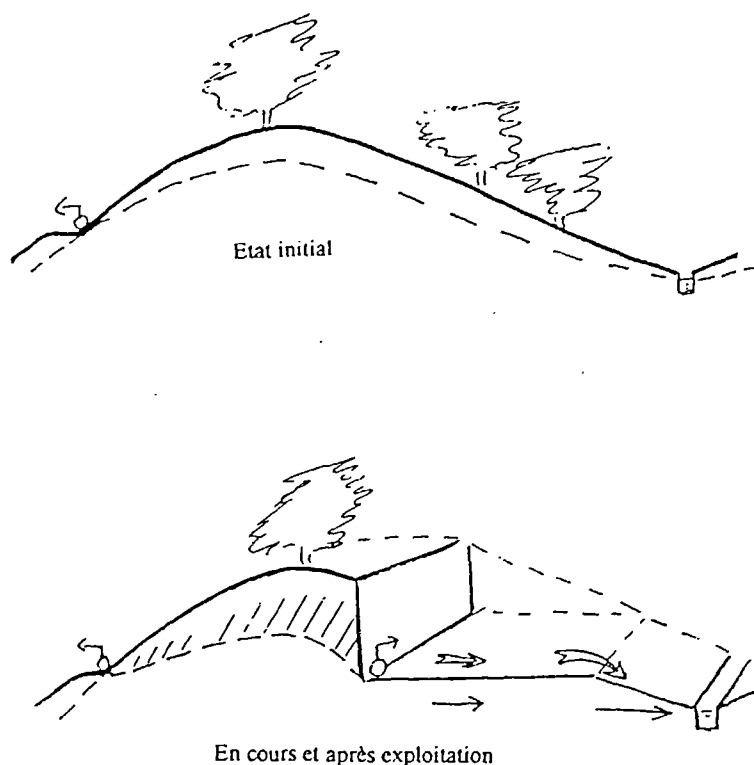
Les figures ci-après résument de façon schématique, les différents problèmes liés à l'eau souterraine. Deux types d'excavation sont considérés : en fosse et à flanc de coteau.

Fig 1



Exploitation à flanc de coteau

Fig 2



Dans le premier cas, la carrière constitue un grand puits, perturbant l'hydrodynamique locale (abaissement du niveau de la nappe et modification des sens d'écoulement) aussi bien vers l'amont que vers l'aval. Les perturbations sont temporaires, un équilibre proche de l'initial étant retrouvé après la fin de l'exploitation.

Dans le second cas, les perturbations importantes n'affectent que l'amont de la carrière, mais elles sont pérennisées par la création d'un nouvel équilibre et d'une nouvelle zone d'émergence « naturelle ».

Dans les deux cas, l'importance du rabattement dépend de la profondeur atteinte, et son extension des caractéristiques géométriques et hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité et coefficient d'emménagement). Ceci peut conduire à des assèchements définitifs ou temporaires de puits, sources, captages (cas présentés sur les schémas d'exploitation en fosse), soit à en diminuer les ressources, par réduction de l'aire d'alimentation (cas présenté sur les schémas de l'exploitation à flanc de coteau).

2.3. QUALITE DE L'EAU DANS LES CARRIERES

La qualité de l'eau est conditionnée par plusieurs facteurs :

- Le trajet suivi par l'eau : ruissellement de surface, écoulements souterrains.
- Le contexte environnemental immédiat : propreté de l'excavation et de ses abords (problème des décharges « sauvages ») et plus éloigné : nature des activités, qualité des sols de l'impluvium.

La qualité de l'eau contenue ou issue d'une carrière peut être, dans certains cas, pénalisée par le phénomène « d'eau acide », accompagné d'un cortège de métaux lourds (réf. annexe 3). Celui-ci est dû à l'oxydation des sulfures contenus dans le volume de roche dénoyée sous l'effet de l'exhaure qu'exige l'activité de la carrière en exploitation, et à leur lessivage par l'eau de la nappe qui transite au sein de cette roche. Il est rencontré dans tous les types de roches mais avec une nette prédominance dans les cornéennes, puis dans les grès-quartzites, les schistes et les gneiss. Le drainage acide en carrière se caractérise par une acidité forte (jusqu'à pH : 2), une conductivité élevée qui trahit de fortes concentrations en ions sulfatés ($C > 500 \mu\text{S/cm}$) et des concentrations élevées en métaux lourds indésirables (fer, aluminium, manganèse, cuivre, zinc) et toxiques (arsenic, cadmium, chrome, nickel et plomb).

Ce phénomène de production d'eau acide se met en place progressivement au cours de l'exploitation de la carrière ; ensuite il perdure toute la durée de l'exploitation et au-delà, après l'arrêt de celle-ci mais de façon différente selon le type de carrière :

- Dans les carrières en fosse, la nappe retrouve son niveau initial et la production d'eau acide se poursuit le temps du lessivage de la totalité des sulfures oxydés, période d'une durée qui reste encore indéterminée faute de mesures réalisées sur le terrain (phénomène connu depuis 1991 seulement).
- Dans les carrières à flanc de coteau, le niveau de la nappe reste rabattu et ce ne sera que lorsque la totalité des sulfures présents dans la roche auront été consommés que l'eau pourra retrouver un pH neutre. Ce qui peut demander beaucoup plus de temps.

La présence dans l'eau de teneurs en sulfates élevées ($> 70 \text{ mg/l}$) est toujours un indicateur de l'existence de ce phénomène à un niveau de la chaîne de réactions chimiques qui se produisent dans le milieu naturel, même si, in fine, le pH retrouve une teneur de 7.

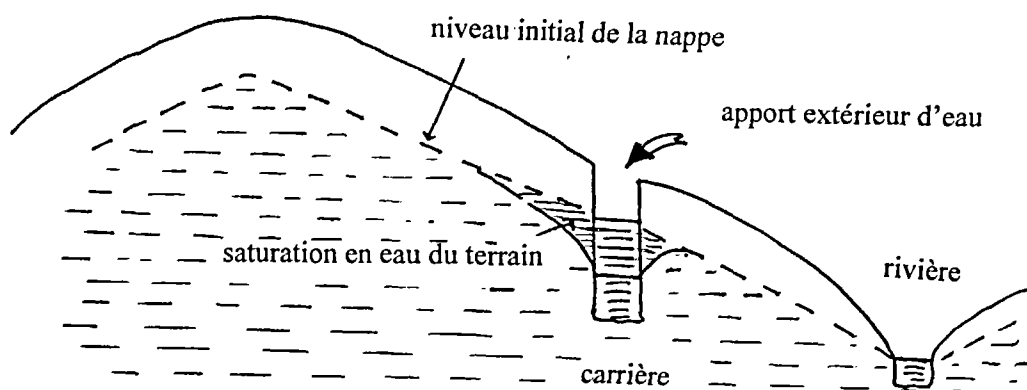
2.4. EXPLOITATION ET GESTION DES CARRIERES EN EAU

Une carrière en eau peut être gérée de plusieurs façons :

- **Soit comme une réserve** : l'eau stockée n'est utilisée que lors de besoins exceptionnels, de durée déterminée mais courte, se chiffrant en jours, semaines ou mois selon les volumes disponibles et les besoins auxquels ils peuvent être affectés.

L'excavation vidée rapidement mettra vraisemblablement plusieurs années pour se remplir à nouveau naturellement et retrouver le niveau piézométrique initial de la nappe. Il est tout à fait envisageable d'accélérer le remplissage par un apport d'eau extérieure (d'une rivière par exemple) de qualité convenable. Ainsi la gestion de l'eau de ce type d'excavation peut se faire à l'échelle de l'année : vidange en été au moment des besoins les plus forts mais sur une courte durée et remplissage de la cavité en hiver par prélèvement dans un cours d'eau à la période de l'année où les débits des rivières sont les plus importants. Il faut noter que le volume d'eau nécessaire pour remplir la carrière jusqu'à un niveau donné est supérieur au volume de vide de la carrière car il faut saturer en eau la partie dénoyée du cône de dépression.

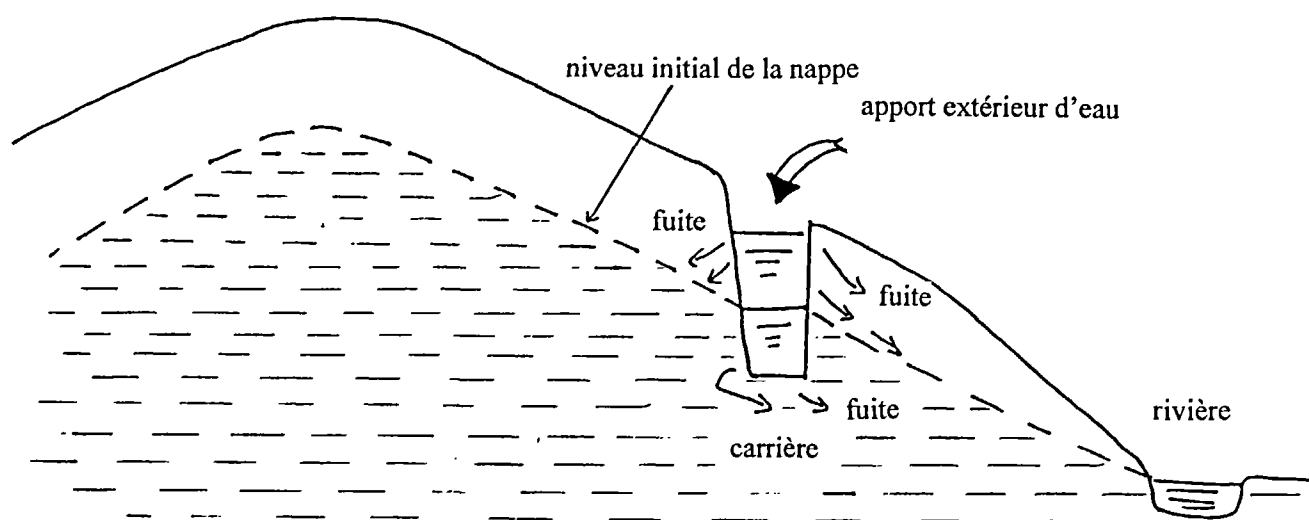
Réalimentation artificielle de la carrière



Il peut être souhaitable de pré-traiter l'eau de remplissage (décantation ou décantation-filtration) pour ne pas colmater les parois du bassin.

En cas de remplissage au-dessus du niveau naturel de la nappe, on aura des fuites maximales pour retrouver le niveau d'équilibre naturel.

Remplissage d'une carrière au-dessus du niveau initial de la nappe



- **Soit comme un grand puits** : or, dans le socle armoricain, les débits d'exhaure d'eau souterraine sont souvent relativement faibles (quelques dizaines à quelques centaines de m³ par jour) ; ils peuvent être importants, lorsque la roche exploitée est largement fracturée (plusieurs centaines de m³ par heure, plus de 1 000 m³ par heure en période de pointe). Les débits d'exhaure varient selon les saisons avec la pluviométrie. On a figuré, sur les schémas de l'exploitation en fouille, le cas d'un ruisseau alimentant par infiltration le pompage d'exhaure : de tels cas existent, pouvant aller jusqu'à l'assèchement du ruisseau et augmentent considérablement les débits.

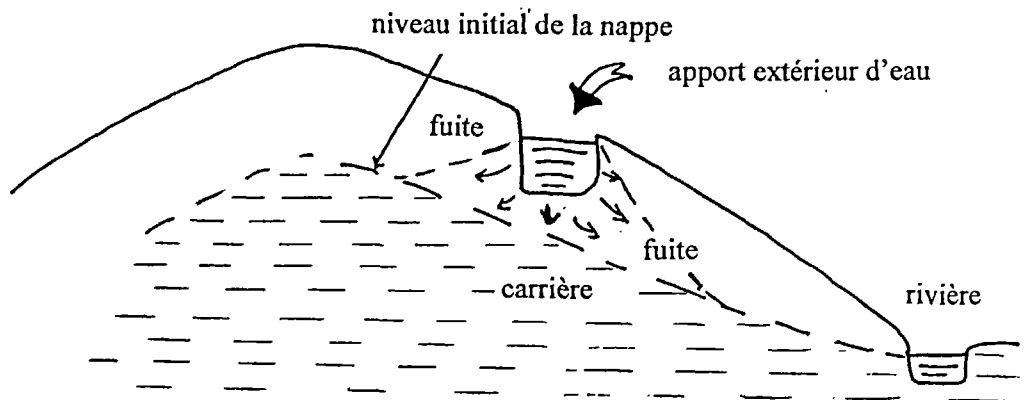
Seul un pompage d'essai de longue durée avec suivi des niveaux dans la carrière et des piézomètres implantés en périphérie permettent d'approcher la zone d'influence du pompage et conduit à l'estimation des ressources renouvelables puis à caler l'exploitation sur les apports.

- **Soit comme les deux à la fois** : l'eau est exploitée en tant que ressource mais en conservant une réserve de sécurité pour faire face à une situation momentanément difficile.

2.5. EXPLOITATION ET GESTION DES CARRIÈRES EN FOSSE SECHÉ

Le remplissage d'une carrière en fosse sèche (dont la base est située au-dessus du niveau d'équilibre de la nappe), à partir d'un cours d'eau peut être envisageable mais il faut savoir que les fuites vers le milieu naturel pourront être importantes. Des aménagements peuvent les limiter (mise en place d'argile sur les secteurs les plus perméables du radier), mais l'imperméabilité totale paraît difficile à envisager : coût de l'opération, difficultés techniques, notamment pour imperméabiliser les flancs.

Remplissage d'une carrière sèche



2.6. LA FAISABILITE D'UN STOCKAGE PERIODIQUE EN CARRIERES.

Celui-ci dépend :

- des conditions hydrologiques locales : eau disponible en qualité et quantité suffisantes à distance raisonnable du site.
- Des conditions hydrogéologiques locales : position et forme de la nappe avant et après remplissage, perméabilité de la roche et distance aux exutoires.
- Des données mécaniques : coût de l'opération, distance à la ressource de remplissage, distance jusqu'aux besoins, traitements nécessaires, bilan volume stocké/volume utilisable (importance des fuites).

3. Les données de base de la recherche de sites

L'étude a débuté par une recherche bibliographique à partir des fichiers de carrières du BRGM (321 sites répertoriés) et des fichiers de demande d'autorisation d'exploitation de carrières de la DRIRE (mis en place après 1971) : 133 fiches de sites fermés, 131 fiches de sites dont l'autorisation d'exploitation était encore valide. Il faut savoir qu'à un même site peut correspondre une succession de fiches d'autorisation et de fermeture ou encore que si deux types de matériaux sont exploités sur le même site (exemple : kaolin et mica), il y aura deux fiches correspondantes. Ce qui réduit de façon notable le nombre réel de sites existants. Dans un premier temps, seuls les sites arrêtés administrativement ont été sélectionnés. L'inventaire « papier » a été complété par l'observation des cartes de l'IGN à 1/25 000 où tous les plans d'eau et l'ensemble des fronts de taille ont été repérés et retenus éventuellement.

Ensuite un état a été fait avec le subdivisionnaire de la DRIRE, Monsieur Ciesielski, sur les carrières en cours de fermeture anticipée par rapport aux demandes d'autorisation de façon à les inclure dans la liste des sites à visiter.

A cette liste, se sont ajoutées quelques anciennes ardoisières, dans la mesure où elles pouvaient constituer des réservoirs d'eau.

Par ailleurs, une concertation a été établie avec la profession des exploitants de carrières par l'intermédiaire de l'UNICEM. Celle-ci s'est concrétisée par une rencontre avec les principaux exploitants de granulats du Morbihan qui ont été informés sur cette nouvelle possibilité de réaménagement des carrières en fin d'exploitation. Cette réunion n'a apporté que peu d'informations nouvelles sur les sites arrêtés mais a beaucoup intéressé la profession qui, à l'échéance de 15-20 ans, pourra proposer plusieurs sites de grande capacité au département. Ils seront présentés au dernier chapitre. De plus, une carte de localisation et une liste de toutes les carrières, soit fermées et visitées, soit actuellement en exploitation, complètent ce rapport (annexe 1).

Les critères retenus pour les sites à visiter ont été la présence d'eau sur les cartes IGN et/ou une superficie de demande d'autorisation > 10 000 m².

4. La visite de terrain

Elle a permis de vérifier les accès au site et de visualiser in situ la géométrie de la carrière, la présence ou non d'eau, son état de propreté et l'aspect de l'environnement immédiat. Cette visite a été déterminante pour la sélection des sites. En effet, beaucoup d'entre eux ont été rapidement abandonnés pour diverses raisons : la superficie d'exploitation était bien inférieure à la demande d'autorisation, la présence d'ordures sur le site difficilement nettoyable, ou au contraire l'installation d'un écosystème privilégié, voire des exploitations à flanc de coteau très nombreuses et sans eau. Ce type d'exploitation est préféré par la DRIRE aux exploitations en creux car il permet d'éviter la présence de plans d'eau après fermeture. Dans ce contexte, l'eau peut éventuellement suinter à la base du front de taille mais il paraît très difficile de réaménager ce type de site en réservoir. En annexe 1 sont présentées la totalité des carrières visitées (75), les observations principales les concernant et les conclusions qui en découlaient, site retenu ou non. Leurs localisations figurent sur la carte jointe en annexe sur laquelle les carrières en exploitation sont également reportées.

5. Les différents types de carrières vis à vis des objectifs de l'étude

5.1. CARRIERES DE SABLE ET D'ALLUVIONS

Ce type d'exploitation qui peut occuper des superficies non négligeables, présente toujours des plans d'eau de très faible profondeur, rarement au-delà de 2 m, avec des particules fines en fond de cavité, d'où des réserves en eau difficilement exploitables par pompage. Par ailleurs, de très nombreux sites de ce type ont été aménagés pour l'agrément collectif ou individuel (pêche, promenade) et un écosystème s'est mis en place avec une végétation et une faune spécifiques qu'il serait regrettable de détruire par des variations de niveau d'eau périodiques. Après une première série de visites, tous les sites de ce type ont été éliminés.

5.2. ARDOISIÈRES (annexe 2)

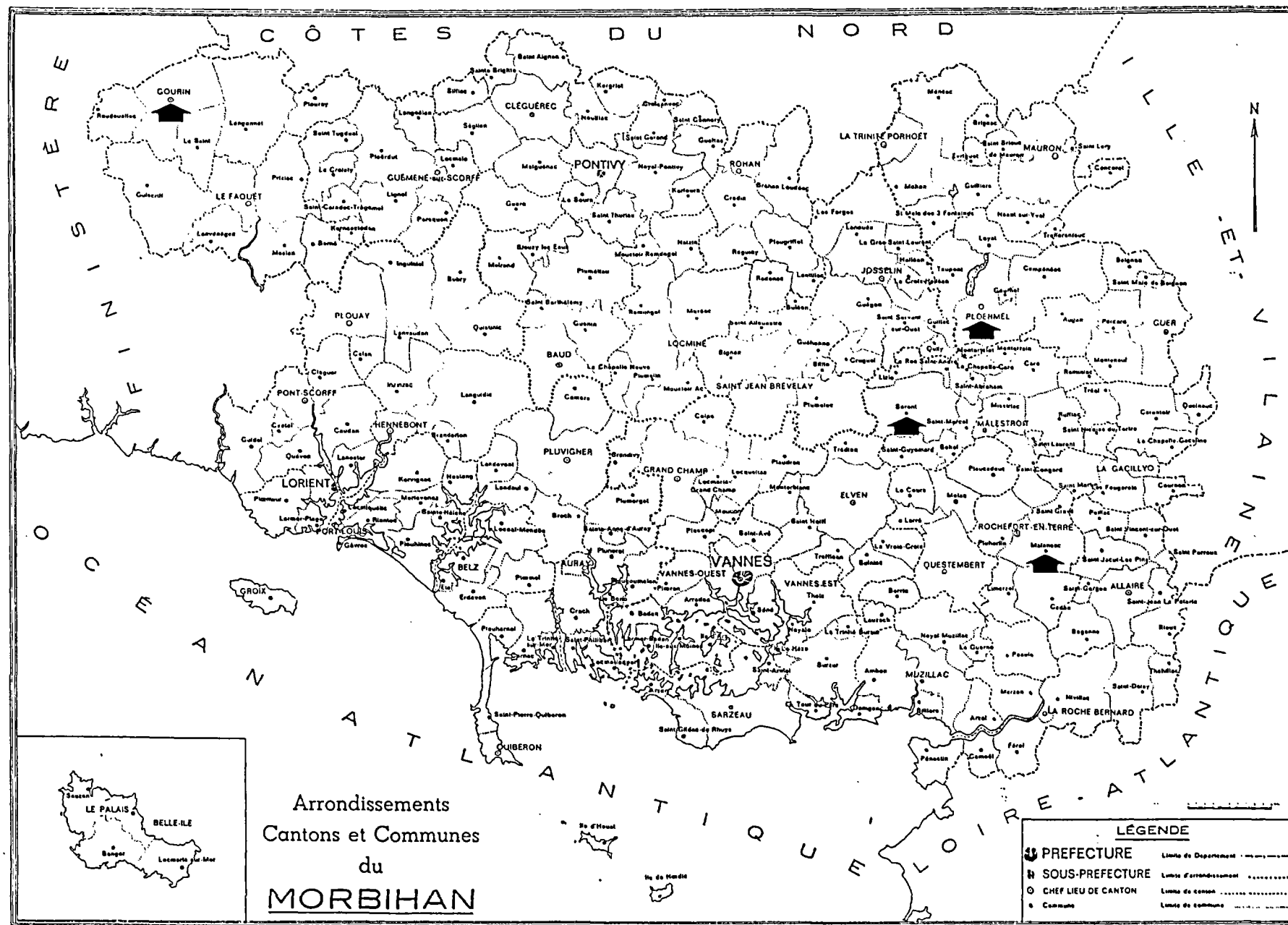
Dans les premières phases de sélection, plusieurs anciennes ardoisières avaient été retenues. Au terme de la démarche, aucun site n'a pu être maintenu pour différentes raisons :

- Sur la commune de Sérent où plusieurs sites d'exploitation en eau sont présents, le sondage du fond des cavités a démontré de faibles profondeurs. De ce fait, les volumes d'eau stockés se sont avérés insuffisants par rapport aux objectifs (de 3 000 à 18 000 m³ par ardoisière).
- Sur la commune de Malansac, le site du Parc de la Préhistoire où les volumes d'eau de plusieurs cavités estimés à partir des documents d'archives étaient intéressants :

Nom de l'ardoisière	Longueur	Largeur	Hauteur d'eau (m)	Volume (m ³)
<i>La Croix Neuve</i>	70	55	25	96 250
<i>La Renaissance</i>	50	30	20 (au moins)	30 000
<i>L'union</i>	30	20	60	36 000
<i>2 chambres</i>	17	17	56	16 180
<i>Guenfol</i>	80	65	40	208 000
TOTAL				386 430

Les propriétaires n'ont pas autorisé l'accès aux plans d'eau pour des prélèvements. La qualité n'aurait sans doute pas été convenable car ces anciennes cavités ont longtemps servi de dépotoirs et de nombreux objets hétéroclites doivent encore exister sous la surface de l'eau, comme on peut le voir dans une ancienne ardoisière toute proche du Parc, au lieu-dit la Coudre sur Malansac, où des objets divers baignent dans l'eau.

LOCALISATION DES COMMUNES DES ANCIENNES ARDOISIÈRES PRÉ-SELECTIONNÉES



Reproduction interdite

LES PRESSES BRETONNES, ST-BRIEUC

- A Gourin, le propriétaire Monsieur Barazer, adhère totalement au projet. Il propose une exploitation d'eau à partir du site de la Montagne noire où les volumes stockés sont, d'après lui, de l'ordre de 300 000 m³ et le débit d'exhaure de l'ordre de 600 m³/jour.

Or, une étude récente (1988-89) réalisée par Madame Rambert (DDAFF) donne des chiffres nettement inférieurs de l'ordre de 40 à 50 000 m³ de vides seulement d'après l'étude bibliographique des documents disponibles au BRGM. Par ailleurs, des analyses ont révélé des eaux très chargées en matière organique (10 mg/l), manganèse et sulfates avec des teneurs excessives en fer, jusqu'à 70 mg/l difficilement traitables. Toutes ces observations ont conduit à abandonner l'idée d'exploiter ces anciennes ardoisières pour l'eau potable.

Il faut rappeler qu'une étude hydrogéologique a été réalisée en 1996 par le bureau d'études ANTEA (groupe BRGM) sur les possibilités en eau des anciennes ardoisières de Côté situées sur la commune de Ploërmel (réf. : N0650 BRE 93.53). Elle a conduit à l'estimation d'un volume annuel prélevable compris entre 20 000 et 40 000 m³ seulement avec une qualité d'eau chimiquement convenable pour l'eau potable et des excès importants en manganèse (et légers en fer) nécessitant un traitement spécifique.

5.3. EXCAVATIONS EN FOSSE

Si une cavité en creux est naturellement sèche, cela signifie que le niveau de la nappe se situe sous le plancher de la carrière et que le secteur est relativement perméable. C'est pourquoi, remplir d'eau ce type de cavité conduirait à une perte importante de l'eau stockée par le fond et les côtés. C'est ainsi que des sites comme la carrière de Boisel-Est à Pleucadeuc et celle de la Chapelle St Nicolas à Cleguer n'ont pas été retenus, étant par ailleurs situés dans des contextes défavorables (eaux acides, dépotoir) et/ou difficilement aménageables.

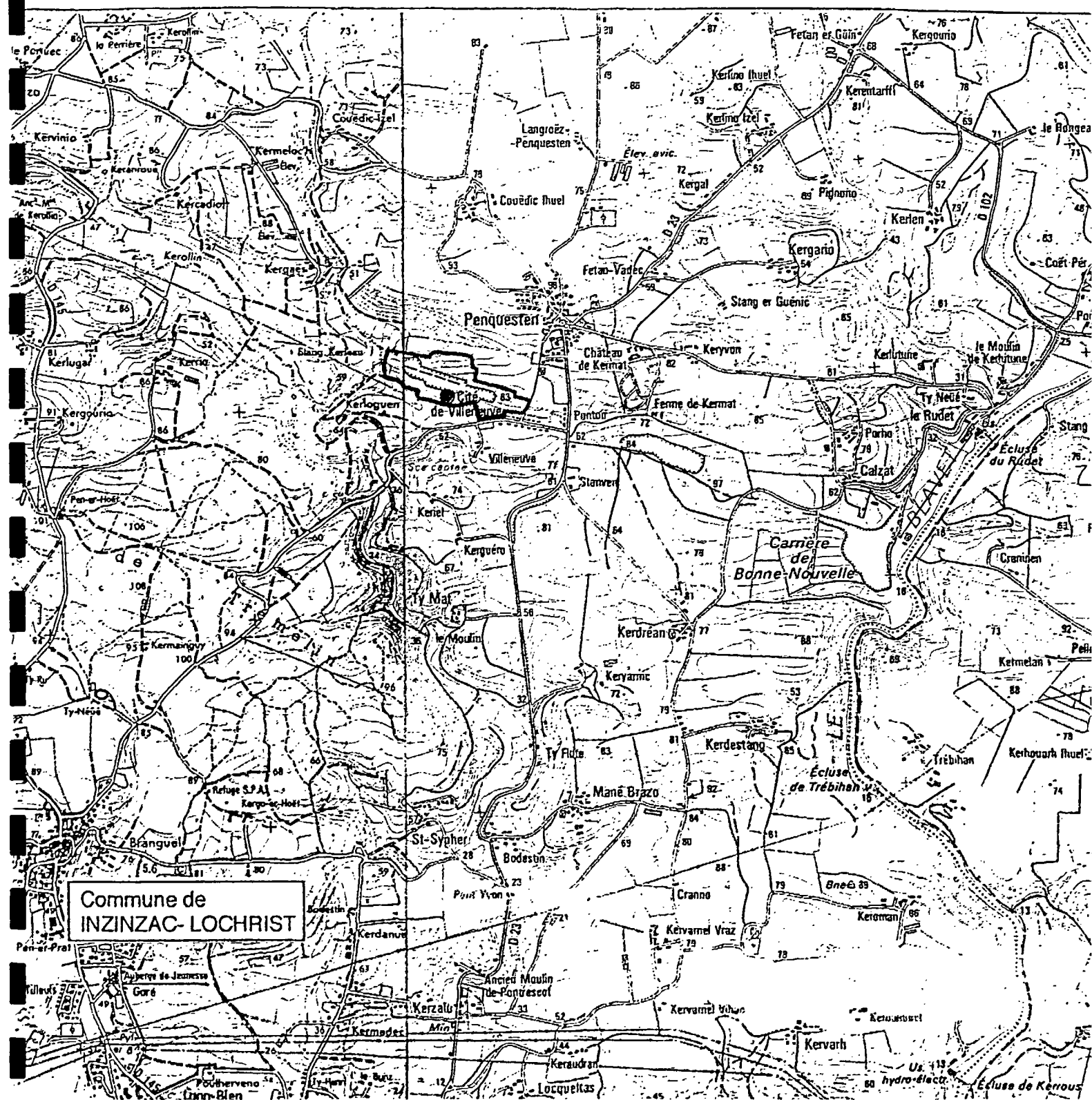
Néanmoins, il faut signaler que la Société Le Rouzic, propriétaire de la carrière de Villeneuve sur Inzinzac-Lochrist serait intéressée par un aménagement de son site, constitué d'une excavation de 535 x 75 x 15 m, pour une finalité de stockage d'eau. En exploitation, l'exhaure était inexistant. Cependant, durant une période d'exploitation de la carrière, de l'eau a pu être stockée dans la partie basse du site sur 4 à 5 mètres de hauteur ce qui représente un volume estimé entre 50 000 et 60 000 m³ et peut correspondre au niveau d'équilibre de la nappe. L'exploitant envisage de retrouver ce niveau en fermant l'exutoire vers la rivière. En première analyse, le niveau piézométrique de la nappe est relativement bas et le terrain perméable. Le stockage d'un volume supérieur d'eau devrait engendrer des pertes importantes par le fond et les parois de la carrière. Pour réduire celles-ci, l'entreprise a déjà commencé à les recouvrir d'argile mais la verticalité des parois entraîne un fluage du matériau comme le montre bien la photographie de la partie basse de la carrière.

Ce site présente cependant l'intérêt d'être situé à 50 m d'une rivière où il serait possible de prélever de l'eau en hiver et à 100 m d'un barrage d'AEP auquel il pourrait servir d'appoint. Les éléments chimiques de l'eau mesurés le 25/11/1997 étaient corrects :
pH : 6,93 et C : 237 µS/cm.

Pour apprécier la faisabilité d'un stockage d'eau sur une dizaine de mètres de hauteur (volume d'eau estimé : 150 000 m³ à 200 000 m³), il est nécessaire de mieux connaître l'aquifère concerné. Pour cela, il est proposé :

- 1) la mise en place d'au moins deux piézomètres à l'extérieur de la carrière à une vingtaine de mètres du bord afin de situer le niveau de la nappe et y réaliser des essais d'injection pour approcher les valeurs de la perméabilité du site.
- 2) Un essai grandeur nature du remplissage de la carrière : il conviendra de tapisser le fond et les parois d'argile, de fermer l'exutoire par un barrage d'une dizaine de mètres de hauteur, de remplir à partir de la rivière le bassin ainsi créé en contrôlant les débits apportés, les niveaux dans les piézomètres et la cavité, d'observer le volume d'eau qu'il est possible de restituer en période d'étiage au milieu naturel et qu'elle est alors la qualité chimique de l'eau.

LOCALISATION DE LA CARRIERE DE VILLENEUVE



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : INZINZAC - LOCHRIST

Lieu-dit : La Ville Neuve

Cadastre : AC 148 - 149 - 154 - ZD 12 et 24

Carte IGN : 720 ET – 820 O

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 88

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : quartz concassé primaire dans des gneiss et mylonites

Etat : momentanément arrêtée mais autorisée jusqu'en 2005

Exploitant : Société Le Rouzic et Cie - 8 quai St Caradec - 56700 Hennebont

Propriétaire : Madame Gouliau, famille De Carne

Activité actuelle du site : néant

Superficie : Une cavité de 400 x 70 = 28 000 m² avec deux paliers de 15 m de hauteur chacun séparés par un seuil de 8 m environ

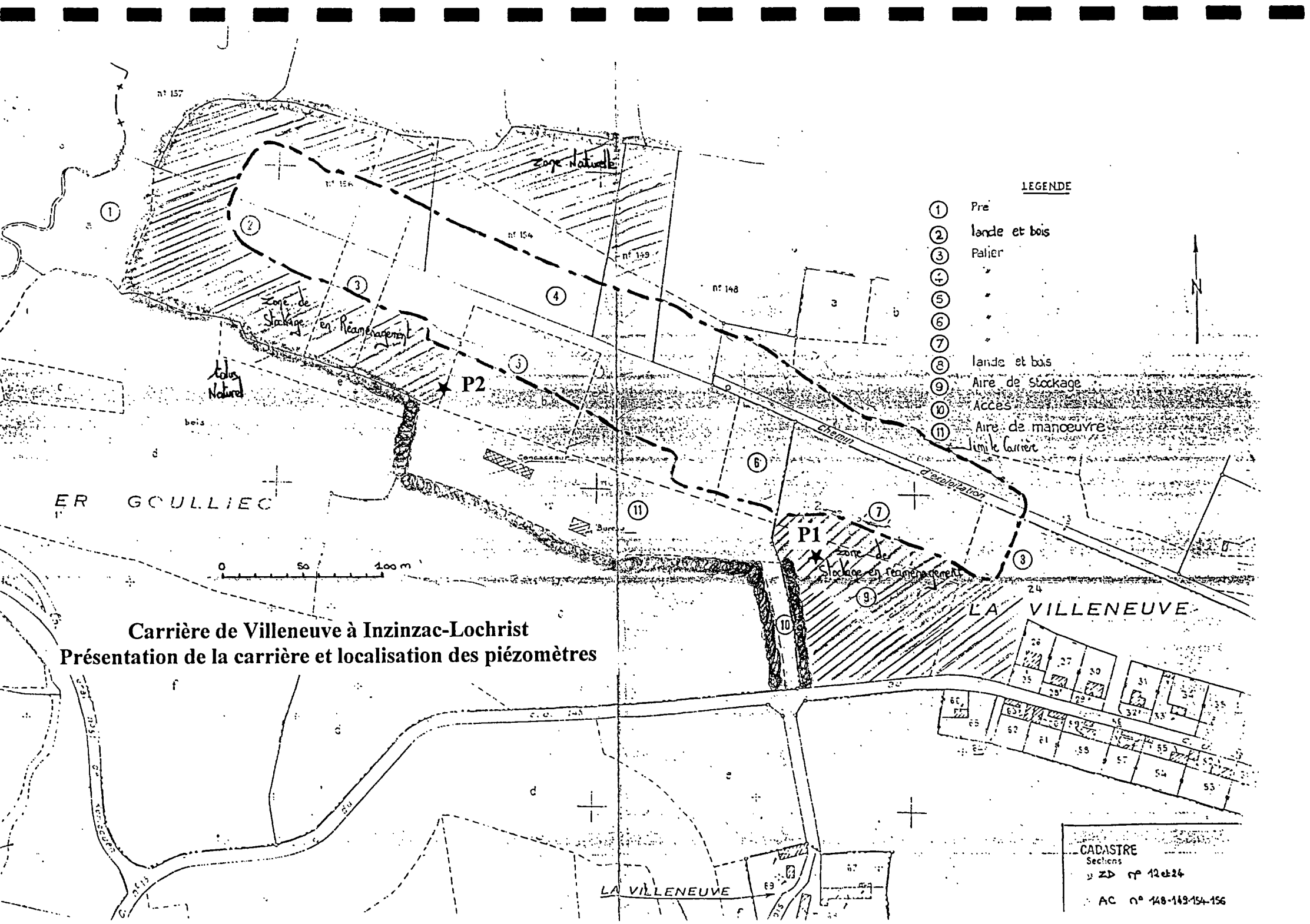
Hauteur d'eau : 0,6 m dans le palier bas le jour de la visite

Qualité de l'eau : le 25/11/1977 : pH : 6,93 - C : 273 µS/cm

Environnement immédiat : bois et champs

Proximité d'un cours d'eau : 50 m

Etude complémentaire souhaitée : mise en place de deux piézomètres. Un essai de stockage grandeur nature, suivi des niveaux et de la qualité de l'eau



LEGENDE

- ① Pre
- ② lande et bois
- ③ Palier
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦ lande et bois
- ⑧ Aire de stockage
- ⑨ Accès
- ⑩ Aire de manœuvre
- ⑪ Limite Carrière

Carrière de Villeneuve à Inzinzac-Lochrist
Présentation de la carrière et localisation des piézomètres

CADASTRE
Sections
ZD n° 12 et 24
AC n° 148-149-154-156

Commune de Inzinzac-Lochrist
Carrière de Villeneuve



Partie haute



Partie basse

5.4. CARRIERES DE CONCASSES OU DE GRANITE ORNEMENTAL

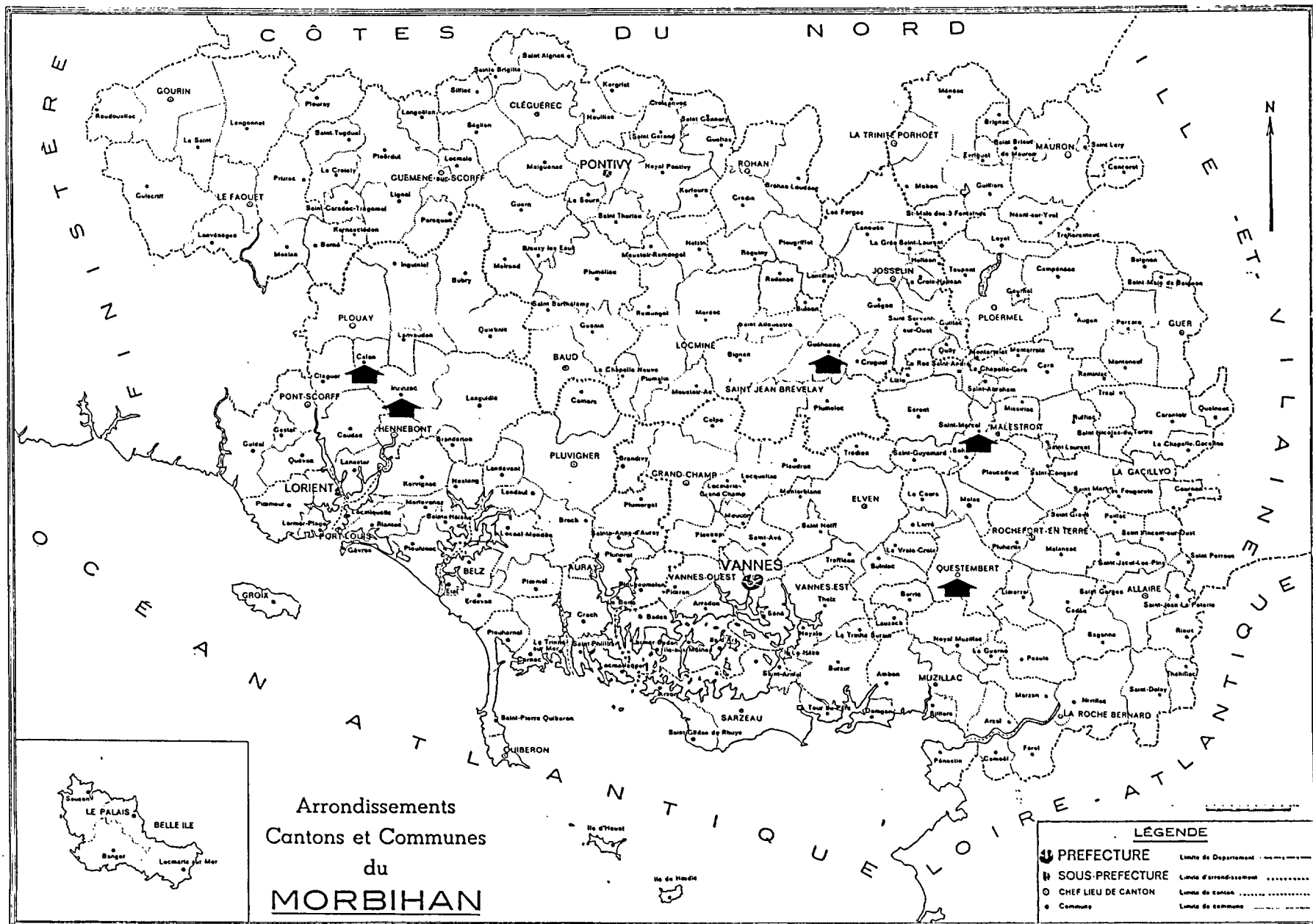
5.4.1. Aspect capacitif

C'est uniquement dans ce type de carrière que l'on a pu trouver des cavités en eau dont les volumes stockés s'approchent de ceux recherchés, sans jamais atteindre la barrière haute du million de m³ et ce, en nombre très limité. Mais il est intéressant de noter qu'à l'échéance de 15 à 20 ans, des carrières à ce jour en exploitation pourront atteindre de telles capacités (Cf. chapitres suivants).

5.4.2. Aspect qualitatif (réf. Annexe 3)

C'est dans ce type de carrière que l'on peut rencontrer les phénomènes « d'eaux acides » accompagnés de leurs cortèges de métaux lourds.

LOCALISATION DES COMMUNES DES CARRIÈRES SÉLECTIONNÉES



ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES CARRIERES

COMMUNE/Élément	LIEU-DIT	date	PH	C	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ce	Cd	Cl	Co	CO3	Cr	Cu	F
UNIT		1997		µS/cm	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l
GUEHENNO	LE COGNEL	30/09	8.53	216	-5	0.04	-10	30	23	-5	11.7	23	29.9	-2	-3	-5	3	0.1
CALAN	POULGOURO	30/09	8.81	495	-5	0.07	-10	65	22	-5	69.3	3	44	-2	-3	-5	4	0.2
QUESTEMBERT	CLERGEREL	07/10	6.60	176	-5	0.04	-10	-20	26	-5	9.3	-2	30.9	-2	-3	-5	2	0.2
ST MARCEL	GANDOURN	09/10	2.86	1115	-5	43.6	-10	-20	85	7	46	108	21.8	448	-3	28	1266	0.3
INZINZAC	BONNE NOUV	07/10	3.66	943	-5	11.83	-10	21	79	30	74	6	24.6	445	-3	-5	366	1.2
SAINT AVE	USCUT	16/12	7.80	473	-5	-0.03	-10	165	-5	-5	38.1	-2	24.7	-2	-3	7	-2	0.2
NORMES E. P.			6.5-9		10	0.2	50					5	250			50	1000	1.5
NORMES E.B.							100					5	250			50		

E.P. : EAU POTABLE. E.B. : EAU BRUTE UTILISEE POUR L'EAU POTABLE

Le signe "-" signifie "inférieur à "

Substances indésirables : Fe, Mn, Cu, Zn, F, Ag

Substances toxiques : As, Cd, Cr, Ni, Pb

COMMUNE/Élément	LIEU-DIT	Fe	HCO3	K	Li	Mg	Mn	Na	NH4	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SiO2	SO4	Sr	Zn
UNIT		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
GUEHENNO	LE COGNEL	0.02	37	3.2	0	6.4	-5	23.9	-0.1	-5	0.06	29.1	-2	-0.1	-1	11.4	0.06	7
CALAN	POULGOURO	-0.02	60	16.5	0	4	10	38.9	-0.1	-5	0.03	2	-2	-0.1	2.7	141	0.47	11
QUESTEMBERT	CLERGEREL	-0.02	23	2.8	0	5.1	6	21.1	-0.1	-5	0.06	17.8	-2	-0.1	2.7	7.8	0.04	7
ST MARCEL	GANDOURN	9.4	-3	5.3	0.05	22.6	3317	21.2	-0.1	665	-0.01	0.4	4	-0.1	37	529	0.2	1384
INZINZAC	BONNE NOUV	0.27	-3	7	0.1	64	8406	41.5	-0.1	443	-0.01	-0.1	4	-0.1	40	496	0.22	815
SAINT AVE	USCUT	0.12	135	4	0.05	26.4	433	25.3	-0.1	-5	-0.01	4.2	-2	-0.1	19	113	0.11	14
NORMES E. P.		0.2		12		50	50	150	0.5	50	0.1	50	50			250		5000
NORMES E.B.									4			100	50			250		5000

6. Présentation des carrières sélectionnées

Ainsi cinq carrières en eau et de tailles suffisantes ont pu être retenues ; un prélèvement d'eau et une analyse chimique détaillée ont été réalisés pour chacune d'entre elles.

6.1. CARRIERE DE CLERGEREL SUR QUESTEMBERG

L'exploitation du granite sur ce site est arrêtée depuis au moins 15 ans mais sa fermeture administrative est seulement en cours de négociation.

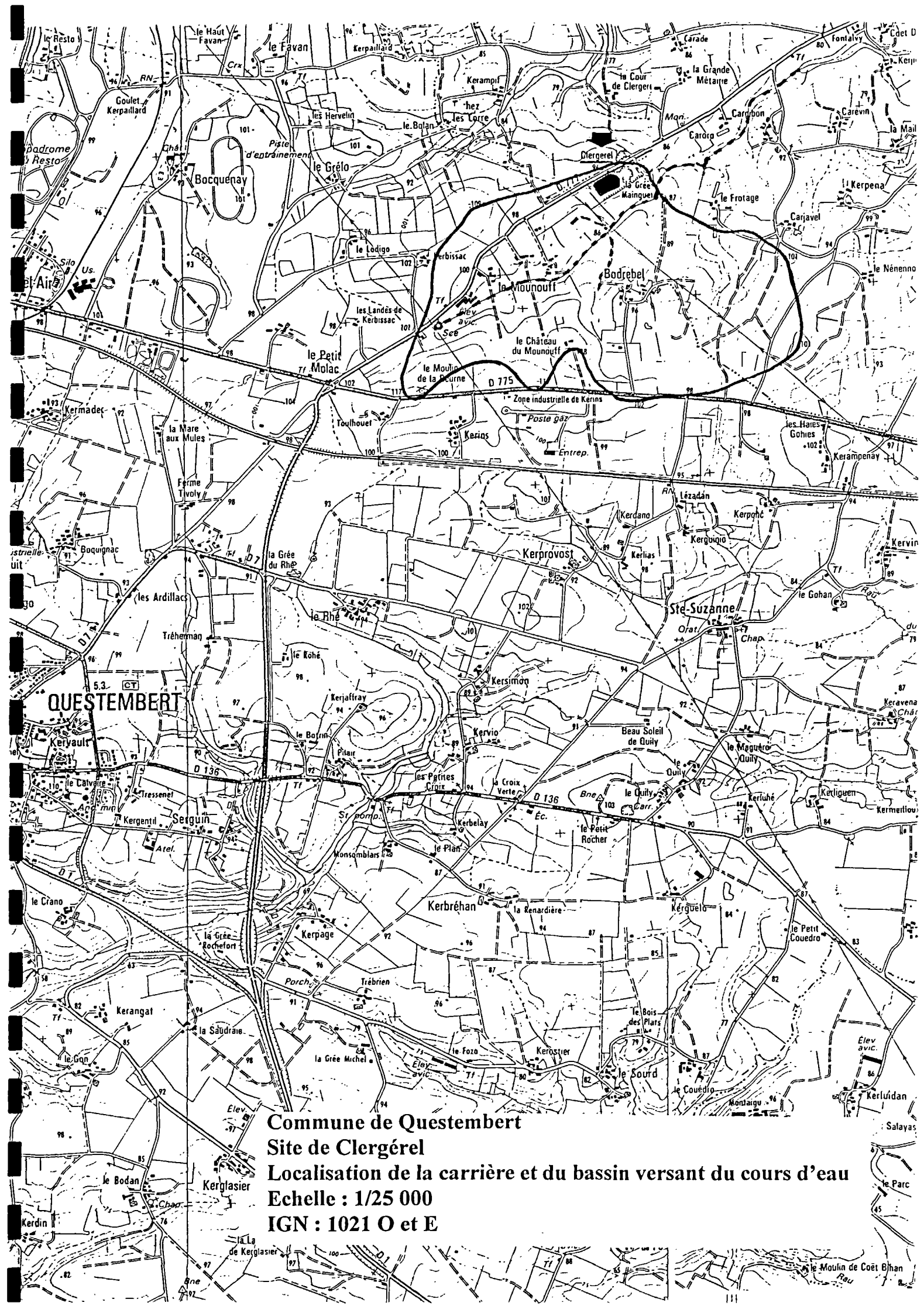
Cette carrière est la plus intéressante de l'inventaire. En effet, ce site a la particularité de posséder une hauteur d'eau de 30 m par endroit, ce qui est exceptionnel dans un plan d'eau douce en Bretagne. Malheureusement les propriétaires ne souhaitent pas la mettre à la disposition de la collectivité car ils y exercent avec de nombreux clubs, une activité de plongée sous-marine. Néanmoins, ils sont prêts à accepter une utilisation exceptionnelle de l'eau de leur carrière en cas de pénurie grave suite à une longue période de sécheresse ou un accident au niveau d'un barrage d'AEP.

Les volumes d'eau stockés sont évalués entre 240 000 et 300 000 m³ et la qualité est excellente. Hormis la proximité immédiate de la D777, l'environnement immédiat est constitué de landes sur le site et en périphérie de champs. La carrière est entièrement close, ce qui rend difficile les intrusions et les dépôts sauvages. Il faudrait néanmoins enlever quelques éléments indésirables présent sur le site (carcasse de bus, cuve à fuel, dépôts inertes) et surveiller les remblais déposés dans une autre excavation de l'autre côté de la route.

Aucune donnée sur le débit en exploitation n'a pu être recueillie. Le bassin versant susceptible d'alimenter directement la carrière est très réduit car elle est placée pratiquement en sommet de crête. Cependant, un pompage continu provoquerait un cône de rabattement autour de la carrière et augmenterait les ressources en eau renouvelables. En outre, il pourrait entraîner le drainage du ruisseau situé à 150 m au sud. Seul un essai par pompage de longue durée (2 mois) à débit constant avec une mise en place de piézomètres pour le suivi de niveaux permettrait d'acquérir des données fiables sur le sujet. Ce serait également l'occasion de suivre l'évolution de la qualité chimique de l'eau en pompage.

En cas de pompage discontinu, il peut être envisagé de compenser les volumes prélevés par un apport d'eau à partir du même ruisseau si son débit et sa qualité le permettent. Pour évaluer cette possibilité, il faudrait jauger ce cours d'eau et le suivre du point de vue qualitatif.

Le bassin versant du cours d'eau à l'aval de la carrière a été évalué à 2 km², la pluie efficace dans le secteur de Questembert est de 250 mm, ce qui conduit à un débit de 500 000 m³/an. En préservant les 10 % obligatoires, on peut envisager de remplir la carrière en quelques années.



Commune de Questembert

Site de Clergérel

Localisation de la carrière et du bassin versant du cours d'eau

Echelle : 1/25 000

IGN : 1021 O et E

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : QUESTEMBERG

Lieu-dit : Clergerel

Cadastre : ZM 11

Carte IGN : 1021 O

Echelle : 1/25000

Carte géologique : 418

Echelle : 1/50000

Substance extraite : granite

Etat : exploitation arrêtée

Exploitant : Le Normand Bernard - Les ajoncs d'or - Arzal

Propriétaire : Chevalier Claude - Brégadon - 56250 La Vraie Croix -
Tél. 02.97. 67.24.88.

Activité actuelle du site : pratique de la plongée sous-marine par plusieurs clubs

Superficie : 12 000 m²

Hauteurs d'eau : entre 20 et 25 m, une zone à 30 m

Volume d'eau stockée : entre 240 000 et 300 000 m³

Qualité de l'eau : eau de très bonne qualité

Date du prélèvement : 7/10/1997

Environnement immédiat : carrière entièrement clôturée, située en bordure de la route D777 et entourée de champs. Sur le site, une carcasse de bus, une cuve à fuel, des déchets inertes sont à enlever.

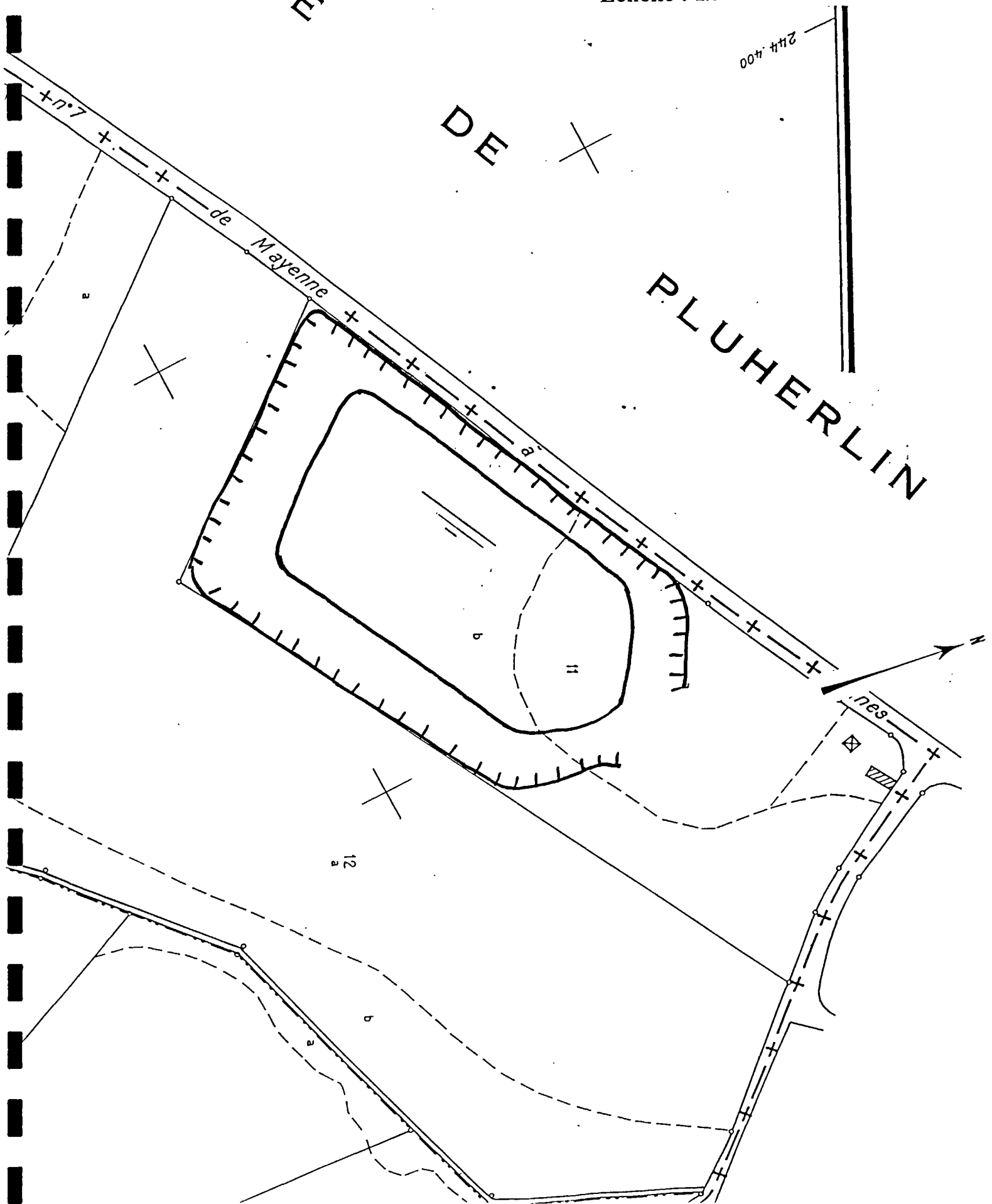
proximité d'un cours d'eau : à 150 m du ruisseau de St Gentier qui rejoint l'étang du Moulin Neuf (sur Malansac)

COMMUNE

Commune de Questembert
Site de Clergérel
Section ZM
Echelle : 1/2 000

DE

PLUHERLIN



QUESTEMBERT
SITE DE CLERGEREL



6.2. CARRIERE DE POULGOURIO A CALAN

Cette carrière de quartzites est arrêtée depuis au moins 20 ans. Le bassin en eau diminue progressivement en volume car il est remblayé continuellement par les inertes de l'entreprise de bâtiments et de travaux publics du propriétaire. Celui-ci accepterait le pompage de l'eau de son bassin pour l'AEP mais il voudrait continuer à le remblayer. Ces deux actions simultanées semblent incompatibles pour la sécurité de la qualité de l'eau. C'est pourquoi il faudrait proposer à l'exploitant une autre carrière pour y déposer ses inertes, par exemple, la carrière du lieu-dit la Chapelle Saint-Nicolas sur Cleguer, facile d'accès, située à proximité du site de Poulgourio (à 1 km) dont le volume de vides a été estimé à 375 000 m³ (réf. fiche technique et plan).

Ces observations conduisent à la prudence quant au projet de l'utilisation de l'eau du bassin pour l'AEP. Des pompages d'essai sont nécessaires pour suivre l'évolution chimique de l'eau dans le temps avant toute décision arrêtée.

le site est entièrement clos et l'environnement immédiat est bon : bois et champs.

Le volume d'eau stocké dans la carrière est évalué à 170 000 m³ et l'eau est actuellement de très bonne qualité chimique.

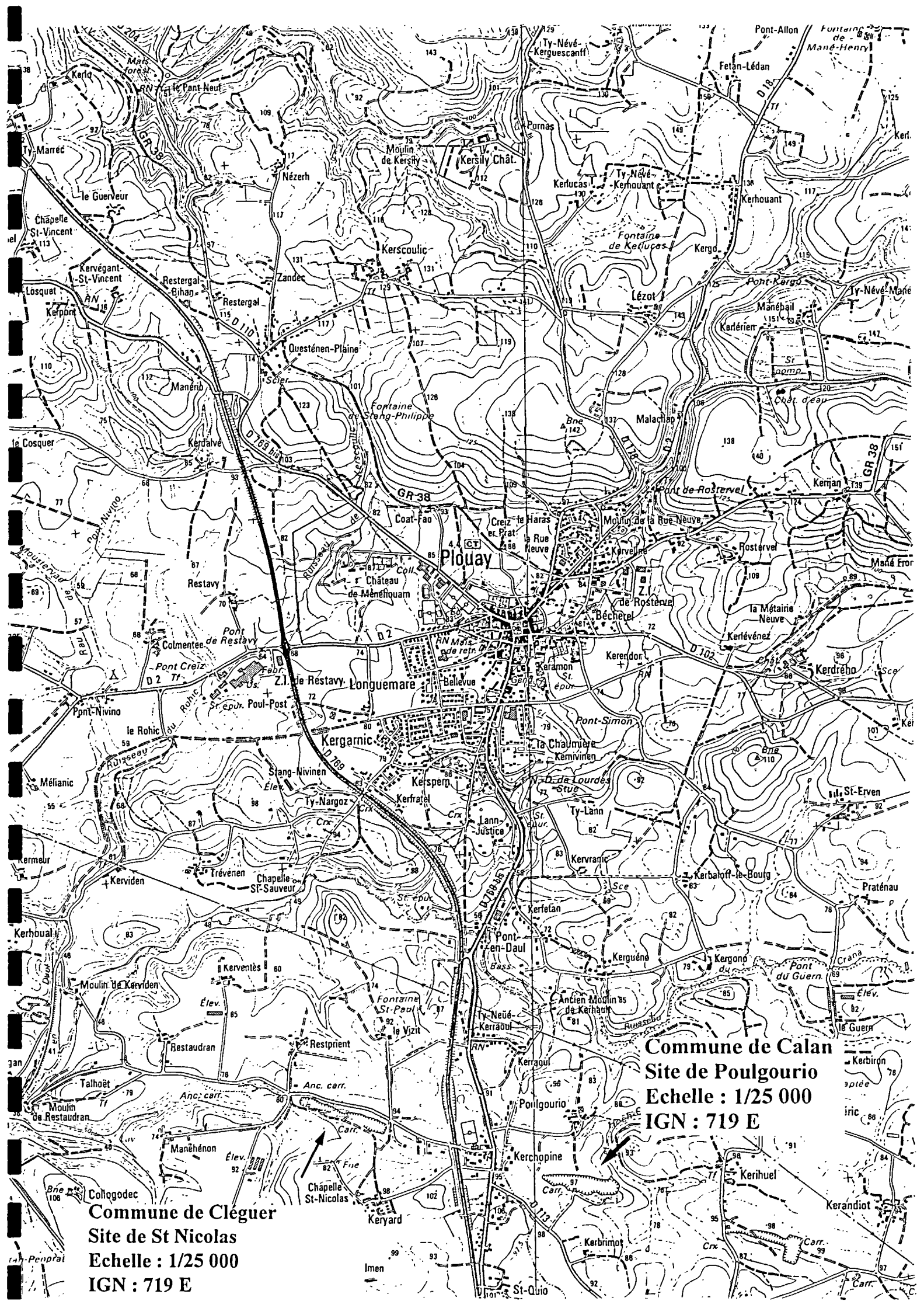
Cependant, trois éléments chimiques ont des teneurs élevées : la conductivité, le pH et les teneurs en sulfates. Plusieurs interprétations peuvent être apportées pour expliquer ces observations :

- ① Les sulfates sont dus au phénomène d'oxydation des sulfures et l'eau devait être acide en exploitation (aucune information à ce sujet), mais le temps a fait son œuvre et a permis le retour à l'équilibre (disparition de ions H⁺ disponibles).
- ② L'acidité de l'eau a été neutralisée naturellement dans la roche encaissante par des carbonates.
- ③ L'explication est à rechercher dans la nature des dépôts mis en remblai (du plâtre par exemple). Il est à craindre que certains éléments indésirables aient été déversés pour combler l'excavation et se retrouvent dans l'eau en cas de pompage du plan d'eau.

Le débit en exploitation n'est pas connu. Le bassin d'alimentation direct de la carrière est très réduit. En cas de vidange totale de la cavité, son remplissage naturel pourrait demander plusieurs années. Pour un remplissage à partir d'un cours d'eau, il faudrait aller chercher celui-ci à 7,5 kms au nord de la carrière (ruisseau de Cana).

Dans l'hypothèse d'une exploitation de l'eau en continu, il serait nécessaire de réaliser au préalable un pompage d'essai d'au moins deux mois avec un contrôle des niveaux dans la carrière et dans un certain nombre de piézomètres implantés en périphérie de celle-ci pour connaître les caractéristiques de la nappe, le débit exploitable, l'étendue du cône d'influence du pompage et de ce fait les ressources renouvelables annuellement. Le

suivi de la qualité chimique de l'eau en pompage permettrait peut-être d'apporter les éléments nécessaires à la compréhension la présence des composants chimiques évoqués précédemment.



Commune de Calan
Site de Poulgourio
Echelle : 1/25 000
IGN : 719 E

Commune de Cleguer
Site de St Nicolas
Echelle : 1/25 000
IGN : 719 E

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : CALAN

Lieu-dit : Poulgourio

Cadastre : D n° 41 et 74

Carte IGN : 719 E

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 88

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : quartzites dans des gneiss et mylonites

Etat : en cours de remblaiement

Exploitant : Sotrama - 8 avenue de Kergoise - 56323 Lorient cédex

Tél. : 02.97.37.25.11. - **Responsable :** Monsieur Marc Guénault

Propriétaire : idem

Activité actuelle du site : est utilisé pour les dépôts d'inertes de l'entreprise

Superficie : $340 \times 50 = 17\,000\text{ m}^2$

Hauteurs d'eau : 10 m

Volume d'eau stockée : 170 000 m³

Qualité de l'eau : très bonne qualité chimique

Date du prélèvement : 30/09/1997

Environnement immédiat : bois, site entièrement clôturé

Etude complémentaire souhaitée : mise en place de piézomètres et pompage durant deux mois et suivi des niveaux et de la qualité chimique de l'eau

CALAN

SITE DE POULGOURIO



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : CLEGUER

Lieu-dit : La Chapelle St Nicolas

Cadastre : ZR 47 - 48 - 49, ZV 13

Carte IGN : 719 E

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 88

Echelle : 1/80 000

Etat : abandonnée et inexploitée

Substance extraite : quartzites dans les gneiss et mylonites

Exploitant : inconnu

Propriétaire : multipropriétaires en indivision : Familles Gourlay, Fournier, Courtet

Activité actuelle du site : à l'ouest, dépôt sauvage d'ordures; à l'est, abandonnée, végétation peu fournie, humidité dans le fond de l'excavation.

Superficie : 500 x 50 = 25 000 m²

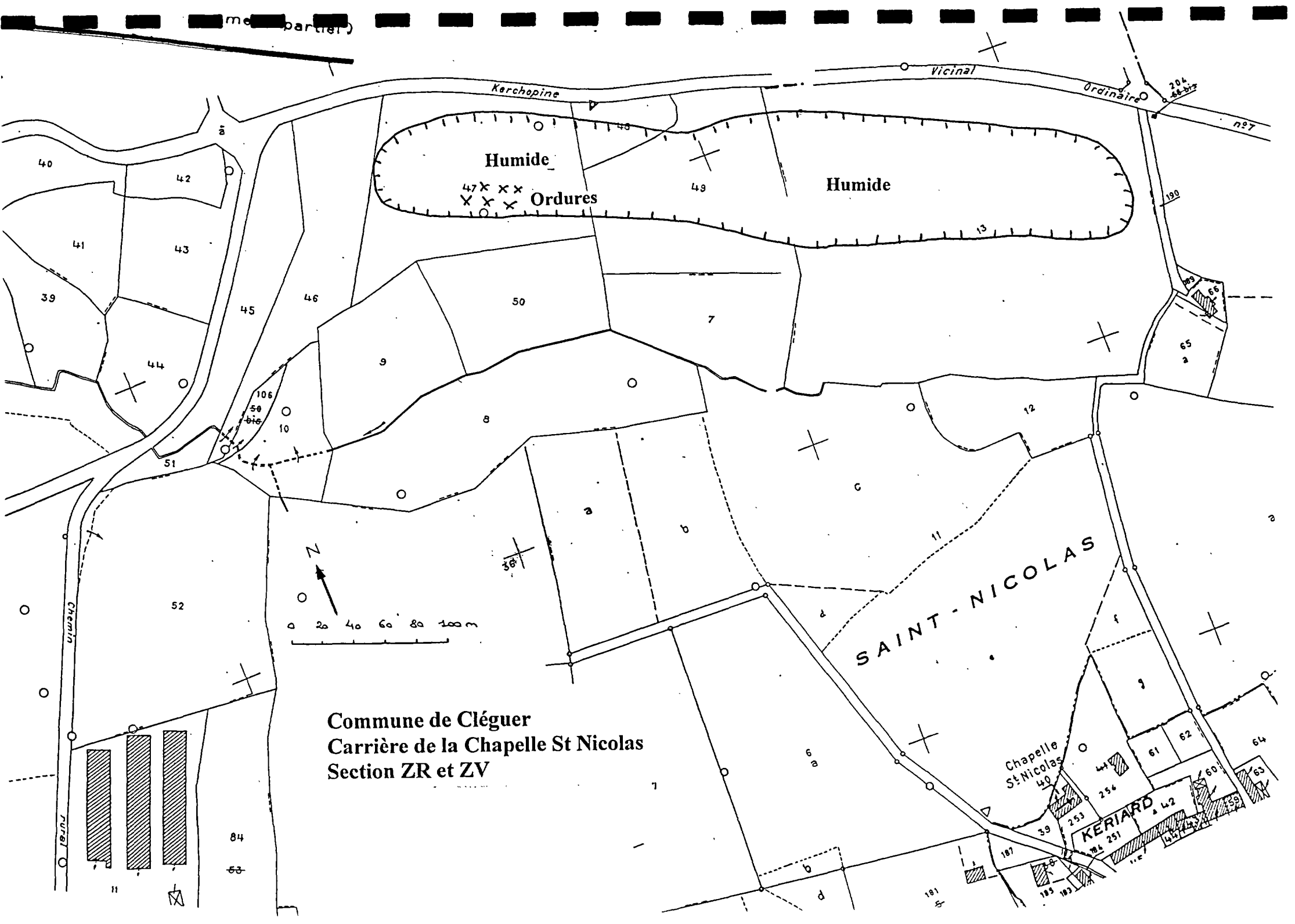
Hauteurs des fronts de taille : 15 m en moyenne

Volume de vide : 375 000 m³

Environnement immédiat : arbustes

proximité d'un cours d'eau : site drainé par un ru qui rejoint le ruisseau de Pont en Daul.

Remarque : il semble difficile d'envisager un stockage d'eau dans cette cavité car elle n'est pas étanche, étant drainée à sa base par un ruisseau. Par contre, elle pourrait servir d'alternative aux dépôts des inertes de la carrière de Poulgourio à Calan.



Commune de Cléguer
Carrière de La Chapelle St Nicolas



6.3. CARRIERE DE BONNE NOUVELLE (OU DE CALZAT) A INZINZAC-LOCHRIST

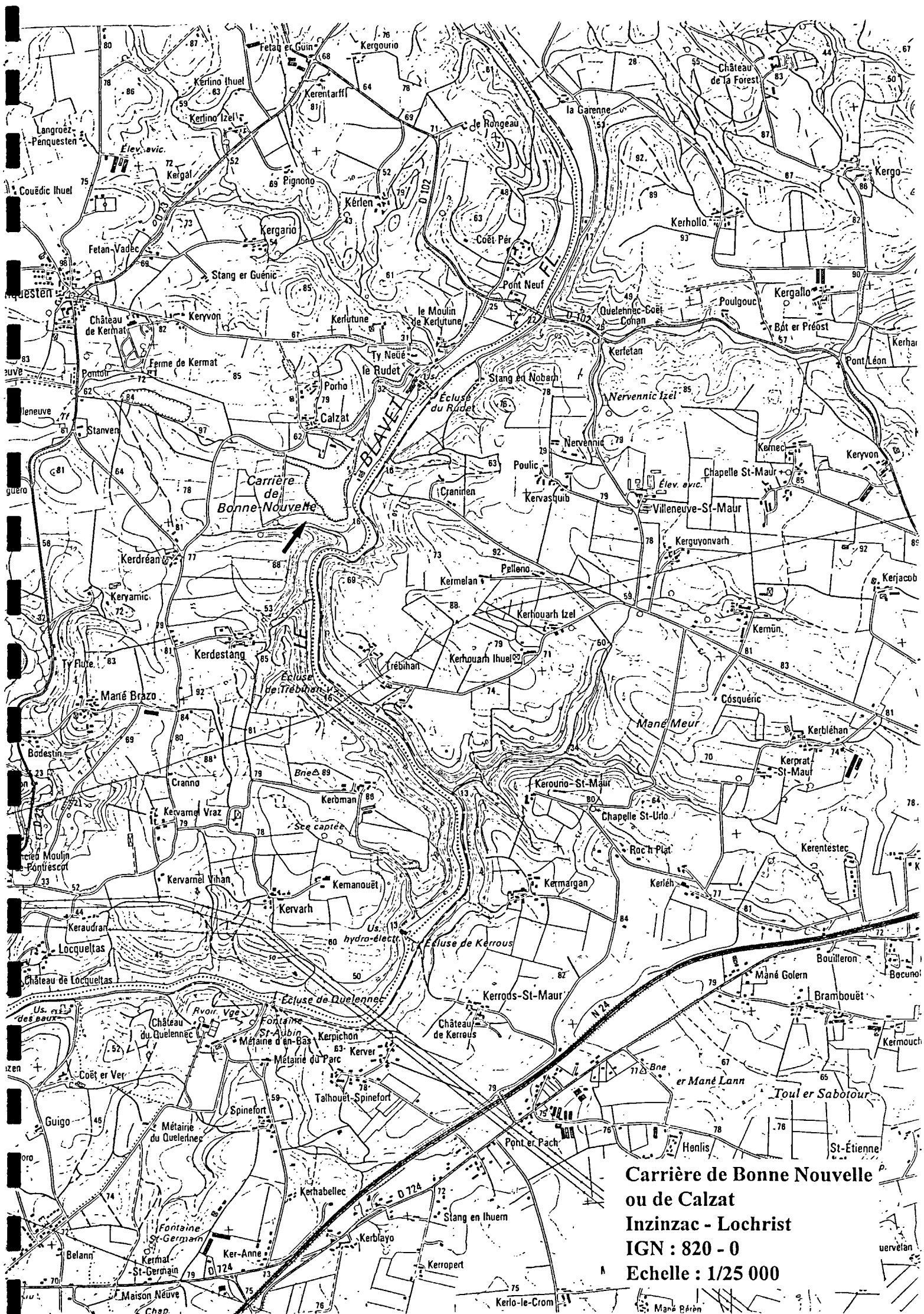
Cette carrière de quartz-quartzites et gneiss est en cours de réaménagement pour sa fermeture administrative. L'exploitant actuel, ORSA Granulats, est très favorable au projet d'utilisation du bassin d'eau pour l'AEP. La propriétaire, Madame Dines, n'a pas encore été contactée.

Le site est intéressant par plusieurs aspects :

Il est très propre, entièrement clôturé, et son environnement est bon (bois, champs) ; le volume d'eau stocké est le plus important de toutes les carrières répertoriées, de l'ordre de 600 000 m³ ; les possibilités d'exhaure en pompage continu sont évaluées par l'exploitant à 300 000 m³ ; ce volume doit provenir, en partie, du drainage du Blavet situé à proximité (50 à 100 m) et dont le niveau est à peine plus bas que celui du bassin (2 m) ; en cas de pompage discontinu (prélèvement d'un grand volume sur un temps court), il existe des facilités de remplissage du bassin par le fleuve.

Malheureusement, la carrière se situe dans le contexte « eaux acides » avec des métaux lourds : le pH est de 3,7 et les éléments hors normes eau potable sont : l'aluminium, le fer, le magnésium, le manganèse, le nickel et les sulfates. Les teneurs en cadmium sont à la limite de la potabilité et celles des sulfates dépassent les normes de l'eau brute utilisée pour l'AEP. Les teneurs en nitrates étant nulles, on pourrait envisager une dilution avec l'eau du Blavet mais cela risque de ne pas suffire pour le manganèse, le nickel et les sulfates même accompagnés de traitements.

Cependant la qualité de l'eau du bassin devrait normalement évoluer dans le temps vers un pH d'équilibre, une fois que la totalité des ions H⁺ et des minéraux oxydés libérés lors de l'exploitation de la carrière auront été lessivés grâce à l'écoulement naturel de la nappe vers le cours d'eau. On ne connaît pas actuellement l'échelle de temps nécessaire à cette évolution, et il serait très intéressant de recueillir sur ce site une chronologie de mesures de pH et de teneurs en métaux lourds pour suivre leur progression. En effet, si elle était relativement rapide, ce site redeviendrait potentiellement utilisable pour l'eau potable mais il conviendrait de pomper les volumes d'eau disponibles sur un laps de temps court pour ne pas risquer de remettre en marche le lessivage par les pluies efficaces des éléments nouvellement oxydés. Ceci, selon une périodicité, qui reste à définir d'après les observations de terrain.



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : INZINZAC - LOCHRIST

Lieu-dit : Le Calzat - Carrière de Bonne Nouvelle

Cadastre : ZR 13, 14, 67, 68, 70 - ZS 35, 37 - A 41, 65

Carte IGN : 820 0

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : quartzites, gneiss

Etat : en cours de fermeture administrative

Exploitant : ORSA Granulats - 15-25 Bd Amiral Bruix - 75782 Paris cédex 16 - Tél. 01.45.02.77.21.

Propriétaire : Madame Michelle Dignes - Le Roc'h du - 56 Crac'h - Tél. 02.97.55.04.01.

Activité actuelle du site : en cours de réaménagement avant fermeture

Superficie : 3 hectares

Hauteurs d'eau : 20 m

Volume d'eau stockée : 600 000 m³

Qualité de l'eau : eau acide avec des métaux lourds principalement chargée en nickel (toxique) et en manganèse (indésirable), teneurs en sulfates élevées

Date du prélèvement : 7/10/1997

Environnement immédiat : les abords immédiats sont en train d'être remodelés, l'ensemble de la carrière est clos et propre.

proximité d'un cours d'eau : le Blavet à 50-100 m

Remarque : eau nécessitant des traitements élaborés pour atteindre les normes de potabilité mais de grands volumes en réserve, auxquelles s'ajoutent des possibilités de pompage, évaluées à 300 000 m³/an. Possibilité de réalimentation par le Blavet tout proche. L'exploitant est favorable au projet d'AEP, mais nécessité de prendre contact avec la propriétaire.

Commune de Inzinzac - Lochrist
Carrière de Bonne Nouvelle
Echelle : 1/2 500



ALT 85.50 env.

Secteur 4

ALT 53.50 er

Secteur

ALT 58.00 env.

ALT 43.00 env.

Secteur 2

ALT BASSIN 17.50

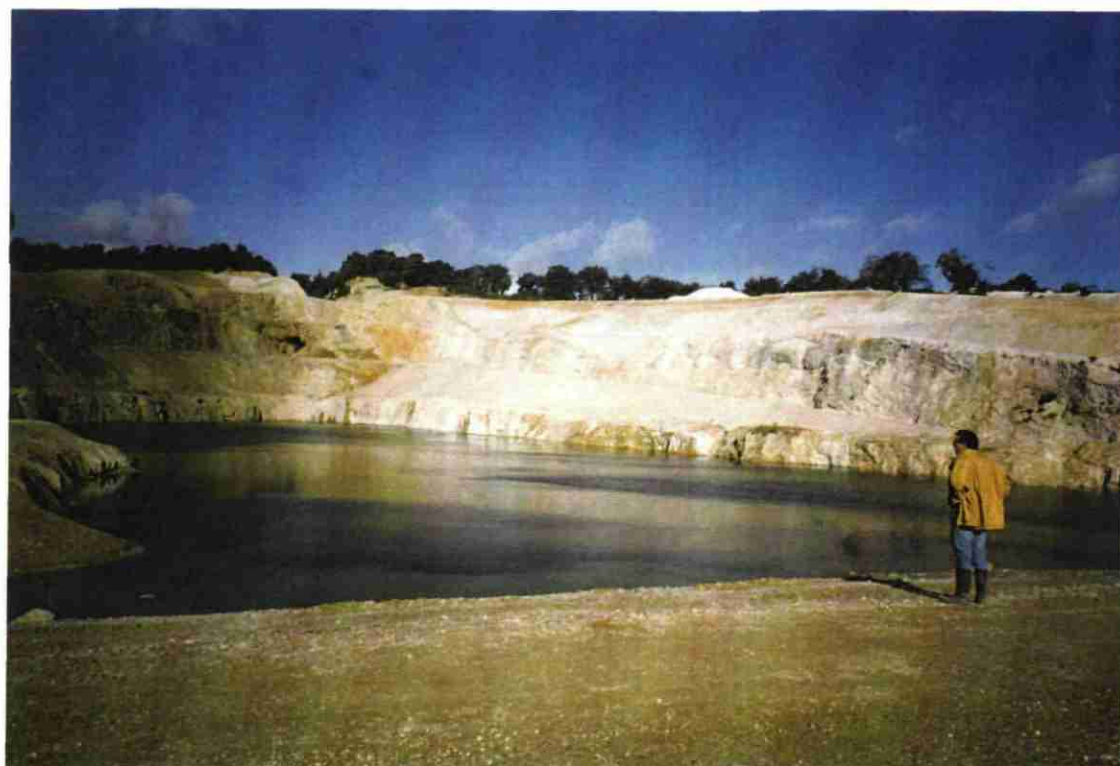
ALT 57.00 env.

ALT 23.00

Secteur 5

ALT 25.00

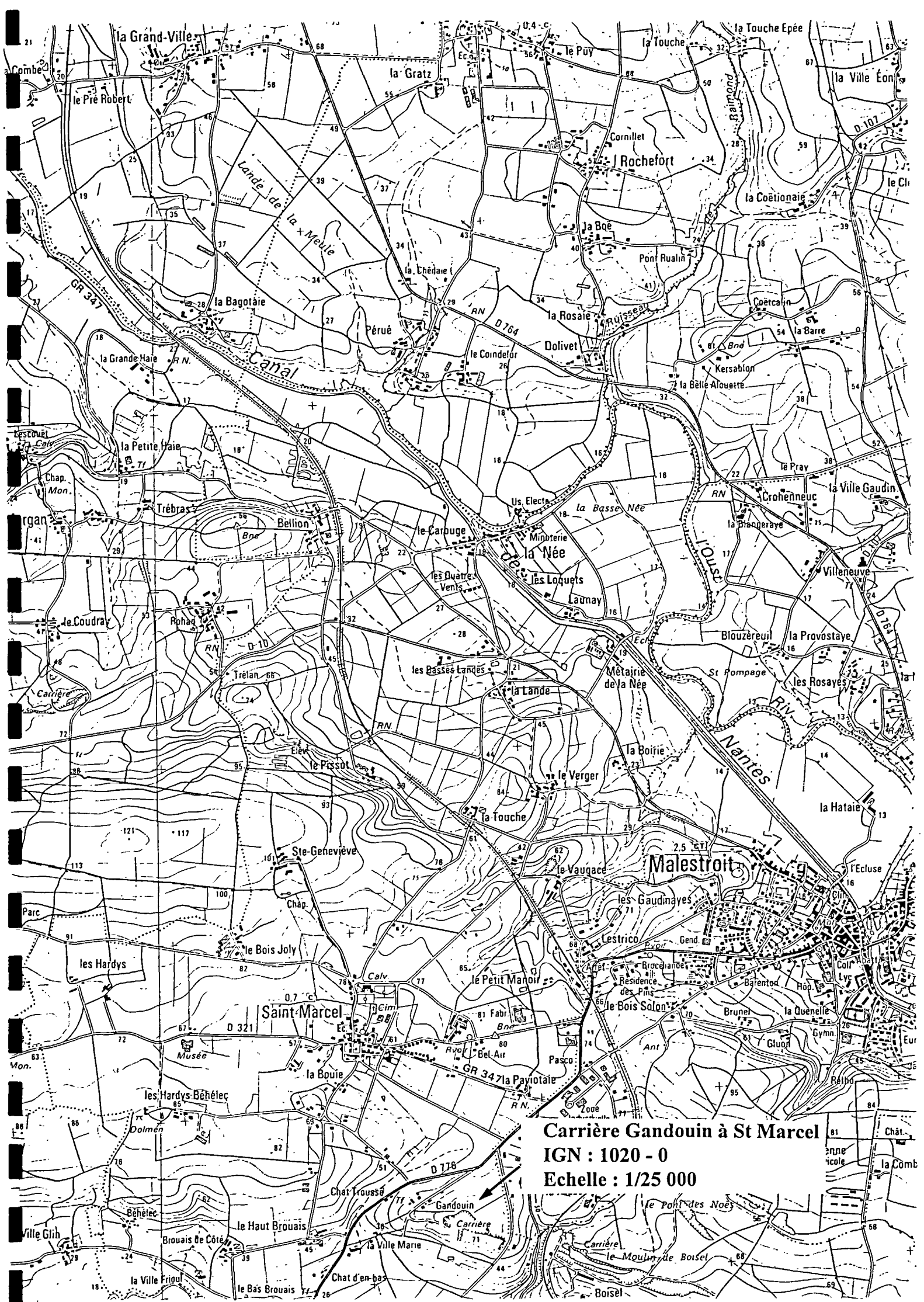
Commune de Inzinzac - Lochrist
Carrière de Bonne Nouvelle



6.4. CARRIERE DE GANDOUIN A ST MARCEL

Cette exploitation de grès est en cours de réaménagement dans le cadre de sa fermeture administrative. L'exploitant, la SA Charier et la propriétaire, Madame Guimard, sont favorables au projet de valorisation du plan d'eau pour l'AEP.

Le volume d'eau stocké est intéressant : 450 000 m³ et l'environnement est bon (bois et champ), mais l'eau est très acide (pH = 2,9) et le cortège des métaux lourds associés très important avec des teneurs excessives en aluminium, cadmium, cobalt, cuivre, fer, manganèse, nickel et sulfates. Cette eau ne peut pas actuellement être distribuée comme eau potable. Une dilution éventuelle avec l'eau de la rivière la plus proche (400 m), affluent de la Claie ne permettrait pas de ramener certains éléments à des teneurs acceptables (cadmium, sulfates). De même que pour le site de Bonne Nouvelle (sur Inzinzac), il serait intéressant de suivre l'évolution des pH et des métaux lourds dans le temps. En effet, si elle était relativement courte (quelques années pour retrouver des valeurs compatibles avec l'eau potable), cette carrière redeviendrait potentiellement intéressante pour l'eau potable.



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : SAINT MARCEL

Lieu-dit : Gandouin

Cadastre : ZK 10, 11, 12, 50, 195, 351, 508 (?)

Carte IGN : 1020 0

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : grès

Etat : en cours de fermeture administrative

Exploitant : SA Charrier - Carrières La Clarté - 44410 Herbignac

Propriétaire : Madame Guimard M.Y. - 6 rue des Augustines - 56140 Malestroit
Tél. 02.97.75.18.86.

Activité actuelle du site : en cours de réaménagement avant fermeture

Superficie : 300 x 600 = 18 000 m²

Hauteurs d'eau : 25 m

Volume d'eau stockée : 450 000 m³

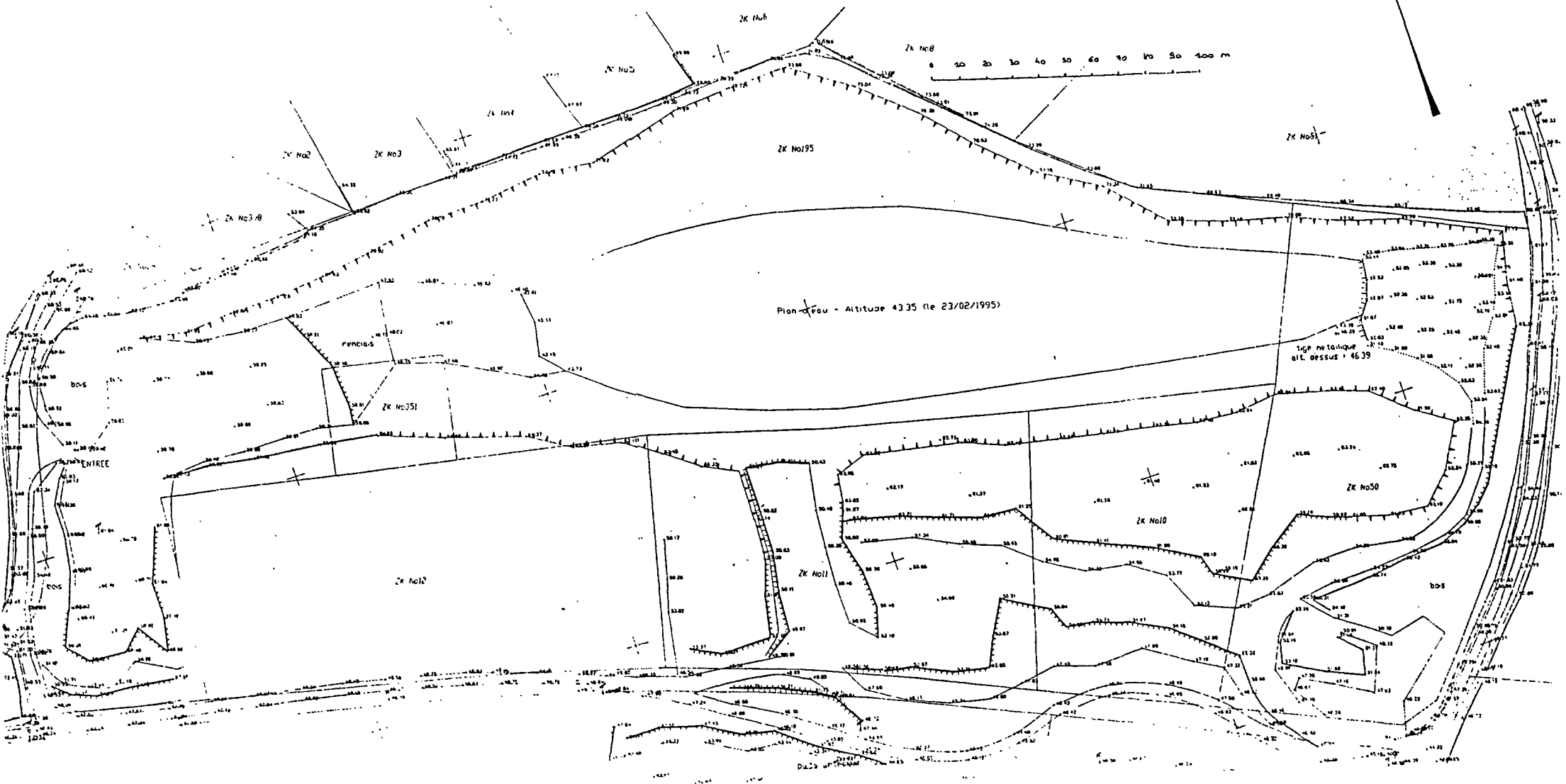
Qualité de l'eau : eau acide riche en sulfates et chargée en métaux lourds;
pour les métaux toxiques : excédent en cadmium, nickel
pour les métaux indésirables : excédent en cuivre, fer, manganèse

Date du prélèvement : 9/10/1997

Environnement immédiat : en cours d'aménagement du pourtour et mise en place de digues de rétention d'eau ; en périphérie, des bois et des champs

proximité d'un cours d'eau : à 400 m d'un affluent de la Claie

Remarque : eau demandant un traitement élaboré avant utilisation; suivre l'évolution du pH dans le temps. Exploitant et propriétaire favorables au projet.



Commune de Saint Marcel
Carrière de Gandouin

Commune de Saint Marcel
Carrière de Gandouin



6.5. CARRIERE LE COGNEL SUR GUEHENNO

Cette carrière de granite est momentanément arrêtée depuis 1996 et pour trois ans maximum car son autorisation administrative est toujours valide. Toute décision au sujet de cette carrière doit être prise avant 1999, les propriétaires sont prêts à étudier les propositions éventuelles du Conseil Général.

Ce site n'a pas été choisi pour le volume de ses réserves en eau qui est évalué à 35 000 m³ mais à partir des témoignages fournis sur son débit d'exhaure en exploitation, de l'ordre de 50 m³/h, au moins 10 heures par jour, qui peut répondre aux besoins d'une collectivité dans ce secteur déficitaire du département. Ces données orales doivent néanmoins être confirmées par un pompage d'essai à débit continu durant deux mois avec suivi des niveaux dans la carrière et dans des piézomètres installés en périphérie, avec contrôle de la qualité chimique de l'eau.

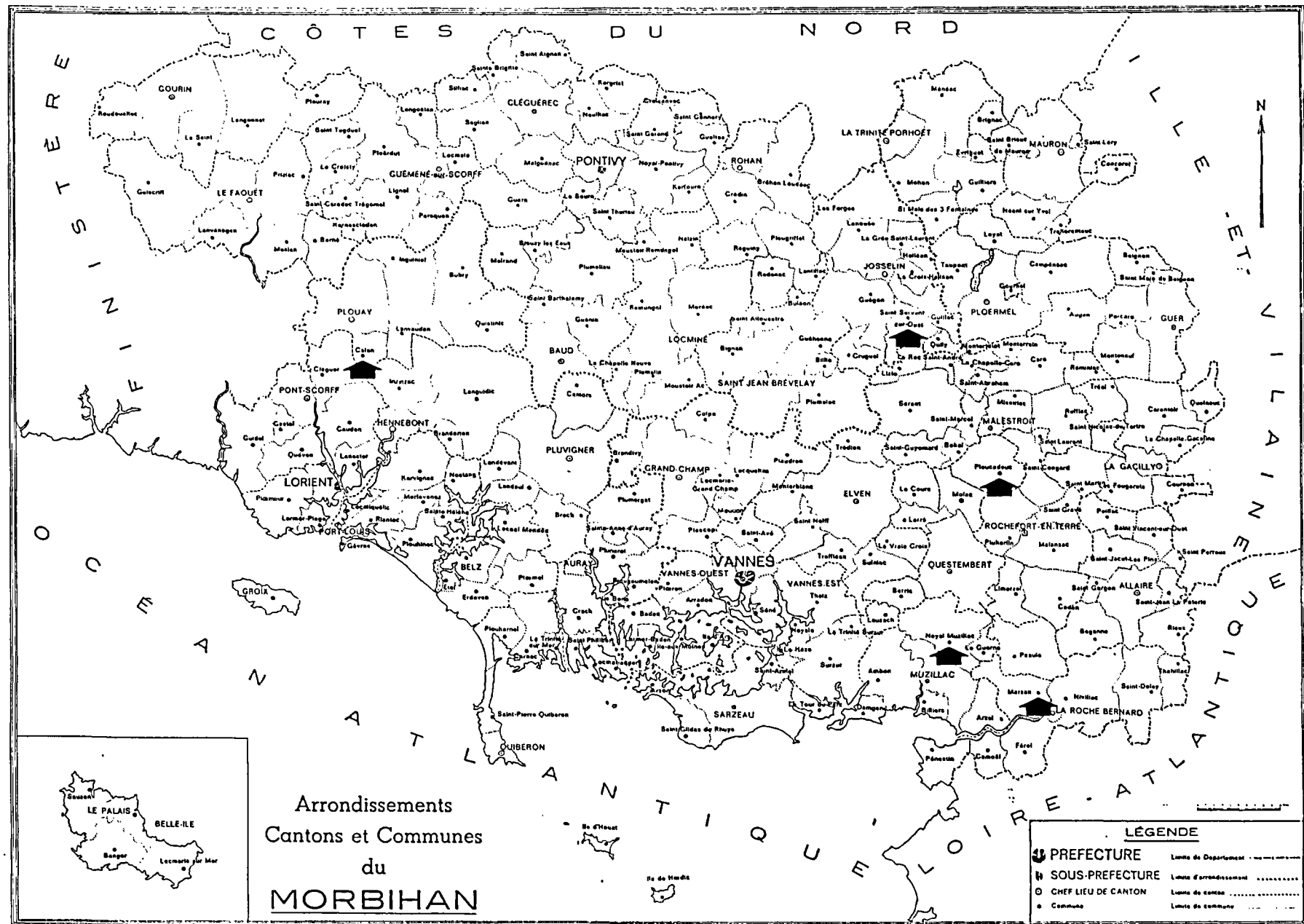
La qualité de l'eau est correcte avec des teneurs en nitrates à 29 mg/l, excepté pour le cadmium où les teneurs sont quatre fois supérieures aux normes de potabilité (23 µg/l pour 5 µg/l), ce qui la rend inutilisable pour l'AEP, même comme eau brute. Cet élément chimique est toxique. C'est un poison cumulatif (annexe 4) difficile à traiter car il faut remonter le pH jusqu'à 10 pour le faire précipiter. Cette présence est un gros handicap pour l'exploitation de l'eau de ce site. Il se peut que selon la période de l'année ou qu'en cours de pompage, les teneurs en cet élément évoluent à la baisse mais cela reste à vérifier par des prélèvements complémentaires.

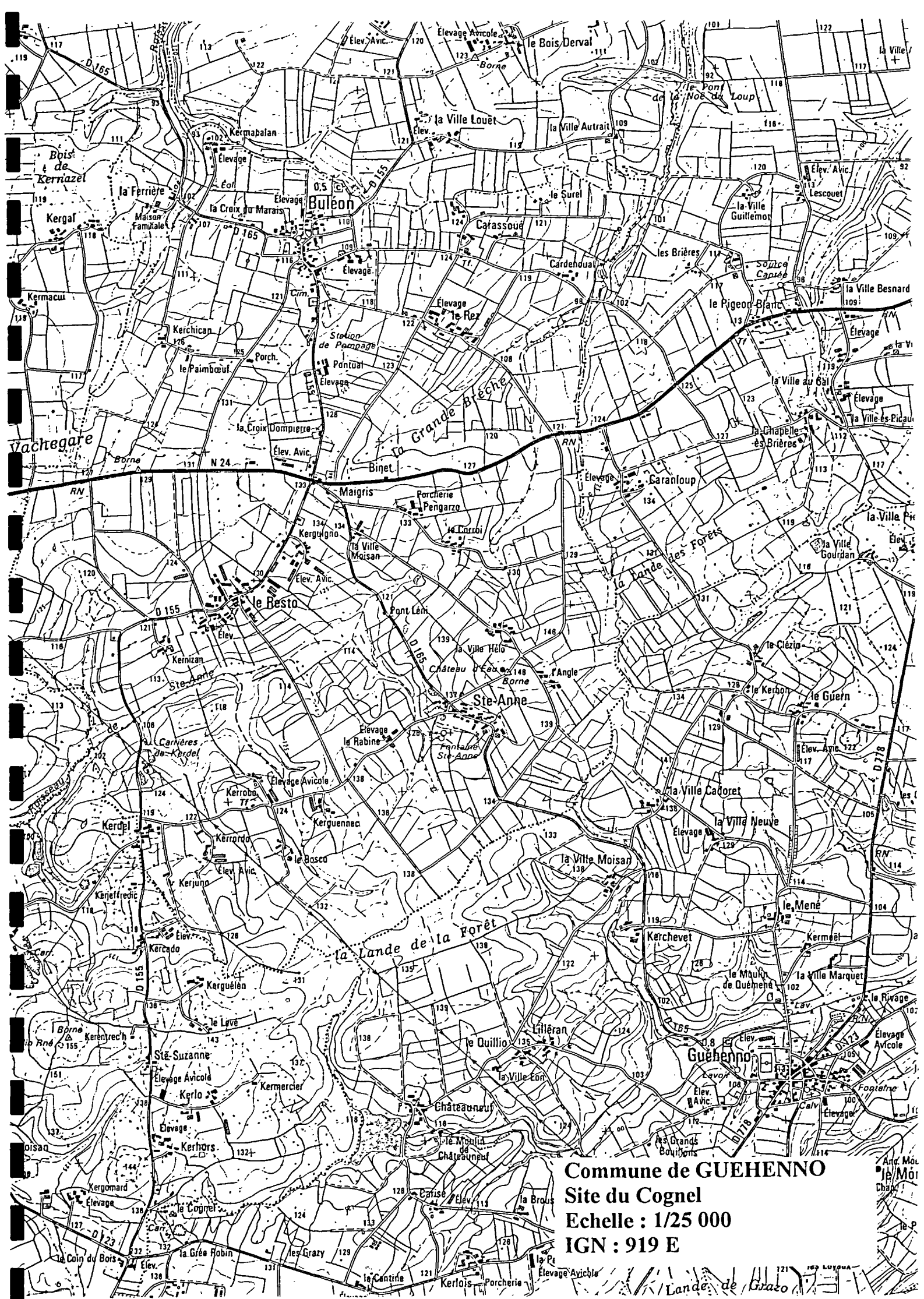
La carrière est située dans un environnement correct ; toutefois, en cas d'exploitation de l'eau, il faudrait supprimer les fosses septiques des maisons environnantes, si elles utilisent ce procédé d'évacuation des eaux usées et surveiller l'utilisation d'une autre petite carrière proche.

D'autres plans d'eau de petites dimensions ont été répertoriés lors de cet inventaire (annexe 5) mais il a été impossible d'obtenir des données fiables sur le débit d'exhaure et sur la profondeur des plans d'eau. Néanmoins ceux-ci sont propres et récemment fermés ou en cours de fermeture et sont répertoriés ci-après avec les dimensions de la cavité et les quelques données sur la qualité de l'eau recueillies in situ. En effet, il est toujours possible si le secteur où ils sont implantés nécessite des recherches d'eau d'appoint d'eau, de réaliser une étude hydrogéologique sur ces sites en forant deux ou trois piézomètres en périphérie de la cavité et en effectuant dans la carrière un essai par pompage de longue durée avec suivi de l'évolution de la qualité de l'eau et des niveaux sur les différents points.

- St Servan : carrière de granite de la Ville Guériff
- Noyal-Muzillac : carrière de quartzite de Lanhery
- Marzan : carrière de granite de Penhap (autorisation d'exploitation valide jusqu'en 2003) momentanément arrêtée
- Calan : carrière de quartzite de Kérandiot
- Pleucadeuc : carrière de quartzites du Pont des Noës

LOCALISATION DES COMMUNES DE CARRIERES DE PETITES DIMENSIONS REPERTORIEES





Commune de GUEHENNO
Site du Cognel
Echelle : 1/25 000
IGN : 919 E

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : GUEHENNO

Lieu-dit : Le Cognel

Cadastre : ZD 181, 263

Carte IGN : 919 E

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : granite

Etat : autorisation toujours valide mais arrêtée depuis 1996

Exploitant : Ste Pléven - Gicquel - Le Haut Croc - 22150 St Carreuc -
Tél. 02.96.32.14.93 - Responsable : Monsieur Morlais

Propriétaire : Ste Pléven - Gicquel

Activité actuelle du site : néant

Superficie : 70 x 50 = 3 500 m²

Hauteurs d'eau : > 10 m

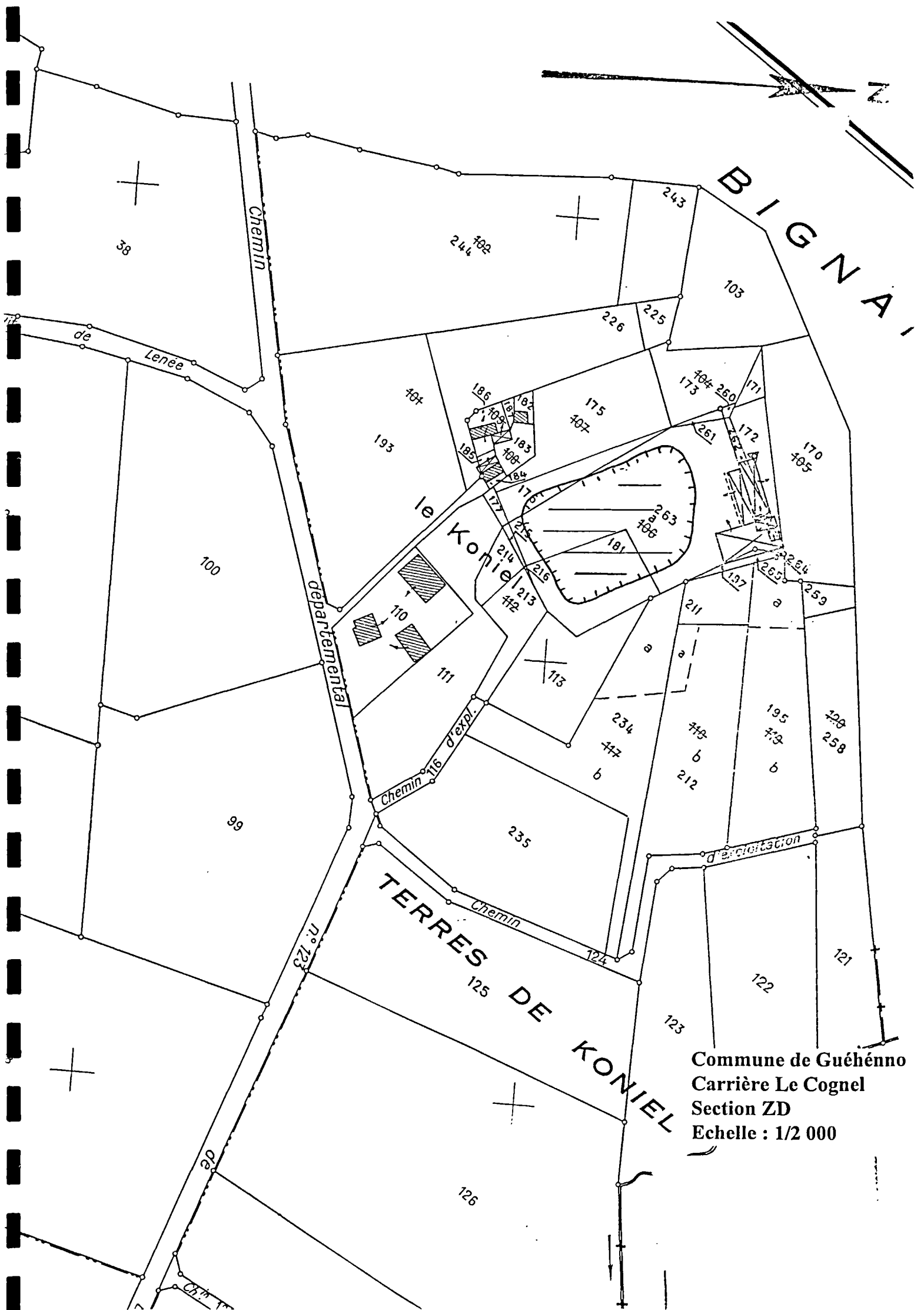
Volume d'eau stockée : 35 000 m³, débit d'exhaure en cours d'exploitation de l'ordre de 50 m³/h pendant 10 heures par jour.

Qualité de l'eau : bonne qualité, excepté des teneurs en cadmium au dessus des normes (élément toxique)

Date du prélèvement : 30/09/1997

Environnement immédiat : maisons à proximité (vérifier l'état des fosses septiques éventuelles)

Remarque : les réserves sont peu importantes mais le débit d'exhaure pourrait être intéressant dans ce secteur déficitaire en eau du département. Une étude hydrogéologique complémentaire (mise en place de piézomètres, pompages de deux mois à débit constant, analyses chimiques et bactériologiques de l'eau) serait nécessaire pour évaluer les volumes d'eau exploitables.



Commune de Guéhénno
Carrière Le Cognel
Section ZD
Echelle : 1/2 000

GUEHENNO
SITE DU COGNEL



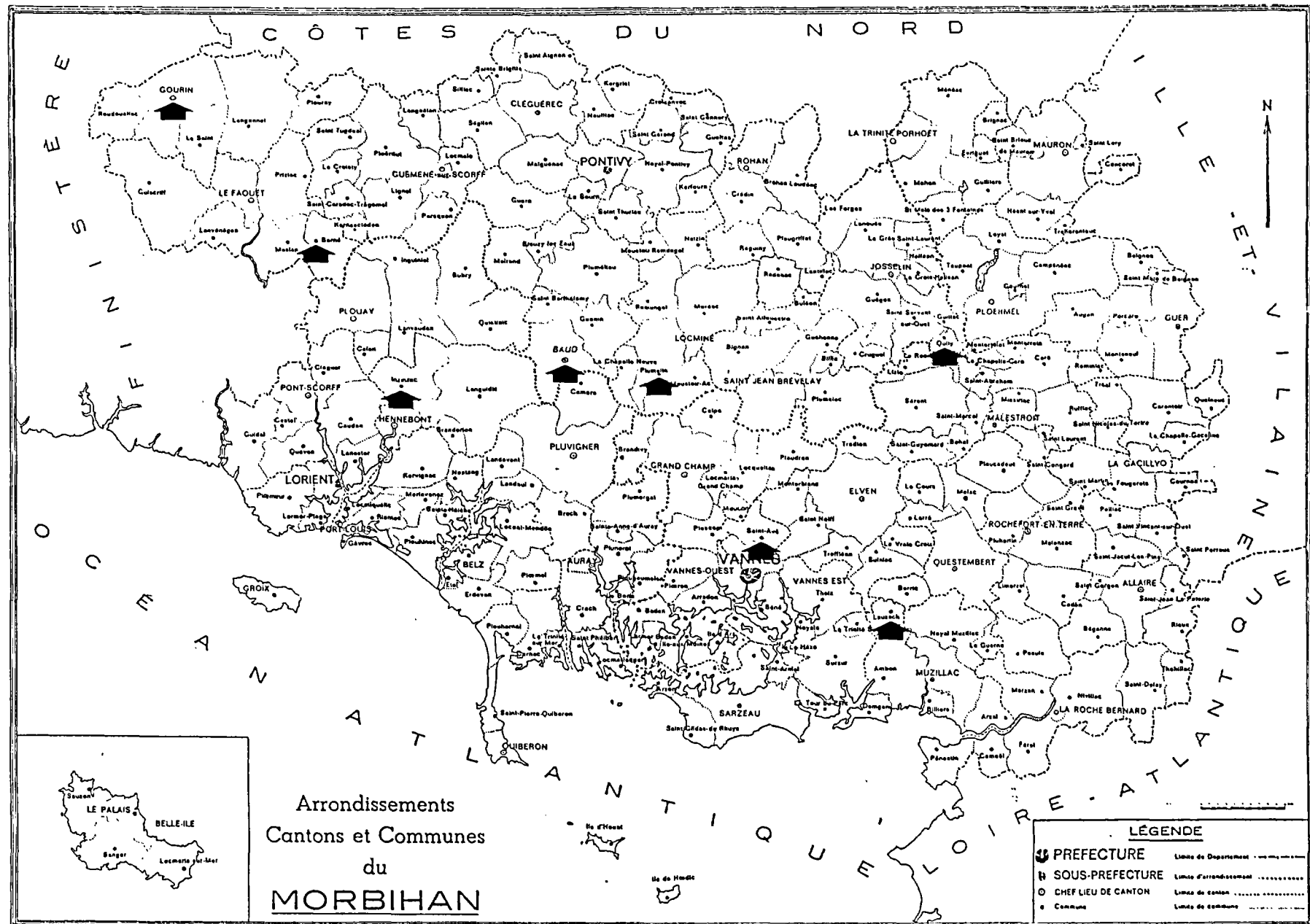
7. Les carrières en exploitation potentiellement intéressantes pour l'AEP

Plusieurs carrières actuellement en exploitation sont susceptibles, à l'échéance de 15 à 20 ans (d'après l'estimation des réserves valorisables) de présenter un intérêt pour l'AEP (information DRIRE). En effet, leurs exhaustes sont actuellement de bonne qualité et au terme de leur exploitation, elles peuvent constituer des réserves d'eau de grandes capacités, nettement supérieures à celles recensées sur les exploitations fermées, de l'ordre du million de m³ ou davantage.

- à Baud au lieu-dit Quinipily
- à Berne au lieu-dit Péros
- à Gourin au lieu-dit Bois de Conveau
- à Inzinzac-Lochrist au lieu-dit Coët Lorch
- à Lauzach au lieu-dit Lan
- à Plumelin au lieu-dit La Lande
- à Quily au lieu-dit Les Rois
- à St Avé au lieu-dit Liscuit.

Des informations complémentaires concernant ces sites sont données en annexe 1. Ce sont des carrières de roches concassées à partir du socle pour la majorité, excepté à Lauzach où des alluvions sont utilisées.

LOCALISATION DES COMMUNES DES CARRIERES EN EXPLOITATION POTENTIELLEMENT INTERESSANTES POUR L'AEP ET A SUIVRE



Reproduction interdite

LES PRESSES BRETONNES, ST BRIEUC

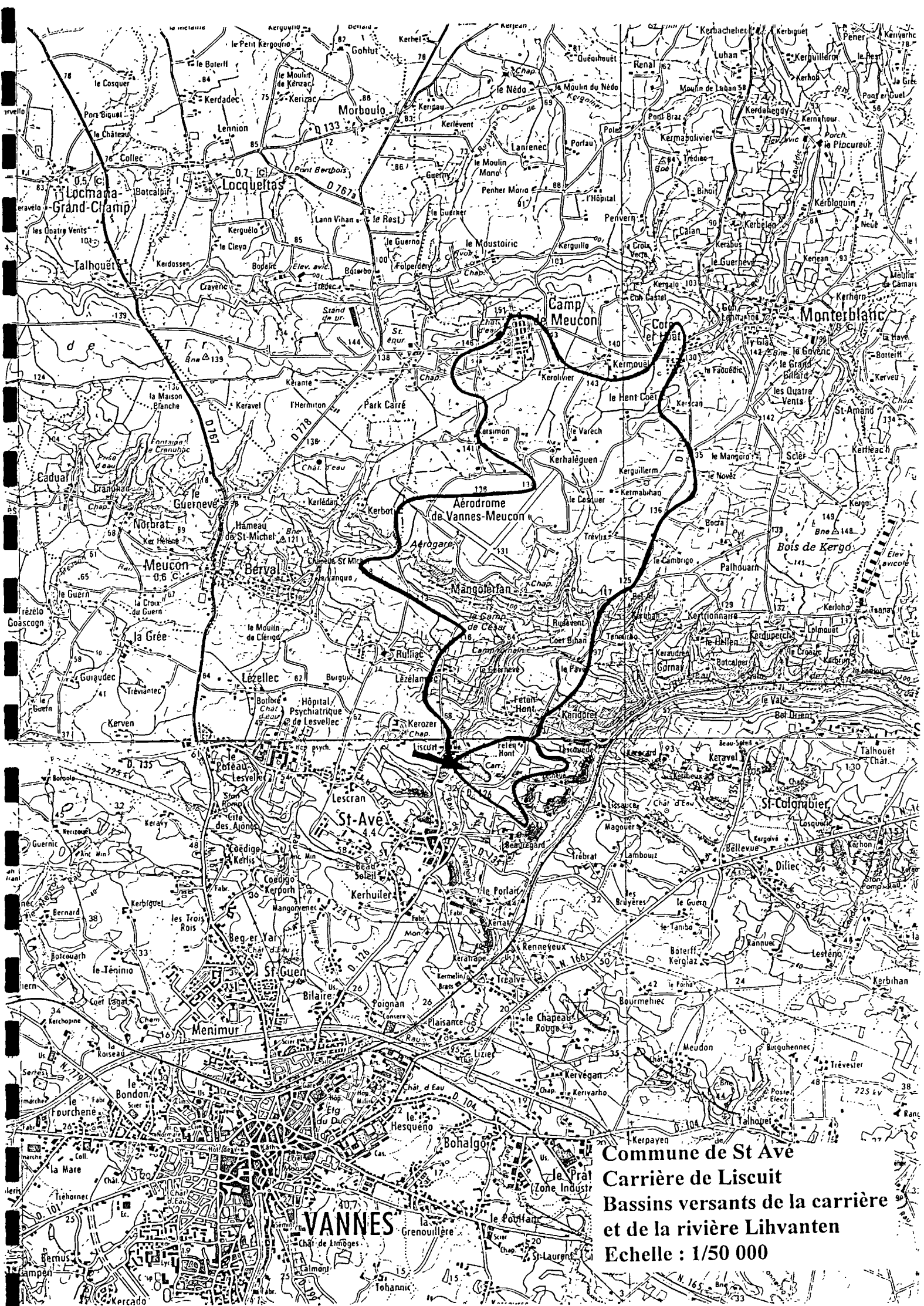
Dès à présent, il serait souhaitable que le Conseil Général prenne contact avec les exploitants afin d'obtenir la mise en place d'un suivi du volume journalier de l'exhaure et de la qualité de l'eau pour posséder des chroniques de référence pour l'exploitation future de l'eau. Le réaménagement de la carrière pourrait être alors tourné vers la préservation du maximum de capacité de la cavité alors qu'actuellement on pratique le remblayage des excavations par les matériaux de couverture au fur et à mesure de l'avancement de la carrière.

Dans ce cadre et à la demande du Conseil Général, le site de Liscuit sur St Avé a été visité et est présenté dans ce rapport.

Cette carrière de mylonites et schistes a une autorisation administrative d'exploitation par la SECA jusqu'en 2005, mais celle-ci devrait être prorogée jusqu'en 2015.

Le volume de la cavité en eau, au terme de l'exploitation, a été estimé entre 1,5 et 2,5 millions de m³, en prenant comme référence le niveau de la rivière La Lihvanten qui longe le site. Celle-ci pourrait permettre de compléter les volumes d'eau prélevés dans le bassin, si sa qualité le permet. Son bassin versant, au droit de la carrière, a été estimé à 10 km². La pluie efficace étant de 250 mm dans le secteur de Vannes, son débit annuel serait de l'ordre de 2,7 millions de m³, ce qui permettrait de remplir la cavité rapidement.

En pompage continu, le débit d'exhaure n'est que de 500 m³/jour. Un prélèvement a été réalisé sur le bassin de décantation qui recueille la totalité des eaux présentes dans le site : drainage de la rivière, sources en bas de fronts de taille, nappe. L'eau est de bonne qualité chimique excepté des teneurs excessives en manganèse. Par ailleurs, les valeurs des sulfates pourraient indiquer qu'à un moment du transit de la nappe dans la roche, il y a eu libération d'acidité et métaux lourds mais la valeur du pH : 7,8 montre que l'eau a été naturellement tamponnée grâce, peut-être, à la présence de carbonates dans la roche (présence de bicarbonate de calcium dans l'eau) et en l'état actuel, on ne trouve aucun métaux lourds dans l'eau.



Commune de St Avé
Carrière de Liscuit
Bassins versants de la carrière
et de la rivière Lihvanten
Echelle : 1/50 000

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : SAINT AVE

Lieu-dit : Liscuit

Cadastre : AK : 90 et 91

AL : 5A, 5B, 6 à 18 P, 59 à 65, 69, 71, 110 à 121

AN : 98 à 101

Carte IGN : 921 OT

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : mylonites et schistes

Etat : en exploitation autorisée jusqu'en 2005. Il y a des réserves jusqu'en 2015

Exploitant : Ste d'exploitation des carrières avéennes (SECA) – Liscuit – 56890 St Avé

Propriétaire : multipropriétaires

Superficie : 39 hectares

Hauteurs des fronts de taille : 60 m, autorisé jusqu'à 80 m (par rapport à la rivière, côte INGF : - 38 m)

Volume estimé des vides : de 1,5 millions de m³ à 2,5 millions de m³ en fond de carrière actuellement pompée au débit de 500 m³/jour

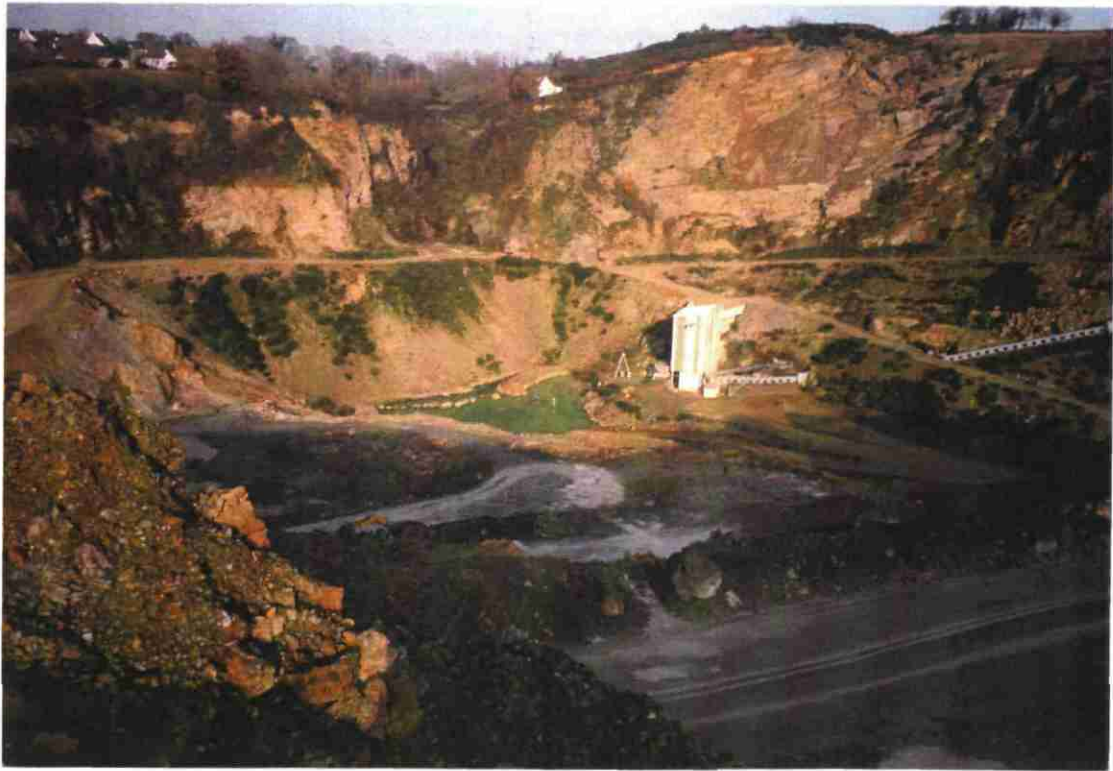
Données sur l'eau : de gros apports à partir du drainage de la rivière, plus quelques sources ponctuelles, plus le ruissellement. Prélèvement le 4/12 /1997 dans le bassin de décantation (réf. tableau du chapitre 5)

Environnement immédiat : champs, village de Liscuit

proximité d'un cours d'eau : à 10 m du bord du front de taille, le ruisseau Le Lihuanter

Etude complémentaire souhaitée : suivi journalier des débits d'exhaure et régulier de la qualité de l'eau (une fois par an)

**Commune de St Avé
Carrière de Liscuit**



Vue d'ensemble



Bassin de décantation

CONCLUSION

La recherche dans le département du Morbihan, d'anciennes carrières susceptibles d'être utilisées comme réserve en eau potable, réalisée par le BRGM à la demande du Conseil Général a conduit, après une étude bibliographique, des rencontres avec la profession et la détermination de divers critères de sélection (taille déclarée de l'exploitation, présence d'eau, etc...) à visiter 75 sites.

Rapidement, un certain nombre d'entre eux n'a pas été retenu :

- Les exploitations d'alluvions et/ou de sable (épaisseur de la tranche d'eau trop faible).
- Les anciennes ardoisières (volumes trop réduits, pollution).
- Les carrières en creux sèches (probabilité de rendement faible du stockage d'eau), excepté un site (La Villeneuve à Inzinzac), proposé par un industriel, sur lequel une étude de faisabilité du projet peut être réalisée.
- La majorité des carrières de granite ornemental et de concassés (exploitation à flanc de coteau, absence d'eau, volume trop petit).

In fine, cinq sites de ce type d'exploitation ont été sélectionnés sur lesquels des analyses d'eau ont été effectuées.

Deux sites, l'un à **Questembert**, l'autre à **Calan**, montrent des volumes d'eau suffisants par rapport aux objectifs fixes ($> 170\,000\text{ m}^3$) et possèdent une eau de qualité chimique naturellement conforme aux normes des eaux potables. Cependant, les propriétaires de la carrière située à Questembert voudraient limiter l'utilisation éventuelle de l'eau de leur site à des cas de situations graves (sécheresse exceptionnelle, pollution des autres points d'AEP du secteur).

Pour le site de Calan, il faudrait proposer au propriétaire qui adhère au projet, une alternative aux dépôts d'inertes de son entreprise qui se font actuellement dans le bassin en eau et le remblaient progressivement. Il faut souligner le risque potentiel pour la qualité de l'eau que peuvent représenter ces dépôts s'ils n'ont pas toujours été constitués de vrais matériaux inertes.

Deux autres sites, à **Inzinzac** et à **St Marcel**, offrent des stockages d'eau plus importants ($> 450\,000\text{ m}^3$) mais présentent des phénomènes « d'eaux acides » avec des pH faibles (< 4) et des teneurs en métaux lourds indésirables et toxiques élevées par rapport aux normes de potabilité. Ceci de façon beaucoup plus marquée sur St Marcel que sur Inzinzac. Dans l'état actuel, une dilution par de l'eau de la rivière le Blavet située à proximité pourrait être envisagé pour le site d'Inzinzac mais des traitements complémentaires seraient sans doute encore nécessaires pour le nickel et le manganèse. Quant à l'eau du site de St Marcel, elle ne semble pas utilisable.

Cependant, on ne connaît pas la durée de vie du phénomène « eaux acides ». Le pH de l'eau peut très bien évoluer vers la neutralité sur un temps relativement court ayant

comme conséquence de faire précipiter la majorité des métaux lourds. On pourrait alors retrouver une qualité de l'eau correcte et envisager de l'utiliser de façon discontinue : pompage d'un grand volume d'eau sur un temps très court (plus court que la mise en place du phénomène « eaux acides »), remontée de l'eau dans le bassin avec lessivage des métaux lourds nouvellement oxydés et acidification de l'eau, temps de retour à un pH neutre, nouveau pompage, etc.....

C'est pourquoi il serait intéressant de suivre dans le temps au moins l'évolution du pH dans ces deux sites.

Un cinquième site a été retenu, à **Guéhénno**, non pour les dimensions de son bassin qui sont modestes mais en raison (communication orale de l'ancien exploitant) de son débit d'exhaure journalier : 500 m³/j, volume attractif dans ce secteur déficitaire du département. Ce débit serait à confirmer par un pompage d'essai de longue durée avec suivi de l'évolution des niveaux dans la carrière et dans des piézomètres mis en place à cet effet. Auparavant, il conviendrait de s'assurer la possibilité de traiter le seul élément chimique indésirable : le cadmium.

Dès maintenant, il faudrait se tourner vers les carrières en exploitation (et dont les dimensions ont tendance à augmenter) pour recueillir les données (volume, qualité de l'eau) qui permettraient de sélectionner de manière prospective et d'aménager les sites qui seraient potentiellement utilisables pour l'AEP à la fin de leur exploitation. L'une d'entre elles, la **carrière Liscuit à St Avé** a été visitée et son eau d'exhaure analysée. Actuellement, la qualité est bonne et à terme le site de la carrière offrira de grandes capacités de stockage d'eau et de remplissage de la cavité par la rivière toute proche. C'est ce type de site en exploitation qu'il faudrait répertorier et suivre dans le temps (débit d'exhaure, qualité de l'eau).

Liste des annexes :

ANNEXE 1 : Liste des carrières en activité au 1/01/1997 retenues pour le « schéma des carrières ».

ANNEXE 2 : Présentation des ardoisières en eau présélectionnées et non retenues.

ANNEXE 3 : Processus d'acidification des eaux d'exhaure – Rappels sur les sulfures et leurs occurrences – Importance des eaux acides en Bretagne.

ANNEXE 4 : le cadmium

ANNEXE 5 : Documentation sur les carrières de petites dimensions.

ANNEXE 1

Liste des carrières en activité au 1/1/1997 retenues pour le « schéma des carrières » : « A » et des carrières fermées ou en cours de fermeture visitées dans le cadre de l'étude de la valorisation des anciennes carrières pour l'adduction d'eau potable : « F »

N°	Commune	Lieu-dit	Substance	Exploitant	Observations	Etat
1	Allaire	La Saudraie	granite	Sa carrières de Men Arvor-44460 Avessac	hors eau	A
2	Baud	Cranne	granite	Ent. Louis Aupied - 56100 Lorient	hors eau, petite	F
3	Baud	Quinipily	mylonite	Ste Nvelle des carrières de Baud - 56150 Baud	eau pompée, <u>à suivre</u>	A
4	Baud	Le Tallen	granite	Soc. Le Strat Frères - 56150 Baud	en eau, dépôt d'ordures, petite	F
5	Baud	Kerbondo	granite	Le Guehennec Gildas - 56310 Guern	hors eau	A
6	Baud	Kerhérec	granite	Soc. Le Gal Guy - 56150 Baud	en exploitation	A
7	Béganne	La Ville aux Jeunes	sable		en cours de remblaiement, en eau	F
8	Berne	Péros	granite	Sarl G.A.T.E. - 56240 Plouay	eau pompée, à suivre	A
9	Bignan	La Lande du Moulin	granite	Sarl carrières h. Chamaillard - 56500 Bignan	hors eau	A
10	Bignan	Kerdel	granite	Jouannic Jean Claude - 56420 Guéhénno	en eau	A
11	Bignan	La Lande du Moulin	granite	SA carrières J.A.B. - 35300 Fougères		A
12	Buléon	Kerdel	granite	Jouannic René - 56420 Buléon	un peu d'eau	A
13	Calan	Poulgourio	quartzite	Soc. Sotrama-Cardiet - 56100 Lorient	grand plan d'eau, <u>site retenu</u>	F
14	Calan	Kerguéris	mylonite	Soc. carrières de Kermandu - 56240 Plouay	hors eau	A
15	Calan	Kérandiot	quartzite	Le Gailliot Emilien - 56310 Quistinic	petit étang - site cité	F
16	Calan	Le Cosquer	granite	Soc. carrières de Kermandu - 56240 Plouay	hors eau	F
17	Calan	Kérihuel	quartzite	Soc. expl. carrières de Kérihuel - 56240 Calan	eau au fond - centre d'enfouissement des sables de fonderie de SBFM de Caudan	F
18	Calan	Restermoël	quartz quartzite	Le Galliot Emilien - 56310 Quistinic	pompe un peu	A
19	Calan	Kerguéris	granite	Soc. carrières de Kerguéris - 56240 Calan	hors eau, petite	F
20	Carnac	Kerfraval	granite	Briand Marcel - 56340 Carnac	hors eau	F
21	Caudan	Kerdayo	granite arénisé	Soc. expl. transp. Lestéhan - 56100 Lorient	en voie de remblaiement - hors eau	F
22	Caudan	Kerberan	granite arénisé	Sarl EGTP - 56102 Lorient Cédex	hors eau, petite	F
23	La Chapelle	Le Val d'Oust	sable et gravier	Coudray Robert - 56460 Sérent	en eau, petite, site d'agrément	F
24	La Chapelle	Le Pré Robert	alluvions	Clavier Marcel - 56000 Vannes	en eau	F
25	Cléguer	Chapelle St Nicolas			humide au fond - dépôt d'ordures	F
26	Cleguérec	Le Ruéo	graves alluvionnaire	Soc. IFPMEC - 56300 Pontivy	en eau	A
27	Crach	Kéralbry	granite et sables	S.T.P.S. - 56190 Arzal	hors eau, flanc de coteau, ordures	F
28	Cruguel	Trévadoret	granite	Jouannic René - 56420 Buléon	hors eau	A
29	Elven	Lescastel	granite	Ph. Conan - 56250 Elven	hors eau	A
30	Elven	Kerpellec	granite	SA Raulet - 56250 Elven	hors eau	A
31	Elven	La Lande de Lescaut	granite	A. Boussicaud - 56250 Elven	hors eau	A
32	Les Fougerets	St Jacob	ardoise		en eau, dépôt d'ordures	F
33	Gourin	Menez-Clun	grès	Ent. Le Gallic Frères - 56110 Gourin	utilisée comme réserve d'eau potable	F
34	Gourin	Bois de Conveau	quartzite	Ets Barazer et Cie - 29270 Motreff	en eau, <u>à suivre</u>	A
35	Gourin	Montagne Noire	ardoise	Ardoisières de la Montagne Noire	en eau, dépôt d'ordures, site cité	F
36	Gourin	St Hervé	poudingue	Ets Barazer et Cie - 29270 Motreff	hors eau, petite, zone d'emprunt	F
37	Grandchamp	Poulmarch	granite et mylonite	Soc. carrières Lotode - 56880 Ploéren	peu d'eau	A
38	Guéhénno	Le Cognel	granite	SA Pleven-Gicquel - 22150 St Carreuc	en eau, <u>site retenu</u>	A
39	Guer	Trémelais	roche volcanique	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	hors eau	A

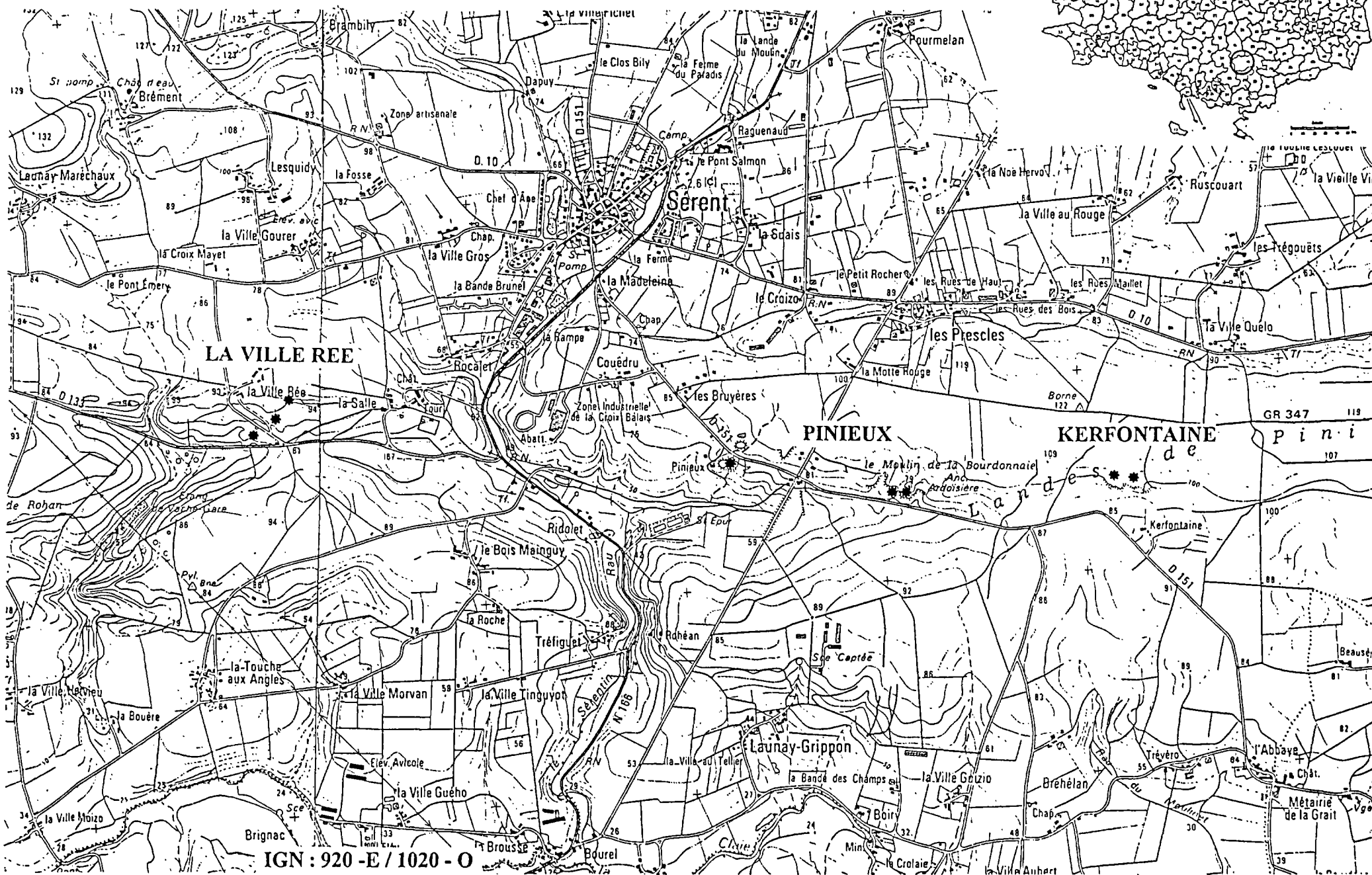
40	Guern	Locrio	granite	Soc. carrières Lotode - 56880 Ploëren	hors eau	A
41	Guern	Kerriec	granite	Soc. Pléven-Gicquel - 22940 Plaintel		A
42	Hennebont	Polvern	granite	Soc. Socapol - 56700 Hennebont	hors eau, front taille 8-10 m, Société de tir	F
43	Inzinzac Lochris	La Ville Neuve	quartz	Soc. Le Rouzic et Cie - 56700 Hennebont	hors eau, site à étudier	A
44	Inzinzac Lochris	Le Calzat	gneiss et quartz	ORSA Granulats - 75782 Paris cédex 16	beau plan d'eau, <i>site retenu</i>	F
45	Inzinzac Lochris	Kermat	quartzite	Sarl Le Chenadec et Fils - 56440 Languidic	Centre d'enfouissement technique	F
46	Inzinzac Lochris	Coët Lorch	mylonite	SNC Carrières de Coët Lorch - 56650 Inzinzac	en eau, <i>intéressant dans 50 ans</i>	A
47	Landaul	Mane Landaul	granite	Daniel Pierre Sarl - 56690 Landevant	hors eau	A
48	Landevant	Gouaih	granite	SA Georges Mathurin - 56550 Locoal-Mendon	hors eau, flanc coteau	F
49	Landevant	Kergante	granite arénisé	Sarl Cointo - 56690 Landévant	hors eau	A
50	Languidic	Lanveur	argile céramique	Sarl Poteries de Lanveur - 06600 Antibes	hors eau	F
51	Languidic	Coet Mégan	granulite	Ste Nvelle des carrières de Baud - 56150 Baud	hors eau	A
52	Lauzach	Lann	alluvions	Sa Sablières de Radenac - 57100 Ebange	<i>plan d'eau profond dans 20 ans</i>	A
53	Lizio	Ste Catherine	granite	SA Coudray - 56460 Lizio	petite	F
54	Lizio	Terres Trebras	granite	SA Coudray - 56460 Lizio	zone d'emprunt, petite	F
55	Loyat	La Butte des Cruches	schiste et grès	Sarl Duchesne - 56800 Loyat	hors eau	A
56	Loyat	Leuléac	grès	SA Coudray - 56460 Lizio	hors eau, réhabilitée	F
57	Loyat	Lande des grées	schistes	Loric J.L. - 56500 Locminé	dépôt d'ordures, hors eau, petite	F
58	Malansac	La Coudre	ardoise		eau, dépôt d'ordures	F
59	Malansac	Parc de la Préhistoire	ardoise		grands bassins d'eau : valorisation touristique, site cité	F
60	Malansac	Kermeux	granite	Conan P. - 56250 Elven		A
61	Marzan	Penhap	granite	SA Charrier Carrières - 44410 Herbignac	en eau, dimension modeste, site cité	A
62	Mauron	Ville Caro	sable et gravier	GSM Bretagne - 56110 Gourin		A
63	Ménéac	L'Epine Fort	granite	Sarl Carrières de St Lubin - 22210 St Lubin	hors eau, petite	F
64	Ménéac	La Ville es Epées	granite arénisé	SA Ets Audrain - 22150 Hénon		F
65	Merlévenez	Lesténo	granite arénisé	Conquer René - 56670 Riantec	hors eau, petite	F
66	Mohon	La Vallée des Burnous	sable et gravier	SA Sablières de Radenac - 57100 Ebange		A
67	Monterblanc	Kerloho	granite	Kegozien Pierre - 56340 Carnac	hors eau	A
68	Moréac	la butte du pont	sable	Société Rennaise de dragages - 35650 Le Rheu	hors eau	A
69	Muzillac	Bodveil	sable	SA Carrières Guimard - 56140 St Congard	hors eau	A
70	Néant sur Yvel	Tiengo	grès	SA Coudray - Lizio - 56460 Sérent		A
71	Nivillac	Haut Verger	gneiss	Huguet Auguste - 56130 Nivillac	hors eau	A
72	Noyal Muzillac	La Sapinière	gneiss	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	hors eau	A
73	Noyal Muzillac	La Rhénie	rhyolite	Ridel Georges - 56230 Questembert	hors eau	A
74	Noyal Muzillac	La Rhénie	quartzite	SA Le Borgne André - 56130 La Roche Bernard	petit plan d'eau, site cité	F
75	Noyal Pontivy	Guénolay	schiste	Société Lefranc et Cie - 56300 Pontivy	hors eau	A
76	Le Palais	Mérezelle	porphyre	Sarl SNECAM - Le Palais - 56360 Le Palais	hors eau, dépôt d'ordures	A
77	Peaulé	La Brière	granite	e Coz André - Péaulé - 56130 La Roche Bernar	un peu d'eau	A
78	Pleucadeuc	Boisel	grès	Guimard Gabriel - 56140 Malestroit	plan d'eau, site cité	F
79	Pleugriffet	La Prée	sable et gravier	Société Rennaise de dragages - 35650 Le Rheu		A
80	Ploemel	Kergonvo	arène granitique	Daniel Pierre - 56690 Landevant	hors eau	A

81	Ploëmeur	Kerprient	kaolin	Société Kaolins du Morbihan - 75008 Paris	en eau	A
82	Ploëmeur	Lann Vrian	sable	Société Kaolins du Morbihan - 75008 Paris		A
83	Ploëmeur	Le Courégant	granite	Le Bouter Jean - 56270 Ploemeur	remblayée	F
84	Ploëmeur	Kergantic	kaolin	Société des Kaolins d'Armor - 56100 Lorient		A
85	Ploëmeur	Le Guermeur	micas	Société des Kaolins d'Armor - 56100 Lorient		A
86	Ploëmeur	Kerguen	granite	Sarl EGTP - 56102 Lorient Cédex	hors eau, zone d'emprunt, petite	F
	Pas de 87					
88	Ploërmel	La Baluyère	sable	Coudray Robert - 56460 Sérent	plan d'eau propre, peu profond	F
89	Ploërmel	co	ardoise	SA Ardoisières d'Angers - 49000 Angers	en eau, peu de réserve et faible débit exploitable	F
90	Plouay	kermignan	matériau siliceux	Société Rouzic et Cie - 56700 Hennebont	hors eau, flanc coteau	F
91	Plouay	Kéroual	grès schisteux	Société Cravic - 56240 Plouay	hors eau, flanc coteau	F
92	Plouay	Locunel	granite	Société carrières de Kermandu - 56240 Plouay	petite	F
93	Plouay	Kermandu	granite	Société carrières de Kermandu - 56240 Plouay	un peu d'eau	A
94	Plouay	Kerviden	schistes, gneiss	Christian Dominique - 56240 Plouay	hors eau	A
95	Plouray	Roz er Lann	granite arénisé	Sarl Brole et Weickert - 56770 Plouray	hors eau	F
96	Plouray	Mine Bouar	granulite	Sarl SECP - 56770 Plouray		A
97	Pluherlin	Lussier	ardoise		en eau, réserve trop faible	F
98	Pluherlin	Pont aux Roux	ardoise		en eau, réserve trop faible	F
99	Pluherlin	La Croix aux Chênes	ardoise		en eau, réserve trop faible	F
100	Pluherlin	Pont de l'Eglise	ardoise		en eau, réserve trop faible	F
101	Plumelec	Leffaut	granite	Goulard Michel - Réguiny - 56500	hors eau	A
102	Plumelec	Lande du Chêne plant	granite	Hamon Jean - 56420 Plumelec	hors eau	F
103	Plumelec	Les Boulfrasses	granite	Skrotsky Ivan - 56390 Grandchamp	hors eau	F
104	Plumelin	La Lande	granite	rl Georges carrières et TP - 56550 Locoal-Mend	très peu d'eau mais <u>à suivre</u>	A
105	Pluvigner	Kervigot	mylonite	Auffret Nicolas - 56400 Auray	dépôt d'ordures, hors eau, petite	F
106	Pluvigner	Kerbastard	granite	Sarl Cointo - 56690 Landevant		A
107	Pluvigner	Kervrien	granite	rl Georges Carrières et Tp - 56550 Locoal-Mend	hors eau	A
108	Pontivy	Kerficelle	granite	Rault Jean - St Avé - 56000 Vannes	hors eau, quelques ordures, 3 carrières flanc de coteau	F
109	Pontivy	L'échantillon	granite	Sarl Maen Pondi - 56300 Pontivy	hors eau	F
110	Porcaro	Les Villions	ardoise		en eau, petite, qualité (?)	F
111	Priziac	Pont Blanc	granite arénisé	Sarl carrières du Pont Blanc - 56320 Le Faouet	hors eau	A
112	Quéven	La Trinité			hors eau, remblayée	F
113	Quily	Piguet	sable	Sa Coudray - 56460 Sérent	hors eau	A
114	Quily	Les Rois	granite	Sa Coudray - 56460 Sérent	potentiel en quantité d'eau, qualité limite à suivre	A
115	Radenac	Le Moulin Radenac	sable	GSM Bretagne - 56110 Gourin	en eau	A
116	Radenac	Saint Fiacre	sable	Société expl. de Lestrenan - 56100 Lorient		A
117	Radenac	La Croix du Guerny	sable et gravier	Société Rennaise de dragages - 35650 Le Rheu	hors eau	F
117 bis	Moréac	Le Cosquer	sable et gravier	SA Picaut Félicien - 56500 Locminé		A
118	Radenac	Gréanais	sable et gravier	Ribouchon Bernadette - 56500 Radenac		A
119	Rémungol	Bourgérel	schiste	SA Picaut Félicien - 56500 Locminé	hors eau	A
120	Rieux	Borde	sable et gravier	Société Gautier Georges - 56350 Allaire	hors eau, en cours de réaménagement	F

121	Le Roc St André	La Touche	sable et gravier	Coudray Robert - 56460 Sérent	peu profond	F
122	Le Roc St André	Cayenne	granite	SA Coudray - 56460 Lizio	hors eau	F
123	Le Roc St André	La hye	sables et alluvions	SA Coudray - 56460 Lizio	hors eau, dépôts d'ordures	F
124	Roudouallec	Kéransquer	conglomérats	Mairie de Roudouallec - 56110 Gourin	hors eau	F
125	St Congard	Le Grand Roga	grès	SA Charier carrières - 44410 Herbignac		A
126	Le Saint	Guernambigot	granite	Sarl Rouzin - 56110 Le Saint	hors eau	A
127	Le Saint	Ty Huil	granite	Gonzales J. - 29470 Loperhet	hors eau, flanc de coteau	F
128	St Allouestre	Talmené	granite	rl Georges carrières et TP - 56550 Locoal-Mend	hors eau, réaménagée	F
129	St Ave	Liscuit	mylonite/schiste	Ste expl. carrières Avéennes - 56890 St Avé	en eau, <i>site étudié</i>	A
130	St Dolay	Le Corno	sable	SA carrières Guimard - 56140 Saint congard	hors eau	F
131	St Jean la Poteri	Aucfer	grès	SA Charier carrières - 44410 Herbignac		A
132	St Jean la Poteri	Petit Rocher	quartzite	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	hors eau	A
133	St Marcel	Gandouin	grès	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	beau plan d'eau, <i>site retenu</i>	F
134	St Marcel	Béllion	sable et gravier	Clavier Marcel - 56000 Vannes	en eau, marécageux	F
135	St Marcel	La Pature	sable et gravier	Sarl Les Matériaux de l'Oust - 56460 Sérent	en eau, marécageux	F
136	St Marcel	Les Rosayes	sable et gravier	Sarl Les Matériaux de l'Oust - 56460 Sérent	en eau	A
137	St Nolff	Luhan	granite	Jean P. - 56000 Vannes	hors eau	A
138	St Servan	La Ville Guéry	granite	Société Guillard granite - 56120 St Servan/Oust	petit plan d'eau, <i>site cité</i>	F
139	Sarzeau	Kerlin	gneiss	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	eau saumâtre en quantité importante	A
140	Sarzeau	Ker Bigeot	Gneiss	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	hors eau	A
141	Sarzeau	Kerguet	schiste	SA Le Borgne André - 56130 La Roche Bernard	petit plan d'eau, pêche, loisir	F
142	Sarzeau	La Motte Rivault	gneiss	Sarl Bretagne TP - 56860 Sené	hors eau	A
143	Sarzeau	La Maison Neuve			hors eau	F
144	Séglien	Maneguégan	granite	Entreprise Réminiac - 56460 Guéméné/Scorff	en eau, dépôts d'ordures	F
145	Sérent	Kerfontaine	ardoise		en eau, réserve trop faible, <i>site cité</i>	F
146	Sérent	Moulin de la Bourdonnais	ardoise		en eau, réserve trop faible, <i>site cité</i>	F
147	Sérent	Pinieux	ardoise		en eau, réserve trop faible, <i>site cité</i>	F
148	Sérent	La Ville Rée	ardoise		en eau, <i>site cité</i>	F
149	Sérent	Landes de Bréhelin	granite	Hamon Jean - 56420 Plumelec	hors eau	F
150	Le Sourn	Linguennec	arène granitique	Société Lefranc et Cie - 56300 Pontivy	hors eau, petite, zone d'emprunt	F
151	Sulniac	La Fourchale	schistes	SA carrières Guimard - 56140 Saint Congard	un peu d'eau	A
152	Surzur	Botringue	gneiss	Sarl les carrières de Rhuy - 56450 Surzur	un peu d'eau	A
153	Théhillac	La Clarté	grès	SA Charier carrières - 44410 Herbignac	hors eau	A
154	La Vraie Croix	La Croix Irtelle	granulite	SA carrières Guimard - 56140 Saint Congard	hors eau, projet centre enfouissement technique	A

ANNEXE 2

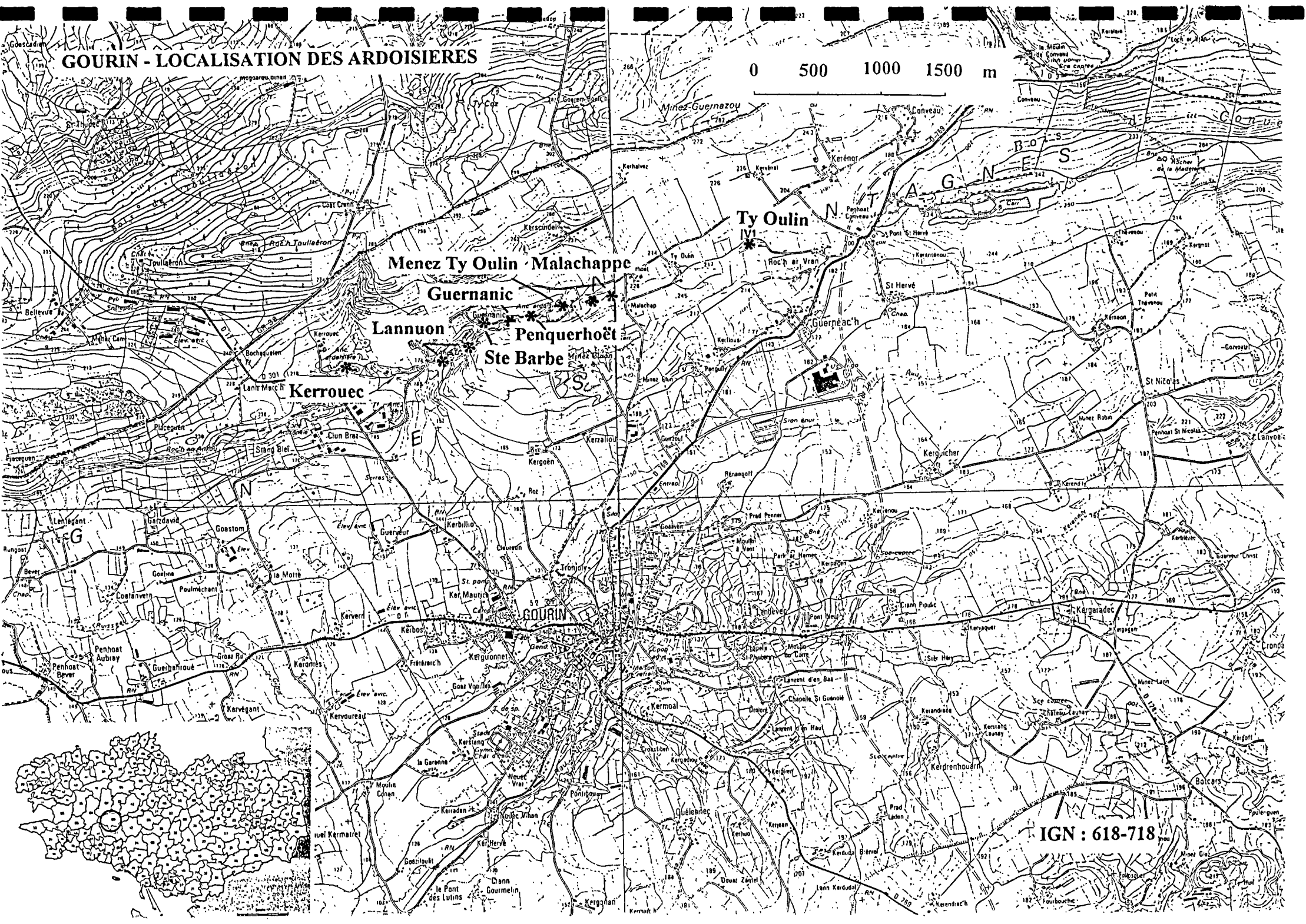
Présentation des ardoisières en eau présélectionnées et non retenues

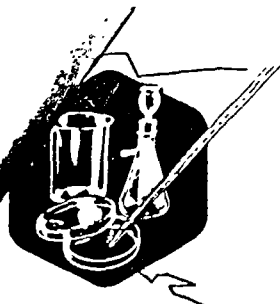


* Principales ardoisières en eau

GOURIN - LOCALISATION DES ARDOISIÈRES

0 500 1000 1500 m



**LVD**

6, avenue Edgar-Degas - Ménimur - 56000 VANNES - Tél. 97.63.29.45 - Télex: LVD MOR 951 002 F

**SERVICE HYGIENE
DES DENREES
ALIMENTAIRES****Dr J.M HELMER**
Chef de service
BD**D.D.A.F**
Mme RAMBERT B.11, Bd de la Paix
56000 VANNES**RESULTAT D'ANALYSE D'EAU****N° B 12333**

Demandée par : DDA - GOURIN G6

Nature de l'eau : Puits de Ardiven

Utilisation :

EXAMEN ORGANOLEPTIQUE

NEANT

EXAMEN BACTERIOLOGIQUE

NEANT

CONCLUSION :

NEANT

EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE

pH (20°)	6.20
Conductivité électrique (US.cm-1) à 20°	386
Titre hydrotimétrique total (degré français)	9.5
Titre alcalimétrique complet (degré français)	4.4
Ammoniaque (mg/l NH4+)	3.2
Nitrites (mg/l NO2)	- DE 0.01
Nitrates (mg/l NO3)	11.5
Chlorures (mg/l Cl-)	21.4
Matière organiques (milieu acide)	
(à chaud 10 mm) mg d'O2/l consommable	9.05
Fer (mg/l Fe)	74.75
Sulfates (mg/l SO4)	83
Manganèse	2.0

CONCLUSION :**OBSERVATIONS**RECEPTION LABO LE : 10.10.1989
COPIE RESULTATFIN ANALYSE LE : 10.10.1989
VANNES, LE 19.10.1989

VISA

SERVICE HYGIENE
DES DENREES
ALIMENTAIRES

Dr J.M. HELMER
Chef de service
BD

D.D.A.F
Mme RAMBERT B.

11, Bd de la Paix
56000 VANNES

RESULTAT D'ANALYSE D'EAU N° B 12977

Demandée par : DDA Mme RAMBERT
Nature de l'eau : eau souterraine
eau non traitée

GOURIN

Utilisation :

EXAMEN ORGANOLEPTIQUE

Couleur jaune
trouble, important dépôt de particules

EXAMEN BACTERIOLOGIQUE

NEANT

CONCLUSION :

NEANT

EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE

pH (20°)	6.20
Conductivité électrique (US.cm-1) à 20°	381
Titre hydrotimétrique total (degré français)	9
Titre alcalimétrique complet (degré français)	5.3
Ammoniaque (mg/l NH4+)	2.13
Nitrites (mg/l NO2)	- de 0.0
Nitrates (mg/l NO3)	- de 1
Chlorures (mg/l Cl-)	53.2
Matière organiques (milieu acide)	
(à chaud 10 mm) mg d'O2/l consommable	10.15
Fer (mg/l Fe)	71.2
Sulfates (mg/l SO4)	139
Manganèse (en mg/l Mn)	1.8

PRELEVEMENT NON EFFECTUE PAR LE LABORATOIRE

CONCLUSION :

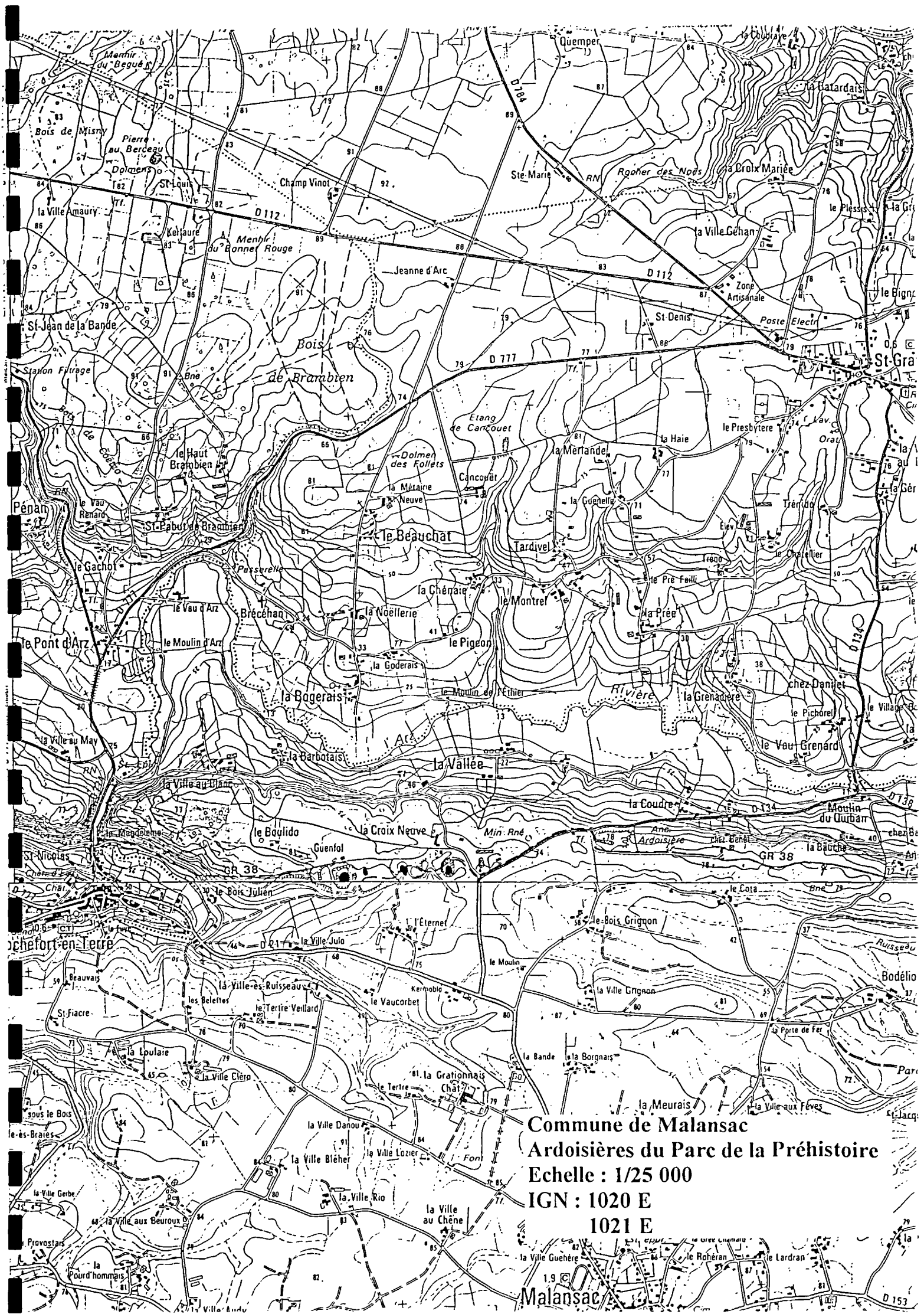
OBSERVATIONS

RECEPTION LABO LE : 27.10.1989
COPIE RESULTAT

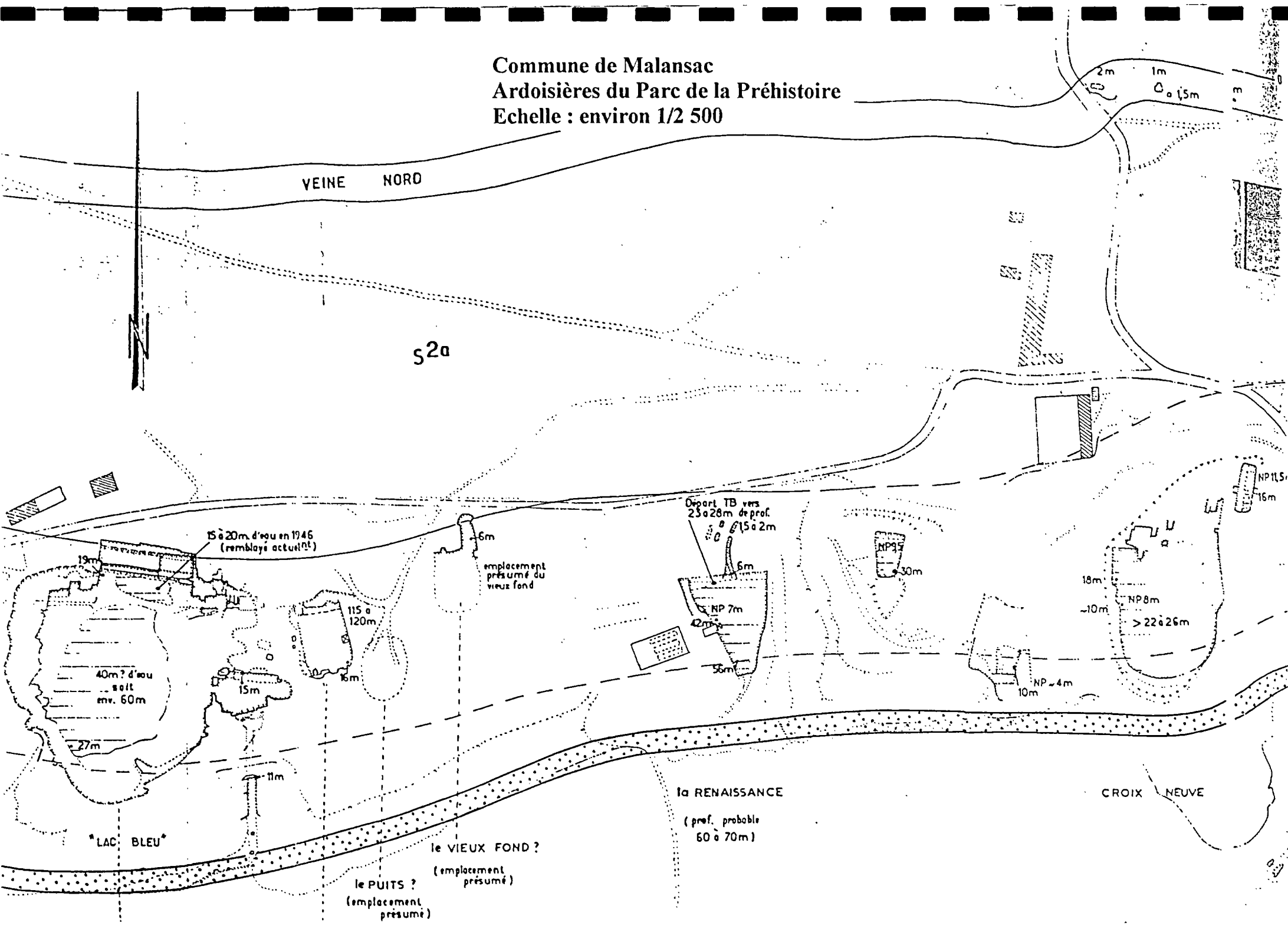
FIN ANALYSE LE : 27.10.1989
VANNES, LE 08.11.1989

VISA

J. F. 113
Ing.



Commune de Malansac
Ardoisières du Parc de la Préhistoire
Echelle : environ 1/2 500



ANNEXE 3

1. Processus d'acidification des eaux d'exhaure (A. CARN, 1994)*
2. Quelques rappels sur les sulfures et leurs occurrences (DEER et al. 1992)**
3. L'importance des eaux acides en Bretagne (Société de l'Industrie minérale du 8/11/1996)

* CARN A.(1994) : Impact hydrochimique de l'exploitation de gisement de roches massives à concasser en Bretagne. Actions 1993 – BRGM R37838. Comité Nat. De la chartre Granulats, Comité Régional Bret. DRIRE Bretagne.

** DEER W.A., HOWIE R.A. et ZUSSMAN J. (EDS) (1992). An introduction to the rock forming minerals . Editions Longman Scientific et Technical, 2nd édition, 696 pages.

1. LE PROCESSUS D'ACIDIFICATION DES EAUX D'EXHAURE (CARN, 1992)

Le phénomène de drainage acide en carrière se mesure par les caractéristiques physico-chimiques des eaux d'exhaure suivantes :

- une acidité forte,
- une conductivité élevée qui trahit de fortes concentrations en ions sulfates et/ou carbonates,
- des concentrations élevées en métaux lourds toxiques (Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Cd, As, Bi, Cr...) et en Fe, Al.

Dans une carrière, les eaux acides se rencontrent à différents endroits :

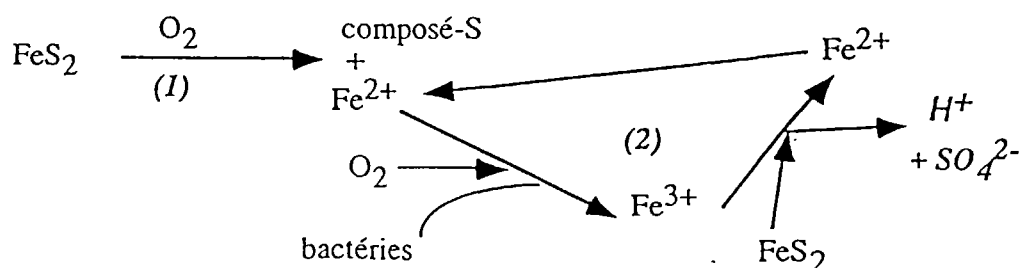
- à tous les exhaures : venues de front de taille, émergence de la nappe en fond de fosse, suintements à la base des stériles ;
- dans les zones de ruissellement : stocks, stériles, zones de circulation ;
- dans le bassin de lavage des concassés.

Cependant, la perception d'une pollution du milieu aquatique récepteur sera déterminée par la concentration en métaux, en ions majeurs, par l'acidité et le volume d'eau rejeté ainsi que par la capacité de dilution du milieu récepteur.

1.1 - Le processus d'acidification

On constate généralement ces phénomènes lors de l'exploitation d'une carrière, en fosse ou à flanc de coteau, de roches contenant des minéraux sulfurés. Les minéraux sulfurés les plus répandus dans les roches armoricaines sont les sulfures de fer (FeS_2) (pyrite, pyrrhotite), mais on rencontre également des sulfures de cuivre (chalcopyrite), de zinc (blende), de nickel (pentlandite), de plomb (galène), d'arsenic (arsénopyrite ou mispickel)...

Lors de l'exploitation, un rabattement de la surface piézométrique de la nappe provoque généralement le dénoisement d'un volume de roche important (voir figure 1). Les minéraux sulfurés présents dans la roche se trouvent alors confrontés à de nouvelles conditions physico-chimiques liées à la présence d'oxygène et à la circulation des eaux, entraînant un lessivage de la zone dénoyée. Il se produit alors une réaction d'oxydation de la pyrite qui joue généralement le rôle clef dans l'ensemble du processus.



Cette réaction (1), normalement très lente, est catalysée par des bactéries aérobies (*Thiobacillus ferrooxidans*). La vitesse globale d'oxydation sera accrue si le pH est légèrement acide et surtout si l'approvisionnement en oxygène n'est pas limité. Les ions Fe^{3+} formés sont capables d'oxyder à leur tour la pyrite et les autres sulfures métalliques. La réaction globale est cyclique(2). Elle est également exothermique.

Les minéraux sulfurés libèrent alors des ions H^+ , SO_4^{2-} et Fe^{3+} ainsi que tous les éléments métalliques plus ou moins toxiques (cuivre, zinc, nickel, plomb, cadmium, arsenic, ...).

Tous ces éléments sont ensuite acheminés vers l'exhaure par les eaux d'infiltration. Dans le cas d'une exploitation en fosse, le phénomène s'arrête généralement lorsque l'exploitation cesse (la nappe remonte); par contre il peut durer très longtemps dans le cas d'une carrière sur versant.

2. QUELQUES RAPPELS SUR LES SULFURES ET LEURS OCCURRENCES (DEER & al., 1992)

Les sulfures sont des minéraux largement répandus dans les différents types de roches. Ils existent le plus souvent à l'état de minéraux accessoires, mais des concentrations particulières sont fréquentes (amas interstratifiés, veines hydrothermales,...).

La pyrite (FeS_2) est le sulfure le plus répandu. Cristallisant dans le système cubique, elle apparaît opaque en lames minces mais se caractérise à l'œil nu par sa couleur jaune, son aspect métallique et ses reflets irisés.

D'autres métaux que Fe (Co, Ni, As, Zn, Pb, Cu) sont contenus dans la pyrite, soit par substitution du Fe, soit en inclusions sous forme de sulfures.

La stabilité de la pyrite en solution aqueuse explique sa fréquence dans les environnements sédimentaires et hydrothermaux. En revanche, elle devient instable en milieu oxydant, la principale voie d'altération étant l'oxydation en sulfates et hydroxydes de Fe.

Bien que les cristaux automorphes soient communs, la pyrite apparaît souvent dans les roches sédimentaires sous forme d'agrégats massifs, en fibres radiaires, mais aussi en agrégats de petites sphères (texture framboïdale) dont la formation a été attribuée à des micro-organismes (hypothèse non confirmée); dans ce cas leur occurrence est uniquement sédimentaire.

La pyrite est présente dans tous les types de roches, ignées et sédimentaires (surtout argileuses et carbonatées), où elle est souvent associée aux autres sulfures principaux (pyrrhotite, chalcopyrite, blende, galène, arsénopyrite,...). On la trouve également dans les masses et veines hydrothermales.

La pyrrhotite ($\text{FeS-Fe}_7\text{S}_8$), qui est en quelque sorte une forme de haute-température de la pyrite, peut contenir les ions Ni-Co-Cu-Mn en solution solide ou sous forme de sulfures associés en impuretés. Elle a la même genèse que la pyrite, mais c'est surtout elle qu'on rencontre dans les roches du métamorphisme de contact et les veines hydrothermales de haute température.

La chalcopyrite (CuFeS_2) peut contenir beaucoup d'éléments mineurs et traces: Co, Ni, Mn, Zn et Sn en remplacement de Fe et Cu, ainsi que Ag, Au, Pt, Pb, V, Cr, Bi en remplacement de S. On peut également trouver ces éléments sous forme d'inclusions. La chalcopyrite est stable dans des conditions réductrices dans une large gamme de pH mais elle s'altère dans des conditions oxydantes à pH bas, libérant ainsi les métaux qu'elle contient.

La blende (ZnS) et la galène (PbS) ont surtout une origine hydrothermale (veines, filons,...) et métasomatique (skarns). Les substitutions y sont moins développées mais citons Hg et Cd en remplacement de Zn dans la blende.

Origine des sulfures

1) Sulfures associés aux processus magmatiques (Hedenquist & Lowenstern, 1994).

De nombreux sites montrent une association fréquente entre les minéralisations et les magmas, et principalement ceux des zones convergentes. Ce lien suggère que l'énergie thermique est fournie par les magmas. La preuve a été faite que les processus hydrothermaux étaient responsables de l'apparition de ces minéralisations par l'intervention de fluides contenant les différents composants nécessaires à leur formation.

Les cristallisations de familles minérales où se concentrent les métaux lourds se déroulent lors des derniers stades, dits deutériques, du refroidissement des plutons. Les *stades pegmatitique* (au dessus de 600°) et *pneumatolytique* (entre 600 et 400°C) conduisent à la formation de filons divers (aprites, pegmatites, dépôts acides...) au sein du pluton ou de l'encaissant (stockwerk). Ils se caractérisent par la cristallisation de silicates (tourmaline, béryl...), d'oxydes (de Sn-W-Mo-Bi), et parfois de sulfures.

La formation des sulfures est surtout associée au stade ultime de refroidissement des plutons, c'est-à-dire le **stade hydrothermal** (400 à 50°).

Les fluides intervenant pendant les stades pneumatolytique et hydrothermal contiennent de la vapeur d'eau, des métaux, des ligands (sulfures, sels...). Les caractéristiques physico-chimiques de ces fluides sont variables en fonction principalement de l'éloignement par rapport au magma : ils peuvent être acides ($\text{pH} < 2$) et oxydants ($\text{Eh} > 0$) en position proximale, ou neutres et réduits en position distale.

L'eau peut avoir une origine magmatique et/ou météorique, la part de celle-ci étant plus importante quand on s'éloigne du magma. De même, les métaux et autres éléments (sulfures, sels,...) peuvent provenir soit du magma, soit de la roche encaissante. Quoiqu'il en soit, c'est la circulation des fluides (eau, CO_2 , SO_2 , H_2S , HCl) issus du magma, de température élevée (600 à 300 °C) et relativement acides et oxydants, qui lessive le liquide silicaté et/ou l'encaissant et qui mobilise les métaux et autres constituants.

L'intrusion elle-même montre une altération hydrothermale (kaolinisation des feldspaths, chloritisation des biotites, ouralitisation des pyroxènes...). En fait, elle apparaît zonée: au centre, une zone à biotite et feldspath potassique, puis une zone quartz-chlorite et enfin une zone à séricite-pyrite débordant sur l'encaissant. Des minéralisations de sulfures de Cu de haute température apparaissent parfois au voisinage

de la limite entre ces deux dernières zones. L'encaissant est fréquemment altéré en épidote-chlorite-albite.

Les minéralisations associées aux magmas sont typiquement de trois types, depuis le plus proche jusqu'au plus éloigné du pluton :

1/ Au sein et à proximité immédiate de l'intrusion de composition acide à intermédiaire, on trouve des sulfures riches en Cu sous forme de veinules ou disséminés dans la masse (*Porphyry Cu minéralization*), mis en place en profondeur (2 à 5 km), à haute température (500-600°C), et associés à des circulations de fluides magmatiques (liquide hyper-salin, vapeur).

2/ Les minéralisations épithermales proximales (*High-sulfidation epithermal deposits*) sont mises en place moins profondément (1 km) par la circulation de fluides oxydés, acides, d'origine essentiellement magmatique. Les sulfates et sulfures de fer, de cuivre, s'installent dans la porosité de l'encaissant créée par le lessivage par les fluides agressifs.

3/ Les minéralisations épithermales distales (*Low-sulfidation epithermal deposits*) témoignent de l'activité de fluides moins chauds (200-300°C), réduits ou neutres favorisant ainsi l'apparition de sulfures. Elles montrent une contribution importante des eaux météoriques et de l'encaissant sédimentaire (S, C). Cet environnement n'est pas favorable à l'apparition de sulfures de Cu mais plutôt à celle de Pb, Zn, et à des concentrations en Ag et Au.

Les dépôts hydrothermaux lointains (dans la roche encaissante) sont ainsi constitués de ZnS, PbS, FeS₂, CuFeS, FeAsS (mispickel) et peuvent être concentrés dans des filons à gangue de quartz, carbonates et fluorine. On y trouve également des arséniures et sulfo-antimoiniures d'Ag, Cu, et des sulfures de Mo, Ni, Co, Sb, Hg.

Les fluides hydrothermaux et les minéralisations hydrothermales associés évoluent donc chimiquement en s'éloignant du magma au fur et à mesure qu'ils réagissent avec l'encaissant. Ils sont actifs pendant des périodes assez courtes, au cours d'événements tectoniques ou de fracturations hydrauliques (montée du magma).

Les fluides hydrothermaux enrichis en CO₂, acides, oxydants et très agressifs (dissolution de Fe²⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Na⁺...) sont peu propices à générer des minéralisations sulfurées réduites. Ils proviennent en général de liquides magmatiques alcalins issus de la fusion partielle du manteau supérieur en contexte distensif (Maisonneuve et al., 1987). Au contraire, les magmas d'origine crustale sont généralement à l'état réduit et contiennent des sulfures de fer.

Les minéralisations pyrometasomatiques, au sein des *skarns* (roche mère calcomagnésienne), contiennent des sulfures (pyrite, pyrrhotite...) parmi d'autres minéralisations (scheelite). E. Raguin (1961) cite de nombreux gisements pyriteux interstratifiés et disséminés dans les terrains métamorphiques. Il y décrit des imprégnations de sulfures dans les schistes, des rubannements conformes à la

stratification ou à la schistosité, qu'il attribue à la circulation de fluides issus du métamorphisme général ou d'un pluton.

L'hydrothermalisme est un phénomène qui peut être développé en dehors de tout contexte d'intrusion plutonique, notamment dans le métamorphisme général.

On trouve des amas sulfurés **volcano-sédimentaires** qui constituent des essaims minéralisés à sulfures polymétalliques: ce sont les gisements de type Kuroko (Japon). Les minéralisations sont interstratifiées dans des pyroclastites et des laves à proximité des appareils émissaires. Elles se font par resédimentation, remplissage de fissures, précipitation chimique par circulation d'eau de mer enrichie en métaux (hydrothermalisme). Ces minéralisations proches des émissaires volcaniques sont analogues aux minéralisations épithermales distales décrites plus haut.

2) Sulfures associés aux processus métamorphiques

Les sulfures principaux apparaissent stables dans des conditions métamorphiques croissantes (Miyashiro, 1971). Ainsi, dans les séries de basse et haute-pression, la pyrrhotite et la chalcopryrite sont communes jusque dans l'*Amphibolite facies* (580-700°) dans les métapélites et les metabasites. La pyrite n'est fréquente que dans les metabasites de basse-pression dans le *Greenschist facies* (300-530°). Les faciès distaux des auréoles thermo-métamorphiques (avant l'apparition de la chlorite) sont caractérisés parfois par des mouches de pyrite. En faisant abstraction de tout métasomatisme, les sulfures de fer sont donc des **minéraux accessoires communs des auréoles de métamorphisme**.

3) Sulfures sédimentaires et supergènes

La pyrite est souvent disséminée dans les sédiments de milieu réducteur riches en matière organique (argilites noires, charbon) où elle se forme par diagenèse, processus incluant toute modification du sédiment déposé (lithification, mais aussi redistribution de substances dans le sédiment, formation de nouveaux minéraux).

Lors du stade initial de la **diagenèse** (*Initial stage*, Larsen & Chilingar, 1967), l'oxygène libre du sédiment est utilisé par les micro-organismes aérobies pour l'oxydation de la matière organique. Lors de l'enfouissement (*Early burial stage*), l'O₂ disparaissant car non renouvelé, il y a réduction des hydroxydes et surtout des sulfates par les bactéries anaérobies qui y puisent leur oxygène. Le milieu devient réducteur ($Eh < 0$), le pH augmente et les eaux interstitielles se chargent en S, Mg, CO₂, CH₄... Leur saturation éventuelle permet la précipitation de minéraux diagénétiques (pyrite, sidérite, blende,...). Ces minéraux se formeront d'autant plus facilement que le milieu initial est réduit (milieu euxinique ou anoxique), c'est-à-dire que le front d'oxydo-réduction est au-dessus de l'interface eau-sédiment.

Les milieux où l'oxygène de l'eau se renouvelle (environnement fluvial, sédiments poreux...) sont peu propices à l'apparition de sulfures à l'inverse des milieux confinés (marais, sédiments argileux...) et des milieux riches initialement en matière organique

(plateforme continentale, estuaires). De même, les eaux marines riches en sels (sulfates, carbonates,...) favorisent la précipitation diagénétique de sulfures, de carbonate etc.

En cas d'émersion, des phénomènes épidiagénétiques et supergènes peuvent intervenir. La **migration du front d'oxydo-réduction**, en réponse à la circulation d'eaux vadoses ou météoriques, peut remobiliser des constituants (oxydation des sulfures) qui reprécipitent plus loin, sous le front d'oxydo-réduction ($Eh < 0$).

Le rapport isotopique $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ dans la pyrite est utilisé pour déduire la température de formation: la réduction bactérienne des sulfates enrichit en isotope ^{32}S et un rapport élevé trahit une origine sédimentaire.

L'IMPORTANCE DES EAUX ACIDES EN BRETAGNE

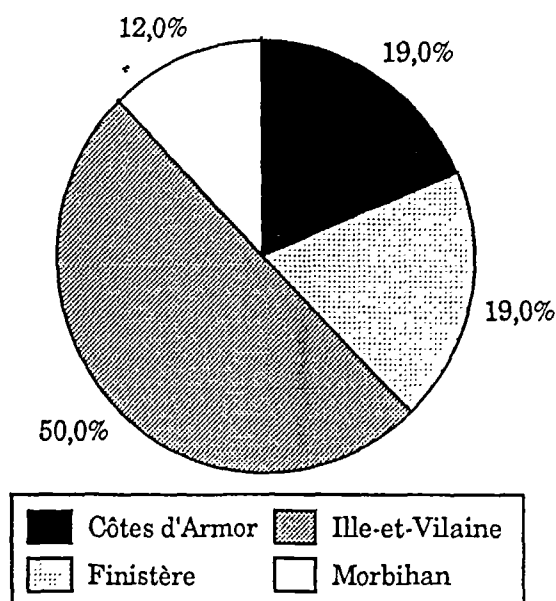
LES SITES TOUCHES - LEUR PART DANS LA PRODUCTION

En 1996, 25 sites de carrières ont été recensés comme étant affectés par une acidification de leurs eaux d'exhaure. Certains de ces sites présentent une acidification des eaux d'exhaure seulement locale sur la carrière et qui n'est pas encore perceptible au niveau des rejets.

A cela, il convient d'ajouter un site d'extraction d'andalousite situé dans les Côtes d'Armor.

L'ensemble de ces carrières représente une production globale de 7 345 000 tonnes de granulats par an ce qui correspond à 32% de la production bretonne globale et à 36,5% de la production de roches éruptives.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES SITES



En production, l'Ille-et-Vilaine représente 60% du tonnage annuel de granulat issu de carrières touchées par le phénomène.

REPARTITION PAR TYPE DE ROCHES

	Nombre de site
Cornéenne	11
Schiste	4
Gneiss	3
Granite	2
Microdiorite	1
Grès-Quartzite	7
Schiste-Andalousite	1

Le total est supérieur à 26 car certains sites exploitent plusieurs types de matériaux.

LES TRAITEMENTS MIS EN PLACE

Sur les 26 sites concernés par le phénomène, 20 ont mis en place un système de traitement. L'absence de traitement sur 6 sites s'explique de la façon suivante:

- 3 sites n'ont pas de rejet vers le milieu naturel,
- 1 site présente un rejet qui n'est pas encore affecté,
- 2 sites n'ont pas encore mis de traitement en place car l'acidification des eaux vient d'être mise en évidence. Traitement à venir.

Différents types de traitement, reposant tous sur le même principe d'alcalinisation des eaux, ont été installés:

- Trommel + calcaire : 9
- Lit de calcaire : 1
- Ependage de filler calcaire : 1
- Chaux en poudre : 3
- Lait de chaux : 2
- Soude : 1
- Trommel + calcaire + chaux en appoint : 1
- Chaux en poudre + soude : 2

ANNEXE 4

Le cadmium

In « paramètres de la qualité des eaux »

De R. Brémond et C. Pérodon, Ministère de la prévention des pollutions –
Service des problèmes de l'eau – 2^{ème} édition

Cadmium

I. — NATURE ET ORIGINE

Le cadmium est un métal insoluble dans l'eau sous sa forme élémentaire. On le trouve sous forme de sels (généralement sous forme de sulfure) dans certains minerais. On l'utilise en métallurgie dans de nombreux alliages avec le cuivre, le plomb, l'aluminium, l'argent et le nickel. On l'utilise également dans l'industrie des traitements de surface, la fabrication des céramiques, l'industrie des colorants, dans l'industrie photographique et dans les réacteurs nucléaires.

Les chlorures, nitrates et sulfates de cadmium sont très solubles dans l'eau alors que les carbonates et hydroxydes ne le sont pas. A des valeurs de pH élevées le cadmium sera donc précipité.

Les ateliers galvanotechniques utilisent des bains cyanurés qui peuvent contenir, dans le cas d'utilisation d'électrolyte de cadmium jusqu'à 20 g/l de cadmium. Il faut noter que les volumes d'eaux résiduaires produits dans ces ateliers sont relativement faibles.

Les fabriques de colorants emploient le cadmium dans la fabrication de jaune de cadmium, du rouge de cadmium...

II. — DOSAGE

MÉTHODE COLORIMÉTRIQUE :

Le cadmium peut se doser colorimétriquement après formation avec la dithizone d'un complexe rouge extractible par le chloroforme.

La limite de détection est de 0,02 mg/l. Cette technique est de plus en plus remplacée par l'absorption atomique.

MÉTHODE POLARGGRAPHIQUE :

182 Le potentiel de demi-vague en milieu nitrique est de $-0,63$ V.

MÉTHODE PAR ABSORPTION ATOMIQUE (norme AFNOR T 90112)

La flamme oxydante est formée à partir d'air et d'acétylène et la lecture s'effectue à 228,8 nm, par dosage direct (domaine d'application 0,02 à 2 mg/l) ou par concentration du métal par complexation et extraction (pour 0,5 à 50 µg/l). Pour les traces de cadmium à doser, on préconise la méthode par absorption atomique sans flamme.

III. — NUISANCES ET TOLÉRANCES

FAUNE ET FLORE AQUATIQUES

La toxicité du cadmium vis-à-vis du poisson est assez mal connue. Les effets observés au cours des tests dépendaient de l'animal testé, de son âge, de la composition de l'eau en éléments dominants, de la température, du pH, etc...

Pour le poisson, les seuils correspondant aux effets toxiques observés varient entre 0,01 et 10 mg/l. Pour *Daphnia magna* on a trouvé une limite de toxicité à 0,1 mg/l de Cd.

Il faut noter le pouvoir synergique important du cadmium vis-à-vis des autres métaux toxiques. En combinaison avec le zinc, la somme des effets semble normale, alors qu'en présence de cuivre, l'action toxique est multipliée bien des fois. Le synergisme que l'on peut observer en présence de cyanure est très important.

EAU A USAGE ALIMENTAIRE

Le cadmium comme le plomb et le mercure est un poison cumulatif. Sa toxicité est beaucoup plus élevée qu'on ne le croit généralement.

Le cadmium agit par blocage des groupements thiols, inhibant la respiration cellulaire et un certain nombre de systèmes enzymatiques fondamentaux.

On pense que la dose mortelle pour un homme doit se situer autour de 0,40 g. Dans le cas d'intoxication chronique en dehors des accidents gastro-intestinaux, pulmonaires, rénaux et nerveux, on observe des lésions osseuses bizarres.

Les normes en usage ont donc fixé comme limites de potabilité d'une eau de distribution publique.

0,05 mg/l	concentration maximum OMS Europe 72
0,01 mg/l	limite de tolérance OMS 72 Europe
0,01 mg/l	limite impérative USPHS 77

La France n'a pas fixé de concentration limite pour ce métal dans l'arrêté de 1961.

183

IV. — REMÈDES ET TRAITEMENTS

La détoxication et la neutralisation des eaux résiduaires sont effectués par précipitation du cadmium par la soude et le lait de chaux à un pH supérieur à 9,2. Cette précipitation n'est totale qu'à pH 10. En présence de sulfate, il y a précipitation d'un sulfate basique. En présence d'ions trivalents, on peut obtenir une précipitation à un pH inférieur à 9,1.

Si le cadmium est le seul élément contenu dans l'eau résiduaire on effectue la précipitation de préférence avec une solution de carbonate de soude, la zone de précipitation se situe alors entre pH 7 et 7,5.

ANNEXE 5

Documentation sur les carrières de petites dimensions répertoriées :

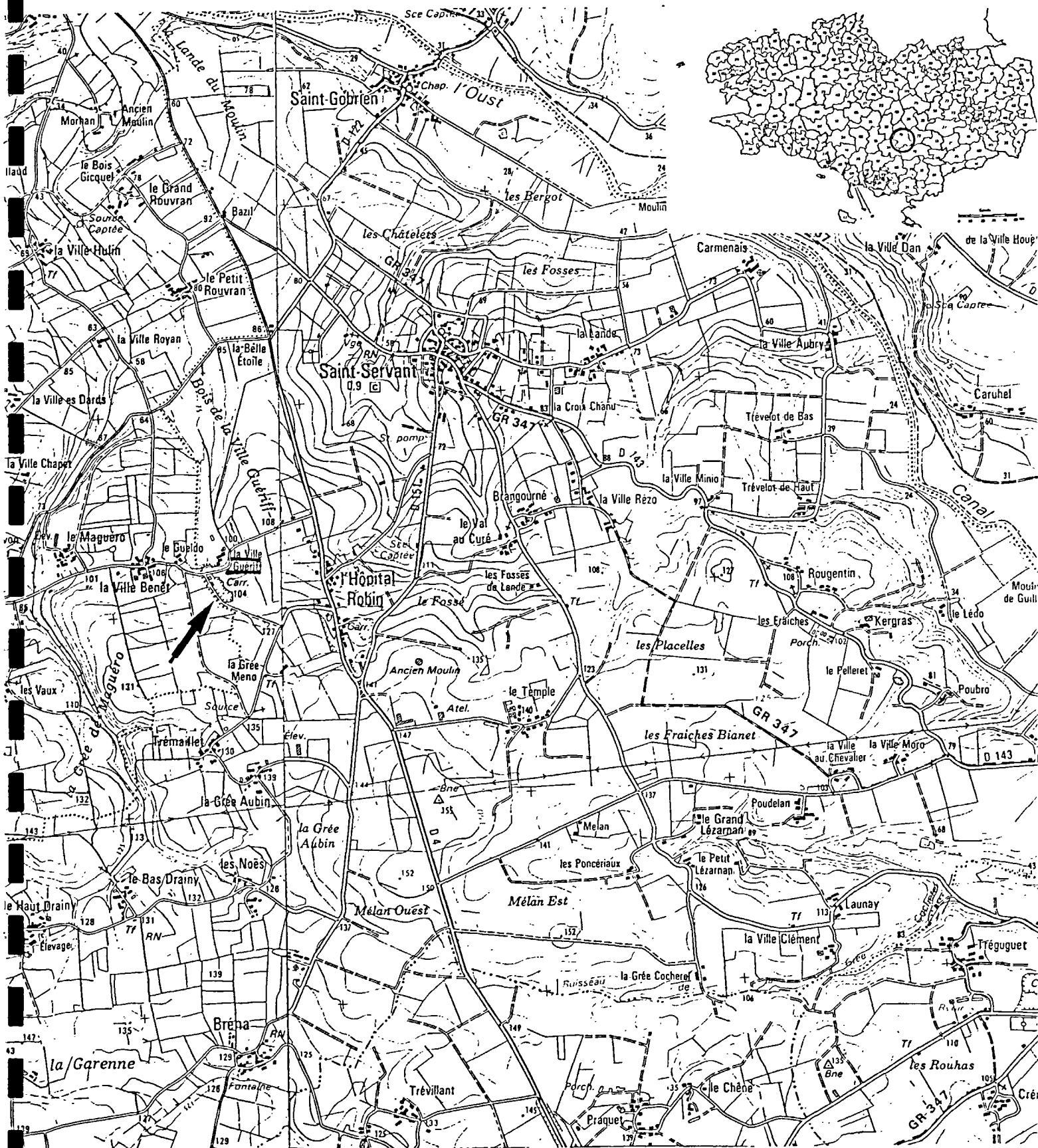
- localisation
- fiche technique
- chimie de l'eau

CARACTERISTIQUES DES CARRIERES DE PETITES DIMENSIONS

Commune	Lieu-dit	Longueur (en m)	Largeur (en m)	Profondeur (en m)	Date de prélèvement	pH	Conductivité μS/cm	exploitant
St Servan	La Ville Guériff	140	50	12	3/04/97	6,4	233	Guillard granite - St Servan/Oust
Noyal Muzillac	Larhény	100	100	?	3/04/97	6,95	305	Le Borgne A. - La Roche Bernard
Marzan	Penhap	100	80	?	7/04/97	6,94	252	Charier - Herbignac (44)
Calan	Kérandiot	160	80	?	8/04/97	6,9	135	Le Galliot E - Quistinic
Pleucadeuc	Pont des Noës	250	40	6 à 7	9/10/97	6,4	92	Guimard - Malestroit

SAINT SERVANT SUR OUST (56)

LOCALISATION DU SITE DE LA VILLE GUERIFF



IGN : 919-E/1019-O

Echelle : 1/25 000

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : SAINT SERVANT

Lieu-dit : La Ville Guériff ou Guéry

Cadastre : ZT n° 11

Carte IGN : 919 E

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : granite

Etat : arrêtée, en eau

Exploitant : Société Guillard Granite, St Servan sur Oust

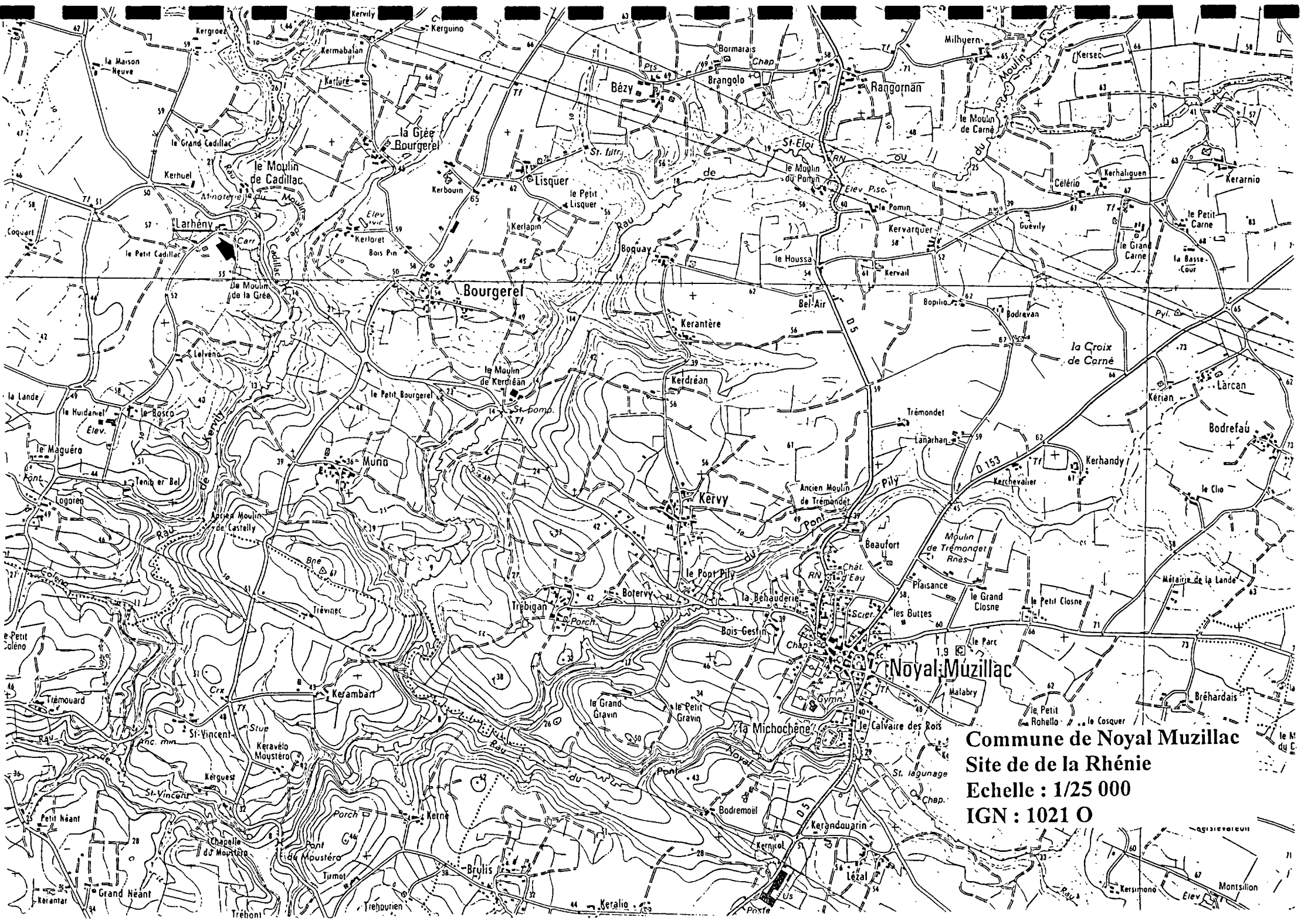
Propriétaire : enfants Joubaud, Les Vallées, 35890 Laillé

Superficie : 140 x 50 = 7 000

Hauteur d'eau : 12 m

Volume d'eau stocké : 84 000 m³

Environnement immédiat : lande et champs



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : NOYAL MUZILLAC

Lieu-dit : Lanhéry ou la Rhénie

Cadastre : C 147, 148, 159

Carte IGN : 1021 O

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 418

Echelle : 1/80 000

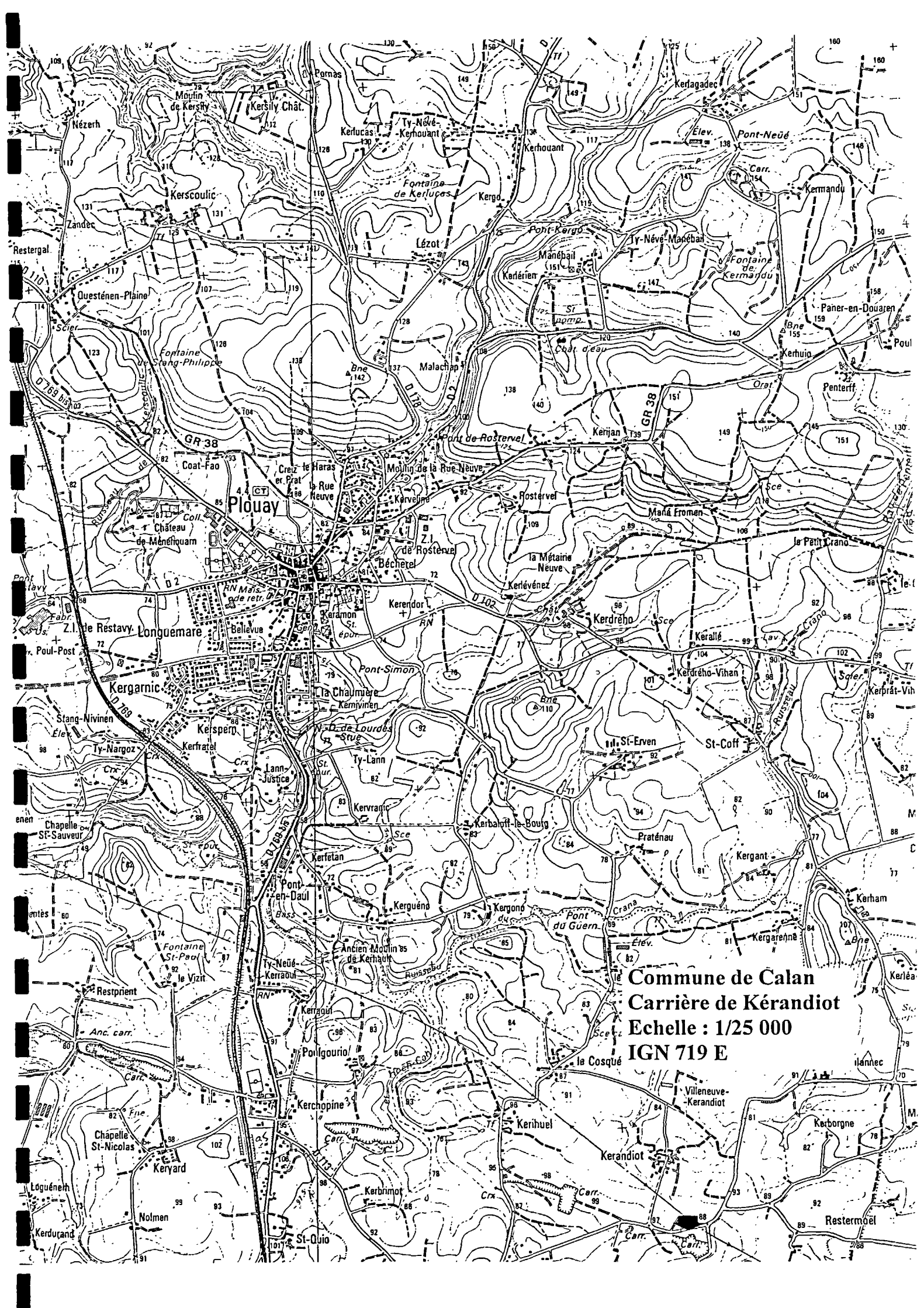
Substance extraite : quartzite

Etat : le site vient juste d'être aménagé après l'arrêt de l'exploitation. Bassin en eau, évacuation d'un trop plein vers la rivière toute proche

Exploitant : SA Le Borgne A., 7 rue Crespel de la Touche, 56130 La Roche Bernard

Superficie : 10 000 m²

Environnement immédiat : lande et champs



Commune de Calan
Carrière de Kérandiot
Echelle : 1/25 000
IGN 719 E

FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : CALAN

Lieu-dit : Kérandiot

Cadastre : A 310, 313

Carte IGN : 719 E

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 88

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : quartzite

Etat : fermée, en eau

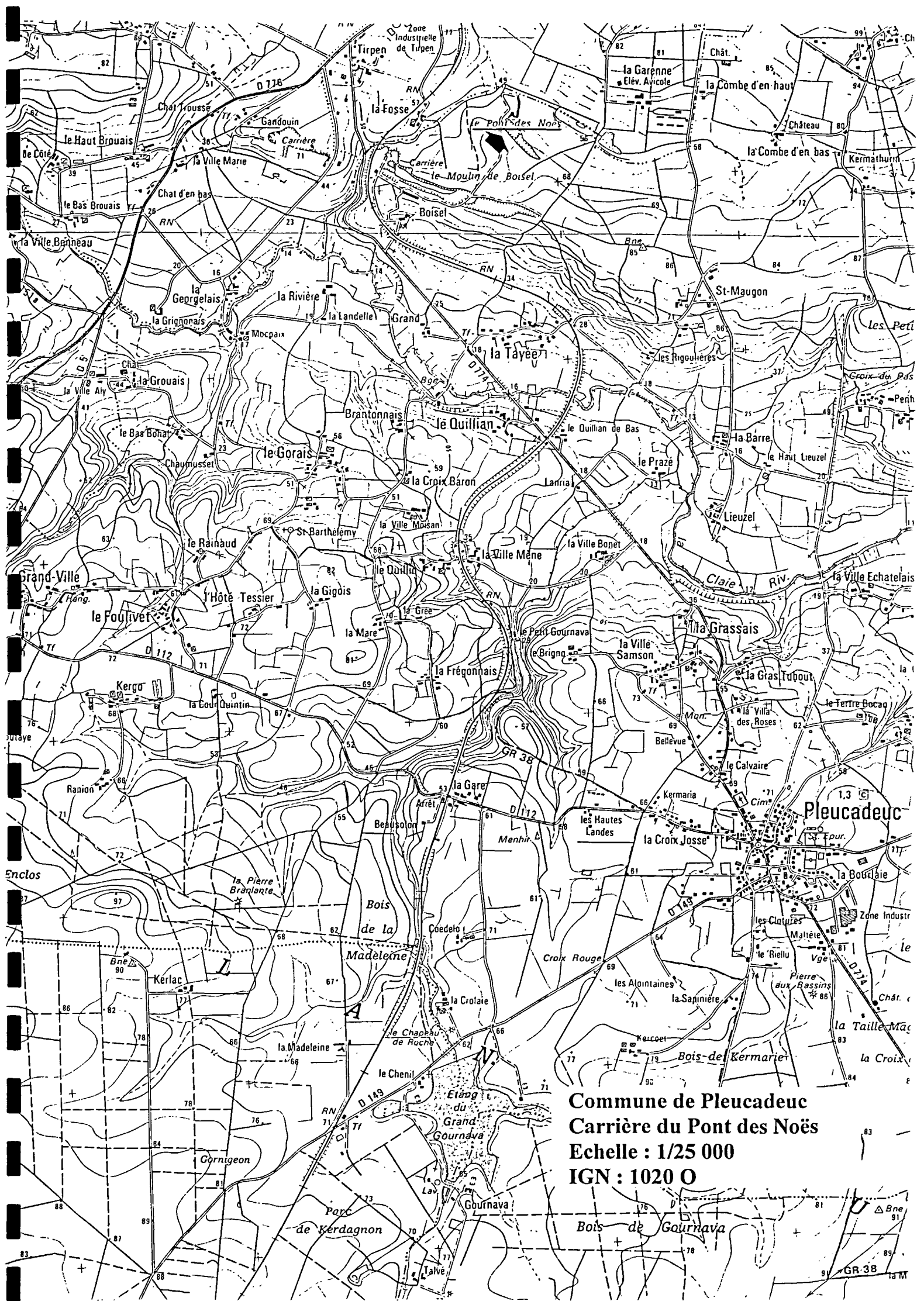
Exploitant : Le Galliot Emilien – 02.97.39.75.26.

Propriétaire : ?

Superficie : 160 x 80 = 12 800 m²

Hauteur d'eau : 0,6 m dans le palier bas le jour de la visite

Environnement immédiat : lande, carrière en exploitation juste de l'autre côté de la route



FICHE D'IDENTIFICATION

Commune : PLEUCADEUC

Lieu-dit : Le Pont des Noës

Cadastre : ZB 4 et ZB 69

Carte IGN : 1020 O

Echelle : 1/25 000

Carte géologique : 89

Echelle : 1/80 000

Substance extraite : grès (?)

Etat : abandonnée, en eau

Exploitant : Entreprise Guimard à Malestroit

Propriétaires : Madame Guimard, 6 rue des Augustines, 56140 Malestroit pour la parcelle ZB84

Madame Chiron M.M. – la Gornevève – 56360 Séné pour la parcelle ZB69

Activité actuelle du site : en eau, pas d'activité connue

Superficie : carrière de concassés : 250 x 40 m = 10 000 m²

Gravière : 120 x 70 m = 8 400 m²

Hauteur d'eau : gravière : 1 à 2 m - carrière : 7 à 8 m

Qualité de l'eau : le 25/11/1977 : pH : 6,93 - C : 273 µS/cm

Volume d'eau stockée : 85 000 m³

Qualité de l'eau : eau très peu minéralisée de très bonne qualité chimique et sans nitrate, ni fer, cette minéralisation est peut-être due aux relations rivière-carrière. En cours de pompage, la qualité de l'eau risque de s'approcher de celle présente dans la carrière de Bretagne Chimie Fine à Pleucadeuc ou celle présente à Gandouin (St Marcel) (eau acide avec des métaux lourds).

Date du prélèvement : 09/10/1997

Environnement immédiat : bois, cours d'eau

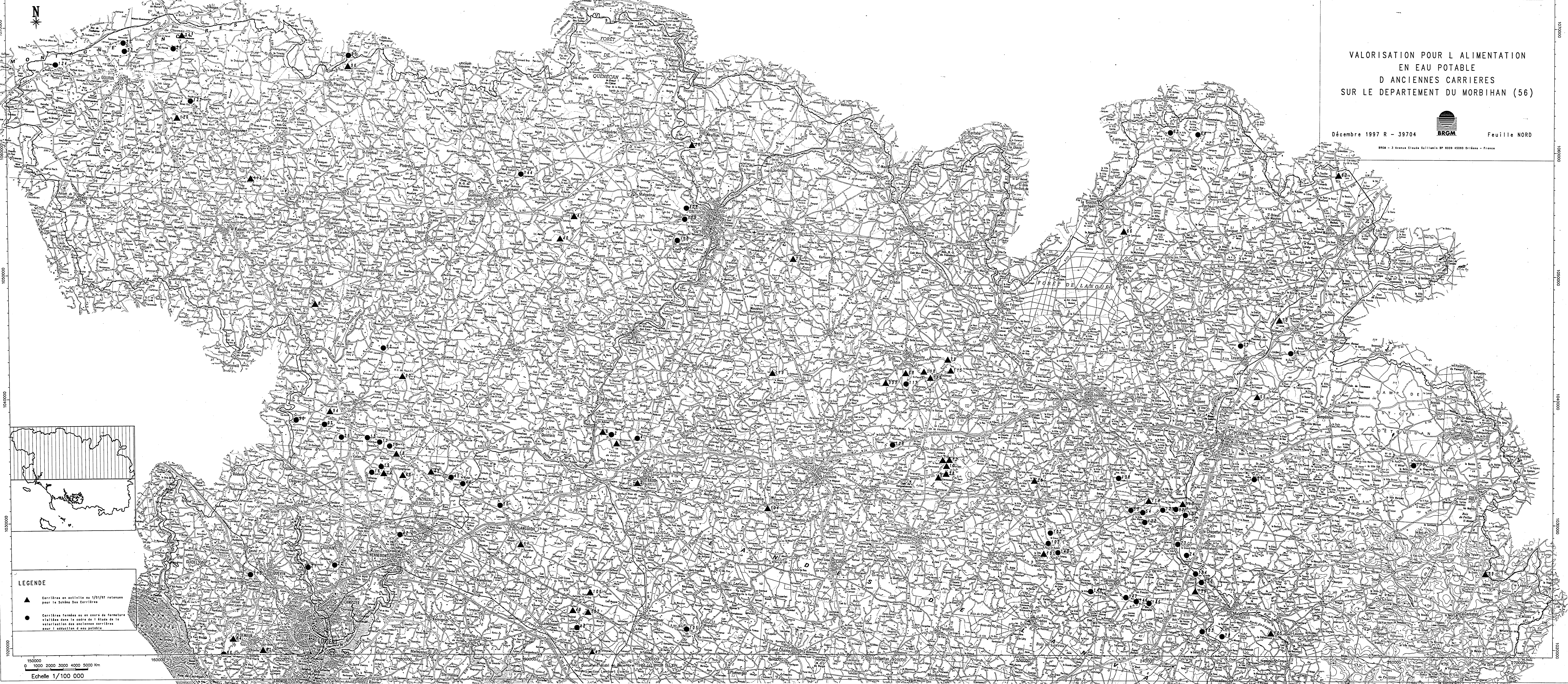
Proximité d'un cours d'eau : immédiate d'un ruisseau qui rejoint la rivière la Claie

Etude complémentaire souhaitée : mise en place de piézomètres et pompage d'essai

Liste des cartes :

- Valorisation pour l'alimentation en eau potable d'anciennes carrières sur le département du Morbihan (56) – Feuille sud
- Valorisation pour l'alimentation en eau potable d'anciennes carrières sur le département du Morbihan (56) – Feuille nord

150000 160000 170000 180000 190000 200000 210000 220000 230000 240000 250000 260000 270000



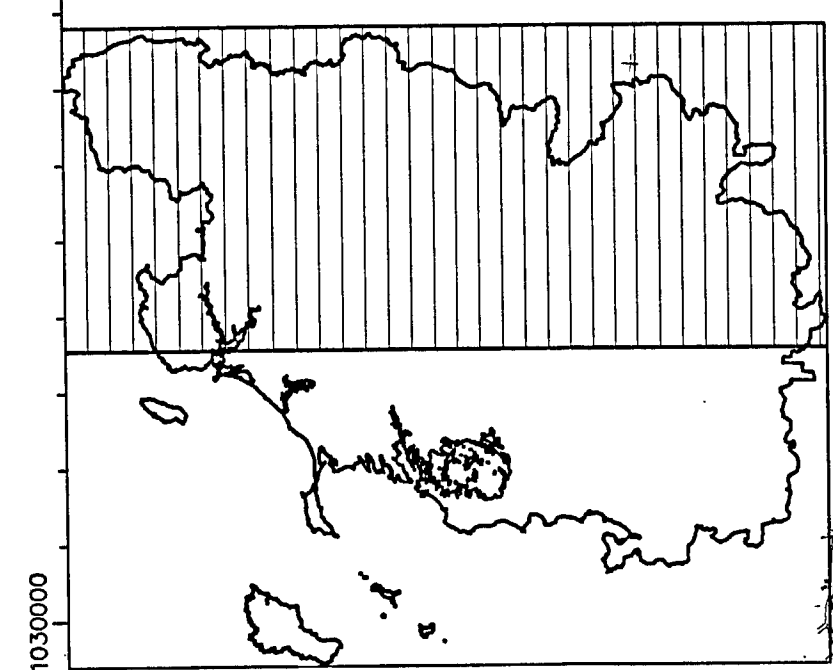
VALORISATION POUR L ALIMENTATION
EN EAU POTABLE
D ANCIENNES CARRIERES
SUR LE DEPARTEMENT DU MORBIHAN (56)

Décembre 1997 R - 39704



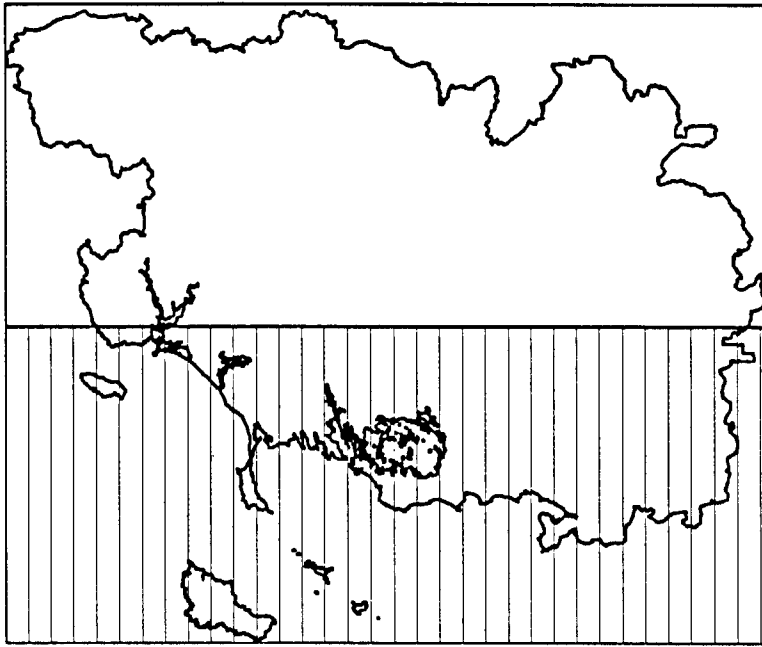
Feuille NORD

BRGM - 3 Avenue Claude Guillemin BP 5009 45080 Orléans - France



- LEGENDE
- ▲ Carrières en activité au 1/01/97 retenues pour le Schéma des Carrières
 - Carrières fermées ou en cours de fermeture vieillies dans le cadre de la valorisation des anciennes carrières pour l'adduction d'eau potable

0 1000 2000 3000 4000 5000 Km
Echelle 1/100 000



LEGENDE

- ▲ Carrières en activité ou 1/01/97 retenues pour le Schéma Des Carrières
- Carrières fermées ou en cours de fermeture visitées dans le cadre de l'étude de la valorisation des anciennes carrières pour l'adduction d'eau potable

VALORISATION POUR L ALIMENTATION
EN EAU POTABLE
D ANCIENNES CARRIERES
SUR LE DEPARTEMENT DU MORBIHAN (56)



Décembre 1997 R - 39704

Feuille SUD

BRGM - 3 Avenue Claude Guillemin BP 6009 45080 Orléans - France

0 1000 2000 3000 4000 5000 Km
Echelle 1/100 000

Document établi en décembre 1997 (c) BRGM (c) IGN
Projection Lambert I carte