



Choix d'un site de forage de reconnaissance de la montée des eaux

Régis LIBERDA

Novembre 2011

SOMMAIRE

- 1. Position du problème**
- 2. Bassins de remplissage actuels et points bas**
 - figures générales et tableaux récapitulatifs des points bas
- 3. Communications entre bassins de remplissage**
 - fiches descriptives individuelles
- 4. Critères de choix du site le plus approprié pour un sondage**
- 5. Description des différents points bas**
 - fiches descriptives individuelles
- 6. Conclusion**

1. Position du problème

La décision de confinement de STOCAMINE, le choix des barrages et de leur niveau d'étanchéité sont liés au temps qui nous sépare de l'arrivée des eaux souterraines du secteur ouest en même temps que de la fermeture des foudroyages et des galeries qui se sera opérée à ce moment-là.

Pour l'un et l'autre des phénomènes, des *hypothèses* ont été faites. Ainsi, pour la montée des eaux résultant du débit de fuite des puits déjà remblayés, CESAME a en son temps calculé les différents débits sur la base de la formule de Darcy ; l'INERIS a revu ensuite ces chiffres à la hausse dans son étude présentée au COPIL.

Si pour Amélie 1, Amélie 2 et Max, ces chiffres peuvent être corrigés par la mesure effective des eaux observées au pied des puits, il n'en est pas de même pour les 11 puits restants du secteur ouest déjà remblayés.

De ce fait, les différents acteurs du dossier (STOCAMINE, INERIS, COPIL) ont bien senti le besoin de mieux connaître au moyen d'un sondage profond :

- le débit de fuite de ces puits par une reconnaissance de la quantité d'eau déjà accumulée dans un des points bas,
- l'évolution au fil des ans de ce niveau, pour affiner la prévision du nombre d'années que durera le remplissage.

La réalisation d'un sondage de reconnaissance est d'ailleurs l'une des conclusions du COPIL.

Il n'en reste pas moins que l'étude CESAME avait déjà montré que le secteur ouest disposait de *plusieurs points bas actuels*, provisoires, qui se rempliront progressivement et dont les niveaux se rejoindront selon une dynamique difficile à prévoir, dans la mesure où les débits qui les alimentent ne sont pas connus, mais dont l'aboutissement à plusieurs centaines d'années est l'arrivée dans les couches peu profondes de la zone de STOCAMINE.

Où donc effectuer ce forage de mesure du niveau d'eau?

La démarche de cette étude se propose d'examiner plus en détail le fond du secteur Ouest en identifiant ses bassins de remplissage avec leur puits sources et leurs points bas respectifs.

Elle apportera une attention particulière aux *communications* entre bassins de remplissage, de façon à dégager, sur l'hypothèse de débits choisis comme étant les plus probables, les scénarii de remplissage consécutifs des bassins, dont l'importance est déterminante pour le choix du point bas représentatif du niveau du secteur Ouest.

Elle ne se propose pas de décrire en détail le forage dont bon nombre de caractéristiques sont encore à préciser, mais tient compte des contraintes connues à ce jour, après discussion avec l'UTAM nord et quelques spécialistes de la profession.

2. Bassins de remplissage actuels et points bas

On distingue 6 bassins de remplissage donnant sur des points bas actuels, dont les noms (VL-PB1...) correspondent aux sigles historiques des différentes mines. Par ailleurs, on se référera utilement pour ce qui suit aux documents suivants:

- fig 1 : plan des bassins de remplissage et communications du secteur Ouest
- fig 2 : schéma simplifié des cotes de bassins, points bas et communications
- tableaux 3, 4, 5 : Points bas de l'exploitation du secteur Ouest, selon hypothèses CESAME (tab 3), INERIS (tab 4) et Débits exhaurés (tab 5)

Les points bas étudiés sont :

- pour la mine Ungersheim (VU), le point **VU-PB1** en bordure nord de la taille 312 CI du gisement d'Ungersheim, recueillant les eaux des puits Ungersheim 1 et 2
- pour la mine Bollwiller (VB), le point **VB-PB1** en bordure est de la taille 624 CI et de la taille ?? CS du gisement de Rodolphe, recueillant les eaux des puits Alex, Rodolphe 1 et 2
- pour la mine Marie Louise (VL), les points:
 - o **VL-PB1** en bordure Est de la taille 132 CS du gisement de Marie Louise, recueillant les eaux des puits Marie, Louise et Schoenensteinbach
 - o **VL-PB2** en bordure Est des tailles 122 CS et 413 CI des mêmes puits (les raisons de cette variante du point bas du versant VL seront expliquées plus bas)
- pour la mine Berrwiller (VR), le point **VR-PB1** en bordure Est de la taille 343 CI du gisement de Berrwiller, recueillant les eaux des puits Berrwiller et Staffelfelden
- pour la mine Max, exploitée par Amélie (VA), le point **VA-PB1** en bordure nord-est de la taille 831 CI du gisement de Max, recueillant les eaux du puits Max
- pour la mine Amélie hors gisement de Max (VA), le point **VA-PB2** en bordure nord-est de la taille 304 CI du gisement d'Amélie, recueillant les eaux du puits Amélie 1 et à partir de l'automne 2011, celles du puits Amélie 2.

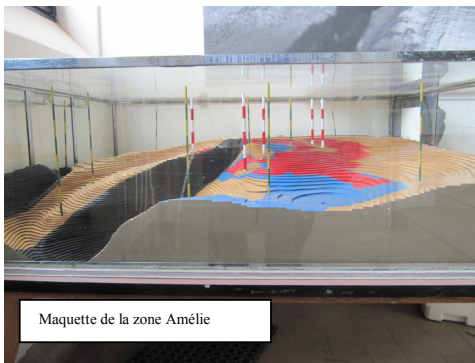
Remarques :

- a) Il est à noter d'emblée que cette étude se base principalement sur les anciens plans d'exploitation qui ont pu être retrouvés parmi les documents d'archive.



Maquette globale du secteur Ouest

Si les plans d'Amélie et de Marie Louise sont, sauf exception, au complet et correctement classés selon un référentiel à grande échelle indiquant les numéros de plans, il n'en est pas de même pour VB (Bollwiller), exploitée depuis les puits Alex, Rodolphe 1 et 2. Les plans sont dispersés, mélangés avec ceux du secteur Est, la plupart ont bien un numéro mais ne comportent pas de repère de la division d'exploitation concernée. Ainsi, le plan de la CS du point bas de VB n'a pas pu être retrouvé, alors que la CS est déclarée exploitée sur le plan en fig 1. Un travail complémentaire de repérage et de classement des plans de VB et des mines du secteur Est serait souhaitable.



Maquette de la zone Amélie

b) Il aurait été intéressant de représenter en 3D le fond d'exploitation du secteur ouest, bien que cela demanderait une somme appréciable de travail. Cette représentation n'existe pas actuellement sur AUTOCAD, mais KALIVIE a récupéré 3 maquettes représentant le profil du gisement, dont une, très complète, du secteur Ouest, qui peut le cas échéant faciliter la vision des différents versants et points bas, ainsi qu'une autre, plus limitée mais de grande qualité, du secteur d'Amélie.

- c) Dans les différents tableaux et figures utilisés, les puits de Joseph et d'Else n'ont pas été représentés, étant les plus élevés du bassin; d'une part, leur débit de fuite, s'il existe, n'inondera que partiellement STOCAMINE et s'additionnera à partir d'une certaine date à ceux des puits d'Amélie 1 et Amélie 2; d'autre part, leur mode d'étanchéification n'a pas encore été décidé, celui-ci devant sensiblement différer de celui des puits déjà rebouchés en visant une étanchéité sensiblement supérieure...

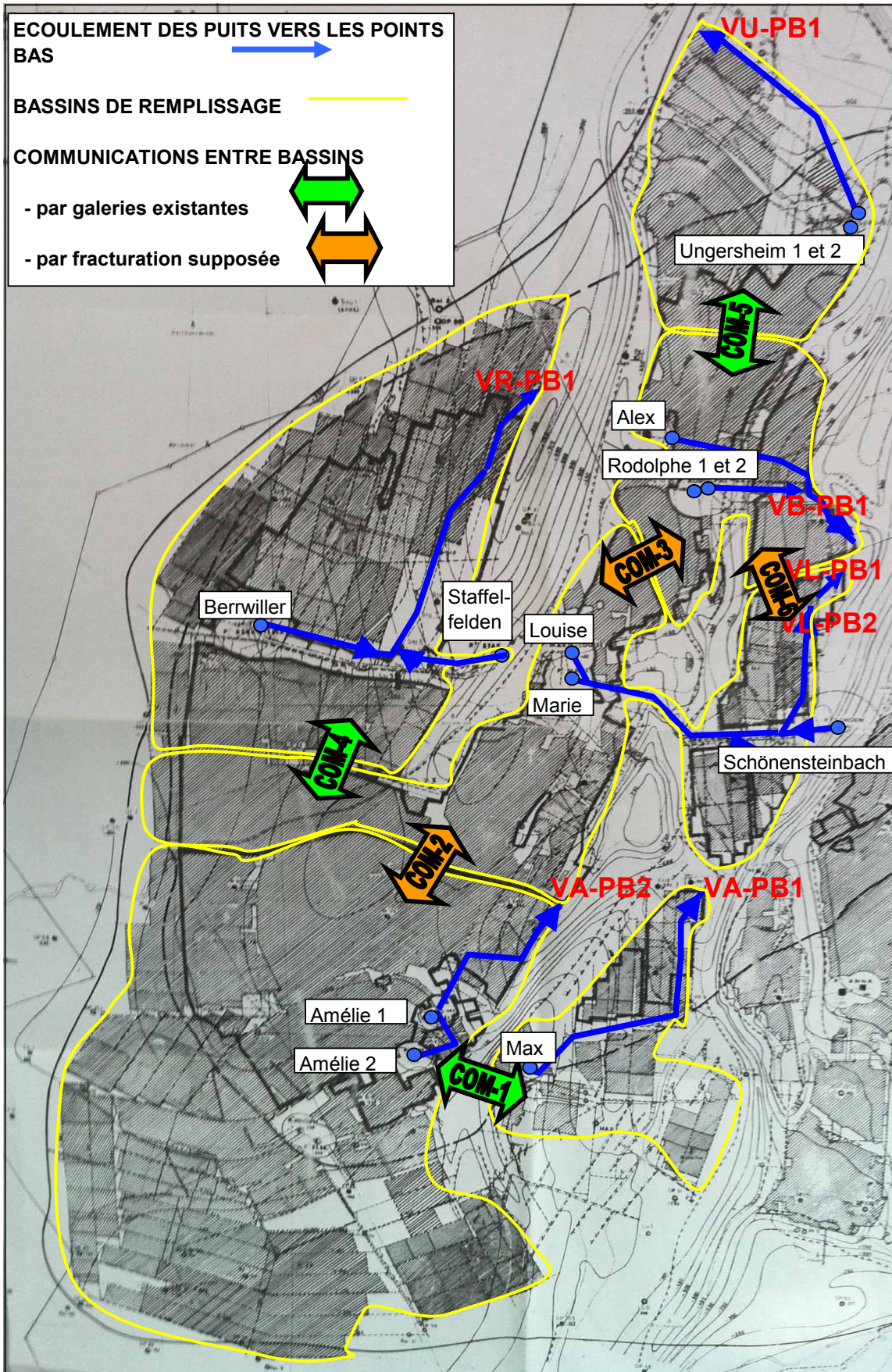
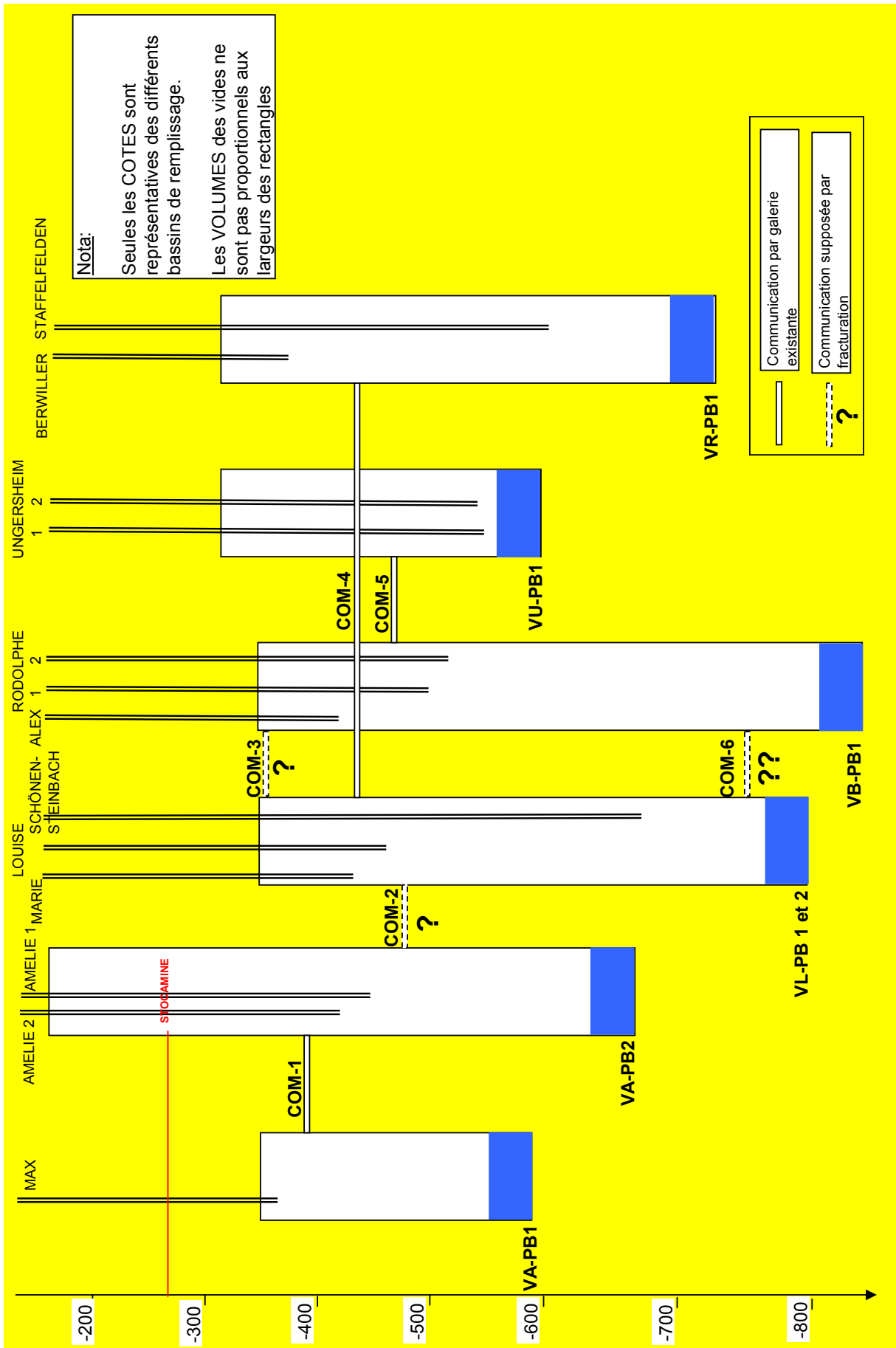


Fig 1 - Plan des bassins de remplissage et communications du secteur Ouest



POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses CESAME (Darcy)

Bassins versant des puits	Années depuis remblai	Débit CESAME m3/mois	Cumul puits m3	Total au pt bas m3	Repère Pt bas	Cote pt bas m	Prof sond m	Taille foudr	Couche foudr	Année du foudr	Années depuis foudroy.	Commune concernée	Zone en surface
Ungersheim 1	13	199	31 044										
Ungersheim 2	13	253	39 468	70 512	VU-PB1	- 600	824	T 321	CI	1993	18	Raedersheim	Champs
Alex	17	35	7 140										
Rodolphe 2	16	239	45 888										
Rodolphe 1	16	150	28 800	81 828	VB-PB1	- 830	1 065	T 624	CI	1972	39	Pulversheim	Champs
Louise	12	116	16 704										
Marie	12	108	15 552										
Schönensteinbach	13	222	34 632	66 888	VL-PB1 VL-PB2	- 800 - 770	1035 1005	T 132 T122/413	CS CS-CI	1983 1987	28 24	Pulversheim Pulversheim	Champs Champs
Staffelfelden	9	118	12 744										
Berrwiller	9	223	24 084	36 828	VR-PB1	- 770	1 005	T 343	CI	1994	17	Bollwiller	Champs
Max	7	27	2 268	2 268	VA-PB1	- 590	846	T 831	CS-CI	1990	21	Wittenheim	Forêt-clairière
Amélie 1	4	45	4 960										
Amélie 2	3	31	0	4 960	VA-PB2	- 670	931	T 304	CS-CI	1980	31	Wittelsheim	Forêt

1766

Tab 3-POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses CESAME

POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses INERIS

Bassins versant des puits	Années depuis remblai	Débit INERIS m3/mois	Cumul puits m3	Total au pt bas m3	Repère Pt bas	Cote pt bas m	Prof sond m	Taille foudr	Couche foudr	Année du foudr	Années depuis foudroy.	Commune concernée	Zone en surface
Ungersheim 1	13	534	83 304										
Ungersheim 2	13	681	106 236	189 540	VU-PB1	- 600	824	T 321	CI	1993	18	Raedersheim	Champs
Alex	17	95	19 380										
Rodolphe 2	16	644	123 648										
Rodolphe 1	16	402	77 184	220 212	VB-PB1	- 830	1 065	T 624	CI	1972	39	Pulversheim	Champs
Louise	12	312	44 928										
Marie	12	292	42 048										
Schönensteinbach	13	522	81 432	168 408	VL-PB1 VL-PB2	- 800 - 770	1035 1005	T 132 T122/413	CS CS-CI	1983 1987	28 24	Pulversheim Pulversheim	Champs Champs
Staffelfelden	9	318	34 344										
Berrwiller	9	608	65 664	100 008	VR-PB1	- 770	1 005	T 343	CI	1994	17	Bollwiller	Champs
Max	7	75	6 300	6 300	VA-PB1	- 590	846	T 831	CS-CI	1990	21	Wittenheim	Forêt-clairière
Amélie 1	4	122	4 960										
Amélie 2	3	82	0	4 960	VA-PB2	- 670	931	T 304	CS-CI	1980	31	Wittelsheim	Forêt
4687													

Tab 4-POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses INERIS

POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses eau exhaurée

Bassins versant des puits	Années depuis remblai	Débit exhauré m3/mois	Cumul puits m3	Total au pt bas m3	Repère Pt bas	Cote pt bas m	Prof sond m	Taille foudr	Couche foudr	Année du foudr	Années depuis foudroy.	Commune concernée	Zone en surface
Ungersheim 1	13	5	780										
Ungersheim 2	13	213	33 228	34 008	VU-PB1	- 600	824	T 321	CI	1993	18	Raetersheim	Champs
Alex	17	610	124 440										
Rodolphe 2	16	5	960										
Rodolphe 1	16	259	49 728	175 128	VB-PB1	- 830	1 065	T 624	CI	1972	39	Pulversheim	Champs
Louise	12	762	109 728										
Marie	12	152	21 888										
Schönensteinbach	13	762	118 872	250 488	VL-PB1 VL-PB2	- 800 - 770	1035 1005	T 132 T122/413	CS CS-CI	1983 1987	28 24	Pulversheim Pulversheim	Champs Champs
Staffelfelden	9	183	19 764										
Berrwiller	9	183	19 764	39 528	VR-PB1	- 770	1 005	T 343	CI	1994	17	Bollwiller	Champs
Max	7	25	2 100	2 100	VA-PB1	- 590	846	T 831	CS-CI	1990	21	Wittenheim	Forêt-clairié
Amélie 1	4	140	4 960										
Amélie 2	3	98	0	4 960	VA-PB2	- 670	931	T 304	CS-CI	1980	31	Wittelsheim	Forêt

3397

Tab 5 - POINTS BAS DE L'EXPLOITATION DU SECTEUR OUEST - Hypothèses eau exhaurée

3. Communications entre bassins de remplissage

On pourra considérer dans un souci de simplification la représentation de la fig 2 des bassins de remplissage, de façon à visualiser non seulement les points bas, mais aussi *les communications réelles ou supposées entre ces bassins*.

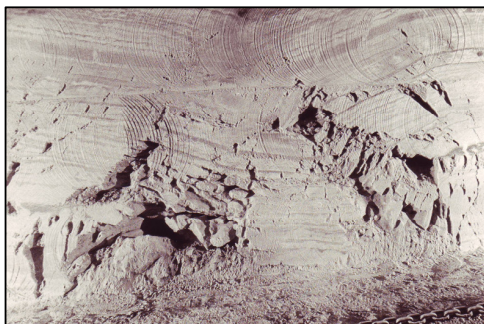
En effet, dans l'étude de CESAME, des simplifications notoires, avaient été faites sur les communications au sein du secteur ouest, s'agissant de la montée globale des eaux. Cependant, dans l'hypothèse du choix du meilleur sondage, il apparaît bon de s'intéresser plus en détail à la forme de ces communications :

- galeries de liaison existantes ou
- fracturations entre galeries disjointes dues aux cloches de foudroyage

Mais il faut aussi prendre en considération leurs âges.

Galeries de liaison

Ces galeries sont repérées sur les plans au 1/1000^e là où elles existent. On peut quand même se poser la question : est-on certain que la déformation de ces galeries au fil du temps permettra dans tous les cas le passage de l'eau ?



La photo ci-contre (source non précisée) montre ce qui reste d'une voie double coupée par une taille plus de 20 ans après. Même si le temps a réduit le vide initial à moins de 10% de sa valeur, il reste des vides créés par le feuilletage des blocs désolidarisés du toit ou des parements. Comment va évoluer ce vide déjà très faible après 1 siècle ou plus ? Risque-t-on tout au moins une obturation ponctuelle qui s'opposerait au passage de l'eau, même sous une certaine pression ?

Même si ce point mérite une certaine réflexion, rejoignant celle concernant les cloches de foudroyage évoquées plus bas, ***on admettra dans la suite de cette description des communications par galeries de liaison que celles-ci resteront effectives***, étant situées pour la plus profonde à la cote -480 (COM-5 entre Ungersheim et Rodolphe).

Piliers fracturés

Il a été admis que les cloches de foudroyages de deux exploitations voisines séparées par un pilier "*étroit*", provoquaient une fissuration telle qu'une communication entre elles était inévitable (cas en particulier de la frontière entre Amélie et Marie Louise). On voit tout de suite l'ambiguïté de cette notion de pilier étroit; quelle est sa taille critique ?

Dans l'enjeu qui nous occupe, il ne s'agit pas de perméabilité graduée en 10^{-x} , mais de "tout ou rien"; autrement dit, même sous faible débit, l'eau passera-t-elle ou non d'un bassin de remplissage à l'autre ?

Deux notions de phénomènes antagonistes s'affrontent, sans doute sur des durées inégales :

- la fracturation, due à l'effet de pilier de surcontrainte, provoquant *l'apparition des fissures ou fentes* dans les massifs affectés par ces cloches de foudroyage, fentes sans doute millimétriques quant à leur épaisseur
- *l'évolution de ces fissures dans le temps*, dont l'idée développée par l'INERIS est la *refermeture inexorable* au bout "d'un certain nombre d'années" par viscoplasticité du sel; M GHOREYCHI dans cette hypothèse, reconnaît que ce phénomène n'est pas à prendre en considération pour des périodes de temps assimilable à une vie d'exploitation, donc non observable. On verra plus loin que les durées relativement longues au bout desquelles ces communications devraient jouer leur rôle justifient, si l'hypothèse de viscoplasticité est exacte, de se poser quand même la question sur le maintien de la fracturation résiduelle à *ce moment-là...*

En examinant la stratification des couches concernées par les piliers, on rencontre du KCl et du NaCl, dont l'évolution des fissures obéit peut-être à l'idée ci-dessus. Reste le cas des marnes non anhydritiques (les marnes "tendres") qui sont spongieuses, véhiculent traditionnellement l'eau et le méthane dans le gisement et qui, sauf indication contraire, n'obéiraient pas à cette loi de refermeture viscoplastique.

En CI, il y a dans la couche laissée dans le pilier des passées de marnes tendres qui pourraient être ces canaux préférentiels de passage d'eau, d'autant que l'écrasement du pilier provoque, outre des fissurations verticales plus ou moins régulièrement espacées, une extrusion horizontale de la couche sur une profondeur qui n'est pas connue avec précision, mais qui s'effectue le long d'un plan de glissement constitué par les passées de résistance mécanique les plus faibles.

En CS, la couche est plus riche en KCl et NaCl, avec moins de passées marneuses, ce qui favoriserait moins ces communications...

Enfin, il n'est pas inutile de se poser la question de la *recristallisation possible de l'eau*. L'eau venant des puits descend vers les points bas avec une solubilité en sel qui augmente avec la température, donc avec la profondeur. Le niveau de cette eau est appelé à remonter au fil du temps. Sauf si nous avons l'assurance que l'eau venant des puits va directement au plan d'eau, n'y a-t-il pas risque que de l'eau venant du puits repousse de l'eau chaude venant du bas par siphon de galeries et que cette eau se recristallise en se refroidissant, obturant ainsi les fissures nécessaires à son passage à travers un massif ?

Ces points, en plus de la taille critique du stot, pourraient faire l'objet d'études complémentaires, l'enjeu étant bien de savoir si un pilier fracturé de largeur donnée, à une profondeur donnée, constitue ou non un maintien ouvert entre bassins de remplissage...

Les communications qui nous intéressent entre les différents bassins de remplissage sont au nombre de 6, 3 d'entre elles le sont par des galeries existantes et les 3 autres par des fracturations supposées de piliers.

Communications par galeries existantes:

- COM-1 entre Max et Amélie 1 et 2 : le secteur de Max communique par plusieurs galeries avec le secteur d'Amélie. Il est séparé du gisement d'Amélie coté ouest par la faille de Max, large de près de 300 m. C'est là que se trouvent les liaisons les plus anciennes entre les deux puits. COM-1 est *la liaison la plus profonde, le col par où s'effectuerait un débordement vers ou depuis le bassin d'Amélie*, en l'occurrence **le TB B**, galerie cintrée en partie traversant la faille de Max et datant de 1956, dégradée dans ses parties non cintrées, mais parcourue aujourd'hui encore par un courant d'air de 6 m³/s, donc ouverte. Cette liaison est à la cote -397, donc "moyennement profonde"; on y constate des décrochements de toit, mais pas de convergence rapide comme dans les voies à des cotes > 600. Les autres liaisons se font à la cote - 280 par trois TB datant de la décennie 1970 (tous ouverts), et à -232 par la toute première galerie de communication creusée dans la décennie 1920 (non accessible). Une liaison vers le sud du gisement d'Amélie (décennie 1970) existe également, mais elle est uniformément montante, traverse la faille de Max à l'endroit de sa naissance (largeur env. 60 m) et, aboutissant dans le gisement d'Amélie à une cote déjà plus élevée que STOCAMINE en contournant ce dernier, elle ne sera pas prise en considération pour ce qui suit.
- COM-5 entre Ungersheim et Rodolphe : là encore existe un réseau de galeries, toutes très anciennes puisque le champ d'Ungersheim a été exploité à partir de Rodolphe. La profondeur de ces galeries de liaison est en moyenne à la cote -480; il faudrait décortiquer davantage les plans pour trouver la plus profonde; leur date de creusement ne sont pas toutes indiquées, mais on peut les situer vers la décennie 1950; le gisement étant continu entre les deux puits (donc sans nécessité de TB), ces voies sont a priori non cintrées. En toute logique, quel que soit le bassin de remplissage arrivant le premier à cette cote, d'Ungersheim ou de Rodolphe, **il existe au moins deux liaisons** entre les deux bassins.
- COM-4 entre Berrwiller et Marie Louise : la forme en L inversé de l'exploitation sud ouest de Marie Louise s'explique par l'existence d'une faille à l'ouest des puits Marie et Louise qui s'amenuise, puis disparaît vers le sud et a permis, à partir de voies de roulage au niveau datant de 1957, d'exploiter toute cette partie du gisement au sud de la naissance de la faille, depuis Marie Louise. Lorsque la partie ouest de la faille a été mise en exploitation à partir de 1972 par les puits Berrwiller et Staff, sa partie extrême sud (Q 27 en CS, 1974 et Q 19 en CI, 1980) a débuté en se superposant aux voies de roulage ci-dessus dont la protection par stot devenait inutile, et l'on voit clairement sur le plan au 1/1000^e VL5A **trois liaisons en CS et une liaison en CI** datant des années d'exploitation récentes ci-dessus.

Communications par fracturation supposée des terrains :

- COM-2 entre Amélie et Marie-Louise : La frontière entre Amélie et Marie Louise s'étend d'est en ouest sur 4,8 km, avec un stot de 20 m supposé exister entre les deux concessions; en examinant les plans au 1/1000^e, on découvre qu'il n'en est rien et qu'en plusieurs endroits cette distance est beaucoup plus faible (exemples de rétrécissement communiqués à l'INERIS et mentionnés dans son étude hydrogéologique d'ennoyage); le point bas des deux exploitations étant à l'est, il convient d'examiner cette frontière depuis le point bas VA-PB2 en remontant vers l'ouest pour rencontrer le ou les premiers points faibles. En CI, on constate sur les 800 premiers mètres de frontière depuis VA-PB2 un stot moyen de l'ordre de 30 m, descendant à 25 m en un endroit. Par contre, en CS, ce stot est *mince*, d'épaisseur moyenne 10 m; en outre, sur cette première distance, on compte 3 points singuliers éloignés de VA-PB2 de 460 m (4 m de stot – cote -525), 620 m (4 m de stot, cote -480) et enfin 790 m (une voie de VA, sauf si un voile a été laissé, *perce dans la voie de VL*- cote -445). Ces voies ont été creusées respectivement en 1955 pour la CS coté VL et en 1958 coté VA. **La communication est très probable.** La quantité d'eau stockable depuis VA-PB2 jusqu'au point à 620 m, qui sera évoquée par la suite (10 % de vide sur 4 m (CI + CS) donne sur la surface concernée de l'ordre de 480 000 m³.
- COM3 entre Marie Louise et Bollwiller (Rodolphe 1,2 et Alex): la frontière entre les deux concessions présente *deux zones distinctes* aux caractéristiques très différentes. La plus ancienne se situe au NE du gisement de Marie Louise; elle sépare les deux concessions sur une ligne orientée NW-SE de 1 km où le stot en CS, tout du long, est de l'ordre de 10 m, *avec un point particulier à 6 m*; il n'y a pas de percement de galerie représenté. Le point faible est à la cote de -329, à 120 m de son extrémité NW; les galeries du coté VL datent de 1937, celles du coté VB n'ont pas été retrouvées. **La communication est probable.** Il resterait cependant à vérifier la frontière au niveau CI (seul celui de VB a été retrouvé)
- COM6 entre Marie Louise et Bollwiller (Rodolphe 1,2 et Alex) :l'autre frontière, plus récente quant à son exploitation, est située à plus grande profondeur, à l'est des 2 concessions, orientée SW-NE sur 1150 m; alors que l'exploitation coté VB (1972) s'est faite en longeant strictement la frontière et en restant à environ 2 m de celle-ci, l'exploitation coté VL (1983 à 1987 pour la CS, 1991 pour la CI) s'est faite en laissant un stot honorable, peut-être par crainte d'une invasion d'eau en cas de percement dans ce qui était le point bas du secteur ouest. De ce fait la distance la plus faible est de 25 m dans la taille la plus basse, (T 132 en CS, qui est d'ailleurs le point bas VL-PB1, cote -763); la taille située immédiatement en amont (T 413 en CI, point bas VL-PB2) présente quant à elle un *éloignement ponctuel de 13 m* (cote-735). **La communication semble peu probable.**

En résumé, les caractéristiques des communications se retrouvent dans le tableau ci-dessous.

COMMUNICATIONS ENTRE BASSINS DE REMPLISSAGE

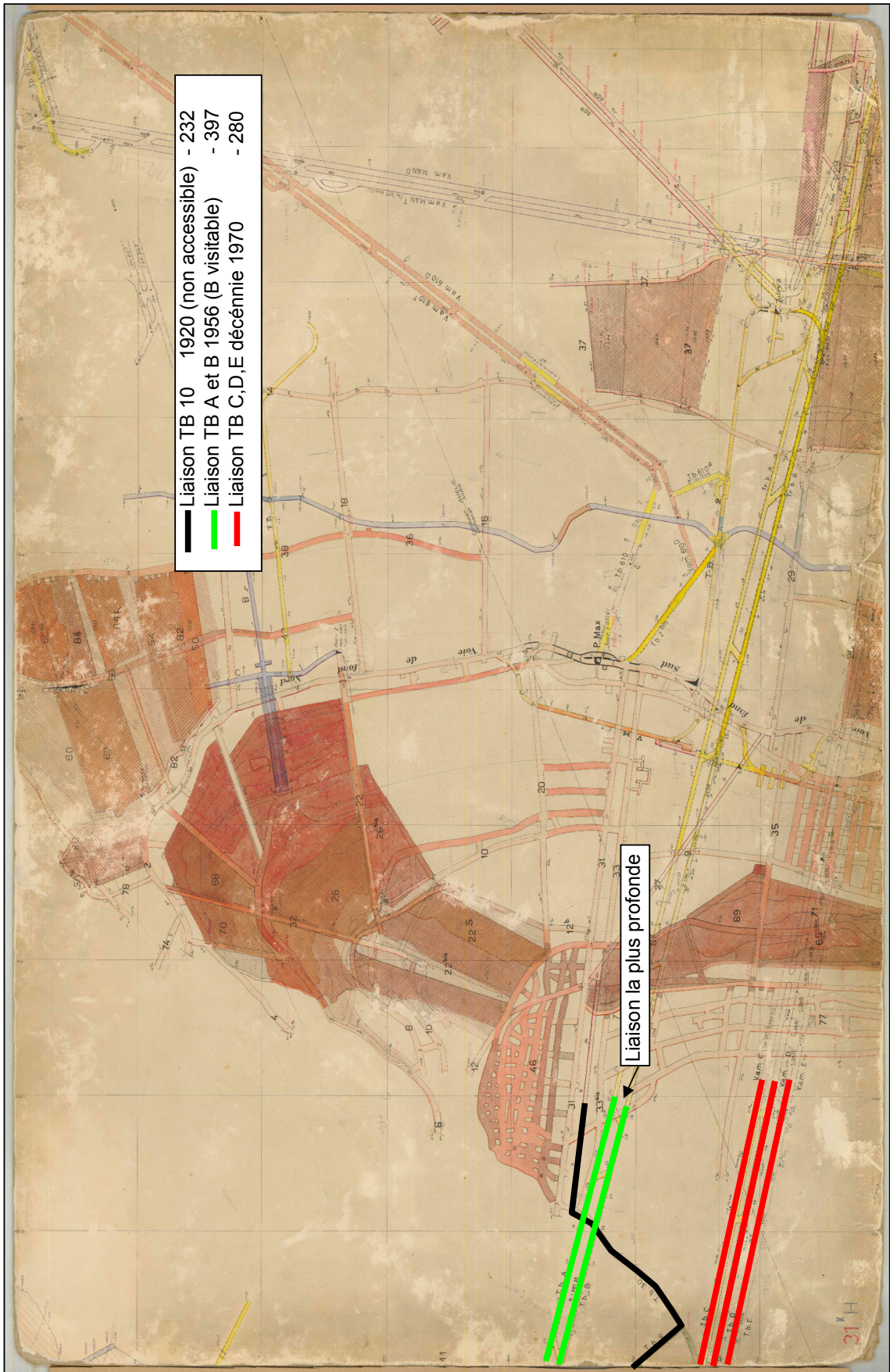
Communication	Entre	et	Nature	Cote	Date	Avis sur la liaison
COM-1	Max	Amélie	Galeries	-397	1956	Assurée
COM-2	Amélie	Marie Louise	Fracturation	-525 à -445	1955	Très probable
COM-3	Marie Louise	Bollwiller NW	Fracturation	-329	1937	Probable
COM-6	Marie Louise	Bollwiller SE	Fracturation	-763 à -735	1991	Peu probable
COM-4	Marie Louise	Berrwiller	Galeries	-450	1980	Assurée
COM-5	Bollwiller	Ungersheim	Galeries	-480	1950	Assurée

On peut en déduire ce qui suit, informations forcément limitées, pour les scénarii dynamiques de remplissage; les hypothèses prises sont les débits des puits avant fermeture et les volumes des bassins de remplissage repris dans l'étude INERIS, avec l'exception du bassin de VR, curieusement associé avec celui de Schoenensteinbach dans cette étude (p.46).

- Max va stocker pendant un temps très long > 700 ans (0,22 Mm³ à 0,8 m³/j) et le niveau global du secteur Ouest s'y déversera et non l'inverse
- Amélie va stocker de l'eau pendant environ 160 ans, c'est-à-dire jusqu'au troisième point faible du stot (0,484 Mm³ à 7,6 m³/j), avant de se déverser dans Marie Louise
- Berrwiller va stocker pendant 770 ans (3,4 Mm³ à 12 m³/j)
- Ungersheim pourrait stocker seul pendant 350 ans (0,26 Mm³ à 2 m³/j) mais...
- Bollwiller va stocker pendant 247 ans (2,58 Mm³ à 28 m³/j) et commencera à se déverser dans Ungersheim, puis le niveau des 2 bassins montera en vase communiquant
- Marie Louise enfin, qui a un temps de stockage "seul" de 360 ans (7,22 Mm³ à 55 m³/j), commencera à recevoir d'abord l'eau d'Amélie au bout de 160 ans; sa montée en eau s'accélérera et ré-atteindra en premier la cote de communication avec Amélie, dont le bassin recommencera à s'élever au dessus de la cote de leur communication; puis lorsque cette cote atteindra COM-4, ce niveau se stabilisera car l'eau se déversera dans le bassin de Berrwiller qu'elle devra remplir préalablement; il est difficile à ce stade de dire si les eaux de Bollwiller-Ungersheim arriveront les premières à la cote de COM-3 ou celles de Marie-Louise, avant que le niveau ne continue à remonter dans Amélie, en direction de STOCAMINE.

Il est sûr que sur la base de différents débits supposés, *une modélisation plus poussée* permettrait d'affiner d'avantage ces scénarii, en tenant compte de la rétractation des vides miniers et des différents compartiments évoqués mais serait encore entachée d'incertitudes. Il appartient à notre expert de se prononcer sur cette question.

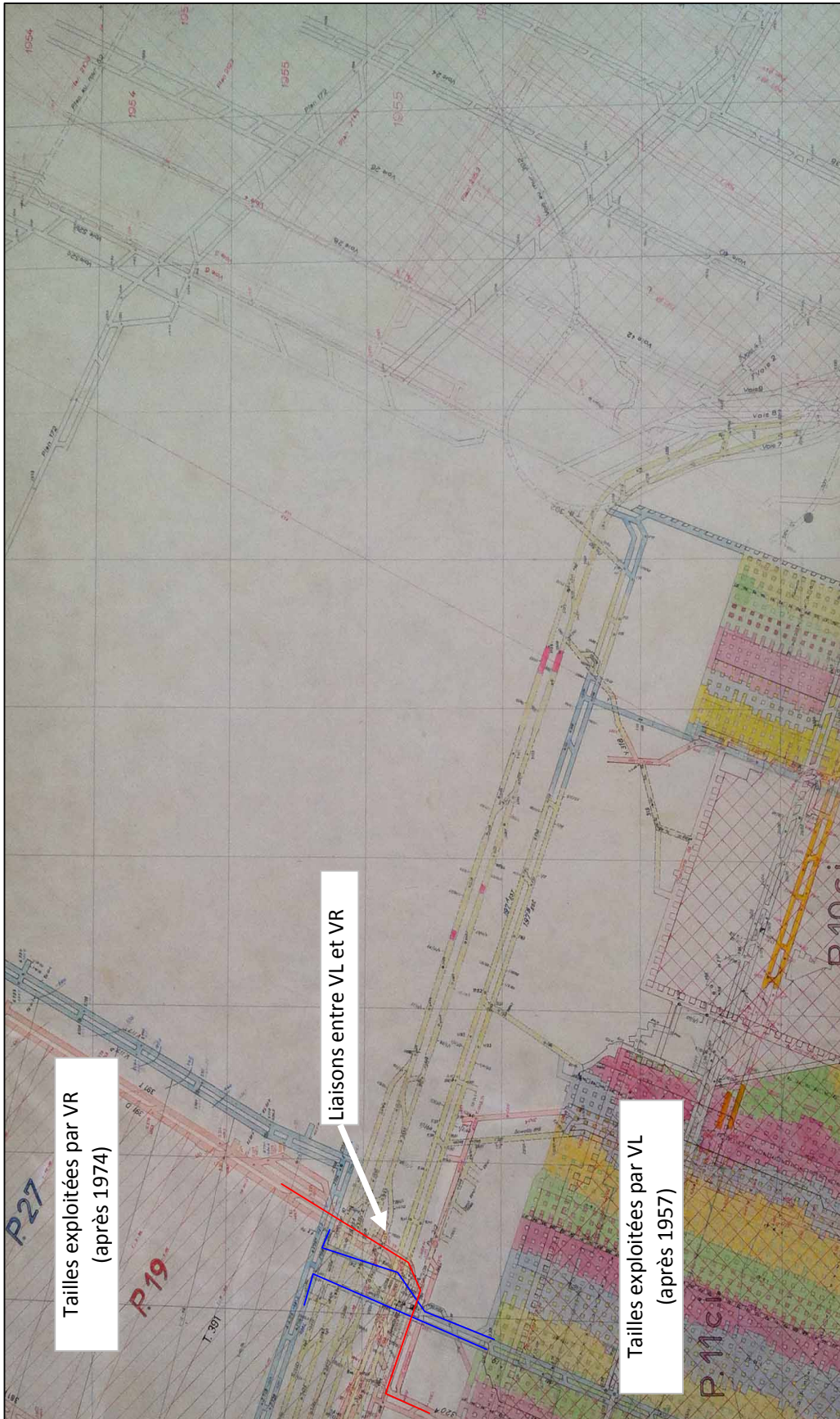
Cependant, au-delà des imprécisions évoquées, il se dégage malgré tout **le rôle de Marie Louise comme bassin de remplissage "moteur"** en matière de niveau montant, concurrencé dans un degré moindre par Bollwiller, les débits choisis pour les puits faisant toute la différence. De ce fait, ce bassin de remplissage avec ses deux points bas mentionné attirera toute notre attention, même si cette étude se veut de décrire l'ensemble des points bas, dont certains présentent eux aussi des caractéristiques intéressantes.



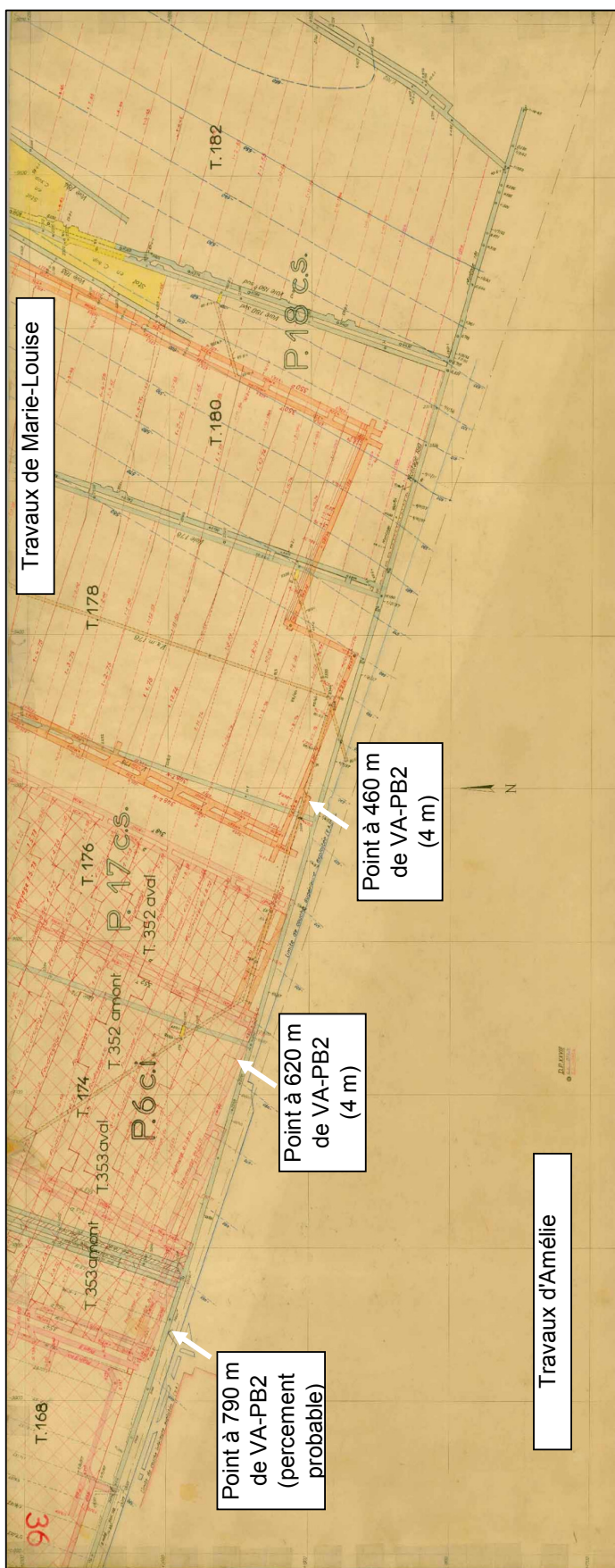
COM 1 entre Max et Amélie 1 et 2



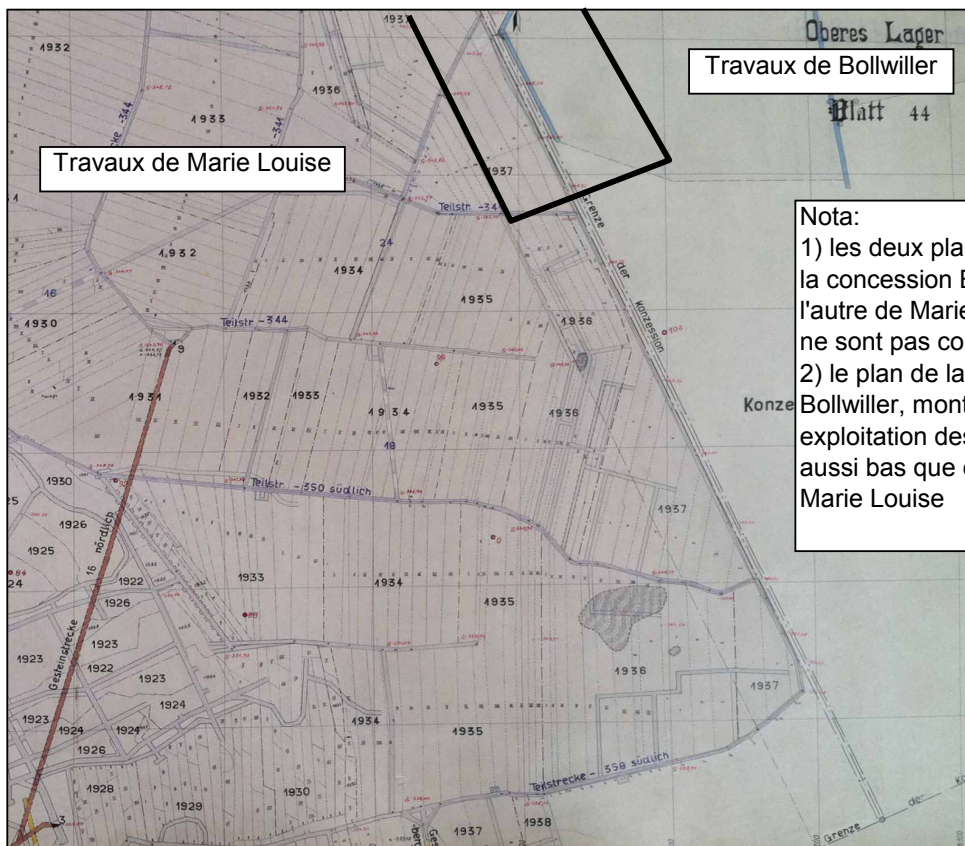
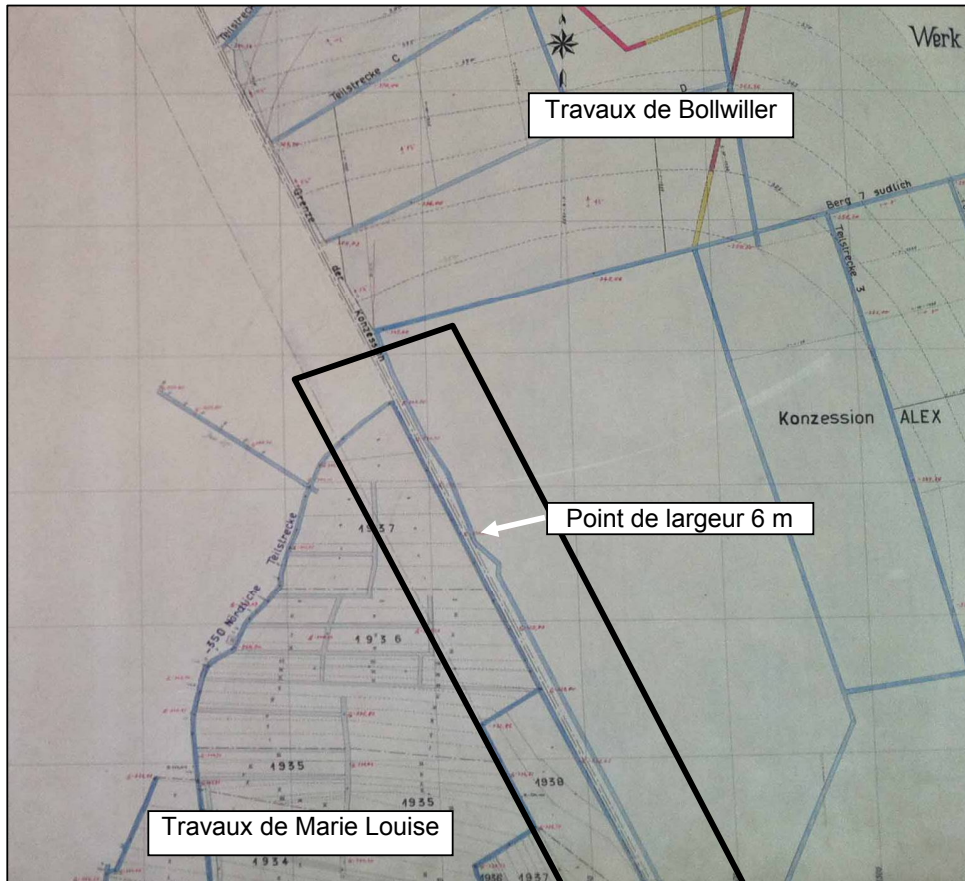
COM 5 entre Bollwiller et Ungersheim



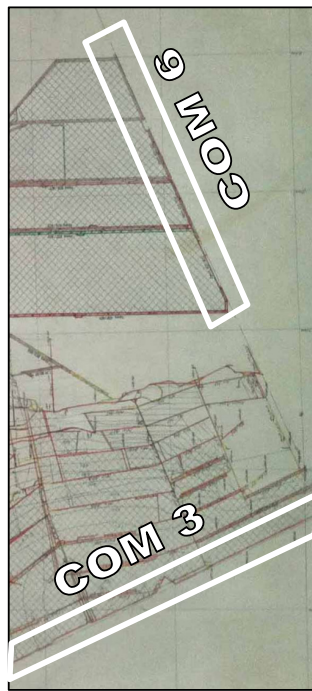
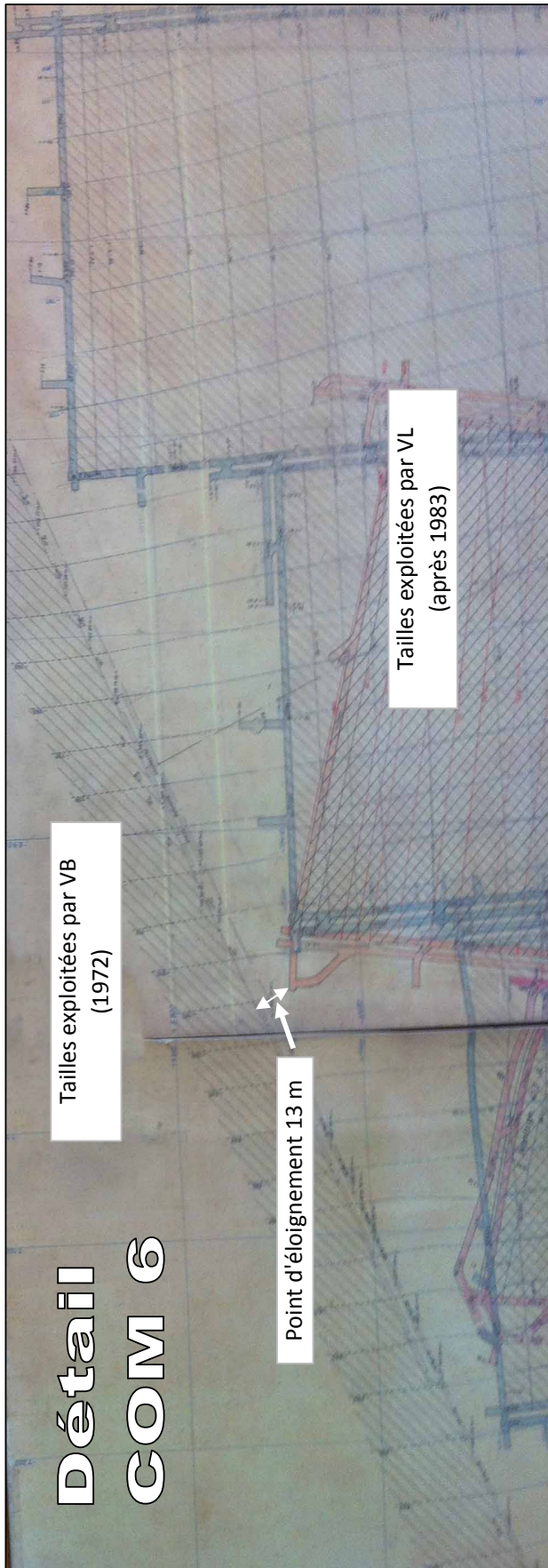
COM 4 entre Marie Louise et Berrwiller



COM 2 entre Amélie et Marie Louise



COM 3 entre Marie Louise et Bollwiller



COM 6 entre Marie Louise et Bollwiller

4. Critères de choix du site le plus approprié pour un sondage

Dans l'hypothèse a priori de ne choisir *qu'un seul* endroit de forage, que nous prendrons pour postulat de départ, il apparaît indispensable, au regard du coût (en première approche supérieur à 1 M€) et surtout de l'enjeu, à savoir la connaissance de la montée des eaux, de mieux connaître les caractéristiques des différents points bas pour être certain de "viser juste" au sens propre et figuré. Aussi cette étude intègre-t-elle les informations recueillies auprès de différentes personnes ayant connu les puits et leurs débits, les zones de points bas quand cela a été possible, ainsi que de professionnels du sondage.

Ainsi, il est certain que les contraintes déjà connues d'un sondage (dispersion de +/- 15 m à 1000 m de profondeur, J SILLARD, société SADE 08/2011), précision de l'emplacement du sondage en surface par rapport aux coordonnées du fond, interdisent de vouloir atteindre à tout prix *le vrai point bas qui est la galerie de bordure de taille*, de peur de dévier vers le massif vierge, réduisant à néant les informations attendues du sondage.

Des contacts déjà pris avec l'UTAM du Nord Pas de Calais (BRGM), qui a fait réaliser 6 sondages de reconnaissance des eaux, ont montré que le choix d'un point de visée devait être délibérément *la zone foudroyée* d'une taille, en localisant soigneusement le forage pour s'éloigner suffisamment du massif vierge, ayant intégré les différentes incertitudes ci-dessus.

La société SADE, contactée jusqu'à présent à titre de conseil, mais qui a réalisé ces 6 sondages, estime qu'outre les précautions habituelles d'un sondage de ce type :

- foration de la zone phréatique traversée avec boue neutre, puis cimentation d'étanchéité
- foration avec injection de boue salée saturée jusqu'au début de la cloche de foudroyage, puis tubage,

il conviendrait de prévoir un carottage de reconnaissance des terrains traversés à l'approche de celle-ci, puis de continuer au marteau fond de trou dans la zone de couches désolidarisées, puis de blocs fracturés, jusqu'à trouver l'eau. Le fait de traverser une deuxième cloche de foudroyage si les deux couches ont été exploitées risque de faire dévier l'outil et demande une certaine réflexion.

Par ailleurs, il va de soi que l'emplacement en surface d'un sondage, dont l'intendance d'implantation requiert une surface minimale de 40 x 40 m, doit se trouver *de préférence dans une zone non urbanisée* permettant ce travail, avec achat final au propriétaire de la surface de l'orifice de sondage et une servitude d'accès non limitée dans le temps.

Une solution d'implantation pourra facilement se trouver en tenant compte des points évoqués plus haut et le fait de mettre en place un dispositif de contrôle de la remontée des eaux ne peut qu'être bénéfique au suivi ultérieur de la remontée des eaux, pas seulement au titre de StocaMine mais aussi au titre du suivi de la

remontée des eaux dans le secteur ouest. Le choix du site de ce sondage devra aussi intégrer les aspects suivants :

- a) une *représentativité effective* de la montée des eaux du secteur ouest
- b) le souci de déboucher sur de *l'eau déjà présente*, ne serait-ce que pour valider la réussite du sondage
- pour ce faire,
 - o c) la contrainte de rencontrer *des vides effectifs de foudroyage non refermés*, de façon à être (immanquablement ?) en communication avec la masse d'eau présente dans la zone
 - o d) le débit de fuite estimé des puits concernés *le plus important possible* pour que suffisamment d'eau se soit accumulée
- e) les contraintes de surface déjà évoquées.

Le point c) mérite une attention particulière : en effet, l'on se trouve face à des points *plus ou moins profonds, plus ou moins anciens depuis leur foudroyage* et de *période d'accumulation d'eau plus ou moins longue*. Si comme on l'admet, la fermeture des vides du foudroyage augmente avec la profondeur (pression des bancs encaissants) ET avec le temps qui s'est écoulé depuis le foudroyage, faut-il craindre (point déjà évoqué ci-dessus) *une compaction des blocs initialement cassés dans le foudroyage* pouvant gêner, voire à la limite s'opposer au passage de l'eau, même sous une certaine pression ?

A première vue, l'entassement des blocs d'un foudroyage, épars par définition, laisse des angles, des creux qui devraient garantir des vides ou tout au moins des fissures par où l'eau peut circuler. Cependant, pour certains points bas, la refermeture de ces vides ou fissures à grande profondeur (> 1000 m) et plus de 30 ans après l'exploitation est-elle entamée et est-elle effective au point *de s'opposer, à l'extrême, à un passage d'eau ?*

Si tel est le cas, cela militerait sans doute, paradoxe gênant, à faire un sondage de reconnaissance *moins profond* et dans *une cloche de foudroyage plus jeune...*, bref le contraire d'une connaissance de la montée des eaux depuis le *fond* du gisement !

Notre expert devra s'exprimer sur la refermeture par effet viscoplastique : peut-elle intervenir aussi tôt (moins d'un siècle après exploitation) et ne doit-elle pas être prise en considération pour ce qui est de constituer un danger d'obturation, contrairement aux craintes exprimées plus tôt dans le cas des piliers (plusieurs siècles).

De la même manière, il y a lieu de considérer le fait qu'un sondage traversera *un* ou *deux* foudroyages; les tableaux 3 à 5 mentionnent l'exploitation aux points bas considérés *de la seule CI* (cas de 3 points bas), *de la CS au préalable* (cas de 3 autres points bas), ou *de la seule CS* (cas d'un point bas).

Le vide initial créé en CS est de l'ordre de 1,20 m, tandis qu'il est de l'ordre de 3 à 4 m en CI. De ce fait *la hauteur des bancs fracturés du toit s'effondrant au moment du foudroyage n'est pas la même*, même si celle-ci n'est pas proportionnelle à la hauteur de la couche havée (que ce soit par havage intégral ou par chambres et piliers).

Il semble logique de ce fait de considérer qu'un sondage traversant la CI et à plus forte raison la CS, puis la CI, aura de plus fortes chances de rencontrer des vides résiduels que le sondage ne rencontrant que le foudroyage de la CS.

C'est cette considération qui a amené à considérer *deux variantes* pour le point bas des puits Marie, Louise et Schoenensteinbach. Ainsi le point VL-PB1 est *le vrai point bas de la zone* (1035 m) mais il ne traverse que la CS. Le point VL-PB2 voisin est moins profond (1005 m) mais *traverse les deux foudroyages*. Là aussi, l'intérêt de considérer cet avantage mérite discussion avec l'INERIS.

Le chapitre suivant se propose de décrire ces différents points bas selon ces critères.

5. Description des différents points bas

La localisation en surface des différents points bas a été faite pour quatre d'entre eux par l'utilisation d'un schéma AUTOCAD représentant les infrastructures routières et urbaines de surface avec en surimpression les contours des travaux du fond des puits :

- Berrwiller et Staffelfelden
- Louise, Marie et Schoenensteinbach
- Amélie 1, Amélie 2 et Max

On peut considérer que ce travail effectué par la cellule des géomètres des MDPA nous donne une localisation des vieux travaux avec une précision inférieure à 10 m.

En ce qui concerne les autres puits, Ungersheim 1 et 2 n'apparaissant pas sur le schéma AUTOCAD, l'emplacement du point bas a été établi par triangulation sur un extrait Google Earth de la zone en prenant comme repères les puits Rodolphe 2 et Ungersheim 1.

Quant au point bas de Alex, Rodolphe 1 et 2, sa proximité avec celui des puits Marie, Louise et Schoenensteinbach a permis une triangulation rapprochée sur la commune concernée.

Il conviendra néanmoins, une fois le choix du point bas effectué, de faire déterminer par un géomètre professionnel l'emplacement exact du point de forage (transformation des coordonnées Alsace-Lorraine en coordonnées Lambert, puis arpentage en surface depuis points géomètres existants). Celui-ci devra donner impérativement la marge d'incertitude de son positionnement, dont nous devons tenir compte dans la détermination de la position définitive du forage, ainsi que de l'écart possible de sa déviation.

5.1 Point VA-PB2 (puits Amélie 1 et Amélie 2)

Ce point bas est *provisoire*, car il se situe à la limite nord-est de la zone exploitée par la mine Amélie (taille 304 en CI avec CS exploitée, profondeur 931 m). Sa particularité est une connaissance sans doute la meilleure qui soit du volume d'eau qui s'y trouve, car à la date d'aujourd'hui, seules les eaux du puits Amélie 1, de débit mesuré (4,4 m³/j) y sont envoyées depuis une date parfaitement connue, avec cependant comme incertitude la quantité d'eau provenant de l'exploitation (fuites de soutènement marchant etc... ce qui sera le cas de tous les points bas, au demeurant).

En effet, 3260 m³ ont été pompés depuis le puisard jusqu'au 17/04/2009; puis le pompage a été arrêté pendant le remplissage de la galerie inclinée d'accès au puisard; on estime que depuis le 13/04/2010 (date bien sûr approximative) l'eau s'est écoulée sous le mur de cette galerie vers le nord-est, soit de l'ordre de 2060 m³.

En surface, l'emplacement du sondage se situe en bordure immédiate de la voie SNCF Mulhouse-Strasbourg (coté W), sur la commune de Wittelsheim, à l'endroit où

prend naissance l'embranchement ferroviaire vers l'ancienne mine Théodore, a priori un terrain communal.

Avantage d'un sondage en ce point bas:

- permet de suivre une montée des eaux dont *on connaît précisément, à l'aide de mesures conduites sur plus d'un an, le débit d'approvisionnement*, d'où un ajustement de la connaissance de l'autre paramètre, à savoir le comportement du volume des vides résiduels, d'autant que cette partie du gisement est *richement documentée en épaisseur de la CI exploitée*, ce qui n'est pas le cas partout. Il permettrait donc de mieux caler le modèle de remontée des eaux.
- dans l'incertitude au sens absolu sur la réalité et l'endroit d'un point de communication avec les gisements situés plus au nord, a le mérite de donner l'évolution du bassin versant d'Amélie qui contient le stockage, seul pendant de nombreuses années.

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

- réciproque immédiate de l'avantage évoqué ci-dessus, s'il permet de suivre le débit venant de 2 puits dans le compartiment accueillant le stockage, il ne permet pas de suivre les autres compartiments sauf quand ils déborderont dans Amélie.

5.2 Point VA-PB1 (puits Max)

Ce point bas est celui du puits unique Max, dont le débit est faible et estimé à 0,8 m³/j. Le tracé de ses eaux a été contrôlé le plus loin possible et ne laisse aucun doute sur son tracé ultérieur non visitable. En prenant les hypothèses de l'INERIS de vide résiduel (choix fait ici = 20 %), les 220 000 m³ correspondent à une durée de remplissage sous le débit de Max de plus de 700 ans.

Le point bas est le foudroyage de la taille 831 de CI (1990), avec une taille en CS exploitée précédemment (profondeur 846 m).

En surface, ce point bas correspond à une clairière en pleine forêt du Nonnenbruch, près de l'embranchement ferroviaire de CCW déjà mentionné pour VA-PB2, mais à 1,5 km plus à l'est, sur la commune de Wittenheim.

Avantages d'un sondage en ce point bas:

- un foudroyage de CI et CS, à profondeur relativement faible, donnant de meilleures chances d'obtention de vides résiduels
- une localisation on ne peut plus discrète au niveau surface

Inconvénients d'un sondage en ce point bas:

- une documentation maigre concernant les hauteurs de couche havées, donc des vides
- compte tenu du faible débit du puits Max, *une chance plus faible qu'ailleurs de rencontrer effectivement de l'eau*
- une *montée des eaux très lente*, ne correspondant pas aux débits réels des autres puits Amélie 1 et 2, ni aux débits supposés plus importants des autres puits du secteur ouest
- par voie de conséquence, *une méconnaissance de l'évolution des eaux dans la partie la plus importante du secteur ouest*

5.3 Point VU-PB1 (puits Ungersheim 1 et 2)

Son bassin versant reçoit l'eau des deux puits d'Ungersheim dont le débit d'exhaure avant fermeture est faible, aux dires d'un ancien chef about (E. Jautz – 2011); le débit des 2 puits serait de l'ordre de 2 m³/jour. Les hypothèses faites plus haut montrant que c'est finalement les eaux de Bollwiller qui risquent de s'y déverser et non l'inverse ôtent une grande partie de l'intérêt d'un sondage en ce point.

Le sondage se situerait dans un champ, à environ 300 m des premières maisons de Raedersheim.

Avantages d'un sondage en ce point bas :

- un sondage peu profond
- une probabilité assez grande d'avoir de l'eau immédiatement
- une localisation en zone non urbanisée

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

- le foudroyage de la seule CI
- une non représentativité manifeste du niveau d'eau du secteur Ouest

5.4 Point VR-PB1 (puits Berrwiller et Staffelfelden)

Son bassin versant reçoit les eaux de puits dont le débit total avant fermeture devait être de l'ordre de 2 m³/j maxi (E. Jautz 2011). Dans ces conditions, son remplissage devrait être lent, d'autant que la superficie exploitée par les deux couches est importante.

Le véritable point bas se situe au centre ville de Bollwiller et sur le plan jour-fond, la représentation de la partie nord de Bollwiller n'est pas représentée. Force est de s'éloigner pour trouver une zone de sondage suffisante. La différence de cote n'est cependant pas très importante, et le point choisi se situerait dans un pré, à proximité de la cité Ste Thérèse de Bollwiller (sud-est).

Avantages d'un sondage en ce point bas :

- une profondeur plus importante au sens de la représentativité du secteur ouest, sans toutefois égaler celle donnée par les sondages profonds suivants

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

- le foudroyage de la seule CI
- les puits Staffelfelden et Berrwiller devront préalablement remplir une cuvette locale (point bas à environ 300 m du puits Staff) avant que leurs eaux ne se déversent vers le nord où se trouve VR-PB1
- les eaux de VL risquent de s'y déverser avant que son bassin de remplissage ne soit plein
- une localisation à proximité de zone urbanisée

5.5 Point VB-PB1 (puits Alex, Rodolphe 1 et 2)

Ce point bas présente la caractéristique d'être à la fois :

- le plus profond du secteur ouest
- de capter les eaux des puits fermés depuis plus longtemps
- de se trouver dans le foudroyage le plus ancien (1972)

Le foudroyage décrit (T 624) est en CI. Le plan de la taille en CS n'a pas été retrouvé; on supposera cependant que ces deux tailles constituent le point bas. Sa localisation est au nord du cimetière de Pulversheim (champs).

Avantages d'un sondage en ce point bas :

- Compte tenu de sa profondeur, il donne la hauteur effectivement atteinte au point le plus bas du secteur ouest
- Une traversée des 2 foudroyages
- Une localisation hors zone urbaine

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

- Age de l'exploitation traversée plus importante

5.6 Point VL-PB1 (puits Marie, Louise et Schoenensteinbach)

Ce point bas est un peu le pendant du précédent, cette fois coté Marie Louise; ses différences en sont:

- un âge plus récent
- un débit d'eau supposé plus important, venant de Louise

Sa localisation se trouve à l'est du cimetière de Pulversheim (champs).

Avantages d'un sondage en ce point bas :

- A tous les avantages de VB-PB1, avec un remplissage d'eau attendu plus important

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

- Seule la CS est traversée

5.7 Point VL-PB2 (puits Marie, Louise et Schoenensteinbach)

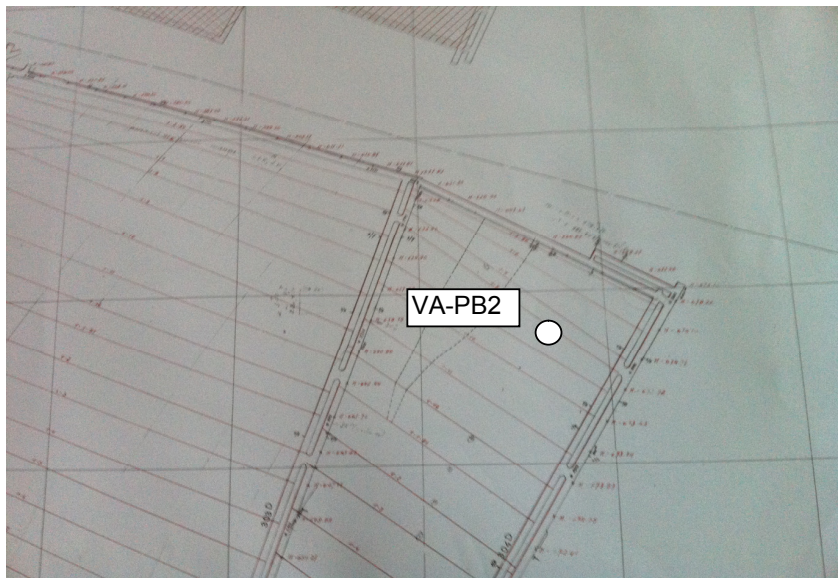
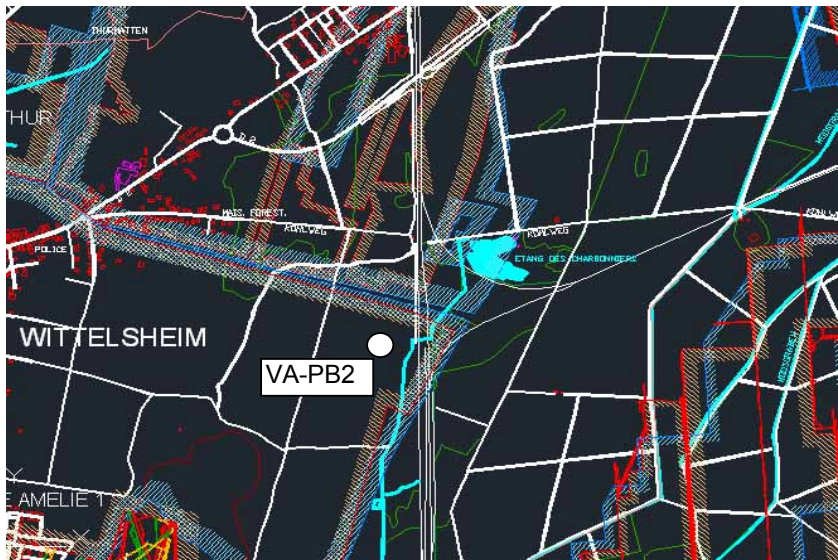
Ce sondage est une variante du précédent. Il est cité pour tenir compte du fait que VL-PB1 ne traverse que la CS, alors que les deux couches sont ici rencontrées. Il se situe dans un terrain agricole de Pulversheim, mais en bordure immédiate d'un immeuble d'habitation.

Avantages d'un sondage en ce point bas :

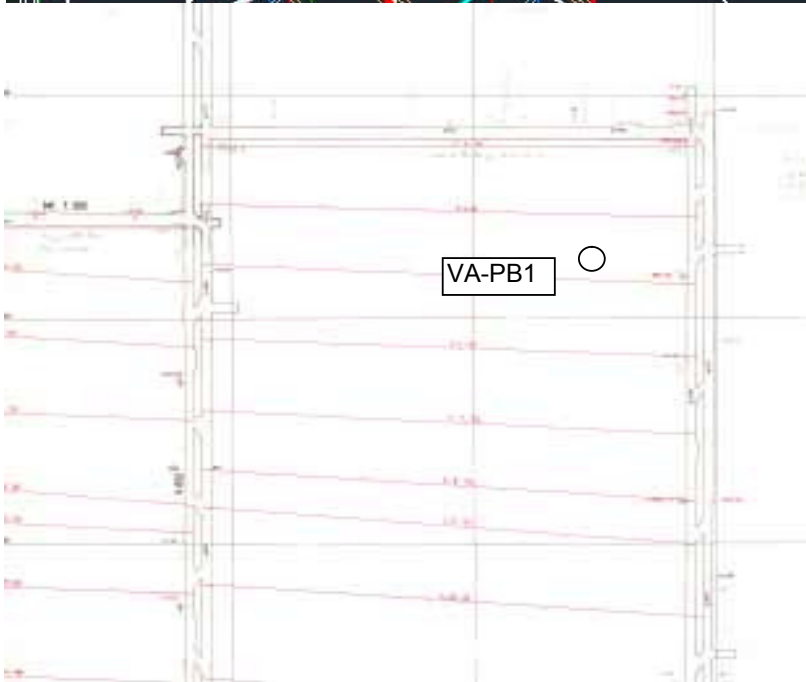
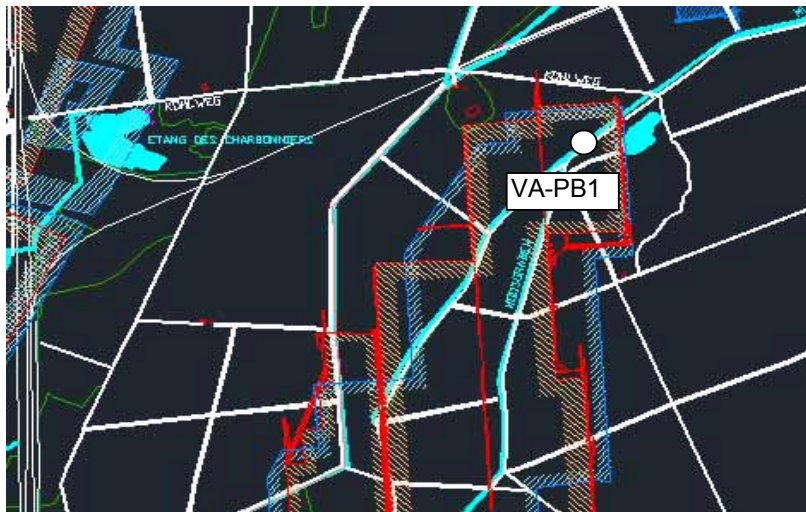
- Par rapport à VL-PB1, rencontre deux foudroyages

Inconvénients d'un sondage en ce point bas :

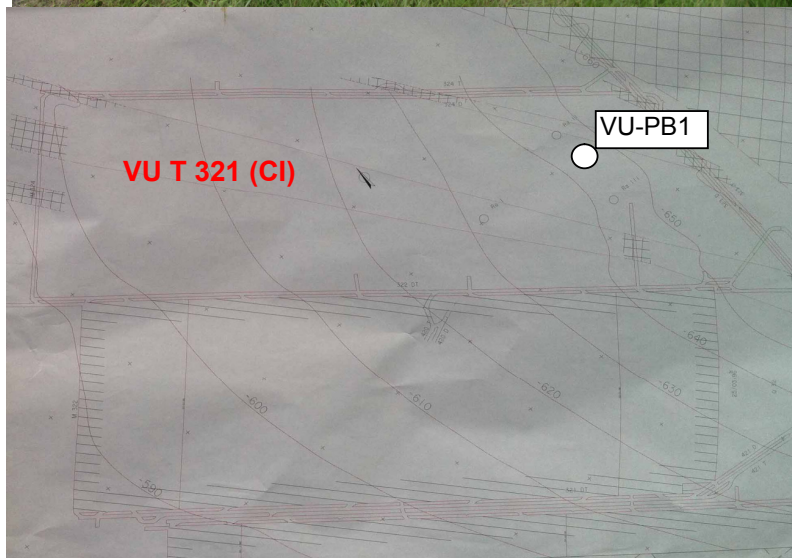
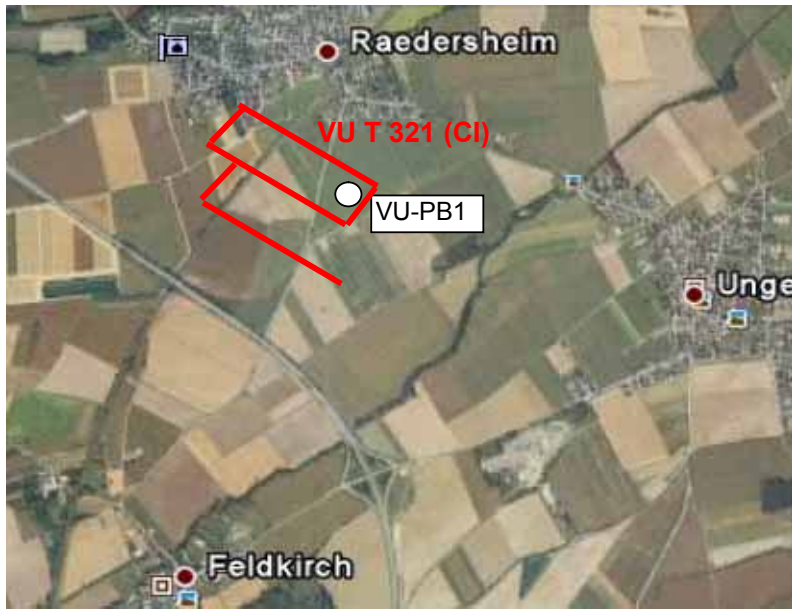
- Est à une profondeur environ 30 m plus faible que VL-PB1
- Se trouve en zone considérée urbanisée



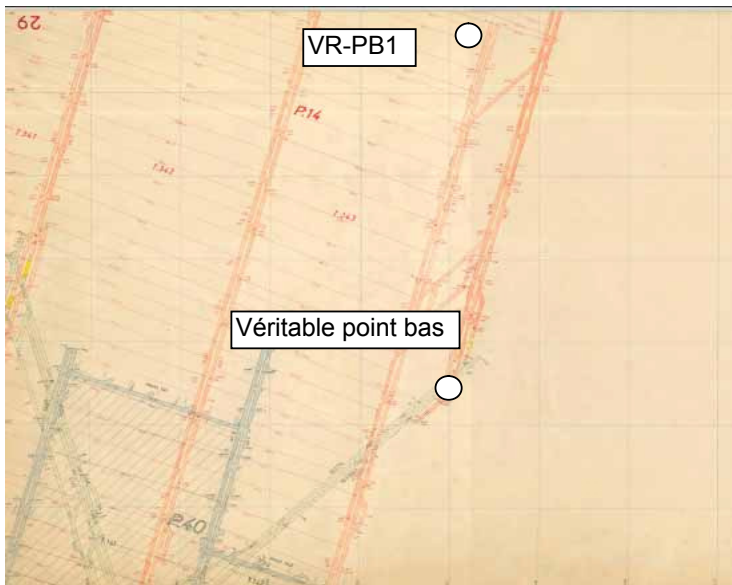
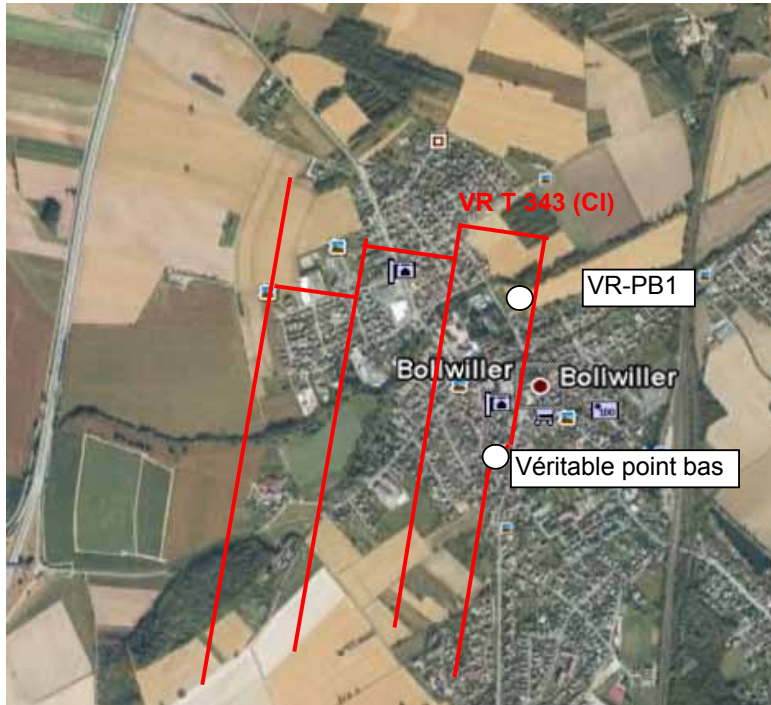
Point VA-PB2



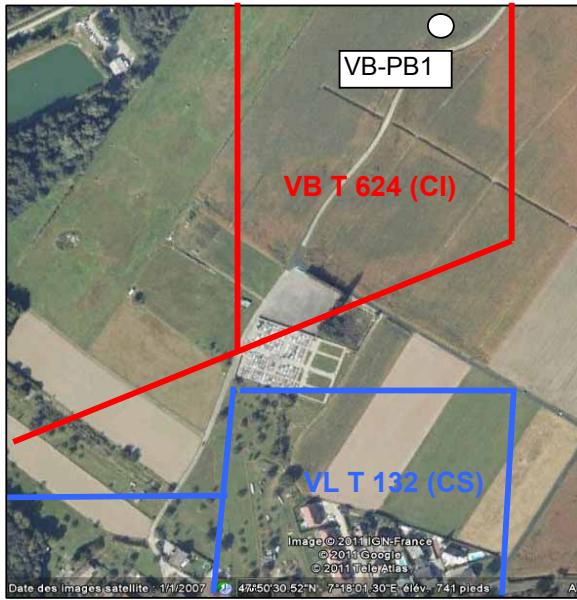
Point VA-PB1



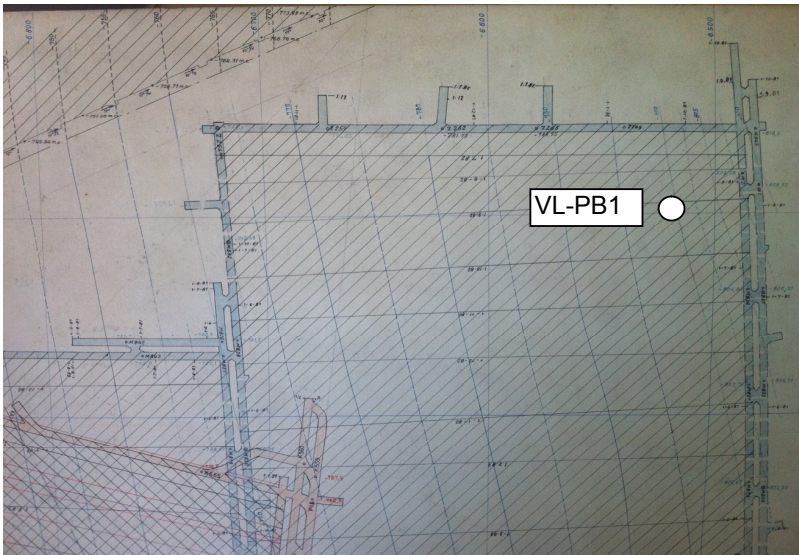
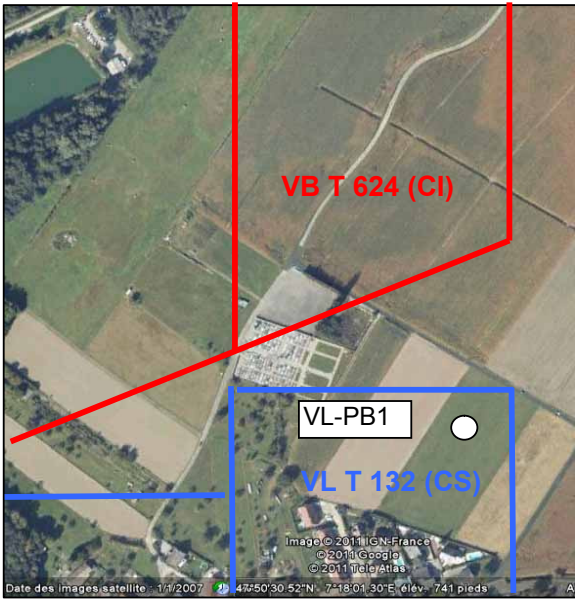
Point VU-PB1



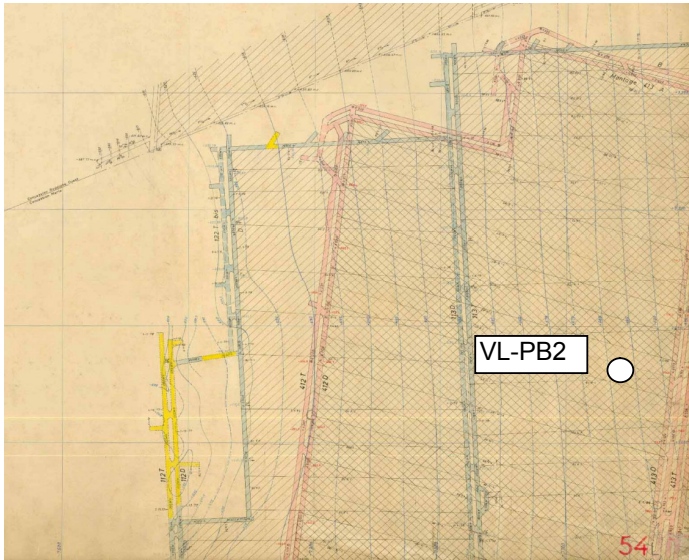
Point VR-PB1



Point VB-PB1



Point VL-PB1



Point VL-PB2

6. Conclusion

Compte tenu des différentes caractéristiques mentionnées, il n'y a pas de site réunissant à lui seul tous les avantages:

- Etre suffisamment profond pour pouvoir suivre d'abord la montée des eaux de son propre bassin, puis des autres bassins de remplissage latéraux par des communications profondes, elles aussi
- Etre sûr d'être en eau dès sa mise en service
- Etre en pleine nature
- Permettre d'anticiper la remontée d'eau au niveau du stockage

Néanmoins, dans la perspective de ne choisir qu'un seul sondage, quelques considérations peuvent nous guider.

Dans le cadre de cette réflexion, je préfère me baser sur ce que l'étude des communications a déjà pu amener et procéder par élimination successive en argumentant les raisons qui poussent à ne pas retenir tel ou tel point bas.

Sur ces bases, j'exclurais les points bas suivants :

- VA-PB1 (Max) : débit connu de Max trop faible donnant une montée des eaux trop lente, bassin isolé par rapport à l'ensemble du secteur ouest
- VU-PB1 (Ungersheim), bassin de petite superficie et qui risque d'être envahi par les eaux de VB avant son remplissage total
- VR-PB1 (Berrwiller) qui risque lui-même de voir son remplissage achevé par les eaux de VL

A ce stade, je conserverais VA-PB2 (Amélie) qui verra la montée des eaux vers le stockage, même s'il ne prendra pas en compte les deux bassins profonds que sont VL et VB.

Sur les deux bassins profonds, celui de VL, bien que légèrement moins profond que celui de VB, et dont le rôle "moteur" a déjà été mis en évidence en examinant les communications, semble préférable pour les raisons suivantes :

- Débit d'eau attendu important de Louise, débits a priori plus faibles des puits Alex, Rodolphe 1 et 2,
- Tailles foudroyées du point bas à VL de 15 ans plus "jeunes" que celle de VB,
- C'est lui qui sera en communication avec VA (où se trouve STOCAMINE...) le premier.

Il reste à choisir entre les deux points bas de VL. En dépit du fait que VL-PB2 traverse deux foudroyages (un seul pour VL-PB1), les informations reçues jusqu'à présent sur l'organisation d'un sondage (idéalement menée à 3 postes, donc bruit) et la proximité d'un immeuble d'habitation me font donner préférence à VL-PB1 pour les points bas. Néanmoins, le risque de ne pas percer en un point bas sur des vides résiduels se remplissant de saumure et le fait que VA-PB2 permettra rapidement

d'avancer dans l'amélioration de la modélisation de la remontée des eaux et par la suite de disposer des informations les plus pertinentes sur la remontée des eaux vers le stockage me font préférer VA-PB2.

Il va de soi que cette étude, qui se veut un débroussaillage de la question, permet de choisir un positionnement a priori plus directement opérationnel et moins entaché d'incertitudes, devra encore être validée par l'INERIS en ce qui concerne l'assurance de percer dans des vides miniers.

Elle pourra encore se compléter du maximum de témoignages de personnes ayant connu les puits et leurs débits et pouvant valider les constatations faites sur plans sur les communications entre bassins de remplissage.

Elle devra s'accompagner, si ce n'est déjà fait par notre expert, d'une **modélisation de scénarii** permettant de mieux calibrer la cinématique de montée prévisionnelle de l'eau en fonction des données qui seront acquises par ce sondage.

Elle permettra enfin de fixer les cotes d'observation particulières que représentent les communications, où une stabilisation ou une accélération seront les signes d'un déversement dans un autre bassin ou l'inverse, mais ce n'est pas pour demain...