

Mines de Potasses d'Alsace – Secteur Ouest

Suivi des niveaux de surface et des niveaux d'envoyage
ANNEE 2021
(en réponse à l'article 10-2-2 de l'AP du 23 Mars 2017)

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.....	2
2. DONNÉES BRUTES MAI 2020 – AOÛT 2021.....	3
2.1. NIVEAUX DES PIÉZOMÈTRES VAPB2 ET VLPB2.....	3
2.2. NIVEAUX DU SOL.....	5
2.3. COMPARAISON AVEC LES DONNÉES ANTÉRIEURES.....	5
3. GRAPHIQUES ET CHRONIQUES DE SUIVI.....	7
3.1. NIVEAUX DES FORAGES.....	7
3.2. NIVEAUX DU SOL.....	9
4. CONCLUSION.....	10

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des forages VAPB2 et VLPB2 (points bas de la mine).....	4
Illustration 2 : Localisation des points de nivellement suivis.....	6
Illustration 3 : Chronique des suivis piézométriques des forages profonds.....	8
Illustration 4 : Courbes de suivi des niveaux du sol.....	9

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données brutes, niveaux hydrostatiques dans les piézomètres VAPB2 et VLPB2 (suivi récent).....	3
Tableau 2 : Données brutes des suivis des niveaux du sol.....	5
Tableau 3 : Baisses moyennes des terrains (2017-2021) sur les points suivis.....	10

1. PRÉAMBULE

Le 23 mars 2017, par arrêté, le préfet du Haut Rhin a autorisé la prolongation pour une durée illimitée du stockage souterrain de déchets non radioactifs appelé « Stocamine », situé sous le territoire de la commune de Wittelsheim. Il a assorti cette autorisation de plusieurs obligations faites aux Mines de Potasse d'Alsace, dont la réalisation d'un suivi de l'ennoyage de l'ancienne exploitation de potasse, des niveaux de surface et des vides miniers (article 10.2.2).

En 2020, conformément à l'article 10.2.2 de l'arrêté, un rapport détaillé a été rédigé, présentant les données acquises par :

- deux forages profonds (ouvrages VAPB2 et VLPB2 : données de foration, manipulations, tests, échantillons, suivis piézométriques),
- des suivis de niveaux de surface : suivis de points par un géomètre,
- une thèse menée par l'EOST (Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de l'Université de Strasbourg et du CNRS) traitant du suivi des niveaux de surface, à partir de données satellitaires.

Ces données ont alors été croisées avec les hypothèses présentées dans le dossier de demande d'autorisation de 2015 traitant de l'ennoyage et de l'évolution des vides miniers résiduels :

Références du document : « Mines de Potasse d'Alsace – secteur Ouest, rapport d'analyse des données du suivi des niveaux de surface et des niveaux d'ennoyage année 2020 (en réponse à l'article 10-2-2 de l'AP du 23 mars 2017), CESAME Juin 2020. »

Depuis, les MDPa continuent la surveillance des deux forages profonds et des points de nivellement de surface.

Le présent document constitue la mise à jour commentée du suivi 2021 (pour plus de détails, tels que coupes des ouvrages, résultats de l'ESOT, etc. se référer au document de 2020).

Pour rappel :

- la potasse, présente en profondeur sous la forme de deux couches (la couche supérieure et la couche inférieure), a été exploitée entre 1910 et 2002, à partir de 15 puits de mine ;
- les volumes de potasse extraits en souterrain ont généré des affaissements significatifs en surface ; ces affaissements ont assuré une fermeture partielle des vides laissés au niveau des deux couches ;
- les puits de mine ont été fermés par les MDPa dans le but de préserver une bonne étanchéité vis-à-vis des niveaux de surface ;
- l'ennoyage progressif des vides souterrains de la mine de potasse par de la saumure constitue l'évolution la plus probable du système ; les études menées conduisent à retenir un phénomène d'ennoyage lent et donc très long, dans le même temps les vides souterrains ont tendance à continuer à se fermer ;
- le stockage StocaMine (galeries spécifiquement créées pour le stockage, mais avec un lien avec quelques galeries minières) est situé à 550 m de profondeur ce qui correspond à un point globalement haut de l'ensemble minier (cf. illustration 1).

2. DONNÉES BRUTES MAI 2020 – AOÛT 2021

2.1. NIVEAUX DES PIÉZOMÈTRES VAPB2 ET VLPB2

L'ouvrage VAPB2 est un forage de **931,5 m de profondeur**, terminé en octobre 2015. Il est implanté dans un **point bas des travaux miniers de la mine Amélie** (illustration 1) et a atteint les deux zones déconsolidées des anciennes couches de potasse.

L'ouvrage VLPB2 est un forage de **1009 m de profondeur**, terminé en décembre 2018. Il est implanté dans un **point bas des travaux miniers de la mine Marie-Louise** et a recoupé les deux couches exploitées de potasse (la couche supérieure n'a toutefois pas été nettement détectée lors de la foration).

Une mesure de niveau de liquide (saumure) est réalisée dans chacun des ouvrages. Les résultats de la période mai 2020 – août 2021 sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous (sur 16 mois : 7 mesures dans VAPB2 et 13 mesures dans VLPB2).

Suivi piézométrique		27/05/2020	11/09/2020	29/10/2020	18/12/2020	28/01/2021	19/02/2021	15/04/2021
Forage VAPB2	Profondeur (m)	905,04	905,04	904,87	904,85	904,82	904,81	904,76
	Cote (m NGF)	-655,04	-655,04	-654,87	-654,85	-654,82	-654,81	-654,76

Suivi piézométrique		27/05/2020	18/06/2020	31/08/2020	29/10/2020	02/12/2020	18/01/2021	19/02/2021
Forage VLPB2	Profondeur (m)	981,70	981,93	981,91	981,76	981,64	981,49	981,21
	Cote (m NGF)	-750,70	-750,93	-750,91	-750,76	-750,64	-750,49	-750,21
		15/04/2021	11/05/2021	12/05/2021	04/06/2021	16/07/2021	26/08/2021	
	Profondeur (m)	980,84	980,36	980,40	980,52	980,61	980,54	
	Cote (m NGF)	-749,84	-749,36	-749,40	-749,52	-749,61	-749,54	

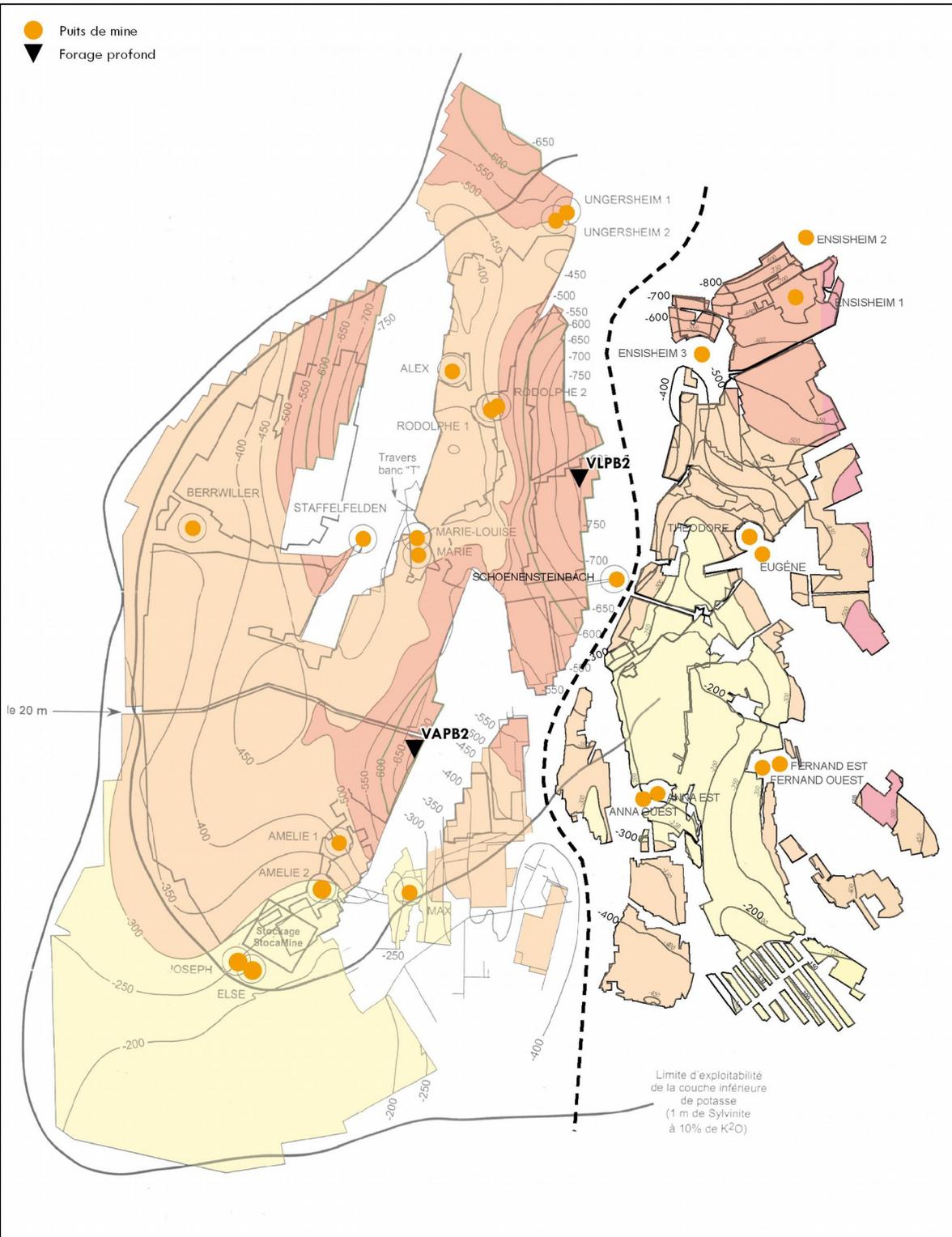
Tableau 1 : Données brutes, niveaux hydrostatiques dans les piézomètres VAPB2 et VLPB2 (suivi récent).

Au niveau de VAPB2 (mine Amélie), les mesures montrent une stabilité du niveau hydrostatique (légère tendance à la hausse du niveau mais seulement de l'ordre de 32 cm/an sur cette période de suivi).

Dans le piézomètre VLPB2 (mine Marie-Louise), le niveau hydrostatique montre, sur ces 16 derniers mois, une tendance à la hausse, de l'ordre de 90 cm/an.

Pour fixer quelques ordres de grandeur, si la montée de niveau se poursuivait sur le rythme constaté actuellement, d'après VAPB2 le niveau hydrostatique monterait de 100 m en 300 ans (profondeur alors atteinte 805 m) et d'après VLPB2 en 110 ans (profondeur 880 m). Bien sûr, il ne s'agit pas du tout d'une prévision mais d'une extrapolation permettant de se rendre compte de la lenteur de la tendance constatée (en réalité la vitesse de remontée va se moduler dans le temps en fonction de la géométrie de la mine).

LOCALISATION DES FORAGES VAPB2 ET VLPB2



Sources : MDPa

Réalisation CESAME 2021



Illustration 1 : Localisation des forages VAPB2 et VLPB2 (points bas de la mine).

2.2. NIVEAUX DU SOL

Depuis 2014, le cabinet de géomètres Jung est mandaté par MDPA pour suivre, en surface, un certain nombre de points situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains ou en périphérie proche, dans différentes communes du bassin potassique.

Une mesure supplémentaire a eu lieu en mai 2021. Les chroniques complètes sont fournies dans le tableau (la première mesure fixe un référentiel « 100 ») et le suivi mesure un déplacement vertical par rapport au référentiel initial).

	Raedersheim			Bollwiller					Feldkirch			
	RAED1	RAED2	RAED3	BOLL3	BOLL4	BOLL5	BOLL6	BOLL7	BOLL8	FELD4	FELD5	FELD6
janv-14	100,000		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000					
avr-14	99,996		99,992	99,993	99,999	99,998	99,998	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
août-14	99,993	99,990	99,990	99,990	99,995	100,002	100,003	100,004	100,003	100,005	100,005	100,004
févr-15	99,991	99,989	99,989	99,995	100,003	100,002	100,002	100,005	100,004	100,004	100,004	100,004
oct-15	99,987	99,987	99,986	99,984	99,989	100,001	100,001	100,003	100,003	100,004	100,004	100,004
mai-16	99,982	99,983	99,982	99,976	99,980	99,999	99,999	100,002	100,002	100,008	100,008	100,008
déc-16	99,983	99,985	99,985	99,968	99,972	99,997	99,997	99,999	99,999	99,996	99,995	99,997
juil-17	99,979	99,983	99,983	99,969	99,975	99,997	99,998	99,999	100,000	100,000	100,000	100,000
mai-19	99,972	99,979	99,979	99,954	99,955	99,980	99,980	99,989	99,988	99,986	99,986	99,986
mai-21	99,944	99,968	99,968	99,953	99,953	99,989	99,988	99,995	99,994	99,995	99,994	99,995

	Staffelfelden				Wittelsheim						
	STAF1	STAF2	STAF5	STAF6	WITT1	WITT2	WITT3	WITT4	WITT5	WITT6	WITT7
janv-14			100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
avr-14	100,000	100,000	100,000	100,000	99,993	99,992	99,998	99,997	99,997	100,002	100,004
août-14	100,006	100,003	99,992	99,993	99,988	99,987	99,992	99,992	99,992	100,004	100,004
févr-15	99,997	99,996	99,993	99,993	99,986	99,985	99,990	99,989	99,989	99,996	99,999
oct-15	100,001	99,998		99,991	99,984	99,982	99,987	99,986	99,986	99,995	99,996
mai-16	100,004	100,003	99,987	99,987	99,977	99,976	99,984	99,985	99,985	99,994	99,996
déc-16	100,005	100,003	99,996	99,996	99,975	99,974	99,980	99,983	99,981	99,988	99,988
juil-17	99,987	99,983	99,981	99,981	99,964	99,964	99,974	99,974	99,974	99,986	99,987
mai-19	99,987	99,985	99,970	99,971	99,958	99,957	99,973	99,973	99,974	99,985	99,986
mai-21	99,984	99,982	99,971	99,973	99,958	99,956	99,970	99,971	99,971	99,983	99,982

	Reiningue					
	REIN1	REIN2	REIN3	REIN4	REIN5	REIN6
janv-14		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
avr-14		100,013	100,007	100,003	100,000	100,000
août-14		100,007	100,004	100,003	100,002	100,002
févr-15	100,000	100,001	100,000	100,000	100,001	100,001
oct-15	100,000	100,002	100,001	100,001	100,002	100,002
mai-16	100,001	100,003	99,999	100,000	100,002	100,002
déc-16	100,004	100,006	100,004	100,004	100,002	100,002
juil-17	99,995	99,998	99,995	99,996	99,998	99,998
mai-19	100,000	100,000	99,994	99,995	99,997	99,992
mai-21	99,989	99,993	99,987	99,989	99,995	99,990

Tableau 2 : Données brutes des suivis des niveaux du sol.

Les mesures de 2021 montrent un écart de quelques mm à quelques cm par rapport à la mesure 2019, ordre de grandeur de variation qui correspond aux mesures de ces dernières années.

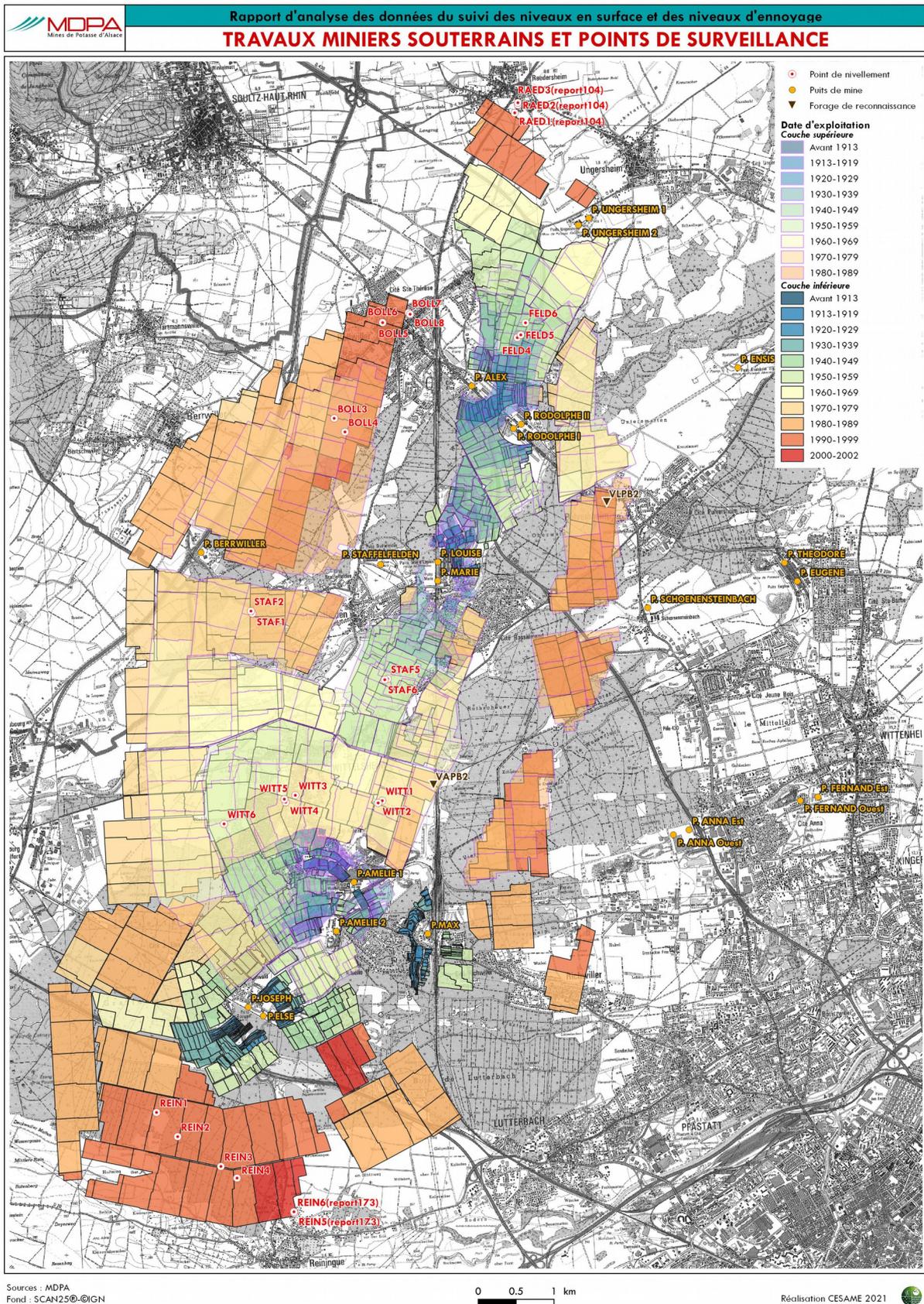


Illustration 2 : Localisation des points de nivellement suivis.

3. GRAPHIQUES ET CHRONIQUES DE SUIVI

3.1. NIVEAUX DES FORAGES

Au niveau des anciennes couches exploitées de potasse, les forages VAPB2 et VLPB2 ont recoupé des vides dont le cumul correspond environ à 10 % des hauteurs exploitées¹. Cette porosité permet la circulation de fluide dans les couches exploitées (qui faisaient chacune globalement entre 2 et 4 m d'épaisseur). Les forages ont été implantés dans deux **points bas de la mine** (cf. illustration 1), **secteurs où la saumure s'accumule en premier lieu**.

- La chronique complète de suivi de VAPB2 est présentée sous forme de graphique sur l'illustration 3. Comme indiqué dans le rapport de synthèse de 2020, le niveau de saumure dans le forage VAPB2 avait – depuis la création de l'ouvrage – tendance à baisser au fil du temps. L'explication la plus probable correspond à des échanges entre les deux anciennes couches exploitées traduisant un rééquilibrage des niveaux de saumure entre les deux couches. Ceci indiquait donc que l'aval pendage² de l'une ou l'autre des deux couches n'était pas encore rempli. Le niveau s'est stabilisé en 2020 et depuis septembre 2020 une légère hausse de niveau semble s'être enclenchée. Le rééquilibrage local serait donc terminé et la hausse serait une mesure de l'ennoyage – très lent - des deux couches. Dans la mesure où cette hausse reste très faible et que les mesures sont délicates, ceci sera à confirmer avec le suivi des prochaines années.
- La chronique complète de suivi de VLPB2 est présentée sur l'illustration 3. Comme dans VAPB2, le suivi montre d'abord une baisse du niveau de saumure. Plus rapidement que dans l'ouvrage précédent, le niveau se stabilise puis indique une montée lente.

Les deux suivis révèlent un niveau très bas de la saumure, ce qui est conforme avec l'hypothèse de débits d'apports très faibles. Les anciennes couches exploitées concernées par l'ennoyage ne représenteraient donc actuellement qu'une très faible proportion de la mine. Les cartes des surfaces potentiellement gagnées par l'ennoyage présentées en 2020 et fournies en annexe sont toujours d'actualité, étant donné la faible variation mesurée depuis (« étalement ») de la zone noyée de l'ordre de 3,5 m dans le secteur de VLPB2 et 0,9 m dans le secteur de VAPB2).

Dans un but de comparaison avec les hypothèses du dossier déposé en 2015, une estimation de débit d'alimentation peut être réalisée en considérant que la hausse de niveau dans chaque forage est liée aux apports d'eau, remplissant le volume de terrain exploité (porosité 10 % ou entre 5 et 20%). Les calculs sont présentés en annexe, ils mènent à des ordres de grandeur de quelques centaines de m³/an pour le point bas de la mine suivi par VAPB2 (150 à 1200 m³/an), quelques milliers pour le point bas de la mine suivi par VLPB2 (500 à 6500 m³/an). Ces valeurs sont dans la gamme basse des hypothèses INERIS (et même plutôt encore plus basses).

1 Voir synthèse 2020 présentant l'ensemble des données confirmant cet ordre de grandeur mais également les écarts pouvant être constatés.

2 Parties les plus profondes de la mine du fait de la pente naturelle (pendage) des couches de potasse.

3.2. NIVEAUX DU SOL

Les suivis de niveau du sol montrent de faibles mouvements verticaux (globalement descendants) qui sont attribués au phénomène de lente fermeture des vides résiduels souterrains du fait du fluage des terrains.

Niveau du sol par rapport au niveau initial 100 m à la première mesure

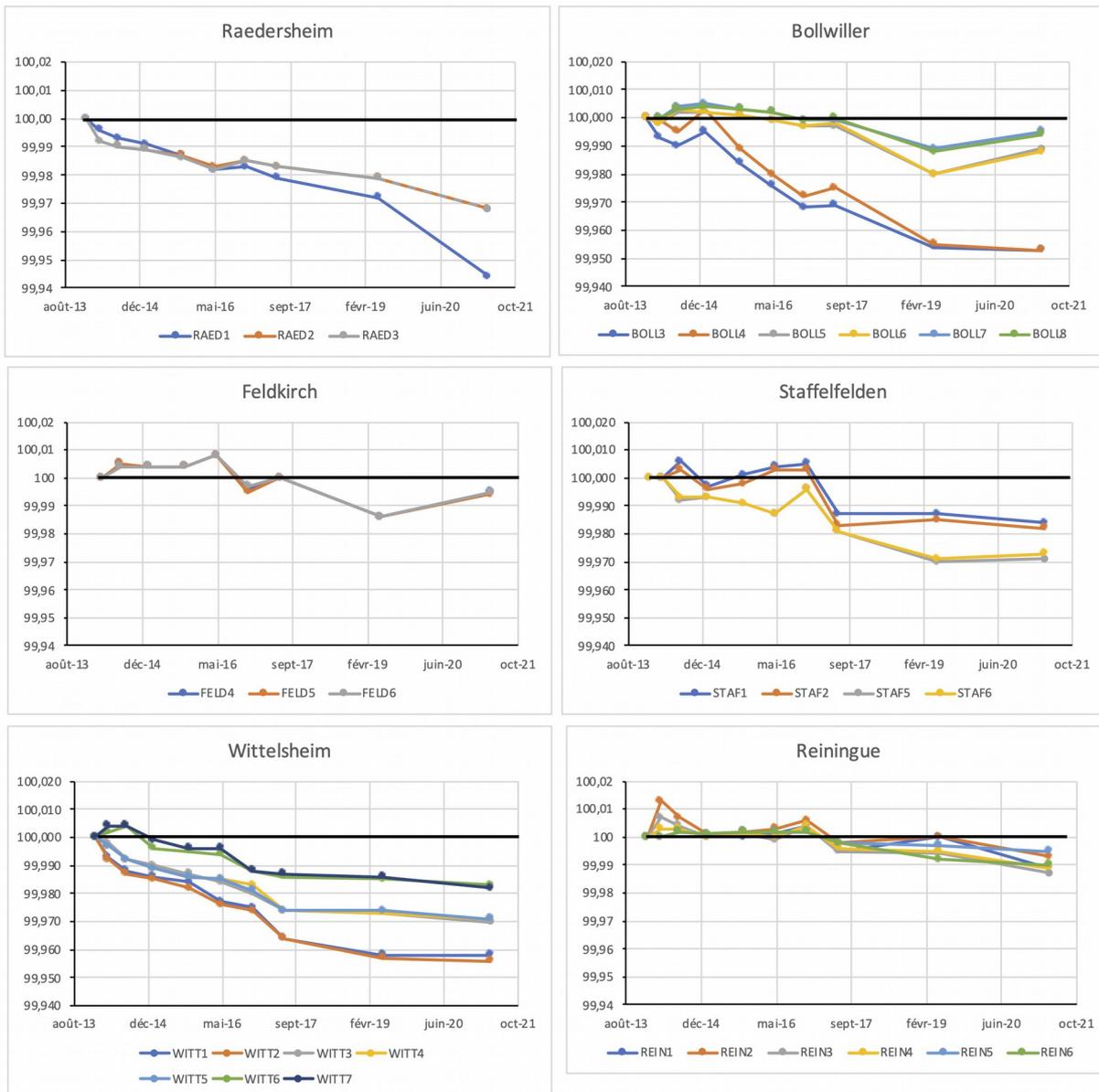


Illustration 4 : Courbes de suivi des niveaux du sol.

Les résultats ne sont pas les mêmes pour tous les secteurs puisque les points de Feldkirch et Reiningue montrent des variations minimales alors que ces dernières sont plus significatives sur les points de Raedersheim, Bollwiller, Wittelsheim. Rappelons, comme indiqué dans le rapport de 2020, que la fermeture des vides est dépendante de très nombreux facteurs (épaisseur initiale des couches, profondeur, date de l'exploitation, ennoyage).

Sur les quatre dernières années, les baisses du niveau du sol sont comprises entre 0,3 et 5,7 mm/an (hormis Raedersheim 1 avec une valeur plus élevée : -9,1 mm/an, tableau 3).

Variations moyennes entre juillet 2017 et mai 2021 (mm/an)											
Raedersheim			Bollwiller						Feldkirch		
RAED1	RAED2	RAED3	BOLL3	BOLL4	BOLL5	BOLL6	BOLL7	BOLL8	FELD4	FELD5	FELD6
-9,1	-3,9	-3,9	-4,2	-5,7	-2,1	-2,6	-1,0	-1,6	-1,3	-1,6	-1,3
Staffelfelden				Wittelsheim							
STAF1	STAF2	STAF5	STAF6	WITT1	WITT2	WITT3	WITT4	WITT5	WITT6	WITT7	
-0,8	-0,3	-2,6	-2,1	-1,6	-2,1	-1,0	-0,8	-0,8	-0,8	-1,3	
Reiningue											
REIN1	REIN2	REIN3	REIN4	REIN5	REIN6						
-0,8	-0,3	-2,6	-2,1	-1,6	-2,1						

Tableau 3 : Baisses moyennes des terrains (2017-2021) sur les points suivis.

Le suivi récent indique une atténuation du phénomène pour les points de Bollwiller et Wittelsheim (amortissement au fil du temps de la fermeture des vides). A Raedersheim, il n'a pas d'atténuation (facteurs possibles : envoyage, travaux miniers récents).

4. CONCLUSION

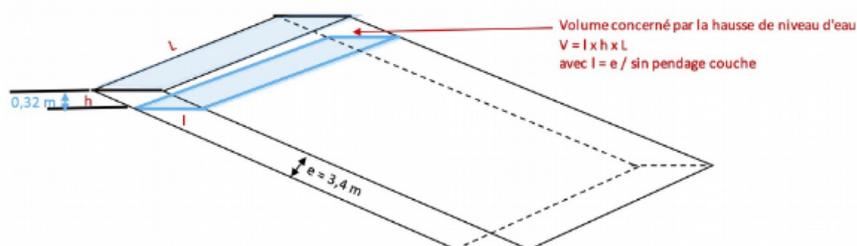
Les résultats du suivi récent sont dans la continuité des mesures antérieures, avec des phénomènes lents et de faible ampleur.

Les niveaux de saumure sont à grande profondeur. Une montée progressive du niveau est constatée, avec des valeurs qui tendent à confirmer des apports très faibles (dans la gamme basse des hypothèses INERIS, voire inférieures).

Le suivi récent des niveaux du sol montre une atténuation des affaissements résiduels qui tendent vers un amortissement (hormis secteur suivi de Raedersheim).

ANNEXES

Estimation d'un apport correspondant à la hausse de niveau constatée dans les forages :



Analyse du forage VAPB2								
	Epaisseur initiale exploitée	Longueur exploitée locale d'après carte	Elévation N.E. en 1 an (1)	Volume (eau+terrain) pour pendage 16°	Volume eau si 5% vides	Volume eau si 10% vides	Volume eau si 20% vides	
	m							m
Couche Sup.	1,85	hypothèse de points bas actuellement distincts dans la mine	500	0,32	1 074	152	305	609
Couche Inf.	3,4				1 974			
Couche Sup.	1,85	hypothèse de continuité de part et d'autre des zones non exploitées	1000	0,32	2 148	305	609	1 219
Couche Inf.	3,4				3 947			

(1) : moyenne du suivi récent

Comparaison avec les hypothèses d'apports par les puits de mine présentées dans les dossiers INERIS (voir également rapport 2020 cité en préambule)

Débit mini retenu INERIS	Débit moyen retenu INERIS	Puits	Hypothèse d'alimentation secteur VAPB2, suivant la zone d'apport			
			m ³ /an		m ³ /an	
547	1466	Amélie1	913	2 455	1 243	3 349
366	989	Amélie2				
330	894	Max				

Analyse du forage VLPB2								
	Epaisseur initiale exploitée	Longueur exploitée locale d'après carte	Elévation N.E. en 1 an (1)	Volume (eau+terrain) pour pendage 16°	Volume eau si 5% vides	Volume eau si 10% vides	Volume eau si 20% vides	
	m							m
Couche Sup.	1,75	hypothèse de points bas actuellement distincts dans la mine	500	0,93	2 952	485	970	1 940
Couche Inf.	4				6 748			
Couche Sup.	1,75	hypothèse de continuité de part et d'autre des zones non exploitées	1700	0,93	10 038	1 649	3 298	6 596
Couche Inf.	4				22 943			

Comparaison avec les hypothèses d'apports par les puits de mine présentées dans les dossiers INERIS (voir également rapport 2020 cité en préambule)

Débit mini retenu INERIS	Débit moyen retenu INERIS	Puits	Hypothèse d'alimentation secteur VLPB2, suivant la zone d'apport					
			m ³ /an		m ³ /an			
2 663	6 261	Shoensteinbach	2 663	6 261				
1 395	3 746	Marie-Louise			5 364	13 515		
1 306	3 508	Marie						
2 873	7 727	Rodolphe2						
1 799	4 827	Rodolphe1				15 877	41 795	
420	1 142	Alex						19 972 52 903
2 383	6 411	Ungersheim1						
3 038	8 173	Ungersheim2						
1 418	3 810	Staffelfelden						
2 677	7 298	Berwiller						

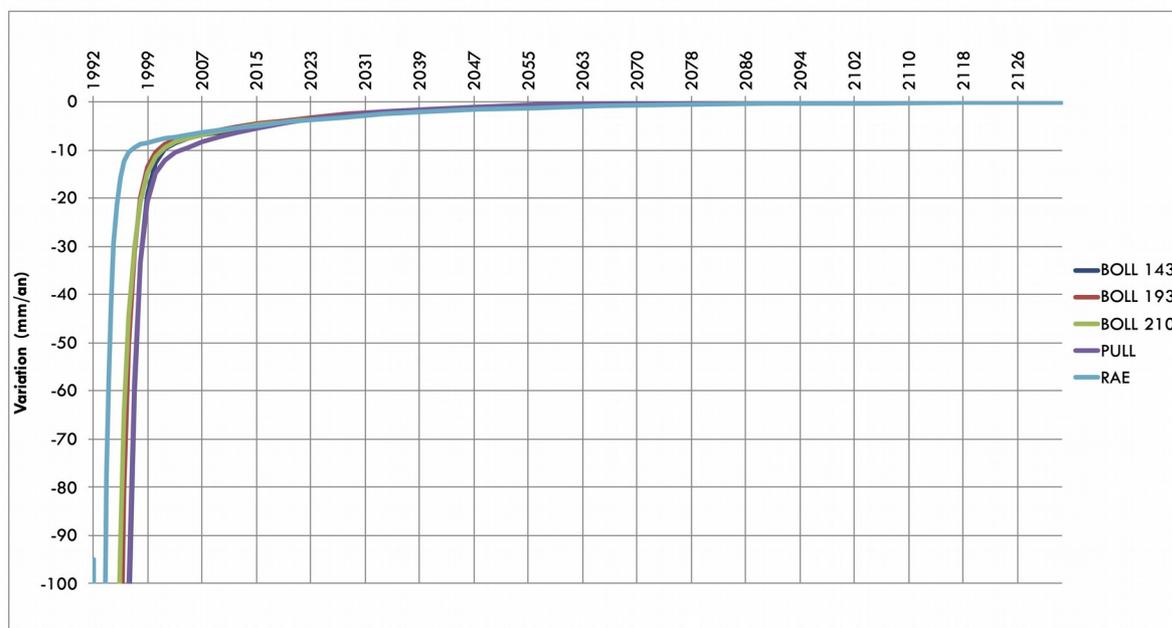
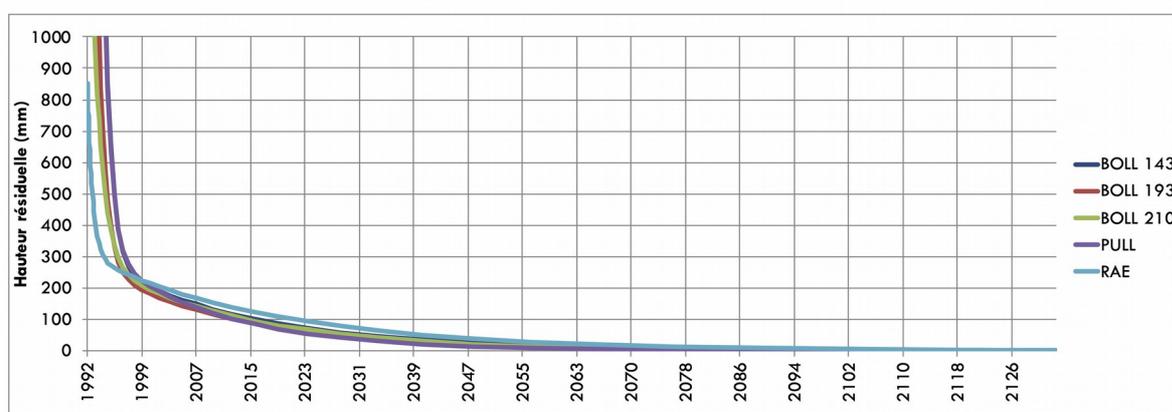
minimale moyenne

Rappel des hypothèses INERIS de durée d'envoyage de l'ensemble de la mine de potasse :

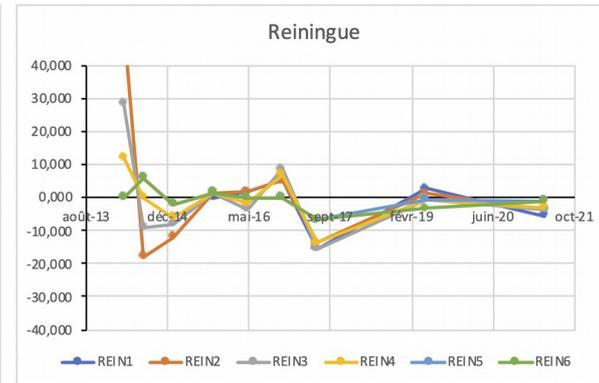
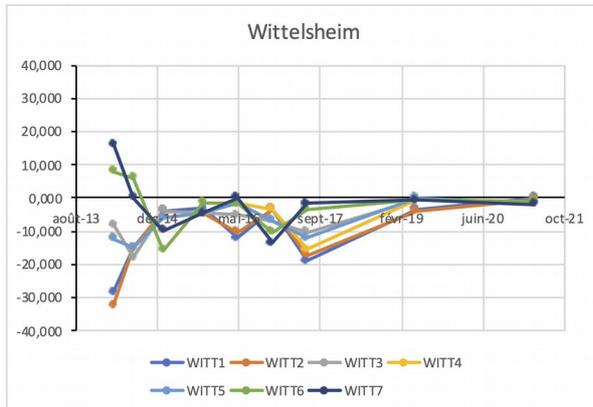
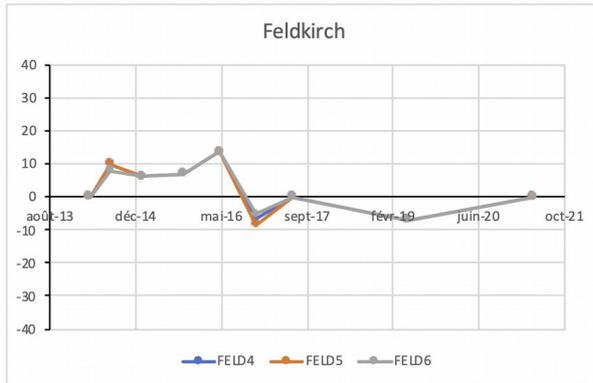
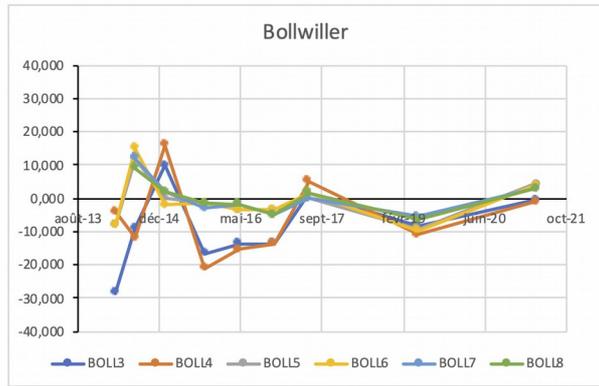
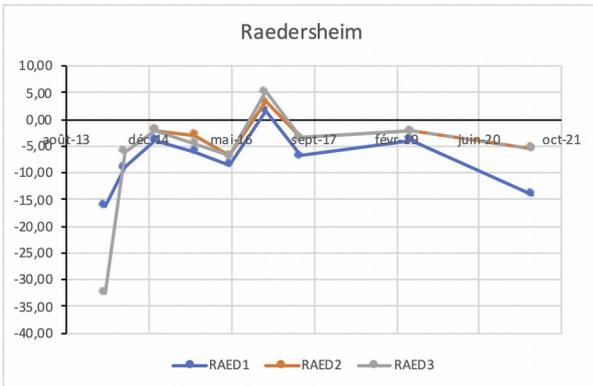
Hypothèse d'affaissement→		Haute	Moyenne	Basse
Hypothèse de débit ↓		20%	10%	5%
Haute	105 000 m ³ /an	304	195	123
Moyenne	58 000 m ³ /an	425	286	182
Basse	22 000 m ³ /an	644	490	341

Dans le cas où la mine Amélie serait isolée du reste de l'exploitation ouest le temps de remplissage passerait à plus de 3000 ans.

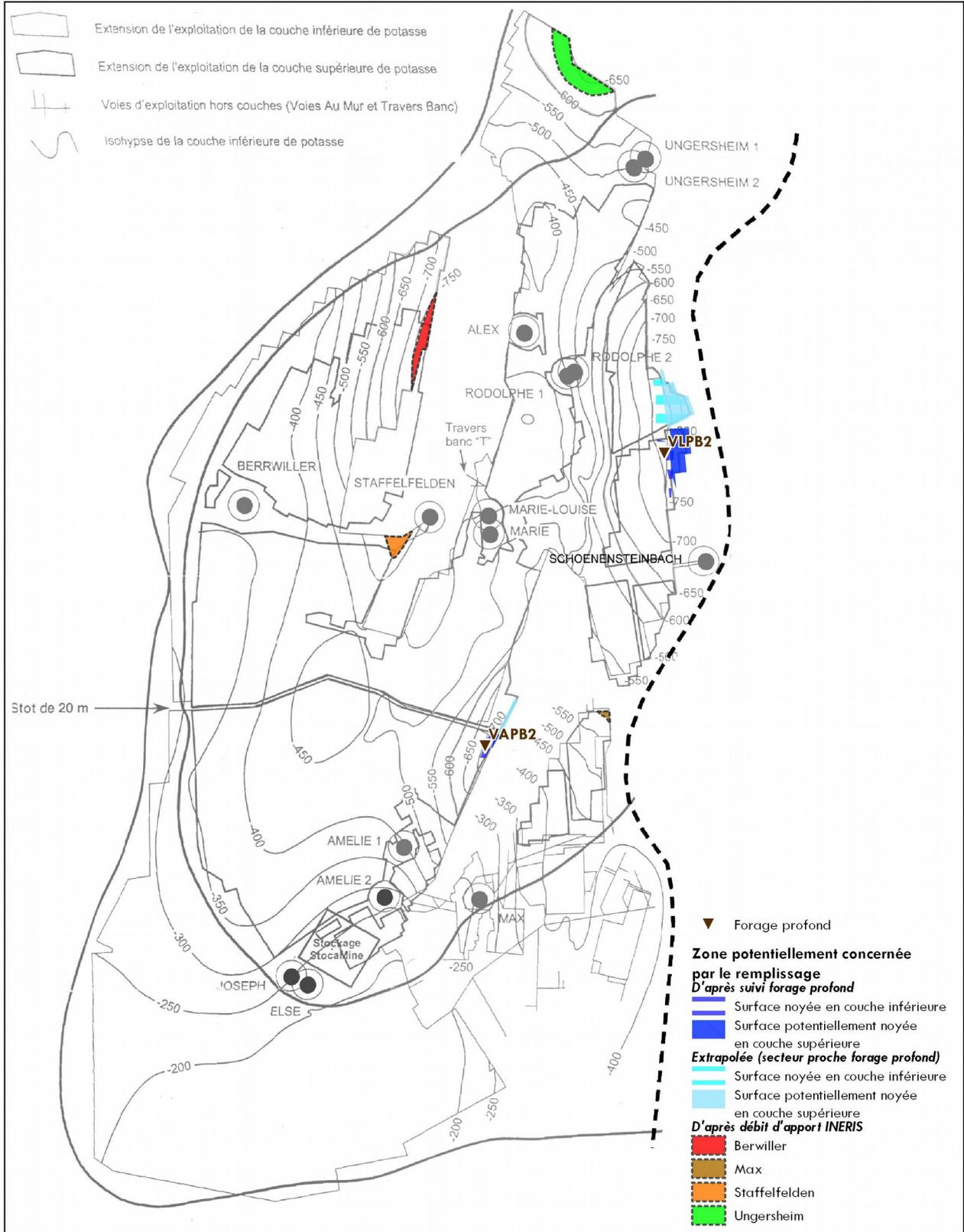
Notion de tendance d'évolution du niveau du sol « en double exponentielle » d'après G. Modeste



Variations entre 2 mesures



ZONES POTENTIELLEMENT NOYÉES



Sources : MDP
Fond : MDP

0 1 2 km

Réalisation CESAME 2021

