




Réf. : DRP/DPSM/UTAM-Est/2022-556/EI

le 14 septembre 2022

LOCHWILLER – ANALYSE DES MESURES TOPOGRAPHIQUES	
Rédacteur : E. IATAN	Entité : DRP/DPSM/UTAM EST
Projet : Lochwiller – Mesures topographiques	Numéro : AM22EST008
Date : 28/07/2022	Lieu : Freyming-Merlebach
Objet : Résultats de la campagne de mesures n°53 du 28 juillet 2022	
Diffusion interne : participants + N. TAILLEFER, V. QUÉRÉ, M. THIBERT	
Diffusion externe : DREAL Grand-Est : P. HANOCQ, V. BLANCHARD	
GEODERIS : R. HADADOU, M. KIMMEL	
Signature (N+1) : Vincent QUÉRÉ 	

1. Contexte général et historique

La commune de Lochwiller (67) fait l'objet de mesures topographiques (nivellement et translation) suite à des désordres observés sur les façades des maisons ainsi que sur la chaussée au niveau du lotissement Weingarten. Cinq campagnes ont été réalisées en 2013 dans le cadre de l'expertise judiciaire (premier levé faisant office de référence : **7 mars 2013**).

En **2014**, le réseau est constitué de 44 repères, 19 anciens points issus de la procédure judiciaire et 25 nouveaux points. Le repère R1014 a été supprimé car il était en doublon du point R1013 distant d'un mètre.

En **2015**, à la demande de la DREAL Alsace, 12 nouveaux repères ont été implantés et mesurés à compter du levé du **29 septembre**, conformément au rapport Géodéris E2015/127DE – 15ALS33010. Ils sont numérotés de R1051 à R1062.

En **2017**, à la demande de la DREAL Grand-Est suite aux propositions du BRGM (courriel du 23 décembre 2016), 27 nouveaux repères ont été implantés et mesurés à compter du levé du **30 mars 2017**. Ils sont numérotés de R1063 à R1089. Ils se situent autour de l'ancien réseau, au nord de la rue des Vignes, à l'ouest de la rue des Prés et de l'Etang, au sud-est du lotissement (vergers). De plus, les têtes de forage des quatre déformètres (DF1 à DF4) sont intégrées dans le réseau.

Des travaux de comblement des crevasses ayant été réalisés en **septembre 2017**, 11 repères ont été installés de part et d'autre de celles-ci lors de la campagne du **2 octobre 2017**. Ces points seront utilisés comme des fissuromètres et permettront de vérifier le comportement des crevasses dans le temps. Les repères sont numérotés de R1090 à R1100 et sont positionnés par doublons le long des crevasses situées sur le verger et au niveau de l'impasse Koellberg.

Une seconde phase de travaux de restauration de la voirie s'est déroulée du **29 juillet au 5 août 2019** au niveau de la place de contournement de l'impasse du Koellberg. Un traitement de petites fissures a également été réalisé.

En juin 2020, les travaux de réalisation du dispositif de pilote de rabattement ont démarré. Ils ont été finalisés fin mars 2022.

Le 25 août 2020, un levé supplémentaire et partiel des repères d'auscultation du réseau au droit du site (35 points) a été effectué. Ce levé fait suite aux événements et observations divers et variés survenus sur le lotissement du Weingarten à Lochwiller, à savoir :

- apparition de fissures et bourrelés sur l'impasse Koellberg au droit des anciennes zones de crevasses qui avaient fait l'objet d'un traitement en 2017. Cet événement pourrait être à l'origine d'une rupture du tubage de piézomètre SC5 qui n'a d'ailleurs pu être équipé dans le cadre du suivi du niveau d'eau de la nappe du Keuper ;
- rupture d'une canalisation d'eau potable dans la nuit du 20 au 21 août dans le lotissement.

Le 9 juillet 2021, mise en route de la pompe dans le forage de rabattement pour début d'une phase de tests.

Les levés de la **campagne de mesures n° 48 du mois de septembre 2021** n'ont pas pu être exploités suite à un problème rencontré par le prestataire, rendant les valeurs horizontales (Z) non exploitables.

Le prestataire a effectué **un levé (n° 48 bis) le 4 novembre 2021**, qui remplace la campagne n° 48 de septembre 2021.

Le 27 janvier 2022, le réseau de nivellement de Lochwiller a été augmenté de 6 repères R1011, R1012, R1013, R1014, R1015 et R1016, qui correspondent aux regards des piézomètres (PMS, PKA et PL), à la dalle du pilote de rabattement FRAB-1 et au local technique. Les repères ont un caractère permanent.

La fréquence des levés est bimestrielle.

Afin de préciser les tendances d'évolution des repères en place, des calculs de mouvements sont effectués :

- par rapport au levé précédent (en général deux mois) ;
- par rapport à chaque référence (07/03/2013, 17/04/2014, 29/09/2015, 30/03/2017, 02/10/2017 et 27/01/2022) ;
- sur une période d'une année précédant la campagne (cumulé annuel).

Enfin, pour chaque calcul de déplacement cumulé (ΔXY), le gisement¹ (ou l'azimut) du vecteur, défini par le point de référence et le dernier point mesuré, est déterminé.

Ce compte-rendu a pour objectif de préciser la tendance actuelle des mouvements du sol. L'interprétation des résultats prendra en compte les écarts par rapport au levé précédent et sur la valeur cumulée annuelle.

¹ Le **gisement** d'une direction est l'angle que fait cette direction avec le Nord géographique. Il est compté de 0 à 400 grades dans le sens des aiguilles d'une montre (synonyme d'azimut).

2. Campagne n°53 du 28 juillet 2022 : résultats et commentaires

La campagne s'est déroulée le 28 juillet 2022. Le réseau est aujourd'hui constitué de 104 repères, 103 repères ont été retrouvés et mesurés pour la campagne du 28 juillet 2022.

3. Mouvements verticaux (DZ)

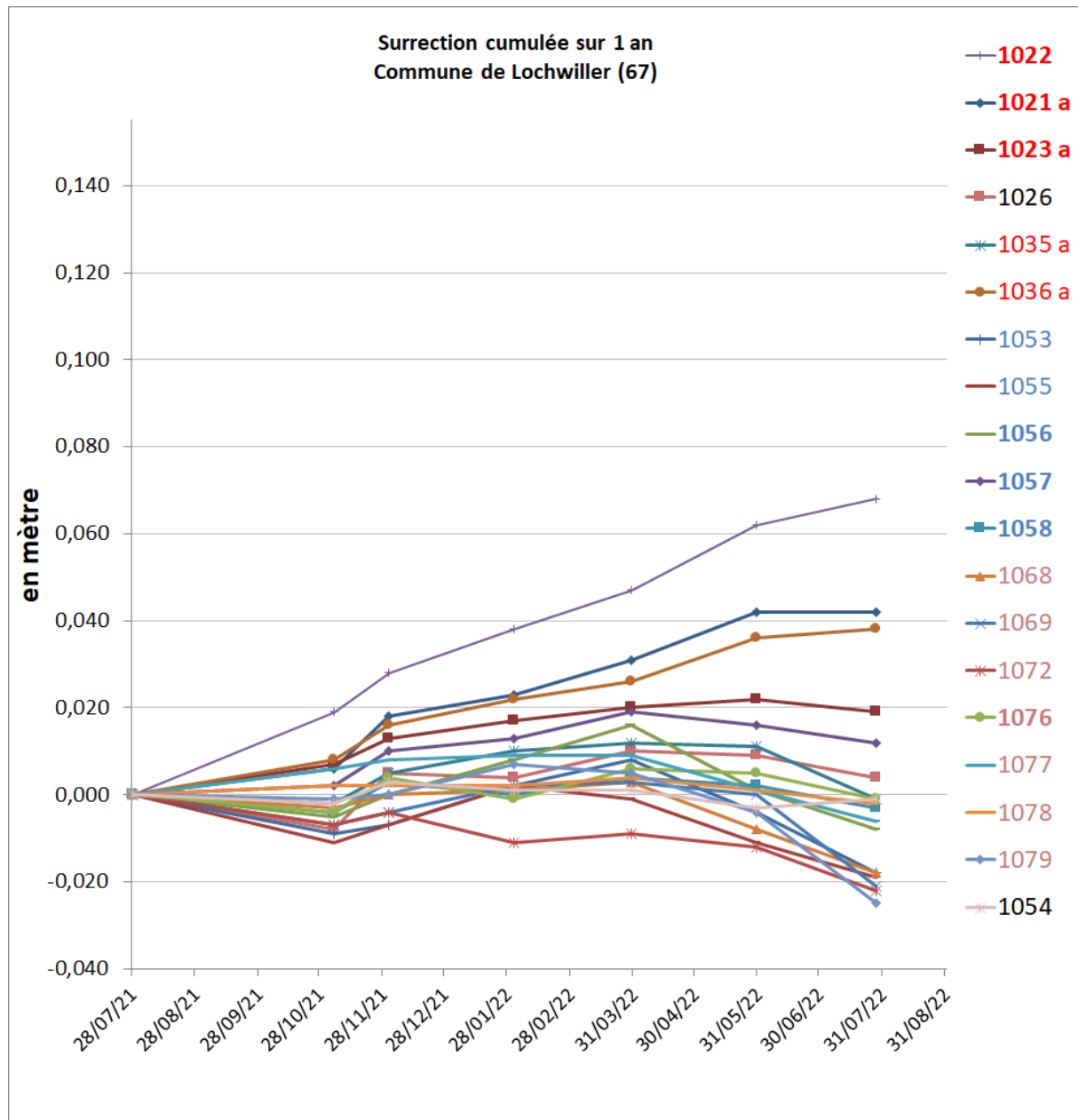
Les graphes ci-après illustrent l'évolution des mouvements verticaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 28 juillet 2021 au 28 juillet 2022) sur un panel de repères représentatif du réseau. Pour plus de clarté, un graphique dédié aux repères relatifs aux mesures de fissuométrie est proposé séparément.

On rappellera que les repères situés au niveau du verger montrent parfois une cinétique de mouvement particulière (R1053, 1055 et 1056). Ils sont généralement représentatifs d'un phénomène de réhydratation des terrains argileux par les pluies météoriques après un épisode de sécheresse été / automne. Ce phénomène se cumule au gonflement initié par l'anhydrite et peut expliquer les tendances mesurées épisodiquement. Cette remarque est valable pour tous les repères situés sur des terrains non imperméabilisés (verger, espaces verts).

On ne peut exclure également le fait que l'on puisse être, localement, en présence d'un phénomène de dissolution du gypse.

3.1. Repères d'auscultation de R1001 à R1089 (hors fissuromètres et déformètres)

L'ensemble des 84 repères d'auscultation, numérotés de R1001 à R1089 (repères implantés en 2013 / 2014, 1^{ère} extension en 2015, 2^{ème} extension en 2017 et 3^{ème} extension en 2022) ont été mesurés.



Les résultats sont repris dans le tableau ci-après. Pour mémoire, on rappellera les valeurs cumulées des repères les plus importantes, par rapport aux dates de référence.

N° repère	Date de référence	Cumulé (par rapport à la référence)	Cumulé annuel (référence au 28/07/2021)	Tendance (partiel) (référence au 30/05/2022)
R 1021 a	07/03/2013	108,2 cm	4,2 cm	+ 0 cm
R 1022	07/03/2013	132,8 cm	6,8 cm	+ 0,6 cm
R 1023 a	07/03/2013	46,3 cm	1,9 cm	- 0,3 cm
R 1036 a	07/03/2013	87,9 cm	3,8 cm	+ 0,2 cm
R 1055	29/09/2015	3,6 cm	- 1,9 cm	- 0,8 cm
R 1056	29/09/2015	16,5 cm	- 0,8 cm	- 0,9 cm
R 1057	29/09/2015	42,9 cm	1,2 cm	- 0,4 cm
R 1070	30/03/2017	2,9 cm	- 2,5 cm	- 2,3 cm

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 132,8 cm sur le point R1022 (+ 0 cm par rapport à la campagne de mai 2022 - impasse du Koellberg).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence du 28 juillet 2021) atteint 6,8 cm sur ce point.

Le point R1022 présente la plus forte tendance à la surrection (partiel + 0,6 cm).

Les mouvements de surrection en valeurs cumulées annuelles les plus importants se situent au niveau de l'impasse du Koellberg (R1021a, R1022, R1036 a), au niveau du verger au sud du lotissement, de part et d'autre des zones crevassées (R1055, R1056).

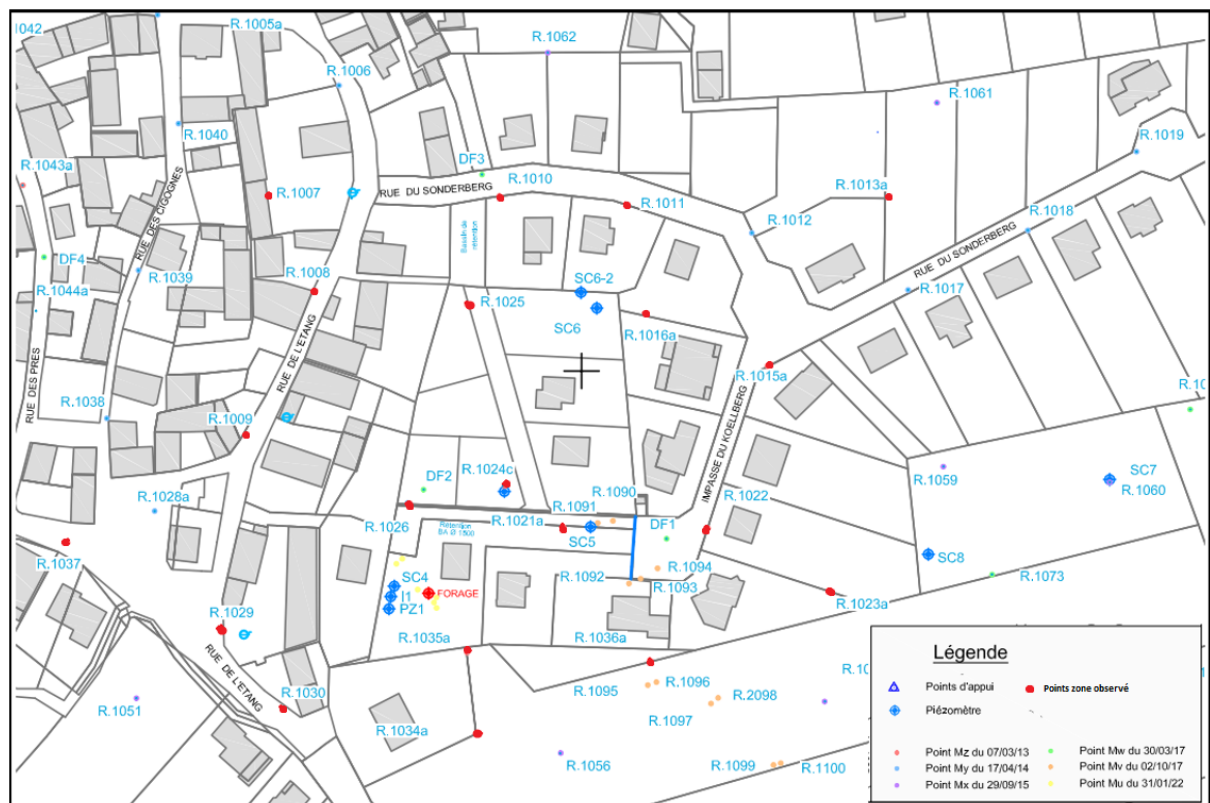
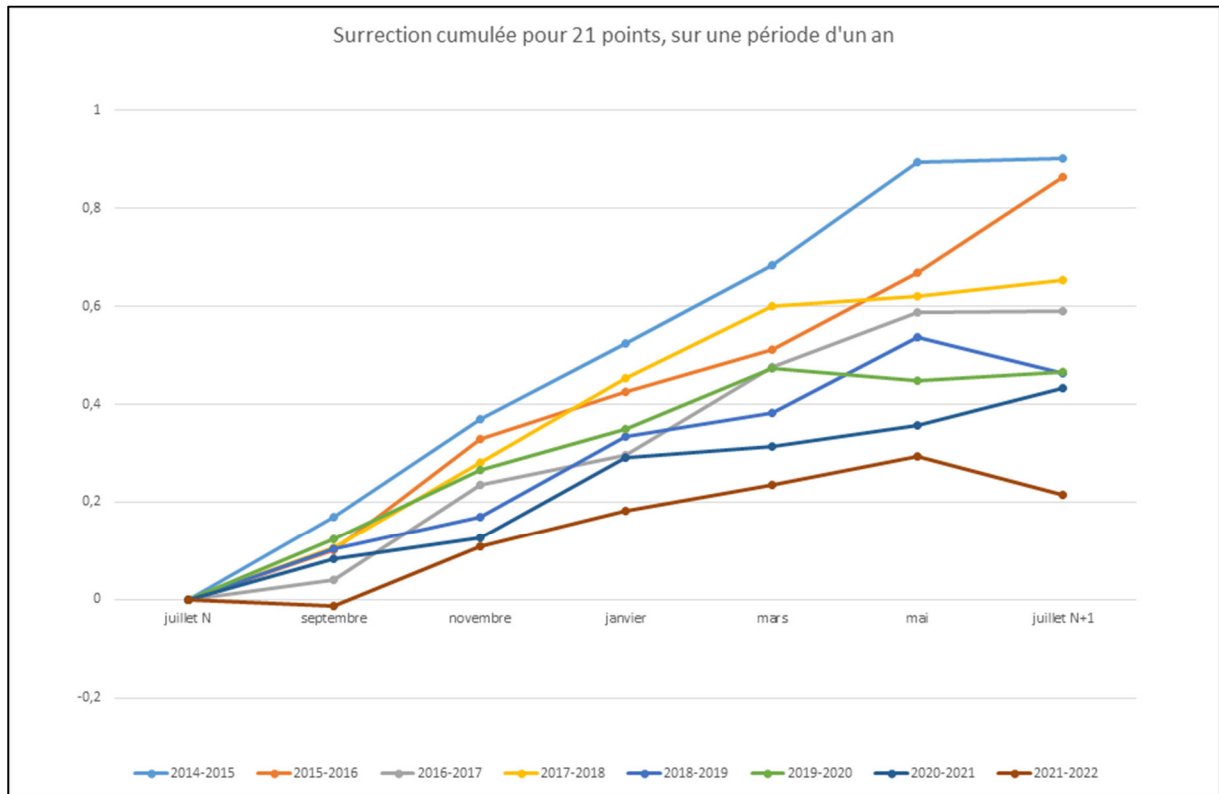
Après une forte période de sécheresse survenue pendant l'été, corrélée avec le rabattement continu des nappes dans le pilote de rabattement FRAB-1, nous observons que les mouvements sur l'altimétrie sont moins importants. Par exemple, le repère 1022 ne montre pas de mouvement par rapport à la campagne précédente et 72 % des repères nous montrent une évolution négative pour la période mai-juillet 2022, notamment le repère R1070 avec une valeur de - 2,3 cm.

3.2. Evolution annuelle de la surrection de 21 points

Le graphique ci-après représente la surrection cumulée de 21 points surveillés depuis 2013 et dans la zone d'influence du phénomène, pour des périodes d'un an (de juillet à juillet de l'année suivante).

L'année écoulée, qui fait suite à la mise en route du pilote de rabattement, est marquée par une surrection cumulée de ces points moins importante que les années précédentes (environ 0,2 m sur la période 2021-2022 contre plus de 0,4 m les années précédentes).

Toutefois, en plus de la mise en route du pompage, l'année écoulée fut marquée par un été particulièrement sec. Il est difficile à ce stade d'évaluer l'impact de cette sécheresse sur le ralentissement ainsi observé.



Nous remarquons également une certaine saisonnalité du phénomène de surrection, avec des mouvements plus marqués au printemps et en automne. Ceci pourrait être expliqué par une influence de la pluviométrie.

Pour limiter ceci, nous vous suggérons d'entreprendre une étude et des travaux afin de limiter les apports d'eaux des réseaux d'assainissement défectueux pouvant s'infiltrer dans les terrains, particulièrement au niveau des crevasses.

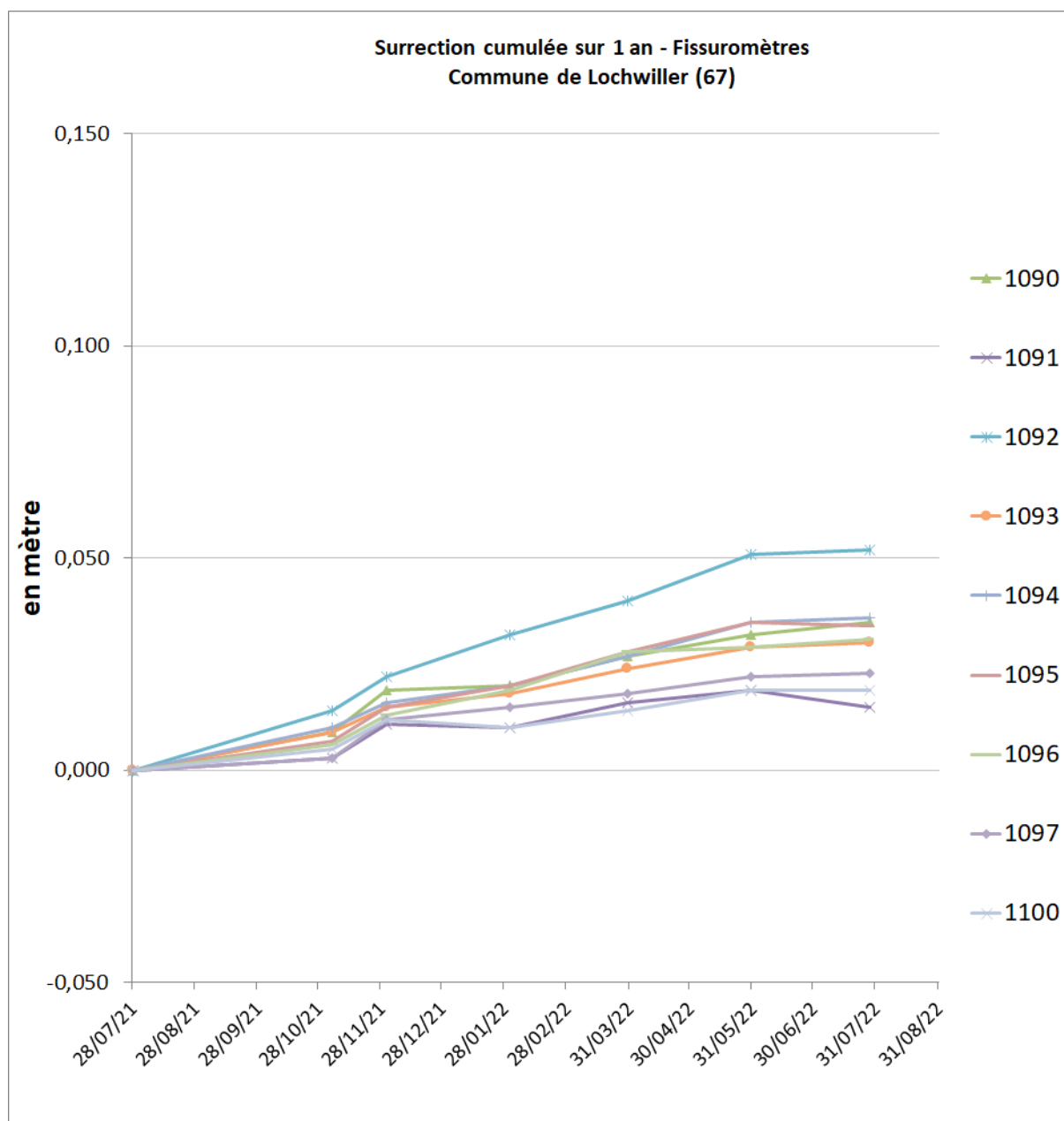
3.3. Repères attachés au suivi des crevasses (R1090 à R1100)

Le graphe ci-dessous concerne les 11 repères attachés aux mesures de fissurométrie (repères implantés le 2 octobre 2017).

Aucun repère ne présente de mouvement significatif par rapport à la mesure précédente ; deux repères (R1091 et 2098) ont un mouvement maximum de -0,4 cm et 0,4 sur 2 mois. Les mouvements verticaux, sur deux mois, sont compris entre - 0,4 et 0,4 cm (voir fichier « synthèse des relevés », onglet « synthèse globale »).

La valeur cumulée sur un an est comprise entre 3,0 et 5,2 cm.

La valeur cumulée par rapport à la date de référence (2 octobre 2017) est comprise entre 16 cm et 42,3 cm.



3.4. Calcul des vitesses des mouvements verticaux (DZ) sur les repères remarquables de l'ensemble du réseau

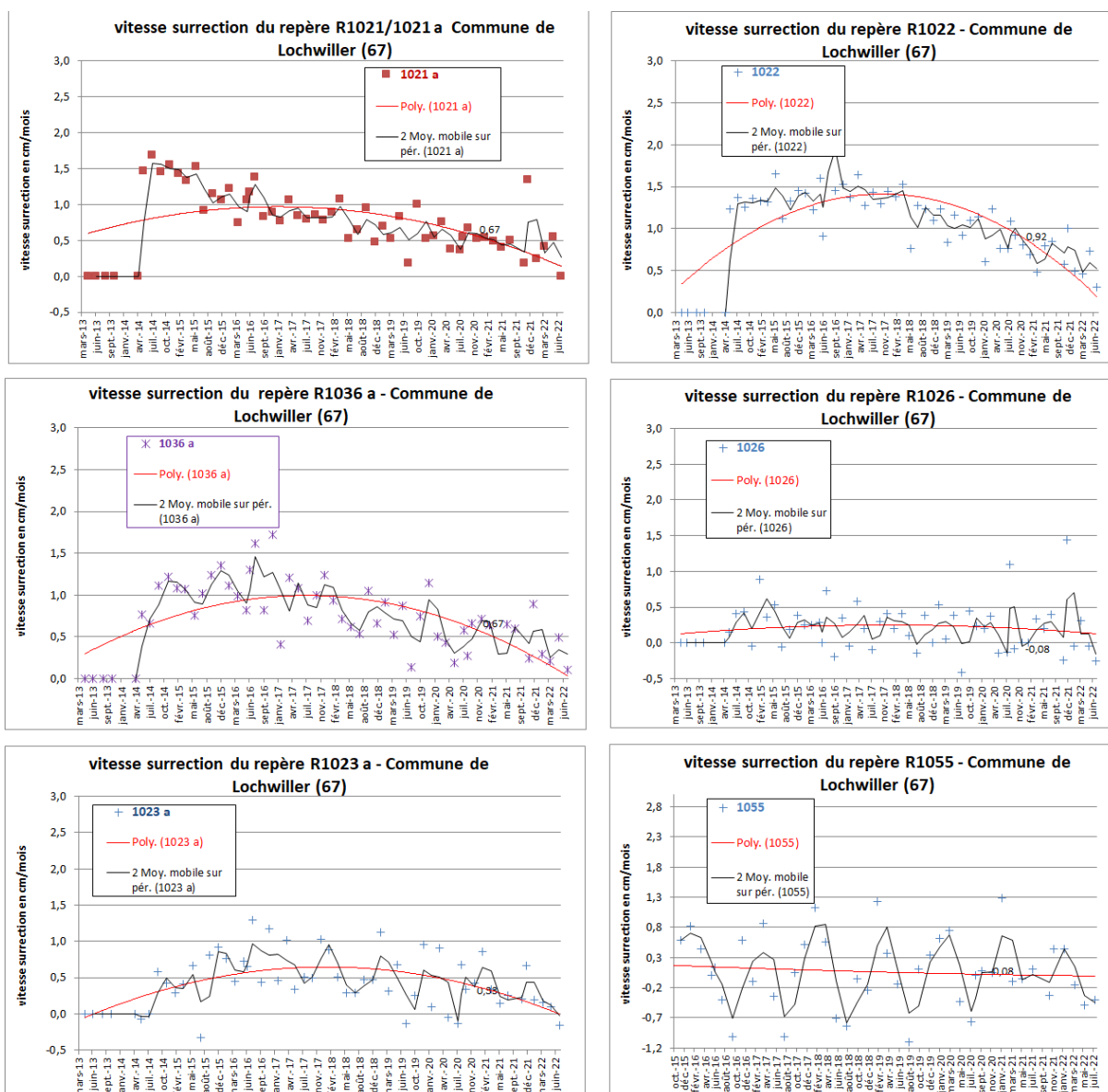
Afin de disposer d'une bonne approche de la tendance évolutive des mouvements verticaux, un calcul des vitesses a été effectué entre les différentes campagnes de mesures sur l'ensemble des repères. Seuls les résultats des points présentant des vitesses actuelles significatives ont été reportés dans les graphes ci-dessous. Deux types de courbes de tendance sont proposés :

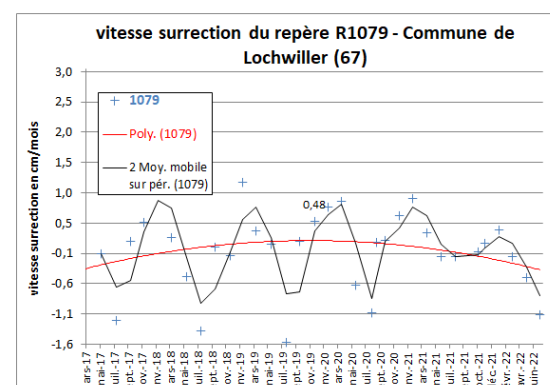
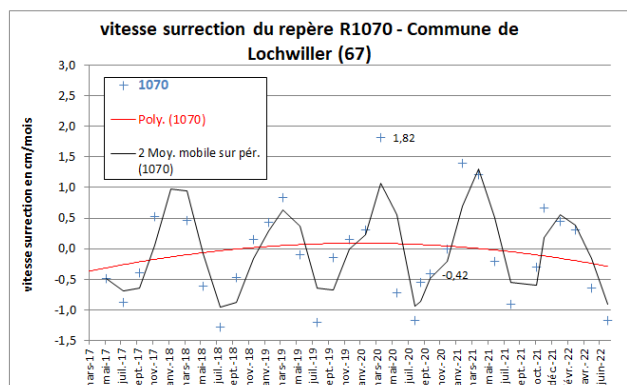
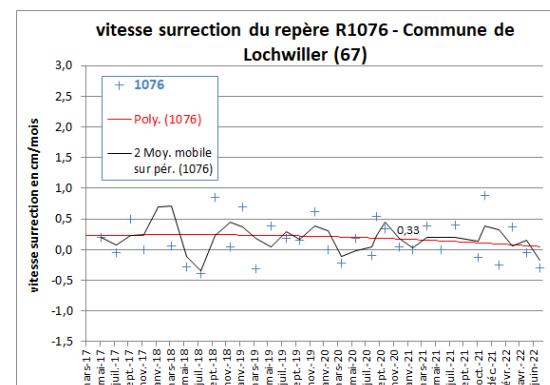
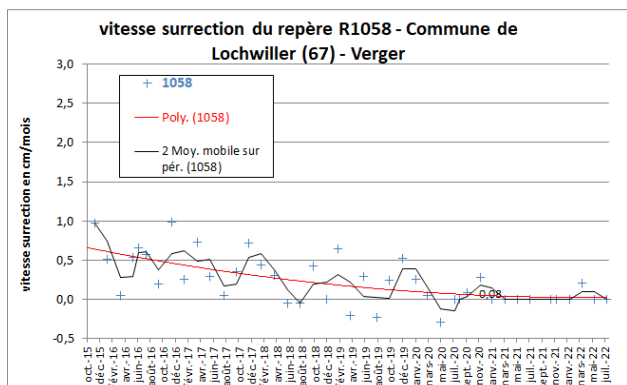
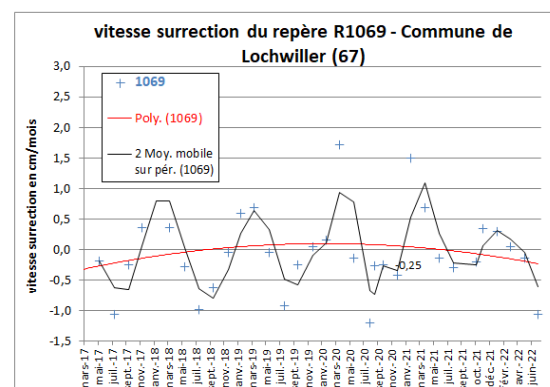
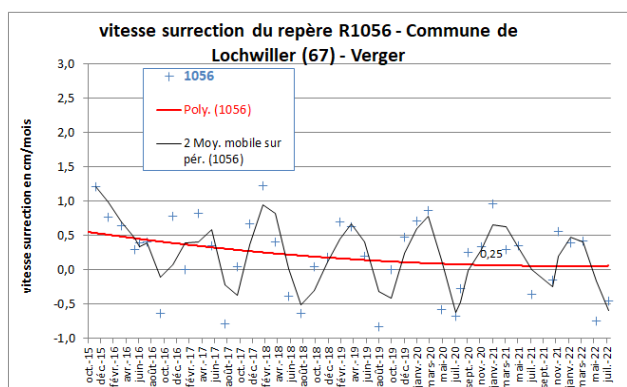
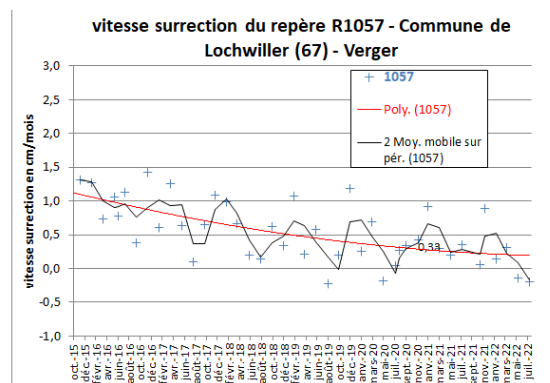
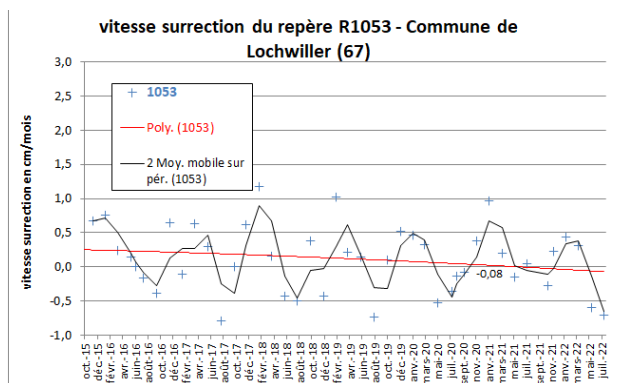
- courbes de tendance Polynomiale (2) : vitesses lissées, peu influencées par des éléments extérieurs (météorologie),
- courbes de tendance Moyenne mobile (2) : vitesses hétérogènes, influencées par des éléments extérieurs (météorologie).

Les valeurs négatives correspondent à des tassements, les valeurs positives à une surrection.

La vitesse actuelle est calculée sur la base des deux dernières campagnes. Elle se situe entre 0 cm et + 0,75 cm / 2 mois.

Une tendance à la baisse (décélération) ou à la stabilité de la vitesse de surrection a été observée pour la majorité des repères pour la campagne de juillet 2022, sans prendre en compte les fissuromètres. On note toutefois, par période, des fluctuations de cette vitesse sur certains repères implantés sur des sols susceptibles d'être influencés par les conditions météorologiques. Le calcul des vitesses indique clairement l'impact des conditions climatiques sur les mesures.



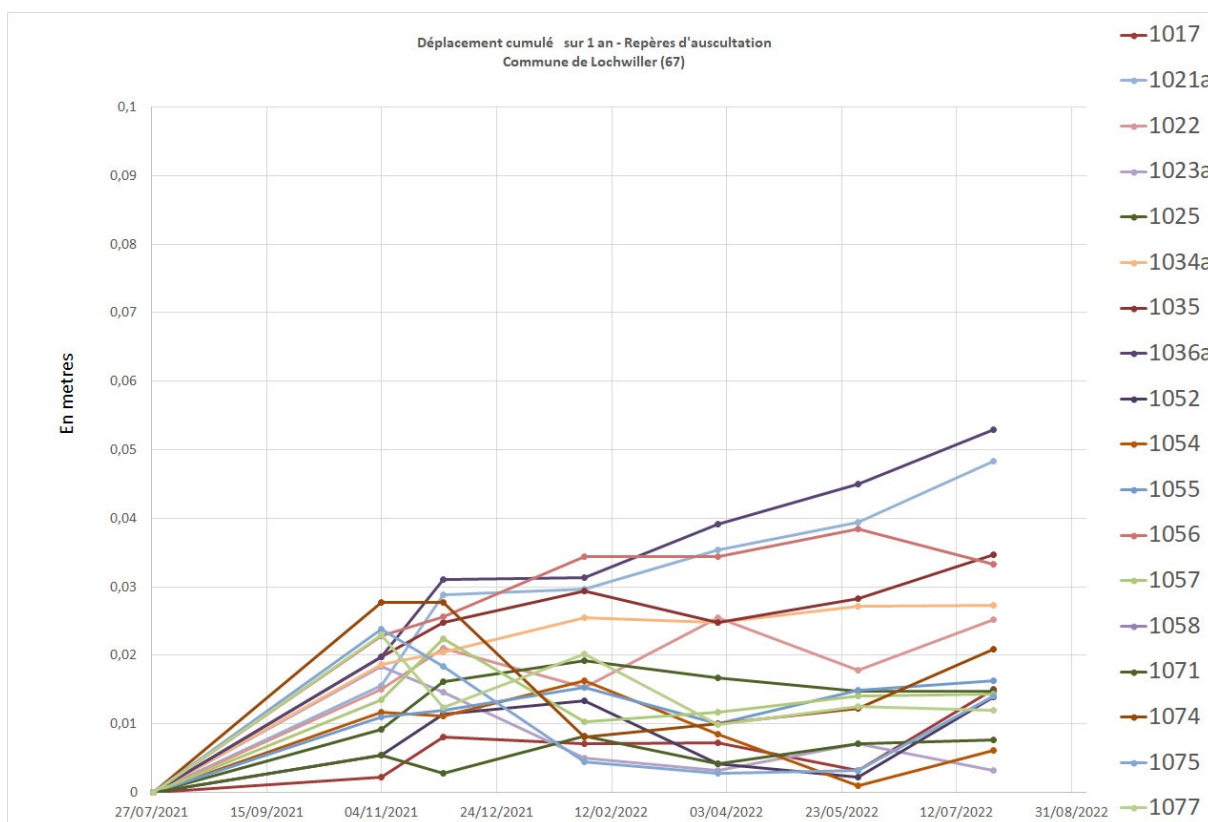


4. Déplacements horizontaux (DXY)

Les graphes ci-après illustrent l'évolution des déplacements horizontaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 28 juillet 2021 au 28 juillet 2022).

4.1. Repères d'auscultation de R1001 à R1089 (hors fissuromètres)

Le graphe ci-dessous concerne 86 repères d'auscultation, numérotés de R1001 à R1089 (repères implantés en 2013 / 2014, 1^{ère} extension en 2015 et 2^{ème} extension en 2017).



Les résultats sont repris dans le tableau ci-après. Pour mémoire, on rappellera les valeurs cumulées par rapport aux dates de référence.

N° repère	Date de référence	Cumulé (par rapport à la référence)	Cumulé annuel (référence au 28/07/2021)	Tendance (partiel) (référence au 30/05/2022)	Gis. (en grade) (réf. au 28/07/2021)	Gis. (en grade) (réf. origine)
R 1036 a	07/03/2013	93,1 cm	3,5 cm	0,9 cm	224,566	253,701
R 1026	17/04/2014	50,0 cm	2,3 cm	1,1 cm	255,772	287,708
R 1034 a	17/04/2014	49,6 cm	1,3 cm	0,4 cm	257,646	190,282
R 1035 a	07/03/2013	69,7 cm	1,6 cm	1,0 cm	262,599	220,483
R 1021 a	07/03/2013	69,7 cm	3,3 cm	0,9 cm	276,487	278,526
R 1053	29/09/2015	37,7 cm	1,1 cm	0,5 cm	245,762	246,778
R 1055	29/09/2015	18,3 cm	0,6 cm	0,3 cm	157,045	222,352
R 1056	29/09/2015	47,1 cm	1,6 cm	0,8 cm	203,974	256,516
R 1076	30/03/2017	14,9 cm	0,9 cm	1,1 cm	129,517	194,884

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 93,1 cm sur le point R1036a (+ 0,9 cm par rapport à la campagne précédente).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence au 30 mai 2021) atteint 3,5 cm sur ce point.

Le déplacement partiel (par rapport au levé précédent du 30 mai 2022, c'est-à-dire sur deux mois) le plus important est observé sur les repères R1035a (+1,0 cm), R1035a et R1076 (+1,1 cm). L'azimut des déplacements observé sur la carte « Cumul annuel de juillet 2021 à juillet 2022 » est quasi inchangé et généralement orienté :

- ouest / sud-ouest pour les points R1024 a, R1021a, R1036a, R1026, R1034a, R1035a, R1036a, R1053, 1055 et 1056 ;
- nord / nord-ouest pour les points R1010, R1016, R1022 et R1025 ;
- est / nord-est pour les points R1023a, R1057, 1058, 1059 et 1060.

L'analyse des déplacements sur l'ensemble de la zone en mouvement nous montre une direction préférentielle : sud-ouest.

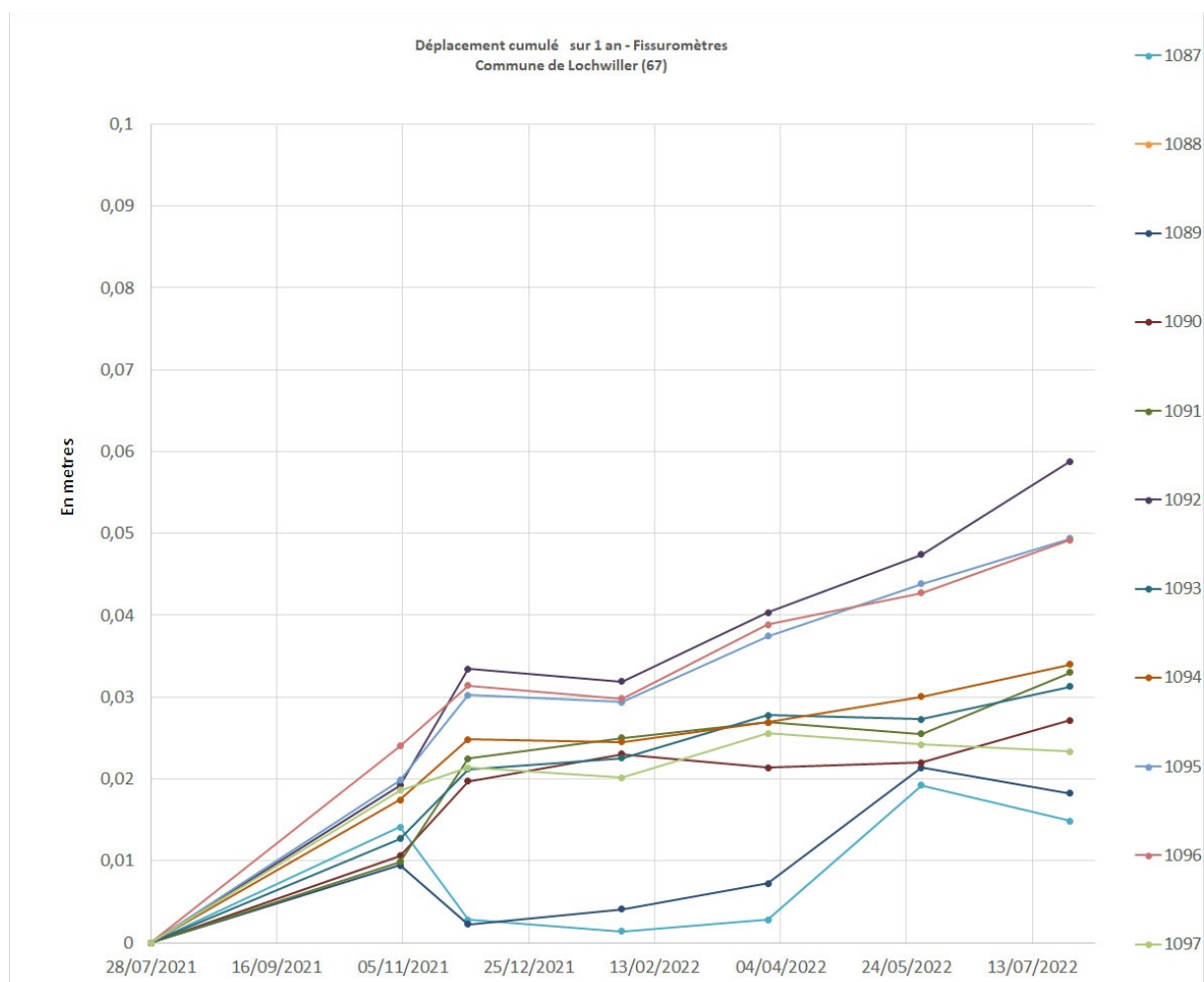
L'azimut des déplacements par rapport au point d'origine a été calculé pour mieux observer le comportement du mouvement de la colline. La direction du déplacement reste quasiment constante depuis l'origine de la mesure des mouvements de terrains. Nous pouvons raisonnablement penser que ces mouvements de directions opposées sont à l'origine des crevasses et que ces dernières seront probablement amenées à évoluer.

4.2. Repères attachés au suivi des crevasses (R1090 à R1100)

Le graphe ci-après concerne les 11 repères attachés aux mesures de fissurométrie (repères implantés le 2 octobre 2017).

Les mouvements horizontaux, sur deux mois, sont compris entre 0,3 cm et 1,1 cm (voir « synthèse des relevés », onglet « synthèse globale »).

Les valeurs cumulées annuelles sont comprises entre 0,6 cm et 4 cm. La valeur cumulée par rapport à la date de référence (2 octobre 2017) est comprise entre 17,4 et 35,1 cm.

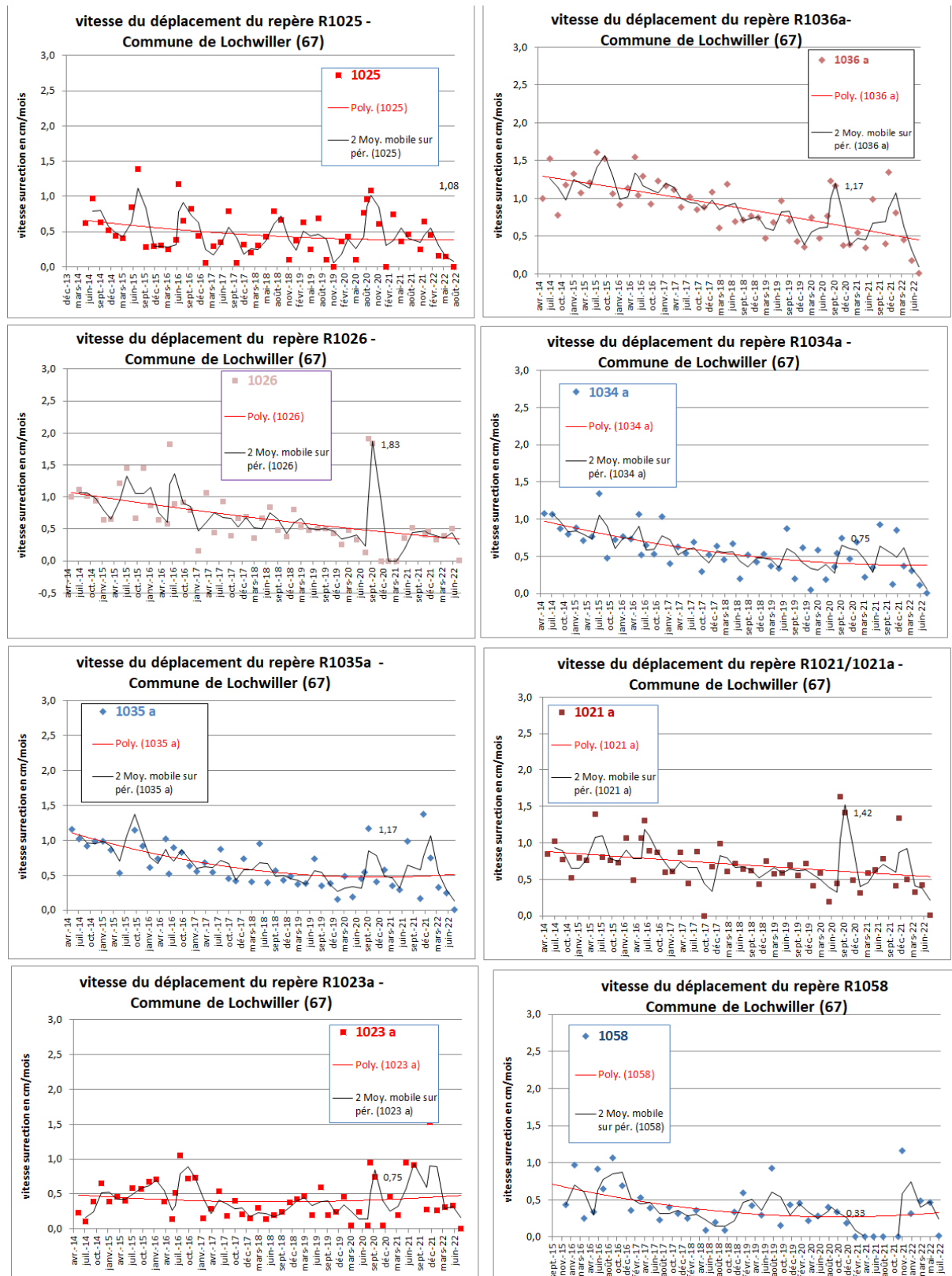


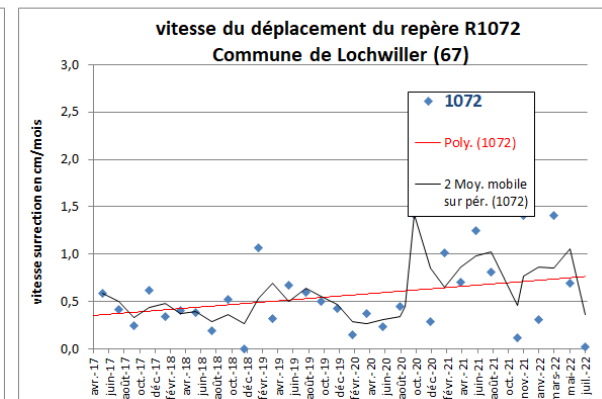
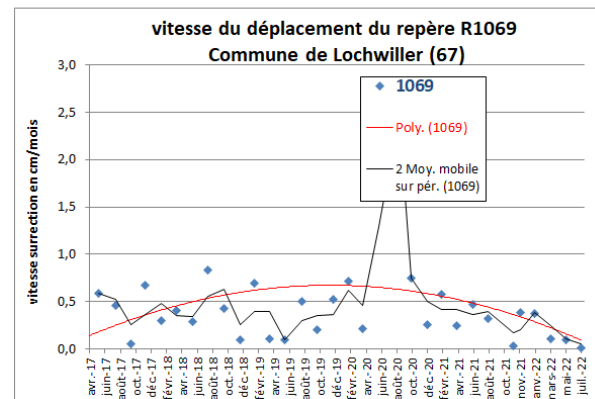
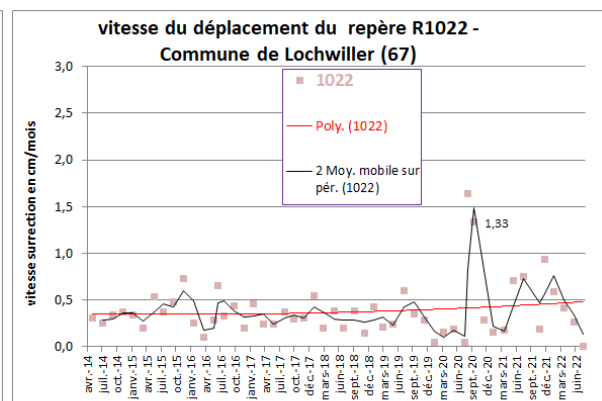
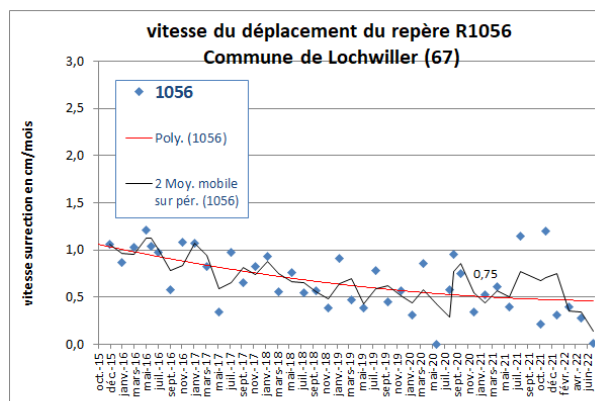
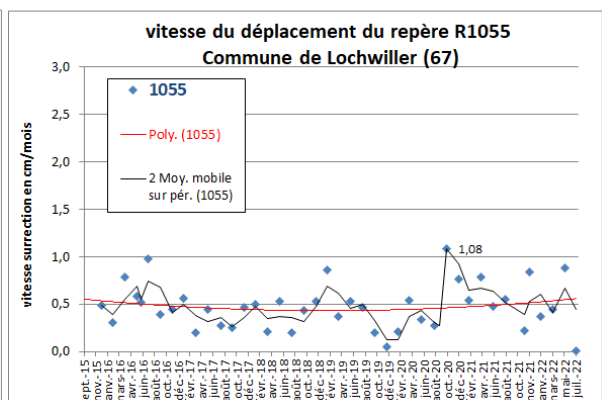
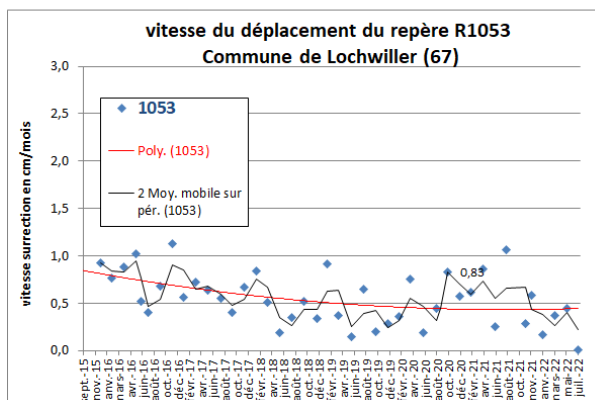
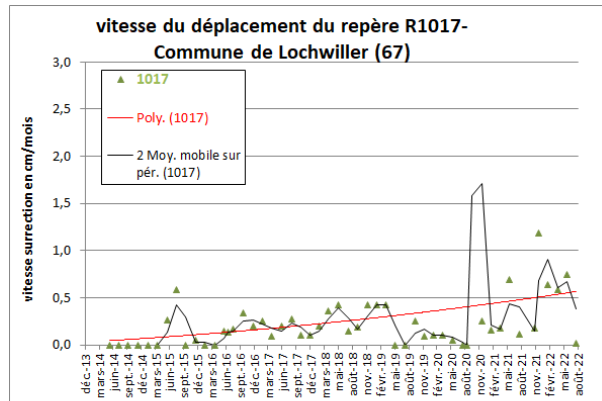
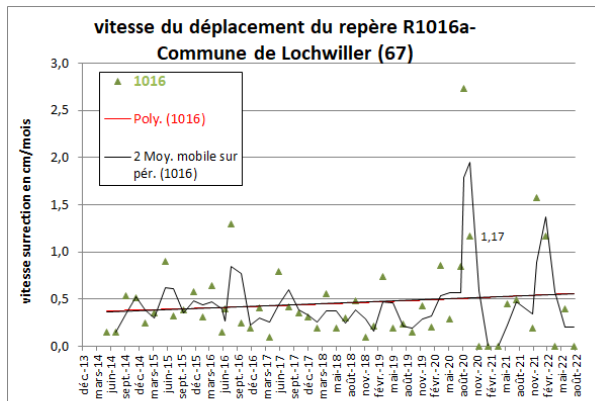
4.3. Calcul des vitesses des déplacements horizontaux (DXY) sur les repères remarquables de l'ensemble du réseau

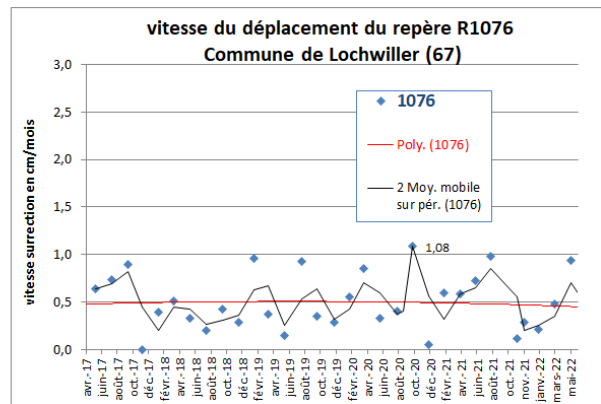
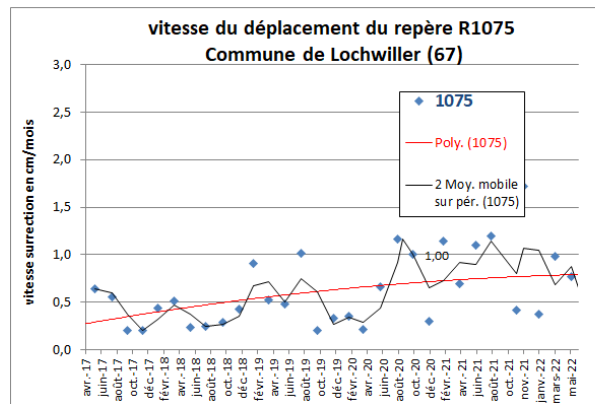
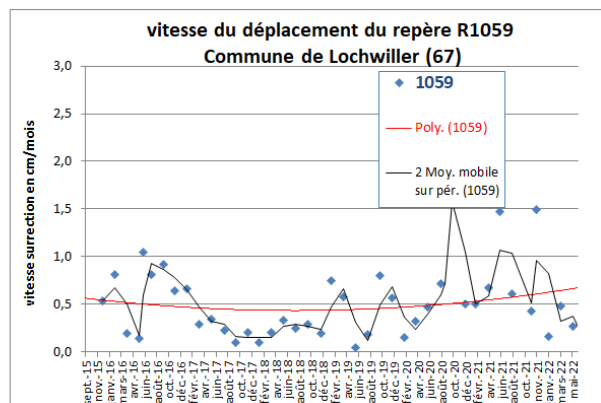
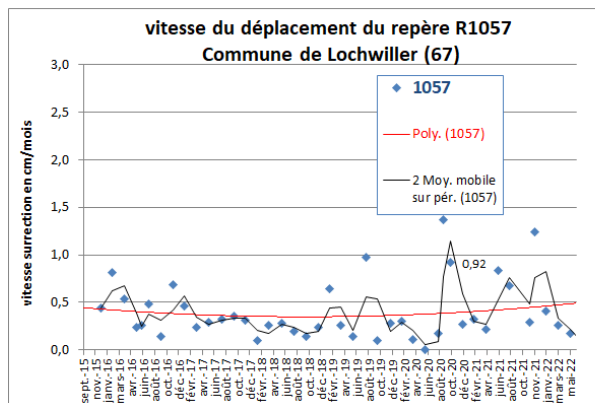
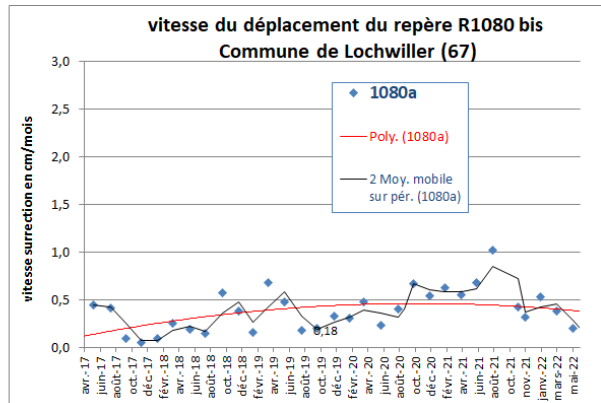
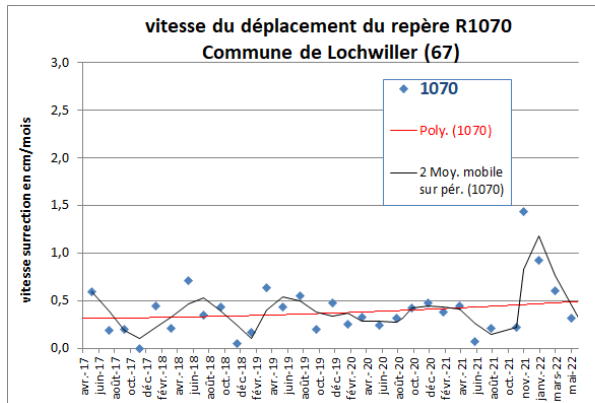
Afin de disposer d'une bonne approche de la tendance évolutive des mouvements horizontaux, un calcul des vitesses a été effectué entre les différentes campagnes de mesures sur les repères les plus remarquables. Comme pour les mouvements verticaux, deux types de courbes de tendance sont proposées : Polynomiale et Moyenne mobile. Les résultats sont reportés dans les graphes ci-dessous.

La vitesse actuelle calculée **sur la base des deux dernières campagnes** se situe entre + 0 et 0,39 cm / 2 mois (campagne précédente + 0 et 0,9 cm / 2 mois).

La tendance générale pour la dernière campagne est à la stabilité, voire à la baisse des vitesses de déplacement avec des fluctuations plus ou moins importantes selon la nature des sols.





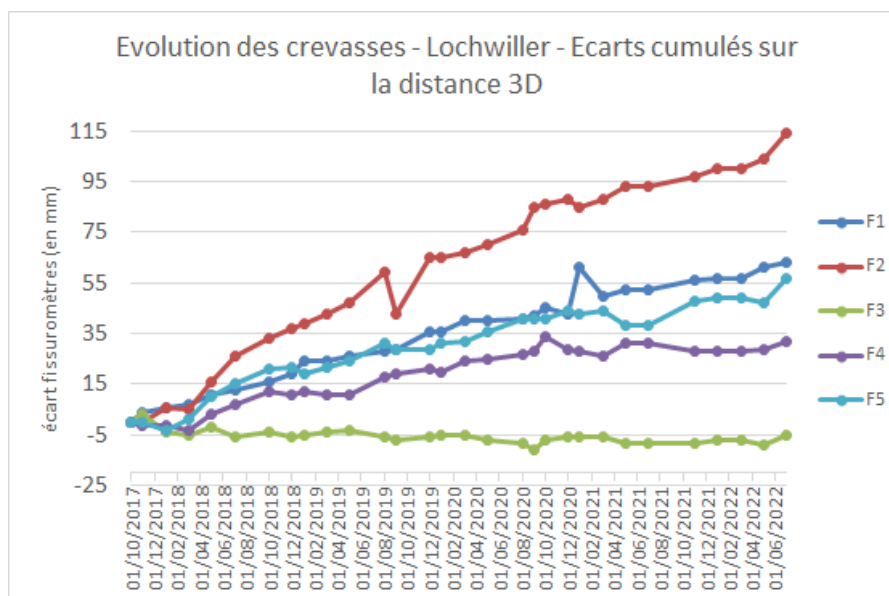


6. Mesures de fissurométrie (voir tableau de synthèse et plan « Zones de crevasses » annexés).

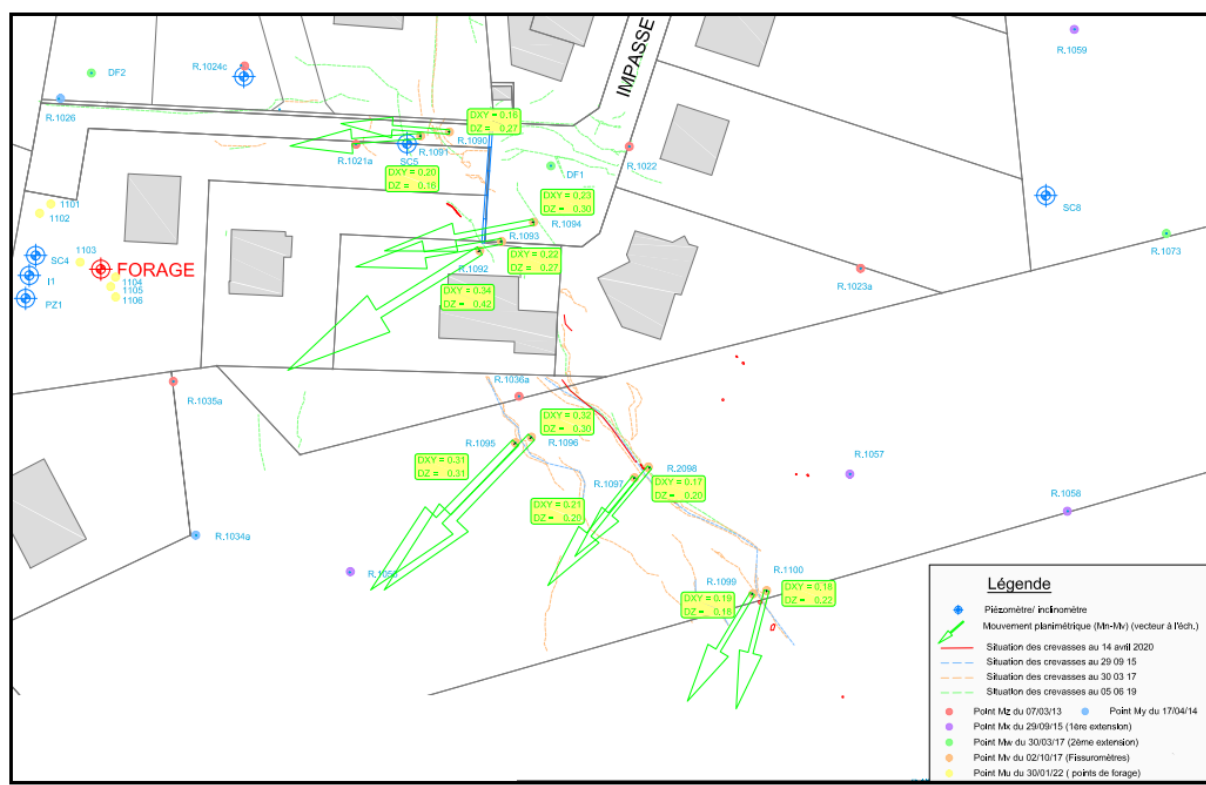
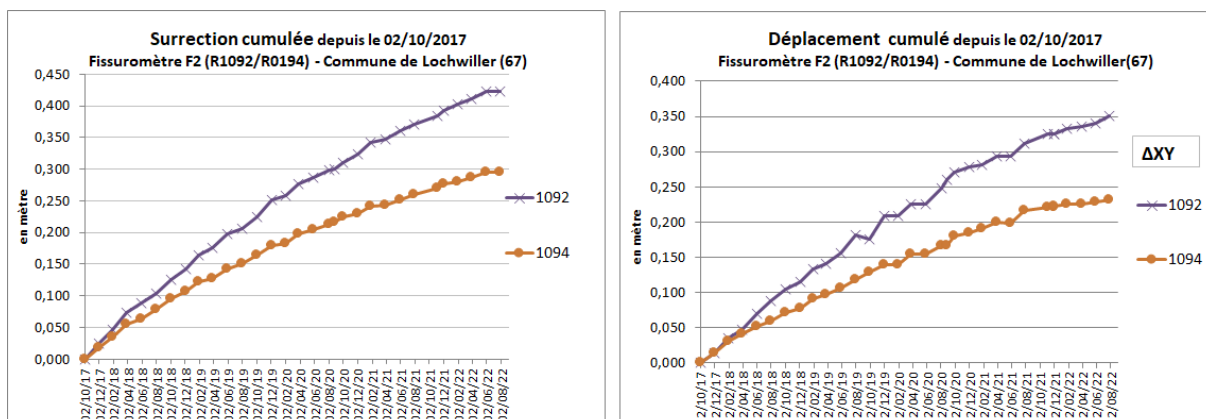
Les distances 3D ont été calculées au niveau de chaque fissuromètre. L'écart maximum est mesuré sur le fissuromètre F2 sur la place de l'impasse Koellberg. Il est de 11,4 cm en valeur cumulée par rapport à l'origine.

Fissuromètre	Points	distance entre fissuro	distance entre fissuro	distance entre fissuro	écart (réf. levé)	écart (réf. à l'origine)	
F 1	1090	4,438	4,497	4,501	0,004	0,063	Impasse du Koellberg
	1091						
F 2	1092	9,191	9,299	9,306	0,007	0,114	Place du Koellberg
	1093						
	1094						
F 3	1095	2,577	2,570	2,572	0,002	-0,005	verger
	1096						
F 4	1097	2,887	2,918	2,919	0,001	0,032	verger
	1098						
F 5	1099	2,220	2,272	2,277	0,004	0,057	verger
	1100						

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution des écarts sur les cinq fissuromètres depuis leur implantation (distance 3D).



Les graphiques ci-après montrent l'évolution des deux repères attachés au fissuromètre F2 (repères R1092 et R1094 distants d'une dizaine de mètres environ). On observe un léger différentiel sur la composante Z (surrection) et sur la composante XY (déplacement).



Plan de situation des crevasses et des fissuromètres

Plans et mesures

Les plans et le fichier des mesures réalisées le 28 juillet 2022 sont fournis en annexes.

7. Conclusion

Les résultats du levé topographique (altitude et planimétrie) de la campagne du 28 juillet 2022 indiquent :

- une poursuite des mouvements de surrection du sol au niveau de l'impasse. La valeur maximale de surrection est mesurée sur le repère R1022 et atteint **+ 132,8 cm** en référence au levé du 7 mars 2013 et **+ 6,8 cm** sur une période d'un an ;
- un calcul des vitesses a été effectué entre les différentes campagnes de mesures sur l'ensemble des repères. Pour cette campagne, elles se situent entre **0 et + 0,75 cm** (surrection) pour deux mois ;
- une poursuite des déplacements horizontaux avec une valeur maximale sur le repère R1036a de **93,1 cm** en référence au levé du 7 mars 2013 et de **3,5 cm** sur une période d'un an selon un même azimut (ouest) ;
- des vitesses de déplacements horizontaux ont été calculées. Elles se situent entre **0 et 0,39 cm / 2 mois** ;
- les distances 3D ont été calculées au niveau des cinq fissuromètres. L'écart maximum (écart entre la distance à l'origine et la distance au levé précédent) est mesuré sur la place de l'impasse Koellberg (F2 avec 11,4 cm en ouverture).

Malgré un évènement de plus forte intensité en décembre 2021, si les mouvements de surrection et de déplacement se poursuivent, c'est avec une intensité globalement plus modérée depuis juillet 2021.

Nous observons que les mouvements de surrection de la présente campagne sont faibles, avec même 72 % des repères qui montrent une évolution à la baisse par rapport à la campagne de mai 2022.

Nous pouvons également observer que l'année écoulée, qui fait suite à la mise en route du pilote de rabattement, est marquée par une surrection moins importante que les années précédentes.

Toutefois, en plus de la mise en route du pompage, l'année écoulée fut marquée par un été particulièrement sec. Il est difficile à ce stade d'évaluer l'impact de cette sécheresse sur le ralentissement ainsi observé.

Enfin, nous suggérons d'entreprendre une étude et des travaux pour limiter les apports d'eaux des réseaux d'assainissement défectueux pouvant s'infiltrer dans les terrains, particulièrement au niveau des crevasses.