




Réf. : DRP/DPSM/UTAM-Est/2022-178/EI

le 8 mars 2022

LOCHWILLER – ANALYSE DES MESURES TOPOGRAPHIQUES	
Rédacteur : E. IATAN	Entité : DRP/DPSM/UTAM EST
Projet : Lochwiller – Mesures topographiques	Numéro : AM21EST008
Date : 28/07/2021	Lieu : Freyming-Merlebach
Objet : Résultats de la campagne de mesures n°47 du 28 juillet 2021	
Diffusion interne : participants + N. KOEBERLÉ, V. QUÉRÉ, M. THIBERT	
Diffusion externe : DREAL Grand-Est : P. HANOCQ, V. BLANCHARD	
GÉODERIS : 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'Étang, 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.

Depuis juin 2020, les travaux de réalisation du dispositif de pilote de rabattement sont en cours.

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.

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 2 mois) ;
- par rapport à chaque référence (07/03/2013, 17/04/2014, 29/09/2015, 30/03/2017 et 02/10/2017) ;
- 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.

Nota :

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

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°47 du 28 juillet 2021 : résultats et commentaires

La campagne s'est déroulée le 28 juillet 2021. Le réseau est aujourd'hui constitué de 98 repères. Les 98 repères ont été retrouvés et mesurés.

3. Mouvements verticaux (DZ)

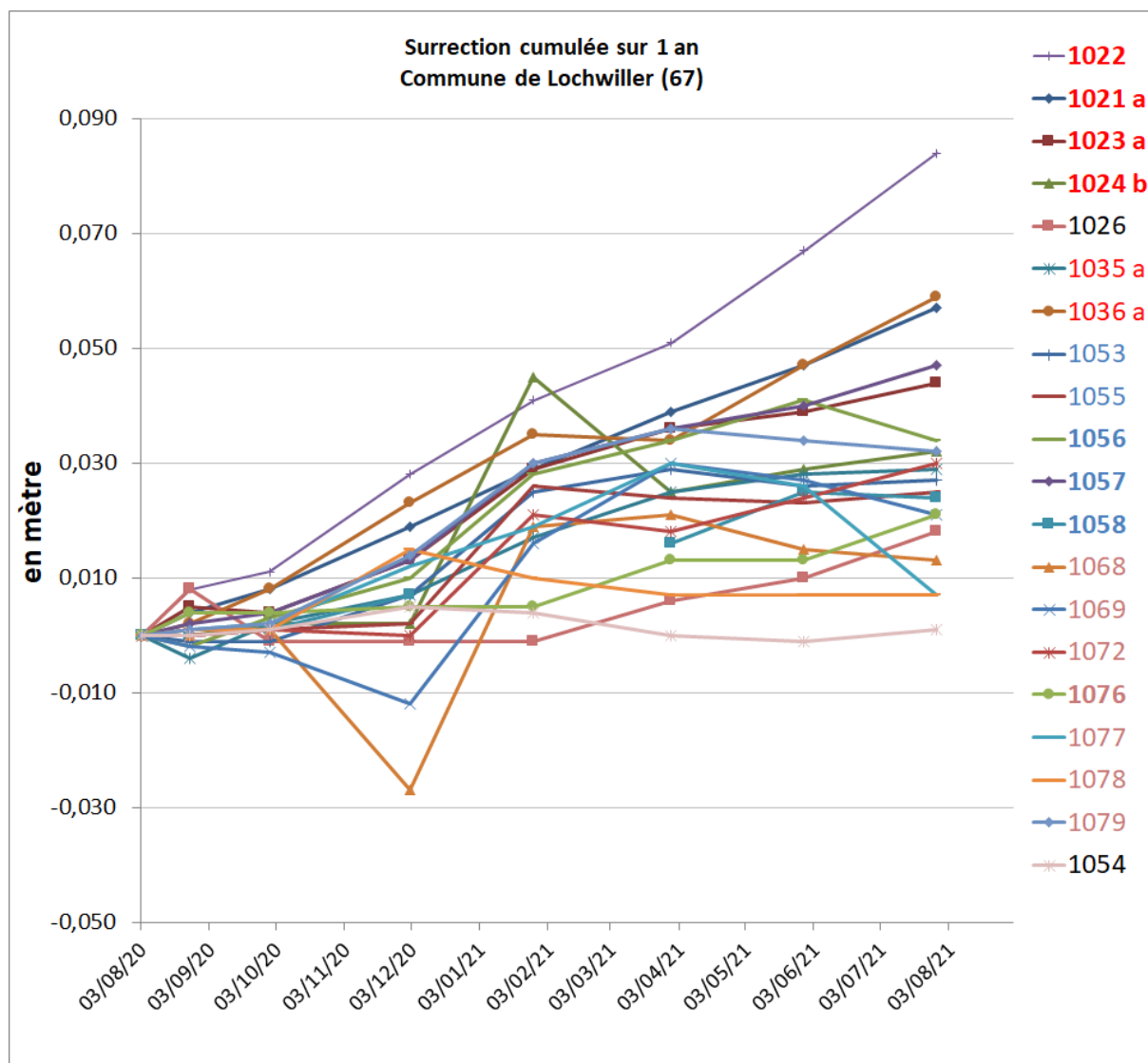
Les graphes ci-après illustrent l'évolution des mouvements verticaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 25 août 2020 au 28 juillet 2021) sur un panel de repères représentatif du réseau. Pour plus de clarté, un graphique dédié aux repères relatifs aux mesures de fissurométrie est proposé 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. 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)

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), ont été mesurés.



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

N° repère	Date de référence	Cumulé (par rapport à la référence)	Cumulé annuel (référence au 25/08/2020)	Tendance (partiel) (référence au 26/05/2021)
R 1021 a	07/03/2013	104,0 cm	6,1 cm	+ 1,0 cm
R 1022	07/03/2013	126,0 cm	9,2 cm	+ 1,7 cm
R 1023 a	07/03/2013	49,0 cm	4,9 cm	+ 0,5 cm
R 1024 b	07/03/2013	81,3 cm	N/L	- 0,3 cm
R 1036 a	07/03/2013	84,1 cm	6,1 cm	- 1,2 cm
R 1055	29/09/2015	5,5 cm	2,5 cm	+ 0,2 cm
R 1056	29/09/2015	16,4 cm	3,2 cm	- 0,7 cm
R 1057	29/09/2015	41,7 cm	4,9 cm	+ 0,7 cm
R 1060	30/03/2017	5,1 cm	4,6 cm	- 4,9 cm
R 1070	30/03/2017	2,0 cm	2,0 cm	- 1,8 cm
R 1077	30/03/2017	0,7 cm	0,8 cm	- 1,9 cm
R 1079	30/03/2017	1,3 cm	3,3 cm	+ 0,2 cm

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 126 cm sur le point R1022 (+1,7 cm par rapport à la campagne du 25 mai 2021 - impasse du Koellberg).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence du 25 août 2020) atteint 9,2 cm sur ce point. Les points R1021a et R1022 présentent les plus fortes tendances à la surrection (partiel +1 et +1,7 cm respectivement).

Un léger tassement est observé sur les repères R1036a, R1060, R1070 et R1077 avec des valeurs comprises entre -4,9 cm et -1,2 cm. Le point R1060 semble être perturbé par des facteurs externes, car les points situés autour ne montrent pas une tendance similaire.

Au vu de l'emplacement des points R1070 et R1077, on peut considérer que ces deux repères sont affectés par des événements climatiques.

Les mouvements de surrection en valeurs cumulées annuelles les plus importants se situent également au niveau de l'impasse du Koellberg (R1021a, R1022). On note aussi de forts mouvements cumulés sur un an au niveau du verger au sud du lotissement, de part et d'autre des zones crevassées (R1036a, R1060, R1070 et R1077).

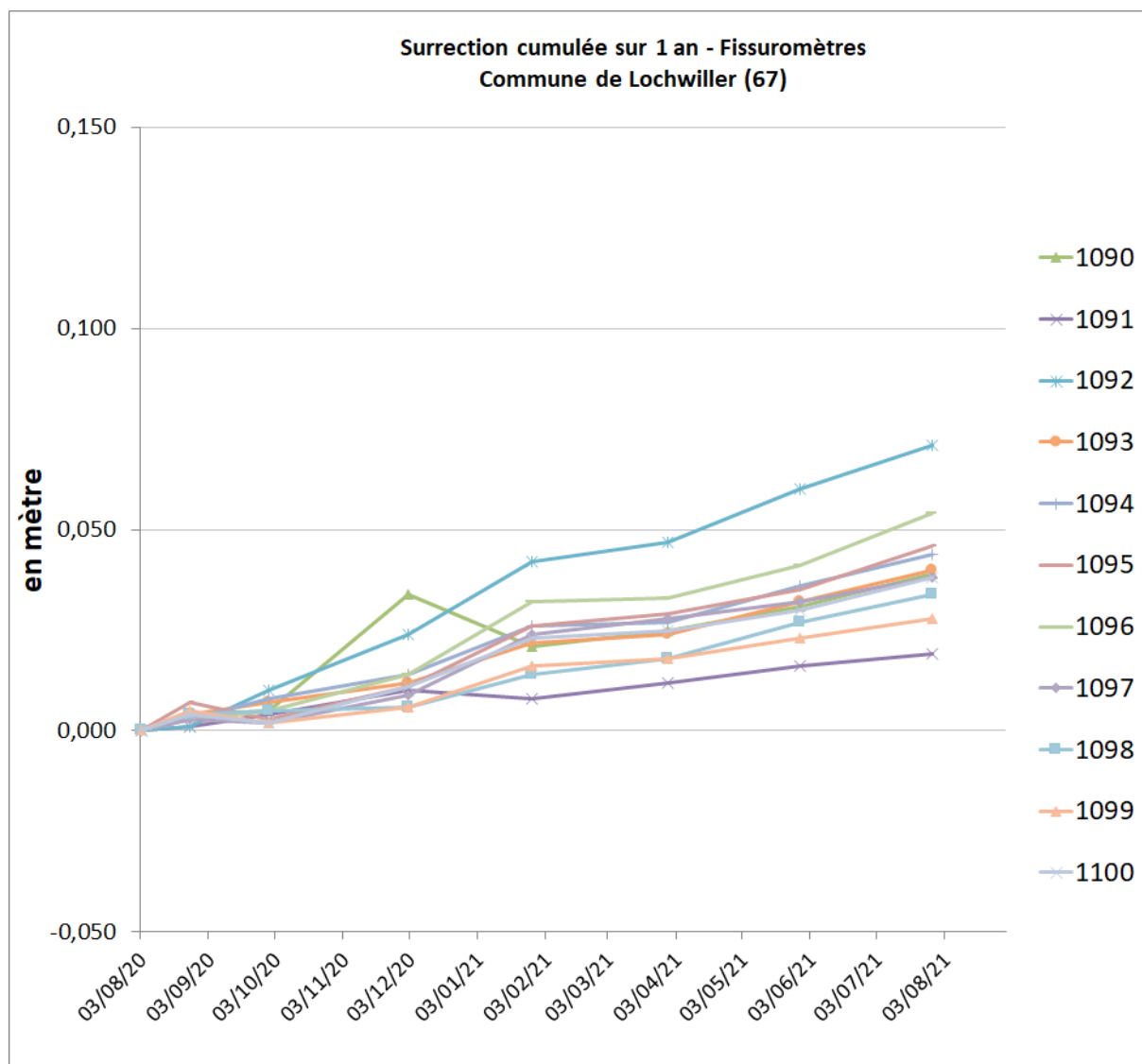
3.2. Repères attachés au suivi des crevasses (R1090 à R1100) :

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

2 repères (R1090 et R1091) présentent un mouvement significatif par rapport à la mesure précédente (>1 cm sur 2 mois). Les mouvements verticaux, sur 2 mois, sont compris entre 0,3 et 1,3 cm (voir fichier « synthèse des relevés », onglet « synthèse globale »).

La valeur cumulée sur un an est comprise entre 2 et 7,2 cm.

La valeur cumulée par rapport à la date de référence (2 octobre 2017) est comprise entre 14,5 (R1091) et 27,5 cm (R1095 et R1096).



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

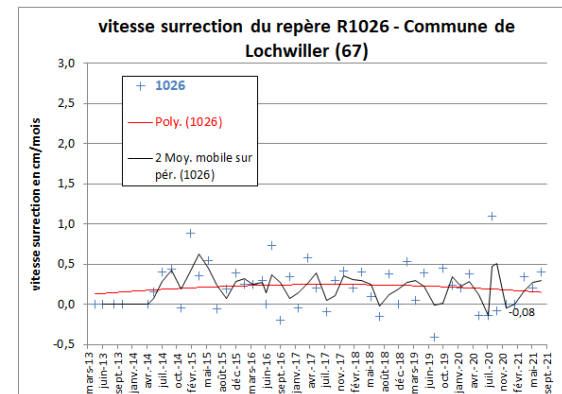
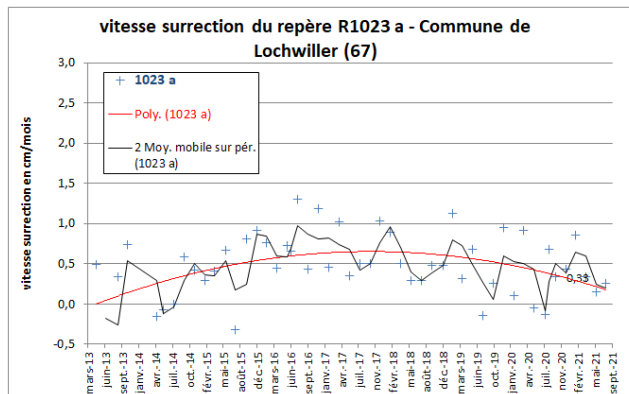
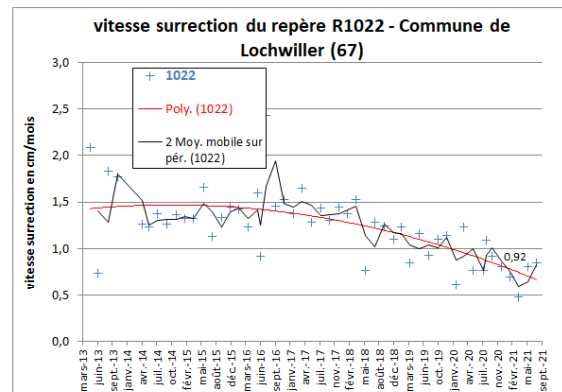
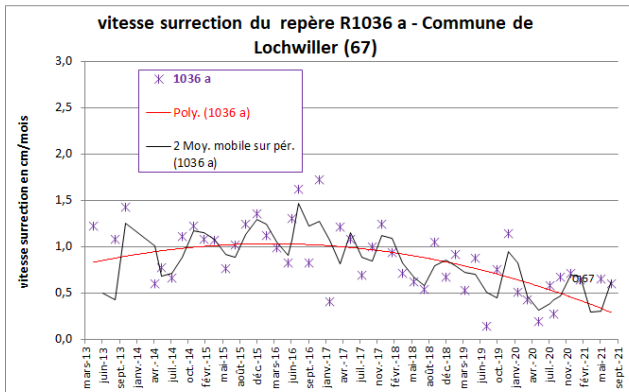
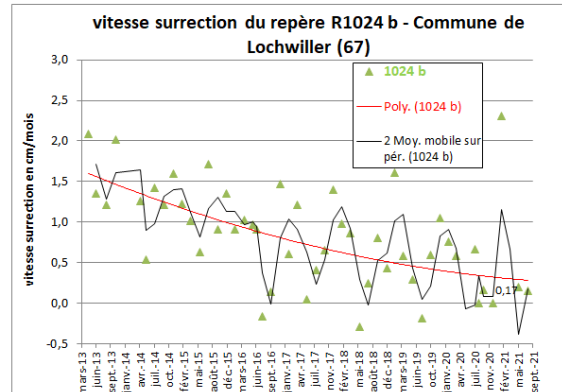
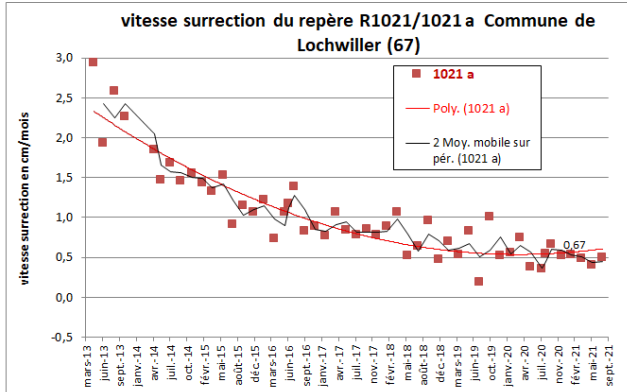
Afin de disposer d'une bonne approche de la tendance évolutive des mouvements verticaux, un calcul des vitesses a été effectué entre les différentes campagnes de mesures sur l'ensemble des repères. Seuls les résultats des points présentant des vitesses actuelles significatives ont été reportés dans les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

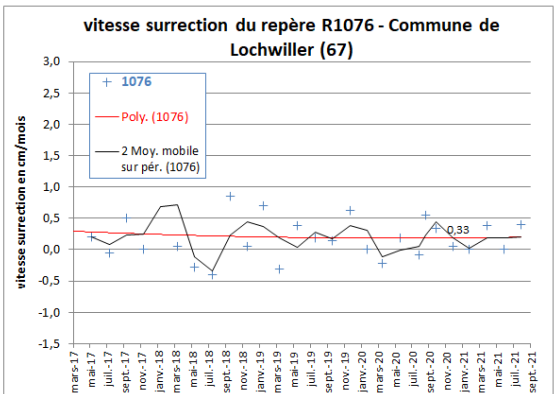
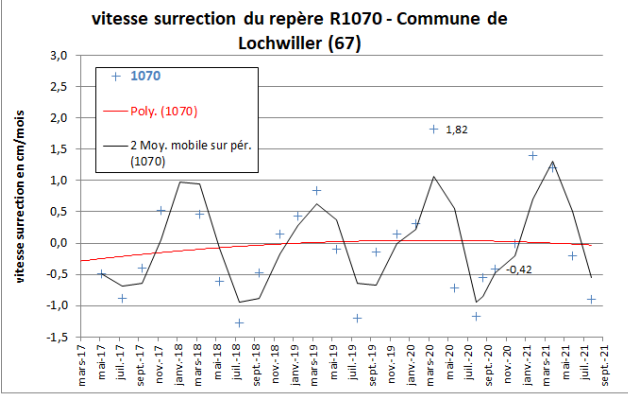
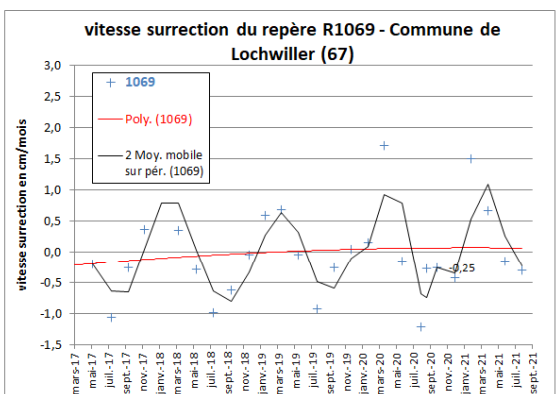
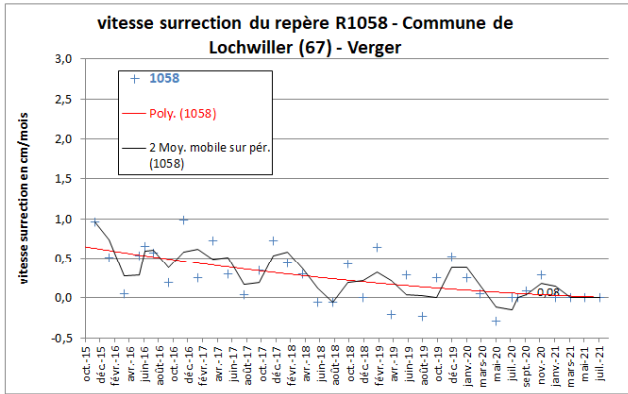
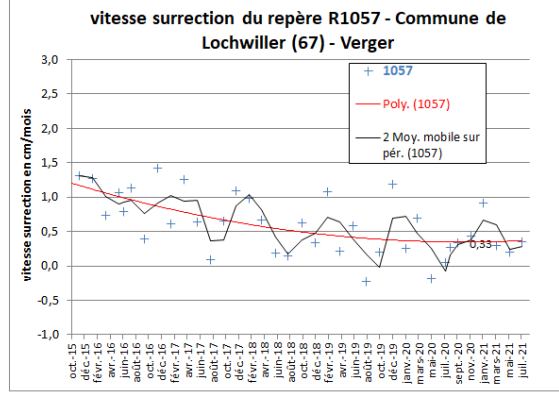
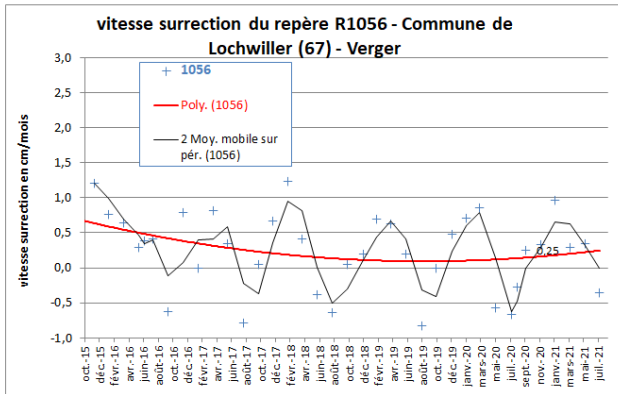
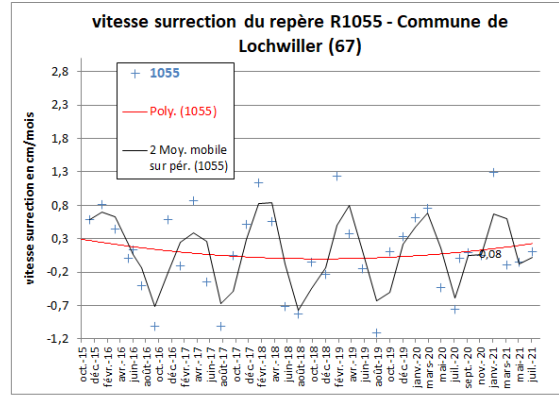
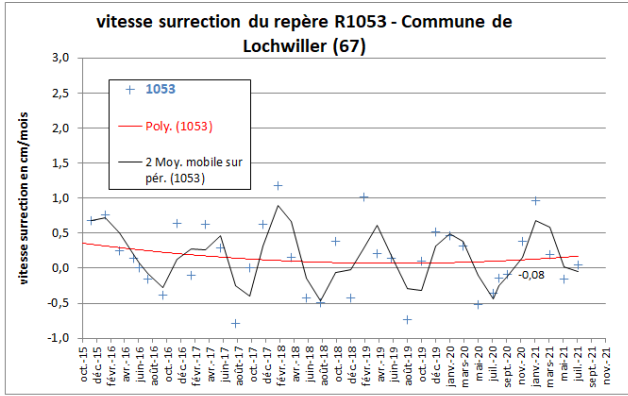
- courbes de tendance polynomiale (2) : vitesses lissées, peu influencées par des éléments extérieurs (météorologie) ;
- courbes de tendance Moyenne mobile (2) : vitesses hétérogènes, influencées par des éléments extérieurs (météorologie).

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 - 0,3 et + 0.6 cm/mois, ce qui est stable en comparaison avec les deux précédents relevés.

La tendance générale est à la baisse (décélération) ou à la stabilité de la vitesse de surrection. 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 (sècheresse) sur les mesures effectuées lors de cette campagne.



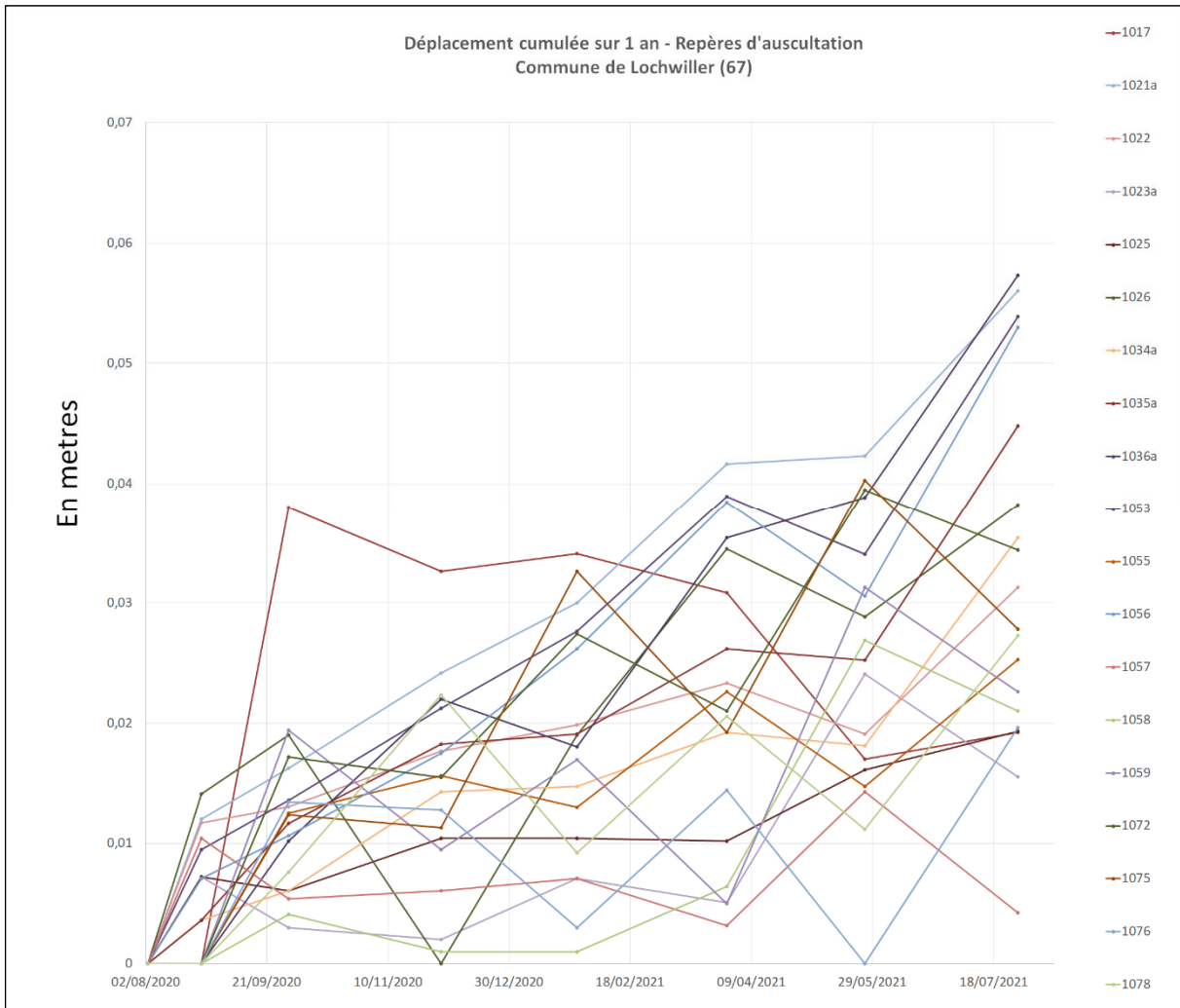


4. Déplacements horizontaux (DXY)

Les graphes ci-après illustrent l'évolution des déplacements horizontaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 25 août 2020 au 28 juillet 2021).

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-dessous. 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 25/08/2020)	Tendance (partiel) 26/05/2021	Gis. (en grade) (réf. au 25/08/2020)
R 1016 a	07/03/2013	30,0 cm	5,0 cm	1,0 cm	383,162
R 1024 b	07/03/2013	76,3 cm	N/L	0,9 cm	N/L
R 1036 a	07/03/2013	90,0 cm	5,4 cm	2,0 cm	255,016
R 1026	17/04/2014	48,0 cm	3,8 cm	1,0 cm	293,323
R 1034 a	17/04/2014	48,9 cm	3,5 cm	1,9 cm	276,110
R 1035 a	07/03/2013	68,4 cm	4,5 cm	2,0 cm	257,045
R 1021 a	07/03/2013	66,4 cm	5,6 cm	1,6 cm	282,751
R 1053	29/09/2015	36,7 cm	5,7 cm	2,1 cm	247,643
R 1055	29/09/2015	18,0 cm	2,5 cm	1,1 cm	220,483
R 1056	29/09/2015	46,0 cm	5,3 cm	2,3 cm	264,566
R 1076	30/03/2017	14,5 cm	2,0 cm	2,0 cm	216,382

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 90 cm sur le point R1036a (2 cm par rapport à la campagne précédente).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence du 25 août 2020) atteint 5,4 cm sur ce point.

Le déplacement partiel (par rapport au levé précédent du 26 mai 2021, c'est-à-dire sur deux mois) le plus important est observé sur les repères R1021a, R1036a, R1053 et R1056 (1,6 cm à 2,3 cm).

L'azimut des déplacements observé sur la carte « Cumul annuel de juillet 2020 à juillet 2021 » 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 deux directions préférentielles : sud-ouest et nord-est.

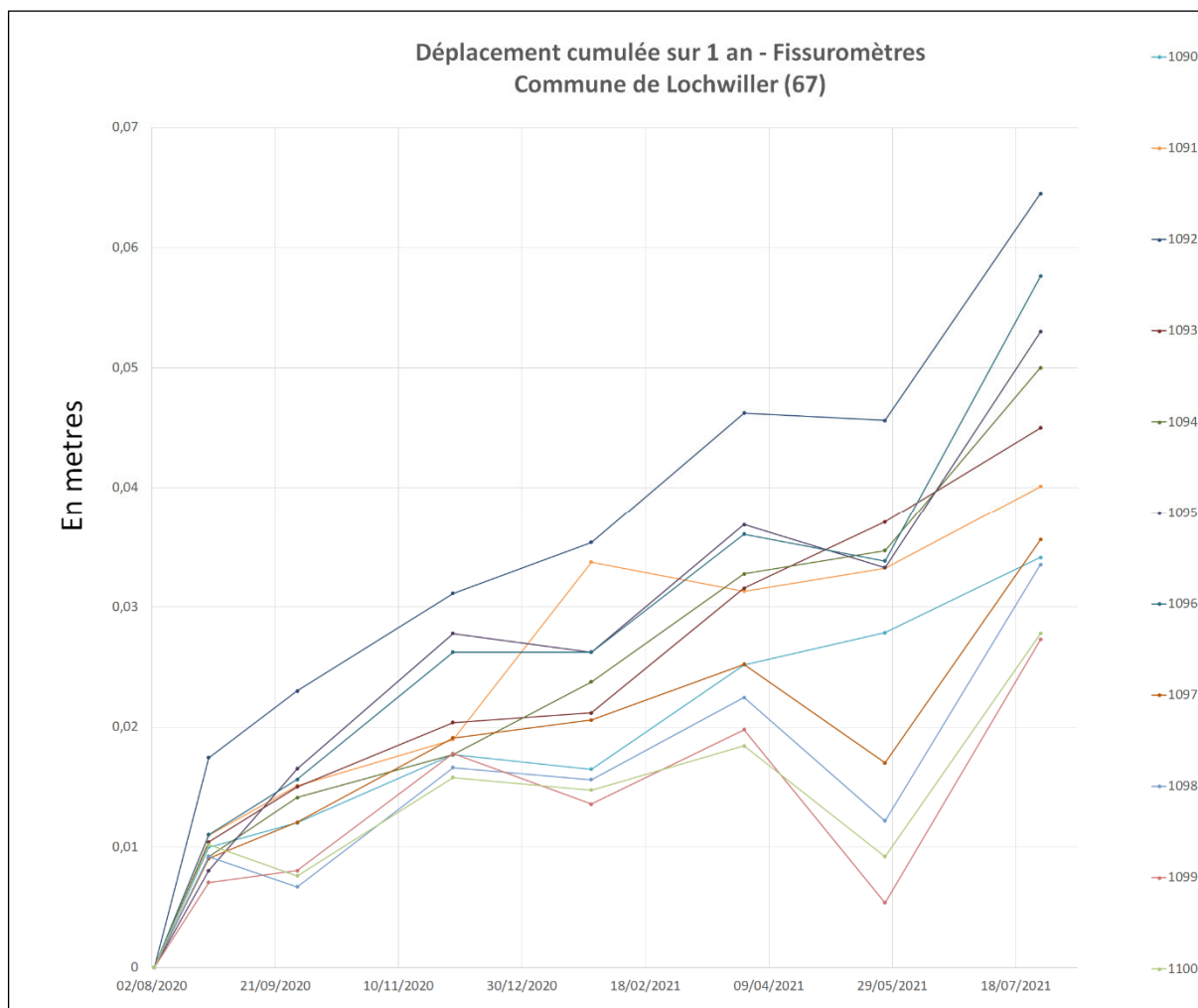
On peut raisonnablement penser que ces mouvements de directions opposés sont à l'origine des crevasses et que ces dernières seront probablement amenées à évoluer dans le futur.

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 1 et 2,4 cm (voir « synthèse des relevés », onglet « synthèse globale »).

Les valeurs cumulées annuelles sont comprises entre 3,4 et 6,4 cm. La valeur cumulée par rapport à la date de référence (2 octobre 2017) est comprise entre 14,8 et 31,2 cm.

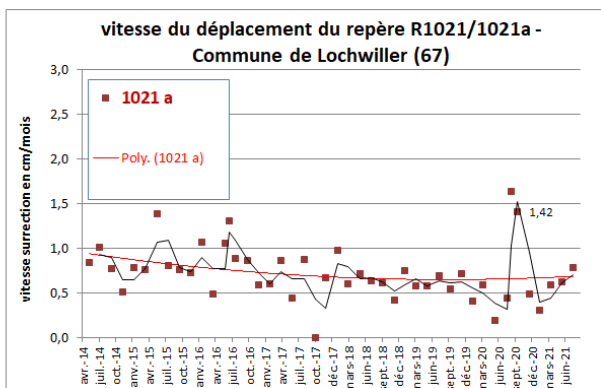
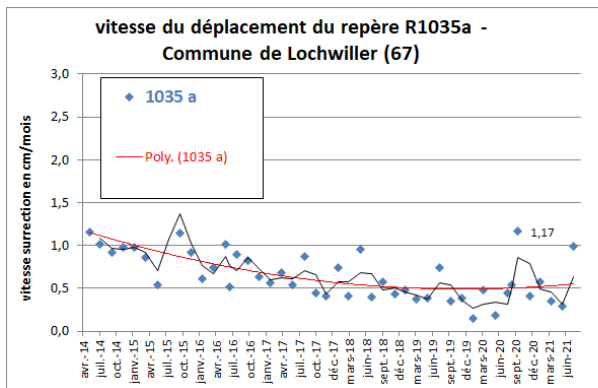
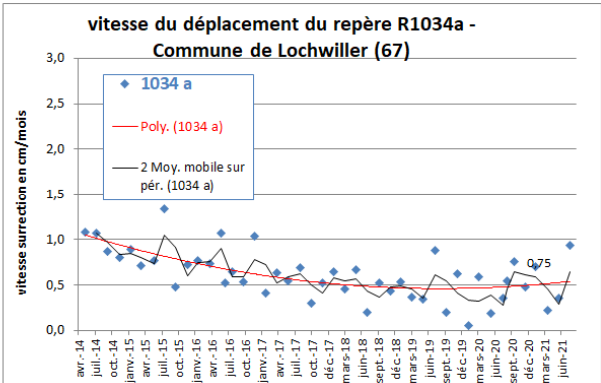
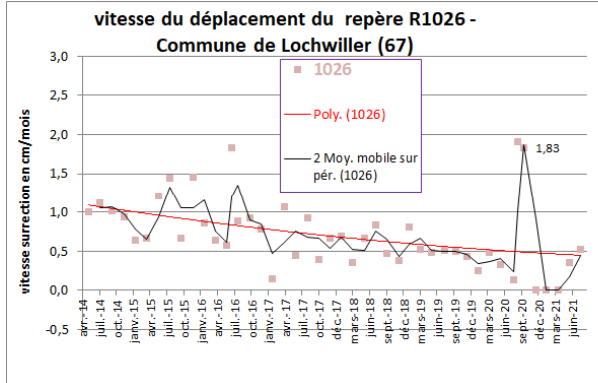
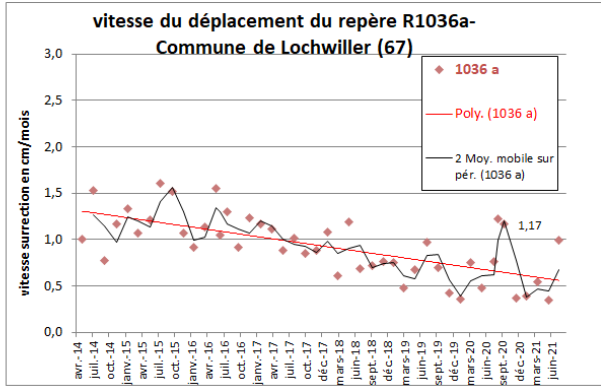
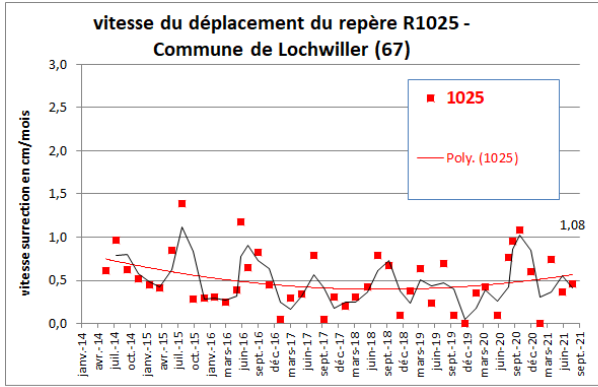


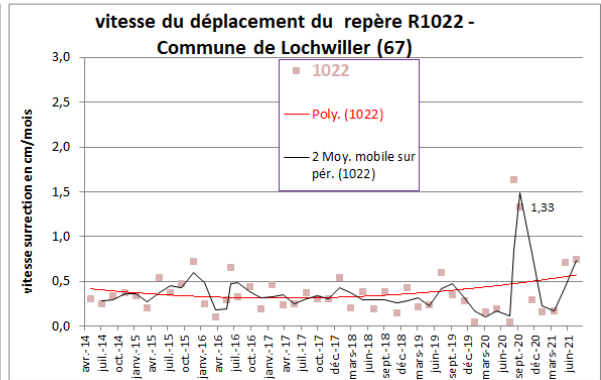
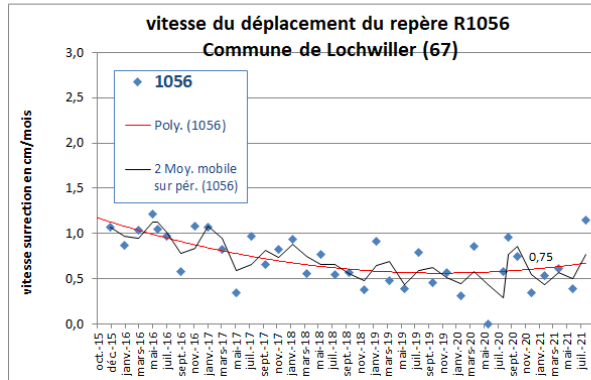
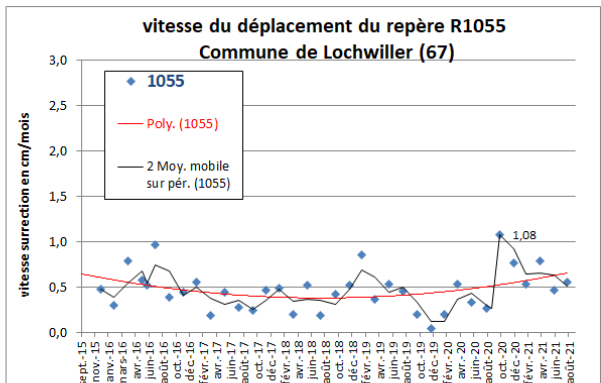
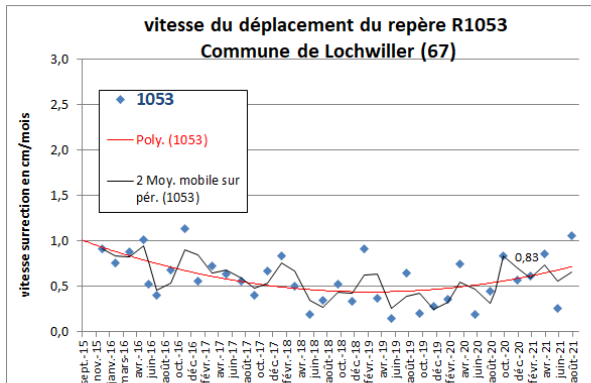
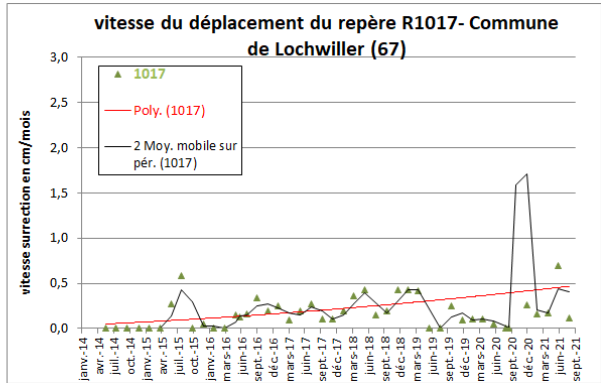
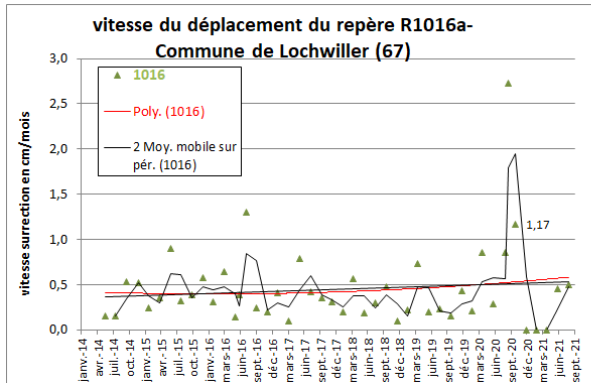
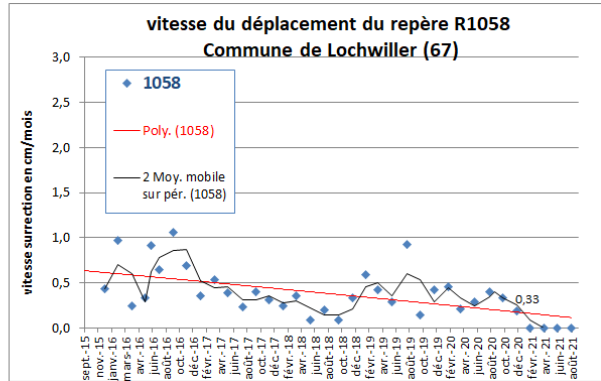
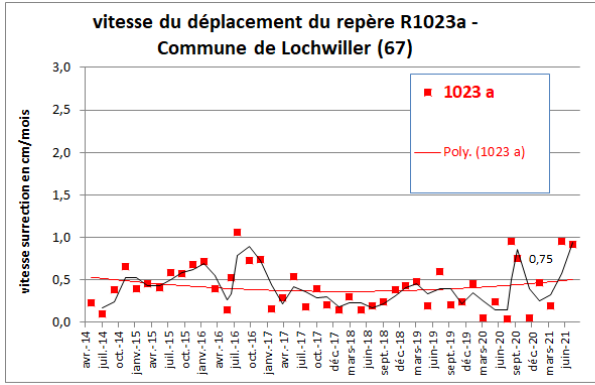
4.3. Calcul des vitesses des déplacements horizontaux (DXY) sur les repères remarquables de l'ensemble du réseau

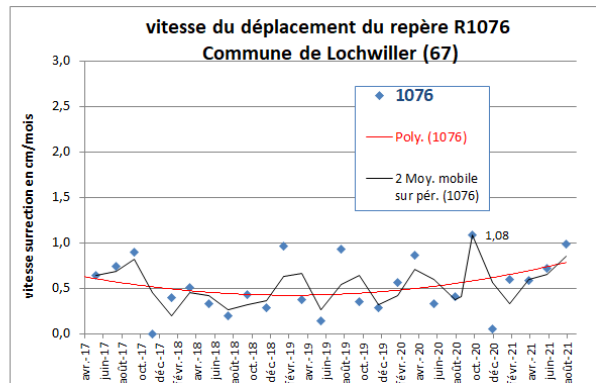
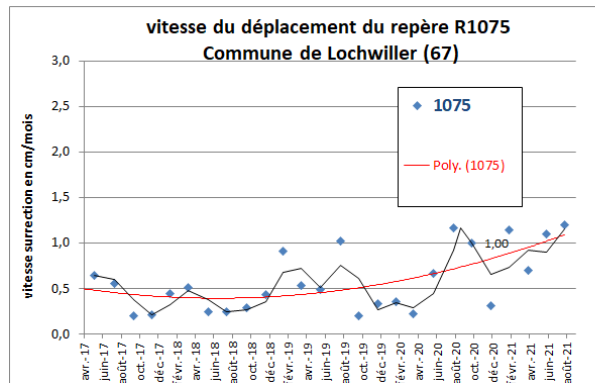
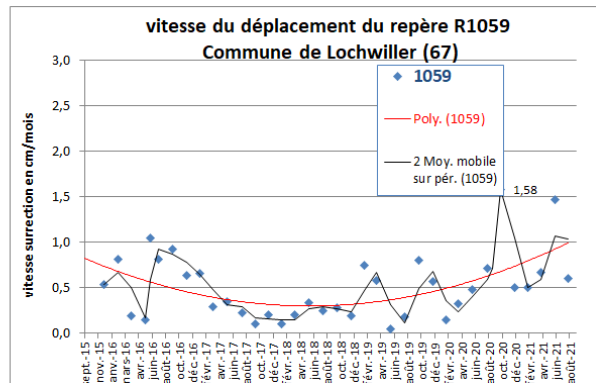
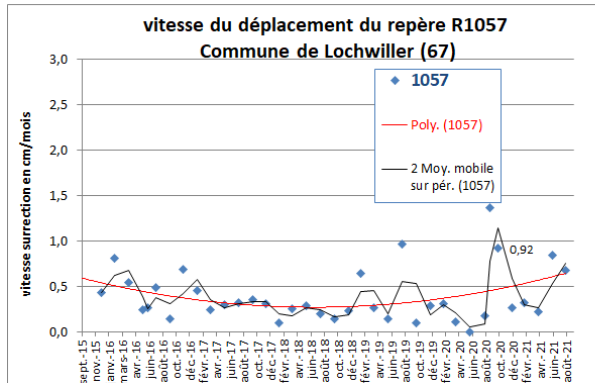
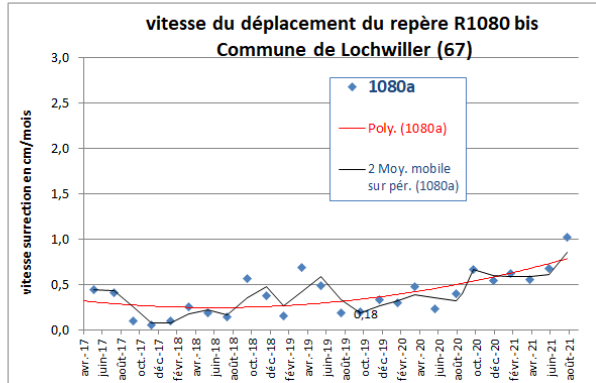
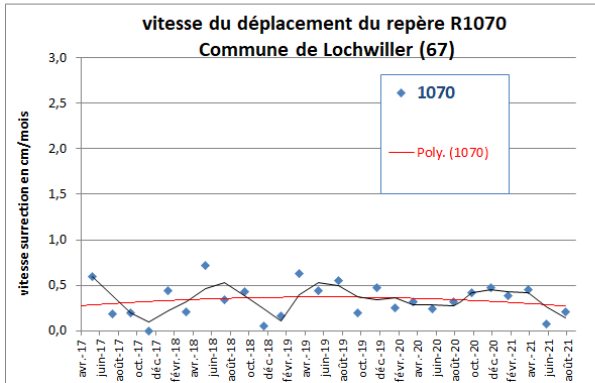
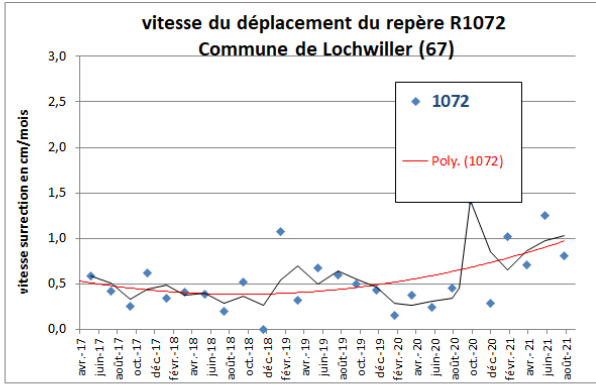
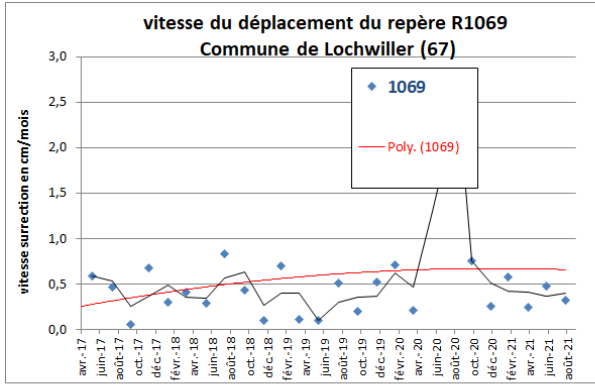
Afin de disposer d'une bonne approche de la tendance évolutive des mouvements horizontaux, un calcul des vitesses a été effectué entre les différentes campagnes de mesures sur les repères les plus remarquables. Comme pour les mouvements verticaux, deux types de courbes de tendance sont proposées : Polynomiale 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 0,48 cm/mois (campagne précédente 0 et 0,72 cm/mois).

Depuis l'évènement de l'été 2020, soit un an avant le présent relevé, la tendance générale est à la stabilité, voir à la baisse des vitesses de déplacement avec des fluctuations plus ou moins importantes selon la nature des sols.







5. Extension du phénomène

Le plan « Cumul annuel (25 août 2020 au 28 juillet 2021) » ci-après précise les repères concernés par un mouvement sur un an \geq à 2 cm, qu'il soit de surrection (vertical DZ) ou de translation (horizontal DXY). Il définit, au droit du lotissement, la **zone actuelle de mouvement**.

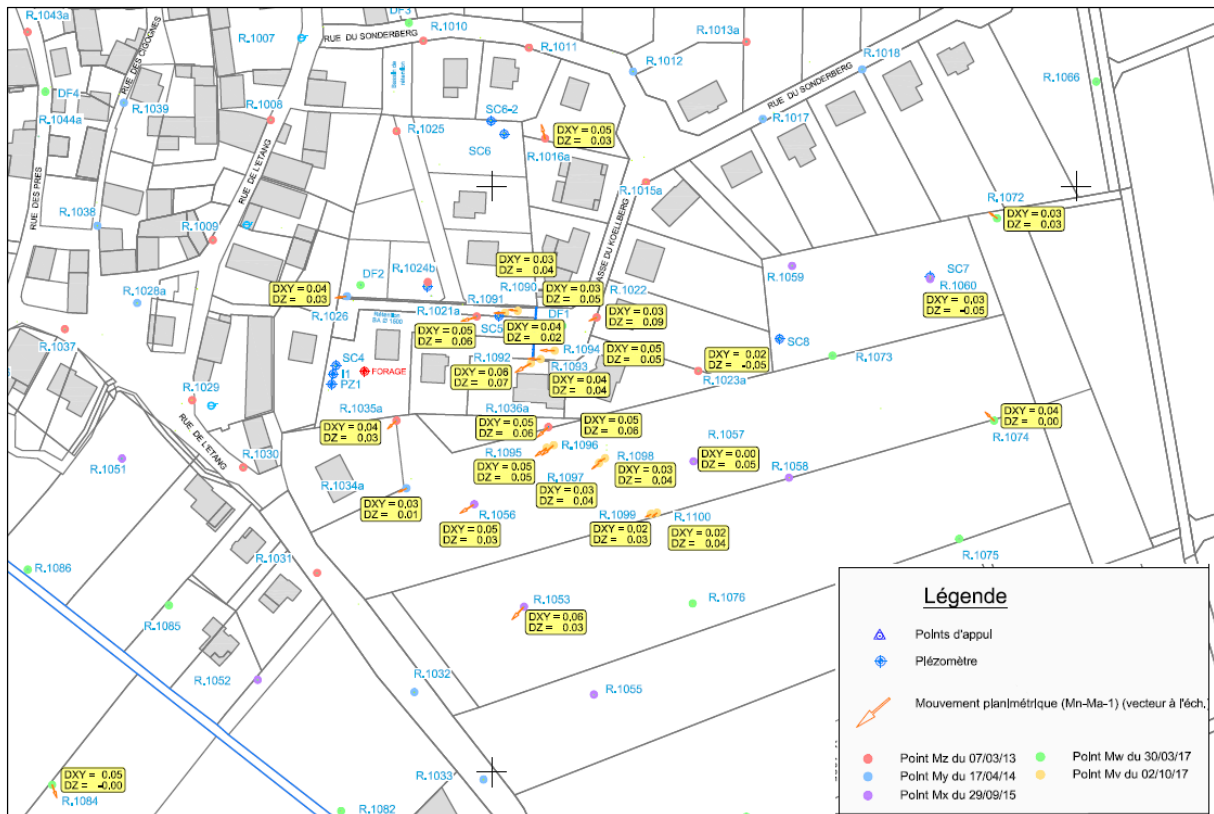
Le plan « Cumul depuis le 3 mars 2013 » permet de délimiter la zone concernée par des mouvements du sol depuis la première campagne de mesure.

Concernant les mouvements verticaux partiels (sur les deux dernières campagnes) des repères R1001 à R1089 (hors déformètres et fissuromètres), les repères qui affichent une valeur en surrection significative (>1 cm) sont :

- R1022, R1036, R1025, R1060, R1070, R1077.

Pour les déplacements partiels (mouvements horizontaux), les repères qui affichent une valeur significative (>1 cm) sont :

- R1015a, R1018, R1021a, R1023a, R1030, R1032, R1034a, R1035a, R1036a, R1053, R1056, R1057, R1060.



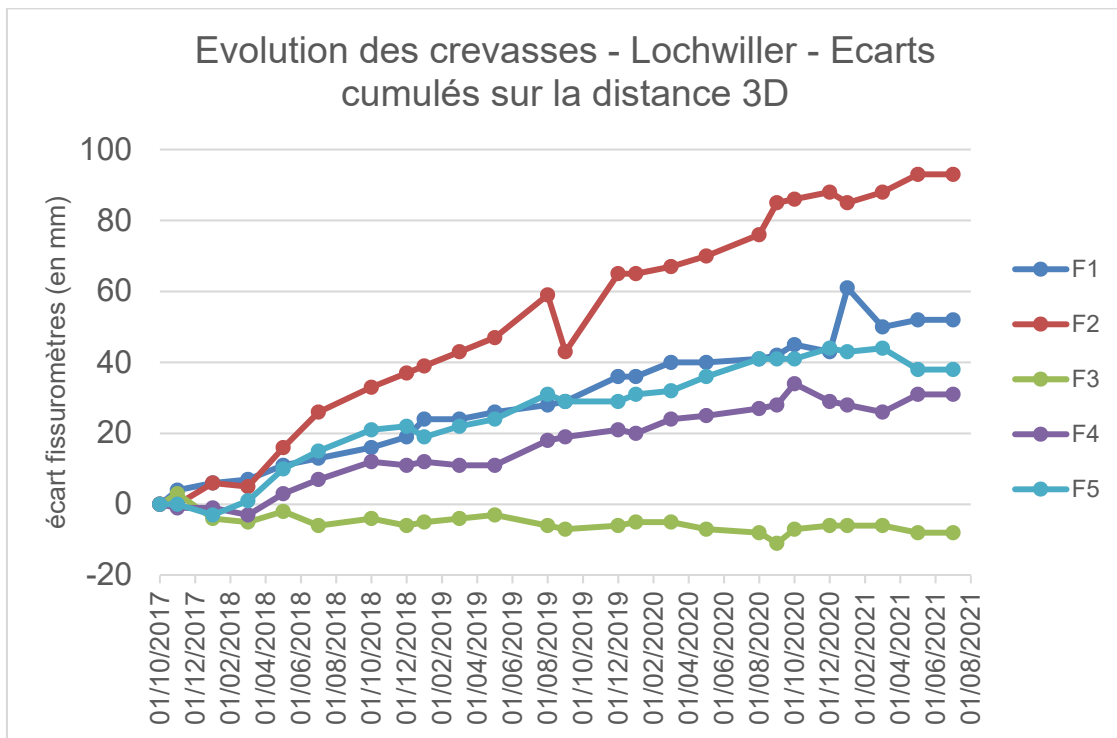
Extrait du plan Cumul sur un an (ref. 25/08/2020).

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

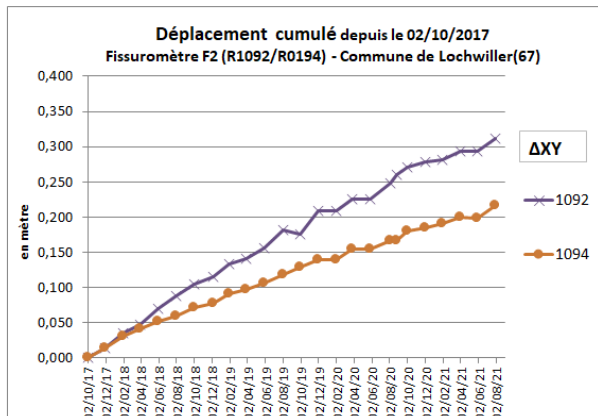
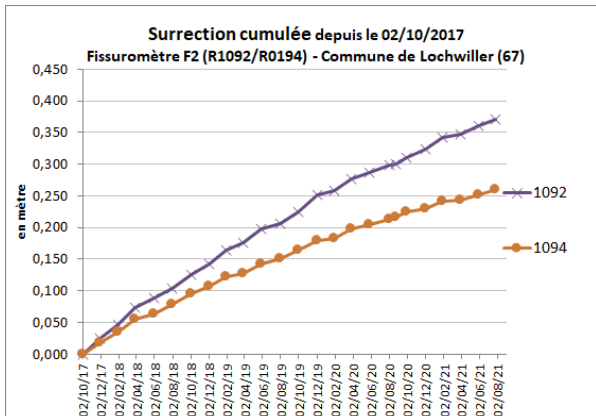
Les distances 3D ont été calculées au niveau de chaque fissuromètre. L'écart maximum est mesuré sur le fissuromètre F2 sur la place de l'impasse Koellberg. Il est de 9,4 cm en valeur cumulée par rapport à l'origine.

Fissuromètre	Points	distance entre fissuro	distance entre fissuro	distance entre fissuro	écart (réf. levé)	écart (réf. à l'origine) (en	
F 1	1090	4,438	4,490	4,490	0,000	0,052	Impasse du Koellberg
	1091						
F 2	1092	9,191	9,284	9,286	0,001	0,094	Place du Koellberg
	1093						
	1094						
F 3	1095	2,577	2,569	2,566	-0,003	-0,010	verger
	1096						
F 4	1097	2,757	2,788	2,786	-0,002	0,029	verger
	1098						
F 5	1099	2,155	2,194	2,199	0,005	0,044	verger
	1100						

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution des écarts sur les 5 fissuromètres depuis leur implantation (distance 3D).



Les graphiques ci-dessous 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).



Le 12 mars 2020, le BRGM a été alerté par un habitant de la commune de nouveaux désordres au niveau du verger au sud du lotissement. Une visite sur site le jour même a permis d'identifier plusieurs (12) trous en formations. Un levé précis des désordres a été réalisé. Des travaux de rebouchage vont être entrepris en décembre 2021.

Plans et mesures

Les plans et le fichier des mesures réalisées le 28 juillet 2021 sont fournis en annexes.

7. Conclusion

Les résultats du levé topographique (altitude et planimétrie) de la campagne du 28 juillet 2021 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 **+ 126 cm** en référence au levé du 7 mars 2013 et **9,2 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 **- 0,3** (tassement) et **+ 0,6 cm** (surrection) par mois ;
- une poursuite des déplacements horizontaux avec une valeur maximale sur le repère R1036a de **90 cm** en référence au levé du 7 mars 2013 et de **5,4 cm** sur une période d'un an selon un même azimuth (ouest). Ainsi, après l'évènement important de l'été 2020, nous constatons, depuis lors, un retour à une vitesse usuelle de déplacement ;
- comme pour les mouvements verticaux, des vitesses de déplacement horizontales ont été calculées entre **0 et 0,48 cm/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 actuel), est mesuré sur la place de l'impasse Koellberg (F2 avec 9,4 cm en ouverture).