


Réf. : DRP/DPSM/UTAM-Est/2019-293/SV

le 24/04/2019

LOCHWILLER – ANALYSE DES MESURES TOPOGRAPHIQUES	
Rédacteur : S. VICENTIN	Entité : DRP/DPSM/UTAM EST
Projet : Lochwiller - Mesures topographiques - AM19EST008	Numéro : I04030801
Date : 24/04/2019	Lieu : Freyming-Merlebach
Objet : Résultats de la campagne de mesures n°32 du 27/03/2019	
Diffusion interne : participants + N. KOEBERLÉ, L. SEMMELBECK, R. FISCHER, M. THIBERT	
Diffusion externe : DREAL Grand-Est : P. HANOCQ, S. CUNCHE	
GEODERIS : R. HADADOU, M. KIMMEL	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : N. KOEBERLÉ 	

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 : **le 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 23/12/2016), 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.

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.

2. Campagne n°32 du 27 mars 2019 : Résultats et commentaires

La campagne s'est déroulée le 27 mars 2019. Le réseau est aujourd'hui constitué de 98 repères. Tous les repères ont été retrouvés et mesurés.

2.1. Mouvements verticaux (DZ) des 98 repères (dont 11 fissuromètres)

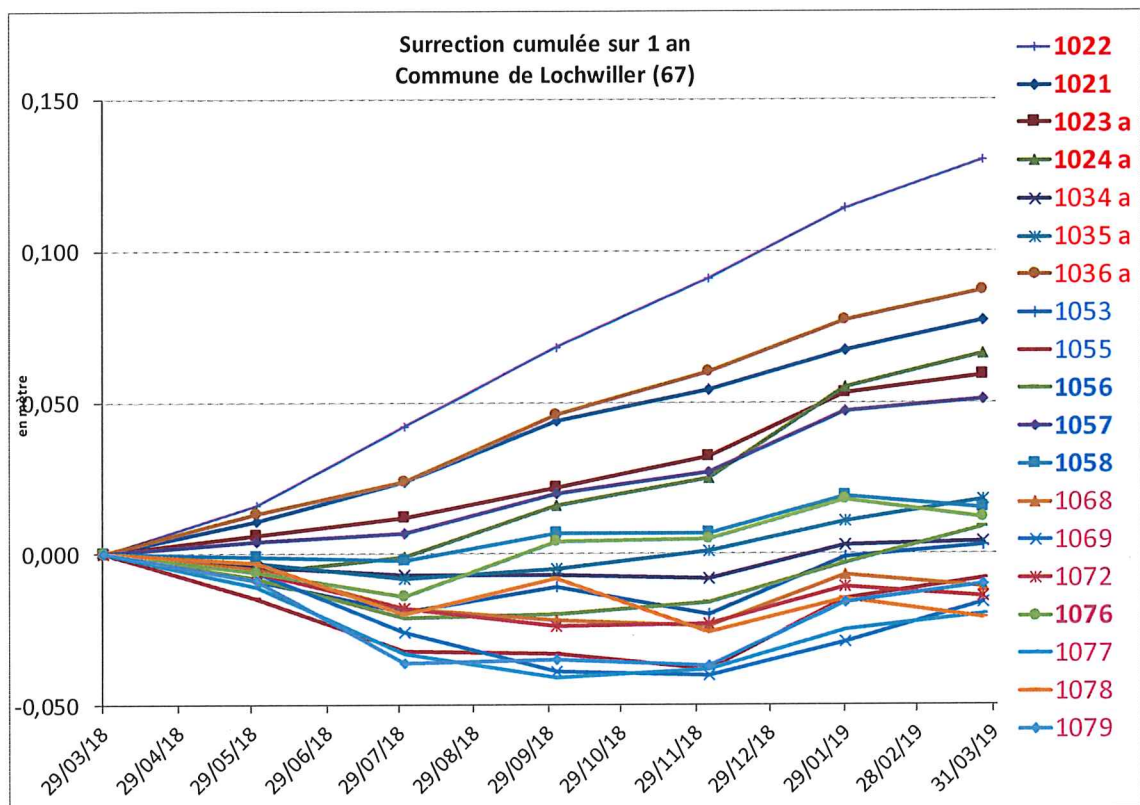
Les graphes ci-après illustrent l'évolution des mouvements verticaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 29/03/2018 au 27/03/2019). La valeur cumulée annuelle est calculée par rapport la date du 29/03/2018.

On rappellera que les repères situés au niveau du verger montrent parfois une cinétique de mouvement particulière (R1053, 1055 et 1056). Ils sont représentatifs d'un phénomène de réhydratation des terrains argileux par les pluies météoriques après un épisode de sécheresse été/automne 2018. 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).

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

Le graphe ci-dessous concerne les 87 repères d'auscultation, numérotés de R1001 à R1089 (repères implantés en 2013/2014, 1^{ère} extension en 2015 et 2^{ème} extension en 2017).

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).



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 29/03/18)	Tendance (partiel) (référence au 29/01/19)
R 1021 a	7/03/2013	90,3 cm	7,7 cm	+ 1,0 cm
R 1022	7/03/2013	101,0 cm	13,0 cm	+ 1,6 cm
R 1023 a	7/03/2013	34,4 cm	5,9 cm	+ 0,6 cm
R 1024 a	7/03/2013	71,9 cm	6,6 cm	+ 1,1 cm
R 1036 a	7/03/2013	68,5 cm	8,7 cm	+ 1,0 cm
R 1056	29/09/2015	10,8 cm	0,9 cm	+ 1,2 cm
R 1057	29/09/2015	29,0 cm	5,1 cm	+ 0,4 cm
R 1069	30/03/2017	- 0,9 cm	- 1,6 cm	+ 1,3 cm
R 1070	30/03/2017	-1,1 cm	-2,2 cm	+ 1,6 cm

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 101 cm sur le point R1022 (+1,6 cm par rapport à la campagne du 29 janvier 2019).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence du 29/03/18) atteint 13 cm sur ce point.

La plus forte tendance à la surrection (partiel) est observée sur le repère R1022, impasse du Koellberg et R 1070, rue des Vignes (+1,6 cm/2 mois).

Les mouvements de surrection les plus importants se situent au niveau de l'impasse du Koellberg (R1021a, R1022, R1024a), au niveau du verger au sud du lotissement, de part et d'autre des zones crevassées (R1036a, R1023a, R1056 et R1057) et au nord de la rue des Vignes (R1069 et R1070).

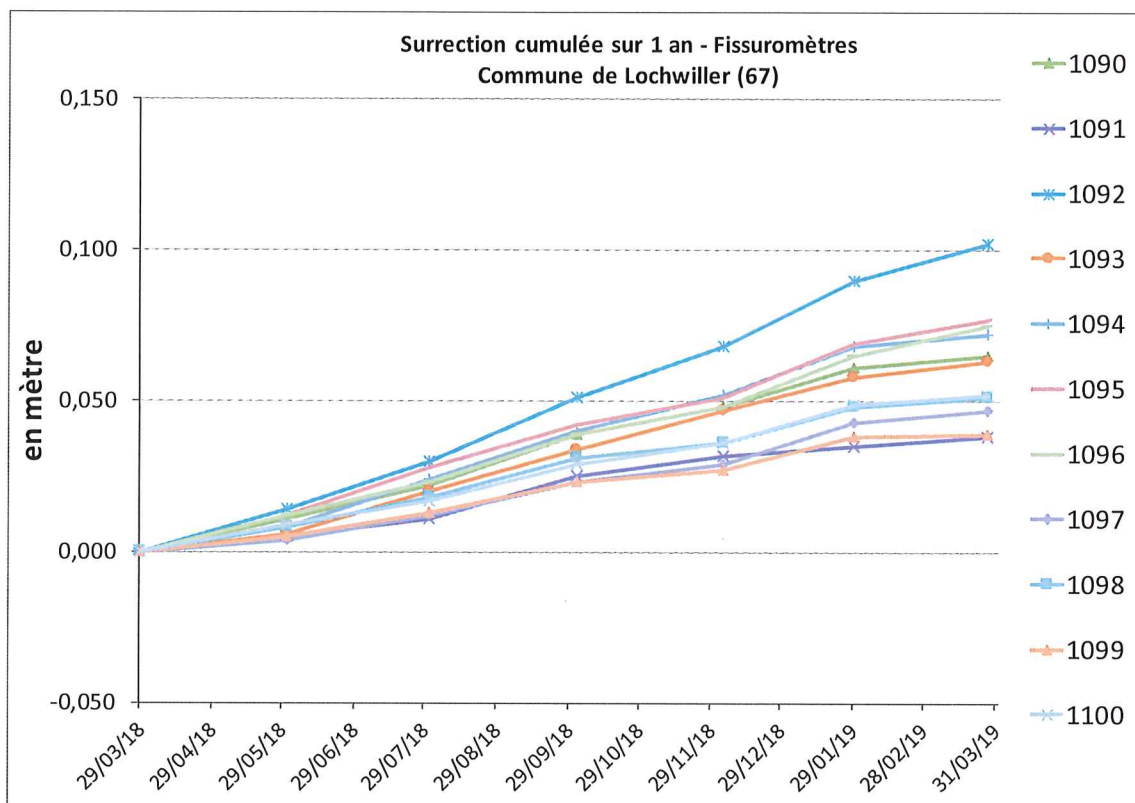
2.3. Repères attachés au suivi des crevasses (R1090 à R1100):

Le graphe ci-dessous concerne les 11 repères attachés aux mesures de fissurométrie (repères implantés le 02/10/2017).

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

La valeur cumulée sur 1 an est comprise entre 3,8 et 10,2 cm.

La valeur cumulée par rapport à la date de référence (02/10/2017) est comprise entre 8 et 17,6 cm.



2.4. 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 :

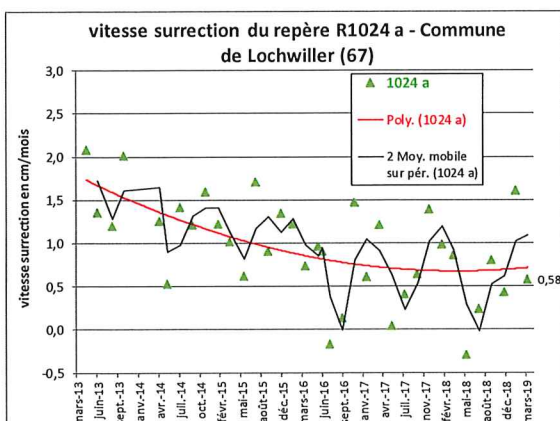
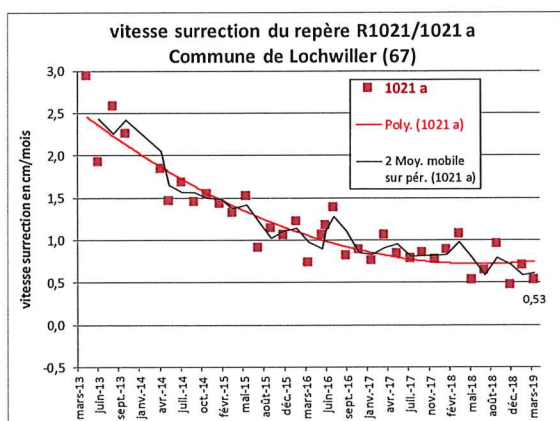
- Courbes de tendance polynomiale (2): tendance pour des vitesses homogènes, peu influencées par des éléments extérieurs (météorologie),
- Courbes de tendance Moyenne mobile (2) : tendance pour des vitesses hétérogènes, influencées par des éléments extérieurs (météorologie).

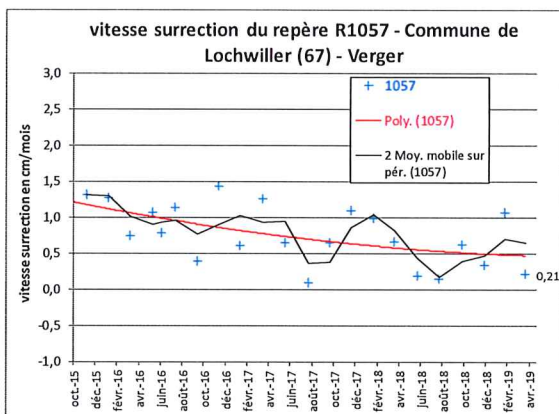
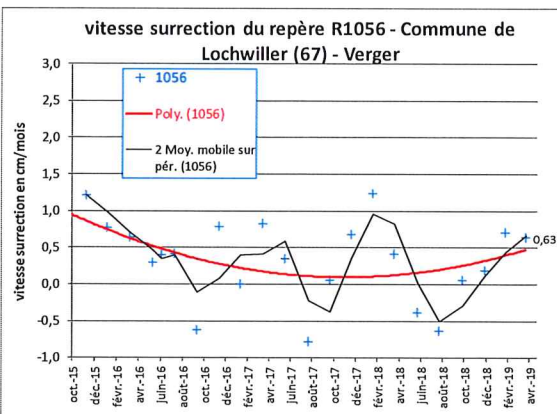
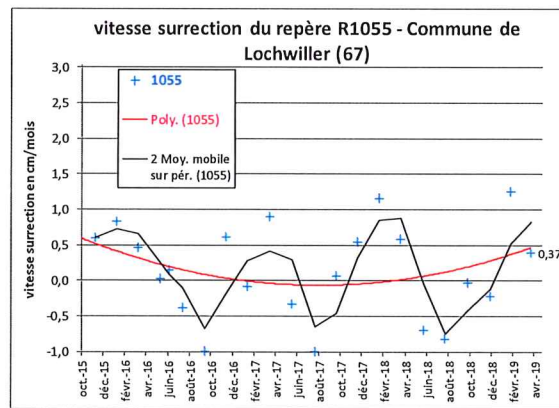
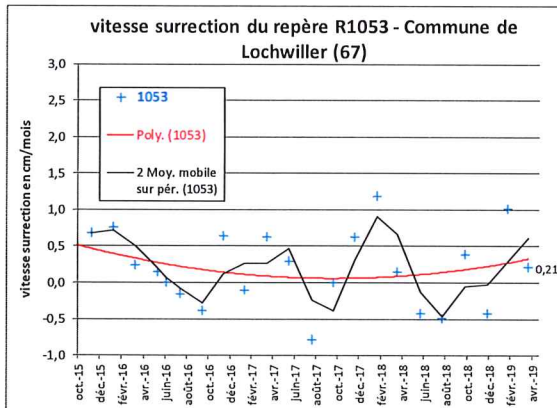
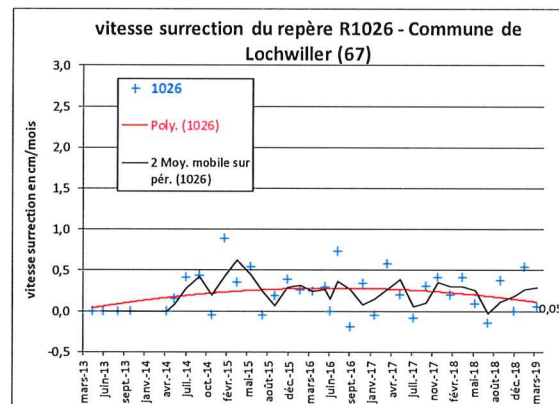
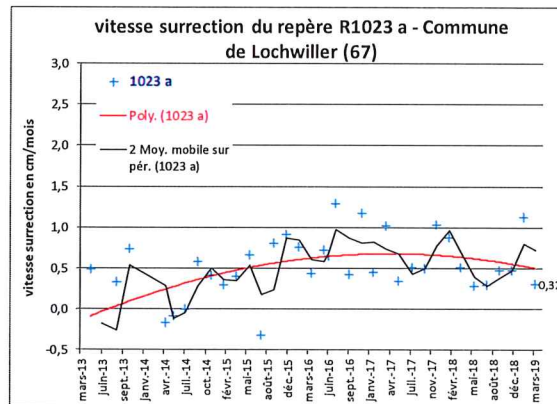
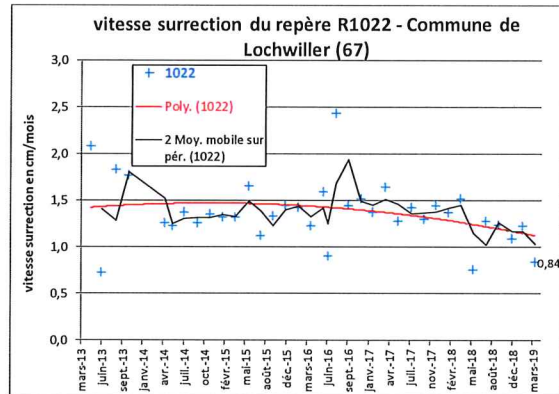
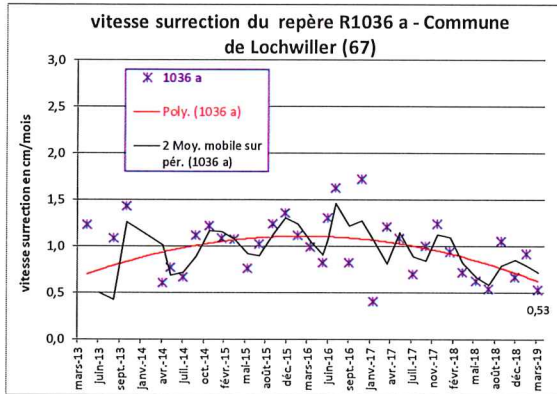
Les valeurs négatives correspondent à des tassements, les valeurs positives à une surrection.

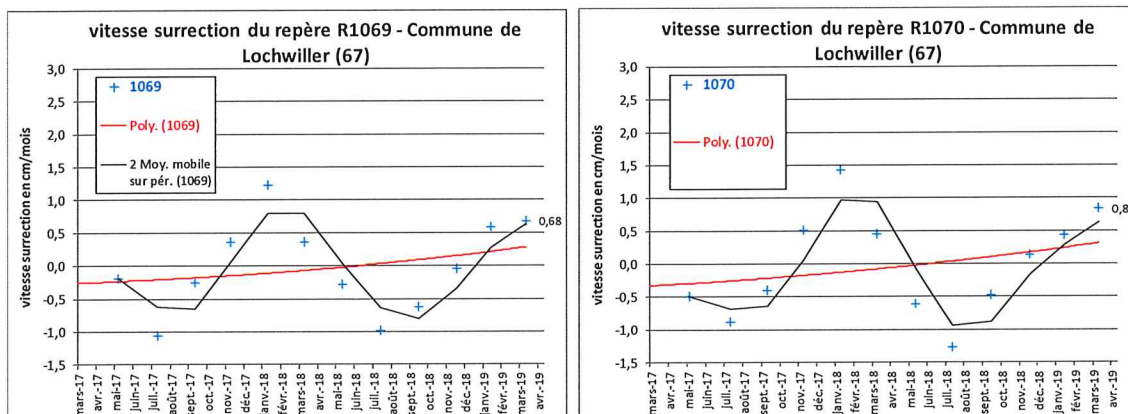
La vitesse actuelle est calculée sur la base des deux dernières campagnes. Elle se situe entre - 0,5 et + 0,9 cm/mois. Les tendances de vitesses des points remarquables sont les suivantes :

- pour le repère R1021/1021a, après une baisse régulière de la vitesse de mars 2013 à septembre 2015, on assiste à une tendance à la stabilité aux alentours de 0,7 cm/mois,
- une tendance à la stabilité des repères R1022 et R1036a aux alentours de 1,2 cm/mois et 0,7 cm/mois respectivement,
- pour le repère R1024a, après une baisse de la vitesse, on assiste à une stabilité avec des valeurs hétérogènes oscillant entre 0 et 1,6 cm/mois, ce repère semble particulièrement influencé par les phénomènes de sécheresse et de réhydratation du sol,
- pour le repère R1023 a, après une légère tendance à la hausse, on assiste depuis 2017 à une tendance à la stabilité à 0,5 cm/mois,
- pour les repères au niveau du verger R1053, R1055, R1056, R1057 (1^{ère} extension), et R1069, R1070 (2^{ème} extension), les différentes courbes de tendance montrent un profil assez similaire avec des vitesses plutôt hétérogènes, particulièrement influencées par les conditions climatiques.

Si la tendance générale est à la baisse (décélération) ou à la stabilité de la vitesse de surrection, on note toutefois, par période, une augmentation de cette vitesse sur de nombreux repères qui peut être attribuée à une réhydratation des sols par les pluies météoriques.





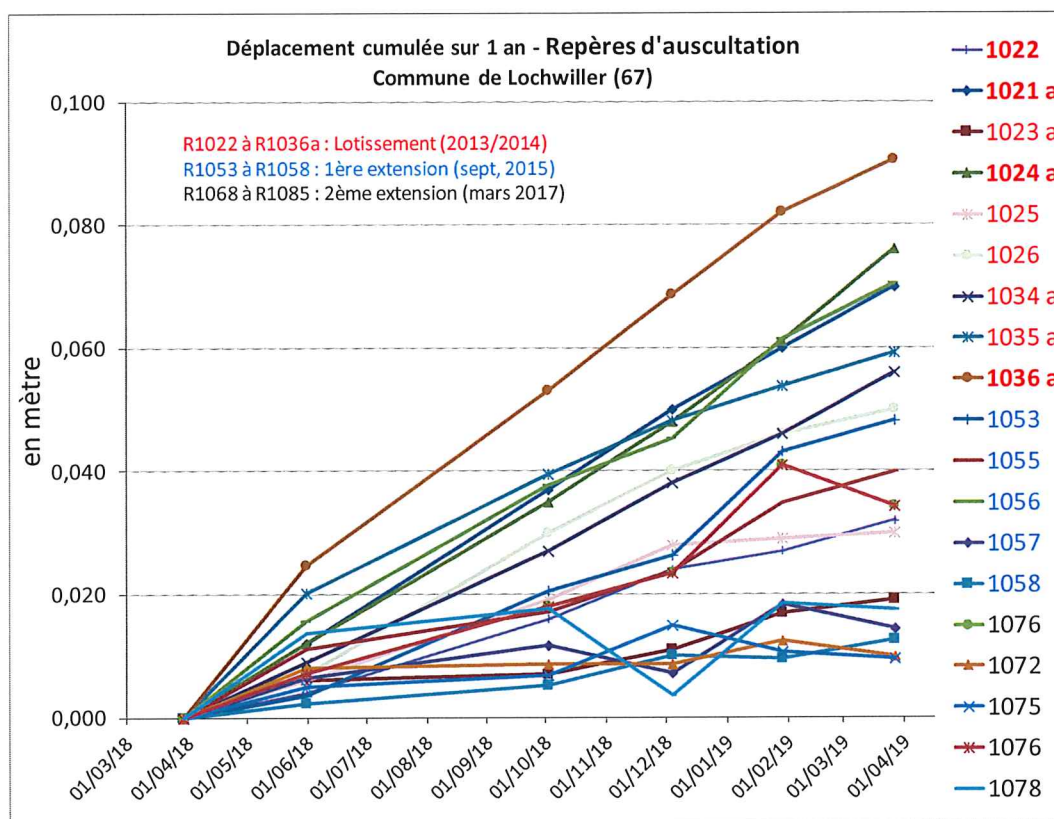


3. Déplacements horizontaux (DX Y) des 98 repères (dont 11 fissuromètres)

Les graphes ci-après illustrent l'évolution des déplacements horizontaux sur l'année qui précède cette campagne (période du 29/03/2018 au 27/03/2019).

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

Le graphe ci-dessous concerne les 87 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 29/03/18)	Tendance (partiel) (référence au 29/01/19))	Gis. (en grade) (réf. au 29/03/18)
R 1024 a	07/03/2013	66,2 cm	7,4 cm	1,3 cm	304
R 1036 a	07/03/2013	74,1 cm	9,1 cm	0,9 cm	252
R 1026	17/04/2014	38,5 cm	5,2 cm	1,0 cm	295
R 1034 a	17/04/2014	39,2 cm	5,2 cm	0,7 cm	260
R 1035 a	07/03/2013	57,7 cm	5,9 cm	0,7 cm	266
R 1021 a	07/03/2013	52,8 cm	6,6 cm	1,1 cm	280
R 1023 a	07/03/2013	22,5 cm	2,0 cm	0,9 cm	37
R 1025	07/03/2013	30,3 cm	3,3 cm	1,2 cm	357
R 1053	29/09/2015	24,8 cm	4,8 cm	0,7 cm	256
R 1055	29/09/2015	14,3 cm	4,0 cm	0,7 cm	235
R 1056	29/09/2015	32,8 cm	7,0 cm	0,9 cm	262
R 1059	29/09/2015	4,5 cm	0,7 cm	1,1 cm	0
R 1076	30/03/2017	8,4 cm	3,4 cm	0,7 cm	193
R 1077	30/03/2017	4,9 cm	2,5 cm	1,4 cm	220
R 1083	30/03/2017	2,1 cm		2,1 cm	343

La valeur maximale cumulée en référence au levé du 7 mars 2013 atteint 74,1 cm sur le point R1036a (0,9 cm par rapport à la campagne précédente).

La valeur maximale cumulée annuelle (référence du 29/03/18) atteint 9,1 cm sur ce point.

Le déplacement partiel (par rapport au levé précédent du 29 janvier 2019), c'est-à-dire sur 2 mois, le plus important est observé sur le repère R 1083a : 2,1 cm.

L'azimut des déplacements observé sur la carte « Cumul depuis le 17/04/2014 » est 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 le point 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.

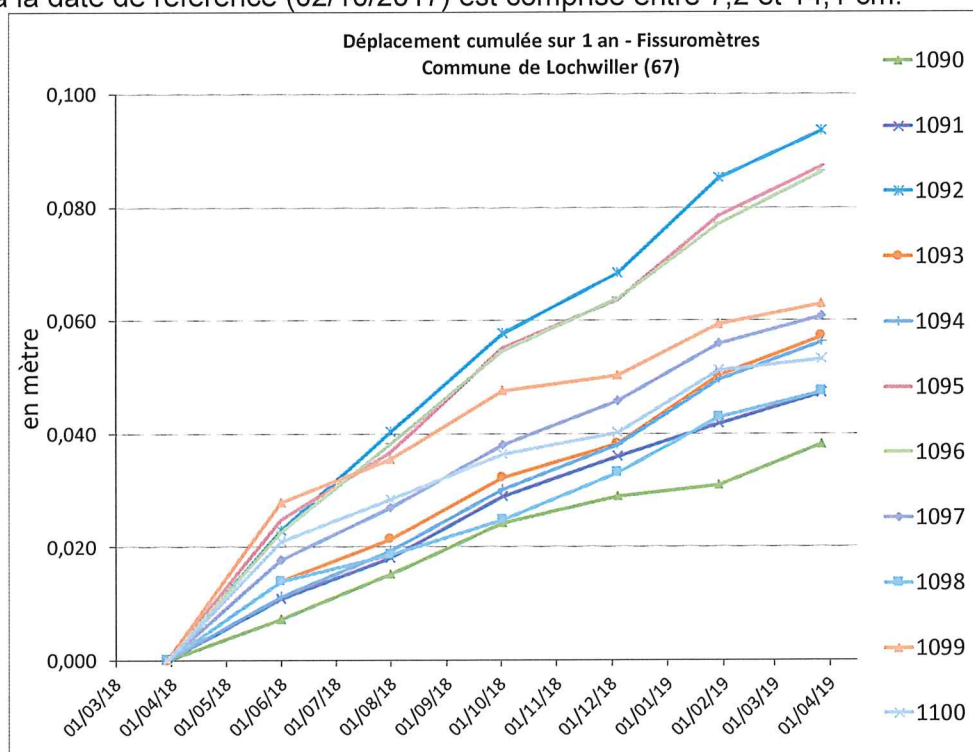
On peut raisonnablement penser que ces mouvements de directions opposés sont à l'origine des crevasses et que ces dernières seront probablement amenées à évoluer dans le futur.

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 02/10/2017).

Les mouvements horizontaux, sur 2 mois, sont compris entre 0,3 et 1,2 cm (voir « synthèse des relevés », onglet « synthèse globale »).

Les valeurs cumulées annuelles sont comprises entre 3,8 et 9,3 cm. La valeur cumulée par rapport à la date de référence (02/10/2017) est comprise entre 7,2 et 14,1 cm.

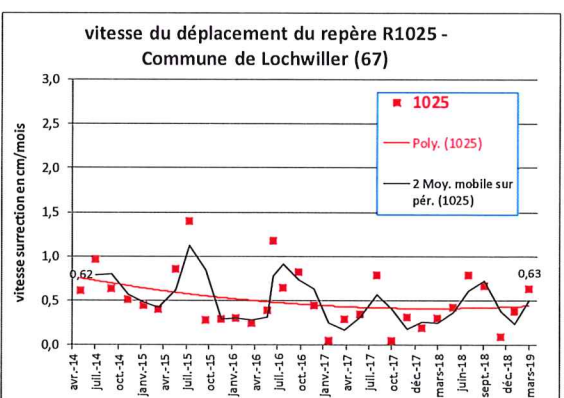
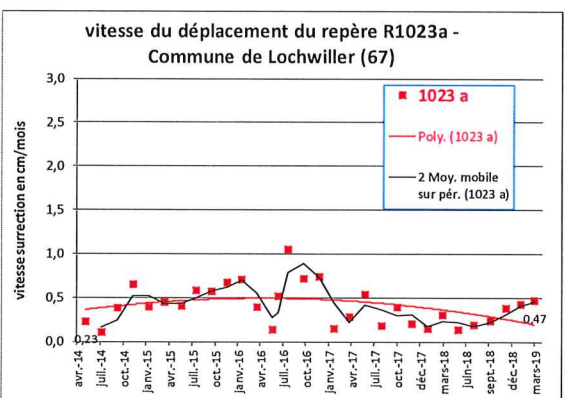
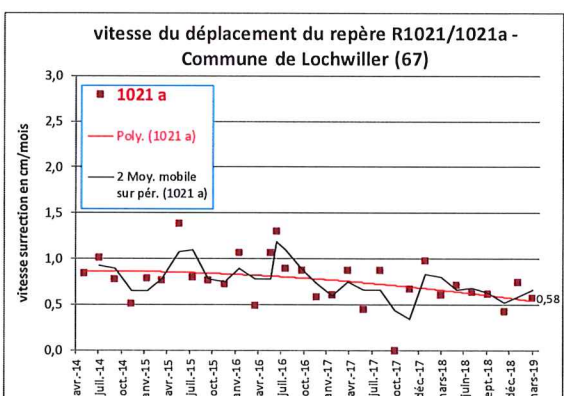
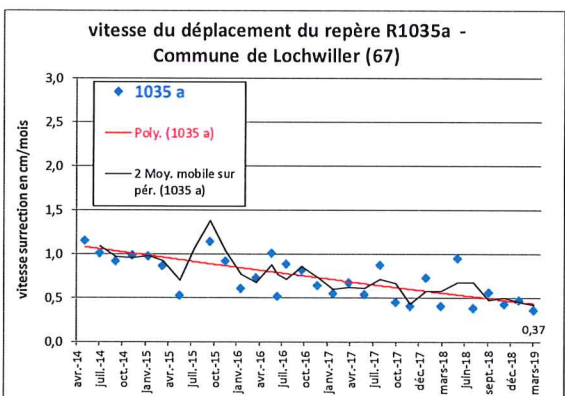
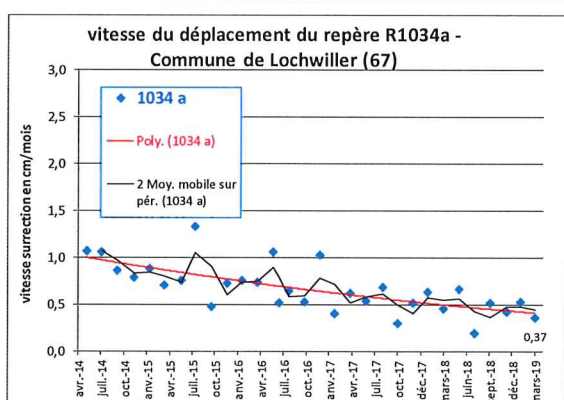
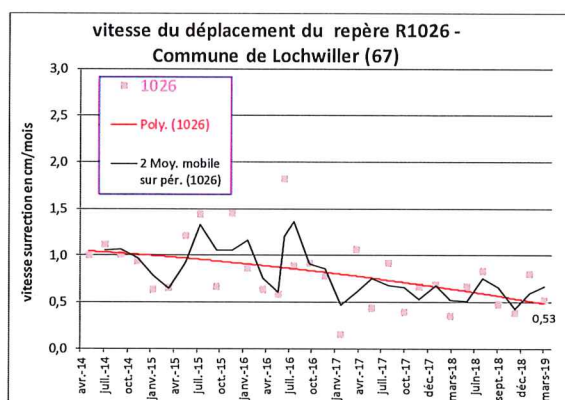
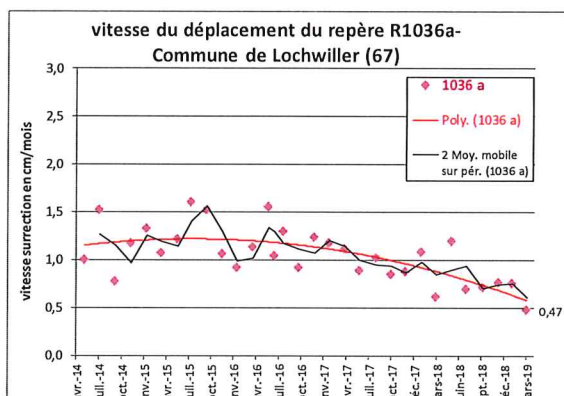
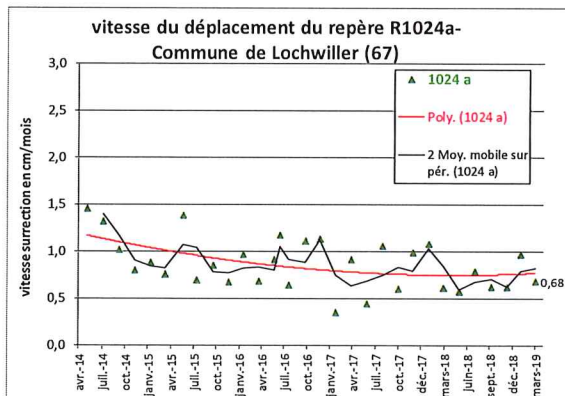


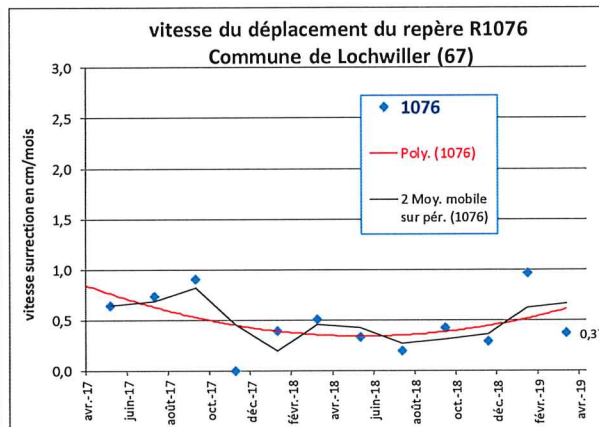
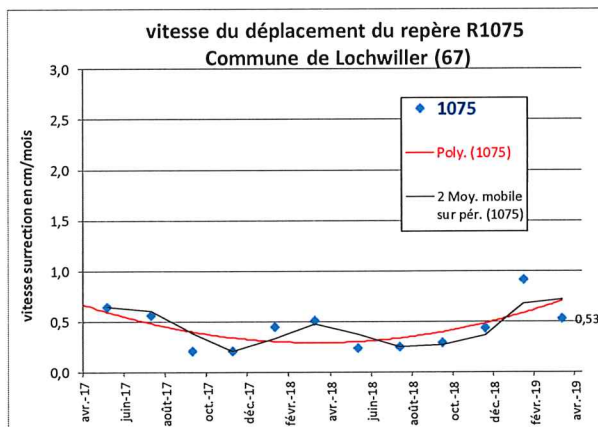
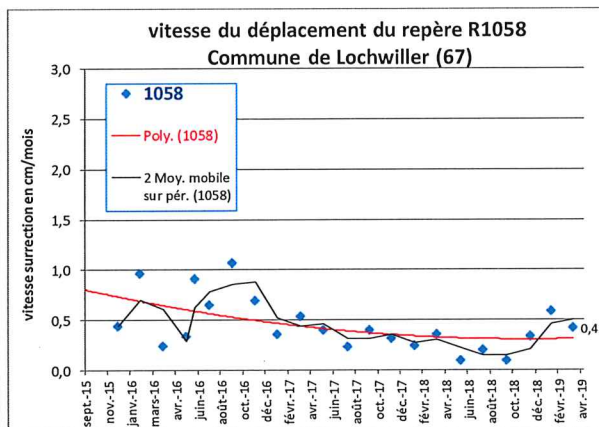
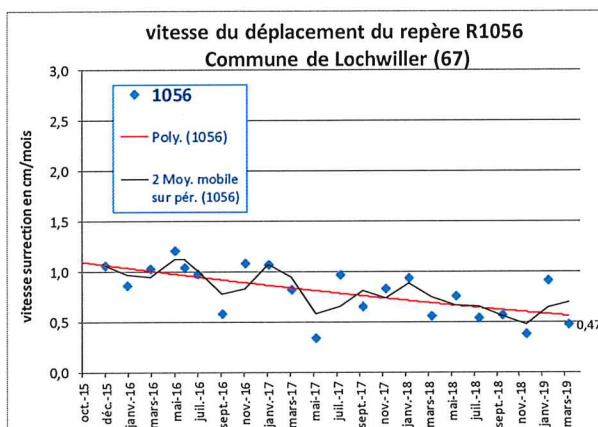
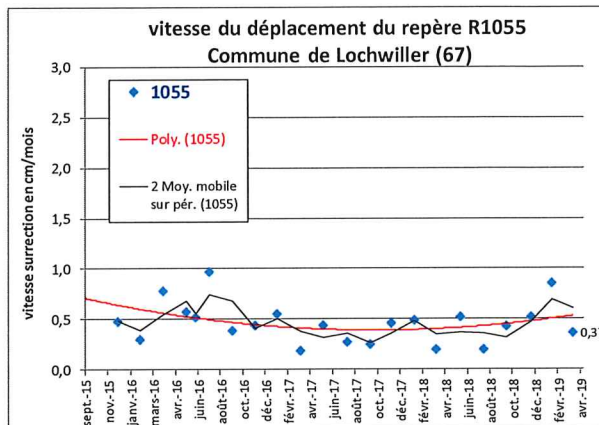
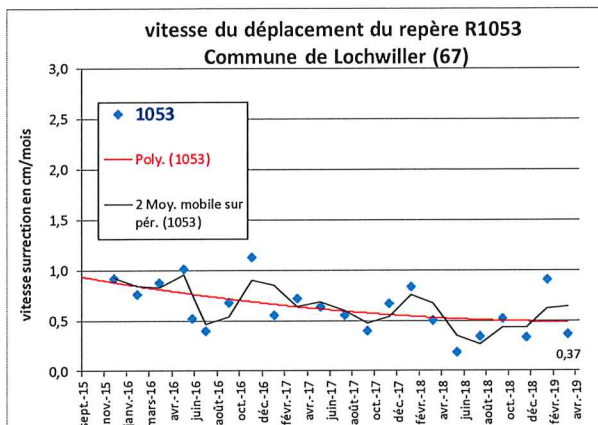
3.3. Calcul des vitesses des déplacements horizontaux (DXY) sur les repères remarquables de l'ensemble du réseau

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 0,7 cm/mois (campagne précédente 0/0,8 cm/mois).

On notera une tendance à la hausse des vitesses de déplacement pour une grande majorité des repères en particulier ceux impactés par les conditions climatiques (retrait /gonflement).





4. Extension du phénomène

Le plan « Cumul annuel (29/01/2018 au 29/01/2019) » précise les repères concernés par un mouvement ≥ 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 03 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 2 dernières campagnes) des repères R1001 à R1089 (hors déformètres et fissuromètres), les repères qui affichent une valeur significative (>1 cm) sont :

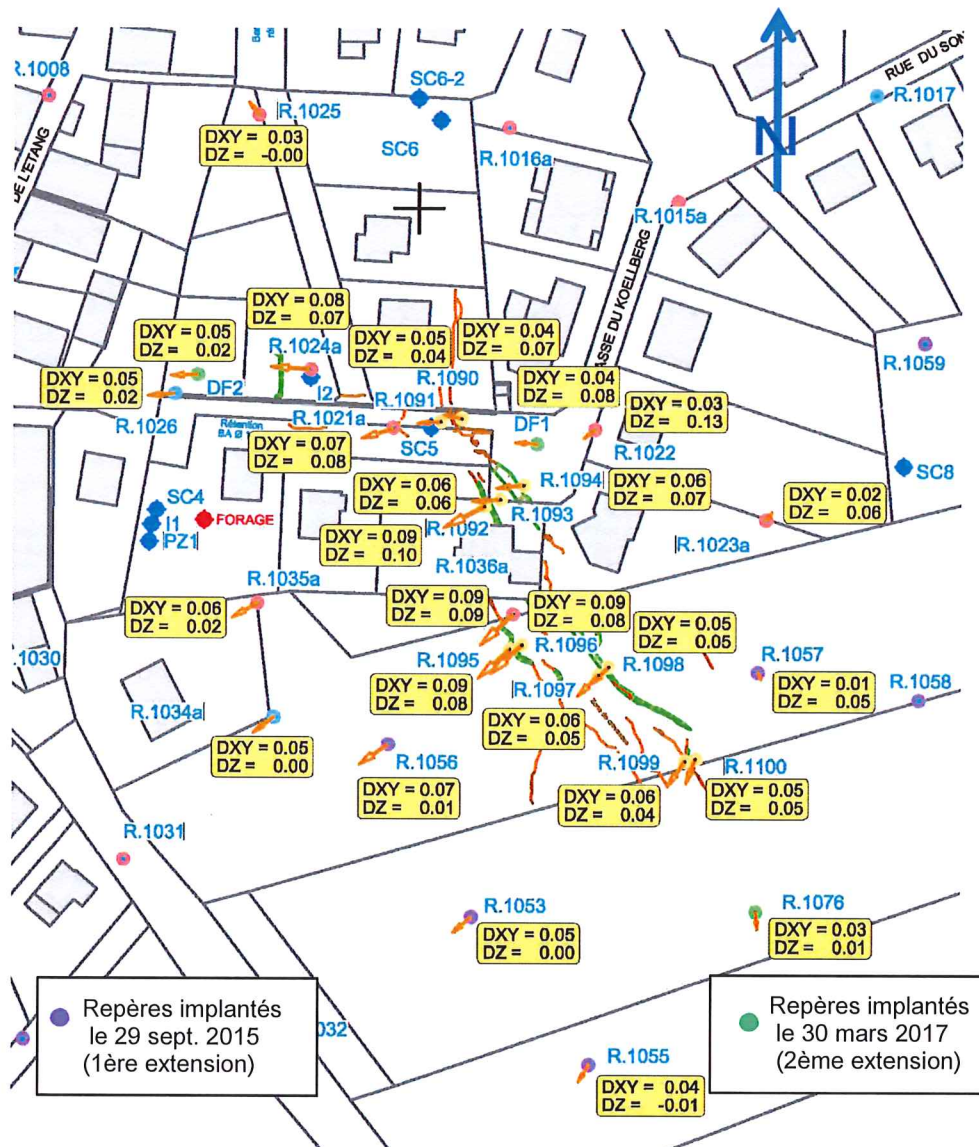
- R1021a, 1022, 1024a (impasse du Koelberg) et R1036a (à proximité des crevasses) ;

- R1056, 1^{ère} extension, en aval pendage ou à proximité du réseau de crevasse dans le verger ;
- R1069, 1070 (au nord de la rue des Vignes), repères de la 2^{ème} extension ;

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

- R1011, 1013, 1015a, 1016a, 1021, 1024a, 1025 (rue Sonderberg et impasse du Koellberg) ;
- R1059, 1^{ère} extension, au nord-est du verger ;
- R 1070 (au nord de la rue des Vignes), R1075, R1077 à 1080a (sud-est du verger et chemin de terre), 2^{ème} extension ;

En valeur cumulée, les mouvements les plus significatifs restent limités entre les rues de Sonderberg au nord, de l'Etang à l'ouest ainsi qu'au niveau des zones crevassées au sud du lotissement.



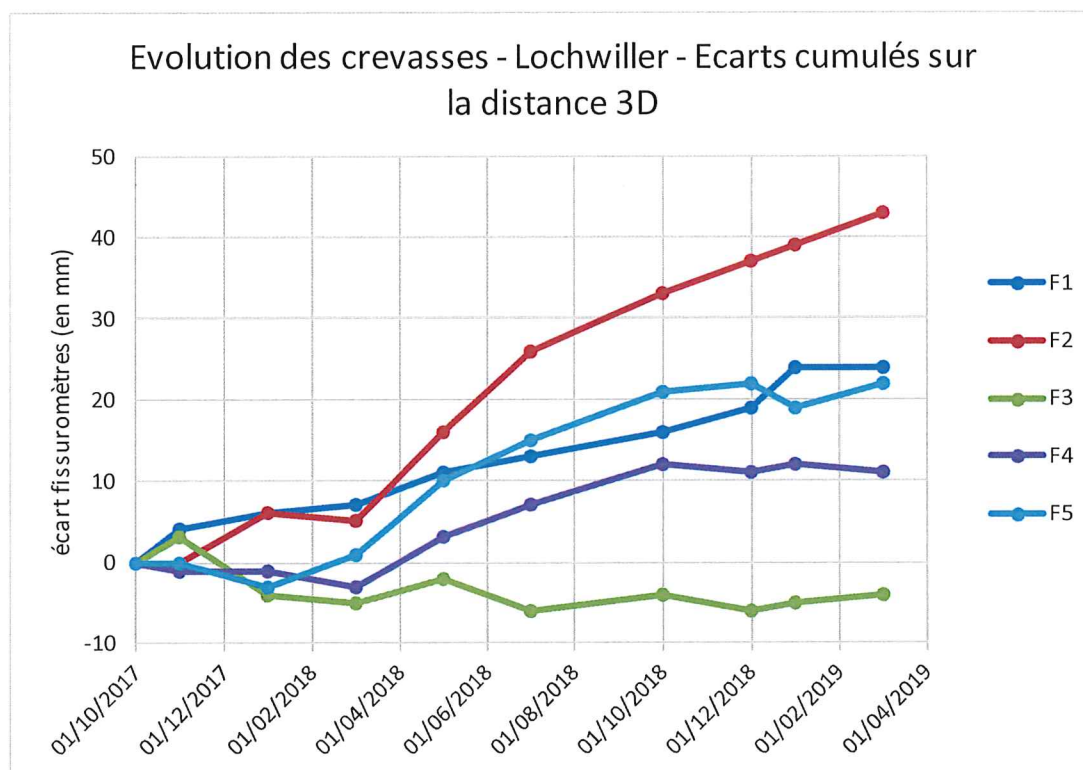
Extrait du plan Cumul sur 1 an (ref. 29/03/2018)

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

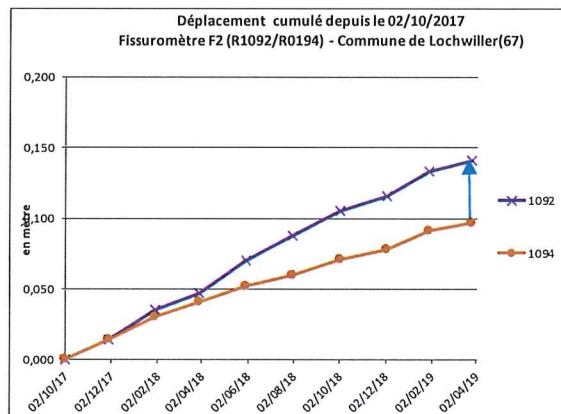
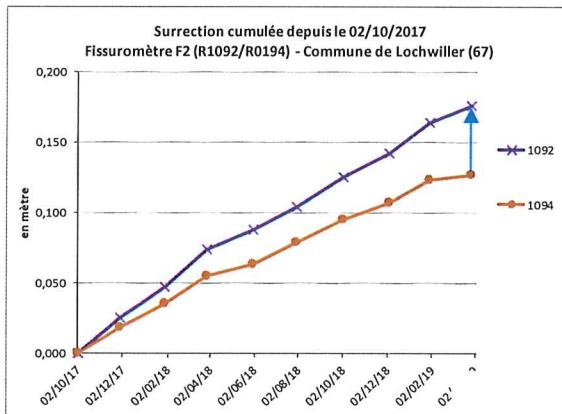
Les distances 3D ont été calculées au niveau de chaque fissuromètre. L'écart maximum est mesuré sur le fissuromètre F2 sur la place de l'impasse Koellberg (4.3 cm en ouverture).

Fissuromètre	Points	distance entre fissuro au 2/10/17 (origine) (en m)	distance entre fissuro au 29/01/19 (en m)	distance entre fissuro au 27/03/19 (en m)	écart (réf. levé précédent) (en m)	écart (réf. à l'origine) (en m)	
F 1	1090	4,438	4,461	4,462	0,001	0,024	Impasse du Koellberg
	1091						
F 2	1092	9,191	9,231	9,234	0,003	0,043	Place du Koellberg
	1093						
	1094						
F 3	1095	2,577	2,572	2,573	0,001	-0,004	verger
	1096						
F 4	1097	2,757	2,769	2,768	-0,001	0,011	verger
	1098						
F 5	1099	2,155	2,175	2,177	0,002	0,022	verger
	1100						

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution des écarts sur les 5 fissuromètres depuis leurs implantations (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 contrôle visuel de l'évolution des crevasses traitées a révélé, il y a plusieurs mois l'apparition d'une nouvelle crevasse sur l'impasse du Koellberg, à proximité du repère R1022 qui présente la surrection maximale du réseau de surveillance. Cette crevasse semble en phase de stabilisation. Un traitement courant juin 2019 est prévu (photos ci-dessous). D'autres fissures entre cette crevasse et la zone traitée semblent également évoluées. La crevasse suivie par le fissuromètre F 2 ne nécessite pour l'instant aucun traitement particulier mais de légères fissures réapparaissent comme au niveau du fissuromètre F1.



Plans et mesures

Les plans et le fichier des mesures réalisées le 27/03/2018 sont fournis en annexes.

6. Conclusion

Les résultats du levé topographique (altitude et planimétrie) de la campagne du 27 mars 2019 indiquent :

- Une poursuite des mouvements de surrection du sol. Les mouvements de surrection les plus importants se situent au niveau de l'impasse du Koellberg, au niveau du verger au sud du lotissement et de part et d'autre des zones crevassées. Sur cette campagne, 5 repères présentent un mouvement partiel (sur 2 mois) supérieur ou égal à 1 cm. La valeur maximale de surrection (repère R1022) est de **+ 101** cm en référence au levé du 7 mars 2013. La plus forte tendance en référence au levé précédent est mesurée sur le repère R1022 et R1070 (+1,6 cm sur 2 mois, impasse du Koellberg et rue des vignes).
- 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 -0,5 (tassement) et +0,8 cm (surrection) par mois. On rappellera qu'elle atteignait 3 cm au printemps 2013 pour le repère R1021.
- Une poursuite des déplacements horizontaux avec une valeur maximale sur le repère R1036a de 74,1 cm en référence au levé du 7 mars 2013 selon un même azimuth (ouest à sud-ouest). La plus forte tendance en référence au levé précédent est mesurée sur les repères R1083a (2,1 cm/2 mois).

Comme pour les mouvements verticaux, des vitesses de déplacement ont été calculées. Elles se situent entre 0 et 0,7 cm/mois. La tendance, pour cette campagne, semble être à la baisse.

- 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 27/03/2019), est mesuré sur la place de l'impasse Koellberg (F2 avec 4.3 cm en ouverture).
- Une zone impactée, au droit du lotissement, toujours limitée entre la rue de Sonderberg au nord, la rue de l'Etang à l'ouest jusqu'aux zones crevassées traitées au niveau du verger.

