

Evaluation d'une nouvelle méthode de mesure de la stabilité structurale des sols basée sur une application smartphone.

N.P.A Saby¹, Didier Michot², Blandine Lemerrier², Sylvain Busnot², Olfa Tahar², Margot Pelluchon², Mario Fajardo³, Sébastien Salvador-Blanes⁴, Blandine Jabely⁴, Marine Lacoste⁵, Thomas Chalaux⁵, O Josière⁵, H Gaillard⁵, Frédéric Darboux⁶

¹INRAE, USINFOSOL, Orléans, France; ²UMR SAS, Institut Agro, INRAE, Rennes, France; ³Sydney Institute of Agriculture, School of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science, Australie; ⁴EA6293 GÉHCO – GéoHydrosystèmes Continentaux, Université de Tours, France; ⁵INRAE, URSOLS, Orléans, France; ⁶Laboratoire Sols et Environnement, INRAE, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

La battance et l'érosion des sols cultivés résultent essentiellement de la désagrégation des mottes de terre et du détachement de fragments sous l'action des pluies. Le comportement physique d'un sol soumis à l'action de l'eau peut être évalué en réalisant des tests de stabilité structurale. De nombreuses méthodes de mesure de la stabilité structurale ont été proposées, et l'une d'elle a été normalisée¹ après des travaux menés au sein d'INRAE (« NF-ISO10930-2012. Qualité du sol — Mesure de la stabilité d'agrégats de sols soumis à l'action de l'eau »). Une nouvelle méthode basée un algorithme de reconnaissance d'image dynamique a été récemment proposée² et elle est implémentée sous la forme d'une application logicielle pour téléphone portable, *Slakes* (Figure 1), disponible sur les « stores » (Google et Apple). Son protocole est simple et accessible au grand public.

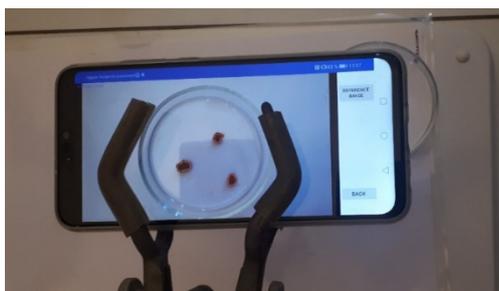


Figure 1. L'application Slakes captant le processus de désagrégation de 3 agrégats dans l'eau.

Les objectifs du projet, dont quelques résultats sont présentés lors de ces journées, étaient les suivants : i) évaluer la fiabilité des mesures *Slakes* à partir d'essais de répétabilité sur des échantillons bien caractérisés ; ii) évaluer la capacité de *Slakes* à diagnostiquer des situations différentes en termes de pratiques culturales pour des contextes agro-pédologiques et climatiques plus larges que son cadre initial de test (Nouvelle-Galle du Sud, Australie), en se concentrant néanmoins sur des sols du territoire métropolitain ; iii) comparer les résultats *Slakes* à des mesures de la stabilité structurale obtenus selon la méthode *ISO* ; iv) rechercher des liens entre la mesure de la stabilité structurale selon les deux méthodes et les propriétés des sols afin d'améliorer les connaissances sur ce paramètre et produire des règles de pédo-transfert reliant stabilité structurale et propriétés du sol ; v) produire une évaluation à différentes échelles (parcellaire, régionale et nationale) de la stabilité structurale des sols ; vi) proposer un référentiel d'interprétation des résultats obtenus par la méthode *Slakes*.

Matériel et méthodes : Le projet s'est appuyé sur un ensemble de mesures acquises sur des échantillons provenant de sites contrastés liés à des programmes de recherche français : 140 sites du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) répartis sur le territoire métropolitain, 14 parcelles expérimentales du SOERE PRO (Système d'Observatoires, d'Expérimentations et de Recherche en Environnement Produits Résiduels Organiques) EFELE (Effluents d'ELÉvage) situé à Le Rheu (35), 205 sites du bassin versant de Naizin (35) appartenant à l'Observatoire de Recherche en Environnement AgrHys, 24 sites issus du programme Sols de Bretagne (35, 29, 56, 22), et 50 sites issus d'une parcelle agricole située au sein de l'observatoire instrumenté du bassin versant du Louroux (37), labellisé dans le cadre de la Zone Atelier Loire (CNRS-INEE). Trois laboratoires ont été équipés pour la mise en œuvre du protocole, à Orléans, Rennes et Tours. Les deux méthodes considérées portent sur des agrégats de

3 à 5 mm. La mesure *Slakes* est réalisée en suivant l'accroissement de la surface d'agrégats plongés dans l'eau avec la caméra du téléphone. Sur la base du taux d'accroissement de cette surface, un indicateur est produit, ses valeurs allant de 1 pour les sols très stables à 14 pour les sols instables. La mesure ISO s'est concentrée sur le test d'humectation rapide et fournit le diamètre moyen pondéré des fragments résultants (*MWD*).

Résultats et discussions : Le projet a permis de produire un protocole de mise en œuvre de la mesure et d'exploitation des résultats. Un package R a été réalisé pour faciliter l'extraction et la représentation des résultats des mesures. Une des principales différences entre la méthode *ISO* et *Slakes* est la quantité d'agrégats utilisés pour mesurer la stabilité structurale. La méthode *ISO* utilise au minimum 5 g d'agrégats par mesure (ce qui représente environ 90 agrégats), contre 3 agrégats seulement pour la méthode *Slakes* (0,2 g environ). Nos résultats montrent qu'il faut au moins 30 mesures *Slakes* par échantillon (soit 5 heures de mesures) pour avoir une estimation de la stabilité structurale reproductible et précise. Les résultats montrent une corrélation significative entre les mesures *Slakes* et *ISO* ($r = -0.78$ avec les données issues du RMQS) mais la relation n'est pas linéaire et la corrélation est moindre pour certains des sols les moins stables selon la norme ISO. La méthode *Slakes* semble en effet moins agressive que la méthode *ISO* car elle n'inclue aucune action mécanique externe autre que la réhumectation rapide. Nos résultats montrent également une corrélation importante de la mesure *Slakes* avec la teneur en matière organique ($r = -0.63$ au niveau national). Cette mesure est également corrélée avec la texture (sable grossier, sable fin, argile, limon fin), et de manière moins marquée avec la biomasse microbienne, la diversité bactérienne, le fer libre, l'aluminium et le potassium échangeable. Les premiers résultats sur l'établissement d'une fonction de pédotransfert indiquent que l'utilisation du carbone organique, sable grossier, sable fin, argile, limon fin, diversité bactérienne, Mg échangeable, pH, Mn extractible et K échangeable permet de prédire cette mesure avec une précision de 0.78 unité *Slakes*, un biais de 0.67 et un R^2 de 0,76 (en validation croisée). L'expérimentation sur les parcelles expérimentales EFELE a montré que les méthodes *Slakes* et *ISO* détectent de manière relativement fiable les effets du travail du sol mais pas ceux de la fertilisation, à condition de faire au moins 15 mesures *Slakes* de trois agrégats chacune.

Conclusions : Les premiers résultats indiquent que l'application *Slakes* donne des résultats cohérents avec ce que l'on sait de la stabilité structurale des sols dans un contexte français métropolitain et avec les résultats de la méthode *ISO*. Son utilisation pourra donc être élargie, mais les conditions d'expérimentation particulières nécessaires à la réalisation des mesures rendent pour l'instant sa démocratisation difficile. Les nouvelles versions de l'application devraient pouvoir intégrer une meilleure gestion de la résolution des photos. La constitution d'un indicateur fiable adossé à un référentiel d'interprétation reste encore à consolider. Enfin, ce type d'outil reste un formidable vecteur pour la sensibilisation des gestionnaires à la qualité des sols.

Bibliographie

1. Le Bissonais, Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* **47**, 425–437 (1996).
2. Fajardo, M., McBratney, Alex. B., Field, D. J. & Minasny, B. Soil slaking assessment using image recognition. *Soil and Tillage Research* **163**, 119–129 (2016).

Remerciements : Les auteurs remercient le département Agroécosystèmes de l'INRAE pour son soutien.