



Le temps

Je ne suis pas dans le sol, mais pourtant je suis incontournable pour qu'il puisse se former. Je suis indissociable du climat. C'est à cause de moi qu'on dit que le sol n'est pas une ressource renouvelable à l'échelle humaine. Je fais l'histoire.

Rédaction : Michel Brossard (avril 2023)

Le temps court et le temps long

Le temps est un facteur majeur de la **pédogenèse**, souvent oublié. Par le terme « **temps** », on souligne la **durée** des **mécanismes** qui conduisent à la formation des sols tels qu'on peut les observer à un temps « T ».

La mesure du temps se fait par différentes méthodes géochimiques ou biologiques ; elle sera exprimée en **Ma** (millions d'années), en **ka** (kilo-années, c'est-à-dire milliers d'années), en années, et ainsi de suite jusqu'à des pas de temps très courts.

Le temps dans l'étude des sols fait référence à deux notions :

- d'une part à la vitesse d'**altération** (qui peut être **chimique** ou **physique**) des roches ou du matériau parental. On considère ici les mécanismes mis en oeuvre lors de **l'altération des roches** (ou la transformation du matériau parental), au cours de laquelle des **processus immédiats** se produisent, il en est de même dans les dynamiques biochimiques au sein de la solution du sol au contact de la phase solide du sol ou dans les mécanismes ayant lieu à des échelles saisonnières. Ces processus se déroulent sur des temps courts.
- d'autre part à la durée de **formation d'un sol** qui intègre des **processus de longue durée** où des conditions climatiques, géologiques et géomorphologiques locales ont pu varier. La **pédogenèse** (cf. Synthèse « pédogenèse ») va intégrer ces mécanismes. La vitesse de formation d'un sol, si on considère ce temps long, peut également varier au cours du temps avec une vitesse initiale très élevée qui diminue avec l'âge (Egli et Poulénard, 2016). Les sols peuvent également être soumis à des événements ponctuels (dépôt de matériaux, **érosion**, évolution de la végétation (feux notamment), **changements d'usages...**) qui vont affecter leur vitesse de formation. Il y a donc le plus souvent des **ruptures**, des **mutations**, des **évolutions** dans les processus d'**évolution des sols**.

Les facteurs influençant la vitesse de formation d'un sol

La Figure 1 illustre les facteurs régulant la formation des sols. Le temps est l'unique paramètre indépendant qui doit être vu comme ayant une trajectoire selon laquelle le tétraèdre représenté se déplace et se transforme.

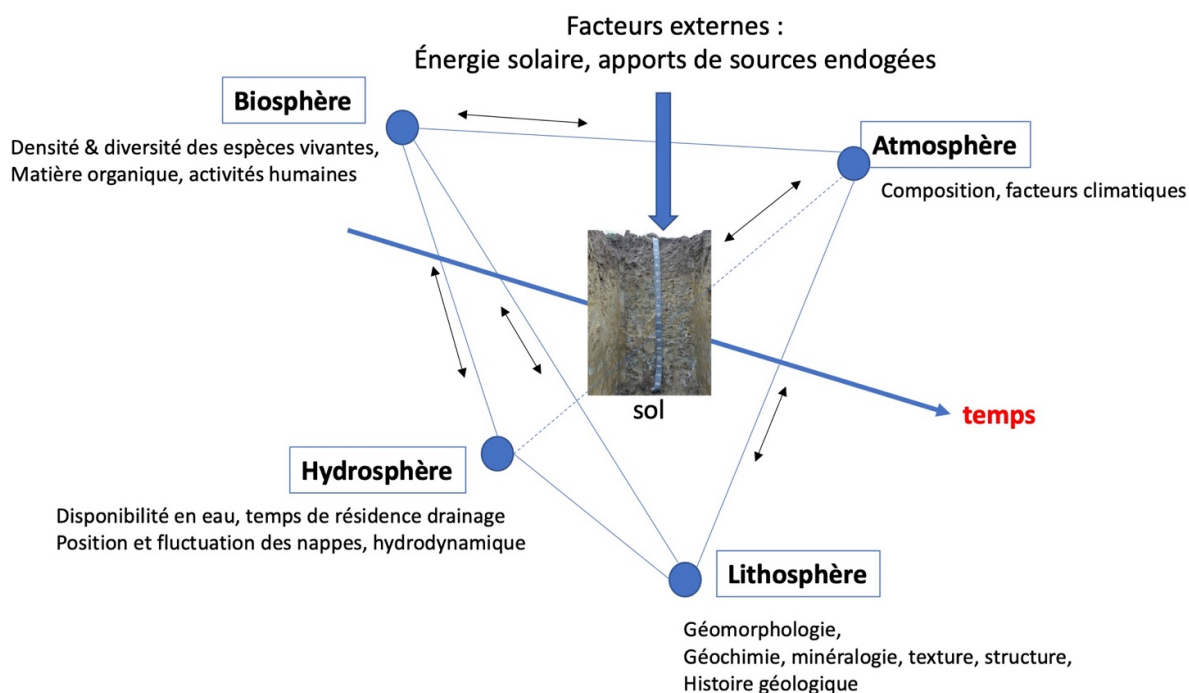


Figure 1. Facteurs atmosphériques, hydriques, lithologiques et biologiques régulant la formation du sol. Le temps est une trajectoire le long de laquelle le tétraèdre se déplace et se transforme
Source : Garcia Paz et Taboada Rodríguez, in *Encyclopedia of Soil Science*, 2008.

En général, **la vitesse de formation d'un sol est lente**. Toutefois la nature du matériau parental et les conditions climatiques au cours du temps vont exercer un contrôle biogéochimique de la vitesse de l'altération et faire varier cette vitesse de formation des sols. Le tableau 1 illustre ces grandes différences de vitesse de formation qu'on peut observer. Par exemple, un sol du Sénégal développé à partir de coquilles calcaires sous climat tropical sec gagnera 1,25 mm par millier d'années alors qu'un sol de France développé sur des sédiments fluvio-glaciaires sous climat tempéré gagnera 400 mm par millier d'années (cf. Tableau 1).



LA FRESQUE DU SOL

Régions	Région climatique	Matériaux parentaux	Type de sol (Référentiel Pédologique français)	Vitesse millimétrique d'années	Méthode	Référence
Italie du Sud	Méditerranéen	Calcaires	Fersialsols	100	Géomorphologie	Spaargaren, 1979
Sénégal	Tropical sec	Coquilles calcaires	Rendisols	1,25	Géochimie 14C	Leprun et al., 1976
France	Tempéré atlantique	Coquilles huîtres	Rendisols	400	Pédologie	Dupuis et al., 1965
France	Tempéré atlantique	Sables	Podzosols	7,5	Pédologie	Duchaufour, 1983
Europe	Tempéré	Granite	Brunisols	100	Pédologie-géomorphologie	Birkeland, 1974
France	Tempéré	Fluvio-glaciaires	Fersialsols	10 - 133	Pédologie-géomorphologie	Bornand, 1978
France	Tempéré	Fluvio-glaciaires	Fersialsols éluviques	400	Pédologie-géomorphologie	Bornand, 1978
Slovénie	Tempéré	Calcaires	Calcosols	25 ± 15	Géochimie 10Be	Barg et al., 1997
France	Tempéré	loess	Néoluvisols	130 ± 40	Géochimie 10Be	Jamagne, 2011
Australie	Tempéré chaud à sub-tropical	Sédimentaires et métamorphiques du socle	Ferruginisols	10 ± 4	Géochimie 10Be	Stockmann et al., 2010
Petites Antilles	Tropical humide	Ponces andésitiques	Andosols « jeunes »	125	Pédologie et géochronologie	Quantin et al, 1991
Côte d'Ivoire	Tropical humide	Socle granitique	Ferrallitisols	50	Géochimie	Leneuf, 1959

Tableau 1. Quelques exemples de vitesses de formation du sol (pédogenèse) exprimées en mm d'épaisseur de sol formé par milliers d'années sur différentes roches et sous différents climats.



La chronoséquence

Afin de mieux appréhender l'importance du facteur temps dans la pédogenèse, les pédologues ont assez vite repéré des situations particulières pour lesquelles on peut considérer que la **durée de pédogenèse est le facteur dominant de différenciation des sols** : les **chronoséquences**. Ces chronoséquences sont une succession théorique dans le temps de sols issus de matériaux parentaux identiques dont les différences sont dues uniquement à la durée de la pédogenèse. L'étude de chronoséquences va permettre, au cours des décennies 1970 et 1980, de mettre en évidence les successions pédologiques d'évolution des sols et ainsi les premières estimations sur les vitesses des processus pédologiques (Bockheim, 1980).

Les sols non renouvelables

Les **activités humaines** risquent d'accélérer considérablement l'**érosion des sols**, et si le sol est érodé, il faudra attendre au moins une dizaine de milliers d'années, mais peut être bien plus, pour retrouver un sol fertile. De même en ce qui concerne un sol décapé pour construire routes ou bâtiments. Si le sol est fait des alluvions d'un fleuve, il faudra attendre de nombreuses crues. Si c'est un dépôt volcanique, il faudra attendre une autre éruption volcanique à même de déposer plusieurs décimètres de ponces ou de cendres. Si la couche de sol érodée provient du dépôt d'un loess, il faudra attendre la fin de la prochaine éventuelle glaciation pour en obtenir un nouveau, soit environ cent vingt mille ans, mais sans garantie, car l'avenir de notre climat est incertain. Certes, il n'est pas perdu pour tout le monde, si la terre érodée enrichit d'autres sols ou même en crée de nouveaux, mais cela ne représente qu'une partie de la matière emportée. Les particules de sols transportées vers les écosystèmes aquatiques contribuent également à leur modification.

Cependant ces valeurs ne correspondent qu'à des moyennes qui vont énormément varier en fonction notamment des conditions climatiques, du matériel parental du sol, de la topographie, de la biodiversité.



Bibliographie

Baize, D. 2016. Petit lexique de pédologie. Ed. QUAE

Baize, D. 2021. Naissance et évolution des sols. Ed. QUAE

Barg, E., Lal, D., Pavich, M.J., Caffee, M.W., Southon, J.R., 1997. Beryllium geochemistry in soil: evaluation of $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$ ratios in authigenic minerals as a basis for age models. *Chemical Geology*, 140 : 237-258.

Birkeland, P., 1974. Pedology weathering. In : geomorphological research, Oxford University Press, 285 p.

Bornand, M., 1978. Altération des matériaux fluvio-glaciaires ; genèse et évolution des sols sur terrasses quaternaires de la moyenne vallée du Rhône. Thèse Doct. Etat, Univ. Montpellier, 329 p.

Duchaufour, Ph., 1983. Pédologie. 1. Pédogenèse et classification. 2) éd. Masson éd. Paris, 491 p.

Dupuis, J., Dutreuil, J-P., Jambu, P., 1965. Les rendzines historiques des buttes coquillères de Saint-Michel-en-l'Herm. C. R. Acad. Sc. Paris, t 260, groupe 9, 940-943.

Encyclopedia of Soil Science, 2008, ed. W. Chesworth, ISBN 978-1-4020-5127-2, Springer Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York.

Jamagne M., 2011 - Grands paysages pédologiques de France. Editions QUAE. 598 pp.

Leneuf, N., 1959. L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés. Thèse Sci. Paris, 210 p.

Leprun, J.C., Marius, C., Perraud, E., 1976. Caractérisation de la pédogenèse durant le dernier millénaire sur les amas coquilliers des îles du Saloum (Sénégal). *Ass. Sénégal. Et. Quatern. Afr. Bull. Liaison ASEQUA, Dakar*, (49) : 13-25.

Poulnard et. al. 2015. La géochimie organique des sols et des sédiments : une clé pour décrire l'anthropocène ? Introduction de l'ouvrage "Sols et matières organiques Mémoires et héritages". Collection EDYTEM - Cahiers de géographie.

Quantin, P., Balesdent, J., Bouleau, A., Delaune, M., Feller, C., 1991. Premiers stades d'altération des ponces volcaniques en climat tropical humide (Montagne Pelée, Martinique). *Geoderma*, 50, 125-148.

Spaargaren, O.C., 1979. Weathering and soils formation in a limestone area near Pastena, Italy. Thèse Univ. Amsterdam, 191 p.

Stockmann, U., Minasny, B., McBratney, A., Fink, D., and Pietsch, T., 2010. Investigating processes of pedogenesis in the Werrikimbe National Park, NSW, Australia. In: Gilkes R.J., Prakongkep N., eds. *Procee. 19th World Cong. of Soil Sci.*, ISBN 978-0-646-53783; DVD, Symposium 1.3.2; Aug.1-6 Brisbane, Australia, IUSS, pp. 8-11.