



HAL
open science

Les sols de la Guadeloupe : Genèse, distribution & propriétés

Jorge Sierra, Lucienne Desfontaines

► **To cite this version:**

Jorge Sierra, Lucienne Desfontaines. Les sols de la Guadeloupe : Genèse, distribution & propriétés. [Rapport Technique] 6, INRAE. 2018, 22 p. hal-02789600

HAL Id: hal-02789600

<https://hal.inrae.fr/hal-02789600v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License



Les sols de la Guadeloupe

Genèse, distribution & propriétés

Jorge Sierra et Lucienne Desfontaines

Unité Agrosystèmes Tropicaux (ASTRO), INRA Antilles-Guyane
Domaine Duclos (Prise d'eau), Guadeloupe, France

Juin 2018

Contact : jorge.sierra@inra.fr, lucienne.desfontaines@inra.fr

Table des matières

Avant-propos 2

I- Le sol : un produit de l’altération des roches..... 3

II- Contexte géologique de la formation des sols 3

III- La logique de la distribution des sols 5

 Vertisols 7

 Ferralsols..... 7

 Andosols 7

 Nitisols 8

 Fluvisols 8

 Sols de la mangrove..... 8

IV- Morphologie et propriétés physiques des sols agricoles..... 9

 Vertisols 9

 Ferralsols..... 9

 Andosols 10

 Nitisols 11

 Fluvisols 11

V- Fertilité chimique des sols agricoles 12

 Carbone et azote organiques..... 12

 Phosphore biodisponible 13

 pH, CEC et cations..... 13

VI- Valeur agronomique des sols..... 15

 Vertisols 15

 Ferralsols..... 17

 Andosols 18

 Nitisols 18

 Fluvisols 19

VII- Conclusions 19

Références..... 20

Glossaire 21

Crédit photos de la page de couverture : Y.M. Cabidoche et J. Sierra.

Avant-propos

L'archipel de la Guadeloupe occupe 0.001% de la superficie des terres émergées de la Terre. Dans ce petit territoire s'est développé, depuis quelques millions d'années, une extrême diversité des couvertures pédologiques, lesquelles représentent 30% des sols tropicaux et 10% des sols de la planète. Des pans entiers de cette extraordinaire richesse locale sont encore à connaître, à valoriser et, bien évidemment, à préserver. Le but de ce rapport est de contribuer à répondre à ces besoins.

Nous décrivons ici l'origine des sols guadeloupéens (pédogenèse), la logique de leur distribution sur le territoire, leurs propriétés physiques et chimiques, et leur valeur agronomique. Ce rapport s'adresse à la profession agricole, aux décideurs et aussi aux étudiants ainsi qu'au large public curieux de connaître davantage sur le "pourquoi" et le "comment" de cette pédodiversité. Pour les moins connaisseurs de la pédologie, nous avons inclus à la fin du rapport un glossaire des termes techniques utilisés dans le texte.

Les auteurs de ce rapport travaillent depuis deux décennies sur les sols tropicaux de la Guadeloupe mais, en l'occurrence, ils ont aussi fonctionné comme compilateurs des travaux réalisés depuis la fin des années 50 par des collègues de l'IRD (ex-ORSTOM), de l'INRA, du CIRAD, de l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe et de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Pour ceux qui voudraient obtenir plus d'informations sur les sujets traités dans ce rapport, nous avons inclus dans la rubrique Références, quelques documents et sites web facilement accessibles.

Etant donné que l'INRA en Guadeloupe travaille sur l'agriculture, dans cette synthèse nous nous sommes focalisés sur les sols agricoles où notre information, notamment sur leurs propriétés chimiques et physiques, est plus abondante. De ce fait, les sols forestiers et ceux de la mangrove sont peu commentés dans notre rapport. Pour obtenir un renseignement plus complet sur ces sols, le lecteur peut se rapporter à la bibliographie produite par l'Université des Antilles et par le Parc National de la Guadeloupe.

Les auteurs

I- Le sol : un produit de l'altération des roches

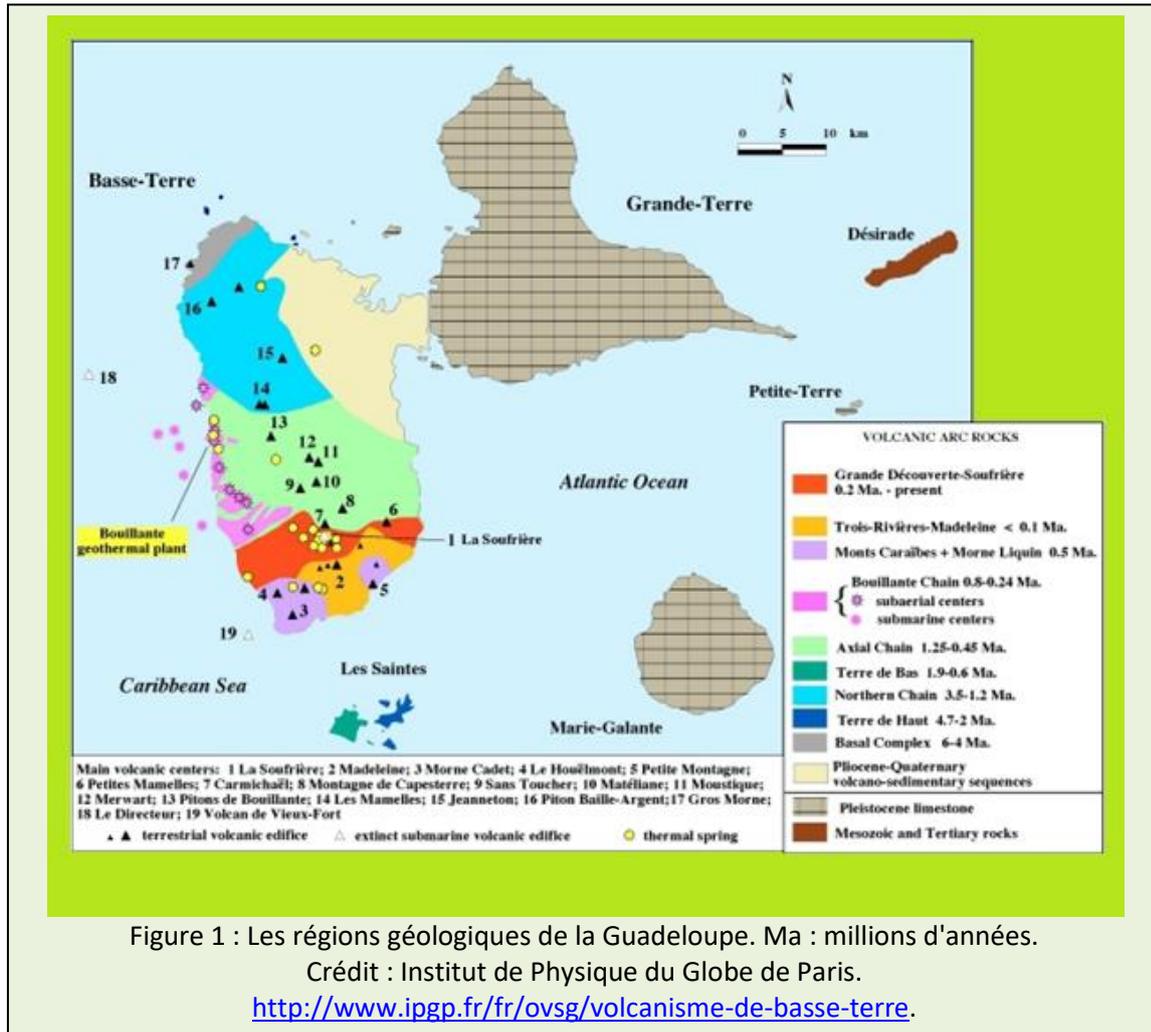
Les sols, couches meubles superficielles, sont le résultat de l'altération des roches sous l'action combinée du climat (pluviométrie, température) et des êtres vivants. Ces derniers en assurent l'organisation (porosité, structure), mais ils interviennent aussi dans leur formation ou genèse : ils enrichissent la solution du sol en acide carbonique (par respiration) et autres acides organiques (par exsudation et décomposition) qui ont la capacité d'hydrolyser certains minéraux des roches initiales. La recombinaison de ces éléments primaires permet alors la formation de nouveaux minéraux, dits secondaires, de petite taille, ce qui leur confère d'importantes surfaces spécifiques et capacités d'échange cationique (CEC) (p.ex. calcium (Ca), magnésium (Mg), potassium (K), ammonium (NH₄), aluminium (Al), etc.), et parfois anionique (CEA) (p.ex. nitrates (NO₃), phosphates (PO₄), sulfates (SO₄), etc.) (Cabidoche, 2011a).

Ces minéraux secondaires, argiles au sens large, peuvent être très divers dans leur nature et leurs propriétés selon les conditions de drainage lors de leur formation : le silicium (Si ; constituant principal des roches), tout comme les cations alcalins (K, sodium (Na)) et alcalino-terreux (Ca, Mg), sont solubles et facilement lessivés. A l'extrême, ne demeurent dans la fraction minérale des sols que les métaux (Al, fer (Fe), titane (Ti), nickel (Ni), chrome (Cr), etc.) insolubilisés sous forme d'oxyhydroxydes. Sous forte pluviométrie, ces oxyhydroxydes métalliques cohabitent avec des argiles pauvres en silice et de faible CEC, constituant des sols globalement acides. Au contraire, sous climat à saison sèche marquée, il reste suffisamment de Si pour former des argiles de la famille des smectites, gonflantes et à CEC élevée, constituant des sols de pH neutre ou légèrement basique (Cabidoche, 2011a).

Cette logique de formation des sols est universelle, mais elle est souvent masquée dans les sols des régions tempérées (p.ex. l'hexagone) par la forte extension des dépôts de produits issus du raboutage, récent à l'échelle géologique, des roches par les glaciers. Dans ces régions, les dépôts de terrasses fluviales, les dépôts éoliens limoneux portent des sols encore peu évolués, de fertilité élevée, sur de grandes surfaces. Au contraire, dans les milieux tropicaux de l'Outre-mer français, sous une température élevée, la logique d'altération imprime fortement la distribution et les propriétés des sols. Cependant elle n'affecte que la fraction altérable des roches : si celles-ci contiennent du quartz ou de la muscovite, ces derniers minéraux, inertes, demeurent intacts dans les sols dont ils constituent la fraction sableuse résistante pour des millions d'années (Cabidoche, 2011a).

II- Contexte géologique de la formation des sols en Guadeloupe

La formation et la distribution spatiale actuelle des sols de la Guadeloupe répondent essentiellement à trois facteurs : le type de roche qui a donné origine au sol, la durée de la genèse et le climat. Ces trois facteurs sont tout à fait liés à la dynamique des processus géologiques caractéristiques des Antilles. Dans ce sens, l'arc des Petites Antilles, situé sur la bordure Est de la plaque Caraïbes, résulte de la subduction de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbes à une vitesse de 2 cm/an (Lebrun et al., 2009). L'émergence des îles de l'archipel guadeloupéen s'est réalisée globalement selon une direction est-ouest (p.ex. La Désirade est l'île la plus ancienne) et, dans le cas de la Basse-Terre, nord-sud (p.ex. le sud de la Basse-Terre est plus récent que le nord) (Figure 1) :



Par ordre d'émergence, les régions géologiques sont :

- La Désirade. Elle forme un plateau allongé de roches calcaires d'âge Pliocène inférieur superposé à des roches ignées d'âge Jurassique supérieur à Crétacé inférieur¹ (IPGP, 2018).
- La Grande-Terre, Marie-Galante et Petite-Terre. Ces îles sont composées de plateaux coralliens d'âge Pliocène inférieur à Pléistocène, et reposent sur des terrains volcaniques très anciens d'âge pré-Miocène (Lebrun et al., 2009).
- La Basse-Terre et l'archipel des Saintes. Il s'agit des îles montagneuses formées de roches volcaniques d'âge Pliocène et Quaternaire. Le volcanisme y a débuté il y a environ 3 millions d'années à l'extrémité nord de l'actuelle Basse-Terre (Figure 1). Le reste du volcanisme de la Basse-Terre s'est mis en place dans le dernier million d'années, entre 600.000 et 250.000 ans dans le cas des complexes volcaniques situés dans la région sud de l'île. Le volcan La Soufrière est, en l'état des connaissances actuelles, le seul volcan actif de la Guadeloupe car ses dernières éruptions datent de moins de 10.000 ans (IPGP, 2018).

¹ Voir la Figure 2 pour le détail des ères géologiques.

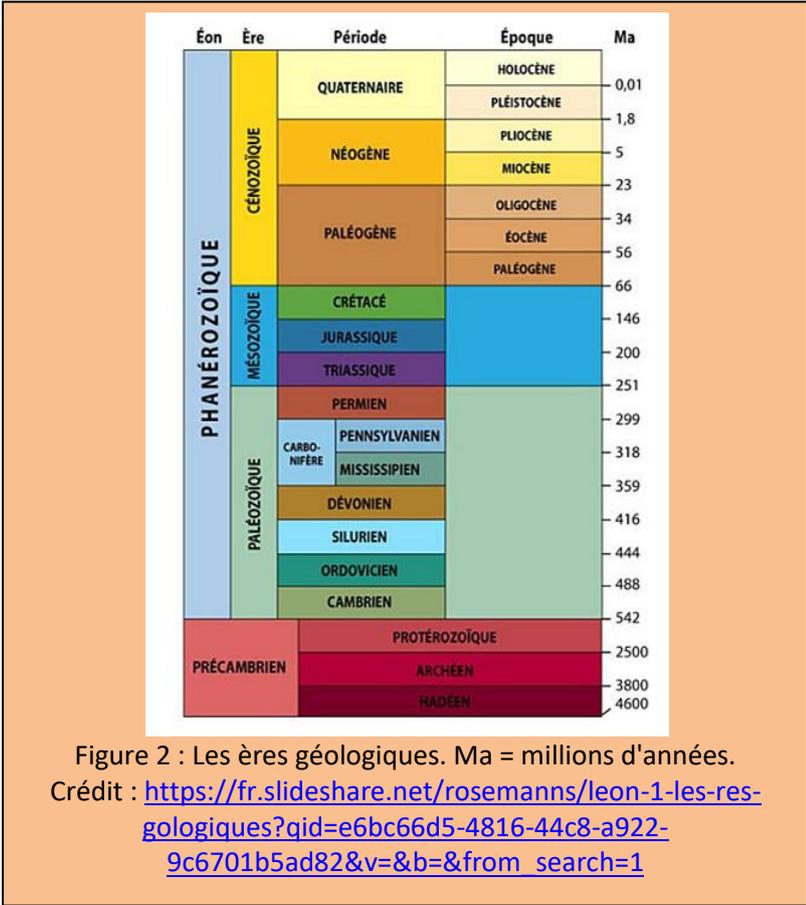


Figure 2 : Les ères géologiques. Ma = millions d'années.
 Crédit : https://fr.slideshare.net/rosemanns/leon-1-les-res-géologiques?qid=e6bc66d5-4816-44c8-a922-9c6701b5ad82&v=&b=&from_search=1

III- La logique de la distribution des sols

Dans le Tableau 1 nous revenons sur les trois facteurs déterminants de la distribution des sols de la Guadeloupe : le type de roches (volcaniques ou sédimentaires), la durée de la genèse (de 10³ à 10⁷ ans) et le climat, notamment la pluviométrie. La Figure 3 présente la distribution spatiale des grands groupes de sols.

Il est important de souligner que la formation des sols n'est pas toujours un processus continu dans le temps, dans le sens d'une évolution progressive de l'altération d'une roche initiale. En effet, des phénomènes épisodiques ou récurrents (p.ex. éruptions volcaniques, soulèvement/enfouissement des terrains, alluvions) peuvent affecter l'évolution des sols, en apportant des matériaux nouveaux aux couches superficielles et en modifiant la topographie qui, à son tour, affectera quelques processus impliqués dans cette évolution (p.ex. lessivage, érosion). Aussi, la présence de sources hydrothermales, notamment en Basse-Terre (Figure 1), peut affecter localement le processus d'altération des roches (p.ex. effet de la température). L'ensemble de ces phénomènes introduit une certaine hétérogénéité au sein d'un même groupe de sols (p.ex. proportion des différents types d'argile, acidité, épaisseur des couches, etc.) qui vont se répercuter différemment sur leur fonctionnement et leur fertilité. Dans ce rapport nous nous focaliserons sur les grands groupes de sols présents en Guadeloupe, et nous soulignerons les principales sources d'hétérogénéité.

		Roches			
		Volcaniques		Sédimentaires	
				Calcaire	Alluvions marines
Age (années)		10 ³ -10 ⁴	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁷	10 ⁵ -10 ⁷
Pluviométrie (mm/an)	Silice et cations	Type de sol (classification FAO)			
	pH				
1000	Accumulation		Vertisols (smectite Mg+Ca)	Vertisols et Calcisols (smectite Ca)	Sols de mangrove
	Maintien	<i>Basique</i>			
1500	Exportation	Nitisols	Ferralsols		
				<i>Neutre</i>	
2000	Forte exportation	Andosols			
			<i>Peu acide</i>		
2500					
≥3000	Très forte exportation				
					<i>Acide</i>

Tableau 1 : Logique de distribution des sols de la Guadeloupe et de leurs principaux constituants minéraux, en fonction de leur âge, de la pluviométrie et des roches. Adapté de Cabidoche (2000).

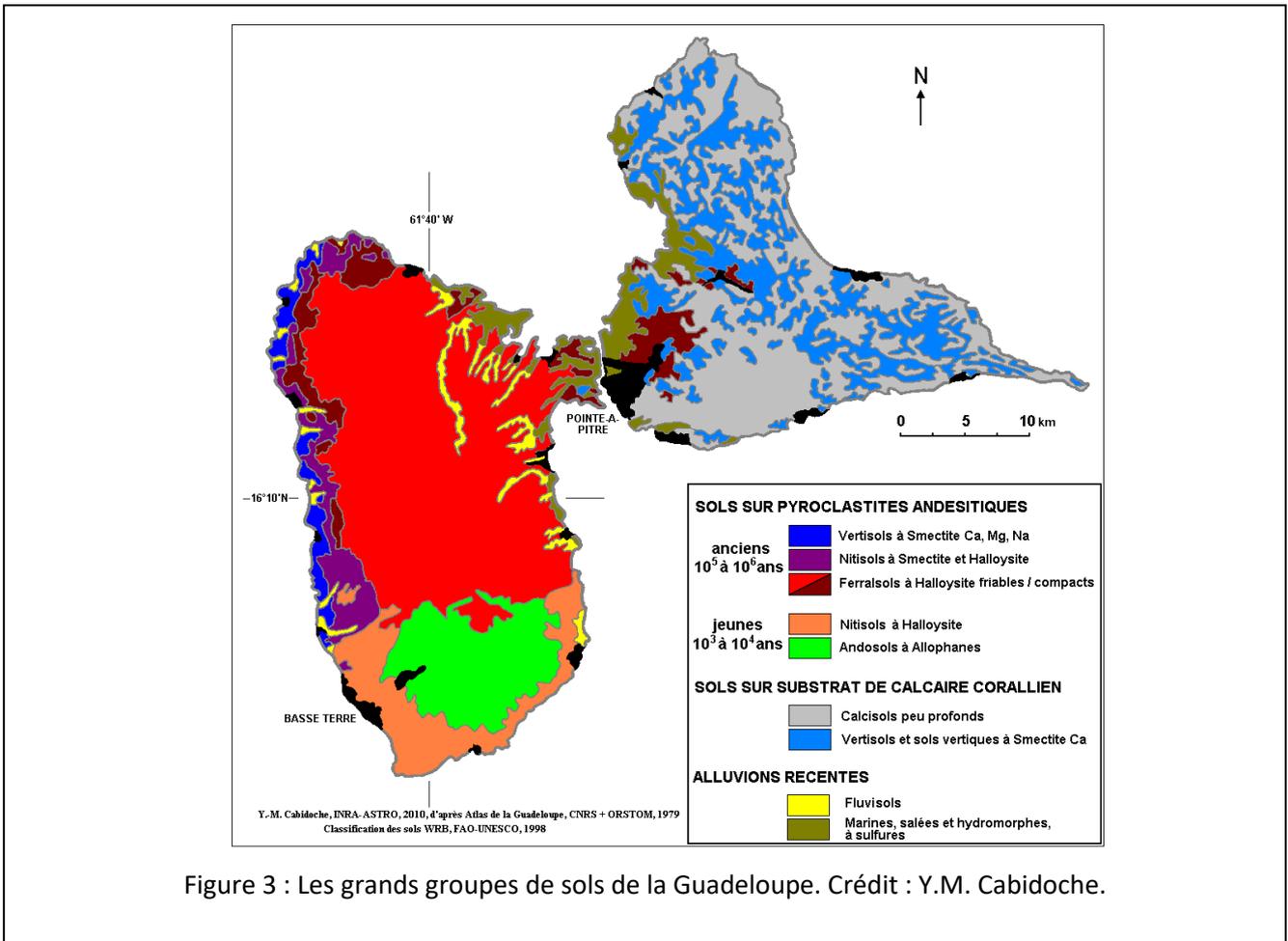


Figure 3 : Les grands groupes de sols de la Guadeloupe. Crédit : Y.M. Cabidoche.

Vertisols

La genèse des vertisols en Guadeloupe a été déterminée par la présence d'un climat subhumide à saison sèche marquée (carême) agissant sur des roches sédimentaires ou volcaniques anciennes (Tableau 1). Pour cette raison ils occupent la Grande-Terre, Marie-Galante, et une partie de la Côte-sous-le-vent où les vents humides dominants venant de l'est, les alizés, sont partiellement stoppés par le massif montagneux (Figure 3). Il s'agit des sols anciens mais non excessivement évolués car la faible pluviométrie n'a pas provoqué l'altération ultime des matériaux. Le climat subhumide a favorisé la formation d'argiles de type 2/1 (smectite ; taux d'argile ~80%) qui contribuent à la forte CEC de ces sols. Les vertisols sont en conséquence riches en Ca, Mg et K, et conservent un pH neutre à légèrement basique. La richesse en Ca et Mg varie avec l'origine de la roche : plus riches en Ca dans les vertisols développés sur des supports calcaires (Grande-Terre et Marie-Galante) et plus riches en Mg dans les vertisols d'origine volcanique (Côte-sous-le-vent).

En Guadeloupe, les calcisols sont une variété de vertisols et correspondent aux sols formés sur un support calcaire qui est resté proche de la surface. C'est le cas notamment des Grands-Fonds en Grande-Terre, de l'Est de cette île et de La Désirade (Figure 3). Les calcisols sont peu profonds (~20-40 cm) et sa pierrosité (quantité d'éléments grossiers) est très importante, ce qui est parfois associé au travail du sol qui soulève une partie de la couche supérieure du calcaire. Ils occupent une position haute dans le relief et leurs propriétés sont similaires à celles de l'horizon superficiel des vrais vertisols (p.ex. présence de smectite), mais avec une alcalinité plus marquée due à la présence du calcaire fragmenté. Ce facteur peut induire une sévère déficience en Fe, lequel est retrouvé sous des formes insolubles et donc non disponibles pour la plante. Nous verrons plus tard que ces sols peuvent aussi présenter des problèmes sérieux de disponibilité en eau pendant la période sèche.

Ferralsols

Ces sols se sont développés sur des dépôts volcaniques anciens en subissant l'impact d'un climat tropical humide (p.ex. centre et nord de la Basse-Terre, Figure 3). La longue durée de la genèse et les conditions climatiques (Tableau 1) ont induit une forte altération des matériaux, ce qui a favorisé la formation d'oxyhydroxydes de fer et d'argiles de type 1/1 à faible activité, principalement l'halloysite. Ils sont désaturés par le lessivage des cations alcalins. De ce fait, l'acidité est forte et la fertilité minérale est faible dès l'épuisement des minéraux primaires volcaniques. La micro-agrégation des argiles par les oxyhydroxydes de fer et le pH acide, confèrent aux ferralsols une infiltrabilité de l'eau et une stabilité structurale élevées, et donc une grande résistance à l'érosion (Cabidoche, 2011a).

Andosols

Les andosols se sont développés sur des dépôts volcaniques récents (Holocène, Figure 2) sous un climat à forte pluviométrie (p.ex. ils sont en altitude au sud de la Basse-Terre, Figure 3). Ce sont donc des sols jeunes et peu évolués, constitués d'allophanes et d'autres gels organo-minéraux amorphes, très hydratés et hydroxylés. En fait, l'absence d'une saison sèche n'a pas permis la formation d'argiles de type 1/1 et 2/1. En revanche, il y a une abondance de minéraux primaires fragmentés lors de l'altération physique des matériaux volcaniques (p.ex. cendres volcaniques). Les andosols possèdent une CEC et une CEA, une infiltrabilité et une stabilité structurale élevées, ce qui confèrent à ces sols une

fertilité et une résistance à l'érosion exceptionnelles. Les allophanes exercent une forte protection de la matière organique (MO), ce qui fait de ces sols un puits de carbone remarquable en les plaçant parmi les plus riches en MO de la planète (Sierra et al., 2018).

Nitisols

Les nitisols sont similaires aux ferralsols mais ils sont plus jeunes et donc moins évolués, moins désaturés et généralement moins acides. Les teneurs en cations (Ca, Mg et K) sont ainsi plus fortes que chez les ferralsols. Ces sols se sont développés au pied des régions volcaniques (p.ex. régions côtières du sud de la Basse-Terre, Figure 3), avec une pluviométrie moins intense et une saison sèche plus marquée qu'en altitude (Tableau 1). Ces conditions climatiques ont permis la formation d'argiles de type 1/1 (halloysite) comme dans le cas des ferralsols.

En Guadeloupe il y a une variété de nitisols, présents dans la Côte-sous-le-vent (Figure 3), où la plus faible pluviométrie a permis la formation d'argiles de type 2/1, mélangées à l'halloysite, à partir des matériaux volcaniques anciens. Il s'agit des sols intermédiaires entre les ferralsols (placés plus hauts dans le relief, avec une pluviométrie plus forte) et les vertisols (placés plus bas dans le relief, avec une pluviométrie plus faible) présents dans la même région de l'ouest de la Basse-Terre.

Fluvisols

Ces sols se sont développés sur des matériaux déposés par les alluvions fluviales et sont donc présents le long des cours d'eau (Figure 3). Ils ne sont pas détaillés dans le Tableau 1 car les roches originaires et leur âge sont très variables en dépendant des matériaux géologiques et pédologiques situés en amont du bassin versant. Ainsi, ces sols peuvent être relativement homogènes ou présenter une grande hétérogénéité minéralogique et granulométrique. Les fluvisols occupent une position basse dans les paysages, et sont marqués par la présence d'une nappe phréatique alluviale, permanente ou temporaire, et un risque sévère d'inondation en période de crue.

Sols de la mangrove

En Guadeloupe, ces sols sont présents dans les plaines des deux Culs-de-sac marins et dans certains fronts de mer (Figure 3, Tableau 1). L'âge des sols et le degré d'altération des minéraux sont très variables du fait de la récurrence des phénomènes d'inondation/saturation en eau partielle/assèchement des terrains. Les sols de type tourbeux peuvent être très riches en nutriments, à cause de certains processus chimiques et physico-chimiques qui les rendent disponibles pour la végétation (p.ex. phénomènes de réduction et de solubilisation). Néanmoins, ils présentent de fortes contraintes pour la production agricole du fait de leur saturation quasi permanente en eau et la présence des sels à des concentrations très élevées (ONF Guadeloupe, 2018).

IV- Morphologie et propriétés physiques des sols agricoles

Vertisols

Les vertisols sont observés dans les tropiques subhumides et sous climat méditerranéen (p.ex. certaines régions d'Uruguay, Argentine, Inde, Maroc, Kenya, Afrique centrale, Etats-Unis, Antilles, ...). En Guadeloupe, les vertisols ont des solums (profil du sol) très argileux, majoritairement smectitiques, qui gonflent et se rétractent fortement suivant les saisons alternativement humides et sèches. Les horizons ont tous une teneur en argile >70%, ils sont donc peu ou pas différenciés en termes granulométrique, ce qui détermine un drainage interne très lent. La couleur de l'ensemble du sol est gris-foncé ou noire (Figure 4).

Le taux et le type d'argile induisent une dynamique hydrique et structurale particulière et très contrastée, de laquelle découlent des propriétés agronomiques et géotechniques spécifiques aux vertisols (Baize et Girard, 2008). En période de dessèchement (carême) on observe la formation de larges et profondes fentes de retrait et une organisation structurale grossière et anguleuse en surface. Ces fentes de retrait se développent au cours du temps, naissent dans l'horizon superficiel puis s'élargissent et



Figure 4 : Vertisol de la région de Petit-Canal en Guadeloupe. Crédit : Y.M. Cabidoche.

s'approfondissent en réponse à la perte en eau du solum, en fonction du climat de l'année. Certaines années particulièrement sèches, les fentes peuvent affecter l'ensemble du profil du sol. Les fins agrégats formés en surface peuvent alors tomber dans les macro-fentes, contribuant ainsi au brassage et au mélange des horizons (pédoturbation)². À la saison des pluies, les fentes se ferment progressivement, mais elles peuvent être oblitérées par le travail du sol et persister en profondeur. Dans tous les cas, le gonflement de la masse argileuse est spatialement hétérogène et crée des pressions et des mouvements internes responsables des faces de glissements et de la réhomogénéisation continue des solums.

Ferralsols

Les ferralsols couvrent une extension géographique extrêmement importante dans la zone tropicale humide et sont observés en Afrique, en Amérique du Sud et Centrale, dans le Pacifique, en Australie et en Asie. Ainsi, les ferralsols représentent environ un quart des sols tropicaux.

La texture et la structure, fragmentaire moyenne à très fine, confèrent aux ferralsols un caractère meuble et friable. Ce caractère est accentué par le processus de micro-agrégation (≤ 1 mm), trait morphologique largement dominant dans ces sols. La couleur vive des horizons, en général homogène, due aux oxydes et hydroxydes (de Fe essentiellement³, mais aussi Al, Cr, Ni, etc.), est rouge, jaune, ou encore rouge violacé, en fonction du taux de

² Ce processus de "versement" des particules vers les couches profondes est à l'origine du terme "vertisol".

³ Cette caractéristique est à l'origine du terme "ferralsol".

MO. Dans certaines situations, la différenciation morphologique (basée sur la couleur et la texture) est pratiquement impossible (Figure 5). Seules des déterminations de laboratoire permettent alors de caractériser ces horizons en fonction de la nature et des teneurs en oxydes métalliques et en argile 1/1 (Baize et Girard, 2008).

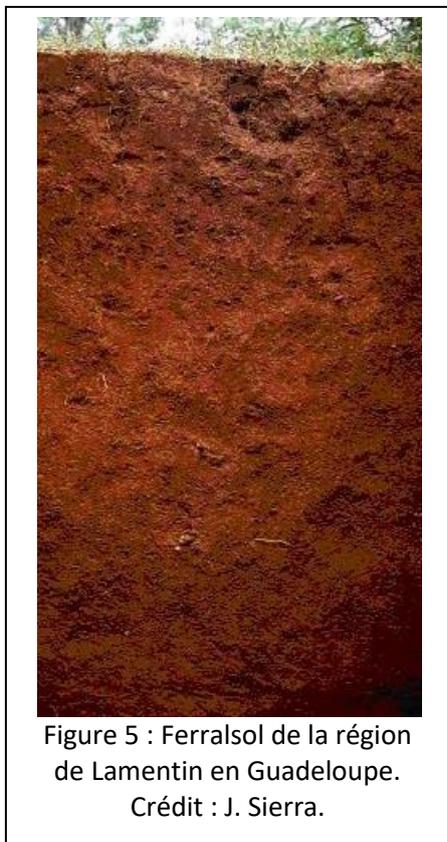


Figure 5 : Ferralsol de la région de Lamentin en Guadeloupe.
Crédit : J. Sierra.

Les teneurs en halloysite varient entre 20% et 30% et celles des oxydes métalliques entre 30% et 50%. Malgré la forte teneur en particules fines, d'un point de vue hydrique les ferralsols ont le fonctionnement des sols limoneux à cause de la micro-agrégation. Ils possèdent donc une très bonne infiltrabilité et, dans la plupart des cas, ne présentent pas de problèmes d'excès d'eau en surface même dans les années pluvieuses (Colmet Daage, 1969).

Andosols

Le terme andosol vient du japonais "an"= noir et "do"= sol. Pourtant, en Guadeloupe, la couleur de ces sols varie fortement avec l'altitude et la composition minérale (Figure 6). Les andosols sont relativement ubiquistes et couvrent plus de 100 millions d'hectares à travers le monde, surtout dans des régions tempérées et tropicales de volcanisme actif ou récent (Baize et Girard, 2008).

Les andosols en Guadeloupe se développent en conditions d'altération très rapide de fines particules de verres volcaniques, favorables à la genèse de minéraux

amorphes (non cristallisés), dont l'allophe, en quantités suffisantes pour que les propriétés andosoliques soient bien exprimées. Le sol est formé d'une superposition de matériaux volcaniques, dont les limites d'horizons du solum ne sont pas seulement dues à l'altération différentielle de ces matériaux lors de la formation du sol, mais peuvent être en lien à des dépôts différents et successifs (Figure 6). De ce fait, l'ensemble du solum est complexe et certains horizons s'avérant plus ou moins altérés en fonction de différences dans la qualité du matériau (plus riche en Si ou plus alcalin). Dans tous les cas, les horizons supérieurs sont plus jeunes et moins altérés, et leur consistance n'est généralement ni collante ni plastique au toucher (comme dans le cas des vertisols), faute de minéraux argileux cristallisés (Colmet Daage, 1969).

La présence de minéraux amorphes d'une grande macroporosité confère à ces sols une grande infiltrabilité et une densité apparente très faible (de 0.8 à 100 m à 0.65 à 700 m d'altitude). De ce fait, les andosols peuvent retenir plus que leur poids en eau (p.ex. fonctionnement

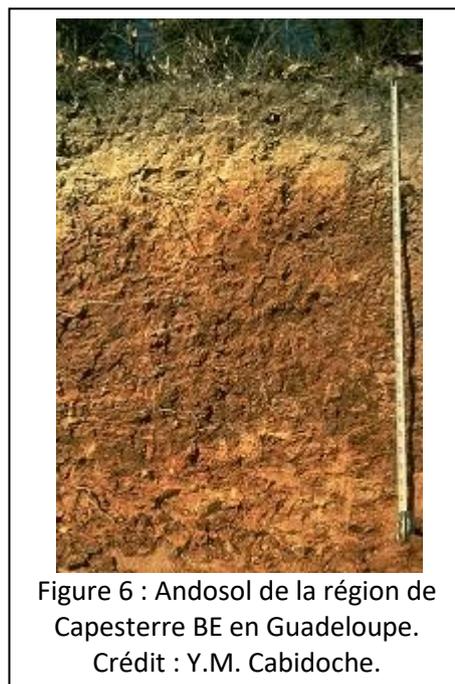


Figure 6 : Andosol de la région de Capesterre BE en Guadeloupe.
Crédit : Y.M. Cabidoche.

de type "éponge"). Cette macroporosité est fortement développée dans les horizons de surface, en raison de l'activité biologique intense, mais elle est souvent plus faible dans les horizons profonds. Les andosols ont une très grande friabilité après dessiccation à l'air (état poudreux), ce qui peut amener à terme à un tassement des couches superficielles si le travail du sol est intensif, notamment sous culture maraîchère.

Nitisols

Les nitisols sont observés sous climat tropical ou subtropical à courte saison sèche et, de préférence, ils se forment à partir de roches volcaniques récentes (cas des nitisols du sud de la Basse-Terre, Tableau 1 et Figure 3). Les nitisols sont présents au Mexique, Brésil, Nicaragua, la Réunion, les Canaries, les Antilles, Cameroun et en Nouvelle-Calédonie. En Martinique, ils ont été appelés sols brun-rouille à halloysite. Le terme nitisol vient du latin "nitidus" (brillant), ce qui fait référence à l'aspect luisant des agrégats des horizons subsuperficiels (Baize et Girard, 2008).

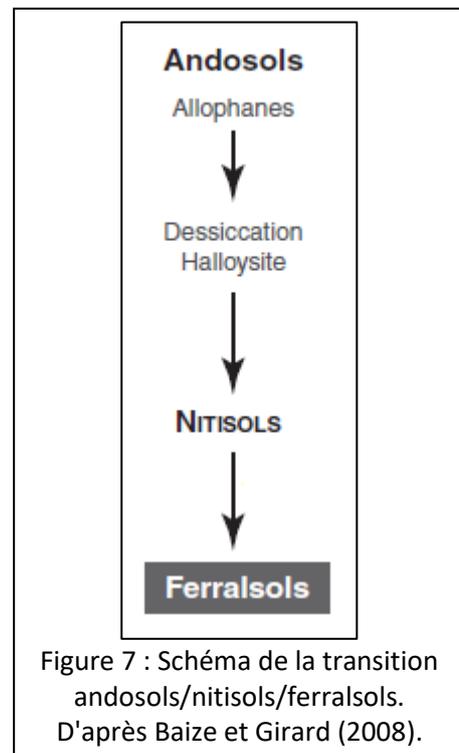
Les nitisols correspondent à la deuxième étape de la transition andosol/nitisol/ferralsol en climat tropical humide (Figure 7). Le passage nitisol/ferralsol concerne l'altération des argiles et des oxyhydroxydes de Fe et d'Al sous l'effet de phénomènes d'oxydoréduction. Ces transformations sont très difficiles à identifier sur le terrain d'où la difficulté à distinguer entre ces deux types de sol (Colmet Daage, 1969).

Les nitisols sont caractérisés par des horizons très argileux (50-80%). Les argiles de type halloysite sont dominantes : elles représentent plus de 50 % de la fraction argileuse. Selon le degré d'altération, lequel varie en fonction de l'âge du sol ou du régime pluviométrique, il peut avoir une formation des argiles de type 2/1 (smectite). Cette dernière apparaît dans les horizons près de la surface dans les zones à saison sèche plus marquée, comme dans le cas des nitisols de la Côte-sous-le-vent en Guadeloupe (Figure 3).

L'horizon superficiel des nitisols est de couleur brun ocre, brun rouge ou rouge foncé, et peut présenter des alternances saisonnières de gonflement et de retrait de faible amplitude, moins importantes que dans le cas des vertisols.

Fluvisols

Le terme fluvisol vient du latin "fluvius" (rivière). Les fluvisols présentent une parenté avec les formations dont ils sont issus. C'est ainsi que dans les régions de volcanisme récent, la plupart de ces sols ont une nature sableuse issue des cendres volcaniques transportées par les cours d'eau (p.ex. sud de la Basse-Terre). Dans les régions des ferralsols, les fluvisols sont argileux et renferment presque toujours une proportion notable d'argile de type 1/1 et des particules de sable provenant des sols érodés des montagnes (p.ex. nord de la Basse-



Terre ; Figure 8). Leur faible drainage est un handicap important, mais leur fertilité permet, sans inconvénients graves, les travaux de remodelage des sols pour les rendre plus aptes à l'agriculture (Colmet Daage, 1969).

Dans tous les cas, le profil des fluvisols est constitué d'une superposition des couches apportées par des alluvions successives (Figure 8), où le niveau d'altération est très divers dépendant de l'âge des matériaux déposés.



Figure 8 : Fluvisol de la région de Petit-Bourg en Guadeloupe. Crédit : J. Sierra.

V- Fertilité chimique des sols agricoles

Dans les Figures 9 et 10 nous présentons les propriétés chimiques des sols agricoles de la Guadeloupe. Dans cette rubrique nous analysons essentiellement la couche superficielle (0-25 cm), car c'est elle qui fournit la plupart des nutriments à la plante. Le nombre d'échantillons analysés des sols de la Côte-sous-le-vent n'est pas suffisamment important pour distinguer entre les vertisols et les nitisols, et nous avons donc préféré les présenter tous ensemble (p.ex. CSV dans la Figure 9). Pour la même raison nous ne présentons pas de résultats concernant les fluvisols.

Carbone et azote organiques

Pour ces deux éléments, les différences entre les types de sols sont presque identiques (Figures 9a et 9b) car leur rapport C/N est très similaire (p.ex. moyenne 10.4 ± 0.5). Les teneurs en carbone (C) et en azote (N) décroissent dans l'ordre : andosols (valeur de C équivalente à 7.6% de MO⁴) >> vertisols (4.7% de MO) > ferralsol (3.6% de MO) \approx nitisol (3.6% de MO) > CSV (3.3% de MO). Comme il a été mentionné auparavant, la grande teneur en C des andosols s'explique par la grande protection exercée par les allophanes, lesquels séquestrent le C dans leur microporosité. Les teneurs en C dans ces sols augmentent avec l'altitude, d'environ 2.5% à 100 m à 8% à 700 m (Figure 10), à cause de l'augmentation des teneurs en allophanes.

Les teneurs relativement élevées de C et d'N dans les vertisols sont la conséquence de deux phénomènes distincts : i- le climat subhumide induit une activité microbienne réduite qui diminue le taux de dégradation de la MO, notamment en période sèche, et ii- les smectites, floculées par le Ca, exercent une protection importante de la MO contre la dégradation microbienne. Pour les autres types de sol, le climat humide, favorisant l'activité microbienne (ferralsols et nitisols), la présence d'argiles peu protectrices de la MO (halloysite) et des teneurs élevées en cations peu floculants (Mg et K) déterminent de niveaux plus faibles en C et en N.

Il est important de souligner que les teneurs en C et en N dépendent fortement de la gestion du sol et du système de culture. Pour un même groupe de sol, leurs teneurs seront plus faibles sous des cultures annuelles (maraîchage, tubercules, melon) que sous des

⁴ %MO = %C \times 1.75

cultures pérennes (canne à sucre et banane). Cela est dû à l'impact du travail du sol (plus fréquent pour les cultures annuelles) sur la dégradation de la MO du sol (Sierra et al., 2017).

Phosphore biodisponible

Compte tenu qu'il s'agit du phosphore (P) biodisponible, les teneurs présentées dans la Figure 9c ne reflètent pas l'effet des minéraux du sol sur le P total des sols, mais elles sont davantage liées à la gestion de la fertilisation phosphorée. De ce fait, la variabilité observée pour le P est la plus grande parmi les propriétés évaluées, ce qui est associé à la diversité des pratiques et des doses d'engrais appliquées par les agriculteurs. Dans ce sens, les différences entre les groupes de sols ne sont pas significatives pour le P biodisponible.

Cette variabilité des pratiques cache probablement l'effet des caractéristiques des sols sur le P. Par exemple, l'acidité et l'alcalinité induisent une précipitation du P soluble avec l'Al dans le premier cas (ferralsols et nitisols) et avec le Ca dans le deuxième cas (vertisols et calcisols). Aussi, les minéraux amorphes présents dans les andosols ont une très forte capacité de séquestrer le P (Baize et Girard, 2008). Ces effets ne sont pas observables dans la Figure 9c à cause de la diversité de doses de P appliquées.

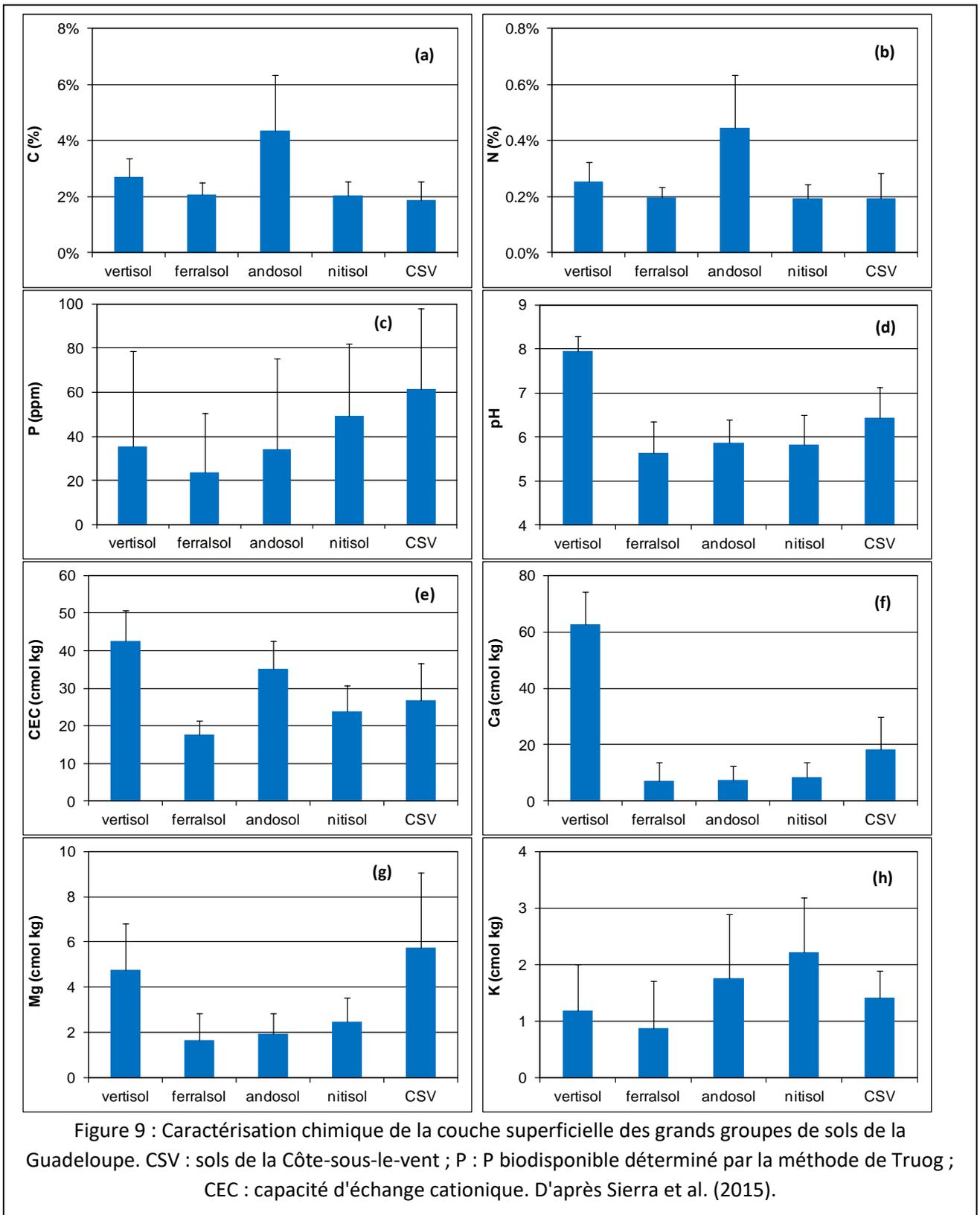
pH, CEC et cations

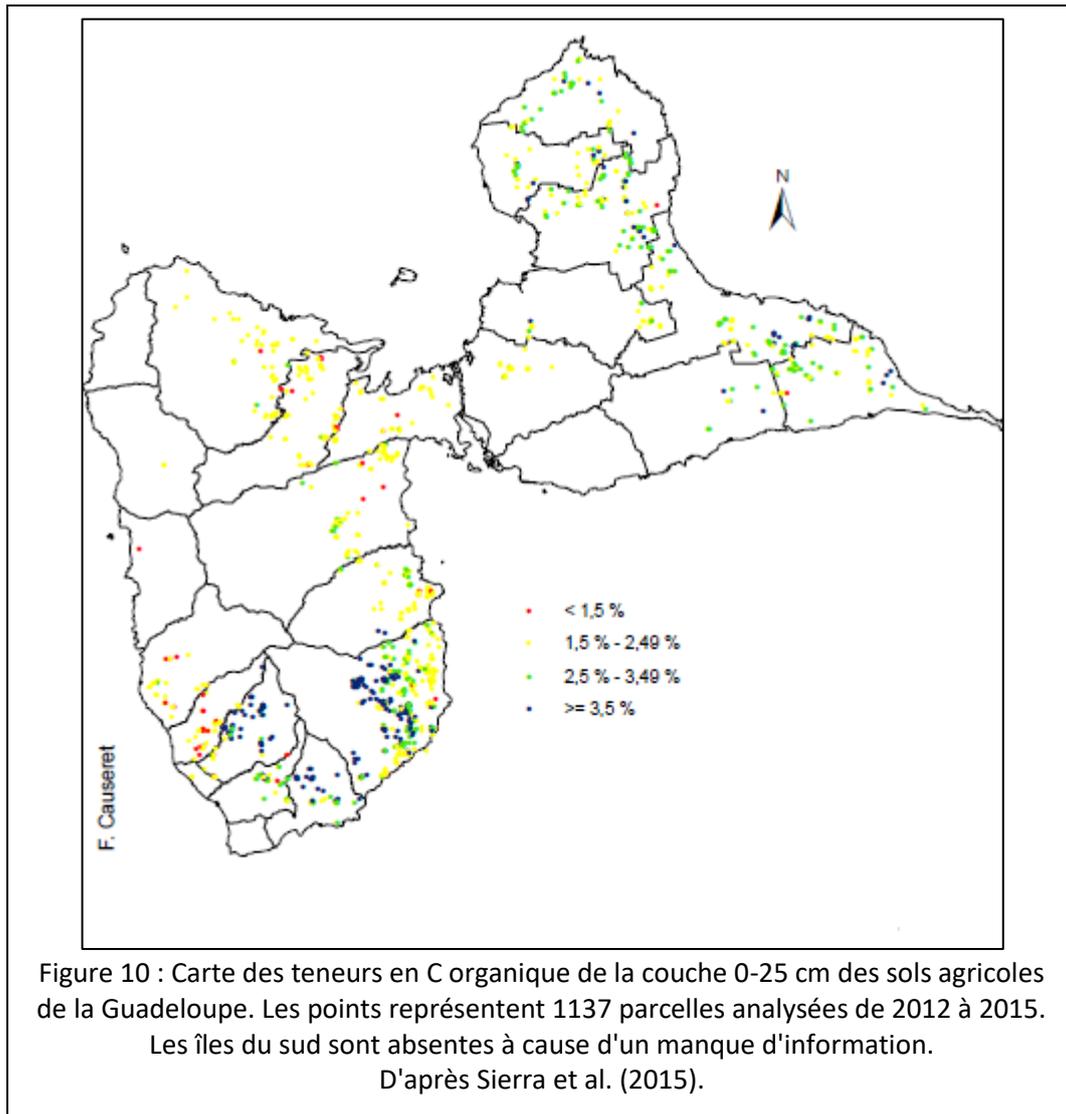
Les valeurs de ces propriétés reflètent bien ce dont nous avons discuté dans les rubriques II et III sur l'origine et la distribution des sols (Figures 9d, 9e, 9f et 9g). Les vertisols de la Grande-Terre possèdent les valeurs les plus élevées de pH, CEC et Ca, ce qui s'explique par leur origine (calcaire corallien avec de fortes teneurs en Ca et pH élevé) et la formation d'argiles de type 2/1 (forte CEC). En revanche, les ferralsols présentent les niveaux les plus faibles pour ces trois propriétés, en lien avec une genèse longue sous climat tropical humide, qui a provoqué leur désaturation cationique et la formation d'argiles de type 1/1 avec une faible CEC.

Pour la plupart de ces propriétés, les nitisols, les andosols et les sols de la Côte-sous-le-vent ont un comportement intermédiaire entre les vertisols et les ferralsols. L'exception à cette règle générale est le Mg, particulièrement élevé dans les sols de la Côte-sous-le-vent (Figure 9g), tel que nous l'avons discuté dans la rubrique III.

Comme pour le P, les teneurs en K reflètent davantage les pratiques de fertilisation et non l'effet des minéraux présents dans le sol. La variabilité des teneurs en K est aussi assez élevée et ne permet pas d'identifier des différences claires entre les groupes de sols (Figure 9h).

Les constituants minéraux des sols d'origine volcanique contribuent pour une part importante aux "charges variables" : la CEC (charges négatives sur les argiles) augmente avec le pH et, inversement, la CEA (charges positives) diminue. Nous n'avons pas déterminé la CEA de tous les sols de la Guadeloupe, mais en termes d'adsorption des nitrates elle représente environ 140 kg N/ha pour les andosols (Sansoulet et al., 2007) et 20 kg N/ha pour les ferralsols (Sierra et al., 2003). Nous verrons dans la rubrique suivante que la CEA est un facteur clé de la conservation de l'azote biodisponible car elle contribue à la réduction du lessivage de cet élément.





VI- Valeur agronomique des sols

Vertisols

La fertilité chimique naturelle des vertisols est en général très élevée, et seulement une agriculture en continu, avec un travail du sol intensif et sans restitutions conséquentes de MO et/ou de certains nutriments (p.ex. K, Figure 9h) peuvent l'affecter significativement (Sierra et al., 2015). En revanche, dans les calcisols, les disponibilités de P et de Fe peuvent représenter une limitation à cause de leur précipitation (insolubilité) avec le calcaire (p.ex. à pH >7.5). La fertilisation azotée à base de NH_4 est à éviter dans les vertisols et les calcisols car le pH alcalin peut provoquer de fortes pertes d'N par volatilisation d'ammoniac (jusqu'à 30% de l'N apporté).



Figure 11 : Fente de retrait dans un vertisol. Crédit : IRD.

https://www.ird.fr/fr/info/expo/ate_xpo/mq5.htm

Cependant, le principal handicap des vertisols concerne leur fertilité physique. Ainsi, le fonctionnement hydrique de ces sols est une forte contrainte pour l'alimentation en eau des cultures (Cabidoche et Ney, 1987). Le caractère très argileux de vertisols induit un stress hydrique, notamment en période sèche, même si le profil du sol peut être globalement humide : la plupart de l'eau est non disponible pour la plante à cause de sa forte rétention énergétique, laquelle dépasse souvent la capacité des racines à l'absorber. Ce phénomène est aggravé par la présence des fentes en période sèche (Figure 11), lesquelles fonctionnent comme un chemin préférentiel pour l'eau des pluies. De ce fait, les pluies du carême alimentent les couches profondes du sol sans réhumecter suffisamment les couches superficielles où la présence des racines est majoritaire. D'ailleurs, le faible drainage des vertisols peut aussi poser des problèmes dans les années très pluvieuses, avec la présence de flaques d'eau en

surface pendant plusieurs jours (Colmet Daage, 1969). Les contraintes hydriques décrites pour les vertisols sont aussi applicables aux calcisols. Pour ces derniers, la situation est encore plus critique à cause d'un profil de sol très mince ayant une capacité de stockage d'eau réduite.

A cause de la nature argileuse des vertisols, la préparation des terres en période pluvieuse est difficile et parfois le résultat est aléatoire. Par exemple, un labour réalisé dans un sol trop humide provoque la formation de gros blocs, lesquels sont difficiles à fragmenter par la suite à cause de leur plasticité (p.ex. matériel très collant). Le travail du sol doit donc être réalisé avant que la capacité de rétention hydrique maximale soit atteinte, afin que les petits blocs de terre soulevés par la charrue s'effritent spontanément à l'air par rétraction du sol exposé à l'air. Dans cette situation, le travail du sol aboutit à la formation de petites particules grumeleuses et la structuration d'un bon lit de semis, notamment lorsque le complexe adsorbant contient majoritairement du calcium.

Bien que l'irrigation soit nécessaire sur ce type de sol, les apports d'eau doivent être fréquents et à des doses réduites, afin d'éviter les excès en surface et les pertes par infiltration dans les fentes. Cela est d'autant plus important lorsqu'il s'agit de plantes dont l'enracinement superficiel et fragile est aisément détruit par la fissuration. Dans ce sens, les travaux de Cabidoche (2011b) ont permis de concevoir le dispositif THERESA destiné à évaluer précisément la quantité d'eau à apporter par irrigation.

Les vertisols sont par excellence le domaine de la savane herbacée en milieu tropical. Une forte teneur en argile et les mouvements internes du sol en font un milieu défavorable à la plupart des arbres. En effet, les grosses racines peuvent être écrasées par les mouvements des agrégats lors de la fissuration du sol. Par ailleurs, elles pénètrent difficilement dans les agrégats argileux très denses et plastiques. En revanche, les herbacées, avec des racines fines et abondantes, profitent mieux des horizons de surface qui retiennent bien l'eau et sont meubles dès que le sol est ressuyé (Baize et Girard, 2008).

Ferralsols

A l'inverse des vertisols, la contrainte principale des ferralsols relie leur fertilité chimique et leur acidité. En revanche, la fertilité physique des ferralsols est très élevée, ils constituent un très bon support pour les cultures annuelles et pérennes (Figure 12).

D'une façon générale, ces sols sont épais de plusieurs mètres mais difficilement les racines peuvent explorer l'ensemble du profil à cause du faible pH (Figure 9d) et de la toxicité aluminique y associée. A cause de leur genèse il y a une faible quantité de cations (Figures 9f, 9g et 9h) et le P biodisponible est aussi une limitation du fait de sa forte rétention. Ainsi, l'addition de phosphates dans ces sols s'accompagne de leur insolubilisation et fixation sur les oxydes métalliques (Fe et Al).



Figure 12 : Micro-agrégation de l'horizon superficiel d'un ferralsol. Crédit : B. Jaillard.

Il faut néanmoins signaler que la fertilité chimique des ferralsols de la Guadeloupe est bien plus grande que celle de la plupart des ferralsols d'autres régions tropicales. En effet, la richesse chimique de ces sols est très dépendante de la nature de la roche mère. Les plus pauvres dérivent de roches acides et très acides (p.ex. sables quartzeux). La fertilité potentielle des ferralsols augmente nettement avec le caractère basique de la roche mère (roches volcaniques comme en Guadeloupe). De ce fait, les ferralsols les plus "pauvres" de Guadeloupe sont toujours plus "riches" que la moyenne des ferralsols d'Afrique, d'Asie et de l'Amérique du Sud.

Dans les ferralsols forestiers (cas du Parc National en Guadeloupe, de l'Amazonie et de l'Afrique), la plus grande réserve de nutriments des systèmes sol/plante est constituée par la biomasse végétale. Pour cette raison, la déforestation et la mise en culture de ces sols, qu'elle soit traditionnelle (culture sur brûlis) ou moderne (installation de grandes plantations), produit des pertes considérables de nutriments.

La fertilité chimique des ferralsols peut être améliorée par :

- l'incorporation de matières organiques (augmentation de la CEC, ralentissement de l'insolubilisation du P) ;
- l'apport de chaux ou de calcaire (chaulage) pour remonter le pH et éviter la toxicité aluminique ;
- l'apport d'engrais plusieurs fois par an, par petites doses, si possible déposées à proximité des racines.

Le chaulage doit être géré avec prudence afin d'éviter une augmentation excessive du pH, qui pourrait entraîner une perte d'N biodisponible à cause de la diminution de la CEA (augmentation du lessivage), et de l'augmentation de la nitrification (production des nitrates lessivables) (Sierra et Desfontaines, 2018). Une alternative au chaulage est la sélection des plantes adaptées à ces milieux acides, résistantes à la toxicité aluminique.

Andosols

Les andosols ont une très bonne fertilité chimique (Figure 9) et physique, et seulement dans les sols les plus acides le P peut présenter une fixation relativement importante. Aussi, la forte pluviosité peut entraîner une perte d'N biodisponible par lessivage, d'où la nécessité de bien gérer les doses et les modalités d'application des engrais (fractionnement) et le chaulage, comme chez les ferralsols. Paradoxalement, dans les andosols le lessivage du K peut être plus important que celui de l'N quand la CEA est plus forte que la CEC (Sansoulet et al., 2007). Dans ces cas, des déséquilibres minéraux sont possibles (déficience en K) ((Baize et Girard, 2008).

L'importante macroporosité des matériaux d'origine volcanique permet une aération adéquate et un enracinement dense et profond. L'handicap le plus sérieux des andosols est parfois la forte pente, rendant difficile, voire impossible, les travaux de mécanisation (labour, application d'amendements). Par ailleurs, sur les pentes les plus fortes, jusqu'à 55 % dans certaines zones du sud de la Basse-Terre, le ruissellement de surface acquiert rapidement une vitesse élevée, notamment sur des cultures peu couvrantes (cives, thym, céleri, persil), ce qui peut représenter un risque d'érosion superficielle (Cabidoche et Carduner, 2005).

Le risque d'érosion sera plus grand si les pratiques agricoles entraînent une diminution de l'infiltrabilité et une concentration du ruissellement sur certains chenaux. Pourtant, la réalisation mécanique de terrasses est à proscrire sur les pentes fortes : d'une

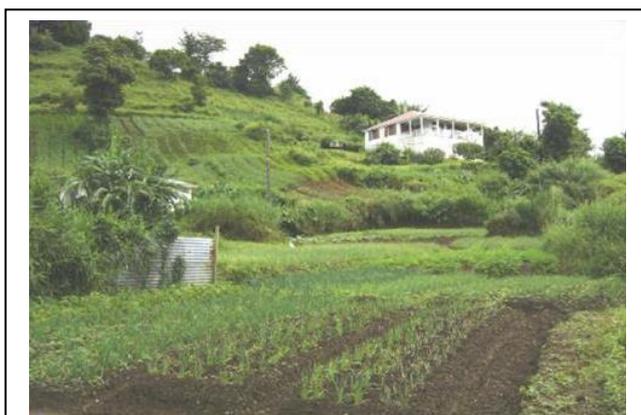


Figure 13 : Maraîchage sur andosol au sud de la Basse-Terre. Sur la pente on peut observer des barrières végétales destinées à réduire le risque d'érosion. Crédit : Y.M. Cabidoche.

part elle serait difficile à réaliser et, d'autre part, elle entraînerait une troncature brutale des propriétés de fertilité des sols (p.ex. mise en surface des couches profondes plus acides et moins fertiles) (Cabidoche et Carduner, 2005). Il est toutefois envisageable d'atténuer le risque d'érosion hydrique en maintenant, ou en créant, des barrières végétales perpendiculaires au sens de la pente pour limiter le transport de terre et aboutir à la formation progressive de terrasses "naturelles" (Figure 13) (Cabidoche et Carduner, 2005).

Nitisols

Dans les nitisols, la présence d'hallowysite à CEC moyenne, permettant une bonne adsorption des cations échangeables (Figure 9), et une rétention modérée du P rendent ces sols potentiellement très fertiles, à condition de maintenir les stocks de Ca, Mg et K à un niveau adéquat pour éviter leur acidification. Par ailleurs, ces sols possèdent une bonne réserve d'eau utile et une perméabilité satisfaisante, sauf si le travail du sol très intensif provoque la compaction des horizons superficiels. D'une façon générale, les nitisols sont plus fertiles que les ferralsols présents dans les mêmes régions climatiques (p.ex. île de Basse-Terre). Comme pour les andosols, la pente est parfois un facteur pouvant être à l'origine de problèmes de ruissellement et d'érosion.

Fluvisols

En Guadeloupe les potentialités agronomiques des fluvisols sont en général élevées du fait de leur bonne fertilité chimique, mais ils présentent toujours un risque important d'inondation notamment en période cyclonique. Une partie de ces sols est occupée par la canne à sucre dans le nord de la Basse-Terre (fluvisols ferralitisés, Figure 14) et la banane et le maraîchage vers le sud de l'île (fluvisols sableux), sauf où la nappe phréatique alluviale est proche de la surface rendant le milieu trop réducteur et toxique pour les racines de la plupart des cultures.



Figure 14 : Agriculture sur des fluvisols ferralitisés à proximité de la Grande Rivière à Goyaves, au nord de la Basse-Terre. Crédit : Guadeloupe Découverte.

www.guadeloupedecouverte-fr.com

VII- Conclusions

La grande diversité des sols de la Guadeloupe permet de développer des systèmes de cultures très variés. La connaissance du fonctionnement de cette diversité a nécessité une cartographie très détaillée et la mise au point de techniques d'analyse particulières. Ces outils ont été à la base des études sur l'impact des éléments constituant des sols sur leurs propriétés agronomiques, dont le but a été de définir une gestion durable de cette ressource non renouvelable : la formation d'un sol peut prendre quelques millions d'années mais un lustre suffit pour le dégrader définitivement.

Les problèmes actuels des sols de la Guadeloupe sont de type systémique et dépassent les capacités opérationnelles des agriculteurs pour y répondre individuellement (p.ex. pollutions de longue durée, impacts négatifs du changement climatique et de l'intensification agricole). Une collaboration étroite entre les pouvoirs publics, la profession agricole et la recherche est essentielle pour faire face à ces défis. Dans ce sens, une attention particulière devrait être prêtée au suivi régulier de la qualité physique et chimique des sols afin de diagnostiquer très tôt les symptômes d'une éventuelle dégradation.

Références

- Baize D, Girard MC, 2008. Référentiel pédologique. Editions Quæ. 405 p.
- Cabidoche YM, 2000. Cours de genèse des sols de la Caraïbe à l'Université des Antilles. Diaporama.
- Cabidoche YM, 2011a. Sols tropicaux des Outre-mer français tropicaux : une diversité ordonnée par la géochimie de l'altération des roches. Contribution à l'article : Maurizot P, Théveniaut H, Lecomte P, Cabidoche YM, 2011. Enjeux géologiques propres aux territoires tropicaux. Géosciences 14: 22-31.
- Cabidoche YM, 2011b. THERESA : Outil de pilotage de l'irrigation en sols argileux gonflants. <http://transfaire.antilles.inra.fr/spip.php?article9>
- Cabidoche YM, Carduner S, 2005. Etat de la dégradation des sols des hauts de Matouba (Saint Claude, Guadeloupe). Perspectives de pérennisation de l'agriculture. Rapport d'expertise à l'attention de la Région Guadeloupe. 75 p. <http://prodira.inra.fr/record/24968>
- Cabidoche YM, Ney B, 1987. Fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante cultivés. II. Analyse expérimentale des fonctionnements hydriques associés à deux états structuraux en vertisol irrigué. Agronomie 7: 257-270.
- Colmet Daage F, 1969. Aperçu sur les sols des Antilles. 7ème Congrès Annuel de l'Association inter-Caraïbe des plantes alimentaires. p. 242-250. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:04832>
- IPGP, 2018. Le volcanisme de la Basse-Terre. Observatoire Volcanologique et Sismologique de la Guadeloupe. <http://www.ipgp.fr/fr/ovsg/volcanisme-de-basse-terre>
- Lebrun JF, Léticée JL, Randrianasolo A, Marcaillou B, Mazabraud Y, Gob A, 2009. Grande-Terre : une plate-forme récifale ancienne. Journée de clôture de l'Année Internationale de la Planète Terre. 15 p. <http://calamar.univ-ag.fr/cgc2011/images/stories/ft-grandeterre.pdf>
- ONF Guadeloupe, 2018. La forêt marécageuse et la mangrove. http://www.onf.fr/guadeloupe/onf_guadeloupe
- Sansoulet J, Cabidoche YM, Cattan P, 2007. Adsorption and transport of nitrate and potassium in an Andosol under banana (Guadeloupe, French West Indies). European Journal of Soil Science 58: 478-489.
- Sierra J, Brisson N, Ripoche D, Noël C, 2003. Application of the STICS crop model to predict nitrogen availability and nitrate transport in a tropical acid soil cropped with maize. Plant and Soil 256: 333-345.
- Sierra J, Causeret F, 2018. Changes in soil carbon inputs and outputs along a tropical altitudinal gradient of volcanic soils under intensive agriculture. Geoderma 320: 95-104.
- Sierra J, Causeret F, Chopin P, 2017. A framework coupling farm typology and biophysical modelling to assess the impact of vegetable crop-based systems on soil carbon stocks. Application in the Caribbean. Agricultural Systems 153: 172-180.
- Sierra J, Causeret F, Diman JL, Publicol M, Desfontaines L, Cavalier A, Chopin P, 2015. Observed and predicted changes in soil carbon stocks under export and diversified agriculture in the Caribbean. The case study of Guadeloupe. Agriculture, Ecosystems & Environment 213: 252-264.
- Sierra J, Desfontaines L, 2018. La dynamique de l'azote biodisponible dans les sols acides de Guadeloupe. Conséquences sur la gestion de la fertilisation azotée organique et minérale. Série "Ce que nous savons sur" No 4. <https://www6.antilles.inra.fr/astro/Ce-que-nous-savons-sur>.

Glossaire

En italiques le terme en anglais.

Al : symbole de l'aluminium (*aluminum*).

allophane (*allophane*) : espèce d'argile mal cristallisée.

altération (*weathering*) : désagrégation, transformation et décomposition physiques et chimiques des roches et des matériaux minéraux à la surface de la Terre, provoquées par les agents atmosphériques.

argile (*clay*) : fraction minérale du sol formée de particules de moins de 2 µm. Ces particules ont une structure lamellaire et proviennent en général de l'altération des minéraux primaires (roches). En fonction de sa structure on distingue principalement les argiles 1/1 (halloysite des nitisols et des ferralsols avec une faible capacité d'échange cationique) et les argiles 2/1 (smectites des vertisols avec une forte capacité d'échange cationique).

bassin versant (*catchment area*) : espace drainé par un cours d'eau et ses affluents. L'ensemble des eaux qui tombent dans cet espace convergent vers un même point de sortie appelé exutoire : cours d'eau, lac, mer, océan, etc.

C : symbole du carbone (*carbon*).

Ca : symbole du calcium (*calcium*).

calcaire (*limestone*) : roche sédimentaire soluble dans l'eau ; elle est composée majoritairement de carbonates de calcium et de magnésium.

capacité au champ (*field capacity*) : capacité de rétention maximale en eau du sol. Dans la pratique elle représente la quantité d'eau retenue, après 48 heures d'égouttement, dans un sol préalablement gorgé d'eau.

capacité d'échange anionique ou CEA (*anion exchange capacity or AEC*) : quantité totale d'anions échangeables que le sol peut adsorber.

capacité d'échange cationique ou CEC (*cation exchange capacity or CEC*) : quantité totale de cations échangeables que le sol peut adsorber.

charges variables (*pH-dependent charge*) : l'équilibre acide/base d'un sol est contrôlé par les charges électriques présentes à la surface de ses constituants. Ces charges sont permanentes si elles sont indépendantes du pH et variables si elles changent avec le pH (cas des andosols).

chaulage (*liming*) : pratique agricole qui consiste à apporter des amendements calciques ou calcomagnésiens à un sol pour en corriger l'acidité.

Cr : symbole du chrome (*chrome*).

densité apparente du sol (*bulk density*) : densité de l'ensemble du sol, y compris la fraction solide et les pores.

drainage (*drainage*) : écoulement de l'eau par gravité.

Fe : symbole du fer (*iron*).

floculation (*flocculation*) : processus physico-chimique au cours duquel des matières en suspension dans le sol s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, généralement très poreuses et de sédimentation rapide. La floculation est accélérée par la présence d'un flocculant (p.ex. Ca dans les vertisols).

halloysite (*halloysite*) : voir argile.

horizon du sol (*soil horizon*) : couche du sol, homogène et parallèle à la surface.

horizon O : horizon organique dans lequel les débris végétaux s'accumulent à la surface du sol (cas des sols forestiers).

horizon A : aussi appelé terre arable. Horizon contenant de la matière organique et de la matière minérale ; en général il est l'horizon superficiel des sols cultivés.

horizon B : horizon sous-superficiel enrichi en argile, fer, carbonate de calcium, etc. L'enrichissement provient des apports du haut du sol ou il résulte de la transformation in situ des minéraux primaires issus de la roche sous-jacente (p.ex. argiles).

horizon C : horizon d'altération limitée de la roche-mère (p.ex. fragmentation).

horizon R : il correspond à la roche non altérée située à la base du profil du sol (roche-mère).

hydrolyse (*hydrolysis*) : décomposition chimique d'une substance par l'action de l'eau.

K : symbole du potassium (*potassium*).

lessivage (*leaching*) : phénomène de transfert des matières dissoutes dans l'eau du sol.

limon (*silt*) : fraction minérale du sol consistant en particules de 2 µm à 50 µm.

Mg : symbole du magnésium (*magnesium*).

muscovite (*muscovite*) : minéral du groupe des silicates, il contient de l'aluminium et du potassium.

N : symbole de l'azote (*nitrogen*).

Na : symbole du sodium (*sodium*).

nappe phréatique (*water table*) : accumulation d'eau à une profondeur relativement faible.

NH₄ : symbole de l'ammonium (*ammonium*).

Ni : symbole du nickel (*nickel*).

NO₃ : symbole du nitrate (*nitrate*).

oxyhydroxydes (*oxyhydroxides*) : hydroxyde ayant un atome d'oxygène additionnel.

P : symbole du phosphore (*phosphorus*).

pédologie (*pedology*) : discipline scientifique qui s'intéresse à l'étude du sol, à sa formation et à ses propriétés.

pH : potentiel hydrogène. Le pH est une mesure de l'acidité ou l'alcalinité d'une solution.

plasticité du sol (*soil plasticity*) : propriété qu'ont des matériaux du sol lorsqu'ils sont humides de changer de forme, sans rupture et sans variation du volume, sous l'effet d'une pression et de conserver la forme prise quand la pression cesse.

PO₄ : symbole du phosphate (*phosphate*).

point de flétrissement (*wilting point*) : teneur en eau d'un sol en deçà duquel la plante ne peut plus prélever l'eau car la réserve utile a été consommée.

porosité (*porosity*) : volume d'un sol qui n'est pas occupée par des particules solides ; interstices ou vides.

quartz (*quartz*) : minéral constitué de silice cristallisée et présent à l'état pur ou comme constituant de granites, de grès ou de sables.

réserve utile en eau (*water holding capacity*) : différence entre la teneur en eau d'un sol à capacité au champ et celle du point du flétrissement.

roche sédimentaire (*sedimentary rock*) : roche formée par l'accumulation de sédiments dû à l'action de l'eau ou de l'air.

sable (*sand*) : fraction minérale du sol constituée de particules de 50 µm à 2 mm, ces particules proviennent de la désagrégation des roches.

Si : symbole du silicium (*silicon*).

silice (*silica*) : oxyde de silicium, solide de grande dureté entrant dans la composition de nombreux minéraux.

smectite (*smectite*) : voir argile.

SO₄ : symbole du sulfate (*sulphate*).

solum (*solum*) : succession verticale des couches du sol (horizons). Profil du sol.

structure du sol (*soil structure*) : disposition spatiale des particules primaires du sol (argile, limon et sable) en unités ou agrégats secondaires appelés peds.

subduction (*subduction*) : processus par lequel une plaque tectonique océanique s'incurve et plonge sous une autre plaque avant de s'enfoncer dans le manteau.

texture du sol (*soil texture*) : proportion des particules minérales qui composent le sol (argile, limon et sable).

Ti : symbole du titane (*titanium*).