



Genèse et fonctionnement hydrique des sols sur socle cristallin en Guyane.

Bruno Ferry, Vincent Freycon, Dominique Paget

► To cite this version:

Bruno Ferry, Vincent Freycon, Dominique Paget. Genèse et fonctionnement hydrique des sols sur socle cristallin en Guyane.. *Revue forestière française*, AgroParisTech, 2003, 55 (sp), pp.37-59. 10.4267/2042/5786 . hal-03449385

HAL Id: hal-03449385

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03449385>

Submitted on 25 Nov 2021

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.

GENÈSE ET FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES SOLS SUR SOCLE CRISTALLIN EN GUYANE

BRUNO FERRY - VINCENT FREYCON - DOMINIQUE PAGET

Depuis une cinquantaine d'années, les sols de Guyane sont percés, piochés, tâtés, observés et analysés par des pédologues, avec l'objectif d'en faciliter la valorisation. Les premières prospections ont eu pour but d'inventorier et cartographier les sols sur de grandes surfaces, principalement dans les Terres Basses de la plaine côtière sédimentaire (cf. figure 1, p. 38), afin de rationaliser le développement agricole.

En 1975, le très ambitieux plan vert de la Guyane lançait le projet de "valoriser" la frange septentrionale des Terres Hautes du socle précambrien, par conversion de la forêt naturelle en plantations d'arbres ou en pâturages. Les risques potentiels d'une telle opération en termes d'érosion et de dégradation de la fertilité du sol furent à l'origine du projet ECEREX (Écologie, Érosion, Expérimentation), où l'on étudia de façon détaillée les écoulements hydriques et l'érosion sur 10 petits bassins versants, en lien avec les caractéristiques de la couverture pédologique et divers couverts végétaux. Ces travaux virent l'épanouissement de la "pédologie structuraliste", dont la démarche consiste à décrire tous les niveaux d'organisation d'une couverture pédologique dans une unité de paysage (colline, bassin versant), de l'échelle hectométrique à l'échelle infra-millimétrique, et à en déduire de nombreux mécanismes d'évolution et de fonctionnement du sol (Fritsch *et al.*, 1986).

À partir du milieu des années 1980, les connaissances acquises par les pédologues et les botanistes sur le dispositif ECEREX ont permis de lancer les premières études fines d'écologie de la forêt naturelle. Cet axe de recherche n'a cessé de se renforcer depuis, devenant à partir des années 1990 le principal moteur des études pédologiques en Guyane.

Le souci de l'Office national des Forêts (ONF) de prendre en compte la diversité des sols dans les aménagements forestiers s'est considérablement accru au cours des 10 dernières années. Encouragés par la volonté politique d'instaurer des règles de gestion durable, les forestiers sont devenus des partenaires actifs des recherches sur les relations sol-forêt, demandeurs d'une meilleure compréhension du fonctionnement et de l'organisation spatiale des sols.

L'objectif de cet article est de proposer une vision synthétique des connaissances actuelles sur les mécanismes de formation et de fonctionnement hydrique des sols sur socle cristallin, où se trouve la plus grande partie des forêts aménagées par l'ONF⁽¹⁾. Les exemples seront pris dans la Guyane septentrionale centrale, que l'on connaît le mieux (cf. la zone de référence de la figure 1). Le lecteur non-spécialiste qui voudrait une vision plus générale des sols de Guyane, notamment dans les Terres Basses, pourra consulter le *Guide de reconnaissance des principaux sols guyanais*

(1) Faute de connaissances précises, nous ne parlerons pas des sols formés sur les roches volcaniques du Paramaca inférieur, où se trouve presque tout le reste des forêts aménagées.

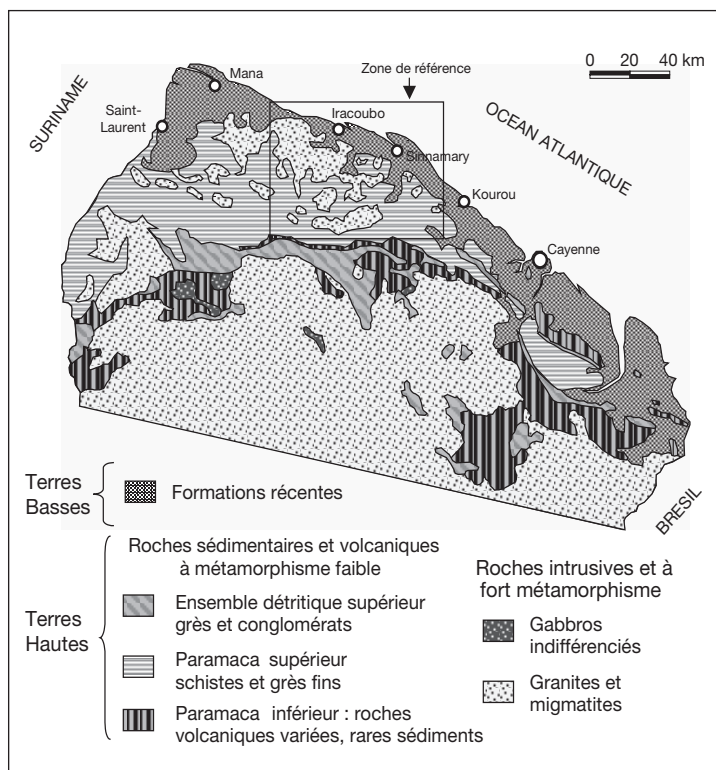


FIGURE 1
CARTE GÉOLOGIQUE
SIMPLIFIÉE
DU NORD DE LA GUYANE
 (source BRGM)
ET ZONE DE RÉFÉRENCE
POUR CET ARTICLE

à l'usage des non-pédologues de Leprun et al. (2001).

Après avoir défini le cadre géomorphologique et paléoclimatique de la zone de référence, nous pré-

senterons les mécanismes de pédogenèse dans 3 chapitres, correspondant à 3 degrés d'évolution de la roche vers le sol : roches mères et saprolites ; ensemble tacheté ; ensemble supérieur pédoturbé. Enfin, nous définirons les grands types de fonctionnement hydrique des sols, reliés à des critères morphologiques définis précédemment.

CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE ET PALÉOCLIMATIQUE

Tout promeneur qui parcourt un layon forestier des Terres Hautes est frappé de constater que l'on ne cesse de monter et de descendre, et de traverser des cours d'eau. Une vue aérienne de la Guyane confirme et précise cette impression : en dehors des quelques massifs montagneux, la géomorphologie des Terres Hautes est caractérisée par une mosaïque de collines à fortes pentes, délimitées par un dense réseau hydrographique très hiérarchisé. Un tel modelé est caractéristique des vieilles surfaces sous forêt dense tropicale humide, car il présente la meilleure stabilité sous l'effet des processus d'érosion hydrique.

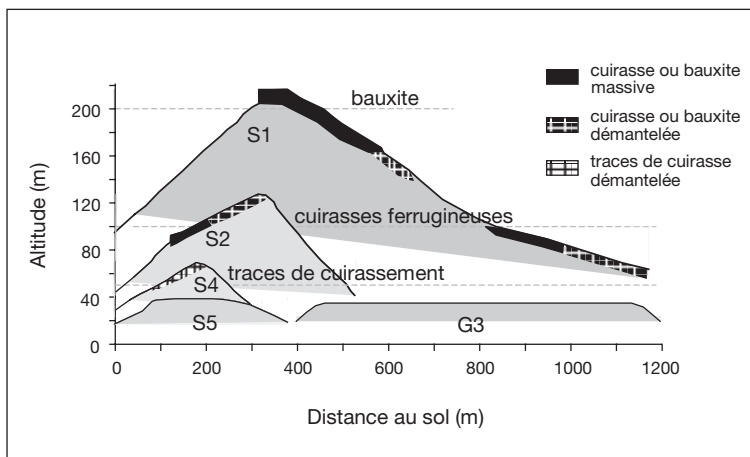
Si on y regarde de plus près, ces collines ont des tailles et formes variées. Dans notre zone de référence (cf. figure 1, ci-dessus), Roullier (1997) identifie 9 types de modelé sur schistes et 3 sur granites et migmatites. Les collines sur schistes ont souvent une forme allongée (en "amande"), tandis que celles sur granite sont plus arrondies (en "demi-orange"). Les plus grandes unités de modelé s'observent sur schiste, avec des longueurs de plusieurs kilomètres et des dénivelées supérieures à 150 m ; à l'autre extrême, on trouve des bas plateaux sur migmatites, incisés par le réseau hydrographique sur une hauteur inférieure à 10 m.

Horizons indurés des hautes collines et paléoclimats du Tertiaire

En milieu tropical, les sommets des reliefs sont souvent armés d'un horizon induré épais, dont les 2 types principaux sont la cuirasse ferrugineuse, accumulant le fer sous forme d'hématite, et la bauxite, accumulant l'aluminium sous forme de gibbsite. La première se forme sous climat tropical à saisons contrastées et la seconde sous climat tropical humide, sur des matériaux pas trop riches en quartz (Tardy, 1993).

Dans les reliefs collinaires peu élevés de notre zone de référence, les études pédologiques des années 1980 n'ont révélé que des restes ou traces de cuirassement. En revanche, les travaux de Paget (1999) dans des unités de relief plus élevées ont montré la présence de cuirasses ferrugineuses massives, épaisses de 2-4 m, à des altitudes proches de 100 m, et d'une bauxite épaisse de 6 m au sommet du relief le plus élevé, à 200 m d'altitude (cf. figure 2, ci-dessous).

FIGURE 2
PROFIL
ET CUIRASSEMENT
DE 5 TYPES D'UNITÉ
DE RELIEF DE LA ZONE
DE RÉFÉRENCE,
SUR SCHISTE
(S1, S2, S4, S5)
ET SUR MIGMATITE (G3)
Adapté de Paget (1999)



Les premières datations de surfaces indurées en Guyane nous sont données par Théveniaut et Freyssinet (2002), qui analysent une bauxite et deux cuirasses ferrugineuses de l'île de Cayenne, et 2 surfaces bauxitiques de la montagne de Kaw, à 40 km au sud de Cayenne. Les bauxites sommitales de l'île de Cayenne et de Kaw se seraient formées il y a 40-50 Ma (millions d'années), tandis que le 2^e niveau bauxitique de Kaw aurait 13 Ma, et que les cuirasses ferrugineuses de l'île de Cayenne auraient 5 à 10 Ma.

Il est donc probable que les cuirasses ferrugineuses de notre zone de référence aient un âge comparable de 5-10 Ma. Par ailleurs, on sait qu'elles se sont formées sous un climat tropical à saisons contrastées, et qu'elles ne sont pas en équilibre avec le climat actuel.

Couvertures pédologiques des bas plateaux et paléoclimats du Quaternaire

Au Quaternaire, l'alternance des périodes glaciaires et interglaciaires aux moyennes latitudes a correspondu à une alternance de périodes arides et humides dans la zone intertropicale. Veillon (1990) dresse une synthèse des fluctuations survenues en Guyane française, dont nous reprenons les événements les plus récents : vers 30 000 ans BP⁽²⁾, un climat humide proche de l'actuel succède à une période aride, et permet à la forêt ombrophile de s'étendre au détriment de la savane. De 21 000 à 13 000 ans BP, une nouvelle période sèche fait reculer la forêt au profit de la savane, tandis qu'un profond abaissement du niveau de la mer contribue à une reprise

(2) BP = Before Present.

importante de l'érosion fluviale. De 12 000 ans BP à nos jours, le climat redevient équatorial humide, et la forêt s'étend, stabilisant le modelé.

Ce pourrait être au cours de la période sèche entre 21 000 et 13 000 ans BP qu'ont été façonnés les bas plateaux sur migmatite de Guyane septentrionale centrale. La couverture pédologique de ces plateaux est constituée par une mosaïque de sols argilo-sableux vivement colorés et de sables blancs. On a longtemps considéré que le matériau argilo-sableux était un dépôt sédimentaire de la fin du Tertiaire, appelé "Série Détritique de Base", bien caractérisé près de l'embouchure du Maroni, où il couvre de grandes surfaces. Cependant, Veillon (1990) démontre que, sur les plateaux de Guyane centrale, ce matériau résulte en fait d'une différenciation pédologique *in situ* du socle cristallin. Quant à la différenciation entre sols colorés et sables blancs, elle s'est produite dans un deuxième temps, suivant des mécanismes que nous évoquerons plus loin.

Influence du réseau hydrographique

S'il existe une grande diversité géomorphologique des unités de reliefs, il y a également une grande diversité de sols soumis à l'influence d'une nappe permanente. Nous ne nous intéressons dans cet article qu'aux bas-fonds étroits qui bordent le réseau des cours d'eau secondaires.

Signalons enfin que l'observation des sols de la plaine sédimentaire a amené Boulet, Fritsch *et al.* (1979) à constater que leur évolution actuelle ne pouvait pas se comprendre sans faire intervenir une accélération de l'enfoncement des cours d'eau dans les couvertures pédologiques. Cet enfoncement aurait pour origine un léger soulèvement du socle régional, d'origine tectonique, qui n'est pas daté. Nous en verrons les conséquences importantes pour certaines couvertures pédologiques.

ROCHES MÈRES ET SAPROLITES

Comme c'est généralement le cas en milieu tropical humide, les affleurements rocheux sont rares en Guyane, et même inexistants sur certaines roches facilement altérables, comme les schistes. Il y en a toutefois des spectaculaires, tels que les inselbergs granitiques, et toute une gamme de faciès dans le lit des cours d'eau à courant rapide. En dehors de ces exceptions localisées, la roche saine est enfouie sous un épais manteau d'altération.

L'observation de profils complets d'altération de la roche n'est possible que dans des sites exceptionnels, tels que les carrières d'extraction. Ainsi, la carrière de Roche Corail⁽³⁾ permet d'observer au moins deux stades d'altération d'un gneiss traversé par des filons de pegmatite. Du bas vers le haut, on rencontre un premier état d'altération du gneiss, qui se différencie de la roche saine par une couleur plus claire, une densité apparente un peu moindre et une consistance suffisamment friable pour qu'on puisse l'entamer au couteau et le réduire en un mélange de sable grossier et de poudre blanche. Un peu plus haut, l'aspect devient radicalement différent : la couleur est à dominante violette, avec des mouchetures blanches ou jaunes, et le matériau est tout à fait meuble, doux au toucher et tachant les doigts. Deux minéraux primaires sont apparemment peu altérés : le quartz et le mica blanc. Toutes les hétérogénéités de la roche, telles que les filons de pegmatite, sont aisément reconnaissables dans le faciès d'altération ; leurs structures parfaitement conservées prouvent qu'il n'y a pas eu de transport des constituants solides.

(3) Carrière au bord de la N1, à 10 km de Kourou (vers Sinnamary).

Les mécanismes à l'origine des transformations observées sont (cf. figure 3 et tableau I, ci-dessous) : l'hydrolyse des minéraux primaires ; la solubilisation et l'exportation massive des éléments les plus solubles ; la recombinaison des éléments majeurs pour constituer les minéraux secondaires : la silice dissoute dans l'eau se combine avec l'alumine des réseaux cristallins ouverts par hydrolyse pour former un minéral argileux, la kaolinite, tandis que le fer cristallise sous forme d'oxyde (hématite) ou d'oxyhydroxyde (goethite). Les feuillets de kaolinite formés à ce stade sont majoritairement de grande taille (5 μm), d'où une texture plus limoneuse qu'argileuse. La domination des limons est particulièrement nette quand la roche est un schiste micacé à très fines paillettes de mica blanc (séricite), résistant à ce premier stade d'altération.

FIGURE 3
ALTÉRATION D'UN GRANITE
DANS LA NAPPE PROFONDE

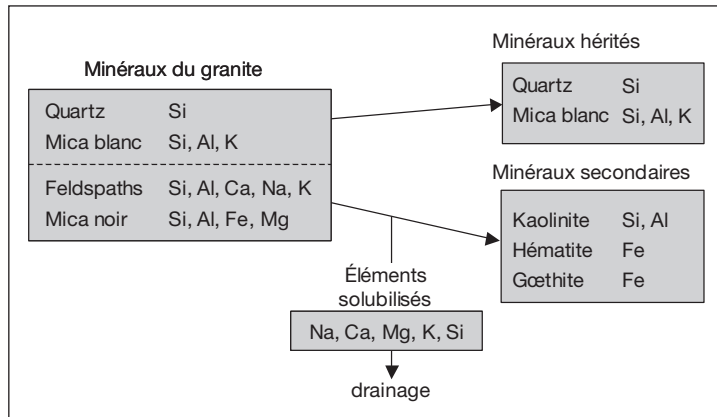


TABLEAU I **Principaux minéraux présents dans les sols issus de schistes et migmatite**

| Type | | Nom | Couleur | Charge | Cations |
|------------------------------|-----------------------|------------|-------------|--------|--|
| Minéraux primaires résiduels | | quartz | translucide | | Si ⁴⁺ |
| | | mica blanc | blanc nacré | | Si ⁴⁺ , Al ³⁺ , K ⁺ |
| Minéraux secondaires | argile | kaolinite | blanc | – | Si ⁴⁺ , Al ³⁺ |
| | hydroxyde d'aluminium | gibbsite | blanc | + | Al ³⁺ |
| | oxyhydroxyde de fer | goëthite | jaune | + | Fe ³⁺ |
| | oxyde de fer | hématite | rouge | + | Fe ³⁺ |

Les horizons formés sont désignés par divers vocables, selon les auteurs : **saprolite** (roche pourrie), **lithomarge** (roche fondante), **isaltérite** (roche transformée à volume conservé) (Tardy, 1993). On peut éventuellement distinguer les deux stades d'altération que nous avons mentionnés : le premier est la **saprolite grossière** ou arène, et le second la **saprolite fine**. En milieu tropical humide, la saprolite fine est toujours beaucoup plus épaisse⁽⁴⁾ que la saprolite grossière, tandis que c'est l'inverse en milieu tempéré humide.

Les critères majeurs de reconnaissance de la saprolite sont la conservation des structures de la roche et la prédominance granulométrique des limons fins sur les argiles. On la distingue aussi souvent par sa couleur, qui varie dans une large gamme (beige, mauve, violet, bleu, gris, noir, etc.), tandis que les horizons supérieurs se limitent au jaune, au rouge et au blanc.

(4) Ordres de grandeur : 10 m versus 1 m.

Le front de transformation de la roche en saprolite s'enfonce à la vitesse de 5 à 50 m/Ma, soit 0,5 à 5 mm par siècle, selon le type de roche (Thomas, 1994). En Guyane, Théveniaut et Freysinet (1999) ont calculé une vitesse de 11 m/Ma dans une migmatite.

La saprolite se forme en profondeur, dans une nappe générale qui immerge la porosité de façon homogène (Tardy, 1993). Du fait de son lent renouvellement, cette eau est relativement peu agressive : pH proche de la neutralité, teneur en silice en équilibre avec la dissolution de la kaolinite.

ENSEMBLE TACHETÉ

Mécanismes généraux de formation

Quand la saprolite n'est plus immergée en permanence par la nappe suite au lent enfoncement du réseau hydrographique, elle est soumise à des alternances saisonnières d'humectation et de dessiccation. Les mouvements d'eau qui en résultent ont des régimes très variés selon le type

de porosité (cf. figure 4, ci-contre) : circulation rapide par gravité dans la porosité large, circulation lente par capillarité, d'un pôle humide vers un pôle sec, dans la porosité fine. Enfin, l'eau qui arrive des horizons supérieurs par percolation est chimiquement plus agressive que celle de la nappe : plus acide et moins riche en silice.

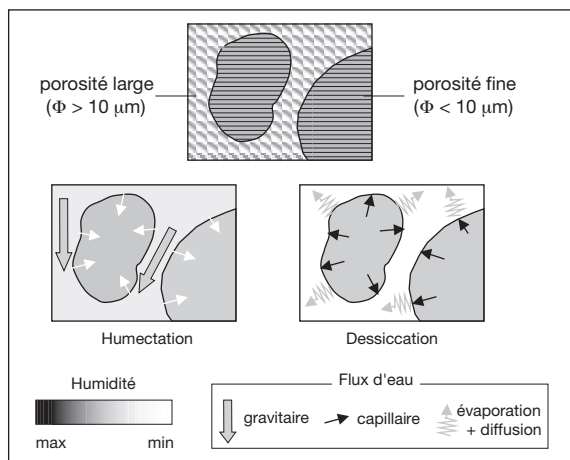


FIGURE 4
EFFETS DES DIFFÉRENCES DE POROSITÉ
SUR LA CIRCULATION DE L'EAU

L'acidité et la dilution en silice entraînent une dissolution plus rapide du quartz et une altération plus poussée des silicates d'alumine (cf. figure 5, ci-contre) : kaolinisation des micas blancs, dissolution des kaolinites à gros feuillets formées antérieurement et cristallisation de kaolinite à feuillets beaucoup plus petits. La texture devient ainsi moins limoneuse et plus argileuse.

Les petits feuillets de kaolinite sont aisément transportables par les eaux de

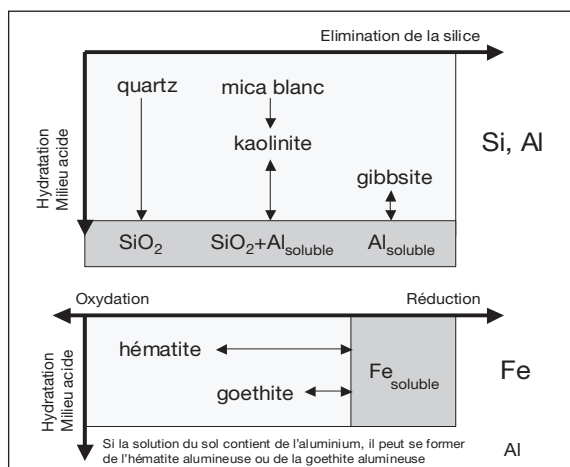


FIGURE 5
PRINCIPAUX GRADIENTS CHIMIQUES
CONTRÔLANT LA FORMATION
DES MINÉRAUX SECONDAIRES

drainage, tant qu'ils ne sont pas agrégés par des oxyhydroxydes de fer. Par petits déplacements, ils peuvent finir évacués dans la nappe, ou s'accumuler dans des cavités de la porosité.

Les alternances d'humectation-dessiccation, et leur intensité, jouent un rôle déterminant sur la dynamique du fer. En période humide, si l'eau est suffisamment acide et réductrice, du fer est solubilisé et se déplace. Il précipite dès que le milieu se ré-oxyde, et cristallise préférentiellement dans les zones à faible porosité. Petit à petit, le fer quitte les zones riches en quartz et cristallise dans les zones riches en kaolinite, sous forme d'hématite si une dessiccation saisonnière suffisamment marquée le permet, ou de goethite⁽⁵⁾. C'est ainsi qu'apparaissent des volumes blancs appauvris en fer, des volumes jaunes à goethite, des volumes rouges⁽⁶⁾ à hématite, et des volumes gris-noir à forte concentration en hématite.

Ces couleurs sont juxtaposées de façon hétérogène, à une échelle centimétrique à décimétrique, formant en général des motifs sinueux largement discordants avec les structures de la saprolite. Toutefois, il est fréquent que la cristallisation d'hématite dans des volumes de saprolite riches en kaolinite fossilise leur structure, fabriquant ainsi des "lithoreliques" que l'on retrouvera dans les horizons supérieurs. Quand l'hématite se fixe sur des accumulations secondaires de fine kaolinite dans des cavités de la saprolite, on parle de "pédoreliques".

L'ensemble des mécanismes que nous venons de décrire se décline avec des intensités très différentes selon les conditions du milieu et la durée de l'évolution. Dans notre zone d'étude, il faut distinguer au moins deux grands cas de figure, qui font l'objet des deux paragraphes suivants.

Horizons tachetés, carapaces et cuirasses : héritages de périodes sèches anciennes

Le premier type d'ensemble tacheté apparaît sous les cuirasses ferrugineuses. Du bas vers le haut (en partant de la saprolite), on passe d'un horizon meuble, à taches rouges sur fond blanc à jaune, à un horizon jaune à jaune rougeâtre, à taches rouges développées, avec de nombreux volumes très ferruginisés, lithorelictuels ou pédorelictuels (Paget, 1999). La couleur dominante de plus en plus rouge va de pair avec une induration croissante, jusqu'à ce matériau extrêmement dur qui constitue la cuirasse.

En Guyane, aucune étude vraiment précise n'a été menée sur l'évolution ancienne ou actuelle de tels horizons, mais leur morphologie est conforme aux descriptions des horizons tachetés (meubles), carapaces (moyennement indurées) et cuirasses ferrugineuses (très indurées), qui se forment sous climat tropical à saisons contrastées, par lent enfoncement vertical de la nappe (Tardy, 1993). La saprolite commence à se transformer dans la zone de battement de la nappe, puis dans une zone intermédiaire atteinte par les remontées capillaires, et enfin hors de portée de ces remontées, avec pour seule arrivée d'eau la percolation des horizons supérieurs. L'horizon tacheté évolue donc dans des conditions de plus en plus déshydratantes, qui favorisent la cristallisation d'hématite dans la porosité fine. Chacun des 3 éléments majeurs (Si, Al, Fe) est sujet à des transformations-redistributions liées à la percolation de l'eau dans la porosité, mais à partir du moment où des sécheresses saisonnières suffisamment marquées favorisent nettement la cristallisation du fer sous forme d'hématite, c'est cet élément qui acquiert la meilleure stabilité et s'accumule par rapport aux autres.

Les fortes concentrations de fer observées résultent donc en général d'une accumulation relative, liée à l'enfoncement de la couverture pédologique dans le paysage ; elle peut toutefois être loca-

(5) L'hématite est un oxyde sec tandis que la goethite est un oxyhydroxyde, stoechiométriquement équivalent à de l'hématite hydratée.

(6) Attention toutefois aux interprétations abusives de la couleur : le pouvoir colorant de l'hématite est très fort, et il n'en faut que peu pour donner une belle couleur rouge.

lement renforcée par un apport latéral, provenant de la dissolution d'une autre cuirasse, plus ancienne et plus haute.

Les allotérites tachetées : transformations récentes des saprolites

Le deuxième type d'ensemble tacheté s'observe sous des couvertures meubles peu épaisses. Il a fait l'objet d'études détaillées remarquables sur les bassins versants du dispositif ECEREX (Boulet, 1983), puis sur une petite colline caractérisée par un développement maximal de ces transformations (Fritsch *et al.*, 1986). Ce dernier travail propose des interprétations particulièrement élaborées, dont nous nous inspirons pleinement pour écrire ce paragraphe.

La roche mère est un schiste à grain fin, riche en fer et en fines paillettes de mica blanc, traversé par des filons de pegmatite, riche en quartz et pauvre en fer. Nous présentons ici l'évolution des horizons provenant du schiste, plus facile à observer. Le matériau d'origine est rouge, limono-sableux, riche en fines paillettes de mica blanc, et traversé par des alignements lithorelictuels violacés qui constituent le seul héritage visible des structures de la roche. Il ne s'agit donc pas véritablement d'une saprolite, mais d'une **allotérite** (= altérite à volume non conservé), qui a subi une ferruginisation hématitique dans un contexte antérieur. L'ensemble tacheté, que nous appellerons allotérite tachetée, résulte de transformations secondaires de l'allotérite rouge, sous l'influence des conditions actuelles. Comme le montre le tableau II (ci-dessous), ces transformations sont d'intensité très variable selon la position topographique, mais on peut les situer toutes sur un même gradient de déferruginisation (ou de goethitisation de l'hématite, dans les premiers stades) et de kaolinisation des micas.

Les lithoreliques ont une évolution grossièrement parallèle à celles de la terre fine : élimination du fer, manifestée par une réduction de volume ou par un halo ocre de goethitisation de l'hématite en périphérie. Il peut toutefois arriver qu'elles accumulent du fer à certains stades, par fixation du fer solubilisé dans la terre fine.

Enfin, on peut observer des accumulations de fer très localisées, rouge foncé à noir, d'épaisseur centimétrique et en forme de cuvettes de taille métrique. On ne les rencontre que dans la partie sommitale de l'unité de relief, sous des volumes de sol qui ont été manifestement très appauvris en fer.

TABEAU II **Couleurs de la terre fine (hors lithoreliques) des allotérites**
héritées du schiste et rencontrées à moins de 2,50 m de la surface,
dans la toposéquence étudiée par Fritsch *et al.* (1986)
Les croix signalent les horizons observés

| Gradient de transformation | Couleur du fond matriciel des allotérites | Position dans la toposéquence | | | |
|---|--|-------------------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| | | sommet | haut de versant | bas de versant | bas- fonds |
| <div>↓ déferruginisation + kaolinisation micas</div> | rouge uniforme | | X | X | |
| | rouge + petites taches blanches | X | | | |
| | jaune + réseau rouge relictuel | | X | | |
| | jaune pâle + réseau rouge relictuel | X | | | |
| | jaune pâle uniforme | | | X | |
| | blanc + réseau rouge relictuel | | | X | |
| | blanc uniforme | | | X | X |

Finalement, la totalité des évolutions observées peut se décrire par la progression latérale et vers le bas de deux fronts de transformation :

- un front de déferruginisation, qui dissout les oxyhydroxydes de fer (le plus souvent l'hématite) et permet la néoformation de kaolinite par altération des micas blancs ;
- un front de ferruginisation, qui se manifeste par des accumulations de fer très localisées (surfaces en cuvettes, lithoreliques), et par une dissolution concomitante de kaolinite et de quartz.

Le front de déferruginisation est d'autant plus efficace que l'eau est acide et réductrice ; il est donc favorisé par les longues périodes d'engorgement hydrique et par l'activité biologique. Le front de ferruginisation nécessite une ré-oxydation du milieu, favorisé par le ressuyage, mais il faut aussi qu'il y ait du fer soluble à précipiter ; l'humidité du sol doit donc présenter des contrastes saisonniers marqués. Cela rend bien compte des observations selon la position topographique :

- en haut du versant, où il y a peu d'engorgement, l'allotérite tachetée est très peu développée et relativement peu déferruginisée ;
- dans la partie sommitale de l'unité de relief, qui est sujette à des engorgements temporaires importants, l'allotérite tachetée est beaucoup plus développée, et assez évoluée, et c'est là que l'on observe des surfaces de ferruginisation ;
- dans le bas-fonds, où fluctue toute l'année une nappe d'accompagnement du cours d'eau acide (beaucoup plus agressive que les nappes profondes où se forment les saprolites), l'allotérite est très épaisse et presque complètement déferruginisée : fond blanc kaolinique, avec des lithoreliques en voie de dissolution complète. Le fer est évacué par la nappe vers l'aval du cours d'eau.

Conclusions

Dans tous les cas de figure, l'évolution de l'ensemble tacheté dépend fortement du rapport de force entre les mécanismes de déferruginisation en saison humide, et de ferruginisation en saison sèche. En fonction du climat et de la position topographique, il peut en résulter à terme des horizons aussi divers que des cuirasses ferrugineuses ou des horizons kaoliniques entièrement blanchis.

ENSEMBLE SUPÉRIEUR PÉDOTURBÉ

Mécanismes généraux de formation

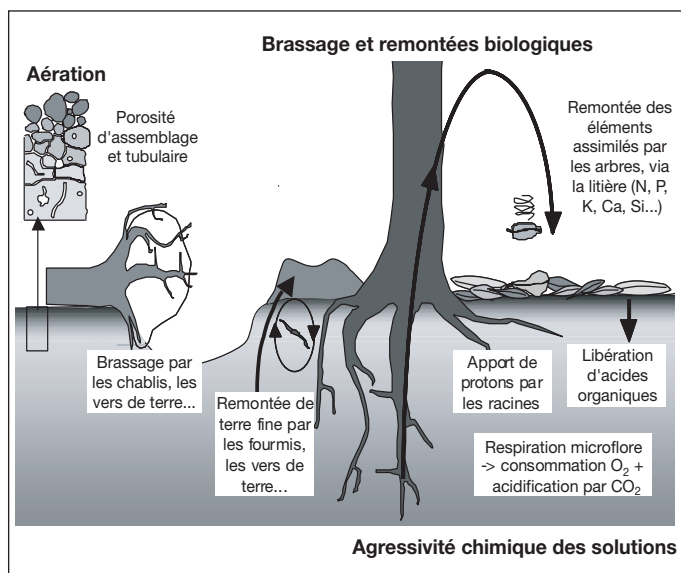
Entre l'ensemble tacheté et la surface, on trouve un ensemble d'horizons d'épaisseur variable⁽⁷⁾ caractérisés le plus souvent⁽⁸⁾ par :

- une couleur uniforme de la terre fine,
- une texture où l'argile domine fortement les limons (l'importance des sables étant très variable),
- une disparition complète des structures d'origine lithologique,
- une forte perméabilité, due à une bonne continuité de la macroporosité.

(7) Épaisseur courante : 0,8 à 2 m. Valeurs extrêmes rencontrées par les auteurs : 0,5 m / 5 m.

(8) Il y a au moins deux types d'horizon de surface qui ne vérifient pas toutes les propriétés énoncées : les horizons hydromorphes de surface et les horizons d'accumulation.

De nombreux facteurs, représentés sur la figure 6 (ci-dessous), contribuent à créer et entretenir ces caractères morphologiques. Les chablis et l'activité fouisseuse de la pédofaune entraînent un brassage important des horizons supérieurs. Les fourmis du genre *Atta* peuvent remonter en surface de la terre fine prélevée en profondeur⁽⁹⁾. Cette activité et le développement des racines créent une macroporosité tubulaire continue, facilitant une circulation rapide de l'eau. Par ailleurs, les matières organiques apportées par la décomposition des litières, sous forme solide et soluble, sont porteuses de charges négatives et ont une forte affinité pour les oxydes de fer. Leur incorporation au sol contribue à la formation des structures agrégatives, à forte porosité d'assemblage.



Une conséquence importante de la mise en place d'une macroporosité continue est de répercuter profondément dans le sol les alternances d'hydratation et de dessiccation dues à l'irrégularité des pluies à diverses échelles de temps.

FIGURE 6
MÉCANISMES GÉNÉRAUX
DE LA PÉDOTURBATION
DANS LES HORIZONS
DE SURFACE

Chimiquement, les eaux percolant depuis la surface sont très agressives. Presque pures en silice, et fortement

acidifiées par la décomposition de la matière organique, elles ont une grande capacité de dissolution des kaolinites et du quartz. En outre, certains acides organiques ont un fort pouvoir complexant vis-à-vis du fer et de l'aluminium. Enfin, l'activité biologique intense est très consommatrice d'oxygène, entraînant un abaissement rapide du potentiel d'oxydo-réduction de l'eau en cas d'engorgement hydrique.

La chimie des solutions dépend en outre de l'intense cycle biologique des nutriments, prélevés par les racines et ramenés en surface dans la litière ; cela induit un gradient brutalement décroissant avec la profondeur des concentrations en solution d'éléments tels que Ca^{2+} , K^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} (Grimaldi *et al.*, 1994 ; Grimaldi, 1988). Pour beaucoup d'éléments, ce recyclage biologique joue un rôle conservateur important dans l'écosystème. C'est en particulier le cas pour la silice, dont le recyclage permet de renouveler la kaolinite et de ralentir la gibbsitisation. La nutrition des arbres a également des effets acidificateurs, car les nutriments absorbés sous forme de cations sont plus abondants que ceux sous forme d'anions (Grimaldi et Pedro, 1996), et les racines relâchent des protons (H^+) pour s'équilibrer.

Tous ces mécanismes se déclinent de façon très variable selon le climat, la topographie et les caractéristiques des horizons sous-jacents, menant à des ensembles supérieurs pédoturbés très

⁽⁹⁾ Le rôle des termites pour remonter de la terre est souvent souligné en Afrique ou en Asie, mais c'est l'œuvre de la famille des termites champignonnistes, absente du continent américain. On n'observe presque jamais de monticule de terre construit par des termites en Guyane.

divers. Quatre grands types majeurs peuvent être distingués dans notre zone de référence, qui font l'objet des quatre paragraphes suivants.

Couvertures de couleur vive, à structure microagrégée

Ces couvertures sont présentes au sommet de presque toutes les unités de relief, et fréquentes sur les versants à pente modérée. D'épaisseur très variable, elles sont caractérisées par une couleur vive, brun-jaune en haut de profil (sous un mince horizon brun organominéral) à brun-rouge ou rouge en profondeur, par une texture argilo-sableuse à argileuse, et surtout par une microstructure de la terre fine, faite d'un assemblage de microagrégats infra-millimétriques. En surface, il s'y superpose une structure agrégée centimétrique d'origine biologique. Les porosités d'assemblage qui en résultent confèrent au sol une excellente perméabilité.

La quantité et la nature des éléments grossiers varient considérablement, selon le type de matériau à partir duquel s'est constituée la couverture microagrégée. Nous en donnons deux exemples contrastés.

Si l'horizon sous-jacent est une cuirasse, la terre fine emballe une grande quantité d'éléments grossiers ferruginisés de taille centimétrique, appelés **glébules**⁽¹⁰⁾. Au fur et à mesure que l'on monte dans le profil, ces glébules deviennent plus petits, plus ronds et plus durs, avec un aspect patiné dû à un mince cortex, dont la couleur brun-jaune apparaît si on le gratte au couteau : il s'agit de goethite alumineuse. L'horizon meuble à glébules résulte d'un lent démantèlement de la cuirasse. Les conditions humides, acides et localement réductrices entraînent la dissolution de l'hématite ; une partie du fer recristallise en goethite alumineuse, tandis qu'une autre partie migre en profondeur. Les parties les moins ferruginisées de la cuirasse évoluent en terre fine, et les plus ferruginisées en glébules. La cuirasse se régénère partiellement par le bas, en insolubilisant le fer venant du haut mais, globalement, le climat actuel favorise le démantèlement (Tardy, 1993).

Si l'horizon sous-jacent est une allotérite de migmatite, comme on en voit sur les bas plateaux de la zone d'étude, il n'y a pas de glébules ferruginisés dans la couverture microagrégée, mais des graviers quartzux, plus ou moins abondants. Veillon (1990) propose des mécanismes expliquant la formation de la couverture microagrégée à partir de l'allotérite sous-jacente, en dépit du contraste saisissant entre les morphologies et les textures des deux ensembles superposés. Une chose est certaine : l'échelle de temps nécessaire pour former cette couverture microagrégée est très supérieure à celle des transformations secondaires que nous allons évoquer dans les paragraphes suivants.

Couvertures de couleur jaune à jaune pâle verdâtre

L'enfoncement accéléré du réseau hydrographique a façonné des versants jeunes, à forte pente, sur lesquels on trouve un ensemble supérieur d'horizons peu épais (< 1 m), de couleur jaune en haut de versant, à jaune pâle verdâtre ou même grise en bas de versant. La décoloration est surtout marquée dans les horizons supérieurs, et peut aller de pair avec l'apparition de petites taches rouille, ou de volumes gris à halo ocre ; la texture a en outre tendance à devenir plus sableuse. Il n'y a pas de structure microagrégée, mais des gros agrégats polyédriques en surface ; dans les horizons médians, on observe une porosité tubulaire orientée parallèlement à la pente (Boulet, 1983).

(10) Tardy (1993) distingue 3 types de glébule : les **nodules**, à structure interne non différenciée, les **granules**, déferruginisés et cernés d'une frange de kaolinite, et les **pisolites**, à cortex de goethite alumineuse. Nous avons des nodules en bas de profil et des pisolites en haut.

Par ailleurs, on observe très fréquemment une concentration d'éléments grossiers, graviers quartzeux ou glébules ferruginisés, vers 20 à 40 cm de profondeur. Sachant que les glébulles ferruginisés proviennent du schiste, et les gros quartz de la pegmatite, Boulet (1983) a pu estimer à une vingtaine de mètres au maximum la distance descendue depuis leur source par ces éléments grossiers.

Nous avons tenté de reconstituer la genèse de ces lits d'éléments grossiers à mi-profondeur par les phases suivantes (cf. figure 7, ci-dessous, étapes 3 à 5) :

- l'enfoncement du cours d'eau provoque des glissements de matériaux, qui se propagent du bas vers le haut du versant ;
- le ruissellement sur le sol nu emporte une grande partie de la terre fine colluvionnée, laissant un tapis d'éléments grossiers en surface ;
- la végétation se réinstalle et stabilise le sol, tandis que la faune du sol (fourmis, vers de terre) remonte de la terre fine au-dessus du lit de cailloux, qui est progressivement enterré.

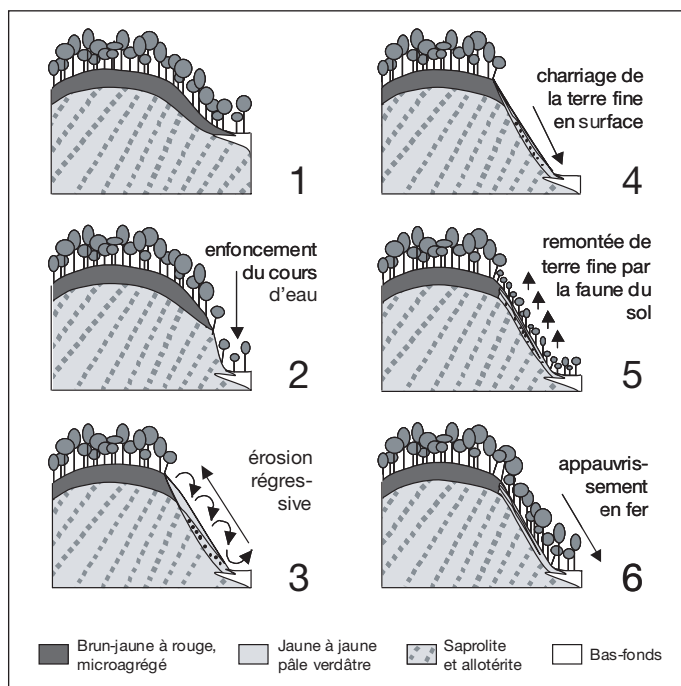


FIGURE 7
SCHÉMA EXPLICATIF POSSIBLE
DE LA FORMATION
DES COUVERTURES
PÉDOLOGIQUES
JAUNE À JAUNE PÂLE VERDÂTRE
SUR VERSANT,
SUITE À L'ENFONCEMENT
DU COURS D'EAU

Pendant et après cette mise en place des matériaux, l'eau qui s'infiltre dans le sol rencontre à faible profondeur l'horizon tacheté (ou la saprolite) peu perméable. En cas de forte pluie, une nappe perchée temporaire se forme au-dessus de cet horizon peu perméable et s'écoule parallèlement à la pente (Guehl, 1984). Ces épisodes d'engorgement favorisent la transformation de l'hématite en

goethite alumineuse, et l'élimination de fer vers l'aval. De l'amont vers l'aval, la fréquence de ces épisodes d'engorgement augmente, d'où la décoloration croissante que l'on observe. Là encore, la déferruginisation s'accompagne d'un lessivage de kaolinites, entraînées vers l'aval.

Cette évolution typique des versants rajeunis peut aussi se rencontrer au sommet de collines aplanies, à couverture microagrégée absente ou peu épaisse (Fritsch *et al.*, 1986). La perméabilité insuffisante du sol conduit à la formation d'une nappe en saison des pluies, qui entraîne une déferruginisation, donc une décoloration des horizons de surface. À la différence de ce qui se passe dans les versants, le fer n'est pas entièrement éliminé par drainage : une partie s'accumule vers 40-80 cm de profondeur, sous forme de goethite alumineuse, dans un horizon de couleur ocre.

Couvertures gris-noir des bas-fonds et bas de pente

Les lits des cours d'eau, couramment appelés bas-fonds, occupent une faible surface dans le contexte géomorphologique que nous avons défini, mais ont une importance majeure vis-à-vis de l'évolution de la couverture pédologique. Ce sont des milieux de transit considérable pour l'eau, les solutés et les particules solides. L'eau qui circule en surface alimente une nappe dont la limite supérieure oscille entre la surface topographique en période très pluvieuse et moins d'un mètre de profondeur en saison sèche. Les périodes d'engorgement fréquentes dans l'humus créent des conditions déferruginisantes très fortes : le fer est réduit, solubilisé et entraîné loin en aval. Sans oxydes de fer pour les agréger, les feuillets de kaolinite sont facilement entraînés par le courant, d'où les textures sablo-argileuses à sableuses que l'on observe le plus souvent.

Privé de toute coloration jaune ou rouge apportée par des oxyhydroxydes de fer, le sol est gris à noir, selon sa teneur en matière organique⁽¹¹⁾.

Couvertures à sables blancs

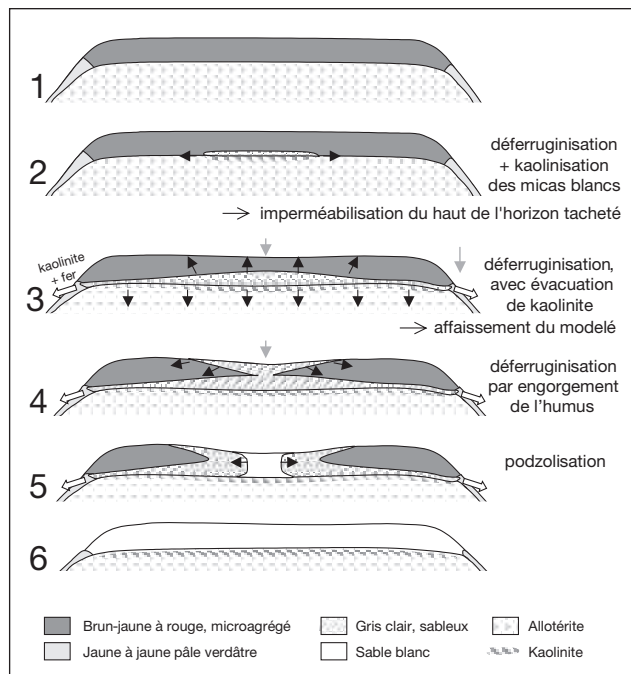
Nous avons déjà évoqué à deux reprises les bas plateaux de Guyane centrale, formés par altération du socle cristallin. On y distingue une couverture ancienne brun-jaune à rouge, sablo-argileuse à argileuse, à structure microagrégée et divers stades de transformation dont l'étape ultime est ce que l'on appelle les sables blancs qui sont du quartz quasi pur. On doit l'étude précise de cette transformation à Lucas *et al.* (1987) et à Veillon (1990).

Deux changements environnementaux sont à l'origine de cette transformation. D'une part, le passage vers 13 000 ans BP d'une savane sous climat sec à une végétation forestière sous climat humide augmente le débit et l'agressivité chimique des solutions percolantes, favorisant la déferruginisation et la kaolinisation des micas blancs. D'autre part, la surrection du socle accélère le débit du drainage, favorisant l'évacuation latérale des éléments solubilisés et des particules en suspension.

Les transformations sont illustrées par la figure 8 (ci-contre). Elles prennent naissance au centre des plateaux, à l'interface entre la

FIGURE 8
TRANSFORMATIONS D'UN PLATEAU
SUR MIGMATITE
PAR DÉFERRUGINISATION
DUE À L'ENGORGEMENT HYDRIQUE,
PUIS PAR PODZOLISATION

Adapté de Lucas *et al.* (1986)
et Veillon (1990)



(11) Attention : la couleur noire est fortement renforcée par l'absence d'oxydes de fer, et ne signifie pas que la teneur en matière organique est très forte. De fait, elle est plutôt inférieure à celle des sols drainés, en lien avec la texture plus sableuse.

couverture microagrégée et l'allotérite peu perméable : c'est là que les périodes d'engorgement sont les plus longues, déclenchant la déferruginisation et la kaolinisation des micas blancs. Les kaolinites néoformées en haut de l'allotérite bouchent sa porosité, renforçant ainsi son imperméabilité, tandis qu'un mince horizon sableux se forme au-dessus.

Le mécanisme s'auto-renforce et se propage latéralement, le long d'axes privilégiés. Quand ces axes atteignent le bord du plateau, ils constituent des drains capables d'évacuer rapidement le fer solubilisé et les feuillets de kaolinite dispersés. L'appauvrissement en fer et argile s'accélère alors, vers le haut, au détriment de la couverture microagrégée, et vers le bas, au détriment de l'horizon tacheté, entraînant à la longue un affaissement du relief.

Parallèlement, un deuxième front de transformation apparaît en haut de la couverture microagrégée : au centre du plateau, la nappe perchée atteint l'humus en saison des pluies, ce qui induit des conditions très réductrices ; le fer, puis l'argile sont progressivement éliminés, de la surface vers le bas du profil. La dégradation hydromorphe de la couverture microagrégée gagne finalement toute son épaisseur, et progresse latéralement, du centre du plateau vers l'extérieur.

Les conditions sont alors réunies pour qu'apparaisse un troisième front de transformation, qui blanchit brutalement toute la hauteur de l'ancienne couverture microagrégée. En dessous d'un certain seuil des teneurs en fer et argile dans le sol, les acides organiques complexants libérés par la décomposition de la litière ne peuvent plus être insolubilisés ; ils complexent le fer de la goethite ou l'aluminium de la kaolinite, et migrent en profondeur, pour former un horizon B_h , noir, tandis que l'on pourra trouver dessous un horizon B_s , jaune ocre à réticules bruns, accumulant la goethite alumineuse. Cette ultime transformation est la podzolisation.

FONCTIONNEMENT HYDRIQUE GLOBAL

Nous avons vu que la genèse des différents types d'horizon était étroitement dépendante des régimes hydriques, notamment à propos du contrôle de la déferruginisation et de la ferruginisation. L'objet de ce dernier chapitre est de synthétiser les grands types de fonctionnement hydrique des couvertures pédologiques fréquentes dans notre zone de référence, en fonction de la nature des horizons présents, et de leurs épaisseurs respectives. Le tableau III (p. 51) en résume les caractéristiques majeures et la figure 9 (p. 51) représente des exemples classiques sur trois unités de modelé. Le lecteur qui souhaiterait un panorama plus précis de situations existantes en Guyane lira avec profit le rapport de Boulet *et al.* (1979).

Au cours de ce chapitre, nous nous référerons à des observations de la couverture pédologique jusqu'à une profondeur de 1,20 m, car cela est presque toujours suffisant pour caractériser le régime hydrique, et que cela correspond à la longueur d'une tarière pédologique sans rallonge.

Drainage vertical profond

Le drainage **vertical profond**, appelé aussi **vertical libre**, est caractéristique des épaisses couvertures vivement colorées et à structure microagrégée. Cette microstructure associée à la structure agrégée grossière de l'humus confère au sol une excellente perméabilité, capable d'absorber les plus fortes averses (Humbel, 1978 ; Guehl, 1984). Il peut éventuellement se produire un léger ralentissement de l'eau vers 50-70 cm de profondeur, là où l'on trouve généralement la teneur maximale d'argile, mais on n'observe pas d'engorgement en saison des pluies. Si cet horizon se prolonge jusqu'à 2 m de profondeur, la perméabilité est encore loin d'être négligeable (2,4 cm/h). La profondeur de l'horizon microagrégé confère au profil une bonne réserve utile en eau, suffi-

TABLEAU III

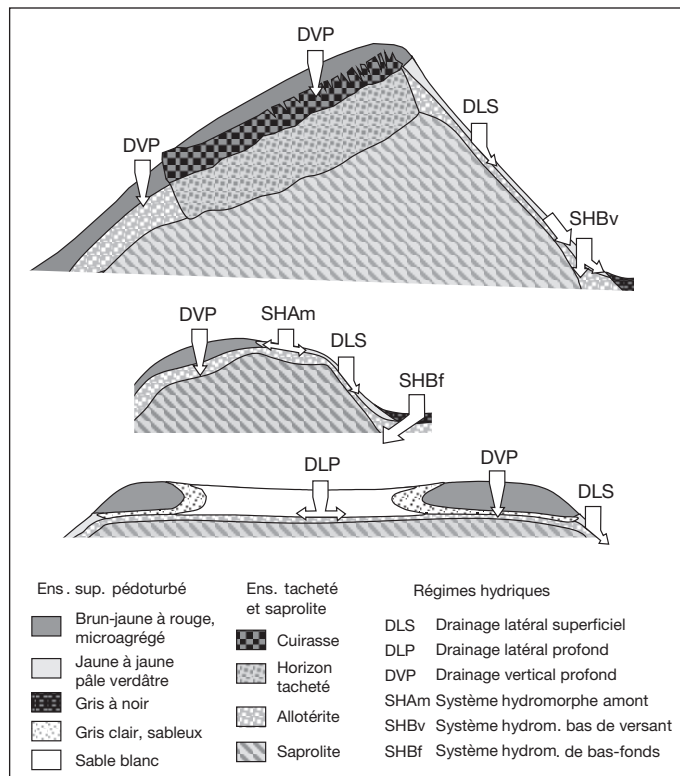
**Récapitulatif des principaux types de fonctionnement hydrique
des sols de la zone de référence**

| Type de fonctionnement hydrique | Contrainte d'engorgement en saison humide | Caractéristiques jusqu'à 1,20 m de profondeur de la couverture pédologique associée |
|---|---|---|
| Drainage vertical profond | nulle | Horizons microagrégés. Pas d'horizon sec au toucher |
| Drainage latéral profond | nulle à moyenne (selon topographie) | Sables blancs |
| Drainage latéral superficiel . . . | faible à moyenne | Horizon jaune à jaune pâle sur allotérite. Caractère sec au toucher observable dans l'allotérite en saison des pluies |
| Système hydromorphe amont . | forte | Horizon jaune pâle verdâtre sur allotérite claire. Caractère sec au toucher observable dans l'allotérite en saison des pluies |
| Système hydromorphe de bas de versant | forte | Horizon jaune pâle verdâtre à gris sur allotérite claire |
| Système hydromorphe de bas-fonds | très forte | Horizon gris à noir sur allotérite blanchie. Nappe présente toute l'année |

FIGURE 9
QUELQUES EXEMPLES TYPQUES
DE COUVERTURES
PÉDOLOGIQUES
ET DE RÉGIMES HYDRIQUES
ASSOCIÉS

sante lors d'une saison sèche marquée, même si cet horizon se dessèche rapidement dans sa partie supérieure.

Ce type de fonctionnement hydrique se trouve principalement au sommet des unités de modelé et en haut de versant. Il peut aller jusqu'en bas des versants et ainsi couvrir toute une unité de modelé. Ce cas s'observe plus particulièrement sur des roches volcaniques (Grimaldi et Riera, 2001).



Drainage latéral profond

Ce fonctionnement hydrique est caractéristique des sables blancs épais, qui reposent toujours sur un horizon tacheté (souvent clair) très peu perméable, dans un relief tabulaire. Ces couvertures pédologiques ont une bonne perméabilité texturale mais une très mauvaise réserve utile en eau. Le risque d'engorgement en saison des pluies est très variable, d'autant plus faible que l'épaisseur de sable blanc est forte, et que l'on se trouve près d'un bord de plateau, ou d'un thalweg.

Drainage latéral superficiel

Le drainage latéral superficiel est caractéristique des sols jaune pâle de versant, à allotérite peu profonde. Lors des événements très pluvieux, la faible perméabilité de l'allotérite (0,12 cm/h) entraîne la formation d'une nappe perchée fugace, qui s'écoule le long de la pente. La méthode la plus fiable pour repérer la profondeur de plancher de ces nappes fugaces consiste à faire un sondage à la tarière en saison des pluies, jusqu'à trouver un horizon **sec au toucher**, attestant que la percolation verticale de l'eau est très réduite à ce niveau.

La réserve utile en eau de ces sols est faible car l'allotérite est un obstacle à la pénétration en profondeur des racines, les espèces qui parviennent néanmoins à installer leurs racines dans cet horizon n'en retirent qu'un bénéfice limité car, s'il a une bonne réserve en eau, c'est une eau liée, peu accessible aux plantes.

Ce type de fonctionnement hydrique est fréquent sur les schistes de Bonidoro et, à un degré moindre, sur les migmatites.

Système hydromorphe amont

Ce fonctionnement hydrique se rencontre sur les plateaux à pente faible ou nulle, quand une allotérite à fond clair est présente à faible profondeur. Le caractère **sec au toucher** en saison des pluies doit apparaître à moins de 1,20 m de la surface du sol. Ce fonctionnement hydrique a des similitudes avec celui du drainage latéral superficiel, mais l'engorgement en saison des pluies y est plus fort (jusqu'en surface) et prolongé. Cette forte contrainte s'ajoute à celle d'une faible réserve utile en eau.

Ce type de station est souvent caractérisé par la présence de petites dépressions dans le sol, de taille métrique et d'une cinquantaine de centimètres de profondeur, remplies d'eau en saison des pluies, localement appelées *djougoung pété*. Leur origine est attribuée aux chablis (Blancaneaux, 1973), mais leur persistance est due à un sous-tirage géochimique, induit par la réduction du fer dans les nappes piégées par ces cuvettes (Fritsch *et al.*, 1986).

Le caractère hydromorphe des horizons de surface est essentiellement lié à leur état de déferruginisation, qui se traduit en termes de code Munsell⁽¹²⁾ par une faible saturation en couleur, particulièrement perceptible vers 20 cm de profondeur. Les taches rouille sont plutôt rares, ce qui indique probablement que les quantités de fer mobilisées chaque année sont faibles.

Système hydromorphe de bas de versant

Ce fonctionnement hydrique constitue une charnière (d'extension spatiale très variable) entre un drainage latéral superficiel de versant et un système hydromorphe de bas-fonds. Il se caractérise par un engorgement fréquent jusqu'en surface en période pluvieuse mais par l'absence de nappe

(12) Référence standardisée, qui propose un certain nombre de **teintes** (jaune, rouge, etc.), altérées par ajout de noir et de blanc. La **saturation** (en teinte) est d'autant plus forte qu'il y a peu de blanc et de noir mêlés à la teinte, tandis que la **clarté** caractérise la proportion de blanc par rapport au noir.

en saison sèche. En outre, il n'y a plus d'horizon sec au toucher, donc la réserve utile en eau est bonne, les racines pouvant descendre jusqu'au magasin de nappe.

La surface du sol possède un caractère hydromorphe marqué : couleur jaune pâle à grise, avec des taches rouille peu contrastées mais assez fréquentes.

Système hydromorphe de bas-fonds

Le fonctionnement hydrique des sols de thalweg est commandé par la topographie locale, mais aussi par l'importance des surfaces à drainage latéral en amont du bassin versant et par la pente du cours d'eau en aval. La caractéristique écologique fondamentale de ces milieux est l'existence toute l'année d'une nappe accompagnant le cours d'eau, proche de la surface en période pluvieuse et toujours présente en saison sèche, à une profondeur généralement inférieure à 1 m.

Ces milieux sont donc caractérisés par une contrainte d'engorgement très forte en saison des pluies, et par une disponibilité hydrique permanente — du moins pour les espèces dont les racines supportent l'engorgement prolongé.

Cependant, si l'on y regarde d'un peu plus près, il apparaît une grande diversité de fonctionnements hydriques, selon la profondeur moyenne de la nappe et l'amplitude des battements (Salvado, 2002) ; la prise en compte de cette diversité est certainement nécessaire pour toute étude écologique fine.

CONCLUSIONS

Dans les schistes et migmatites de la région d'étude, seuls le quartz et le mica blanc résistent à l'altération par hydrolyse dans la nappe profonde : tous les autres minéraux sont transformés en kaolinite, et en hématite ou goethite s'ils contiennent du fer. Quand on se rapproche de la surface et que l'eau du sol devient plus acide, le mica blanc peut être à son tour transformé en kaolinite. Le quartz reste en revanche présent à tous les niveaux, car sa dissolution s'avère très lente par rapport aux autres processus pédogénétiques, qui transforment ou éliminent les autres constituants. L'omniprésence du quartz, source de silice, garantit la stabilité de la kaolinite jusque dans les horizons supérieurs, alors que le climat très humide est *a priori* susceptible de favoriser l'accumulation de gibbsite.

Tous les stades de la pédogenèse apparaissent fortement contrôlés par l'équilibre entre la solubilisation du fer par une eau réductrice, et sa cristallisation en hématite ou goethite, par oxydation et dessiccation. L'évolution sous le climat actuel est caractérisée par une tendance générale à la déferruginisation, d'autant plus rapide que l'engorgement hydrique et l'activité biologique se combinent pour créer des conditions très réductrices. Dans les allotérites, la déferruginisation permet la transformation des micas blancs en kaolinite, ce qui réduit la perméabilité de l'horizon. Dans les horizons supérieurs, et parfois en profondeur, la kaolinite déferruginisée est mécaniquement instable : elle se fait emporter en suspension par toute circulation d'eau rapide. Lorsque les horizons supérieurs d'un sol ont été fortement appauvris en fer et argile par dégradation hydromorphe, la podzolisation prend le relais et élimine ce qu'il en reste, ne laissant que le squelette quartzueux du sol.

La diversité des situations topographiques et des couvertures pédologiques induit des fonctionnements hydriques très variés, avec notamment une forte variation de la contrainte d'engorgement. Cette contrainte est minimale sur les sols ayant une épaisse couverture à structure microagrégée, laquelle est héritée d'une pédogenèse très ancienne.

Il convient donc, en termes de gestion durable des sols, de veiller à limiter autant que possible l'érosion de ces horizons microagrégés.

Bruno FERRY
UMR Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois
(LERFOB)
ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES FORÊTS
14, rue Girardet
CS 4216
F-54042 NANCY CEDEX
(ferry@engref.fr)

Vincent FREYCON
UMR Écologie des Forêts de Guyane (ECOFOG)
CIRAD
BP 709
F-97379 KOUROU CEDEX
(vincent.freycon@cirad.fr)

Dominique PAGET
151, allée des Narcisses
Demi-Quartier
F-74120 MEGÈVE
(dominique.paget@cibpokola.com)

Remerciements

Nous remercions vivement Emmanuel Fritsch et Bernard Jabiol pour leurs critiques, qui nous ont bien aidés dans notre quête du difficile équilibre entre précision et clarté.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANCANEUX (P.). — Notes de pédologie guyanaise. Les Djougoung-Pété du bassin versant expérimental de la crique Grégoire (Sinnamary, Guyane française). — *Cahiers de l'ORSTOM, Série Pédologie*, XI, 1973, pp. 29-42.
- BOULET (R.). — Organisation des couvertures pédologiques des bassins versants. In : Le projet ECEREX (Guyane). Analyse de l'écosystème forestier tropical humide et des modifications apportées par l'homme. — Cayenne : GERDAT ; INRA ; Muséum national d'Histoire naturelle ; ORSTOM, 1983. — pp. 23-52.
- BOULET (R.), FRITSCH (E.), HUMBEL (F.-X.). — Les sols des terres hautes et de la plaine côtière ancienne en Guyane française septentrionale. Organisation en systèmes et dynamique actuelle de l'eau. — Cayenne : ORSTOM, 1979. — 170 p. (Rapport n° P122).
- BOULET (R.), BRUGIERE (J.-M.), HUMBEL (F.-X.). — Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. — *Sciences du sol*, 1, 1979, pp. 3-18.
- FRITSCH (E.), BOCQUIER (G.), BOULET (R.), DOSSO (M.), HUMBEL (F.-X.). — Les systèmes transformants d'une couverture ferrallitique de Guyane française. Analyse structurale d'une formation supergène et mode de représentation. — *Cahiers de l'ORSTOM, Série Pédologie*, XXII, 1986, pp. 361-395.
- GRIMALDI (C.). — Origine de la composition chimique des eaux superficielles en milieu tropical humide : exemple de deux petits bassins versants sous forêt en Guyane française. — *Sci. Géol. Bull.*, 41, 1988, pp. 247-262.

- GRIMALDI (C.), FRITSCH (E.), BOULET (R.). — Composition chimique des eaux de nappe et évolution d'un matériau ferrallitique en présence du système muscovite-kaolinite-quartz. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 319, 1994, pp. 1383-1389.
- GRIMALDI (C.), PEDRO (G.). — Importance de l'hydrolyse acide dans les systèmes pédologiques des régions tropicales humides. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 323, 1996, pp. 483-492.
- GRIMALDI (M.), RIERA (B.). — Geography and climate. In : Nouragues. Dynamics and plant-animal interactions in a neotropical rainforest / F. Bongers, P. Charles-Dominique, P.-M. Forget, M. Théry Eds. — Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2001. — pp. 9-18.
- GUEHL (J.-M.). — Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide guyanaise. Influence de la couverture pédologique. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 41, 1984, pp. 195-236.
- HUMBEL (F.-X.). — Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement des sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. — *Science du sol*, 2, 1978, pp. 83-94.
- LEPRUN (J.-C.), MISSET (M.), VIALA (A.L.). — Guide de reconnaissance des principaux sols guyanais à l'usage des non-pédologues. — Convention EPAG-IRD "Actualisation et valorisation des données pédologiques". — Cayenne : IRD ; EPAG ; FEOGA, 2001. — 25 p.
- LUCAS (Y.), BOULET (R.), CHAUVEL (A.), VEILLON (L.). — Systèmes sols ferrallitiques - podzols en région amazonienne. In : Podzols et podzolisation / D. Righi et A. Chauvel Eds. — Paris : AFES ; INRA, 1987. — pp. 53-65.
- PAGET (D.). — Étude de la diversité spatiale des écosystèmes forestiers guyanais : réflexion méthodologique et application. — Nancy : ENGREF, 1999. — 155 p. (Thèse de Doctorat).
- ROULLIER (C.). — Segmentation de l'espace forestier : description géomorphologique d'une région naturelle de Guyane. — Dijon : Université de Bourgogne ; Kourou : ENGREF, 1997. — 59 p., carte (Mémoire DESS).
- SALVADO (A.). — Étude des relations entre sol et végétation en forêt tropicale humide : comparaison de la dynamique forestière selon les profondeurs de nappe en saison sèche (Bas fonds vs Sol drainé) et étude du comportement de la nappe en saison humide. — Nancy : ENGREF, 2002. — 46 p. (Mémoire de DEA de Biologie forestière).
- TARDY (Y.). — Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. — Paris : Masson, 1993. — 459 p.
- THÉVENIAUT (H.), FREYSSINET (P.). — Paleomagnetism applied to lateritic profiles to assess saprolite and duricrust formation process : the example of Mont Baduel profile (French Guiana). — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148, 1999, pp. 209-231.
- THÉVENIAUT (H.), FREYSSINET (P.). — Timing of lateritization on the Guiana Shield : synthesis of paleomagnetic results from French Guiana and Suriname. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 178, 2002, pp. 91-117.
- THOMAS (M.A.). — Geomorphology in the tropics. A study of Weathering and Denudation in Low Latitudes. — Chichester (England) : J. Wiley & Sons Ltd, 1994. — 460 p.
- VEILLON (L.). — Sols ferrallitiques et podzols en Guyane septentrionale : relations entre systèmes de transformations pédologiques et évolution historique d'un milieu tropical humide et forestier. — Université de Paris VI, 1990. — 200 p. (Thèse de Doctorat).

GENÈSE ET FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES SOLS SUR SOCLE CISTALLIN EN GUYANE (Résumé)

Les sols forestiers de Guyane septentrionale permettent d'illustrer un grand nombre de processus pédogénétiques typiques des milieux tropicaux humides. En profondeur, la roche est transformée en saprolite par la nappe, qui sature toute la porosité. Plus haut, les alternances d'humectation et de dessiccation redistribuent le fer et conduisent à la formation d'un ensemble tacheté aux faciès multiples. Dans les horizons supérieurs, un régime hydrique encore plus contrasté, l'apport de matière organique et l'activité biologique poursuivent l'altération des constituants et remanient considérablement leur organisation ; un mécanisme majeur est l'appauvrissement en fer plus ou moins marqué selon la topographie, allant jusqu'à son élimination totale par podzolisation.

Quatre grands types de couverture pédologique et six types de régime hydrique sont distingués, caractérisés notamment par une grande diversité de la contrainte d'engorgement. Les sols épais à très bon drainage interne sont hérités de périodes climatiques anciennes, moins humides. Les sols peu épais de nombreux versants résultent d'un enfoncement du réseau hydrographique, qui serait dû à un léger soulèvement tectonique.

GENESIS AND WATER REGIME OF SOILS ON A CRYSTALLINE BASE IN FRENCH GUIANA (Abstract)

The forest soils of northern French Guiana provide illustrations of a wide range of pedogenetic processes typical of tropical rainforest environments. The pores of the deep-seated rock are fully saturated by the ground water, producing saprolite. Further up, the alternation of wetting and dessication has redistributed the iron forming a mottled appearance and varied facies. In the upper horizons, due to the even more extreme water regime, organic material uptake and biological activity, the constituents continue to be weathered and undergo substantial remodelling ; a major mechanism is iron depletion that varies considerably depending on the topography, sometimes to the extent of being wholly eliminated by podzolisation.

A distinction is made between four major types of soil mantle and six types of water regimes, characterised in particular by the extreme variability of the water-logging constraint. The deep, very well internally drained soils are inherited from ancient climatic eras that were less humid. The shallow soils on many slopes are the result of a lowering of the watershed, which is thought to have been caused by a slight tectonic lift.

1



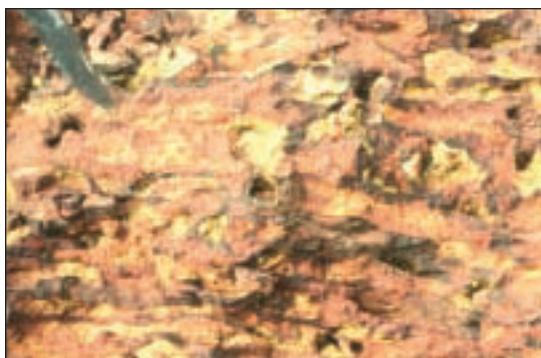
2



3



4



5



Photo 1 Sol à horizon microagrégé sur cuirasse
(piste de Bélizon)

Photo 2 Horizon tacheté sur saprolite de schiste
(route de Petit Saut)

Photo 3 Horizon microagrégé

Photo 4 Cuirasse ferrugineuse

Photo 5 Saprolite de migmatite

Photos B. FERRY



6

Photo 6 Sol à ensemble pédoturbé peu épais au-dessus d'une allotérite rouge de schiste.
Horizon supérieur jaune verdâtre, sous l'humus gris sombre



7

Photo 7 Toposéquence du milieu de pente (à gauche) au bas-fond (à droite)



8

Photo 8 Sol très peu épais sur saprolite de schiste (piste de Crique Plomb)



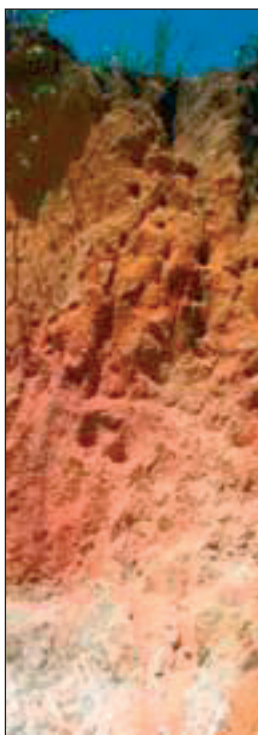
9

Photo 9 Sol peu épais sur allotérite tachetée, en bas de pente (forêt de Counami)

Photos B. FERRY



10



11



12



13

Photo 10 Couverture microagrégée épaisse des plateaux bas sur allotérite blanche de migmatite (talus de la N1 entre Kourou et Sinnamary, pK 100)

Photo 11 Même site. Horizons microagrégés brun-jaune à rouge, au-dessus de l'allotérite blanche

Photo 12 Même site. Horizon appauvri en fer et argile par engorgement, au-dessus de l'allotérite blanche

Photo 13 Même site. Podzsol: horizon blanc d'éluviation et horizons noir et ocre d'accumulation de la matière organique et de la goéthite alumineuse

Photos B. FERRY