

# Rubéfaction des sables stampiens dans le bassin de Paris

par Y. DEWOLF,

Laboratoire de géographie physique, Université Paris-VII

M. DELAUNE,

ORSTOM, Services scientifiques centraux (Bondy)

et R. FAUCK

ORSTOM, Direction générale (Paris)

---

## SOMMAIRE

*Il a été relevé dans le centre, l'ouest et le nord-ouest du Bassin de Paris une série de profils sur sables stampiens présentant un même caractère visible, à savoir une rubéfaction importante affectant plusieurs mètres de la formation sableuse. Ces profils sont actuellement fossilisés par des sédiments plus récents : tertiaires ou quaternaires. L'existence de paléocaractères indiscutables, caractéristiques d'un climat chaud à saisons contrastées et sécheresse prolongée, permet de rapprocher ces profils anciens des profils rubéfiés développés également sur sables, au Sahel : Mauritanie, Mali, Haute-Volta, Niger, Tchad.*

*L'ancienneté de ces profils, leur troncature et leur dégradation (contamination par des pédogénèses postérieures : lessivage, podzolisation, hydromorphie) rendent leur étude délicate.*

*Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces paléocaractères :*

- Pédogénèse « in situ » des sables stampiens, antérieure à la sédimentation aquitanaise ;*
- Contamination des sables stampiens par argilification et rubéfaction en provenance d'une (ou de) pédogénèse(s) développée(s) à partir de matériaux recouvrant les sables stampiens (argiles à meulière ? Argiles à silex ? Sables et argiles de Lozère ?...).*

*Mais quelle que soit la solution, cette étude permet d'apporter des précisions intéressantes en ce qui concerne la période post-stampienne.*

Au cours du levé d'une série de cartes géomorphologiques à 1/50.000<sup>e</sup> dans l'ouest et le nord-ouest du Bassin de Paris, il a été découvert et analysé un certain nombre de coupes dans lesquelles apparaissent des phénomènes nets de rubéfaction. Ce dernier terme est utilisé dans le sens « présence d'une couleur rouge ou rougeâtre ». Cette rubéfaction affecte un substrat commun, les sables stampiens. L'étude des profils révèle un certain nombre de caractères morphologiques et analytiques identiques :

- une rubéfaction intense (2,5 YR 4/8 - 5/8 ; 10 R 5/8) ;*
- une épaisseur importante des niveaux rubéfiés (plusieurs mètres parfois) ;*

- une texture sableuse faiblement à moyennement argileuse (sensiblement plus argileuse que celle du substrat stampien) ;
- enfin, un recouvrement systématique par des formations plus récentes (de l'Aquitanien au Quaternaire).

Ces caractéristiques suggèrent la présence d'horizons pédologiques de sols rubéfiés, lesquels, élaborés à partir des sables stampiens, ne correspondent à aucun des profils actuellement développés sur les formations sableuses dans le Bassin de Paris. En effet, la majorité des profils de sols observés sur sables quartzeux sont classés comme podzoliques, hydromorphes ou peu évolués, en fonction de la topographie, de la végétation et des données climatiques actuelles. Dans ces conditions, l'hypothèse de l'existence de paléocaractères peut être envisagée, ce qui justifie l'analyse suivante.

## LOCALISATION TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DES COUPES.

On peut distinguer trois groupes de coupes en fonction de leur position topographique et stratigraphique.

● **1<sup>er</sup> groupe** : Profils situés au sommet de buttes résiduelles tertiaires ou d'interfluves et recouverts de dépôts datés de l'Aquitanien.

### Coupe de la forêt de Marly :

— Le profil rubéfié apparaît sous une formation aquitanienne constituée de meulières massives, très diaclasées ; ces blocs de meulière sont emballés dans une argile bariolée (épaisseur 1,50 m à 2 m).

— Une couverture loessique quaternaire (2,50 m) surmonte l'ensemble.

La coupe est située au sommet d'un interfluve étroit entre le Rû de Gally et la vallée de la Seine ; elle s'ouvre sous forêt.

### Coupe de l'Isle-Adam : butte de la forêt de Carnelle.

— Profil rubéfié sous une formation meuliérisée épaisse de 2 à 3 m, très peu d'argile à meulière.

— Très faible couverture éolienne sableuse.

### Coupe de la butte de Broué :

Au sommet de la butte apparaît un profil rouge développé sur sables stampiens, sous une couverture variable (50 cm à 1 m) de gélifractes (meulière démolie et cryoturbée).

● **2<sup>e</sup> groupe** : Les coupes sont ouvertes très légèrement en contrebas des convexités sommitales.

### Coupe du Bois de la Charmoie (feuille à 1/50.000<sup>e</sup> de Nogent-le-Roi) :

La tranchée de la route montre un profil rouge légèrement en contrebas du plateau des Yvelines, sous une formation limono-sableuse quaternaire à fragments de meulière.

● **3<sup>e</sup> groupe** : Les profils rubéfiés apparaissent toujours sur sables stampiens mais ceux-ci sont piégés dans le karst développé sur substrat crayeux et fossilisé par les argiles à silex.

### Coupe des Fayaux (feuille à 1/50.000<sup>e</sup> d'Evreux) :

La coupe s'ouvre au sommet du plateau. Le profil rouge est fossilisé par 1 m de bief limono-caillouteux à silex gélifractés.

## DESCRIPTION DES PROFILS.

● **Profil de la forêt de Marly** (x = 578,55 - y = 129,30).

0 à 1 cm : horizon humifère brun clair.

1 à 10 cm : horizon beige, limoneux, à structure particulière ; limite inférieure sinueuse.

## RUBEFACTION DES SABLES STAMPIENS

- 10 à 36 cm : horizon beige, limoneux, structure polyédrique ; quelques revêtements argileux sur les faces de structure.
- 36 à 60 cm : horizon ocre-beige, limoneux à limono-argileux ; structure polyédrique à micropores nombreux.
- 60 à 100 cm : horizon Bt bien développé, limono-argileux ; structure prismatique, revêtements brun-ocre sur les faces des éléments structuraux.
- 100 à 145 cm : structure plus massive ; revêtements moins importants.
- 145 à 170 cm : loess beige pâle ; accumulations calcaires friables, sous forme de vermiculations verticales peu nombreuses.
- 170 à 210 cm : loess brun jaune, plus massif et plus argileux ; concrétions calcaires plus nombreuses et plus cohérentes.  
Apparition de petits fragments de meulière parfois rubéfiés et de sables quartzeux grossiers sub-émoussés type « burdigalien ».
- 210 à 215 cm : argiles sableuses (sables grossiers).
- 215 à 255 cm : apparition de fragments anguleux de meulière emballés dans une argile bariolée, blanche, ocre et rose.
- 255 à 310 cm : meulière aquitanienne entièrement siliceuse, compacte, avec des passées légèrement cavernueuses, très diaclasée et fragmentée. Les blocs hétérométriques sont emballés dans des argiles bariolées fortement fissurées (fentes de dessiccation).
- 310 à 360 cm : formation argilo-limoneuse à sables assez grossiers, structure massive, secondairement prismatique, bien développée surtout à la partie supérieure ; à la base, passage à une structure moins bien développée à tendance polyédrique. Aspect bariolé à dominante ocre-rouge (2,5 YR 5/8) mais à taches rouges (10 R 4/8) et ocre (7,5 YR 6/8 à 5/8) aux contours le plus souvent diffus.  
A partir de 3,30 m, apparition de traînées subverticales (anciennes racines) grises (5 YR 7/4), texture nettement plus argileuse, structure finement polyédrique, très cohérente à l'état sec. Ces traînées ont des contours sensiblement plus nets que ceux des taches précédentes.  
Sur certaines faces de structure, revêtements argileux un peu plus foncés. Ils peuvent prendre, localement, une certaine épaisseur (2 mm) et sont disposés essentiellement selon des plans verticaux à subverticaux. Dépôt de CaCO<sub>3</sub> le long des racines (en provenance du loess supérieur). Mycélium diffus sur les faces de structure.
- 360 à 385 cm : horizon de transition : texture plus sableuse (argilo-limoneuse à sables fins), structure feuilletée à lamellaire de 1 mm à 1 cm, moyennement développée et de cohésion variable selon la teneur en argile, aspect bariolé à dominante ocre-rouge (10 R 4/8 à 10 YR 5/8), avec des traînées grises le long des racines, nettement plus argileuses que le reste de l'horizon.  
Des fragments hétérométriques siliceux (de 1 à 10 cm) de grès à cortex blanc, dont certains, parmi les plus petits, sont fragmentés et séparés par des revêtements argileux gris. Leur résistance à la fragmentation est variable suivant qu'il existe encore ou non un noyau sain.
- 385 à 430 cm : horizon sableux très induré. On observe par places une structure en plaquettes, très nettes, de 1 cm à 1,5 cm d'épaisseur ; des microdiaclasses subverticales débitent ces lamelles horizontalement avec un léger décrochement de part et d'autre.  
Aspect bariolé, avec des taches rouges importantes à contours diffus (fond rouge et petits points de sable jaune, soit : 2,5 YR 4/3, 10 YR 6/8, 7,5 YR 6/8) et, par places, des taches rouge sombre (10 R 3/6).
- 430 et plus : formation sableuse, d'aspect bariolé à dominante ocre rouge (2,5 YR 5/8) et jaune-ocre (7,5 YR 5/6 à 5/8), avec des taches circulaires ou elliptiques présentant un noyau gris clair à gris-blanc (sableux) et une

auréole aux contours très réguliers, ocre-jaune puis ocre-rouge (fantômes de grès ?).

Présence de blocs de grès et de fragments de 10 à 15 cm. Ce grès présente la particularité d'être entièrement quartzifié ; il est entouré d'un double cortex : blanc, poreux et vacuolaire à l'intérieur, rouge à l'extérieur.

Cette coupe s'interprète comme suit sur le plan de la stratigraphie :

- 0 m - 2,10 m** : formations loessiques (Quaternaire).
- 2,10 m - 2,15 m** : sables et argiles de Lozère (Burdigalien).
- 2,15 m - 3,10 m** : meulière et argile à meulière (Aquitanien).
- 3,10 m - 4,30 m** : sables rubéfiés (Stampien).

● **Coupe de la butte de Broué** ( $x = 539,89 - y = 118,41$ ) :

- 0 à 10-12 cm** : horizon brun légèrement grisâtre, hétérogène, avec des secteurs plus foncés donnant l'impression d'un décapage des horizons supérieurs. Texture sableuse, légèrement argileuse (sables fins à moyens) ; structure particulière ; fines racines assez nombreuses.
- 12 à 70 cm** : Horizon rougeâtre (2,5 YR 4/8) à secteurs rosés ou ocre clair assez mal délimités dans certains cas et limités par un liseré ocre-jaune assez net (7,5 YR 5/8) dans d'autres. Structure de type particulière ; texture sableuse avec un peu de limons fins ou éventuellement d'argiles ; présence d'un manchon gris (10 YR 7/1), avec une texture très nettement argillo-sableuse, entouré d'un liseré ocre. A partir de 50 cm, disparition des manchons racinaires ; présence de cavités de 10 à 20 cm remblayés par du sable rose clair (10 YR 7/6). Maximum de cohésion vers 50 cm.
- 70 à 300 cm** : horizon rougeâtre mais avec des taches plus pâles. A certains niveaux : 1,40-1,70-2 m, des lignes horizontales rouge foncé, de 1/2 cm, d'épaisseur apparaissent. Horizon sableux, très légèrement argileux et compacté.
- 300 cm et plus** : apparition de niveaux blancs, nettement particuliers, finement sableux, non compactés. Eclaircissement progressif de la couleur vers le bas du profil.

Interprétation de la coupe :

- 0 à 12 cm** : horizon remanié (base). La présence de fragments de meulière au sommet de la butte témoigne de l'extension de l'Aquitanien vers l'ouest.
- 12 à 300 cm** : sables (Stampien) rubéfiés.

● **Coupe du Bois de la Charmoie** ( $x = 532,25 - y = 111,42$ ) :

- 0 à 8 cm** : horizon noirâtre de type mor ; sables blancs mal liés à la matière organique ; texture finement sableuse ; structure particulière ; fines radicales ; présence de quartz hyalin.
  - 8 à 18 cm** : horizon s'éclaircissant progressivement vers le bas, humide et de couleur gris clair à passées noirâtres ; texture finement sableuse ; structure particulière ; assez riche en radicales.
  - 18 à 50 cm** : horizon ocre clair (10 YR 6/3), humide, avec des secteurs gris foncé ou noirâtres ; texture sableuse (sables fins) ; zones noirâtres en relation avec le passage de grosses racines ; quelques quartz mal émoussés de type « Lozère » ; structure mal différenciée à tendance particulière.
  - 50 à 62 cm** : horizon ocre-jaune (10 YR 6/6), humide. Apparition de fines strates ocre-brun, apparemment ferrugineuses mais non indurées, et petites taches ocre-jaune. Texture finement sableuse, légèrement limoneuse ; de nombreuses radicales.
- Vers le bas, passage assez rapide à l'horizon suivant avec présence de taches ocre-jaune et de lits ferrugineux, plus nombreux, et de quelques zones décolorées.

## RUBEFACTION DES SABLES STAMPIENS

- 62 à 80 cm : horizon d'aspect bariolé, ocre-jaune avec des liserés ocre-brun et des taches grisâtres de plus en plus nombreuses vers le bas, plus quelques taches rougeâtres. Transition progressive vers l'horizon suivant.
- 80 à 115 cm : formation bariolée rouge clair (5 YR 5/8) finement sableuse, faiblement limoneuse. Structure particulière, avec des zones plus claires de structure mal différenciée. Secteurs gris-blanc très bien délimités avec des auréoles ocre-jaune ; ces zones grises sont à texture argilo-limoneuse et semblent correspondre à d'anciens passages de racines.
- 115 à 180 cm : horizon humide, rouge clair (2,5 YR 5/8) avec des zones d'un rose diffus (5 YR 8/4). Existence de certains secteurs blanchâtres bien délimités et circulaires (2 à 5 cm - 10 YR 8/4) ; apparition de festons rouge foncé (10 R 4/6) non indurés.  
Texture sablo-limoneuse fine ; structure de type particulière ; rares racines entourées d'une colerette noirâtre bien délimitée. A partir de 180 cm, cet horizon se poursuit par des secteurs plus rouges mais toujours envahis par des taches grisâtres de décoloration.

### Interprétation de la coupe :

- 0 à 62 cm** : formation sableuse ruisselée, avec présence de quelques fragments de meulière géolifracée. La pédogénèse est podzolisante (Quaternaire et Actuel).
- 62 à 80 cm** : niveau de transition : zone remaniée probablement au moment de la mise en place de la formation colluvionnée supérieure.
- 80 à 115 cm** : sables (Stampien) rubéfiés.

### ● Coupe de la sablière des Fayaux (x = 512,81 - y = 144,36).

- 0 à 40 cm : horizon remanié, limono-caillouteux.
- 40 à 70 cm : formation limono-argileuse à nombreux petits silex anguleux.
- 70 à 90 cm : lit de cailloutis : silex éclatés par le gel, très ferruginisés, parfois légèrement cimentés par des oxydes ferriques (encroûtement type grison).
- 90 à 125 cm : horizon brun, tacheté de brun clair à ocre, argilo-limoneux et emballant encore quelques silex cassés de 1 à 2 cm ; structure polyédrique à débit cubique, moyennement développée et de cohésion moyenne à forte ; des revêtements d'argile grise sur les faces de structure ; transition assez brusque avec l'horizon sous jacent.
- 125 à 160 cm : horizon sablo-argileux à argilo-sableux, plus riche en fer et en manganèse : niveaux subhorizontaux brun violet (7,5 YR 5/8 à 6/8), lit de cailloutis vers 140 cm : silex cassés homométriques (5 cm) et quelques galets marins.
- 160 à 210 cm : horizon de type hydromorphe, bariolé, avec des taches brun-rouge ainsi que des secteurs violacés et zones blanchâtres mal délimitées ; texture sablo-argileuse à argilo-sableuse ; structure polyédrique de grande taille, riche en trainées noires (fer-manganèse) et de cohésion forte (paroi légèrement en surplomb).
- 210 à 230 cm : horizon bariolé, à taches ocre et lignes verticales brun-noir ; texture argilo-sableuse ; structure polyédrique moyenne à fine, de cohésion moyenne à forte.
- 230 à 270 cm : horizon rouge vif (5 YR 5/8) à zones rouge foncé (2,5 YR 5/8) diffuses, quelques taches ocre et des petits nodules noirâtres ; cohésion assez forte.
- 270 à 350 cm : horizon rouge (2,5 YR 5/8 à 4/8) à filets rouges ou rouge foncé et taches diffuses ocre-jaune ; texture sablo-argileuse. Une grande racine, qui traverse verticalement l'horizon, est cernée d'argiles grises très hydromorphes.
- 350 à 600 cm : horizon ocre-rouge (5 YR 5/8) à passées plus claires. C'est un sable légèrement argileux (sables fins à moyens), à structure compacte. A la

base visible de la coupe, on observe une zone blanc rosâtre à taches blanches (texture plus fine et un peu plus argileuse).

Interprétation de la coupe :

- 0 à 125 cm : limons plus ou moins argileux riches en silex géolifracés (Quaternaire).
- 125 à 160 cm : zone de transition, niveau remanié.
- 160 à 600 cm : sables (Stampien) rubéfiés.

## ANALYSE DES PROBLEMES.

### a) LA RUBÉFACTION :

La couleur rouge de certains niveaux est le caractère le plus spécifique de toutes les coupes étudiées sur sables stampiens, et cette coloration semble inactuelle compte tenu des connaissances acquises sur les sols développés sur sables dans le Bassin Parisien. Le terme de « rubéfaction » utilisé pour désigner ce type de coloration a fait l'objet de nombreux travaux. Si elle est en rapport essentiellement avec la présence du fer, les données récentes indiquent qu'il s'agit plus d'une question d'état du fer (types d'oxydes et hydroxydes, état de la valence, degré d'hydratation, formes et degrés de cristallisation) que d'une question de quantité (SEGALEN, 1968). Cependant, pour de nombreux auteurs, l'acquisition de formes susceptibles de conférer une couleur rouge ou apparentée suppose certaines conditions climatiques (MILLOT, 1967, WALKER, 1967). Généralement, elle est associée à l'existence d'un climat chaud contrasté à saison sèche accentuée. Mais il existe des sols rubéfiés dans des climats tropicaux humides sans que l'on sache nettement la part éventuelle de l'héritage d'anciens climats plus contrastés. FAUCK (1972), analysant le cas des sols rouges sur sables et grès situés en plusieurs régions d'Afrique Occidentale, a mis en évidence la liaison étroite qui existe entre les teneurs en fer libre et celles en argile en tant que fraction granulométrique, et sur l'importance des conditions de bon drainage, d'une part pour l'acquisition, d'autre part pour la conservation des caractéristiques de la rubéfaction. Ce qui précède incite donc à examiner les états des constituants fer et argile ainsi que leurs relations dans les profils rubéfiés étudiés.

Les teneurs en fer libre ou total ne sont pas très importantes dans les échantillons analysés. Le fer dit « libre » est un fer qui n'est pas inclus dans une structure (minéraux primaires, argile 2/1) et qui est susceptible de migrer et également de donner des couleurs vives. Les teneurs sont de l'ordre de 1% (méthode DEB) dans les horizons les plus rubéfiés, alors qu'elles sont inférieures à 0,05% dans les horizons sableux (ocre ou blanc) sous-jacents et dans les sables de Fontainebleau. La fraction de ce fer libre qui se trouve à l'état amorphe ou cryptocristallin est très faible, 0,28% sur l'échantillon le plus riche. Les quelques analyses effectuées pour déterminer le fer total (méthode triacide) donnent des teneurs à peine supérieures à celles du fer libre. On peut en déduire que tout le fer est à l'état « libre » et qu'il est sous forme essentiellement cristallisée. Les analyses minéralogiques y indiquent la présence de goéthite et parfois d'un peu d'hématite. Cette dernière, bien qu'en faible quantité, est peut-être responsable de la couleur rouge.

### b) LES ARGILES :

Les teneurs en argile granulométrique des niveaux les plus caractéristiques sont comprises entre 12,5 et 23%. L'argile est associée à une fraction de sables fins qui domine toujours celle des sables grossiers, alors que les teneurs en limons (2 à 20 microns) sont très faibles. Dans tous les cas, le passage aux niveaux inférieurs à coloration progressivement plus claire se traduit par une diminution graduelle, parfois assez rapide, des teneurs en argile qui deviennent inférieures à 1% dans les niveaux de sables stampiens. En revanche, le passage aux niveaux supérieurs, non rubéfiés, des profils est variable selon la situation et le type de matériau situé en surface. Dans certains cas (Charmoie) les horizons supérieurs sont très sableux (moins de 10% d'argile), dans d'autres ils sont au contraire plus riches en éléments fins (Broué, Marly).

Il est important de signaler que des discontinuités nettes existent toujours dans la répartition des fractions granulométriques sableuses entre le sommet de l'horizon rubéfié et les niveaux supérieurs. Il est donc plausible de penser qu'il s'agit de recouvrements, dans certains cas de remaniements, mais le tout indiquant le résultat d'une période plus récente de morphogénèse.

Les différents minéraux argileux inventoriés dans les horizons de couleur rouge ont un dénominateur commun dominant, la kaolinite. Cette dernière est également caractéristique des niveaux profonds du Stampien. Ceux-ci contiennent des traces de montmorillonite et des traces d'illite. Dans les horizons rubéfiés, pratiquement dépourvus de calcium et fortement acides (pH de 4,3 à 4,8), il y a souvent de la montmorillonite, mais le fait le plus important est qu'il y a une augmentation nette des quantités de cette argile 2/1 vers le sommet de l'horizon. Dans le profil de la Charmoie où des glosses de podzolisation pénètrent l'horizon rouge (celui-ci prend alors un aspect dégradé, décoloré, parfois hydromorphe), les teneurs en montmorillonite sont relativement importantes vers le sommet. Dans le profil de Broué, mieux drainé, non marqué par une podzolisation en surface, il n'y en a que des traces.

Ces observations indiquent que l'argile de type 2/1 peut être considérée comme importée dans la partie sommitale des niveaux supérieurs. Il s'agirait d'une contamination en rapport avec la dégradation en glosses de la partie supérieure de l'horizon rubéfié. Ce dernier apparaît alors comme un paléocaractère instable dans les conditions actuelles de l'évolution pédologique d'un certain nombre de profils.

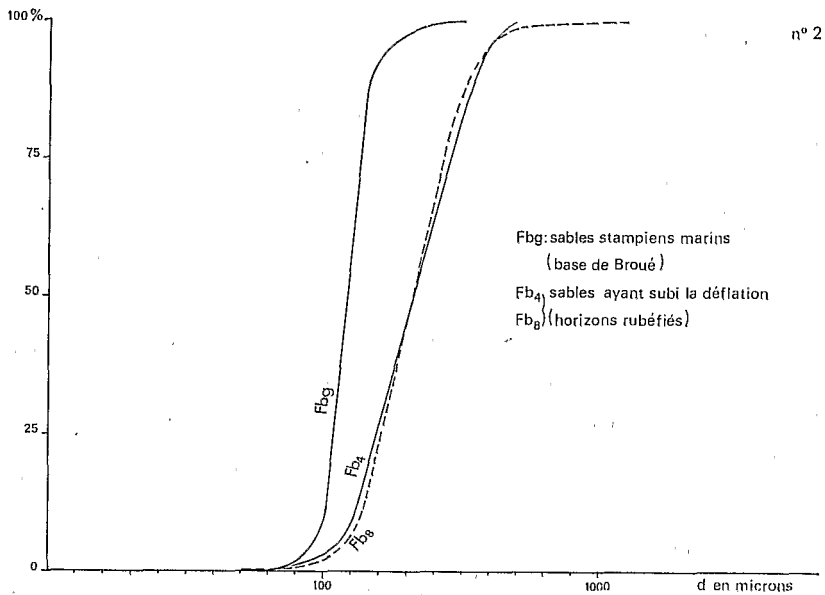
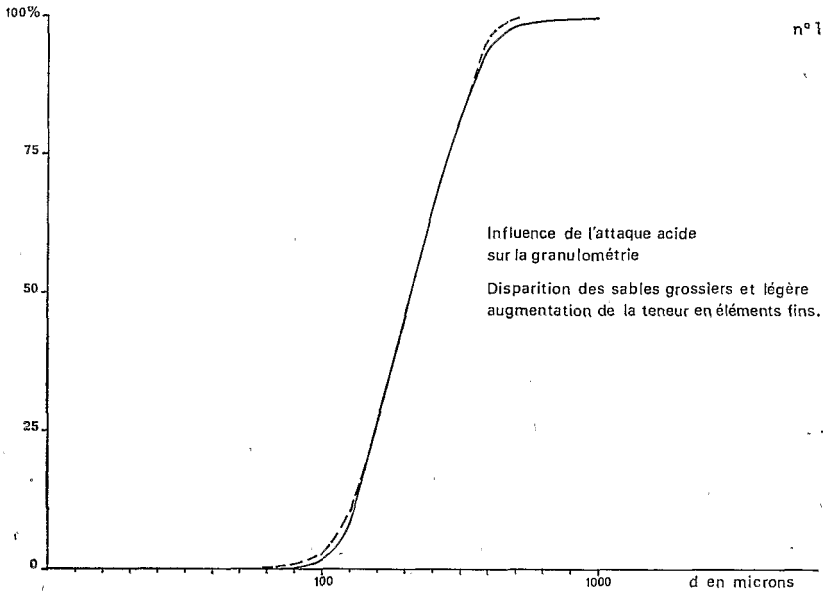
La kaolinite des horizons rubéfiés des niveaux stampiens est définie parfois comme du type « fire clay », parfois comme du type métahalloysite. Or, quand les conditions de drainage sur sables sont bonnes, il est courant de constater que, dans une très large gamme de conditions climatiques, l'altération conduit à des types d'argile 1/1. On ne peut donc tirer de l'association rubéfaction-kaolinite qu'une conclusion unique, celle de l'existence de bonnes conditions de drainage lors de la différenciation des horizons ou du niveau rubéfié. Dans certains cas, les niveaux supérieurs, pour des causes diverses tenant le plus souvent à leur granulométrie, n'ont plus les mêmes caractéristiques de drainage. Cela pourrait se traduire par la formation ou par la conservation, en contexte de mauvais drainage, de la montmorillonite qui par la suite tendrait à se déplacer pour contaminer les horizons rubéfiés sous-jacents.

Il n'a pas été possible de fixer avec une bonne valeur statistique le rapport fer libre/argile, mais les résultats obtenus indiquent que ce rapport est toujours inférieur à 12 %, valeur théorique (mise en évidence dans les régions tropicales) de la saturation des argiles kaoliniques par des oxydes de fer libre. Le rapport est toujours compris entre 8 et 11 % dans les horizons les plus rouges. Cependant, à l'examen visuel, avant et après analyse granulométrique, on n'a pas décelé de quantités importantes de pseudo-particules. Rappelons que la pseudo-particulation (sables agglomérés par des oxydes de fer) est un caractère courant de nombreux types de sols rubéfiés des régions tropicales en climat à saisons contrastées.

### c) LES CARACTERES DE LA FRACTION SABLEUSE :

Les niveaux de sable stampien, de couleur claire, ont des faciès de sables marins typiques ; ce sont des sables fins (Médiane = 121  $\mu$ ) très bien triés. En revanche, les horizons supérieurs des deux profils étudiés (butte de Broué et Bois de la Charmoie) enregistrent des modifications dans la répartition des classes granulométriques. En effet, les sables deviennent légèrement plus grossiers (Med : 180  $\mu$ ), le tri se modifie et la courbe granulométrique acquiert un faciès bimodal.

La rubéfaction ne modifie pas l'allure générale des courbes, si ce n'est une légère augmentation du pourcentage en sables grossiers, phénomène dû à la cimentation des grains de quartz par des oxydes de fer et par l'argile (fig. 1).



*Influence de l'attaque acide sur la granulométrie. Disparition des sables grossiers et légère augmentation de la teneur en éléments fins*

*Influence of acid attack on granulometry : coarse sands are decreasing and fine fraction is increasing*

Fbg : sables stampiens marins  
(base de Broué).

Fbg : sea stampien sands (Broué).

Fb<sub>4</sub> : Sables ayant subi la déflation.

Fb<sub>4</sub> : wind eroded sands (red horizons).

Fb<sub>8</sub> : Horizons rubéfiés.

Fb<sub>8</sub> : d in microns.



L'acquisition du faciès bimodal évoque plutôt un remaniement éolien léger : la fraction de sables fins ayant été enlevée par déflation, on observe un enrichissement relatif en particules moyennes et donc une médiane plus forte. Les horizons proches de la surface montrent d'ailleurs des traces d'éolisation : 11 % de quartz ronds mats de 0,7 mm de diamètre (fig. 22).

Le spectre de minéraux lourds est le même pour les sables stampiens et les sables remaniés : les minéraux résistants (tourmaline, zircon, rutile) dominent ; ils sont accompagnés de minéraux issus de roches métamorphiques (staurotide, disthène). Les changements granulométriques modifient le rapport tourmaline-zircon : les tourmalines sont plus abondantes dans les horizons grossiers et réciproquement.

### INTERPRETATIONS ET DISCUSSION.

La rubéfaction de certains niveaux sablo-argileux situés au sommet des sédiments stampiens semble inactuelle, d'une part compte tenu des caractères les plus courants des sols sur sables dans la région considérée, d'autre part compte tenu des glosses de dégradation qui pénètrent dans un certain nombre d'horizons rouges. Il s'agirait donc d'un paléo-caractère, c'est-à-dire d'un caractère hérité.

La rubéfaction et la présence de kaolinite indiquent que la différenciation du niveau rubéfié s'est réalisée dans des conditions de bon drainage.

Ce niveau rubéfié peut être interprété soit comme un niveau sédimentaire lithochrome, soit comme un horizon B ou B/C d'un ancien sol dont les horizons supérieurs auraient été érodés (les horizons A et peut-être une partie du B) et remplacés par des matériaux nouveaux souvent d'âge quaternaire, parfois tertiaire. Sur ces matériaux se développe une pédogénèse qui semble en équilibre avec le climat actuel. Cependant, l'hypothèse d'un niveau sédimentaire lithochrome n'exclut pas la possibilité que les matériaux transportés aient eu pour origine des profils de sols rouges, donc une origine pédologique préalable à un épisode de morphogénèse.

La rubéfaction d'un niveau de sables stampiens, qu'il soit en place ou remanié, s'est traduite par un enrichissement en argile granulométrique et en hydroxydes de fer. Les causes de cet enrichissement peuvent être diverses, soit strictement sédimentaires, soit pédologiques.

Une origine strictement sédimentaire est peu probable car le niveau est toujours situé à faible profondeur par rapport à la surface actuelle du sol, quelle que soit la région étudiée et de plus on n'observe pas d'autres niveaux plus rubéfiés ou plus argileux dans l'épaisseur des matériaux sableux du Stampien.

Une origine pédologique (se produisant sur le matériau en place) est plausible, soit par enrichissement absolu, soit par enrichissement relatif en fer et en argile. Dans le premier cas, il s'agirait d'une accumulation in situ, et il se pose alors le problème de l'origine de l'argile et du fer en provenance soit de matériaux de recouvrement, soit de sols situés dans le paysage (apports latéraux ou par nappes).

Dans le second cas, il s'agirait du résultat d'un appauvrissement en silice, ce qui implique une pédogénèse particulière dont le facteur durée (temps) a une grande importance.

Deux autres problèmes se posent : L'époque de cette rubéfaction est-elle contemporaine de l'affleurement des dépôts, ou postérieure et en rapport avec la mise en place des recouvrements ? La kaolinite provient-elle d'un héritage ou d'une transformation sur place par argilification ?

Les observations sur le terrain et l'interprétation des analyses pédologiques ne permettent pas de répondre à toutes ces questions, sauf que l'origine pédologique est plausible et que l'on est donc en présence de paléo-caractères.

Pour tenter de trouver une réponse à ces questions, il est intéressant de rechercher des arguments dans les connaissances que l'on a déjà des sols rubéfiés développés sur des matériaux sableux.

### CE QUE L'ON SAIT PAR AILLEURS DES SOLS RUBEFIES SUR SABLES.

De tels sols sont très répandus. Parmi ceux dont la morphologie présente les caractères communs les plus nets avec ceux étudiés dans le Bassin Parisien, en se limitant à la gamme des textures sablo-argileuses à argilo-sableuses, citons :

- les profils rouges sur sables du Perche ;
- les sols rouges sur sables de la Mamora (Maroc) ;
- les sols rouges du Sénégal, de la Haute-Volta, du Niger et du Tchad sur sables et grès continentaux ;
- les dunes rouges de Mauritanie et du Sénégal.

Les données les plus nombreuses concernent l'Afrique Occidentale et le Tchad.

Les sables rouges qui couvrent de grandes surfaces du Tchad font partie du continental terminal, c'est-à-dire des formations tertiaires. Il s'agit de sables rouges, appelés localement Koro, présentant des faciès divers de grande hétérogénéité. Les séries rouges ont une coloration vive (2,5 YR 4/4 et parfois 10 R 4,5/8) uniforme sur une grande épaisseur (de 4 à 6 mètres). Les sols contiennent de l'argile kaolinique avec de la goéthite et de l'hématite en faible quantité. La texture de leur horizon B est argileuse (35 à 45 % d'éléments fins) dans les régions méridionales, tandis que vers le nord l'ensemble des profils est généralement sableux (5 à 10 %), parfois un peu plus argileux (20 %) en profondeur. Les sables sont quartzeux, parfois avec un peu de feldspath (PIAS, 1970).

Des dunes rouges datées du Quaternaire existent également, se poursuivant au nord du 12° parallèle, du Tchad au Niger, au Mali et en Mauritanie. Elles sont appelées dunes rouges ogoliennes en Mauritanie et erg 2 au Tchad (MICHEL, 1967) où elles se seraient formées aux dépens des sables rouges du continental terminal. Dans les bassins du fleuve Sénégal (ELOUARD, 1955 ; TRICART, 1960), les grands ergs alignés du Trarza, du Brakna, et du Cayor par exemple, sont rubéfiés sur tous leurs sommets, d'où ce nom de dunes rouges qui leur a été donné. En allant vers le Sud, le modelé est de plus en plus amorti. Au point de vue granulométrique, des variations sensibles ont pu être relevées. Cependant, le mode dans ces dunes rouges se situe toujours entre 0,60 et 0,25 mm, la fraction argileuse est négligeable, et l'étude morphoscopique a indiqué que le matériel avait subi une série de façonnements éoliens et hydriques, en particulier lors des climats humides ayant précédé la période aride quaternaire qui a permis l'établissement du modèle dunaire. Il n'est donc pas possible de relier la rubéfaction à un climat bien défini, en tout cas pas au climat actuel, bien que l'existence de saisons alternées soit probable. On admet que ces dunes rouges auraient été édifiées entre 21.000 et 15.000 B.P. lors d'une régression marine, mais il semble également plausible de penser que la ferruginisation des grains serait héritée.

Les sols sur sables et grès du continental terminal de Casamance et du sud Dahomey présentent des horizons B épais de 3 à 6 mètres, de texture variable, mais dont la teneur en argile est généralement supérieure à 30 %. Des horizons rouges avec 15 à 25 % d'argile existent cependant. On les trouve surtout dans des sols remaniés sur matériaux colluvionnaires. Mais il faut également signaler que ce type d'horizon correspond au passage des horizons B aux horizons C de sables quartzeux. Cela pourrait faire penser que la troncature des profils rubéfiés sur sables stampiens a été importante et que seuls ne subsistent, en quelques positions topographiques particulières et à la faveur d'une fossilisation par des recouvrements, que des restes d'horizons B2 et B/C de sols rouges dont l'épaisseur éventuelle a pu être plus importante.

La genèse des sols rouges de Casamance s'est réalisée sur des matériaux d'âge miopliocène. Cette genèse se poursuivrait encore actuellement dans certaines conditions d'environnement. Elle s'est traduite par une modification de la granulométrie des

sables de la roche-mère, et par un enrichissement en argile et en fer. Cet enrichissement est dû partiellement à des phénomènes d'illuviation, mais également à un enrichissement relatif par départ de silice. Ce départ est prouvé par les figures de corrosion sur les quartz dans les horizons B. Il faut remarquer que ces figures ne sont pas aussi évidentes dans le cas des prélèvements sur sable stampien, ce qui n'exclut pas une désilicification poussée des quartz.

Les connaissances qui précèdent permettent d'avancer les observations suivantes :

Au Tchad, des dunes rubéfiées ont été partiellement fossilisées par des matériaux plus récents, l'ancien erg ayant été envahi par le lac Tchad, cela à plusieurs époques (PIAS, 1970 ; MAGLIONE, 1970).

Dans le Bassin Parisien, il est donc possible que l'on soit en présence de sables stampiens éolisés en dunes qui se sont rubéfiés et ont été ensuite partiellement recouverts par des matériaux d'âge aquitainien ou d'âge quaternaire. A priori, cette rubéfaction et l'argilification des matériaux stampiens, avec ou sans remaniement éolien, a pu se réaliser plus facilement par pédogénèse à l'air libre qu'en profondeur. Cependant, cette dernière hypothèse supposerait un effet équivalent de tous les types de recouvrements aquitainiens ou autres, ce qui est peu vraisemblable. En envisageant une évolution pédogénétique par enrichissement absolu et surtout relatif, on aborde ainsi le problème du devenir de la silice (MILLOT, FAUCK, 1970). De fait, on constate en certains endroits (Marly par exemple) des cas de grésification par des ciments essentiellement siliceux en dessous du niveau des sables rubéfiés (grès de calcédonite).

En ce qui concerne le climat susceptible d'avoir favorisé l'acquisition des paléocaractères des profils étudiés, seule l'existence de périodes relativement chaudes peut être envisagée à l'exclusion des climats tempérés froids, humides, et des climats équatoriaux. En effet, dans les pays tempérés les sols sur sable sont podzoliques ou peu évolués, et dans les climats équatoriaux ce sont des sols ferrallitiques jaunes. De plus, il faut ajouter au climat, d'une part l'action d'un drainage ouvert, ce qui exclut certaines conditions de modelé topographique, et d'autre part l'action du facteur temps pour qu'une pédogénèse relativement peu active puisse cumuler ses effets sur une durée suffisamment longue. Il ne faut donc pas envisager des paléoclimats mais des paléo-environnements.

## CONCLUSIONS.

En définitive, si l'on récapitule les faits mis en évidence au cours de cette étude, il apparaît qu'un (ou des) épisode(s) dynamique(s) aurait entraîné la disparition des traits sédimentologiques initiaux des sables stampiens, avec modification de certaines données originelles et l'acquisition de caractères nouveaux, dont la rubéfaction et une certaine argilification.

Plusieurs hypothèses peuvent rendre compte de ces observations.

Une première explication, partielle, paraît cependant s'imposer dans l'état actuel des recherches (thèses PREVOT-COSJEAN - levés et cartographie GRISONI, 1975 - article DEWOLF - MAINQUET, 1976), celle d'un épisode éolien succédant à la régression stampienne. Les modifications granulométriques et pétrographiques enregistrées au sommet des sables s'expliquent parfaitement dans le cadre d'un phénomène de déflation, comme s'explique d'ailleurs la disparition des caractères sédimentologiques.

L'acquisition des traits pédologiques considérés, en particulier l'enrichissement en colloïdes et la rubéfaction, pourrait se placer à la fin de cet épisode franchement éolien dans une phase climatique plus humide, mais avant la nette remontée pluviométrique qui caractérise l'Aquitainien. Dans ce cas, il s'agirait de sols rouges développés « in situ », antérieurs à l'Aquitainien, tronqués et dégradés au Quaternaire par des processus tels que lessivage, podzolisation, hydromorphie.

Seconde hypothèse : elle consisterait en l'acquisition de « pa'éocaractères » liés à une ou des pédogénèses s'inscrivant dans des paysages et des temps qu'il est, par ailleurs, difficile de préciser. Dans ce cas, l'enrichissement en colloïdes et la rubéfaction ne seraient qu' « hérités », soit par lessivage vertical, soit latéralement par lessivage oblique, mais dont la caractéristique serait de se développer à partir de matériaux mis en place postérieurement aux sables stampiens (argile à meulière de l'Aquitainien, sables et argiles de Lozère) ; dans ce cas l'argilification et la rubéfaction ne seraient qu'une contamination. Le dilemme est donc le suivant :

- Pédogénèse développée à partir des seuls sables stampiens et donc d'âge préaquitainien ;
- Illuviation dans les sables stampiens, à partir d'une (ou de) pédogénèse (s) postérieure (s) mais d'âge indéterminé, développée (s) dans les matériaux de recouvrement préquaternaires.

Deux observations en effet l'appuieraient :

- L'existence de certains profils rouges au sommet de reliefs actuellement dominants (mais qu'il est difficile de supposer avoir été dominés) : butte de Carnelle, interfluve de Marly, butte de Broué ;
- La discontinuité verticale de la minéralogie des argiles dans certaines coupes : montmorillonite dans les argiles à meulière, kaolinite dans les sables rouges sous-jacents (à Marly, par exemple).

Dans l'état actuel des recherches, il est assez difficile de trancher ; il reste certain qu'il existe, dans le Bassin de Paris, développés sur sables stampiens, des restes d'horizons B ou B/C présentant certains paléocaractères. L'intérêt de leur étude, quelle que soit par ailleurs la solution du dilemme posé est évident : elle témoigne de l'existence, dans le Bassin de Paris, d'un paléo-environnement caractérisé par un climat chaud à saisons contrastées et sécheresse prolongée.

(Reçu pour publication : juin 1976.)

## SUMMARY

*A similar character has been identified in several profiles in the middle, west and north west regions of the «Basin de Paris», that is an important reddish coloration (rubefaction) of sands over several meters. Presently the profiles are fossilized by more recent sedimentation: tertiary or quaternary. The evident reality of paleocharacters which are characteristics of hot climates with long dry seasons explains authors try to compare profiles of Bassin de Paris with reddish profiles on sands in Sahelian regions in Africa: Mauritania, Mali, Upper Volta, Niger, Tchad.*

*Difficulties which have occurred for the study of soils, oldness, erosion and degradation of profiles, in particular resulting from more recent pedogenesis (leaching, podzolisation, waterlogging) can explain difficulties of their understanding.*

*Two hypothesis are possible for explaining paleocharacters:*

- *Pedogenesis «in situ» on stampien sands before sedimentation of Aquitainien;*
- *Contamination of stampien sands by argilification and rubefaction resulting of pedogenesis on materials recovering stampien sands (clays with «meulière», Lozere sands and clays with flints).*

*Independently of the solution of these problems, the present study give valuable information for the post-stampien period.*

## Bibliographie

- COJEAN (1975). — Contribution à une cartographie géotechnique pour l'aménagement régional. — Plateau de Trappes-Saclay-Vallées de la Bièvre et de l'Yvette. **Thèse**. Université de Paris VI.
- DEWOLF Y. et MAINGUET M. (1976). — Une hypothèse éolienne et tectonique sur l'alignement et l'orientation des buttes sableuses du Bassin de Paris. (En cours de publication.)
- ELOUARD P. (1955). — Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal. **Thèse Sciences Paris**. Mém. Bur. Rech. Géol. Min. Fas. n° 7 (1961). 274 p.
- FAUCK (1972). — Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. **Mémoire ORSTOM** n° 61. 258 p.
- MAGLIONE (1974). — Géochimie des évaporites et silicates néoformés en milieu continental confiné. Les dépressions interdunaires du Tchad. **Thèse**. Université de Paris VI.
- MICHEL P. (1967). — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. **Mémoire ORSTOM**, n° 63.
- MILLOT G. (1964). — Géologie des argiles. Masson et C<sup>ie</sup>, éditeurs, 299 p.
- MILLOT G. et FAUCK R. (1970). — Sur l'origine de la silice des silicifications climatiques et des diatomites quaternaires du Sahara. (C. R. Acad. Sc., t, 272, pp. 4 à 7).
- PIAS J. (1970). — Les formatons sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent. **Mémoire ORSTOM**, n° 43, 359 p.
- PREVOT G. (1975). — Les meulrières du sud de la région parisienne. **Thèse**. Université de Paris VI.
- TRICART J. (1960). — A propos de l'erg du Trarza. Trav. Inst. Rech. Sahara. Alger.
- WALKER Th. (1967). — Formation of red beds in modern and ancient desert. Geol. Soc. Amer. Bull. V, 78, pp. 353-368.

## **Rubéfaction des sables stampiens dans le bassin de Paris**

par **Y. DEWOLF**,  
Laboratoire de géographie physique, Université Paris-VII

**M. DELAUNE**,  
ORSTOM, Services scientifiques centraux (Bondy)

et **R. FAUCK**  
ORSTOM, Direction générale (Paris)

---

O. R. S. I. O. M.

Collection de Référence

n°

ex 1

15 NOV. 1977

8882. Geol.