

## **Influences du climat et du couvert végétal sur les pertes en nutriments par érosion et drainage en Afrique occidentale**

**Eric ROOSE**

Centre IRD, BP. 64501, F34394 Montpellier cedex 5 : [Eric.Roose@ird.fr](mailto:Eric.Roose@ird.fr)

### **Résumé**

Les sols cultivés d'Afrique occidentale sont généralement épuisés au bout de 3 à 15 ans en fonction de leur texture, de l'agressivité des pluies et des techniques culturales.

Pour comprendre les mécanismes de dégradation des sols sous culture, des mesures de pertes de nutriments et de carbone par érosion et drainage ont été réalisées sur une séquence de sols à kaolinite entre les forêts denses humides de basse Côte d'Ivoire et les savanes soudano-sahéliennes du plateau central du Burkina Faso.

Les résultats montrent que sous végétations naturelles, les pertes en carbone et nutriments (C, N, P, K, Ca, Mg) sont faibles par érosion : par contre, les pertes par drainage ne sont pas négligeables en milieu tropical humide. Sous cultures, les pertes par drainage sont du même ordre que sous végétations naturelles sauf si on a apporté des doses importantes d'engrais (ex. sous bananeraie). Les pertes par érosion (1 à 700 t/ha/an) sont souvent multipliées par 10 à 1000 sous culture : elles dépendent directement du poids de terre érodée. Cependant, la fertilité des sols à kaolinite est étroitement liée au taux de MO lequel dépend de la minéralisation par les microbes et des restitutions par les litières. Il ne suffit donc pas de bloquer l'érosion des terres, il faut encore restituer les MO et les nutriments indispensables pour compenser les exportations et favoriser la croissance des végétaux cultivés.

**Mots clés:** Afrique occidentale, perte de carbone et nutriments, érosion, drainage (lixiviation), végétation naturelle, cultures.

### **Abstract**

Three to 15 years after deforestation cropped soils of Western Africa are generally exhausted depending on their texture, cultural practices and rain aggressivity. During 17 years, (nitrogen) carbon and nutrients losses by erosion and leaching have been measured in runoff plots and lysimeters on four stations on a climatic sequence between the moist forest of Southern Ivory Coast and the Sudano-sahelian savannahs of central Burkina Faso. Under natural vegetation, losses by erosion are weak but losses by leaching are not negligible under humid tropics: therefore topsoils are acids. Under crops, losses by leaching are similar to these of natural vegetation except where a lot of fertilizers have been used, like under banana plantation. Losses by erosion (1 to 700 t/ha/an) are often 10 to 1000 bigger than under natural vegetation: even if sheet erosion is selective, nutrient losses are directly related to the quality of the topsoil and the volume of eroded soil. Nevertheless, on kaolinitic soils the soil fertility is depending on soil organic matter (SOM). Because the rapid mineralisation under hot and humid tropical conditions, the soil fertility degradation is depending mostly on litter and organic residues abandoned above and in the soil. In conclusion, soil erosion is generally not the initial cause of fertility degradation. Therefore soil and water conservation techniques are not sufficient to rehabilitate the soil productivity of the tropical soils: organic and mineral fertilizers must be included in the restoration systems in order to equilibrate the C and nutrients losses.

**Key words:** Western Africa, carbon, nutrients losses, erosion, leaching, moist forest, savannahs, cropping.

## Introduction

En observant l'importance de la biomasse des forêts et des savanes tropicales, on pourrait croire que les sols d'Afrique occidentale sont très fertiles. En général, il n'en est rien. Les arbres croissent lentement en recyclant les nutriments libérés par la minéralisation de la litière et des racines. Sous savane les feux de brousse accélèrent encore le turnover. Dès qu'il défriche le milieu naturel, le paysan brûle cette encombrante biomasse et disperse les cendres par un léger travail du sol. En 3 à 5 ans, en fonction de la texture du sol et de l'agressivité des pluies, le rendement des cultures diminue tandis que le sol perd 50% de son humus (Roose, 1981). Il suffit de 3 ans sur les sols sableux et 15 ans sur les sols argileux pour constater une profonde dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques des horizons labourés (Siband, 1974 ; Roose, 1981 ; Pieri, 1989; Feller, 1995).

Beaucoup de chercheurs pensent que cette dégradation rapide des sols tropicaux provient de l'agressivité des pluies tropicales laquelle peut provoquer des taux d'érosion impressionnants dès que le sol est labouré et dénudé (1 à 700 t/ha/an pour des pentes de 1 à 25%) (Roose, 1994) : il suffirait de maîtriser l'érosion par des techniques classiques de conservation des sols pour restaurer la productivité des terres. Cependant, il existe d'autres causes de dégradation des sols tropicaux, en particulier la minéralisation rapide des matières organiques en milieu chaud et humide, la lixiviation des nutriments solubles par les eaux de drainage très abondantes en zones tropicales humides, la compaction, la salinisation ou l'alcalinisation des sols des zones arides.

C'est pourquoi nous avons rassemblé dans ce chapitre les données de l'érosion, du drainage et des pertes de nutriments consécutives (C, N, P, K, Ca, Mg, K) de quatre stations expérimentales sous milieux naturels et cultivés depuis une zone de forêts denses humides subéquatoriales (Abidjan et Azaguié), une savane arborée soudanienne (Korhogo) et une savane herbacée soudano-sahélienne (Saria).

## 2. Le milieu

L'étude de l'érosion hydrique et de la lixiviation des solubles a été mise en place sur une séquence climatique et pédologique de 1 200 km s'étendant de la basse Côte d'Ivoire (Adiopodoumé et Azaguié) aux savanes du nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo) et du plateau central du Burkina Faso (Saria).

La station d'Abidjan (Adiopodoumé) (05°20' Nord, 04°08' latitude Ouest, 30 m altitude) est située dans la zone des forêts denses humides du sud de la Côte d'Ivoire. Les sols sont ferrallitiques très désaturés sablo-argileux, acides (typic hapludult pour la classification USA), à argile kaolinitique à faible capacité d'échange de cations, pauvre en matières organiques (MOS). Douze parcelles d'érosion ont été installées en bordure de plateau sur des pentes de 7, 15 et 25 % sous une vieille forêt secondaire défrichée en 1956 (Roose et Barthès, 2006).

La station d'Azaguié (Roose et Godefroy, 1977) (05°33' N, 04°03'W, 80 m altitude) se trouve à la limite de la forêt du Téké dans le sud de la Côte d'Ivoire. Les sols ferrallitiques très désaturés sur schiste sont remaniés et graveleux (typic kandiodult). Les parcelles d'érosion sont situées sur des versants opposés de 14 % de pente, l'un couvert d'une forêt dense ancienne et l'autre défriché depuis plus de 20 ans et aménagé en bananeraie intensive, abondamment fertilisée (N 700, P 50, K 320, + 500 kg/ha de dolomie) et irriguée.

La station de Korhogo (09° 25'N, 05°39'W, alt .390 m.) a été implantée dans une savane arbustive brûlée presque chaque année, sur un long glacis de 4 % de pente, sur un sol ferrallitique ocre gravillonnaire désaturé sur cuirasse ferrugineuse sur granite (typic kandiuult). La savane arbustive à *Andropogon* a été défrichée en 1965 pour y installer deux parcelles d'érosion, l'une cultivée en maïs fertilisé et l'autre laissée en savane brûlée presque

chaque année. Quatre lysimètres non remaniés ont été implantés vers 50 à 150 cm de profondeur, cultivés en maïs fertilisé.

Enfin la station de Saria (12°16' N, 02°09' W, altitude 330m) est située à 90 km au SO de Ouagadougou au Burkina Faso. Le sol est ferrugineux lessivé sur cuirasse, issu de granite (typic plinthustalf). Les parcelles d'érosion et les lysimètres ont été implantés sur le champ P7 au milieu d'un long glacis de 0,7 % de pente : une parcelle est cultivée en sorgho, fertilisée, labourée (profondeur de 12 à 15 cm) et sarclée à la traction animale, tandis que la voisine est une savane herbacée.

Ces stations sont donc situées sur une séquence tropicale s'étendant au sud depuis les forêts denses humides près de l'océan Atlantique jusqu'aux savanes du plateau central du Burkina Faso. La pluviosité annuelle moyenne diminue de 2100 mm à 1800 mm au Sud avec deux saisons des pluies, à 1300 mm à Korhogo et 730 mm à Saria en une seule saison.

### 3. Les méthodes

La méthode la plus classique pour étudier la dégradation des sols consiste à comparer les caractéristiques des échantillons de terre prélevés à la surface de parcelles ayant subi des itinéraires culturaux différents aux caractéristiques des terres voisines sous végétation naturelle. Le problème est de déterminer le nombre d'échantillons nécessaires pour lisser l'hétérogénéité importante des sols et obtenir des différences significatives de leurs caractéristiques en un court laps de temps. Dans ces expérimentations en parcelles d'érosion (100 à 200m<sup>2</sup>), on a prélevé chaque année 15 échantillons au tube long de 10 cm. Les analyses classiques ont été réalisées au laboratoire du Centre IRD d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire) sur des échantillons soigneusement mélangés, séchés à l'air et précautionneusement tamisés à 2 mm. On verra que les résultats d'analyse de C, N, P, K, Ca, Mg évoluent rapidement dans le sens d'une dégradation sous cultures sarclées comme dans le sens de l'amélioration en fonction des apports d'engrais minéraux, de fumier, de paillage, de plantes de couverture ou de légumineuses. Malheureusement, comme les études couvrent parfois plus de 15 ans, on observe des variations parasites certaines années qui dépendraient d'un changement intempestif de méthode d'analyse.

La mesure de l'érosion a été effectuée chaque jour de pluie au bas de « parcelles d'érosion » de 100 à 200 m<sup>2</sup>, de 22 m de long, isolées du voisinage par des tôles fichées dans le sol sur plus de 10 cm et connectées à des cuves de stockage par un canal de captage des eaux de ruissellement, des particules fines en suspension et des terres de fond (sables et agrégats). Les terres de fond ont été pesées humides sur le terrain et l'humidité des boues a été évaluée au laboratoire après passage à l'étuve pendant 48 heures. Le volume ruisselé a été déterminé par le volume dans deux cuves couvertes reliées par un partiteur à 11 fentes. Les suspensions fines ont été évaluées en filtrant puis séchant à l'étuve les échantillons moyens (3 répétitions) et pesant la charge solide et la turbidité moyenne (en mg/l.) des eaux de ruissellement dans chaque cuve. L'érosion en tonne/ha/an est la somme des terres de fond et des suspensions fines qui ont quitté la parcelle avec les eaux de ruissellement. Le ruissellement et le drainage s'expriment en mm ou en % des pluies.

Le drainage est mesuré aux lysimètres ou calculé mensuellement par la différence entre les pluies mesurées sur le terrain au pluviographe, et le ruissellement + l'ETR+ les différences d'humidité du sol (voir en détail dans Roose, 1981).

Les méthodes d'analyse des échantillons de sol et d'eau (ruissellement et drainage) sont les méthodes classiques du laboratoire de l'IRD à Adiopodoumé (Walkley & Black pour le carbone, le phosphore assimilable par la méthode Olsen adaptée par Dabin, l'azote total par la méthode Kjeldhal, les cations échangeables extraits à l'acétate d'ammonium).

## 4. Résultats (voir tableau 1) et discussion

### 4.1. L'érosion

Dans le milieu naturel, les pertes en terre sont faibles : de 50 à 150 kg/ha/an sous forêts et sous savanes et jusqu'à 510 kg/ha sous une jachère herbacée. Par contre sous cultures, les pertes en terre varient énormément en fonction du couvert végétal : de 5.5 à 90 t/ha/an sous céréales en fonction de la pente et de l'érosivité des pluies, 2 t/ha/an sous bananeraie intensive.

### 4.2. Le drainage

La lame d'eau qui draine à travers les horizons exploités par les racines jusqu'à la nappe décroît évidemment depuis la zone subéquatoriale ( $Dr = 880$  à  $640$  mm pour des pluies de  $> 2000$  mm), jusqu'à la zone soudanienne ( $Dr = 250$  mm sur  $1350$  mm de pluies) et la zone soudano-sahélienne ( $Dr = 20$  à  $140$  mm sur  $730$  mm de pluies). Ce drainage dépend à la fois de la pluviosité, du ruissellement (faible sous végétation naturelle 1 à 3 %, mais 25 à 40 % sous céréales) et de l'évapotranspiration (sur une profondeur de 1m sous céréales et jusqu'à 10m sous forêts).

### 4.3. Les pertes en carbone par érosion et drainage

*En milieu naturel*, les pertes en matières organiques par érosion sont faibles :

- les pertes en carbone par érosion diminuent de 15 kg/ha sous forêts à 8 kg sous savane, en milieu plus aride.
- les pertes en carbone par lessivage diminuent de 71 kg/ha sous forêts tropicale humide à 2 kg/ha/an sous savane tropicale sèche.

Le cumul des pertes de carbone par érosion et drainage en milieu naturel ( $< 0,1$  t/ha/an maxi) est peu important par rapport au stock de carbone de l'horizon humifère (14t/ha/10cm) et par rapport aux dépôts par la litière à la surface du sol (3 à 10t/ha/an de litière sous forêt tropicale). Le taux de MO du sol a donc tendance à augmenter en milieu naturel protégé des feux et du bétail.

*Sous cultures*, les pertes de C par drainage sont semblables à celles du milieu naturel (117 kg en zone subéquatoriale à 1kg/ha/an en zone soudano-sahélienne) et diminuent en même temps que le volume de drainage. Par contre, les pertes en carbone par érosion ne sont plus négligeables : elles varient de 1866 à 82 kg/ha/an en fonction de l'agressivité des pluies, du couvert végétal et de la pente. Les pertes de carbone par érosion et drainage sont du même ordre de grandeur que le potentiel de séquestration du carbone. Malgré que l'érosion en nappe soit très sélective vis-à-vis des matières organiques, l'importance des migrations du carbone dépend essentiellement du poids de terre érodée, donc des techniques culturales et de la couverture du sol durant la saison des pluies (Roose et Barthès, 2006).

Le taux de MO du sol décroît rapidement sous culture non seulement à cause de l'érosion mais aussi en fonction de l'exportation de la biomasse et surtout de la minéralisation des MO par la vie microbienne, sans compensation par apport de litière. Le paillage et l'association de plantes de couverture réduit beaucoup l'érosion, mais l'enfouissement de ces dernières accélèrent parfois la minéralisation des MO du sol.

### 4.4. Les pertes en azote par érosion et drainage

*Dans le milieu naturel*, les pertes en azote par érosion sont très faibles (3 à 1 kg/ha/an) : les pertes sont dix à trois fois plus fortes par les eaux de drainage (31 à 2,5 kg/ha/an). Les besoins en azote sont tels que cet élément, une fois minéralisé en nitrates, est rapidement assimilé par le réseau racinaire très abondant.

*Sous cultures sarclées et fertilisées*, les pertes en azote sont importantes par érosion (183 à 15 kg/ha/an) et par drainage en milieu humide (50 à 157 kg/ha/an) ; sous milieu tropical sec, le drainage est faible ainsi que les pertes en azote soluble (1,6 à 4,2 kg/ha/an), par contre les pertes en azote gazeux augmentent. L'azote n'étant pas retenu par les argiles va dépendre de l'abondance de la fertilisation azotée en période de pluies avant que les cultures puissent le capter et le stocker : d'où la pratique du fractionnement des engrais solubles (N + cations). A Azaguié, le rendement de la bananeraie dépend étroitement de la fertilisation : pour obtenir une forte production (35 t/ha de fruits tous les huit mois), le planteur distribuait jusqu'à 700 kg d'azote sous forme d'urée (moins acidifiante que les sulfates) en dix fractions distribuées au pied de chaque touffe de bananiers. Malgré ce fractionnement, les pertes par drainage ont atteint 60 % des apports d'azote (Roose, Godefroy, 1979).

#### **4.5. Les pertes en phosphore par érosion et drainage**

*Dans le milieu naturel*, les pertes de phosphore par érosion et drainage sont très réduites (0,1 à 2 kg/ha/an). En effet les phosphates solubles sont rapidement fixés par les hydroxydes de fer et d'alumine, abondants dans ces sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux.

*Sous culture*, les pertes par drainage sont aussi faibles, mais les pertes par érosion peuvent atteindre 2 à 33 kg/ha/an en fonction de l'érosion et des apports de phosphates généralement apportés en une fois en « fumure de fond » avant le semis. La majorité des sols tropicaux étant carencés en phosphore assimilable, indispensables pour le développement des graines, les végétaux sont aussi pauvres en phosphore ainsi que les fumiers et compost (0,1% de P dans la matière sèche des fumiers). Il est donc indispensable de compléter la fumure organique par un apport de phosphate assimilable minéral.

#### **4.6. Les pertes en potasse par érosion et drainage**

*En milieu naturel*, les pertes en potassium par érosion sont négligeables (0,6 à 1,7 kg/ha/an) : par contre les pertes en K dans les eaux de drainage sont élevées en milieu forestier humide (7 à 69 kg/ha/an), un peu moins en zone tropicale sèche (4 à 21 kg/ha/an).

*Sous les cultures sarclées et fertilisées*, les pertes en K par érosion sont importantes (environ 50 kg/ha/an). Dans les eaux de drainage les pertes sont modérées sous céréales peu fertilisées (0,6 à 3 kg/ha/an), mais très importantes sous bananeraie intensivement fertilisée (274 kg/ha/an) malgré le fractionnement poussé. Le risque de lixiviation du K par les eaux de drainage est donc très élevé en milieu tropical humide.

#### **4.7. Les pertes en calcium et magnésium par érosion et drainage**

*En milieu naturel*, les pertes par érosion de Ca et Mg sont faibles (0,2 à 1,4 kg/ha/an). Par contre les eaux de drainage exportent 47 à 11kg de calcium et 30 à 3kg /ha/an de magnésium.

*Sous cultures*, les pertes par érosion ne sont plus négligeables (70 à 15 kg/ha/an de Ca et 35 à 5 kg de Mg ) et les pertes par drainage sont très variables en fonction des apports de chaux (217 à Azaguié, 125 à 3 kg/ha/an de Ca) (95 kg à Azaguié et 26 à 1 kg/ha/an de Mg).

Les risques de lixiviation du Ca et du Mg sont donc importants en milieu tropical humide dès lors qu'on apporte beaucoup d'azote (très acidifiant) et de la chaux ou de la dolomie (1 t de dolomie sous bananeraie à chaque replantation). L'urée et l'ammoniaque sont rapidement transformés en nitrates dans le sol : les ions H<sup>+</sup> remplacent alors les cations (K, Ca, Mg, Na) sur la kaolinite et acidifient le milieu. A chaque apport d'engrais azoté, on observe un lessivage du Ca+ Mg dans les eaux de drainage.

Bien que les sols ferrallitiques et ferrugineux soient très désaturés, les risques de lixiviation du Ca+ Mg sont importants et il faut en tenir compte lors des apports de dolomie pour réduire l'acidité du sol et la toxicité aluminique qui y est associée.

#### 4.8. L'évolution du sol en place à Adiopodoumé (fig. 1 et 2)

Pendant 17 années d'expérimentation sur les parcelles d'érosion, on a comparé les caractéristiques des échantillons composites du sol (15 prises sur chaque parcelle de 0 à 10 cm de profondeur) sous forêt (pente 7%), sous cultures et sous sol nu travaillé chaque année. Roose (1977) a constaté que lorsque l'érosion est croissante :

- \* les teneurs en particules fines (A+L) du sol augmentent (13,6 à 17,8%) par suite de la fonte et du décapage de l'horizon superficiel sableux,
  - \* les teneurs en carbone et azote décroissent jusqu'à un seuil minimal stable : C = 1,87 % sous forêt à 0.7 % sous sol nu et N = 0.14 % sous forêt à 0.06 % sous sol nu,
  - \* le pH est acide sous forêt et sol nu (4,2 et 4), mais s'améliore sous cultures fertilisées (5 à 5,6) parallèlement à l'accroissement de la somme des cations échangeables et au phosphore.
- Cependant, il semble que, moyennant une fumure organique et minérale appropriée, on puisse assez facilement maintenir, ou même améliorer, le niveau de fertilité chimique des sols forestiers défrichés. Par contre, les propriétés physiques se dégradent nettement lors de la culture après défrichement, qu'il s'agisse de la porosité, de la densité apparente, de la vitesse d'infiltration ou de l'eau utile.

Sur les figures 1 et 2, Roose (1977) a tenté de représenter la dynamique des phénomènes de décapage, de séquestration du carbone et de la lixiviation des cations échangeables en fonction des traitements auxquels sont soumises quatre parcelles d'érosion d'Adiopodoumé pendant 17 ans. De prime abord il semble que ces résultats analytiques évoluent de façon un peu anarchique avec le mode d'analyse et l'hétérogénéité naturelle du sol. Cependant quelques exemples de vitesse d'évolution méritent d'être cités :

- \* En parcelle 3, sous jachère nue, le taux de carbone est passé de 1,1 à 0,73 % de 1956 à 1960, et de 1.2 à 0.72 % de 1966 à 1969. Par contre le carbone remonte doucement de 0.75 à 1,2 % en quatre années de jachère à *Digitaria umfolosi*.
- \* De même en parcelle 6, sous forêt jusqu'en 1966, le taux de carbone chute de 1.79 % sous forêt à 1.17% un an après défrichement, à 0.86 % après trois ans et se stabilise autour de 0.73 % sept ans après défrichement.
- \* Sous culture extensive, l'enfouissement de 40 tonnes de fumier ne laisse pas de trace détectable sur le taux de carbone un an après l'enfouissement. Par contre le paillage, une plante de couverture ou une culture fourragère fertilisée se font sentir dès la première année.
- \* L'évolution de l'azote est parallèle et aussi rapide que celle du carbone.

On a observé une évolution très rapide du carbone et de l'azote durant les deux premières années, puis leurs niveaux se sont stabilisés à un nouvel équilibre. Il semble donc qu'il existe deux types de matières organiques, l'une stable qui fixe le seuil minimal (C = 0,7%) en fonction des conditions écologiques des dix dernières années, et l'autre très variable qui évolue d'une année à la suivante de 0 à 2% en fonction des conditions de fertilisation organique ou minérale, et en fonction des productions végétales et d'enfouissement des matières organiques (fumier et résidus de culture) (Roose, 1981).

- \* En parcelle 6, la somme des cations échangeables s'abaisse rapidement de 0,8 méq/100g sous forêt à 0,2 méq /100 g après 4 années de jachère nue (par décapage et lixiviation).
- \* En parcelle 3, la somme des cations échangeables diminue de 0,9 à 0,3 méq/100g de kaolinite après trois années de jachère nue. Ces chiffres donnent une estimation de la vitesse de lixiviation des cations échangeables et de réduction des MO dans des sols ferrallitiques sableux sous climat subéquatorial.
- \* Les propriétés physiques des sols se sont toutes dégradées lors du défrichement puis se sont stabilisées en fonction du taux de MO du sol.

## 5. Conclusion

Malgré les imperfections de cette méthode de comparaison des caractéristiques de l'horizon superficiel, le plus sensible puisque le plus riche en éléments nutritifs organiques et minéraux, on peut tirer quelques conclusions sur les risques de perte en carbone et nutriments.

Sur la séquence tropicale étudiée, on peut distinguer trois pôles :

- les forêts humides subéquatoriales couvrent des sols ferrallitiques à argile kaolinique, très désaturés, abondamment arrosés par les pluies et bien drainés. Le sol étant bien couvert par la litière forestière, les pertes par érosion sont faibles, mais les pertes par drainage ne sont pas négligeables. Dès qu'on défriche la forêt et dénude le sol lors des labours, les risques d'érosion augmentent considérablement et les pertes de nutriments par érosion et par drainage (surtout si le niveau de fertilisation est élevé) sont importantes.
- Les forêts sèches et les savanes arborées soudaniennes, quoiqu'assez sèches pendant la saison chaude, sont bien arrosées pendant 3 à 5 mois durant lesquels les risques d'érosion et de lixiviation sont encore importants et il faut en tenir compte lors des cultures.
- Les savanes herbeuses soudano-sahéliennes et sahéliennes couvrant des sols ferrugineux tropicaux à kaolinite et illite sont moins désaturés et moins sujets à la lixiviation par les eaux de drainage (moins abondantes) et à l'érosion (pentes et couvert végétal faibles). Mais une fois défrichées, ces zones de glakis souffrent d'un colmatage de la surface du sol par battance des pluies, d'un fort ruissellement et d'une érosion particulièrement sélective en carbone, argile et nutriments.

L'érosion en nappe est fonction de l'agressivité des pluies, de la pente, de la surface du sol et surtout du couvert végétal au ras du sol. Plus la pente est faible et le couvert végétal complet, plus l'érosion est sélective par rapport aux particules légères (MO + argile + limons) et aux nutriments. Cependant les pertes en nutriments sont essentiellement dépendantes du poids de terre érodé (Roose, 1977 et 1994 ; Roose et Barthès, 2006).

Il faut donc développer des techniques culturales qui couvrent bien le sol : plantes de couvertures, cultures associées, paillage et gestion des résidus de culture et des adventices en surface, semis direct sous couverture de légumineuses, etc.

Les pertes en nutriments dans les eaux de drainage sont assez comparables sous végétation naturelles et sous cultures extensives, sauf si on apporte une grande quantité de nutriments (cas des bananeraies). Le risque de lixiviation des nutriments solubles est particulièrement aigu en milieu tropical humide à fort drainage concentré sur quelques semaines. Le mode de fertilisation doit impérativement tenir compte de ce risque en plantant tôt, en fractionnant les apports d'engrais solubles et en adaptant les doses à la capacité des plantes de capter ces nutriments.

Dans tous ces écosystèmes des régions tropicales à sahéliennes, l'agroforesterie est le système culturel qui présenterait la meilleure solution. En effet non seulement ce système allie la couverture du sol à l'abondance des résidus végétaux mais surtout au transfert des nutriments profonds vers la surface (Young, 1990).

## Références

Feller C., 1995. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 2/1.

Thèse de doct. d'Etat, Université de Strasbourg, Orstom, 393 p.

Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. Agridoc-International, Paris, Cirad Montpellier, 444 p.

- Roose E., 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : 20 années de mesures en petites parcelles expérimentales. Travaux et documents de l'Orstom n°78, 108 p.
- Roose E., Godefroy J., 1977. Pédogenèse actuelle comparée d'un sol ferrallitiques remanié sous forêt et sous bananeraie fertilisée sur schiste de Basse Côte d'Ivoire (Azaguié 1967-1975) *Cah.Orstom Pédol.* 15 : 409-436.
- Roose E., 1981. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Travaux et Documents Orstom n° 130, 566 p.
- Roose E., 1994. Introduction à la Gestion Conservatoire de l'Eau et des Sols (GCES). *Bull. FAO des Sols*, 70, Rome, 420 p.
- Roose E. and Barthès B., 2006. Soil carbon erosion and its selectivity at the plot scale in tropical and Mediterranean regions. In "Soil erosion and carbon dynamics". E. Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthès, B. Stewart Eds, *Advances in Soil Science*, CRC Taylor & Francis, Boca Raton Fl. USA, Chap. 5 : 55-72.
- Siband P., 1974. Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *L'Agronomie Tropicale*, 29, 12 : 1228-1248.
- Young A., 1990. *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, ICRAF, Wallingford, UK., 276 p.



**Tableau 1. Pertes en nutriments par érosion et drainage (en kg/ha/an) en 4 stations depuis les forêts denses humides de basse Côte d'Ivoire jusqu'aux savanes herbeuses soudano-sahéliennes du plateau central du Burkina Faso (d'après Roose, 1981)**

Stations	Abidjan		Azaguié		Korhogo		Saria	
Pluies	2100mm		1800mm		1350mm		730mm	
Pente %	7	7	14	14	4	4	0,7	0,7
Végétation	forêt	cultures	forêt	banan.	savane	cultures	savane herb.	cultures
<b>Carbone</b>								
C-érodé	14,2	1866	15	134	7,5	82	9,5	155
C-drainé	71	70	64	117	13	25	1,5	0,3
<b>Azote</b>								
N-érodé	1,5	183	3	20	1,3	11	1	15
N-drainé	31	50	12	157	6	4,2	2,5	1,6
<b>Phosphore</b>								
P-érodé	0,1	33	0,2	2,2	0,2	2	0,3	3,8
P-drainé	2,1	0,3	1,5	2,2	1,2	0,3	0,1	0,1
<b>Calcium éch.</b>								
Ca-érodé	0,8	70	1,4	22	1	11	1,4	15
Ca-drainé	47	125	22	217	11	8	11	3
<b>Magnésium éch</b>								
Mg-érodé	0,3	35	0,4	14	0,3	4,7	0,4	9
Mg-drainé	30	26	8	95	5	1,2	3	0,7
<b>Potassium éch.</b>								
K-érodé	0,6	54	0,9	50	0,7	11	1,7	47
K-drainé	69	3	7	274	2,1	1,5	3,9	0,6
<b>Erosion kg/ha/an 50</b>								
	90 000	150	2000		100	5500	510	7300 kg/ha/an
<b>Drainage mm</b>								
	880	640	515	630	250	210	136	21mm

Figure 1. Evolution du taux de carbone (‰) dans l'horizon superficiel (10cm) du sol ferrallitique sablo-argileux dans les parcelles 1+3+5+6 de la station Orstom d'Adiopodoumé (Basse Côte d'Ivoire) (d'après Roose, 1981)

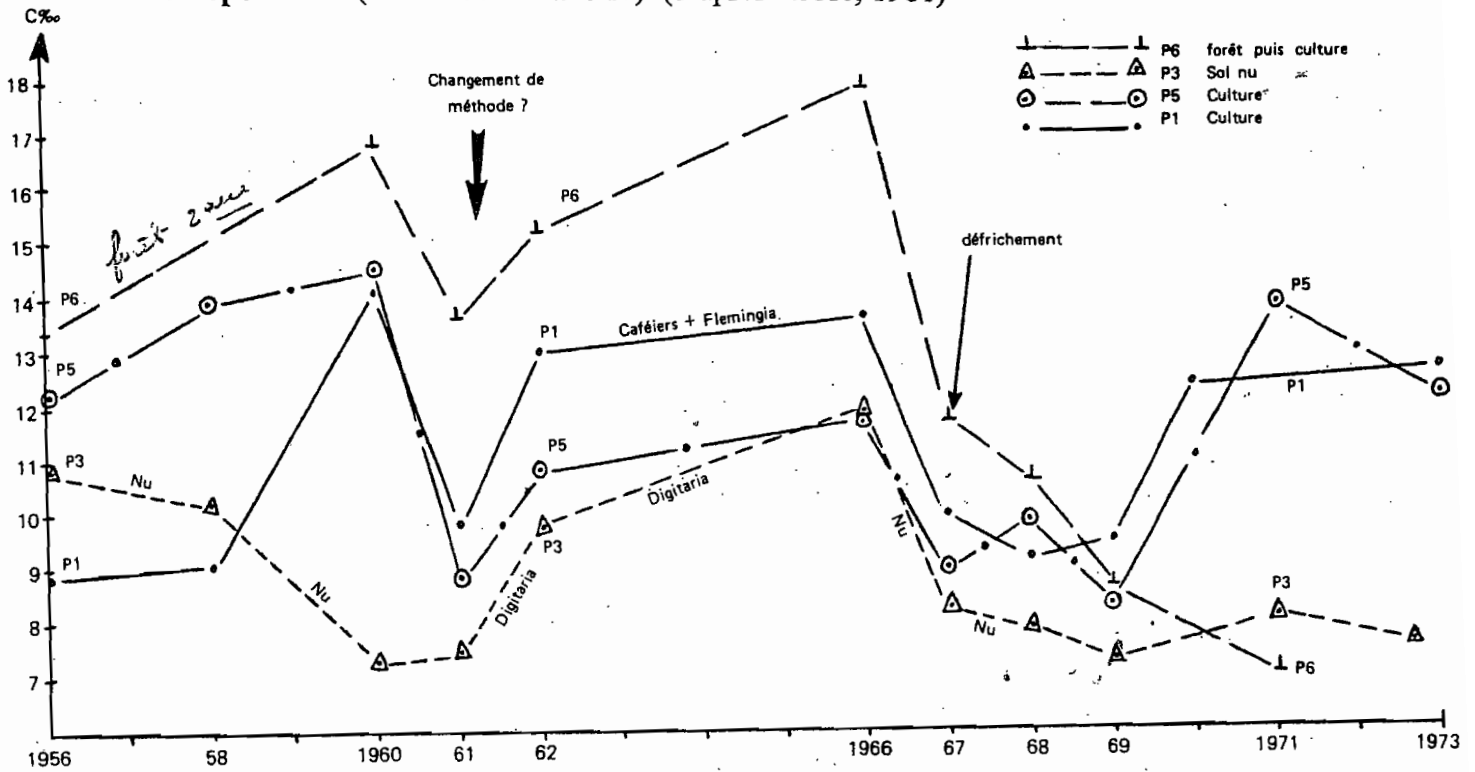
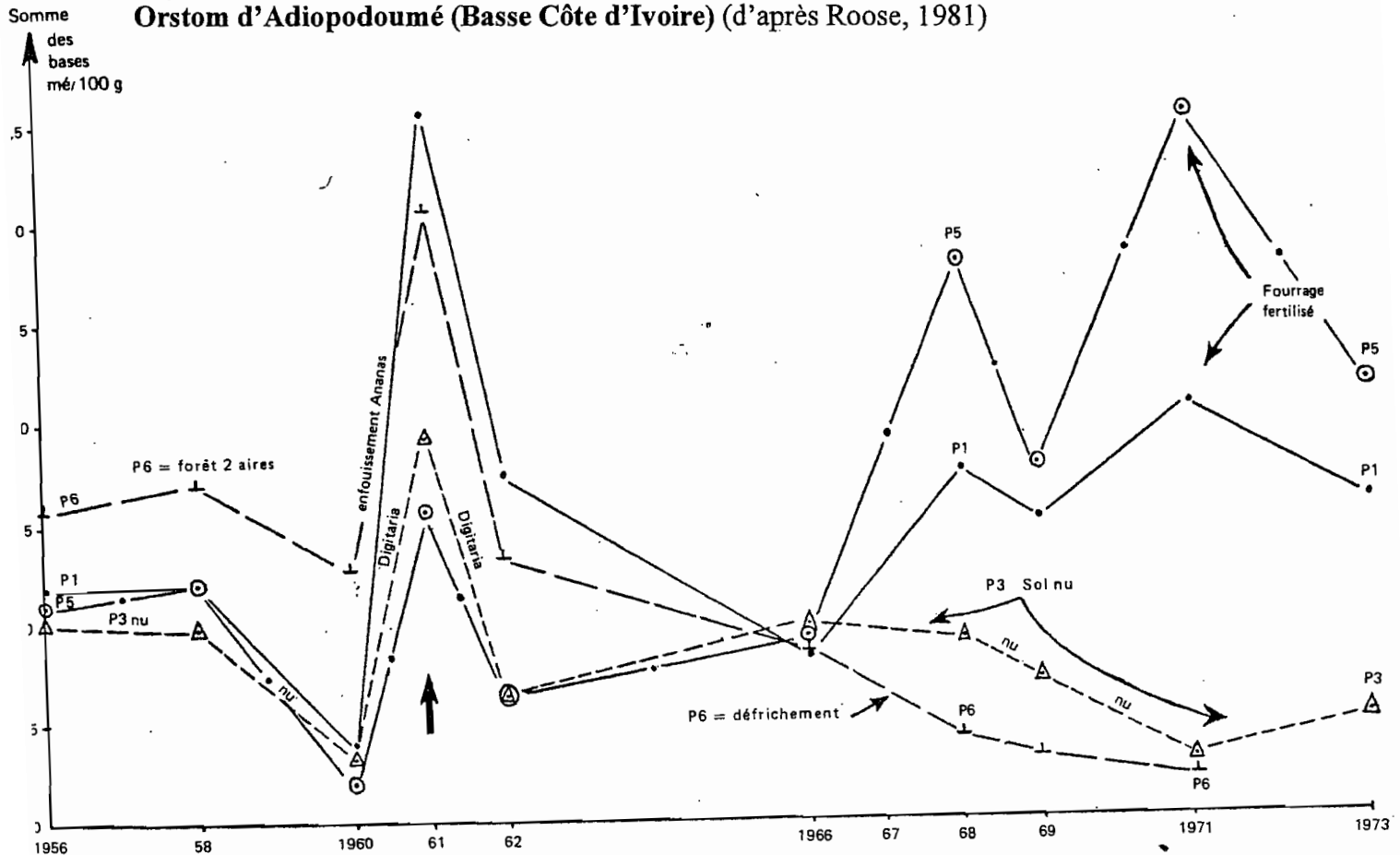


Figure 2. Evolution de la somme des cations échangeables (en méq/100g) dans l'horizon superficiel (10cm) du sol ferrallitique sablo-argileux des parcelles 1+3+5+6 de la station Orstom d'Adiopodoumé (Basse Côte d'Ivoire) (d'après Roose, 1981)



**Restauration de la productivité  
des sols tropicaux et méditerranéens  
Contribution à l'agroécologie**

Version préliminaire



**Eric ROOSE**  
Editeur scientifique

**IRD Editions**  
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT  
MONTPELLIER, JUILLET 2015