

UNE METHODE TRADITIONNELLE DE RESTAURATION DES SOLS

LE ZAI AU PAYS MOSSI (Burkina Faso)

par ERIC ROOSE,

Centre ORSTOM, B.P. 5045, F 34032 Montpellier, France.

RESUME

Pour introduire le thème de la dégradation et de la restauration des sols, l'auteur pose quatre questions:

Quelles sont les causes de la dégradation des sols? A l'origine, on trouve le déséquilibre du bilan des matières organiques et des nutriments observé après défrichement et mise en culture. Il entraîne une réaction en chaîne dans le sol qui aboutit à l'augmentation des risques de ruissellement, de lixiviation et d'érosion. En accélérant les pertes sélectives en matières organiques et en argile, l'érosion accélère la dégradation du sol jusqu'à son décapage complet.

Les sols dégradés sont-ils récupérables? Les sols superficiels sont très difficiles à restaurer, mais si les horizons meubles sont assez profonds, on peut récupérer leur capacité de production en respectant six règles:

maîtriser le ruissellement, travailler profondément le sol et stabiliser la macro-porosité, revitaliser l'horizon superficiel par l'enfouissement de matières organiques fermentées, corriger le pH pour supprimer les toxicités (Al, Mn, etc.), corriger les carences des plantes cultivées.

Comment s'y prennent les paysans en milieu traditionnel? Les jachères forestières longues de 5 à 20 ans sont bien connues ainsi que le système de la culture itinérante. Mais avec la pression démographique, cette méthode est trop lente. L'élevage extensif permet de concentrer la fertilité sur une faible surface autour du village (les terres de case bien surveillées). La méthode Mossi du zai est décrite qui concentre les eaux de ruissellement et un peu de fumier dans des cuvettes : certaines termites assurent la pénétration des eaux et des matières organiques en profondeur par leurs galeries. Les résultats peuvent être améliorés par un sous-solage croisé et un complément minéral. En protégeant les plantules forestières qui poussent à l'abri des céréales, certains paysans ont réussi à créer un système agroforestier stable en milieu soudano-sahélien.

Avec la croissance démographique, la dégradation des terres est-elle inéluctable ? La relation qui peut exister localement entre la densité de population et la dégradation des sols n'est pas linéaire : il existe des seuils de nuisance au de là desquels les paysans s'acceptent de changer de système de production.

Summary To introduce the soil degradation and restoration session, the author proposes 4 questions :

What are the origins of soil degradation ? At the origin we find the imbalance of nutrients and organic matter after clearing and cropping. The result will be a decrease of organic matter in the soil, a decrease of macroporosity, structure stability and infiltration capacity : therefore runoff, erosion and nutrients leaching risks increase. With selective losses of organic matter, nutrients and clay-loam, erosion processes increase soil degradation until its complete scouring.

Are degraded soils restorable ? Superficial and stony soils are difficult to restore. But if light horizon are deep enough, it is possible to restore the soil productivity if 6 rules are respected : to control runoff and erosion, deep plowing for deep roots, stabilise the macro-porosity, revitalise the topsoil by ploughing in manure, adjust the pH above 5 to avoid Al toxicity and add mineral fertiliser to nourish correctly the plants cropped. In 1 to 3 years, the soil production can be restored, but it costs labour and inputs.

How do farmers traditionally ? Shifting cultivation and long forested fallowing are well documented systems . But with demographic pressure, these systems are too long Extensive stocking allow to concentrate the nutrient elements in reduced cropped areas around villages. The traditional Mossi method of soil restoration (zai) is described : it concentrates runoff water and manure (3 T/ha:year) in pits(40 cm) digged during the beginning of the dry season. Trinervitermes termites dig galleries that permit penetration of water and organic matter into the soil. The grain production is restored from the first year, but can be significantly improved by crossed deep ploughing and mineral complements.

With the demographic pressure, is soil degradation ineluctable ? The relation between demographic pressure and soil degradation is not linear : they are nuisance thresholds after farmers accept to change their farming system for better environment protection.

Mots clés : dégradation, restauration des sols, Zai, jachère, pression démographique.

Key words : soil degradation and restoration, fallowing, ZAI, demographic pressure.

Introduction

Au rythme actuel de la dégradation (10 millions d'hectares par an d'après la FAO), il faudrait trois siècles pour détruire l'ensemble des terres actuellement cultivées. Face à ces problèmes de dégradation, que ce soit dans les pays développés ou dans les pays sous-développés, on trouve deux attitudes : soit l'attitude des écologistes qui consiste à tenter de conserver la végétation, les animaux et les sols dans des parcs protégés, soit l'attitude des développeurs qui cherchent à intensifier l'agriculture par la mise au point de systèmes de production durables.

Pour introduire ce thème de dégradation et de restauration des sols, nous allons nous poser quatre questions.

Première question . Pourquoi les sols cultivés se dégradent-ils? Quel est le rôle de la minéralisation des matières organiques du sol et celui des différents types d'érosion dans la vitesse de dégradation des sols?

Deuxième question Les sols dégradés sont-ils définitivement perdus ou sont-ils récupérables dans certaines conditions? Le sol est-il une ressource non renouvelable ?

Troisième question . Dans les milieux traditionnels comment s'y prennent les paysans ? A cette occasion nous allons présenter l'exemple du ZAI, méthode traditionnelle Mossi développée sur le plateau central du Burkina Faso.

Quatrième question . La dégradation des sols tropicaux est-elle inéluctable a cause de la croissance démographique? ? Les relations entre la dégradation des sols et la pression démographique n'est pas linéaire, il existe des seuils permettant de changer de système de production .

En conclusion nous n'évoquerons pas une position catastrophiste face à ce grave problème de la dégradation accélérée des terres, mais nous tenterons d'indiquer un certain nombre de pistes d'espoir.

1 Les causes fondamentales de la dégradation des sols.

A la figure 1, on peut constater la nature du problème : il s'agit du déséquilibre du milieu aménagé.

En milieu forestier, on observe que la biomasse est très importante, 850 tonnes à l'hectare, que la litière qui tombe au sol et le recouvre atteint 8 à 15 tonnes par hectare et par an, que l'horizon humifère est riche mais superficiel, que les racines descendent profondément dans le profil. L'ensemble des profils étant généralement altérés sur de grandes profondeurs, il n'est pas rare de trouver des sols de 10 à 20 mètres de profondeurs. On constate que la surface du sol est parfaitement protégée à la fois par la canopée des arbres, par le sous-étage arbustif et enfin par la litière.

En savane arborée la biomasse varie entre 50 et 150 tonnes par hectare en fonction de la biomasse arborée. On constate que la litière qui peut atteindre encore 5 tonnes par hectare et par an est généralement soit consommée par le bétail, soit brûlée. Dans ces zones de savane, la surface du sol se trouve donc beaucoup moins bien protégée contre l'agressivité du climat. Les sols sont moins profonds, l'horizon de surface est moins humifère, les racines descendent moins profondément et sont généralement bloquées par un horizon d'accumulation de fer et d'argile.

Enfin, si ces deux situations sont défrichées et mises en culture, on constate que la biomasse est nettement moins abondante, généralement de 2 à 8 tonnes par hectare, que la litière qui elle aussi peut atteindre 5 tonnes par hectare, est très généralement consommée par le bétail, détruite par le feu ou utilisée pour des travaux artisanaux. On constate enfin que l'épaisseur de sol explorée par les racines est beaucoup moins importante.

Qu'elle est l'évolution que l'on peut constater dans ces trois situations?

Au point de vue du règne végétal, on observe une simplification de l'écosystème laquelle entraîne une baisse de production de la biomasse : la protection du milieu contre l'énergie du soleil et de la pluie diminue de façon très significative.

Au point de vue du climat, on observe un réchauffement de la température et un assèchement du milieu d'autant plus que l'on constate que l'enracinement est de plus en plus réduit.

Au niveau des rivières, le ruissellement instantané étant en augmentation, le débit de pointe des rivières augmente en saison des pluies ce qui provoque la dégradation du canal et des berges des rivières. Par contre les débits d'étiage et les réserves stockées dans les nappes d'eau diminuent. Globalement l'eau disponible pour les barrages, pour les villes et pour l'irrigation va donc décroître de façon importante ; par contre l'érosion et les transports solides sur les rivières vont augmenter.

Au niveau du sol, on observe une diminution de l'épaisseur de sol exploité par les racines, une réduction des remontées biologiques, une augmentation de la vitesse de la minéralisation des matières organiques, suite au travail du sol. La diminution des apports de litière va entraîner la réduction du taux de matière organique du sol et par conséquent des activités biologiques de la faune qui se développe dans les horizons humifères. En définitive on observe une dégradation de la structure, l'apparition de croûtes de battance, une diminution de la macro-porosité et, par conséquent, une réduction de l'infiltration. Il en résulte une augmentation des risques de ruissellement, d'érosion et de lessivage des éléments nutritifs. La dégradation du sol entraîne donc une augmentation des pertes des éléments nutritifs du sol, une réduction de la capacité de stockage en eau et en nutriments, ce qu'on appelle la fatigue du sol, et enfin une réduction de l'eau utile pour la production de la biomasse.

Il existe trois causes à la dégradation des sols. D'une part un déséquilibre des matières organiques, la minéralisation étant plus rapide que les apports de litière. D'autre part une dégradation physique qui entraîne l'instabilité structurale et enfin, une dégradation chimique car les pertes ne sont plus compensées par les apports. Ceci entraîne deux effets : une perte de capacité de production, d'où une augmentation des coûts de production et une baisse de la rentabilité des opérations culturales et enfin des changements physiques, chimiques et biologiques observables dans les horizons de surface du sol.

2 Les sols dégradés sont-ils récupérables?

Là aussi deux positions peuvent se trouver parmi un public d'agronomes et de pédologues. Les uns vous diront "les sols ne sont pas une ressource renouvelable": en effet il faut cent mille ans pour altérer un mètre de granite en zone tropicale, tandis qu'il suffit de cent ans pour éroder un mètre de sol. Deuxièmement, les sols qui sont peu épais sur roche dure ou sur cuirasse ne sont évidemment plus récupérables une fois que l'horizon de surface est érodé. Enfin en zone aride, la récupération de la fertilité des sols est beaucoup plus lente. Il faut donc des milliers d'années pour reconstituer une mince couverture pédologique qui assure le stockage de l'eau et des nutriments indispensables à la bonne croissance des végétaux.

Cependant il existe à la surface de la terre de nombreux sols profonds qui ont perdu leur horizon humifère, qui sont exposés à l'ardeur du soleil et à la battante des pluies, et sur lequel rien ne pousse plus. Ces sols profonds sont-ils récupérables, en combien de temps et surtout à quel prix ? Il existe deux voies pour y arriver. La voie traditionnelle concerne l'utilisation de jachères de longue durée qui mettent dix ans à récupérer la fertilité des sols tropicaux en zone tropicale humide, cinquante ans en zone soudanienne et plus de cent ans en zone sahélienne. Il existe aussi une voie rapide qui consiste à respecter six règles pour restaurer la productivité des terres. Il faut d'abord maîtriser le ruissellement et l'érosion pour arrêter la continuité de la dégradation, deuxièmement restaurer la macro-porosité et l'enracinement profond des cultures, troisièmement stabiliser les macro-pores en enfouissant des matières organiques, de la chaux ou du gypse, quatrièmement revitaliser la couche superficielle par une addition de trois à dix tonnes par hectare de fumier fermenté, cinquièmement corriger le pH jusqu'à atteindre un pH de 5 en vue de supprimer les toxicités d'alumine, manganèse, etc. Enfin sixièmement corriger les carences du sol ou tout au moins fournir aux cultures les éléments nutritifs donc elles ont absolument besoin.

3 Comment faisaient les paysans pour restaurer les terres dégradées ?

Exemple de la méthode du zai, au Burkina Faso.

Il ne s'agit pas ici de décrire et d'admirer à la façon de Jean-Jacques Rousseau des techniques ancestrales abandonnées de nos jours. Ce qui était adapté à une société donnée il y a cinquante ans, ne l'est probablement plus aujourd'hui où la population est trois à cinq fois plus dense.

Il s'agit pour nous de comprendre le fonctionnement des méthodes traditionnelles, les facteurs de diversité, l'extension et les limites de ces méthodes sur le terrain, les raisons de leur réussite et de leur échec. Il s'agit enfin d'améliorer ces méthodes traditionnelles en y injectant des technologies modernes, telles que la fertilisation minérale d'appoint, l'usage des herbicides et pesticides, la sélection des variétés résistantes aux maladies et à la sécheresse et enfin la mécanisation des travaux durs.

Sur la figure 2, on peut voir le détail de la méthode traditionnelle du "zai" de restauration du sol telle qu'elle peut être observée en pays Mossi aux alentours de Ouahigouya au Burkina Faso, en pays Dogon au Mali, et dans la vallée de Keita au Niger. En moré, zai veut dire "se lever tôt pour préparer sa terre de façon précoce à la fraîche". Il s'agit de récupérer des terres abandonnées, dégradées par une succession de cultures et qui se trouvent être un véritable désert dénudé, décapé et encroûté où plus de 80 % des pluies ruissellent ; pourtant dans cette région, les pluies atteignent 400 à 700 millimètres par an en quatre à cinq mois. Ces zones de désert sont en croissance de 11 % en 20 ans, d'après Marchal. Face à la

Fig. 2. Le Zaï : méthode traditionnelle de restauration des sols.

Décembre à avril

- Creusement tous les 80 cm d'une cuvette Ø = 40 cm, H = 15 cm terre posée en croissant en aval.
- L'Harmattan apporte des sables et des matières organiques.

Avril à juin

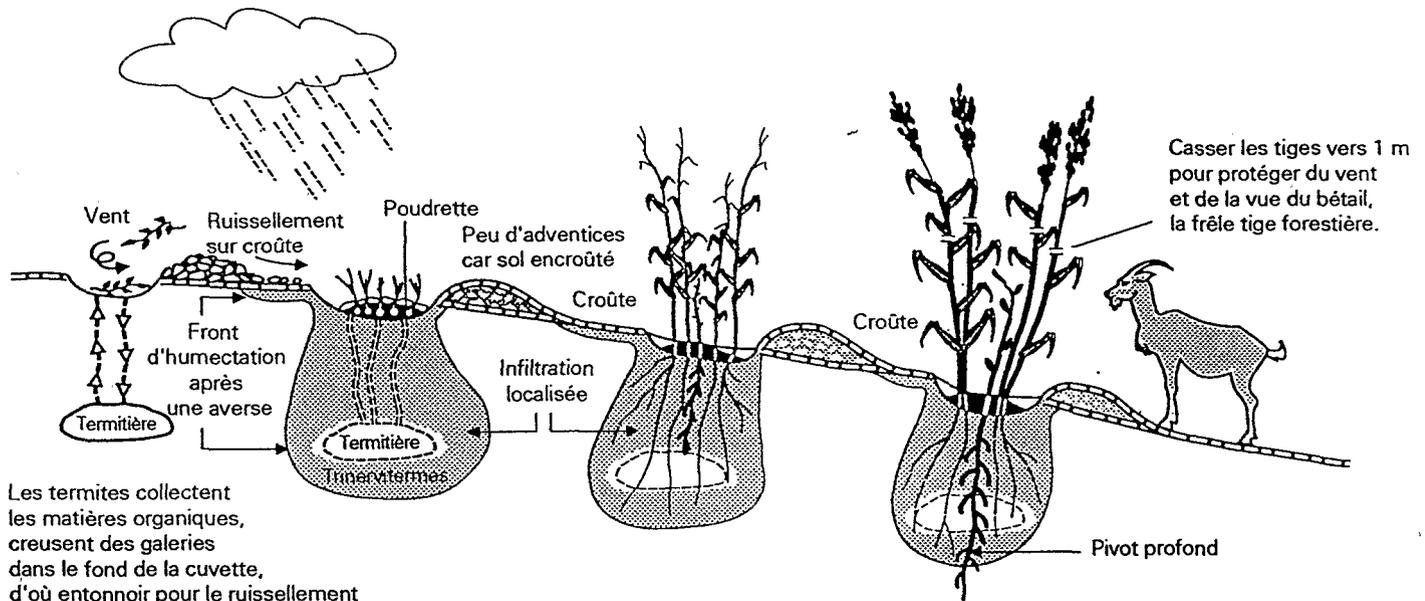
- Après la première pluie, apport de 2 poignées de poudrette (= 3 t / ha).
- Les termites y creusent des galeries enrobées d'excréments.
- Semis en poquet à la deuxième pluie.
- Eau infiltrée, stockée en profondeur à l'abri de l'évaporation directe.

Juin-juillet

- Démarrage de la saison des pluies.
- Levée précoce.
- Enracinement profond.
- Sarclage limité aux poquets.
- Germination de graines forestières.
- Concentration : de l'eau des nutriments.

Novembre

- Récolte : des panicules et du fourrage.
- Coupe des tiges vers 1 m : cache les tiges forestières de la vue du bétail. ralentit le vent dessèchant et l'érosion éolienne.



- Zaï (en Moore) signifie : se hâter pour creuser en saison sèche le sol tassé et encroûté.
- Il permet de récupérer des terres abandonnées et de produire environ 800 kg / ha de grain dès la première année et d'entretenir la fertilité du sol sur plus de 30 ans.
- Il concentre l'eau et la fertilité sous le poquet et permet d'associer à la culture des arbres fourragers bien adaptés (agroforesterie).
- Limites : la date de commencement des travaux est fixée par le chef de terre du village... après les fêtes, quelque fois trop tard.
le Zaï exige 300 heures de travail très dur soit environ 3 mois pour un homme pour restaurer 1 ha.
le Zaï demande 2 à 3 tonnes de matières organiques et les charettes pour transporter la poudrette et le compost. pour réussir il faut entourer le champ à restaurer d'un cordon de pierres pour maîtriser le ruissellement.
- Améliorations : soussolage croisé à 1 dent jusqu'à 12 - 18 cm, après la récolte, tous les 80 cm, (11 heures avec des boeufs bien nourris), creuser ensuite le Zaï en 150 heures.
compléter la fumure organique par N et P qui manquent dans la poudrette exposée au soleil.
introduire d'autres espèces forestières élevées en pépinière (3 mois de gagné).

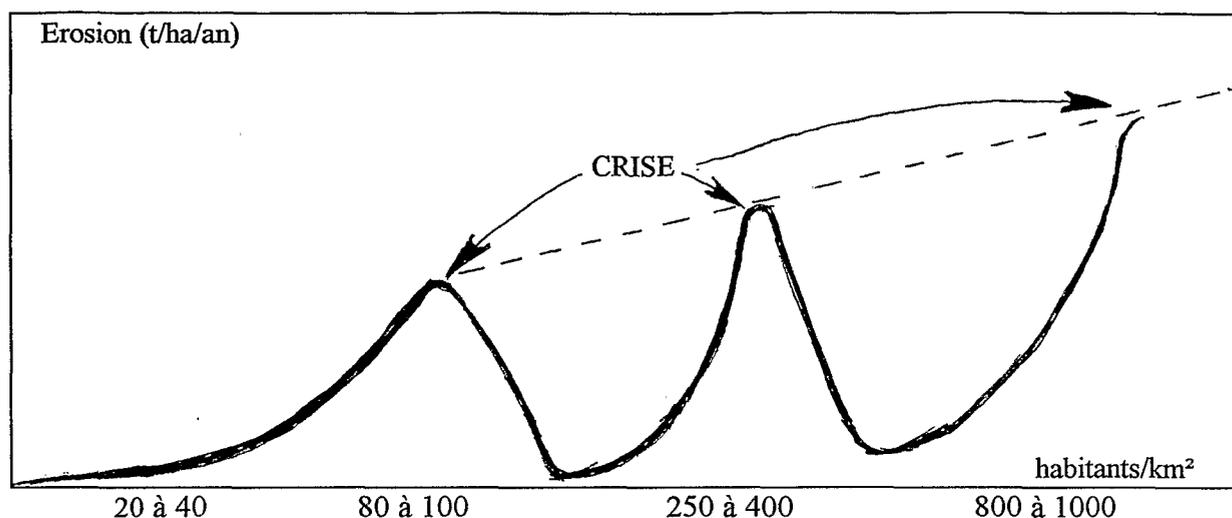
dégradation de la surface cultivable de cette région, une partie de la population masculine est obligée d'émigrer pour valoriser le travail en saison sèche dans les pays plus humides le Ghana, la Côte d'Ivoire ou le Nigeria. Il s'en suit une diminution de la puissance du travail de la population en saison sèche.

En quoi consiste cette méthode du zai ? Elle consiste à creuser des cuvettes d'environ 40 cm de diamètre, 15 cm de profondeur en vue de capter les eaux de ruissellement. Après les premières pluies au mois d'avril, on y apporte une à deux poignées de poudrette, c'est à dire des déjections animales desséchées. Avant ou après les premières pluies on y sème une vingtaine de graines soit de sorgho dans les terrains lourds, soit de mil dans les terrains légers gravillonnaires ou sableux. Les termites attirées par les matières organiques, transforment cette cuvette en entonnoir, permettent aux eaux de ruissellement de créer des poches d'humidité en profondeur. Le Zai permet de concentrer localement la fertilité par la poudrette et en même temps l'humidité. Il s'avère que dans des terrains reconnus comme étant stériles on peut, par cette méthode, arriver à produire de l'ordre de 800 kilos de céréales par hectare et par an dès la première année. Ce système n'accélère pas la dégradation des sols ; au contraire au bout de 5 ans l'ensemble de la surface ayant été soit cultivée, soit améliorée par les termites qui viennent récupérer les résidus de culture, l'ensemble du champs peut être à son tour travaillé et entrer dans le cycle des rotations traditionnelles.

Un certain nombre de paysans astucieux ont constatés que dans les poudrettes il y avait environ une douzaine d'espèces de graines forestières et ils conservent lors du sarclage un poquet de plantules arbustives sur 5 permettant ainsi de transformer le champ en une zone agro-forestière où se développent des arbustes fourragers, généralement des légumineuses intéressantes pour l'élevage et pour la restauration de la fertilité des sols. Cette restauration de la productivité est durable puisque certains champs sont cultivés de cette façon depuis plus de 30 ans. On constate que la première année, ces graines forestières sont protégées de la vue des chèvres par les tiges de mil ou de sorgho, coupées au-delà de la hauteur du petit bétail. Ainsi protégées les jeunes tigelles forestières ne sont pas attaquées par le bétail et arrivent à recoloniser l'ensemble de cette zone.

Quelles sont les limites de cette méthode ? Tout d'abord le zai exige 300 heures de travail très dur, soit environ 3 mois pour un homme pour restaurer un hectare. Il demande aussi 3 tonnes de matières organiques et des charettes pour transporter la poudrette. Enfin pour réussir, il faut entourer le champ à restaurer d'un cordon de pierres afin de maîtriser le ruissellement et de conserver sur place les matières organiques légères que l'on y a apportées pour améliorer la productivité. Nous avons tenté 2 types d'améliorations. D'une part un sous-solage croisé à une dent jusqu'à 12 à 18 centimètres de profondeur juste après la récolte tous les 80 centimètres : ceci prend 11 heures/ha avec des boeufs bien nourris par les résidus de cultures et le creusement du zai prend moitié moins de temps. Mais surtout l'amélioration fondamentale est de constater que la poudrette apporte très peu d'azote et très peu de phosphore. Si l'on double la dose de fumier, M. Kabore a pu constater que les rendements atteignent 1 200 kilos par hectare par an et si, à la même dose de fumier, on apporte un petit complément minéral, (40 unités d'azote et de phosphore) les rendements atteignent 1 500 kilos par hectare et par an. Il faut se rappeler que la moyenne nationale de production de sorgho ou de mil est de l'ordre de 600 kilos et que la production d'un zai attend 800 kilos par hectare, dès la première année.

Figure 3 : Evolution des systèmes de production et des risques de dégradation des sols en fonction de la densité de la population rurale.



Culture itinérante	Intensification déséquilibrante	Intensification labour + fumier	Intensification labour + fumier + NPKCa
Fertilisation - cendres - longue jachère forestière	- jachère + courte - enfouissement des adventives + résidus - un peu de poudrette	- jachère très courte - légumineuses - les résidus = fourrages - mais fumier sec	- agroforesterie - compost ou mulch - vrai fumier fermenté - NPK + Ca
Elevage - presque absent - troupeau itinérant - poulets + chèvres près de l'habitation	- élevage extensif - parc de nuit - poudrette = 600 kg/vache - quelques vaches	- résidus + jachère - semi-stabulation - poudrette + compost amélioré = 1500 kg/vache - boeuf + chèvres	- résidus + fourrage + court parcours - stabulation permanente - fumier 5 à 10 t/famille - porcs + chèvres seulement
Arbre - brûlis	- brûlis + déforestation	début de l'agroforesterie	- jardins multiétagés - arboriculture fruitière
Surface d'exploitation 1 + 20 ha	1 + 5 ha	1 + 3 ha	< 1 à 0,4 ha + ressources extérieures
Agriculture - Manioc et autres racines	céréales + haricots + un peu de manioc	manioc + céréales, haricot, riz	manioc + haricots

Q - La croissance démographique conduit-elle à la dégradation complète ?

R - Quand les nuisances causées par la dégradation du milieu deviennent trop fortes, éclate une crise écologique, sociale et politique. Alors, ou les gens migrent, ou ils acceptent d'investir dans un système de production plus équilibré.

4 La dégradation des sols tropicaux est-elle inéluctable étant donnée la pression démographique ?

Localement on observe que la dégradation des sols est liée à la pression démographique sur les terres. Il s'ensuit une diminution du temps de jachère jusqu'au moment où les propriétés physiques et chimiques du sol n'arrivent plus à être restaurées : à ce moment là les terres se dégradent rapidement jusqu'à l'abandon.

La figure 3 tente de montrer qu'il existe des seuils au-delà desquels les inconvénients de la crise sont tels que la société cherche à changer son mode de vie et accepte de faire des efforts supplémentaires pour mieux gérer son environnement. Ces seuils permettent des systèmes de production de plus en plus complexes, faisant appel à plus d'intrants, plus de matière organique, d'engrais minéraux, d'herbicide, d'irrigation et agroforesterie.

Conclusion.

En guise d'introduction à cette première journée de la dixième réunion du réseau érosion consacrée aux aspects pédologiques de la dégradation et surtout de la restauration de la fertilité des sols, nous avons voulu donner quelques orientations et quelques réponses partielles aux questions qui se posent. D'autres cas de figure seront présentés par une quinzaine de collègues. Nous souhaitons que l'on ne s'arrête pas à la description des phénomènes de dégradation, ni à l'étude des processus de dégradation, mais que l'on étudie de plus près la restauration des potentialités des sols tropicaux et de pousser si possible l'analyse jusqu'aux aspects socio-économiques.

L'étude de cas que nous avons présentée montre que la restauration des sols profonds est possible, mais cela a un prix et ce prix s'évalue en heures de travail, en quantité d'intrants et en biomasse que nous devons gérer de façon à tirer le meilleur parti de la production agricole sans pour autant dégrader l'environnement.

REFERENCES :

- Kabore (M), 1993.-Etude du ZAI, méthode de restauration des sols du Pays Mossi (Burkina-Faso), sous presse.
- Marschal (J.Y.), 1983.-La dynamique d'un espace soudano-sahélien. Travaux et Documents ORSTOM. n°167.
- Roose (E.), Dugué (P.), Rodriguez (L.), 1992 - La GCES : une nouvelle stratégie de lutte anti-érosive appliquée à l'aménagement de terroirs en zone soudano-sahélienne du Burkina-Faso. Bois et Forêts des Tropiques, n° 233 : 49-62.