

Enregistrement scientifique n°: 646

Symposium n°: 35

Présentation : poster

Quels outils pour la gestion et l'évaluation des terres? What tools for Land management and Land evaluation?

REMY Jean-Claude (1), LATHAM Marc (2)

(1) UFR Science du Sol, ENSA.M-INRA, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex

(2) CNEARC

L'évaluation des terres est une opération préalable à tout projet de mise en valeur ou d'exploitation et de gestion d'un territoire. Le concept de fertilité est issu de l'observation des résultats obtenus lors de la mise en culture des zones concernées. L'aptitude d'un milieu ne peut se définir que par rapport à une culture ou un système de cultures donné, et dans un contexte socio-économique donné. Trop souvent cette règle a été transgressée et les modèles applicables dans les pays développés se sont révélés erronés dans les pays en développement où l'échelle des valeurs est profondément modifiée.

La fertilité peut s'apprécier par la construction d'indices prenant en compte d'une part l'offre du milieu en terme de climat et de sol, et d'autre part les exigences des cultures ou systèmes de cultures envisagés. La fertilité peut généralement s'exprimer au travers de trois composantes du milieu: physique, chimique et biologique. Le potentiel maximum est défini par l'énergie solaire disponible combinée au potentiel génétique du matériel végétal impliqué. Les capacités réelles sont alors définies en terme de facteurs limitants de la production, gérés partiellement par l'ensemble des techniques culturales.

Les modèles les plus usités sont en général de type multiplicatifs, mettant bien en valeur la loi du minimum s'appliquant au facteur le plus limitant. Tout facteur limitant peut être levé moyennant un coût d'intervention plus ou moins élevé et donc plus ou moins réaliste. La levée des facteurs limitants peut être discontinue, par saut technologique correspondant en général à des améliorations foncières à long terme, soit de manière plus progressive au moyen d'intrants contrôlables à court terme.

Trois exemples relevés dans des situations très différentes, en Thaïlande, au Zimbabwe et en zone méditerranéenne illustrent la difficulté de mise en oeuvre de ces raisonnements, en modifiant profondément la hiérarchie et le poids des facteurs limitants.

L'utilisation croissante des systèmes d'informations géographiques permet de rendre plus aisée l'exploitation des données de terrain et de rendre interactif le dialogue avec les utilisateurs. Cette démarche est d'autant plus indispensable que nous avons souligné le caractère contingent de la démarche d'adéquation offre demande.

Key words : soil, reclamation, evaluation, fertility, criteria

Enregistrement scientifique n°: 646

Symposium n°: 35

Présentation : poster

Quels outils pour la gestion et l'évaluation des terres? What tools for Land management and Land evaluation?

REMY Jean-Claude (1), LATHAM Marc (2)

(1) UFR Science du Sol, ENSA.M-INRA, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex

(2) CNEARC

L'évaluation des terres est nécessaire pour gérer un territoire, optimiser les ressources, caractériser et valoriser les potentialités des milieux. En outre l'opportunité des investissements privés et publics demande une expertise suffisamment objective face aux besoins et à la motivation des utilisateurs intéressés.

L'évaluation des potentialités ne peut être réalisée sans **référence à un usage ou un ensemble d'usages**. C'est donc une notion relative.

Par ailleurs, les potentialités ne peuvent s'exprimer que dans un **contexte technique, économique et social défini**. C'est donc une notion contingente, selon le système de production, l'environnement social, les marchés, le niveau de technicité.

L'orientation du choix des investissements consentis tant par les bailleurs de fonds que par les agriculteurs, nécessite un système de classement objectif d'aptitude ou d'opportunité d'intervention prenant en compte non seulement le contexte physique et biologique, mais aussi la capacité du milieu à mettre en oeuvre et valoriser de tels moyens de production (Sébillotte M. 1989).

1. - Bases et concepts utilisés pour l'évaluation des terres

1.1. - L'expression du rendement

Le potentiel de production primaire d'un écosystème terrestre s'appuie sur la capacité de conversion de l'énergie solaire en matière sèche de la biomasse végétale. Nous pouvons reprendre ici l'équation de Montheith 1977:

$$Y_{\max} = IR * \int_{t_1}^{t_2} \epsilon_b * \epsilon_i * \epsilon_c * Rg * dt$$

- Ymax est le rendement maximum du contexte bioclimatique local, sans facteur limitant
- Rg est le rayonnement global
- ϵ_c est la part utile à la photosynthèse (0.48). $PAR = Rg * \epsilon_c$ représente le rayonnement solaire photosynthétiquement actif.
- ϵ_i est la part interceptée par le couvert végétal, fonction de l'indice foliaire. $PAR_i = PAR * \epsilon_i$

- ϵ_b est le facteur de conversion de l'énergie en matière sèche généralement glucidique.
 $BM = PAR_i * \epsilon_b$ (2 à 3g/MJ)
- IR est l'indice de récolte soit la proportion de matière sèche utile récoltable.
 $Y_{max} = IR * BM$

L'expression du rendement peut prendre la forme suivante (Vink A.P.A.1975):

$$Y = Y_{max} * (1 - a_1) * (1 - a_2) * (...) * (1 - e^{-k(X+X_0)}) * (1 - e^{-f(Z+Z_0)}) * (...)$$

- Y rendement obtenu
- a_1, a_2, \dots réductions relatives de rendement dues aux facteurs limitants
- k, f, \dots coefficients traduisant l'efficacité des facteurs de production
- X, Z, ... quantité de facteur de production ajoutée
- X_0, Z_0, \dots contribution du milieu naturel
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ coefficients d'efficacité lorsque X ou Z sont faibles

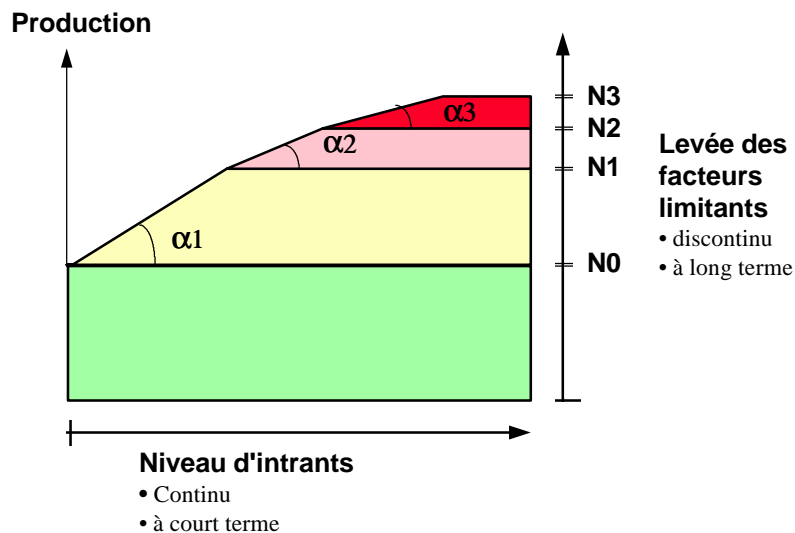


fig. 1: Influence des facteurs limitants et du niveau des intrants sur la productivité

Le modèle multiplicatif cité ci-dessus rend bien compte de la loi du minimum, ainsi que celle des accroissements moins que proportionnels, par contre l'effet des interactions n'est pas pris en compte de manière satisfaisante lorsqu'elles existent.

L'opportunité de lever tel ou tel facteur limitant dépend de son efficacité. Il faut que le produit $Y * a$ soit supérieur au coût de l'intervention. De même l'opportunité des intrants peut être jugée selon la productivité marginale de chaque facteur tel que dY/dX .

1.2. - L'importance de la notion de risque

A titre d'exemple nous montrerons l'impact de la notion de risque (Piéri 1989) sur la prise de décision de l'agriculteur. L'apport d'azote se prête bien à la discussion:

En cas de productivité élevée et de réponse quasi certaine (courbe a) l'emploi de l'azote se justifie pleinement. Même dans le cas de réponse un peu plus faible et plus aléatoire (courbe b), la recommandation reste encore valable.

Par contre si la productivité de l'azote est faible (courbe c), et si de surcroît elle est aléatoire, le risque de ne pas valoriser un apport devient grand. Si dans un contexte de trésorerie assurée on peut encore « jouer la moyenne », le risque devient inacceptable si l'agriculteur ne dispose pas de réserve financière. C'est généralement le cas des milieux paysans en voie de développement.

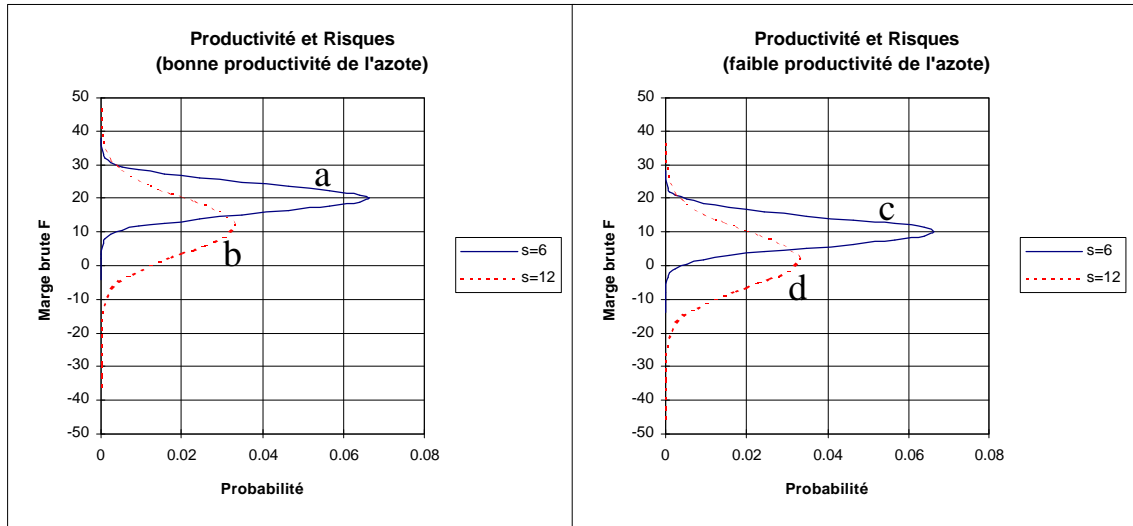


fig 2: Stratégie de décision compte tenu du caractère aléatoire des réponses aux intrants

1.3. - Combinaison des facteurs de production

La construction d'indices de productivité est à la base du raisonnement pour le classement d'aptitude des milieux pour un usage donné. L'utilisation de systèmes de gestion de l'information géographique rend cette démarche quasi incontournable. Si elle présente une certaine rigidité quant aux modèles construits pour répondre à une question donnée, elle présente l'avantage d'une plus grande interactivité pour mieux adapter la réponse à la question posée.

Sur la figure 3 on a présenté sommairement les éléments qui entrent en jeu pour caractériser la fertilité d'un sol:

- l'approche descriptive et analytique fournit des **descripteurs** choisis dans les trois grands domaines de la science du sol.
- Les descripteurs traduisent des comportements, des propriétés et **fonctions** qui seront déterminantes pour l'usage envisagé.
- L'**évaluation** par construction d'indices suppose de bâtir des **combinaisons** additives, multiplicatives, avec les pondérations les plus pertinentes possibles pour répondre à la question posée.

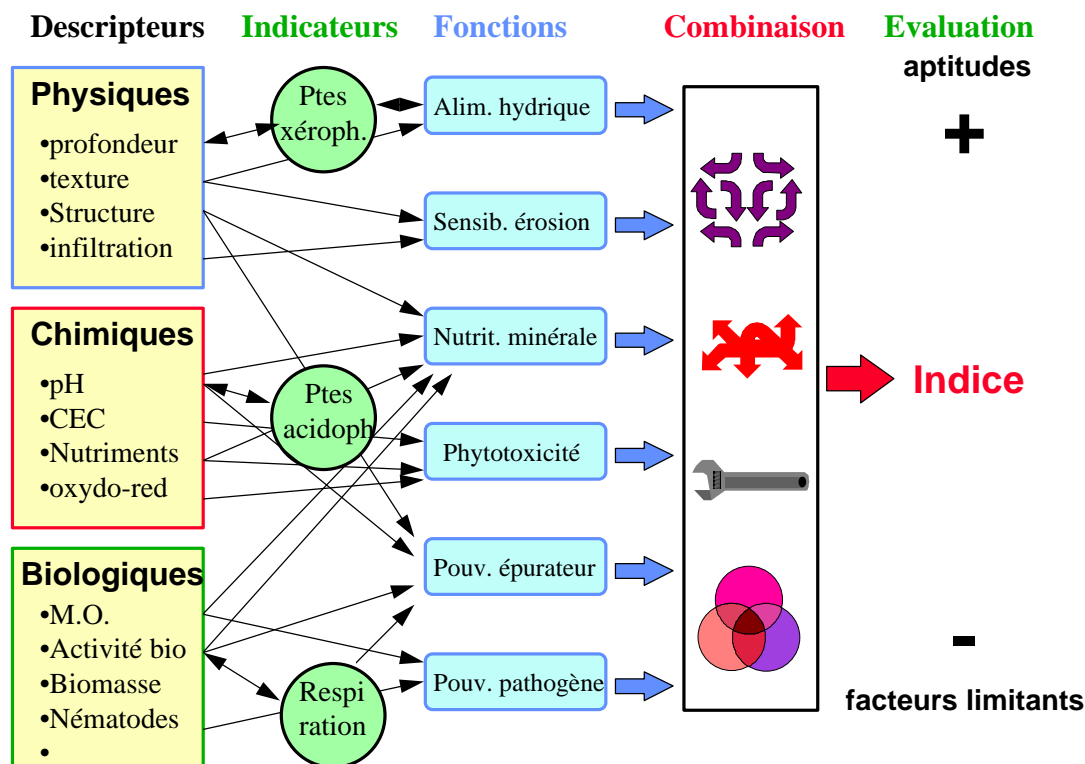


fig 3 Construction d'indices de fertilité pour définir aptitudes et facteurs limitants

2. - Comparaison de situations pour l'évaluation des terres

Nous choisirons 3 exemples pour illustrer la démarche et montrer ses limites.

2.1. - Thaï lande

Les sols de pente en Asie du sud-est et plus particulièrement en Thaïlande sont utilisés au travers de systèmes défriche-brûlis pour produire du riz pluvial, du maïs ou même des cultures horticoles comme les choux ou les tomates. Ces cultures se font le plus souvent sur des pentes très fortes de 20 à 40 % et plus, et entraînent de fortes érosions. Le critère retenu pour l'évaluation de ces sols est très généralement le pourcentage de pente, la limite de 40 % étant retenue en Thaïlande comme limite maximum pour les sols cultivables.

Or des expérimentations menées dans le Nord de la Thaïlande par l'IBSRAM ont montré que la nature des sols était aussi un élément déterminant dans cette évaluation (*Chaiyasit et al 1995*). Sur des sites de pentes similaires, l'un sur granite à Doi Tung et l'autre sur marne calcaire à Chiang Dao, on a trouvé des comportements très différents.

Sur granite, à Doi Tung, le riz est peu productif (1 t/ha) et l'érosion est forte (> 100 t/ha/an) quand sur marne calcaire. A Chiang Dao, le maïs est productif (3-5 t/ha) et l'érosion faible (< 1t/ha/an).

Les analyses physico-chimiques classiques montrent des différences sensibles entre les deux sols (**Tableau 1**) mais qui pourtant ne justifient pas la différence de comportement des cultures et de la résistance des sols à l'érosion.

Tableau 1 : Quelques éléments d'analyse sur les profils de Doi Tung et Chiang Dao (d'après Chaiyasit et al 1995)

Sol	Profondeur cm	Argil e %	Mo %	pH	CEC cmol+/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg	P mg/kg
Ustic Kandihumult (Doi Tung)	0-12	30.0	3.7	5.3	9.4	2.0	1.0	97	3.8
	12-30	39.1	2.0	5.3	7.7	0.8	0.4	52	3.1
Lithic Haplustalf (Chiang Dao)	0-15	22.3	5.8	5.6	16.0	6.0	5.2	260	6.2
	15-30	24.0	2.7	5.5	11.5	1.4	3.3	200	2.5

Cette différence est par contre très marquée dans la morphologie des profils. Sur marne calcaire (Chiang Dao), une forte structuration du sol et des résidus de roche altérée apparaissent nettement à l'observation. Les racines pénètrent profondément le profil. Les traces d'érosion superficielle sont le plus souvent diffuses.

Sur granite (Doi Tung), les sols sont plus profonds et moins structurés, et les racines sont superficielles. Des traces d'érosion en rigoles sont claires sur les parcelles cultivées. Les indicateurs d'évaluation pertinents des sols semblent être la nature de la roche mère, la structure et l'enracinement, plus que les analyses physico-chimiques.

Sur le terrain de Doi Tung, différents systèmes de cultures ont été testés : riz pluvial suivant les méthodes traditionnelles, riz avec des systèmes de conservation des sols et café. Une analyse économique du système après six ans d'expérimentation montre que seul le système avec café est rentable par rapport aux investissements et au travail fourni.

A Chiang Dao en revanche, le maïs est rentable par rapport au travail et au labour fournis.

Ceci indique bien qu'une évaluation des terres ne peut être faite qu'en fonction de la spéculation culturale envisagée. Ici le maïs s'est révélé être un meilleur révélateur de fertilité que le café.

Avec le niveau technique traditionnel la hiérarchie des critères à prendre en compte était:

- la sensibilité à l'érosion selon la pente et la roche mère,
- La capacité d'enracinement en profondeur,
- la structure du sol en surface,
- enfin la réserve minérale du sol

2.2. - Zimbabwe

Les vertisols en Afrique sont très souvent des sols fertiles mais sous utilisés du fait de la difficulté qu'il y a à les travailler. Dans le Sud Zimbabwe, zone au climat sec et présentant de grandes variabilités inter-annuelles, les sols sont utilisés en culture pluviale pour le sorgho, le maïs ou le coton. Ces cultures, et en particulier le maïs qui est très prisé des agriculteurs, n'arrivent toutefois à produire qu'au cours des années suffisamment pluvieuses, le sorgho et le coton ayant une production assez régulière, alors que la production de maïs est beaucoup plus marginale et aléatoire. L'évaluation classique de la potentialité de ces sols est faite essentiellement en fonction du climat.

Une expérimentation menée par la recherche du Zimbabwe dans le cadre d'un réseau vertisols IBSRAM a montré que l'on pouvait faire évoluer ce type d'évaluation en fonction des techniques agricoles appliquées. La technique, basée sur la capacité à conserver de l'humidité des vertisols, consiste à faire des billons cloisonnés de large amplitude (1,5 m) et de planter dans le fond du billon. Cette technique est favorisée par le fait que l'on a affaire à des vertisols gromosoliques qui ne sont suffisamment perméables pour ne pas provoquer d'engorgements temporaires (*Mandiringana et Hussein - 1989*).

Les résultats sur six ans montrent un accroissement des récoltes sur billons cloisonnés de 26-27 % pour le sorgho et le coton et de 45 % pour le maïs (*Jones et al - 1989*).

A l'évaluation climatique déjà considérée doivent donc être ajoutés des critères de sol (vertisols gromosoliques) et de technologie (utilisation de billons cloisonnés qui permettent dans ce cas d'ouvrir un potentiel à la production de maïs).

La hiérarchie des critères à prendre en compte était ici principalement:

- la quantité d'eau disponible dans le profil (intrinsèquement, mais aussi en fonction de la gestion des eaux de surface par billonnage),
- la capacité d'infiltration et la perméabilité des horizons supérieurs pour limiter l'engorgement de ces sols vertiques.

Le maïs est ici encore un bon révélateur de la fertilité du milieu.

2.3. - Sols calcaires méditerranéens

Le caractère contrasté des sols et climats méditerranéens conduit à une évaluation des sols très différente en fonction du type d'usage. Les systèmes céréaliers demandent des sols profonds, à forte réserve en eau afin de valoriser au mieux les intrants pour un niveau de production à la fois élevé et régulier.

Par contre les systèmes de cultures à plantes pérennes comme l'arboriculture, mais surtout la viticulture, demande des niveaux de réserve en eau plus faibles, des pentes plus élevées et bien orientées pour respecter des objectifs de qualité plutôt que de quantité. La hiérarchie des critères à prendre en compte en est profondément modifiée.

Les sols d'alluvions profonds, constitués de limons battants (Pézenas) possèdent une très grande réserve en eau. Ils sont bien adaptés à l'ensemble des cultures annuelles. La régularité de la production peut être renforcée par l'irrigation. Ils ne conviennent pas à la vigne à laquelle ils communiquent une trop grande vigueur.

Les sols calcaires lithochromes décrits par Bonfils 1993, conservent une bonne réserve en eau, et restent polyvalents, adaptés aussi bien à la céréaliculture que l'arboriculture et la vigne. Seuls les risques de chlorose peuvent modifier cette aptitude.

Par contre les sols fersiallitiques caillouteux ont une faible réserve en eau et une faible capacité d'enracinement pour les cultures annuelles. Seule la vigne permet une valorisation correcte de ces sols.

Tableau 2: Caractéristiques de quelques sols de la vallée de l'Hérault

Sols	Profond cm	Cail- loux %	Arg. %	M.O. %	pH	Calc %	CEC	Ca cmole+/kg	Mg	K	P ₂ O ₅ assim mg/kg
• Calcosol	0-25	10	22	1.0	8.5	46	7.6	6.8	0.5	0.2	20
Profond	25-50	10	21	-	8.4	48	7.9	7.0	0.6	0.2	10
Autignac	50-100	0	19	-	8.4	54	6.8	5.6	0.8	0.1	10
• Fersialsol	0-25	69	13	2.2	7.8	0	9.3	-	-	0.3	200
caillouteux	25-65	77	31	-	7.7	0	12.7	-	-	0.3	60
Paulhan	65-110	46	26	-	7.7	0	12.7	-	-	0.2	40
• Fluviosol	0-25	0	21	2.4	8.0	18	11.9	-	-	0.3	30
profond	25-55	0	20	-	8.1	20	10.8	-	-	0.2	50
Pézenas	55-110	0	20	-	8.2	19	11.4	-	-	0.2	30

Dans ce contexte, la hiérarchisation des critères d'évaluation est encore la suivante:

- Charge en cailloux,
- profondeur d'enracinement et réserve en eau,
- teneur en calcaire et état calcique,
- importance de la réserve minérale

3. - Conclusions pour l'aménagement du territoire

Les critères retenus pour l'évaluation des aptitudes des terres sont généralement les suivants:

1. la profondeur du sol et donc la capacité d'enracinement,
2. la réserve en eau disponible pour les cultures envisagées,
3. la structure du sol en liaison avec le statut organique et l'activité biologique,
4. l'état calcique associant le taux de saturation en bases et le pH,
5. la réserve minérale biodisponible qui intervient souvent en dernier car elle est assez facilement modifiable et adaptable au système de culture envisagé.

Des procédures automatisées peuvent être mises en oeuvre à partir de systèmes d'informations géographiques dès lors que l'on a pu traduire en règles simples les exigences des cultures prises en compte dans l'évaluation d'aptitudes. Le caractère contingent de la réponse impose une forte interactivité avec le demandeur afin de mieux répondre aux questions posées.

4. - Bibliographie

Bonfils J 1993, Carte Pédologique de France au 1/100000 feuille de Lodève, INRA éditions, 206p

Chaiyasit Aneksamphant. Sawatdee Boonchee, Phitag Inthapan. Uthit Taejajai. Adisak Sajjapongse 1995. The management of sloping lands for sustainable agriculture in northern Thailand. In ASIALAND : the management of sloping lands for

sustainable agriculture in Asia - IBSRAM network document n° 12 (Bangkok/IBSRAM).

Jones E., Nyamudeza P., et Busangavanye T. - 1989 : Rainfed cropping and water conservation and concentration on Vertisols in the southeast of Zimbabwe (133-142 dans « Vertisol Management in Africa - IBSRAM Proceedings N° 9. Bangkok, IBSRAM. »).

Mandiringana O.T., et Hussein J. - 1989 : Properties and management of the Chisumbanje Vertisols (119-132 dans « Vertisol Management in Africa - IBSRAM Proceedings N° 9. Bangkok, IBSRAM »).

Monteith J.L. 1977, Climate and the efficiency of crop production in Britain, Phil. Trans. R. Soc., London, B, 282, 277-284

Piéri C. 1989, Fertilité des sols de savane, Ministère de la Coopération et CIRAD, 444p

Sébillotte M. 1989, Fertilité et systèmes de production, INRA Éditions, 369p

Vink A.P.A. 1975, Land use in advancing agriculture, Springer, Verlag, Berlin Heidelberg New York, 394p

Key words : soil, reclamation, evaluation, fertility, criteria

Mots clés : sol, aptitude, évaluation, fertilité, critères

Mots clés : sol, aptitude, évaluation, fertilité, critères