

UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION ET DE CARTOGRAPHIE DE LA DÉGRADATION DES TERRES

Proposition de directives normalisées



Les dossiers thématiques du CSFD numéro 8

Directeur de la publication

Richard Escadafal

Président du CSFD

Directeur de recherche de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) au Centre d'Études Spatiales de la Biosphère (CESBIO, Toulouse)

Auteur

Pierre Brabant

Directeur de recherche honoraire, IRD
Pierrebrabant70@yahoo.fr

Avec la participation de

Marc Bied-Charreton

Professeur émérite de l'Université de Versailles Saint Quentin-en-Yvelines (UVSQ)

Marie-Odile Schnepf

Opératrice PAO, IRD

Édition et iconographie

Isabelle Amsellem

Agropolis Productions
info@agropolis-productions.fr

Conception et réalisation

Olivier Piau

Agropolis Productions
info@agropolis-productions.fr

Remerciements pour les illustrations



Marie-Noëlle Favier, directrice de la Délégation à l'Information et à la Communication (DIC, IRD),

Isabelle Lefrançois, assistante (DIC, IRD),

Christelle Mary (Photothèque INDIGO, IRD),

Marcia de Andrade Mathieu, responsable secteur cartographie (DIC, IRD), **Annick Aing**, photographe, secteur cartographie (DIC, IRD) ainsi que les auteurs des différentes photos présentes dans le dossier.

La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français.

Les dossiers thématiques du CSFD sont téléchargeables sur le site Internet du Comité, www.csf-desertification.org

Imprimé sur du papier certifié, blanchi sans chlore, issu de forêts gérées durablement, avec des encres sans solvant.

Impression : Les Petites Affiches (Montpellier, France)

Dépôt légal : à parution • ISSN : 1772-6964

Imprimé à 1 500 exemplaires

© CSFD / Agropolis International, août 2010

Pour référence : Brabant P., 2010. Une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres. Proposition de directives normalisées. Les dossiers thématiques du CSFD. N°8. Août 2010. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 52 pp.

Comité Scientifique Français de la Désertification

La création, en 1997, du Comité Scientifique Français de la Désertification, CSFD, répond à une double préoccupation des ministères en charge de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Il s'agit d'une part de la volonté de mobiliser la communauté scientifique française compétente en matière de désertification, de dégradation des terres et de développement des régions arides, semi-arides et subhumides afin de produire des connaissances et servir de guide et de conseil aux décideurs politiques et aux acteurs de la lutte. D'autre part, il s'agit de renforcer le positionnement de cette communauté dans le contexte international. Pour répondre à ces attentes, le CSFD se veut une force d'analyse et d'évaluation, de prospective et de suivi, d'information et de promotion. Le CSFD participe également, dans le cadre des délégations françaises, aux différentes réunions statutaires des organes de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification : Conférences des Parties, Comité de la Science et de la Technologie, Comité du suivi de la mise en œuvre de la Convention. Il est également acteur des réunions au niveau européen et international. Il contribue aux activités de plaidoyer en faveur du développement des zones sèches, en relation avec la société civile et les médias. Il coopère avec le réseau international DNI, *DeserNet International*.

Le CSFD est composé d'une vingtaine de membres et d'un Président, nommés *intuitu personae* par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et issus des différents champs disciplinaires et des principaux organismes et universités concernés. Le CSFD est géré et hébergé par Agropolis International qui rassemble, à Montpellier et dans le Languedoc-Roussillon, une très importante communauté scientifique spécialisée dans l'agriculture, l'alimentation et l'environnement des pays tropicaux et méditerranéens. Le Comité agit comme un organe indépendant et ses avis n'ont pas de pouvoir décisionnel. Il n'a pas de personnalité juridique. Le financement de son fonctionnement est assuré par des contributions du ministère des Affaires étrangères et européennes, du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, ainsi que de l'Agence Française de Développement. La participation de ses membres à ses activités est gracieuse et fait partie de l'apport du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Pour en savoir plus :

www.csf-desertification.org

Avant-propos

L'humanité doit dorénavant faire face à un problème d'envergure mondiale : la désertification, à la fois phénomène naturel et processus lié aux activités humaines. Jamais la planète et les écosystèmes naturels n'ont été autant dégradés par notre présence. Longtemps considérée comme un problème local, la désertification fait désormais partie des questions de dimension planétaire pour lesquelles nous sommes tous concernés, scientifiques ou non, décideurs politiques ou non, habitants du Sud comme du Nord. Il est dans ce contexte urgent de mobiliser et de faire participer la société civile et, dans un premier temps, de lui fournir les éléments nécessaires à une meilleure compréhension du phénomène de désertification et de ses enjeux. Les connaissances scientifiques doivent alors être à la portée de tout un chacun et dans un langage compréhensible par le plus grand nombre.

C'est dans ce contexte que le Comité Scientifique Français de la Désertification a décidé de lancer une série intitulée *Les dossiers thématiques du CSFD* qui veut fournir une information scientifique valide sur la désertification, toutes ses implications et ses enjeux. Cette série s'adresse aux décideurs politiques et à leurs conseillers du Nord comme du Sud, mais également au grand public, aux journalistes scientifiques du développement et de l'environnement. Elle a aussi l'ambition de fournir aux enseignants, aux formateurs ainsi qu'aux personnes en formation des compléments sur différents champs disciplinaires. Enfin, elle entend contribuer à la diffusion des connaissances auprès des acteurs de la lutte contre la désertification, la dégradation des terres et la lutte contre la pauvreté : responsables d'organisations professionnelles, d'organisations non gouvernementales et d'organisations de solidarité internationale.

Ces dossiers sont consacrés à différents thèmes aussi variés que les biens publics mondiaux, la télédétection, l'érosion éolienne, l'agroécologie, le pastoralisme, etc., afin de faire le point des connaissances sur ces différents sujets. Il s'agit également d'exposer des débats d'idées et de nouveaux concepts, y compris sur des questions controversées, d'exposer des méthodologies couramment utilisées et des résultats obtenus dans divers projets et, enfin, de fournir des références opérationnelles et intellectuelles, des adresses et des sites Internet utiles.

Ces dossiers sont largement diffusés—notamment dans les pays les plus touchés par la désertification—sous format électronique et via notre site Internet, mais également sous forme imprimée. Nous sommes à l'écoute de vos réactions et de vos propositions. La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français et de l'Agence Française de Développement. Les avis exprimés dans les dossiers reçoivent l'aval du Comité.

Richard Escadafal
Président du CSFD
Directeur de recherche de l'IRD
au Centre d'Études Spatiales de la Biosphère



La dégradation des terres, qui réduit ou détruit la capacité des sols en vue de leur productivité, constitue un des problèmes majeurs quant à l'avenir d'une planète de plus en plus anthropisée—notamment dans les pays en développement—par suite d'une pression démographique sans cesse croissante (on table aujourd'hui sur 9 milliards d'habitants en 2050). Il est donc normal que ce problème préoccupe beaucoup les instances scientifiques de notre époque. C'est ainsi que l'Académie des Sciences, en coopération d'ailleurs avec l'Académie des Sciences Morales et Politiques et l'Académie d'Agriculture de France, s'est investie ces dernières années en produisant plusieurs rapports Science et Technologie concernant le fonctionnement de la biosphère anthropisée*.

Une telle dégradation est inhérente, tout d'abord à la localisation des terres à la surface même du Globe (le sol est en effet l'épiderme de la Terre) ; ce qui les met en contact direct, d'une part avec les éléments naturels atmosphériques et, d'autre part, avec les diverses actions en relation avec les interventions humaines les plus courantes (agriculture, élevage, pastoralisme, édification des routes, aéroports, immeubles d'habitation...); ces dernières assurant certes depuis longtemps la vie des hommes sur notre planète, mais pouvant provoquer aussi, soit leur disparition (érosion), soit une évolution dégradante sournoise par modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, soit tout simplement encore leur mise hors-circuit (constructions).

Il est clair, en second lieu, que la possibilité de dégradation dont il vient d'être question, est en rapport aussi avec la nature même du sol. On sait en effet que le sol est avant tout un matériau meuble, constitué par la juxtaposition de trois sortes d'éléments : squelette (minéraux – débris végétaux), plasma (argile-humus) et organismes vivants (racines et mésofaune tellurique), éléments qui, lorsqu'ils sont en interaction, assurent le maintien de l'ensemble et lui donnent une certaine stabilité.

Au demeurant, il n'en est pas toujours ainsi, soit par absence de **plasma**** , de matériaux organiques ou de mésofaune (cas par exemple des sols minéraux bruts et des sols désertiques), soit—en relation souvent avec l'apparition d'une saison sèche de plus en plus longue et de plus en plus accentuée—par disparition des interactions, d'où découle la dissociation plasma-squelette qui aboutit à la longue à une différenciation texturale marquée (cas des sols transformés—type ferrugineux tropical—de la zone soudanienne).

On comprend ainsi que toute action, naturelle ou anthropique, qui à la surface du Globe, soit inhibe la production de plasma, soit affecte les liens entre les différentes phases constitutives du sol, favorise la dégradation des terres. Celle-ci est donc d'autant plus marquée que le sol est plus vulnérable, que l'action du climat est plus incisive (dans les régions sèches, cela peut conduire à donner à l'environnement une apparence de désert), que la pression de l'homme est plus accentuée ou enfin que la durée d'action est plus longue.

Ceci étant, il en va donc de l'avenir de l'humanité de bien connaître les phénomènes de dégradation, ainsi que les modes de réhabilitation des terrains encore récupérables ; d'où l'intérêt de pouvoir évaluer l'état actuel de la dégradation des terres, donnée incontournable aussi bien pour mieux gérer à l'heure actuelle les opérations de mise en valeur que pour servir de point de référence aux futures actions entreprises par les sociétés humaines. C'est ce à quoi Pierre Brabant s'est attaché à réaliser, en proposant une méthode pour évaluer et cartographier la dégradation des terres basées sur un indice synthétique qui va permettre de concevoir dorénavant une politique de conservation des sols. Il s'agit là d'une proposition qui a déjà donné de très bons résultats en Afrique (Togo) et en Asie du Sud-Est (Vietnam) et qui ne pourra que se bonifier à l'avenir au fur et à mesure de son application dans les autres régions du monde.

Le Comité Scientifique Français de la Désertification, dans sa collection *Les dossiers thématiques*, a déjà mis en garde les décideurs sur les questions d'érosion et de restauration des milieux naturels, sur les questions d'investissements dans les milieux arides et sur le rôle des scientifiques. Qu'il soit remercié de se pencher sur l'importance des terres et des sols qui sont aujourd'hui les parents pauvres des grandes discussions internationales trop nettement orientées sur le climat, la biodiversité, les forêts, alors qu'il s'agit d'envisager ces différentes questions dans leur globalité.

Georges Pédro
de l'Académie des Sciences
Secrétaire perpétuel honoraire de l'Académie
d'Agriculture de France

* Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. RST N°27.2007-Démographie, climat et alimentation mondiale -2010 (sous- presse) – Gestion des sols et services écosystémiques (en préparation) – Publications Rapports Science et technologie EDP Sciences – Paris.

** Les termes définis dans le lexique (*page 48*) apparaissent en bleu et sont soulignés dans le texte.

© P. Brabant



© P. Brabant



© B. Moeremans



Sommaire

Une évaluation indispensable de l'état actuel de la dégradation des terres	4
Construction de l'indice synthétique de dégradation des terres	14
Méthode d'évaluation de la dégradation des terres liée aux activités humaines	26
Indicateurs complémentaires pour caractériser l'état de dégradation	34
Connaître les ressources en terres pour mieux les gérer	44
Pour en savoir plus...	46
Lexique	48
Acronymes et abréviations utilisés dans le texte	52

Une évaluation indispensable de l'état actuel de la dégradation des terres

LA TERRE, UNE RESSOURCE PRÉCIEUSE ET LIMITÉE

Edouard Saouma, ancien directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), écrivait en 1996 : « *La terre est la ressource la plus précieuse du monde. Et pourtant elle n'est pas appréciée à sa juste valeur. L'or, le pétrole, les minerais et les pierres précieuses se vendent à des prix qui nous ont amenés à traiter la terre comme de la simple poussière* ».

La terre est une ressource indispensable pour les hommes car elle permet de nourrir chaque jour les 6,8 milliards d'habitants de la planète. Mais elle constitue aussi une ressource rare avec aujourd'hui 30 millions de km² de terres arables disponibles, soit 5,8 % de la superficie de la planète seulement !

La terre est une ressource en constante diminution à cause de la croissance démographique et des effets défavorables des activités humaines (surexploitation des terres, pollutions, etc.) : 2 hectares de terre étaient disponibles par habitant en 1900 dans le monde contre moins de 0,5 hectare en 2010...

La terre est une ressource non renouvelable à l'échelle des temps humains. Cent mille ans sont nécessaires pour qu'un seul mètre d'épaisseur de **terre arable** se forme à partir d'une roche en pays tempéré, mais 25 ans seulement (soit une génération humaine) peuvent suffire à éroder cette terre jusqu'au substrat rocheux.

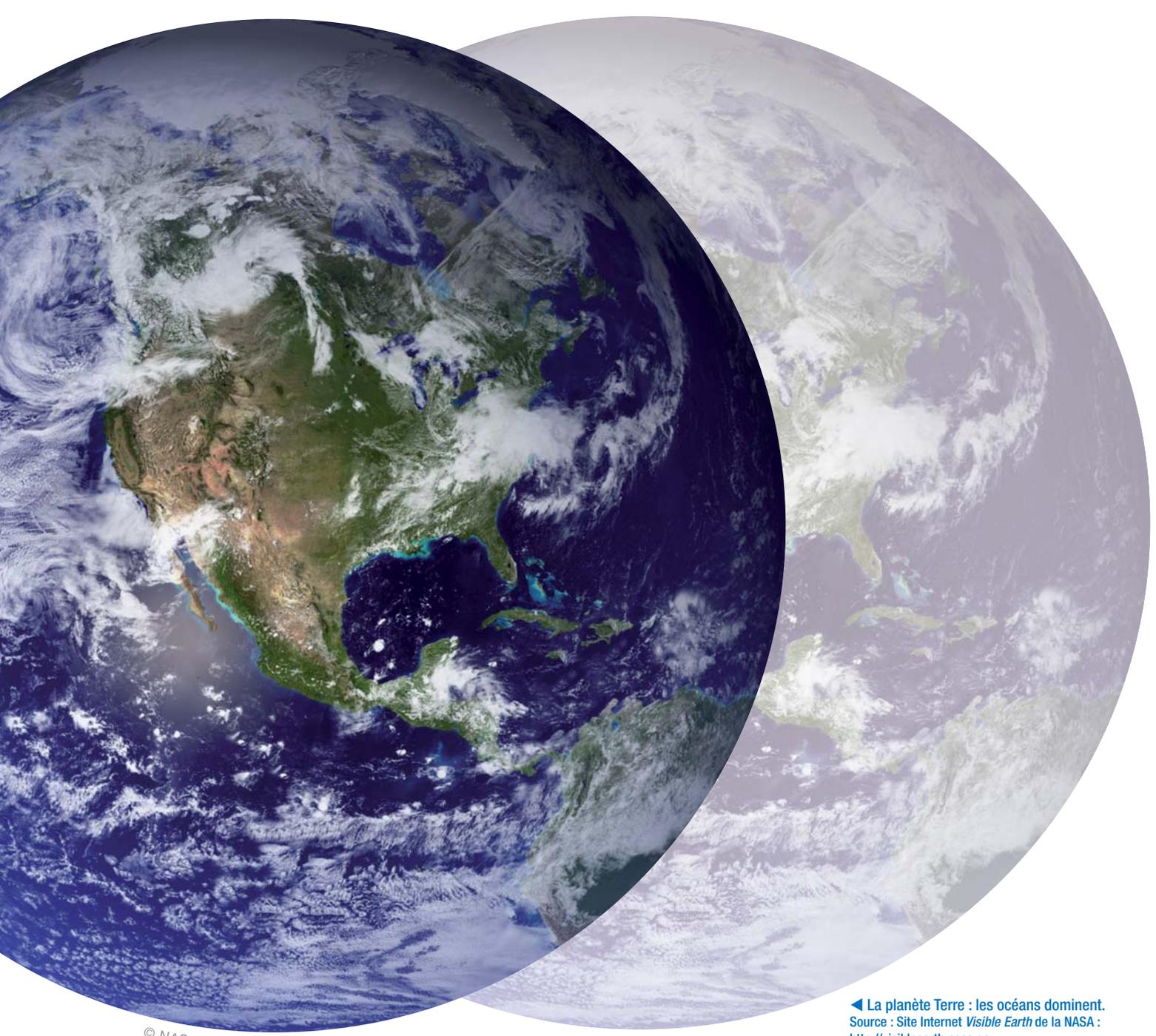
La terre n'est pas une marchandise, comme le pétrole, l'eau ou le minerai. C'est une ressource vivante qui ne peut être transportée d'un point à un autre (un seul hectare de terre de 2 mètres d'épaisseur a une masse de 30 000 tonnes !). Il faut donc exploiter la terre là où elle se trouve et sous les conditions climatiques de ce lieu.

LES TERRES CULTIVABLES : À PRÉSERVER ABSOLUMENT

Les trois-quarts de la superficie de la planète (510 millions km²) sont occupés par des océans ou des glaciers qui ont plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les terres émergées, non couvertes de glaciers permanents, couvrent 134 millions de km², soit 26 % seulement de la superficie du globe. Cela représente 245 fois la superficie de la France. De vastes superficies de ces aires émergées sont constituées de terres non exploitables ou non productives pour diverses raisons. Certaines sont des déserts, chauds ou froids : 18 millions de km² au total de déserts, dont 7,7 millions pour le seul Sahara. D'autres se trouvent dans des hautes montagnes aux conditions climatiques rigoureuses et aux fortes pentes. Par ailleurs, les lacs d'eau douce occupent une superficie égale à 1 % des terres émergées. Il reste donc 120 millions de km² de terres exploitables, soit moins du quart de la superficie de la planète (Pedro, 1985).

Le tiers de ces terres exploitables (45 millions de km²) ne sont pas cultivables. En effet, dans certains cas, le climat est trop sec, comme dans une partie du Sahel, et la pluie insuffisante pour assurer le cycle végétatif des cultures. Les terres peuvent toutefois être partiellement utilisées pour le pâturage extensif. Dans d'autres cas, le climat est trop froid et la terre gelée une grande partie de l'année. Ce sont les domaines boréaux de l'Amérique du Nord et de la Sibérie parfois exploités pour leurs forêts naturelles. Ailleurs encore, les terres peuvent être trop minces, trop humides ou trop pauvres pour être cultivables.

Ainsi, la superficie des terres cultivables ne dépasse pas 33 millions de km² à laquelle il faut retrancher 3 millions de km² actuellement très dégradés et inutilisables pour l'agriculture (ISRIC-UNEP, 1991). La superficie des



◀ La planète Terre : les océans dominent.
 Source : Site Internet *Visible Earth* de la NASA :
<http://visibleearth.nasa.gov>

terres arables très fertiles—comme celle du delta du Mékong ou des terres volcaniques de l’île de Java—ne dépasse pas, quant à elle, 1,6 % de la superficie des terres émergées.

Retenons ce chiffre : l’humanité dispose actuellement d’environ 30 millions de km² de terres arables pour se nourrir dans les conditions économiques du début de ce 21^{ème} siècle. Ceci représente environ le quart (23,5 %) des terres émergées exploitables et équivaut seulement à 55 fois la superficie de la France métropolitaine. Selon la FAO (2000), 45 % des terres arables du monde sont exploitées. Le reste est en friche ou sous végétation naturelle, principalement dans les régions équatoriales, comme dans la forêt congolaise ou amazonienne. La **terre arable** est donc une ressource naturelle relativement peu étendue et non renouvelable à l’échelle humaine. **Il est absolument vital pour l’humanité de la préserver.**

▼ Ressources mondiales en terres

	Millions de km ²
Superficie totale du Globe	510
Océans, mers, glaciers permanents	376
Terres émergées dont :	134
• Terres non exploitables	14
• Terres exploitables dont :	120
Terres non arables	87
Terres arables	33



M. Savy © IRD

▲ Les champs cultivés, aux alentours de Bogande, province de la Gnagna, Burkina Faso.

> ZOOM | **Terre et sol : deux concepts imbriqués**

Le concept de « terre » est plus large que celui de « sol ». En effet, le « sol » constitue l'objet principal du concept de « terre » :

La terre est la « *partie de la surface terrestre qui englobe toutes les composantes naturelles, normalement stables ou ayant une dynamique cyclique prévisible, qui sont situées au-dessus et en-dessous de cette surface. Ces composantes sont le sol, l'atmosphère et le climat, les formes du modelé, le matériau originel du sol, l'eau, la faune, la végétation, les résultats d'activités humaines présentes ou passées, dans la mesure où elles ont des conséquences significatives sur l'utilisation actuelle et future du terrain par l'Homme* » (Brabant, 1991).

Le sol, quant à lui, est le « *produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent* » (Lozet et Mathieu, 1990).

ET POURTANT...

La plupart des États considèrent que leurs ressources en terres arables sont inépuisables et qu'elles ne constituent pas une priorité. Pourtant, ce patrimoine foncier national est une ressource précieuse car non renouvelable. Parallèlement, les médias n'attachent pas plus d'importance à la terre. Par exemple, un cahier spécial de 162 pages du quotidien national *Le Monde* de décembre 2009—intitulé *Bilan Planète*—incluait un CD-ROM *Les enjeux du développement durable* comportant 50 cartes. Sur les 162 pages au total, une demi-page seulement était réservée à l'état des sols en Afrique. Quelques commentaires mentionnaient la possibilité de location à long terme de terres arables en Afrique et en Asie par des pays très peuplés et prévoyants, ou encore par des pays pétroliers à gros moyens financiers. Aucune des 50 cartes ne mentionnait les ressources en terres ni la désertification. Il existe donc un manque d'intérêt flagrant pour cette ressource naturelle vitale pour l'humanité. Le manque de communication par les spécialistes des terres n'est cependant pas à exclure pour expliquer en partie cette carence...

LE SOL : UNE PELLICULE EXTRÊMEMENT MINCE RECOUVRANT LES TERRES ÉMERGÉES

L'Année Internationale de la Planète Terre (2009) a consacré un de ses thèmes principaux au sol : « Le sol, épiderme de la planète », un épiderme en fait mince et fragile.

Comparons le globe terrestre à une orange de 80 mm de diamètre entourée d'une peau de 4 mm. L'une des fonctions de cette peau est de protéger le fruit. Les parties émergées du globe sont aussi recouvertes d'une « peau »—le sol— dont l'épaisseur est en moyenne de 2 à 3 mètres, parfois 0,2 mètre seulement pour un diamètre moyen du globe de 6 371 km...

Cette « peau » terrestre est environ 100 000 fois plus fine que celle d'une orange ! Elle est également infiniment plus mince que la peau d'un corps humain que l'on protège pourtant avec soin... Pourtant, cette « peau » terrestre, ultra-mince et fragile, est le support de la vie sur la planète et le support de la plupart des constructions humaines. Elle a des fonctions absolument vitales pour l'humanité.

© P. Brabant



▲ Togo, région de Dayes. Sol peu épais (0,5 m), formé sur une roche dure et peu altérable (quartzite et schiste).

► Togo, région de Dayes. Ce sol très mince (0,2 m) peut être complètement érodé en moins de 10 ans, si des précautions antiérosives ne sont pas prises pour son exploitation.



© P. Brabant

LES SEPT FONCTIONS PRINCIPALES DU SOL

Le sol possède sept fonctions essentielles. Six d'entre elles ont un impact positif pour l'agriculture et l'environnement. En revanche, la septième fonction peut avoir, parfois, un impact négatif.

■ **Le sol sert de support pour les plantes et pour les constructions.** C'est la première fonction du sol, puisqu'elle permet aux espèces herbacées et arborées d'implanter leurs racines. La profondeur de sol nécessaire dépend de la physiologie de la plante. Par ailleurs, de nombreuses constructions sont bâties sur le sol et non sur son soubassement. En cas de glissement de terrain ou d'érosion latérale par sapement, les constructions peuvent s'écrouler.

■ **Le sol est une banque d'éléments nutritifs pour les plantes.** Le sol a une capacité de stockage pour différents éléments : calcium, magnésium, potassium, sodium, azote, phosphore et oligoéléments. Cette capacité varie avec la quantité de **matière organique** ainsi qu'avec la quantité et la nature de l'argile contenue dans le sol. Au fur et à mesure des besoins, le sol met ces éléments nutritifs à la disposition de la plante, qui les absorbe par les racines.

■ **Le sol est un régulateur de température.** Les fluctuations journalières et annuelles de la température de l'air sont fortement atténuées dans le sol, ce qui est important dans certaines zones, celles arides en particulier.

■ **Le sol est un réservoir pour l'eau.** En effet, il a une capacité de stockage et de restitution progressive de l'eau. Entre des averses ou pendant une période de sécheresse, il assure ainsi un approvisionnement plus ou moins régulier en eau pour les plantes. Cette capacité de stockage varie d'un sol à l'autre en fonction de sa composition granulométrique, minéralogique et de sa porosité.

■ **Le sol est un épurateur biologique.** L'activité de la **macrofaune** et de la microfaune du sol assure la décomposition des amendements organiques (débris végétaux, fumier, paille, autres résidus de cultures) et recycle ainsi les éléments nutritifs du sol. Cette activité peut aussi, mais dans une certaine mesure, transformer et résorber des résidus polluants et pathogènes.

■ **Le sol stocke le carbone.** Les sols du globe terrestre stockent environ 1 500 milliards de tonnes de carbone. Cela représente trois fois plus que la quantité stockée dans la biomasse terrestre et deux fois plus que celle de l'atmosphère. Cela a une incidence importante sur les gaz à effet de serre, comme le gaz carbonique (CO₂) et le méthane (CH₄), et donc sur le réchauffement climatique de notre planète (hypothèse avancée par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat et un certain nombre de scientifiques).



J.-L. Janeau © IRD

■ **Le sol stocke des produits toxiques** provenant de diverses sources—agricoles, industrielles et autres. Ils sont adsorbés par les fractions argileuses, organiques et les hydroxydes. Ainsi, les métaux lourds, la dioxine, des éléments radioactifs et d'autres produits peuvent persister dans la terre durant de nombreuses années après la pollution. Cette dernière fonction peut ainsi engendrer des impacts négatifs pour l'agriculture et l'environnement.

Les sept fonctions, décrites ci-dessus, sont en relation avec une utilisation principalement agricole du sol. Celui-ci remplit aussi d'autres fonctions, par exemple :

- C'est une réserve de matériau de construction dans les zones démunies de roches dures. On peut citer la latérite pour la construction de routes et de pistes d'aéroport, l'argile utilisée depuis des siècles pour la construction de maisons et la poterie.
- C'est un lieu de sépulture pour la plupart des 85 milliards d'humains ayant vécu depuis l'origine de l'humanité.
- C'est un abri pour les combattants durant les guerres depuis le début de l'utilisation d'armes à forte capacité de destruction (guerre de Crimée en 1855, surtout depuis 1914). « *Pour personne, la terre n'a plus d'importance que pour le soldat* » (Remarque, 1956).
- C'est enfin un conservatoire des activités humaines préhistoriques et historiques : le sol contient des restes à travers les âges (charbon, poteries diverses, etc.) permettant de dater ces activités.

ÉROSION, DÉGRADATION, DÉSERTIFICATION : DES TERMES À NE PAS CONFONDRE

La dégradation des terres a drastiquement augmenté depuis une soixantaine d'années, partout sur la planète, du fait de la croissance démographique et de l'expansion industrielle. Mais attention ! Désertification, érosion et dégradation des terres sont des processus bien distincts qu'il est important de ne pas confondre...

Érosion et dégradation : deux processus différents

L'érosion se produit quand tout ou partie du sol est déplacé hors du site où il se trouve, sur une distance variable, par l'action de l'eau, du vent, de la gravité ou encore des outils agricoles ou des aménagements humains. Par conséquent, l'érosion est un processus irréversible quand le sol est entraîné dans les rivières en direction de la mer.

La dégradation *stricto sensu* (s.s.) se produit quand le sol est dégradé sur place sans déplacement ni perte de matériau. La dégradation s.s. porte donc sur les propriétés physiques, chimiques et/ou biologiques du sol. En général, il s'agit d'un processus réversible comme c'est le cas, par exemple, de l'**acidification** des terres.

La désertification : un cas particulier de l'érosion et de la dégradation s.s.

La désertification est l'érosion et/ou la dégradation s.s. qui se produit dans un **environnement climatique à faible pluviosité**. Selon l'article 1 de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (Paris, 1994), la désertification désigne « *la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines* ».

Le mode d'érosion dominant est l'érosion éolienne, mais la désertification provient aussi de l'érosion hydrique, de la dégradation s.s. physique et chimique du sol, comme la **salinisation** et l'**aridification**. La désertification correspond souvent à une situation où la part respective du climat et celle des activités humaines sont les plus difficiles à établir.

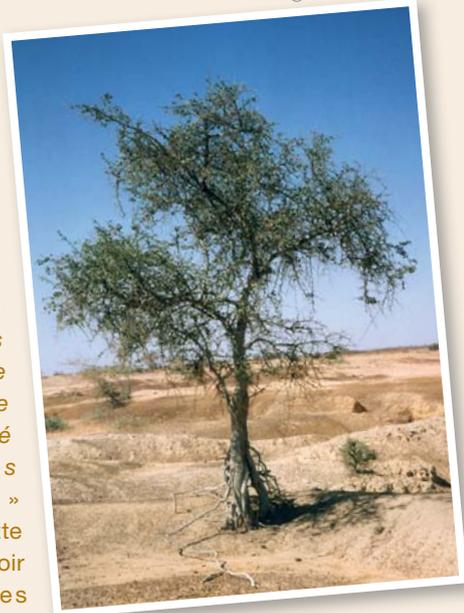


▲ Érosion des sols en Afrique du Sud.

> ZOOM | À propos de la dégradation des terres...

© P. Brabant

La dégradation des terres « est un processus qui **réduit ou qui détruit** la capacité des terres pour la production agricole, végétale et animale, et pour la production forestière. Elle résulte des activités humaines ou elle est un phénomène naturel aggravé par l'effet des activités humaines » (Brabant, 2008). Cette dégradation peut avoir les conséquences suivantes :



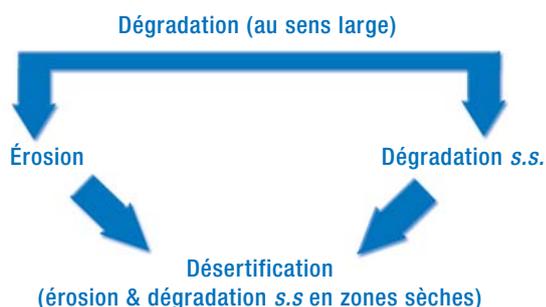
- une détérioration plus ou moins importante de l'une ou de plusieurs des sept fonctions principales du sol ;
- la disparition du sol ;
- la transformation du sol pour une utilisation autre qu'agricole ;
- la pollution du sol qui rend les zones concernées inexploitable ou encore exploitables, mais avec des contraintes majeures pour une utilisation agricole.

La dégradation affecte d'abord le sol, principal composant de la terre. Quand la dégradation du sol atteint un certain degré de sévérité, les autres composants de la terre sont aussi progressivement affectés : la nature et la densité de la végétation spontanée, la dynamique de l'eau sur le sol et dans le sol, les réserves en éléments nutritifs, la faune du sol, le rendement des cultures, le mode d'exploitation et le type d'[utilisation des terres](#). Ajoutons à cette liste la réflectance de la surface du sol, paramètre utilisée pour l'interprétation des images satellitaires afin d'identifier et de suivre l'évolution de la dégradation des terres sur la planète. La réflectance du sol est en effet rapidement modifiée quand le sol est érodé ou dégradé. Ainsi l'érosion, mais aussi des types de dégradation physiques (comme l'encroûtement, la compaction, l'[aridification](#)) ou de dégradation chimique (comme la [salinisation](#)), sont repérés sur les images, alors que leur repérage *de visu* sur le terrain n'est pas forcément évident.

▲ Burkina Faso. Terre très fortement dégradée. Il ne subsiste que quelques arbustes épineux.

Le terme « désertification » est aussi employé par les médias dans un sens très différent de celui utilisé ici. Il désigne alors l'abandon de zones rurales par la population, telle l'expression « désertification des campagnes » en Europe.

Les détails des processus d'érosion et de dégradation s.s. ne sont pas décrits dans ce document. Le lecteur intéressé pourra se reporter aux nombreux ouvrages spécialisés, s'il recherche des informations plus détaillées sur ces processus, la gestion conservatoire des sols, la prévention et la [restauration](#) des terres dégradées (De Noni *et al.*, 2009 ; Roose, 1994).



> ZOOM | Le programme GLASOD : évaluation mondiale de la dégradation des sols sous l'effet des activités humaines

Ce programme, initié par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et mis en œuvre par la *World Soil Information* (ISRIC), avait pour objectif de présenter une carte mondiale de l'état de dégradation des sols au Congrès mondial de la Science du Sol de Kyoto en 1990, puis au Sommet de Rio en 1992. La carte mondiale du GLASOD n'est pas une synthèse faite à partir des cartes nationales de dégradation des terres. En effet, la plupart des pays ne disposait pas à l'époque d'une telle carte. Il s'agit d'une carte originale, réalisée entre 1987 et 1990 à partir de la compilation de données existantes et de quelques observations de terrain effectuées en 1988 et 1989.

La procédure était la suivante : les continents ont été subdivisés en 21 régions regroupant chacune plusieurs pays. Un représentant national (généralement du Service national des sols) devait fournir les données sur son pays en se fondant, autant que possible, sur les directives de l'ISRIC pour réaliser la carte. Ces directives énuméraient une liste d'indicateurs (degré de dégradation par exemple) sans indiquer la manière de les déterminer. Un coordinateur régional regroupait ensuite les données nationales, tentait de les harmoniser avant de les transmettre à l'ISRIC. Celui-ci a regroupé l'ensemble des régions et réalisé la carte mondiale (échelle 1/10 000 000) selon la méthode de cartographie manuelle traditionnelle. La version originale sur papier, achevée en 1990 puis diffusée en 1991, a été ensuite numérisée. Une série de données numériques calculées a accompagné la publication, en 1992, de la seconde carte dérivée de l'originale.

Pierre Brabant, auteur de ce dossier thématique, coordinateur de la région de l'Afrique de l'Ouest et Centrale (25 pays), a pu constater les difficultés pour réaliser un tel travail en si peu de temps et si peu de moyens. En effet, les responsables nationaux ont eu quelques mois—un an tout au plus—pour présenter leurs résultats. On peut alors aisément imaginer la difficulté des pays africains, surtout ceux politiquement instables, pour mener à bien cette tâche dans les délais impartis. La méthode était fondée essentiellement sur l'expertise avec parfois des références aux directives de l'ISRIC. Finalement, les travaux ont consisté en une compilation des données sur l'état de dégradation des terres (peu nombreuses il y a 20 ans), complétées localement par quelques observations récentes.

En outre, ce même auteur a réalisé, de 1992 à 1998, des cartes de dégradation des terres à l'échelon national au Togo, ou provincial au Vietnam. Il a ainsi pu noter les distorsions importantes avec les résultats affichés par GLASOD. Cependant, les grandes tendances de la dégradation des terres dans le monde sont esquissées dans cette carte. Un des objectifs principaux a donc été atteint. Les responsables de GLASOD ont ensuite fait une analyse critique des résultats, fixant les limites d'exploitation de la carte et des données calculées à partir de la version numérisée. Ils ont également émis des recommandations pertinentes sur les futurs travaux de ce genre. On peut regretter que la carte numérisée ait été largement exploitée par divers auteurs et institutions sans tenir compte de la variabilité de la qualité des informations, inhérente à cette carte.

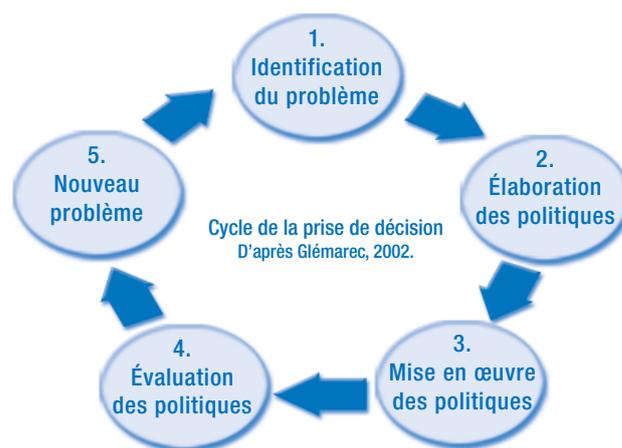
D'après GLASOD, 1988 & ISRIC-UNEP, 1991.
Pour plus d'informations : www.isric.org/UK/About+ISRIC/Projects/Track+Record/GLASOD.htm
Ou www.fao.org/landandwater/agll/glasod/glasodmaps.jsp

ÉVALUER ET CARTOGRAPHIER LA DÉGRADATION DES TERRES : UN PREMIER PAS VERS LA LUTTE CONTRE LA DÉSERTIFICATION

Évaluer et cartographier l'état de dégradation des terres est une étape indispensable avant d'engager toute politique de prévention, de **restauration** ou de protection des terres. À plus long terme, cette action permet d'évaluer les résultats et impacts sur le terrain de ces mêmes politiques. L'une des contraintes majeures a été, jusqu'à présent, le manque d'une procédure harmonisée d'évaluation de la dégradation des terres au niveau international, afin de pouvoir comparer les évaluations entre différents pays et différentes périodes de temps.

Une tentative d'évaluation mondiale de la dégradation des terres

Une carte de l'état de la dégradation des terres dans le monde sous l'effet des activités humaines a été publiée en 1991 par le programme *Global Assessment of human-induced Soil Degradation* (GLASOD), financé et mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) avec le concours du *World*



Soil Information (ISRIC). Ce programme a permis de disposer d'une première approximation de cet état. Cependant, des délais très courts ont été requis pour dresser la carte. C'est pourquoi les directives proposées par l'ISRIC (GLASOD, 1988) pour réaliser les travaux n'ont pas pu être appliquées dans tous les pays. De plus, ces directives n'étaient pas assez explicites et détaillées. Il en a résulté de fortes différences dans l'évaluation d'un pays à l'autre. Cette carte, bien qu'incomplète et hétérogène, a toutefois le mérite d'exister.



▲ Togo, Région centrale. Buttes de terre construites à la houe pour la culture de l'igname. Cette pratique culturelle déplace de grandes quantités de terre, qui peuvent être ensuite entraînées progressivement vers le bas de la pente par gravité.

© P. Brabant

Des évaluations peu représentatives de la réalité

L'évaluation du degré de dégradation—ou stade de sévérité—a été parfois sous-estimée ou, plus souvent, surestimée alors que celle de l'extension a été souvent surévaluée. Selon la FAO (1992), « *les estimations sur l'étendue de la dégradation des terres et/ou celle de leur production peuvent être fortement exagérées. Cela est le fait de gouvernements ou d'intérêts sectoriels dans la conservation des sols.* »

Ces estimations erronées peuvent également être le fait de la subjectivité de l'observateur de terrain. Par exemple, l'attention d'un évaluateur a tendance à être attirée par des types d'érosion bien visibles comme l'érosion par l'eau (ravins par exemple) ou encore par l'érosion éolienne (dunes par exemple). Par contre, la dégradation des propriétés physiques du sol—forte contrainte pour la productivité des terres—est sous-évaluée, car elle n'est pas directement visible sur le terrain. Elle doit souvent être caractérisée à l'aide de tests ou de mesures au laboratoire. C'est pourquoi, selon GLASOD, le pourcentage de terres soumises à la dégradation physique ne couvrirait que 4 % des terres dans le monde, proportion certainement sous-estimée...

Proposition d'une méthode harmonisée d'évaluation de la dégradation des terres liée aux activités anthropiques...

L'objectif principal de ce dossier thématique du CSFD est de diffuser une méthode pour évaluer et cartographier l'état de dégradation des terres. Cette méthode est consultable sur un CD-ROM (Brabant, 2008) publié par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et

réalisé par le Secteur de cartographie de la délégation à l'information et à la communication de l'IRD*. Il existe bien sûr d'autres méthodes d'évaluation et de cartographie de l'état de dégradation des terres.

Cette méthode d'évaluation de la dégradation des terres a retenu certaines des directives générales du programme GLASOD concernant les types, le degré et l'extension de la dégradation. Elle tente toutefois d'apporter des améliorations dans la procédure d'évaluation, en complétant les indicateurs, en les définissant de manière plus précise et en décrivant en détail le cheminement utilisé dans la procédure : depuis la collecte des données jusqu'à la réalisation des cartes et des bases de données. Les directives d'évaluation sont fondées sur des indicateurs aussi fiables que possible, applicables dans tous les pays et dans toutes les zones climatiques, notamment arides et semi-arides à risque élevé de désertification, à diverses échelles—depuis l'exploitation agricole jusqu'à un pays tout entier—et sur des superficies de terrain très variables. Ces directives peuvent évidemment être encore améliorées.

Cette procédure harmonisée est conçue pour permettre de comparer les évaluations d'un pays à un autre et d'une période à une autre et, donc, à terme, de produire une seconde édition améliorée et plus fiable de la carte mondiale de l'état de dégradation des terres sous l'effet des activités humaines.

L'évaluation se fait grâce à un diagnostic fiable fondé sur des observations. Pour cela, il est nécessaire de : (1) qualifier de manière précise les divers types de dégradation et (2) quantifier le degré et l'extension

* Pour plus d'informations : www.cartographie.ird.fr/degra_PB.html



© P. Brabant

◀ Sénégal. Début d'ensablement dans une zone de culture intensive d'arachide, où la couche arable est déjà dégradée, facilitant l'action du vent.

▼ Déforestation intensive en Côte d'Ivoire.

E. Roose © IRD



de chaque type à l'aide d'indicateurs pertinents grâce à l'exploitation judicieuse des récentes techniques d'observation (images satellitaires et *Global Positioning System*, [GPS](#)) utilisables à l'échelle planétaire.

La méthode d'évaluation décrite dans ce dossier concerne l'évaluation de l'état actuel ainsi que des causes de la dégradation des terres. Elle ne s'attache pas à l'évaluation du risque de dégradation future. En effet, l'évaluation de l'état relève d'observations et de mesures, tandis que celle du risque relève de la modélisation. L'état, tel qu'il est évalué ici, résulte de l'effet direct ou indirect des activités humaines présentes et passées : activités agricoles, minières, industrielles et autres. Par ailleurs, l'évaluation de cet état de dégradation est faite principalement par rapport à une utilisation agricole des terres.

... pour des utilisateurs variés aux objectifs différents

« Quel que soit l'utilisateur final des connaissances produites par la communauté scientifique, une communication efficace est indispensable pour rendre ces informations compréhensibles et accessibles pour tous » (Bied-Charreton et Réquier-Desjardins, 2007).

Les résultats de cette méthode sont présentés sous forme de carte de l'état de dégradation des terres, fondée sur un seul indice synthétique de dégradation, très simple d'utilisation et d'interprétation et utilisable par des non-scientifiques. Cette carte est également accompagnée d'une base de données gérée par un système d'information géographique (SIG) qui contient toutes les données utiles à l'élaboration de cette carte et à son exploitation.

Ces produits et résultats sont destinés à plusieurs groupes d'utilisateurs dont les objectifs peuvent être différents : (1) politiciens et décideurs, (2) techniciens et exploitants, (3) personnels scientifiques.

En effet, les résultats ne doivent pas rester confinés dans un cercle restreint de spécialistes ; ils doivent être facilement utilisables par les décideurs pour aider à la mise en œuvre de politiques pour prévenir la dégradation ou restaurer des terres dégradées. **Connaître l'état de dégradation, c'est-à-dire identifier le problème, constitue la première phase du cycle de décision, indispensable pour la suite des opérations.** Les résultats doivent aussi être exploitables par les médias à partir de présentations vulgarisées.

Le document synthétique (carte et fascicule, voir chapitre suivant) peut intéresser les politiciens et les décideurs qui souhaitent connaître la gravité de la dégradation des terres, leur étendue et leur localisation, avant de prendre toute décision et d'entreprendre des actions éventuelles de [restauration](#), préservation ou autres. Synthétique et significatif, ce document, facile à interpréter, peut permettre à ces décideurs d'évaluer l'état des terres dans une province, un pays ou une région, en fonction d'un seul indice de dégradation agrémenté d'une couleur significative sur une carte. Cet indice indique les zones où l'état des terres est satisfaisant, préoccupant ou critique. Les décideurs peuvent prendre les décisions en fonction du contexte socioéconomique, budgétaire... voire électoral. Ce résultat synthétique peut aussi intéresser les médias et les organismes internationaux comme ceux des Nations Unies.

La procédure d'évaluation est, quant à elle, aisément utilisable par les personnes chargées d'effectuer l'évaluation et la cartographie de la dégradation des terres dans un pays ou une région du monde grâce aux directives normalisées proposées. Les indicateurs complémentaires (voir page 34), sont destinés aux ingénieurs, aux exploitants et autres techniciens, chargés de mettre en œuvre les actions de lutte contre la dégradation dans les zones sélectionnées par les décideurs.



▲ Un arbre épineux rescapé dans un terrain fortement dégradé au Burkina Faso.

© P. Brabant

Construction de l'indice synthétique de dégradation des terres



© P. Brabant

▲ Cameroun, région de Maroua. Grande nappe ravinante s'étendant sur plusieurs centaines de mètres. L'épaisseur de sol raviné dépasse 1 m. La pente du plateau raviné et déjà aridifié est inférieure à 2 %.

La méthode d'évaluation et de cartographie décrite dans ce dossier repose sur un indice synthétique de dégradation des terres qui sert à constituer une représentation cartographique de la dégradation des terres de la superficie étudiée. Cet indice est calculé à partir de trois indicateurs principaux : (1) le **type** de dégradation, (2) l'**extension** sur le terrain du type de dégradation identifié et (3) son **degré** de dégradation.

> ZOOM | Indicateurs et indices : des outils pour mesurer ou apprécier un état

Un **indicateur** est un paramètre ou une valeur calculée à partir de paramètres, donnant des indications sur—ou décrivant—l'état d'un phénomène, de l'environnement ou d'une zone géographique d'une portée supérieure aux informations directement liées à la valeur d'un paramètre.

Un **indice** est un ensemble de paramètres ou d'indicateurs agrégés ou pondérés donnant une situation.

D'après OCDE, 1994.

PREMIER INDICATEUR : LES TYPES DE DÉGRADATION

Trente-six types et sous-types de dégradation sont identifiés et peuvent faire l'objet d'une évaluation. Ils sont classés selon trois catégories principales : (1) érosion, (2) dégradation s.s. et (3) des dégradations qualifiées de « diverses ». Tous sont induits ou aggravés par les activités humaines. Les sous-types de dégradation (en tout 26) qui peuvent se manifester dans les zones à risque de désertification sont indiqués en marron dans le tableau ci-contre. Chaque type et sous-type est représenté par un symbole compréhensible au niveau international (par exemple Ws pour *Water sheet erosion* ou érosion en nappe).

Les dix sous-types les plus fréquemment rencontrés dans les aires sujettes à la désertification (en marron tramé dans le tableau) sont l'érosion en nappe, l'érosion linéaire, la **déflation**, l'**ensablement**, la formation de dune, les encroûtements à la surface du sol, l'**aridification**, le déficit en éléments nutritifs, la **salinisation** et l'**alcalinisation**.

Afin de connaître et d'identifier chacun des sous-types sur le terrain, le lecteur intéressé se reportera aux fiches descriptives incluses dans le CD-ROM (Brabant P., 2008) ; chaque fiche comporte 14 rubriques destinées à aider le personnel de terrain dans l'exercice d'identification et d'évaluation de la dégradation (définition, description, etc.).

▼ Liste des types et sous-types de dégradation des terres et leurs symboles
 Entre parenthèses sont représentés les symboles des types et sous-types.

Catégorie	Type	Sous-type
Érosion	Érosion par l'eau (W comme <i>Water</i>)	Érosion en nappe (Ws, s comme <i>sheet</i>)
		Érosion linéaire, en griffe, rigole, nappe ravinante (Wd, d comme <i>deformation</i>)
		Érosion linéaire, en ravin (Wr, r comme <i>ravine</i>)
		Glissement de terrain et effondrement (Wl, l comme <i>landslide</i>)
		Érosion urbaine* (Wu, u comme <i>urban</i>)
		Érosion marine littorale (Wm, m comme <i>marine</i>)
	Érosion des berges (Wb, b comme <i>bank</i>)	
	Érosion par le vent (E comme <i>Eolian</i>)	Déflation (Ew, w comme <i>wind</i>)
		Ensablement (Es, s comme <i>sand</i>)
		Formation de dune (Ed, d comme <i>dune</i>)
Érosion aratoire et mécanique (M comme <i>Mechanical</i>)	Érosion aratoire due aux pratiques culturales (Mp, p comme <i>practice</i>)	
	Décapage du sol au cours du défrichement (Mc, c comme <i>clearing</i>)	
Dégradation (<i>stricto sensu</i>)	Dégradation physique (P comme <i>Physical</i>)	Diminution d'épaisseur de la couche humifère (Pt, t comme <i>thickness</i>)
		Déstabilisation des agrégats et de la structure du sol (Ps, s comme <i>structure</i>)
		Encroûtements à la surface du sol (Pc, c comme <i>crusting</i>)
		Compactage, prise en masse et durcissement (Ph, h comme <i>hardening</i>)
		Aridification (Pa, a comme <i>aridification</i>)
		Submersion ou arrêt de la submersion (Pw, w comme <i>waterlogging</i>)
	Subsidence du sol (Pl, l comme <i>lowering</i>)	
	Dégradation chimique (C comme <i>Chemical</i>)	Déficit en éléments nutritifs (Cn, n comme <i>nutrient</i>)
		Excédent en éléments nutritifs (Ce, e comme <i>excess</i>)
		Acidification (Ca, a comme <i>acidification</i>)
		Salinisation (Cs, s comme <i>salinisation</i>)
		Alcalinisation (Ck, k comme <i>alkalinisation</i>)
	Dégradation biologique (B comme <i>Biological</i>)	Pollutions diverses (<i>pro parte</i>) (Cp, p comme <i>pollution</i>)
		Réduction du contenu du sol en matière organique (Bm, m comme <i>organic matter</i>)
		Réduction de la quantité de la macrofaune du sol (Bq, q comme <i>quantity</i>)
		Réduction de la biodiversité de la macrofaune (Bd, d comme <i>biodiversity</i>)
Dégradations diverses (D comme <i>Diverse</i>)	Urbanisation et autres constructions (Dc, c comme <i>construction</i>)	
	Exploitation minière à ciel ouvert et carrière (Dm, m comme <i>mining</i>)	
	Pollution par des produits radioactifs (Dr, r comme <i>radioactivity</i>)	
	Dégradations dues à des guerres et des conflits (Dw, w comme <i>war</i>)	Présence de mines antipersonnel (Dw-m, m comme <i>mine</i>)
		Présence de munitions non explosées (Dw-e, e comme <i>explosive</i>)
		Déformation du terrain due aux bombardements (Dw-b, b comme <i>bomb</i>)
		Application massive de défoliants (Dw-d, d comme <i>defoliant</i>)
Utilisation de munitions à uranium appauvri (Dw-u, u comme <i>uranium</i>)**		

■ En marron tramé : les dix sous-types les plus fréquents dans les zones affectées par la désertification.

■ En marron : les 26 sous-types de dégradation qui peuvent se manifester dans les zones à risque de désertification.

* Érosion en ravines et en ravins dans les secteurs périphériques et non asphaltés des villes des pays en développement.

** Lors des conflits dans les Balkans, en Irak, au Koweït et en Afghanistan, les troupes de l'OTAN, les coalisés et l'armée américaine principalement, ont abondamment utilisé des munitions à uranium appauvri. Les débris très fins d'uranium appauvri émis par l'explosion de la munition à l'impact se déposent sur le sol en le contaminant.

> ZOOM | La question de l'échelle de travail

Pour déterminer l'extension de la dégradation, on est d'emblée confronté à une question d'échelle avec ses conséquences sur le mode et la densité des observations, la durée des travaux nécessaires à l'évaluation, leur coût et la présentation claire des résultats.

Les grandes échelles (1/10 000 par exemple), conviennent à de petites superficies ne dépassant pas 100 km². Les petites échelles (1/100 000, 1/200 000, 1/500 000) sont utilisables pour de vastes superficies, couvrant une province ou un pays tout entier. On peut objecter que l'utilisation des SIG et des données numériques permet de s'affranchir des échelles. C'est exact, mais en partie seulement. Une carte d'état de dégradation réalisée à l'échelle originale de 1/10 000 peut être réduite à celle de 1/100 000. Cela est acceptable car il n'y a pas de perte en précision, ni en lisibilité grâce à l'exploitation du SIG.

Mais l'inverse n'est pas vrai. D'autre part, on ne procède pas de la même manière pour évaluer un bassin versant de 10 km² et la totalité d'un pays couvrant 300 000 km². Le temps nécessaire et le budget requis sont des contraintes incontournables. Il faut ainsi moduler la méthode en fonction de la superficie de terrain à évaluer. Celle-ci détermine l'échelle de base des travaux et finalement le coût de ces travaux, avec l'objectif d'obtenir le meilleur rapport entre le coût et la qualité des résultats.

DEUXIÈME INDICATEUR : L'EXTENSION DE LA DÉGRADATION

Après avoir identifié le type de dégradation, il est nécessaire de calculer son extension définie comme « *la superficie de terrain soumise à un type ou un sous-type donné de dégradation dans une zone déterminée* » (Brabant, 2008). L'extension de la dégradation, indicateur quantitatif, s'exprime en pourcentage de la superficie étudiée.

Connaître l'indicateur « extension » est nécessaire pour mener une politique de gestion des terres. En effet, son coût varie selon le type de dégradation, bien sûr, mais aussi selon la superficie concernée.

Comment déterminer l'extension de la dégradation ?

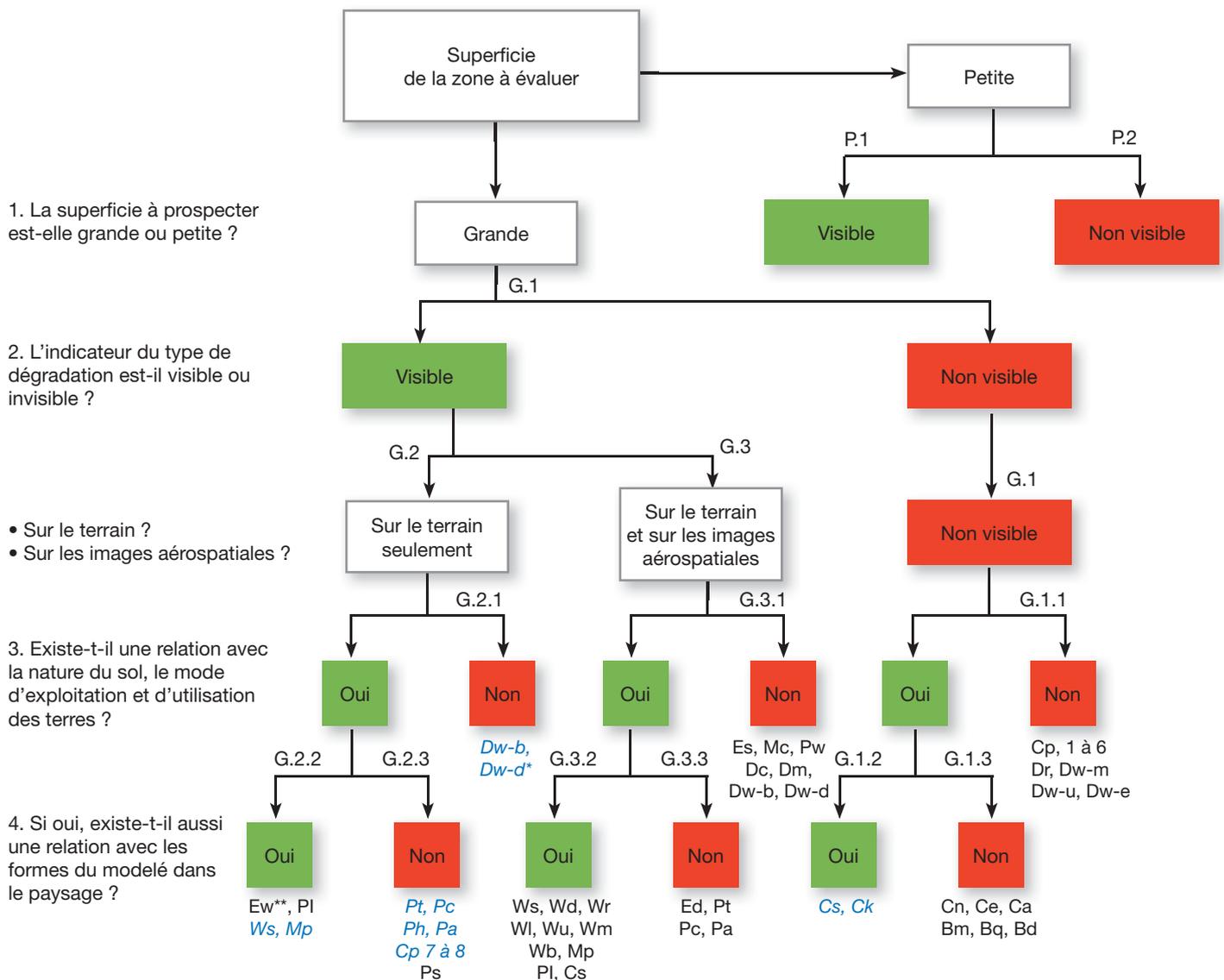
Cette procédure comporte trois opérations :

- ① repérer l'extension dans le paysage *de visu* ou à l'aide d'images aérospatiales ;
- ② localiser et reporter les observations sur une carte ;
- ③ calculer la superficie concernée.

Cinq questions sont à se poser pour évaluer l'extension :

- ① La superficie de terrain à prospecter est-elle petite ou grande ?
- ② Le type de dégradation est-il visible à l'œil ou non ? Sur le terrain et/ou sur les images aérospatiales ?
- ③ Le type de dégradation est-il toujours non visible ou devient-t-il visible quand le degré de dégradation est élevé ? (Par exemple : la [salinisation](#) devient visible quand elle a atteint un stade avancé).
- ④ Le type de dégradation est-il en relation avec la nature du sol, le mode d'exploitation ou le type d'[utilisation des terres](#) (cultures pluviales, cultures irriguées, pâturage, etc.) ?
- ⑤ Le type de dégradation est-il en relation avec les formes du modelé dans le paysage (crêtes, versants, plaines, etc.) ?

La réponse à ces questions permet de choisir la procédure à mettre en œuvre. La figure ci-contre représente une clé pour aider à l'évaluation de l'extension en fonction des réponses apportées aux questions précédentes.



▲ Clé pour évaluer l'extension des divers sous-types de dégradation (d'après Brabant, 2008)

G : grande superficie • P : petite superficie

* Le symbole est en *italique* (bleu) quand le type ou le sous-type a un degré faible à moyen de dégradation ; il est alors non-visible ou visible seulement sur le terrain.

** Le symbole est en caractère normal (noir), quand le type ou le sous-type a un degré fort à très fort ; il est alors visible sur le terrain ou sur le terrain et les images.

Évaluation de l'extension sur une petite superficie de terrain

Une petite superficie (de 1 à 100 km² environ) correspond à une exploitation agricole, un groupe d'exploitations, un petit bassin versant, une commune ou toute autre entité territoriale de dimension similaire. Le volume des travaux à effectuer permet de réaliser une prospection systématique sur le terrain et donc de constater directement l'extension d'un type de dégradation. Deux cas sont alors possibles :

■ **Les types de dégradation sont visibles sur le terrain et sur les images** (voir figure ci-dessus, P.1). C'est la situation la plus simple. Il suffit de repérer sur le terrain les zones concernées par le type de dégradation, de reporter les observations sur une carte à grande échelle, puis de calculer les superficies dégradées pour en connaître l'extension. L'observation *de visu* peut être complétée par l'utilisation de photos aériennes à grande échelle (de 1/5 000 à 1/20 000), par un survol aérien, par l'interprétation d'images satellitaires à haute résolution, actuellement disponibles. L'utilisation

du **GPS** permet de localiser les observations avec précision. Cela concerne tous les sous-types d'érosion par l'eau, le vent, l'érosion mécanique, la dégradation s.s. physique, la pollution par des déchets solides et des dégradations diverses.

■ **Les types de dégradation ne sont pas visibles, ni sur le terrain, ni sur les images** (voir figure ci-dessus, P.2). Dans ce cas, il est nécessaire d'effectuer sur le terrain les mesures et tests requis selon le type de dégradation concerné ou de prélever des échantillons pour des analyses en laboratoire, après avoir dressé un plan d'échantillonnage permettant le traitement statistique des résultats. Ces opérations peuvent être préparées ou complétées par des enquêtes auprès des exploitants et des habitants pour connaître les pratiques culturelles, l'histoire des parcelles de terre et acquérir des informations sur les conflits armés qui ont pu se produire dans la région. Cela concerne les sous-types de dégradation s.s. chimique et biologique, la pollution chimique et la pollution radioactive ainsi que les dégradations dues aux conflits.

> ZOOM | Extension de la dégradation : que faire quand le type de dégradation n'est pas visible ?

C'est la principale difficulté pour déterminer l'extension. Pour la résoudre, la meilleure solution est d'exploiter judicieusement les données de base, de s'y référer et de rechercher laquelle, ou lesquelles, de ces données ont une relation avec le type de dégradation concerné. Les données de base sont celles existantes sur le milieu naturel et le contexte socio-économique (carte, images d'archives, données de terrain, etc.). On procède alors à l'analyse de ces données en faisant des déductions ou des hypothèses qui sont vérifiées ensuite sur le terrain. Voici quatre exemples d'utilisation de documents de base pour illustrer cette pratique :

① L'occupation et l'[utilisation des terres](#) indiquent les zones exploitées et non exploitées ainsi que les types d'utilisation pouvant induire un type de dégradation. Par exemple, la riziculture irriguée peut provoquer une compaction du sol vers 30 cm de profondeur ou la salinisation, mais pas d'[aridification](#) ni d'encroûtement. La culture pluviale sur pente favorise l'érosion en nappe et l'érosion aratoire, mais pas la compaction, etc.

② La nature des sols fournit aussi des indications. Les planosols et les vertisols sont sensibles à l'aridification alors que les sols ferrugineux le sont à l'érosion en nappe, à la déstabilisation de la structure, l'encroûtement. Les sols tourbeux sont sujets à la subsidence. Il faut donc connaître la sensibilité de chaque catégorie de sols aux divers types de dégradation.

③ Les pratiques culturales, connues à partir des statistiques et des enquêtes auprès des agriculteurs, renseignent sur l'emploi d'engrais, de produits phytosanitaires, la qualité de l'eau d'irrigation et sur la connaissance qu'ont les agriculteurs des aires dégradées en fonction du rendement des cultures.

④ Les données historiques, fournies par les habitants ou les archives, permettent par exemple de savoir que des troupes de guérilla ont posé des mines antipersonnel dans tel ou tel secteur.

Cependant, il faut être conscient des difficultés rencontrées quand un type de dégradation n'est ni visible sur le terrain, ni détectable sur les images aérospatiales. Dans ce cas, évaluer l'extension sur de grandes superficies peut être autant une affaire d'expertise que de mesures précises dans l'état actuel des techniques d'investigation.



▲ Togo, Région Maritime. Griffes d'érosion évoluant en rigoles dans un champ de manioc implanté sur les Terres de Barre.

Évaluation de l'extension sur une grande superficie de terrain

Au-delà de 100 km², les travaux concernent un district, une province, une région ou un pays tout entier. Le quadrillage systématique du terrain n'est plus possible pour des raisons de coûts et de délais d'obtention des résultats. Il faut alors adopter une procédure pour déterminer l'extension qui consiste à délimiter d'abord des unités physiographiques et à étudier en détail des sites tests choisis dans ces unités (voir chapitre suivant).

Les résultats obtenus dans ces sites tests sont ensuite transposés à la totalité de la superficie des unités physiographiques. Cela en exploitant les images aérospatiales et en effectuant des contrôles de terrain pour vérifier si les hypothèses retenues pour cette transposition sont fiables. Un large usage est donc fait des images satellitaires ou des photos aériennes quand les types de dégradation sont visibles.

Le paramètre le plus important est le fait qu'un sous-type soit visible ou, au contraire, non visible sur les



© P. Brabant



▲ Togo, Région Maritime. Rigole d'érosion formée dans un champ de maïs après une seule pluie d'une hauteur de 80 mm.

© P. Brabant

images. Dans le premier cas, le gain de temps pour les travaux est considérable et la fiabilité meilleure. Les sous-types facilement identifiables, quel que soit le degré de dégradation, sont au nombre de neuf (sur les 36 identifiés). Quand le degré de dégradation est relativement sévère, ce nombre s'élève à 23. Il est prévisible que ce nombre augmentera en relation avec les performances accrues des capteurs embarqués sur les satellites.

La figure page 17 indique les sous-types non visibles (G.1), visibles sur le terrain seulement (G.2), visibles sur le terrain et sur les images (G.3).

Cinq classes d'extension sont définies.

Cinq classes d'extension sont retenues selon le pourcentage concerné. La classe 5, par exemple, signifie que plus de 75 % de la superficie de l'unité physiographique concernée (une plaine irriguée par exemple) est atteinte par la **salinisation**. Les intervalles de limites entre les classes d'extension peuvent être bien sûr modifiés selon les nécessités du terrain, la superficie à évaluer et l'échelle des travaux. Il est cependant recommandé de ne pas constituer plus de cinq classes pour faciliter la constitution de l'indice de dégradation (*voir page 24*).

▼ Les classes d'extension d'un type de dégradation

Classe d'extension	Qualification de l'extension	Limites des classes d'extension d'un type ou sous-type de dégradation dans la zone concernée (en % de la superficie du terrain)
1	Très faible	< 5 %
2	Faible	5 – 25 %
3	Moyenne	25 – 50 %
4	Forte	51 – 75 %
5	Très forte	> 75 %



▲ Togo, Région maritime. Exemple de sol peu dégradé dans une zone plane du plateau des Terres de Barre. La couche humifère à la partie supérieure du sol est épaisse et riche en matière organique.

© P. Brabant



▲ Togo, Région maritime. La teneur en matière organique a fortement baissé dans ce sol. La structure est dégradée. Le sol est devenu compact et l'enracinement est réduit.

© P. Brabant

TROISIÈME INDICATEUR : LE DEGRÉ DE DÉGRADATION

Le degré de dégradation, indicateur qualitatif*, est le stade de gravité (ou de sévérité) atteint par un type de dégradation donné dans une zone déterminée de terrain. Prenons par exemple un cas simple : une terre cultivée a perdu, sous l'effet de l'érosion hydrique en nappe, une épaisseur de 1 cm de sa couche arable, dont l'épaisseur était à l'origine de 20 cm. Le degré de dégradation est alors considéré comme « faible ». Par contre, si la couche de terre érodée atteint 15 cm, le degré est alors considéré comme « fort » ou « très fort ». Ce type d'évaluation n'est pas forcément aussi facile pour tous les sous-types de dégradation.

Deux méthodes d'évaluation du degré de dégradation

Rappelons que le degré est évalué par rapport à un usage agricole des terres en se fondant sur le postulat suivant : plus le degré de dégradation est élevé, plus le rendement agricole des terres diminue. Cela se traduit aussi, dans certains cas, par un accroissement des impacts négatifs sur l'environnement (effet hors-site de l'érosion hydrique par exemple). Le rendement peut même devenir nul si la terre est affectée à un autre usage (cas de l'urbanisation), si la terre a été emportée par l'érosion ou si une pollution chimique ou radioactive majeure la rend inexploitable.

* Un indicateur qualitatif n'est pas le résultat d'un calcul ou d'une mesure précise. C'est une estimation d'expert dont les résultats sont exprimés par des adjectifs. Ainsi le degré peut être « très faible », « faible », etc. Par contre, un indicateur quantitatif est, quant à lui, mesurable et s'exprime en valeurs numériques (ha, %, etc.).

■ **La première méthode** consiste à identifier des propriétés du sol qui sont des marqueurs de son degré de dégradation et qui peuvent avoir un impact négatif sur les rendements agricoles. Ces marqueurs doivent autant que possible être faciles à observer, à mesurer ou à estimer, afin qu'un observateur puisse évaluer aussi objectivement que possible le degré de dégradation. Ce sont, par exemple, la densité du ravinement, la diminution d'épaisseur de la **couche humifère**, la compaction du sol, l'acidité déterminée par la mesure du pH, l'excès de sel, la présence de plantes indicatrices de l'**aridification**, etc.

L'impact du degré de dégradation sur les rendements entre une terre non dégradée et une autre plus ou moins dégradée doit être déterminé en se référant à un même niveau d'intrants. Par exemple, la culture pluviale traditionnelle à faible niveau d'**intrants** avec une mise en jachère périodique.

Cette première méthode détermine donc en amont le degré de dégradation des fonctions du sol qui peuvent induire des baisses de rendement.

■ **La seconde méthode** considère qu'une baisse des rendements ou une diminution du niveau d'**aptitude des terres** (*land suitability*), pour un type d'utilisation donné, indique que la terre est dégradée. En schématisant, on peut dire que cette méthode déduit que la terre est variablement dégradée en fonction de la baisse de productivité constatée. Celle-ci a été utilisée, par exemple, pour évaluer l'état de dégradation des terres en Asie du Sud et du Sud-Est, dans le programme ASSOD (*Soil Degradation in South and Southeast Asia*) (ISRIC,

1995) en reprenant une partie des directives de GLASOD. Selon celui-ci, « le degré actuel de la dégradation du sol (degré de sévérité ou sévérité de la dégradation) est estimé en relation avec les changements d'aptitude agricole, par rapport à la baisse de la productivité et, dans quelques cas, de ses fonctions biotiques ».

L'inconvénient de cette seconde méthode est double. D'une part, l'information nécessaire à l'évaluation peut être rare et d'une fiabilité parfois incertaine. Ce sont souvent les statistiques agricoles qui servent de référence. D'autre part, le niveau et la baisse de productivité ne sont pas toujours en relation directe avec le degré de dégradation de la terre seulement, mais peuvent être aussi liés aux pratiques agricoles ou aux variétés de plantes utilisées. « L'expérience et les connaissances des experts de la région seront requises afin d'éliminer de cette évaluation les autres facteurs qui peuvent avoir contribué à la baisse des rendements, comme une mauvaise gestion des cultures » (FAO-UNEP, 1994). La question se pose aussi de savoir s'il faut évaluer la productivité effective du mode d'exploitation étudié avec son niveau d'intrants ou la productivité potentielle impliquant différents niveaux d'intrants.

Cette seconde méthode nécessite donc le recours à l'expertise, avec les risques de subjectivité que cela comporte. De ce fait, et surtout à cause des problèmes de fiabilité des données disponibles, il semble préférable d'utiliser la première méthode. C'est le choix fait dans le cadre de la méthode présentée dans ce dossier.

Difficulté de mettre en œuvre une approche harmonisée

La détermination du « degré » de dégradation est l'opération la plus difficile de toutes celles qui sont mises en œuvre pour caractériser un état de dégradation. Cela a d'ailleurs été une forte contrainte pour homogénéiser les travaux sur l'état de dégradation des terres dans le monde du programme GLASOD. Les résultats présentés étaient assez souvent hétérogènes, car l'évaluation d'un même degré de dégradation variait d'un pays à l'autre à cause des contextes écologiques très différents et, parfois, des appréciations subjectives des évaluateurs, par manque de nomenclature normalisée sur ce sujet (Brabant, 1997). « La dégradation des terres, bien que nettement perceptible sur le terrain, est plus aisément décrite que quantifiée » (BDPA-SCETAGRI, 1992).

Six principes de base pour évaluer le degré de dégradation

❶ **Les paramètres pour évaluer le degré varient selon les types de dégradation.** Il n'existe aucune règle commune applicable à tous. Par exemple, les normes sont différentes pour déterminer le déficit en éléments nutritifs pour les plantes dans la couche arable et le niveau de sévérité de la [salinisation](#) des terres.

❷ **Le degré peut être dépendant ou indépendant de la nature du terrain.** Il existe souvent des relations entre le degré de dégradation et la nature du terrain ou le mode d'utilisation. Dans certains cas, au contraire, les deux sont totalement indépendants. Par exemple, une pollution chimique ou radioactive accidentelle d'un sol dépend non pas de sa nature mais de sa localisation, c'est-à-dire de sa distance par rapport à la source qui a occasionné cette pollution.

❸ **L'épaisseur du sol est une variable importante à prendre en compte pour la catégorie « Érosion ».** Supposons qu'une forte érosion hydrique arrache chaque année 1 cm de terre à la couche arable (soit 30 cm en 30 ans). L'importance de la dégradation n'est pas la même selon que le sol a une épaisseur de 50 ou de 300 cm. La question se pose alors de savoir comment intégrer l'épaisseur du sol dans le degré de dégradation et dans l'indice synthétique ? La valeur de l'indicateur de « degré de dégradation » va de 1 à 5 (voir le tableau page suivante). On augmente alors d'un point la valeur de l'indicateur pour les sols de 50 à 100 cm d'épaisseur et de deux points pour les sols de moins de 50 cm, en se limitant dans les deux cas à la valeur maximale de 5.

❹ **Certains sols sont plus sensibles que d'autres à un type donné de dégradation.** Par exemple, un sol argileux est beaucoup plus sensible à la salinisation qu'un sol très sableux, parce que le premier a une forte capacité à retenir des ions sodium sur le complexe d'échange. Il peut donc atteindre un degré de salinisation plus élevé qu'un sol sableux sous l'effet d'un même mode d'utilisation.

❺ **Le degré de dégradation dépend parfois des conditions initiales.** Prenons l'exemple de deux sols cultivés, dont la couche de surface a un pH de 4,5. L'un est un sol de zone tropicale forestière humide avec un pH d'origine de 5,0. L'autre est un sol de savane dont le pH d'origine était de 6,8. Dans les deux cas, il y a une acidification. Cependant, le degré d'[acidification](#) est plus élevé dans le second cas que dans le premier parce que les conditions initiales étaient différentes du fait de la nature du sol.

❻ **Le degré de dégradation est évalué dans le cadre de l'agriculture traditionnelle à faible niveau d'intrants et à niveau égal d'intrants d'un degré à l'autre.** Cette agriculture est le mode d'exploitation des terres le plus répandu dans le monde et, en particulier, dans les pays tropicaux en développement. En effet, la perte de productivité des terres dans les pays développés, résultant d'un certain degré de dégradation, peut être temporairement masquée par un apport important de fertilisants chimiques dans le cadre de l'agriculture intensive subventionnée. Le masque tombe quand la dégradation des propriétés physiques du sol finit par se manifester ainsi que les dommages à l'environnement, en particulier la qualité des eaux.

> EXEMPLE | Les classes de degré de dégradation proposées pour l'érosion hydrique en nappe

Le tableau ci-dessous décrit l'érosion hydrique en nappe. Un tableau similaire a été établi pour la plupart des sous-types identifiés (Brabant, 2008). Le paramètre principal qui indique le degré de dégradation est tout d'abord distingué. Ici, il s'agit de la diminution d'épaisseur de la couche arable **humifère** dénommée « **terre végétale** » en langage courant. Les autres variables pouvant influencer directement ou indirectement sur le degré d'érosion en nappe sont ensuite énumérées (variables classées par ordre alphabétique).

Paramètre principal	Diminution de l'épaisseur de la couche humifère
Variables	<ul style="list-style-type: none"> • Densité de population rurale • Densité des cailloux à la surface du sol • Épaisseur de la couche humifère • État de la surface du sol • État du couvert végétal spontané • Modelé du terrain • Mode d'exploitation du sol et régime foncier • Nature du sol et de sa couche supérieure • Pluviométrie, répartition et intensité des pluies • Rugosité de la surface du sol et degré d'activité de la faune en surface • Niveau de productivité des terres • Valeur foncière de la terre

© P. Brabant



▲ Togo, Région Maritime. Forte érosion en nappe sur un terrain à faible pente. La couche humifère du sol a été érodée. Sable blanc résiduel et couche sous-jacente, argileuse et rougeâtre, qui affleure et durcit en séchant.



© P. Brabant

▲ Cameroun, région de Garoua. Érosion en nappe qui a décapé la couche humifère arable. Affleurement de la couche sous-jacente sableuse et blanchâtre.

Classe	Qualification du degré de dégradation	Indicateurs
1	Nul à très faible	Marques de l'érosion naturelle qui varient selon le type de sol et les conditions de terrain. Le terrain est généralement non cultivé et sous végétation spontanée ou situé dans une aire protégée, sans activités humaines.
2	Faible	Diminution d'épaisseur de la couche d'humus inférieure à 1/5 de cette épaisseur dans le sol non défriché ; quelques dépôts de sable sont observés en amont des obstacles sur le terrain (touffes d'herbes, cailloux). Accumulation locale de fractions fines dans les petites dépressions du terrain. Baisse peu ou pas sensible de la productivité.
3	Moyen	Diminution d'épaisseur de la couche d'humus supérieure à 1/5 et inférieure à 1/3. Touffes d'herbes en partie déchaussées ; accumulation de sable fin et de limon à la surface du terrain dans les sites favorables à ces dépôts. Quelques encroûtements en surface couvrant moins de 10 % du terrain. Baisse sensible de la productivité de 25 % environ.
4	Fort	Diminution d'épaisseur de la couche d'humus de moitié environ. Touffes de graminées fortement déchaussées. Racines des arbres et des arbustes dégagées en dessous du collet. Nombreux dépôts de sable et de limon dans les parties basses du terrain. Encroûtements nombreux à la surface du sol. Des aires dénudées, sans végétation spontanée, peuvent couvrir de 10 à 25 % de la surface du terrain. Baisse de la productivité pouvant atteindre 50 %.
5	Très fort	Diminution d'épaisseur des trois-quarts de la couche d'humus. Localement, cette couche a disparu, parfois sur la plus grande partie du terrain. Racines des arbres et arbustes apparentes sur plusieurs centimètres ou décimètres. Couvert végétal spontané fortement réduit. Grandes espaces dénudés. Abondants dépôts de sable, fin et grossier, dans les parties basses du terrain et dans les axes de drainage. Nombreux encroûtements. Couvert herbacé fortement réduit. Zones dénudées pouvant couvrir plus de la moitié de la surface du terrain. Baisse de la productivité supérieure à 75 %. Terrain souvent abandonné.

seuil

D'après Brabant, 2008.



© P. Brabant

▲ Cameroun, région de Maroua. Ravine formée dans un paysage à très faible pente (1 %) et à sol argileux noir de type vertisol.

Cinq classes de degré de dégradation sont définies

Le degré de dégradation peut varier graduellement d'un niveau très faible à un niveau très fort. Il faut établir des classes de répartition entre ces niveaux. Cinq classes sont établies pour chaque type de dégradation en se référant à plusieurs paramètres physiques, socioéconomiques ou de niveau de rendement des cultures. La plupart de ces paramètres ont été sélectionnés à la suite de travaux effectués dans les zones tropicales d'Afrique et d'Asie, parfois d'Amérique du Sud, au cours de ces dernières décennies.

Le seuil de dégradation : valeur au-dessus de laquelle la restauration des terres devient très coûteuse

Pour la majorité des sous-types décrits, il existe un seuil (signalé par un trait épais noir dans les tableaux tels que dans l'exemple ci-contre). Ce seuil est une donnée importante à déterminer. « *Même quand un consensus international existe sur un indicateur idéal d'environnement, la définition de seuils tolérables (écologiquement) reste un exercice difficile. De la qualité de ces seuils dépendra pourtant tout l'intérêt des indicateurs d'environnement* » (Glémarec, 2000).

Le seuil est lié aux possibilités de **restauration** des terres et il est fonction du type de dégradation concerné. Il se situe généralement entre les classes 3 et 4 ou entre les classes 4 et 5. Le coût de la restauration des terres, dont le degré de dégradation est situé au-dessus du seuil, est 10 fois à 100 fois plus élevé que pour celles situées en dessous. Dépasser ce seuil constitue un saut quantitatif dans le coût économique de la réhabilitation et aussi dans la perte de productivité des récoltes induite par le degré de dégradation.

Dans la plupart des cas, on peut considérer que **le seuil est franchi quand le coût de la restauration des terres, dégradées par des activités privées, n'est plus à la portée de l'exploitant des terres et qu'il doit être pris en charge par la communauté**. Voici un exemple caractéristique : l'agriculture intensive et l'élevage porcin hors-sol pratiqués en Bretagne par une fraction très minoritaire de la population a entraîné tellement d'effets négatifs sur la pollution des sols, des eaux continentales et des eaux marines littorales, que les travaux pour améliorer la situation doivent être pris en charge par la Commission européenne, l'État français, les régions, les départements, et donc par la communauté.

▼ Les cinq classes de degré de dégradation

Épaisseur de sol > 100 cm		Épaisseur de sol de 50 à 100 cm		Épaisseur de sol < 50 cm	
Classe de référence	Qualification du degré	Classe de référence équivalente	Qualification du degré	Classe de référence équivalente	Qualification du degré
1	Très faible	2	Faible	3	Moyen
2	Faible	3	Moyen	4	Fort
3	Moyen	4	Fort	5	Très fort
4	Fort	5	Très fort	5	Très fort
5	Très fort	5	Très fort	5	Très fort

L'INDICE SYNTHÉTIQUE D'ÉTAT DE DÉGRADATION DES TERRES

Une fois les trois indicateurs principaux déterminés, il s'agit de les combiner pour constituer un seul indice synthétique.

Constitution de l'indice à partir des trois indicateurs principaux

L'extension et le degré ont été répartis en classes auxquelles est attribuée une valeur allant de 1 à 5. Le sous-type n'a, par définition, aucune valeur numérique; il est représenté par son symbole. On totalise ainsi la valeur de l'extension (de 1 à 5) et celle du degré (de 1 à 5), en pondérant la valeur du degré en fonction de l'épaisseur du sol, si c'est nécessaire. On obtient ainsi un indice numérique synthétique identifié par une valeur de dégradation croissante allant de 1 à 5 et par une couleur comme cela est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Par convention, une couleur différente est attribuée à chaque valeur de l'indice. Plus la couleur est rouge, plus la terre est dégradée, et plus elle est verte, moins elle est dégradée. Des teintes neutres (gris ou blanc), indiquent les terres non concernées par la dégradation, les **terres protégées**, stabilisées ou améliorées.

Présentation des résultats : utilité d'une représentation cartographique ?

Faut-il réaliser une carte ou non ? En effet, la production de cartes montrant l'état de dégradation n'est pas forcément nécessaire puisque, disposant d'une base

de données contenant une multitude d'informations, il est possible d'extraire des cartes de cette base selon les besoins. Mais cela est valable uniquement pour les techniciens... En effet, un décideur ou un financier—et encore moins un politicien—ne s'astreindra à cet exercice laborieux qui est de consulter une base de données complexe. Par contre, une carte simple, avec une gamme de couleurs adéquates, facilite la transmission d'informations synthétiques.

Les résultats peuvent être présentés et exploités selon trois niveaux :

❶ **Premier niveau** : une carte seule montrant les zones variablement dégradées ou non dégradées et comportant deux attributs—l'indice et la couleur correspondante—permet à un décideur de voir d'un seul coup d'œil l'état des terres dans une région ou un pays.

❷ **Deuxième niveau** : le symbole du sous-type dominant de dégradation est ajouté au numéro d'indice et à la couleur. Par exemple, une zone rouge avec un indice 4 et le symbole Cs indique un espace de terrain fortement dégradé par la **salinisation**. Ce niveau d'information peut convenir aux décideurs qui savent que restaurer des terres salinisées est une opération très coûteuse.

❸ **Troisième niveau** : il est recommandé aux techniciens et scientifiques de s'informer sur les indicateurs complémentaires (*voir page 34*), de consulter la base de données contenant des informations détaillées sur chaque zone de la carte, ou d'examiner les détails de la procédure d'évaluation (*voir page 26*).

▼ Constitution de l'indice synthétique d'état de dégradation

Nombre de combinaisons des indicateurs d'extension (gras) et de degré (italique)	Valeur totale de la combinaison de l'extension et du degré	Qualification de l'indice d'état de dégradation	Valeur de l'indice synthétique d'état de dégradation
1+1	2	Très faible*	1
1+2/2+1 1+3/2+2/3+1	3 4	Faible	2
1+4/2+3/3+2/4+1 1+5/2+4/3+3/4+2/5+1	5 6	Moyen	3
2+5/3+4/4+3/5+2 3+5/4+4/5+3	7 8	Fort	4
4+5/5+4 5+5	9 10	Très fort	5

* On pourrait écrire « Nul à très faible ». Cela correspond au niveau de l'érosion naturelle ou à l'érosion naturelle très légèrement activée par les activités humaines.

> ZOOM | Existence de plusieurs types de dégradation dans la même zone

Certains sous-types de dégradation sont exclusifs l'un de l'autre comme, par exemple, la subsidence et l'**aridification** (dans le premier cas, il y a un excès d'eau dans le sol et dans le second un déficit). La formation de dunes et l'**alcalinisation** ne peuvent également pas coexister : les sols des dunes sont très sableux alors que l'alcalinisation se produit dans des sols à forte teneur en argile.

Au contraire, d'autres sous-types peuvent coexister dans le même site, comme l'érosion en nappe et celle en rigoles ou en ravines. Il existe une soixantaine d'associations possibles entre deux, voire trois sous-types (Brabant, 2008). L'érosion hydrique en nappe est celle qui entre dans le plus grand nombre d'associations. Notons aussi que la radioactivité et les dégradations dues aux guerres peuvent être associées à tous les autres sous-types. En effet, elles s'exercent sur toutes les terres, cultivables, exploitables ou non, protégées ou stabilisées ; la dégradation des terres par ces actions n'a pas de limites, d'espace, ni d'intensité.

Le problème se pose de savoir comment agréger cette donnée à l'indice synthétique. Faut-il considérer uniquement le sous-type de dégradation dominant ou aussi le (ou les) principal(x) sous-type(s) associé(s) ?

© P. Brabant



▲ Îles du Cap-Vert. Exemple de très forte concentration en pierres à la surface du sol sous l'effet de la déflation et de l'érosion hydrique.

Dans quelle proportion ? Avec quelle extension et quel degré ? Dans ce cas, il peut être proposé que l'extension et le degré du sous-type de dégradation dominant déterminent la valeur de l'indice. Les caractéristiques du (ou des) sous-type(s) associé(s) sont seulement indiquées dans la base de données, mais pas sur la carte pour ne pas la surcharger. Leur extension et leur degré, s'ils sont connus, peuvent être rajoutés dans les attributs de la base de données.

Comment prendre en compte les terres non dégradées et les zones non dégradables ?

Les catégories de **terres protégées** ou celles améliorées par les activités humaines doivent aussi être répertoriées car elles peuvent servir d'**état de référence** pour des évaluations ultérieures. Elles se divisent en trois catégories (GLASOD, 1988) :

- Zone inhabitée et stabilisée naturellement, principalement par la végétation (cas de la forêt naturelle tropicale) : ce type est potentiellement sensible à la dégradation si l'équilibre naturel est rompu.
- Zone protégée et inhabitée (réserve forestière, parc national, réserve foncière).
- Zone stabilisée ou améliorée par des activités humaines :
 - par des diguettes dans les rizières irriguées ;
 - par des terrasses en agriculture pluviale ;

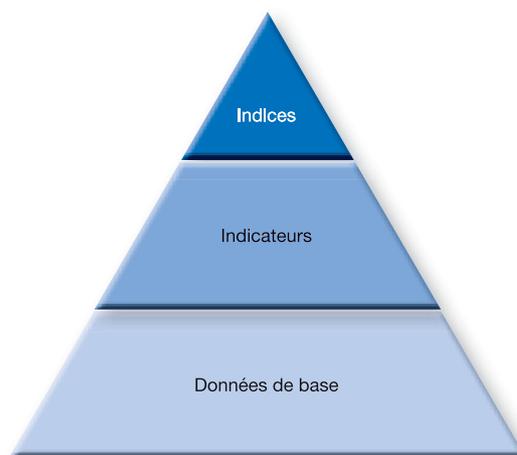
- par la reforestation, par des cultures permanentes ;
- par la poldérisation.

Les zones non dégradables, ou non concernées par l'évaluation, sont celles où il n'a jamais existé d'activités humaines, celles où il a existé des activités très anciennes et celles où il n'existe actuellement pas d'activités humaines qui pourraient entraîner des dommages aux terres. Ce sont les dunes vives, les zones salées naturelles non cultivables, les affleurements de roche dure, les déserts inhabités, les glaciers ainsi que les eaux de surface continentales : lacs, étangs, retenues de barrages, réserves d'eau, etc. Il n'y a pas, en principe, de zones dégradées par des activités humaines dans ces neuf catégories, sauf dans des cas particuliers, par exemple la pollution par des produits radioactifs à longue durée de vie (chimiques ou radioactifs), ou encore les mines qui peuvent être toujours actives après plusieurs décennies...

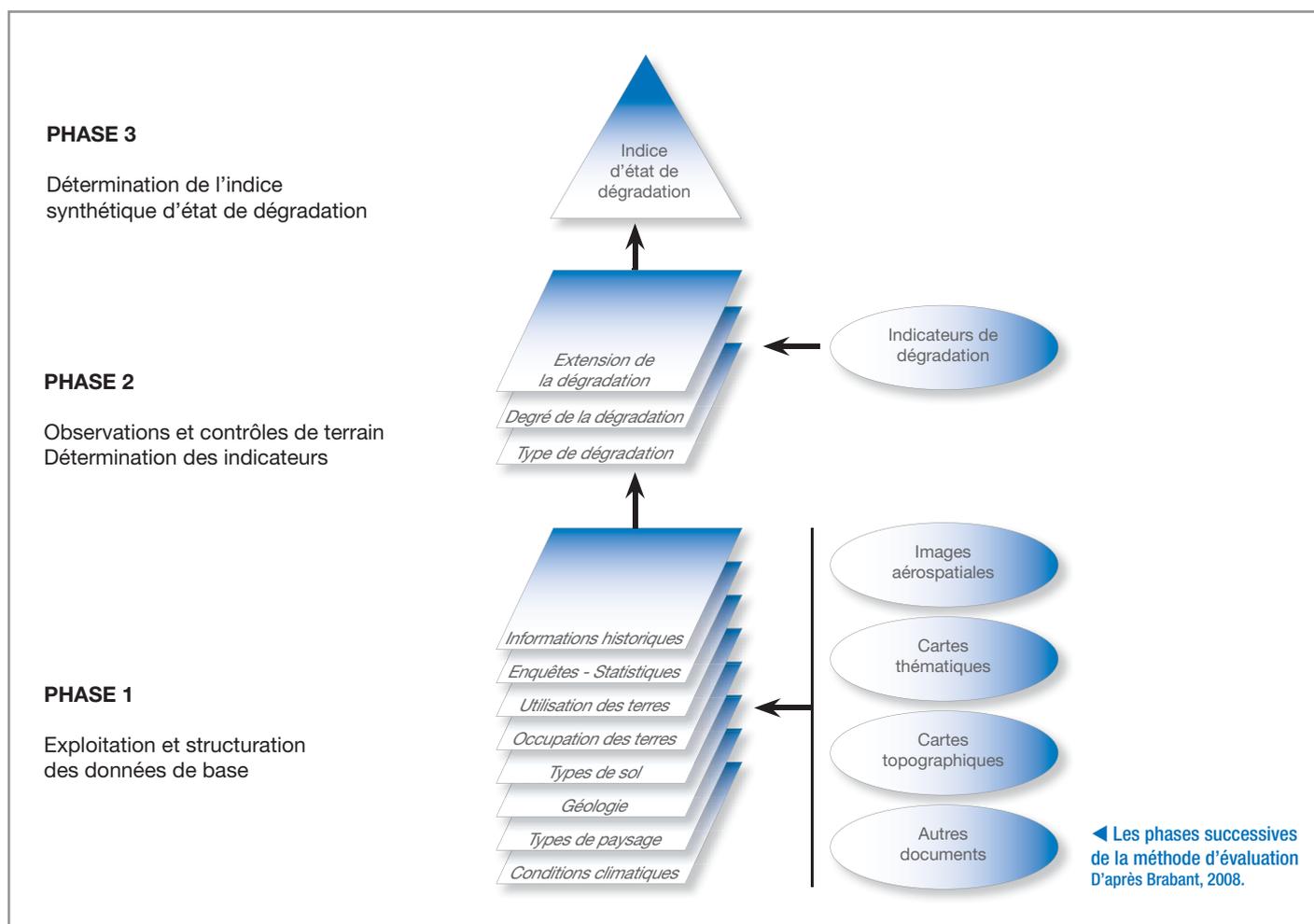
Méthode d'évaluation de la dégradation des terres liée aux activités humaines

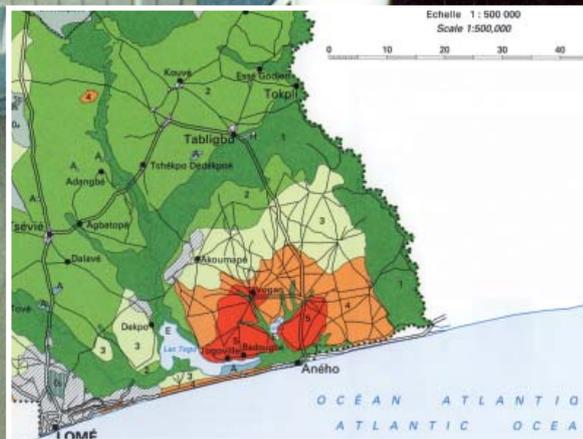
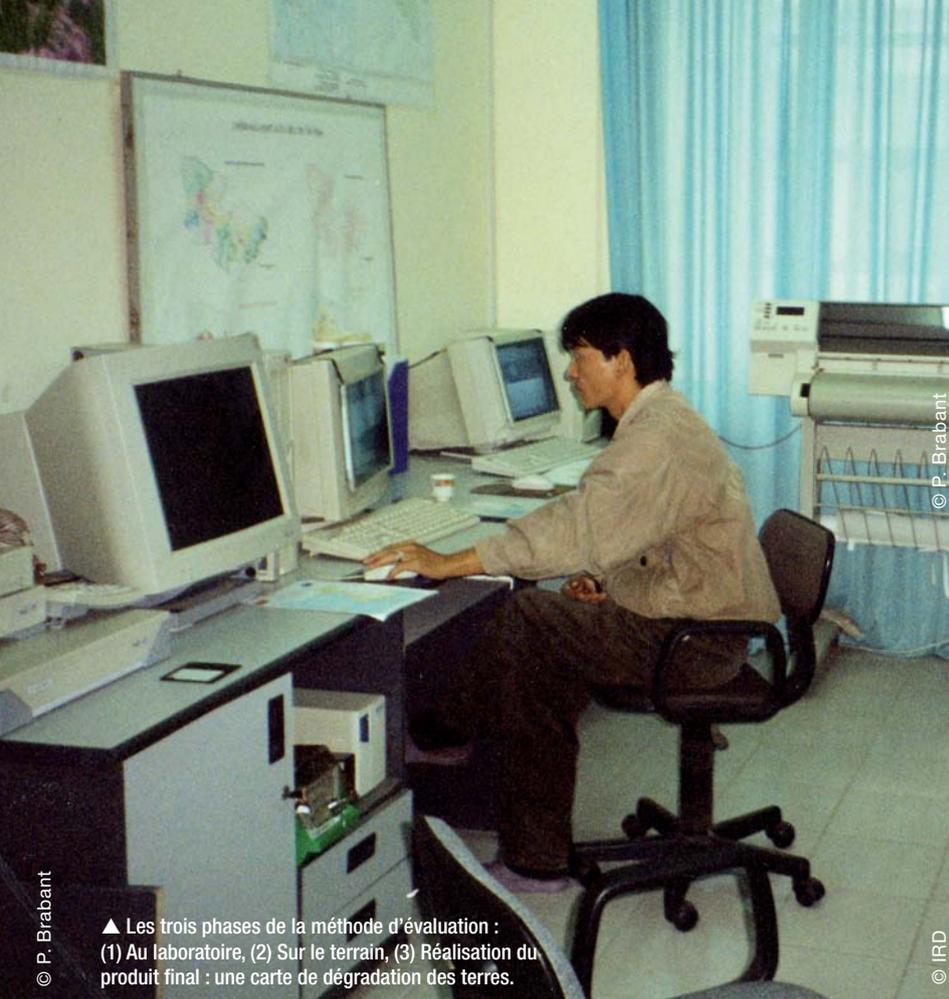
Ce chapitre décrit l'enchaînement des diverses opérations pratiques qui sont menées successivement, depuis la collecte des données de base jusqu'à la présentation des résultats. Il s'adresse aux personnes engagées dans un programme d'évaluation de l'état des terres à l'échelle d'un pays, d'une province ou de toute autre entité géographique.

La méthode d'évaluation comporte trois phases successives d'activités. Les figures ci-dessous et ci-contre indiquent que l'information est progressivement synthétisée depuis les données de base jusqu'à la construction de l'indice.



▲ La pyramide de l'information
D'après Braat, 1991, cité par Glémarec, 2002.





© P. Brabant

© P. Brabant

© IRD

▲ Les trois phases de la méthode d'évaluation :
 (1) Au laboratoire, (2) Sur le terrain, (3) Réalisation du produit final : une carte de dégradation des terres.

PHASE 1. EXPLOITATION DES DONNÉES EXISTANTES SUR LE MILIEU NATUREL ET LES ACTIVITÉS HUMAINES

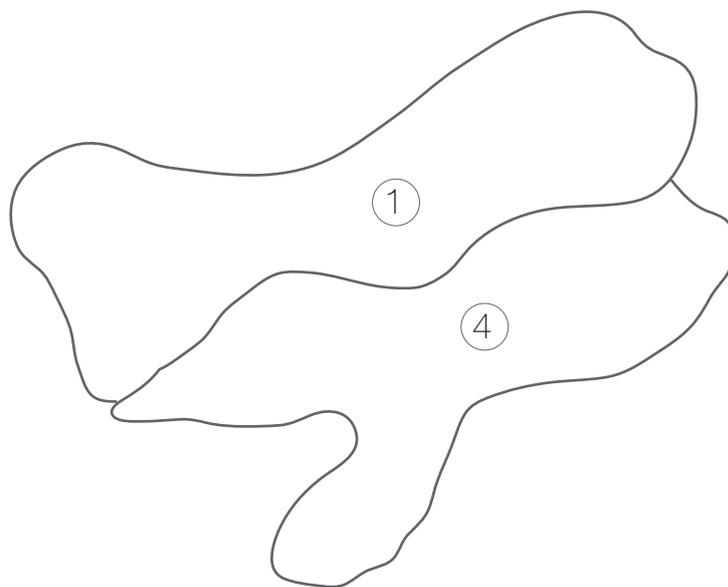
Cette première phase, effectuée au laboratoire, comporte trois opérations successives. Son objectif est de collecter l'information (opération 1) pour diviser l'espace à évaluer en fonction de paramètres physiques (opération 2) et de l'utilisation du terrain (opération 3).

Opération 1. Collecter des documents de base.

Ces documents sont les cartes topographiques, les conditions du climat et les archives climatiques, les cartes géologiques, les cartes et les travaux sur les sols, l'occupation et l'**utilisation des terres**, la répartition et la densité de la population en zone rurale, les données statistiques sur la production agricole, les données historiques et tout autre document utile. La recherche des images satellitaires acquises durant la période la plus adéquate du cycle saisonnier et celle de photographies aériennes est aussi une activité importante de cette opération.

Opération 2. Exploiter les documents de base pour délimiter des unités physiographiques

C'est l'opération la plus importante : délimiter le contour des unités physiographiques au sein de la zone d'étude. La constitution des unités physiographiques à partir de données de base fiables est le fondement de toute la procédure d'évaluation des terres.



▲ Délimitation des unités physiographiques à partir des données de base physiques. Les chiffres 1 et 4 représentent des polygones au sein des unités physiographiques.

Au cours de cette opération, les aires protégées, non dégradées et non dégradables, sont aussi repérées : affleurements de roche dure, surfaces en eau, réserves foncières ou forestières, parcs naturels, etc.

Les unités physiographiques ainsi délimitées sur toute la superficie de terrain à évaluer, sont reportées sur des cartes topographiques sur papier ou numérisées et constituent les polygones de la carte provisoire.



D.R. © IRD

▲ Images satellitaires. Nord-Cameroun, Région de Maroua par image satellite. Image SPOT du 15 01 87 - Composition colorée Infrarouge Couleur - Résolution 20 mètres - les aires gris clair et blanchâtres indiquent les terres dégradées.

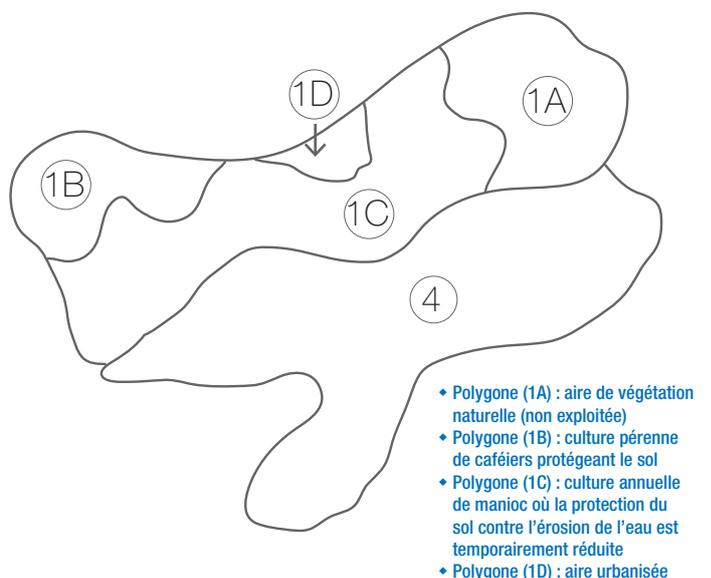
> ZOOM | Unité physiographique et polygone

Une unité physiographique est définie comme «une zone de terrain qui présente le même type de paysage, le même substrat géologique, le même sol ou association de sols, sous des conditions climatiques similaires. Une telle unité est supposée réagir aux agents naturels et à une activité humaine déterminée par une dégradation d'un certain niveau et de manière à peu près homogène sur toute sa superficie » (Brabant, 2008). Par exemple, cette réaction est différente entre une aire de collines accidentées sur un substrat granitique à sols peu épais (polygone 1) et une aire alluviale à pente modérée, à sols profonds (polygone 4). Les unités physiographiques sont parfois sans relation avec l'agent de dégradation. Par exemple, dans le cas d'une pollution radioactive ou chimique accidentelle du sol.

Ces unités physiographiques constituent des polygones une fois retranscrites sur une carte topographique. Un polygone est défini comme une « superficie de terre plus ou moins étendue, délimitée sur une carte par un contour fermé et identifié par une teinte, un figuré ou un numéro correspondant à une unité de la légende » (Brabant, 1991). Chaque unité physiographique peut être constituée d'un seul polygone—ce qui est rare—ou de plusieurs polygones dispersés sur le terrain.

Opération 3. Première exploitation des images aérospatiales

Ces images permettent d'identifier le mode actuel d'exploitation des terres (aires protégées, terres incultes, terres sous forêt, urbanisées, cultivées, etc.) et parfois le système d'utilisation (cultures pérennes, annuelles, irriguées, etc.). Les activités humaines peuvent modifier la dégradation naturelle et induire un type, une extension et un degré de dégradation, différents selon le mode d'exploitation et d'utilisation des terres. Un polygone défini lors de l'opération 2 peut ainsi être subdivisé en plusieurs polygones secondaires en fonction des activités humaines qui s'exercent. Cette opération est menée sur tous les polygones de chaque unité physiographique.



▲ Subdivision du polygone 1 de l'unité physiographique 1 en quatre polygones secondaires selon les activités humaines

Résultat de la phase 1 : une carte provisoire avec des polygones délimités et identifiés dans les unités physiographiques

Cette carte provisoire est quasiment indispensable pour mener à bien les travaux de terrain de la deuxième phase. Il est utile de représenter aussi sur cette carte :

- les routes car l'habitat—et donc les secteurs exploités—est souvent concentré près des axes de pénétration utilisés pour effectuer les travaux de terrain ;
- les axes de drainage car ils constituent des lieux privilégiés de certains types d'érosion.

PHASE 2. IDENTIFICATION DES TROIS INDICATEURS DANS DES SITES TESTS

L'objectif de cette deuxième phase est de déterminer les indicateurs de dégradation dans les unités cartographiques précédentes et subdiviser ces unités, si nécessaire, en fonction de la valeur de ces indicateurs. Cette phase est celle des travaux de terrain et comporte deux opérations.

Opération 1. Déterminer le(s) sous-type(s) de dégradation, leur extension et leur degré

Pour de grandes superficies, on ne parcourt pas tout le terrain, mais on sélectionne des sites tests dans les unités physiographiques déjà délimitées au cours de la phase 1. Les observations sur ces trois indicateurs sont réalisées, puis validées, par l'interprétation d'images aérospatiales. Si la superficie à étudier est petite—moins de 100 km²—une prospection systématique du terrain est possible, sans passer par la procédure des sites tests.

Opération 2. Transposer les résultats obtenus dans les sites tests

Une fois les interprétations des images validées, on transpose les résultats obtenus dans les sites tests aux autres unités physiographiques similaires. Le gain de temps sur le terrain est alors considérable. Trois recommandations sont faites pour réaliser cette deuxième opération :

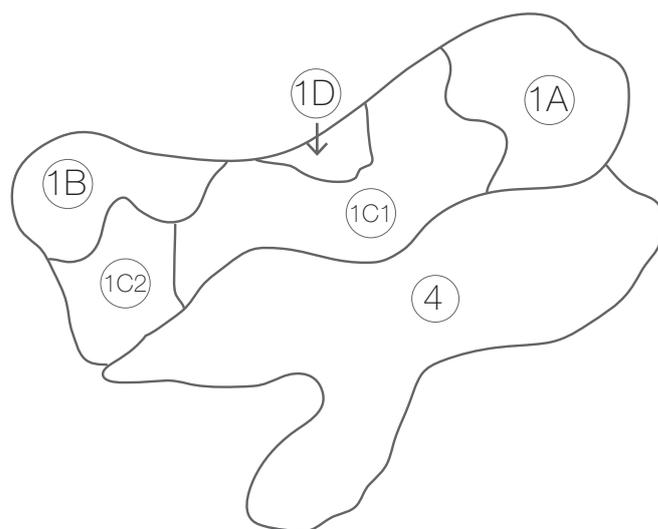
❶ Le travail de terrain dans les sites tests doit porter en même temps sur les trois indicateurs principaux (type, extension, degré) car la prospection de terrain est l'opération qui consomme le plus de temps et d'argent. Il faut donc éviter, autant que possible, de revenir plusieurs fois sur le même site. Les observations sont complétées par des enquêtes auprès des utilisateurs des terres, quand cela est nécessaire. Les parcours effectués d'un site test à un autre sont aussi une opportunité pour effectuer des observations.

❷ Une grande vigilance doit être portée à la validation au sol de l'interprétation des images. Un manque de vigilance peut conduire à d'importantes erreurs.

❸ Il faut transposer le résultat des observations faites dans les sites tests à tous les polygones d'une unité physiographique. En cas d'incertitude sur la fiabilité dans la transposition des résultats, un second contrôle sur le terrain peut être nécessaire. L'utilisation du **GPS** et du futur système **Galiléo** européen constitue une aide précieuse pour la localisation des sites tests et pour les autres observations.

Résultat de la phase 2 : subdivision des polygones en fonction du degré de la dégradation

La carte provisoire issue de la phase 1 comporte des polygones, chacun étant caractérisé par des propriétés physiques, son mode d'exploitation ou type d'**utilisation des terres**. Au terme de la phase 2, l'information sur les polygones est complétée en y ajoutant les trois indicateurs principaux de dégradation : type, degré et extension. Des polygones supplémentaires peuvent être alors constitués en subdivisant certains polygones de la carte provisoire de la phase 1 en fonction de la classe de degré et d'extension. La carte résultant de la phase 2 englobe donc les deux premiers niveaux de la pyramide de l'information (données de base et indicateurs).



▲ Résultats de la phase 2

Ici, le polygone 1C de la carte provisoire est subdivisé en deux polygones (1C1 et 1C2), car la prospection sur le terrain au cours de la phase 2 a révélé que le degré de dégradation est plus élevé dans le secteur couvert par 1C2 à cause de l'existence de ravines d'érosion.

Numéro de polygone	Type de dégradation dominant (Symbole)	Classe de degré de dégradation	Classe d'extension de la dégradation
Unité physiographique 1			
1A	Érosion hydrique (Ws)	1	1
1B	Érosion hydrique (Ws)	2	1
1C1	Érosion hydrique (Ws)	3	3
1C2	Érosion hydrique (Wd)	4	3
1D	Urbanisation (Du)	5	5
Unité physiographique 2			
4	Érosion hydrique (Ws)	3	3

PHASE 3. CALCUL DE L'INDICE SYNTHÉTIQUE DE DÉGRADATION DES TERRES

Son objectif est de calculer l'indice de dégradation pour chaque polygone et de le reporter sur la carte. Effectuée en grande partie au laboratoire, cette phase comporte trois opérations.

Opération 1. Calculer l'indice synthétique pour chaque polygone

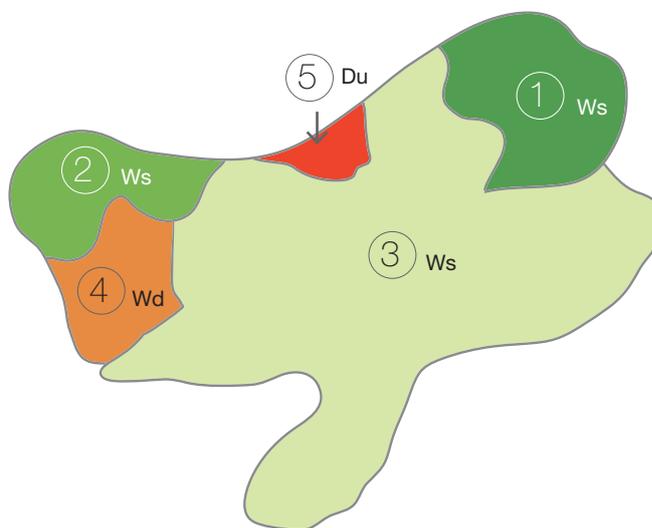
Les trois indicateurs principaux (type, degré, extension) attribués à chaque polygone sont combinés pour constituer un indice synthétique. Cet indice indique l'état de dégradation des terres dans le polygone concerné. Quelques ultimes contrôles sur le terrain des indicateurs s'avèrent parfois nécessaires, en particulier s'il existe un doute sur la validité de l'interprétation des images aérospatiales dans un secteur déterminé.

Opération 2. Réaliser la carte définitive

La carte définitive est établie en reportant l'indice synthétique dans chaque polygone de la carte issue de la phase 2. Au cours de cette opération, des polygones, qui sont juxtaposés sur la carte et qui ont le même indice, peuvent être regroupés.

Opération 3. Constituer une base de données

Si on opère en mode numérique, on constitue une base de données, gérée par un SIG, qui décrit chaque polygone de la carte avec les attributs (identifiant, dégradation, référence de la carte topographique, de photos aériennes, images satellite, environnement, etc.). Si c'est en mode analogique, la carte est préparée pour l'impression et sa notice explicative rédigée.



▲ Résultat de la phase 3, opération 2
Les deux polygones 1C1 et 4, délimités durant la phase 2, sont regroupés dans un seul polygone. En effet, ils ont le même indice 3 de dégradation. Cependant, l'information sur les indicateurs et sur les autres attributs de ces deux polygones (1C1 et 4) est conservée séparément dans la base de données.

Résultat de la phase 3 : une carte papier ou une base de données montrant un zonage du terrain

Chaque zone identifiée est représentée par un polygone. Celui-ci est caractérisé sur la carte par un indice de dégradation, allant de 1 à 5, avec un gradient de couleur allant du vert pour les zones peu ou non dégradées (indice 1) au rouge pour les zones les plus dégradées (indice 5). Le symbole du sous-type de dégradation dominant peut être rajouté dans le polygone. Chaque polygone est caractérisé aussi par un grand nombre d'attributs indiqués dans la base de données.

▼ Indice de dégradation représenté dans chaque polygone par une valeur et une couleur

Numéro des polygones	Constitution de l'indice (degré + extension)	Qualification de l'état de dégradation (symbole du type de dégradation dominant)	Valeur de l'indice d'état de dégradation	Couleur
1A	1 + 1 = 2	Très faible (Ws)	1	Vert foncé
1B	2 + 1 = 3	Faible (Ws)	2	Vert clair
1C2	4 + 3 = 7	Fort (Wd)	4	Orange
1D	5 + 5 = 10	Très fort (Du)	5	Rouge
1C1	3 + 3 = 6	Moyen (Ws)	3	Vert très clair
4	3 + 3 = 6	Moyen (Ws)		



© P. Brabant

▲ Sénégal. Ripplemarks. Aspect typique d'un terrain en voie d'ensablement.

MODE DE PRÉSENTATION ET D'UTILISATION DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION

Avant de commencer les travaux, il convient de choisir le mode de stockage des données et celui de présentation des résultats : le mode analogique ou le mode numérique. Ce choix détermine en grande partie la programmation des activités au laboratoire et sur le terrain et donc le budget et la durée des travaux.

Le mode analogique

Les documents de base, collectés sous forme imprimée, sont examinés de manière classique. Plus les documents sont nombreux, plus l'analyse est complexe. La répartition des types, de l'extension et du degré de dégradation, observés sur le terrain, est reportée manuellement sur les cartes topographiques qui sont sur support en papier. La carte finale avec les indices d'état de dégradation est tracée ensuite manuellement.

■ **Inconvénients :** Un bon niveau d'expertise du personnel est indispensable ; une remise à jour nécessite de refaire la carte ; l'analyse des résultats est limitée.

■ **Avantages :** Les travaux peuvent être effectués rapidement et le coût des travaux est relativement faible. Habituellement, le mode analogique peut convenir quand la surface de terrain à expertiser est faible et que les résultats doivent être fournis rapidement. La carte finale représente un zonage du terrain où chaque polygone de cette carte est identifié par un indice de dégradation et une couleur. Les indicateurs peuvent être représentés dans les polygones par un symbole à condition que cela ne nuise pas à la lisibilité de la carte.

■ **Utilisateurs finaux :** Ce mode de présentation des résultats convient aux décideurs et à certains utilisateurs pour lesquels toutes les données de base et le détail des indicateurs utilisés pour élaborer l'indice ne sont pas nécessaires. Ils souhaitent simplement avoir un

aperçu global de la situation et connaître les secteurs prioritaires.

La carte mondiale GLASOD a été préparée et éditée de manière analogique, bien que couvrant une vaste superficie, à cause des délais très courts requis pour sa réalisation et de contraintes techniques. Elle a été numérisée après sa publication ; ce qui a permis ensuite de l'imprimer en totalité ou en partie à diverses échelles et de faire rapidement des traitements statistiques sur certains indicateurs.

> ZOOM | Que faire si des données de bases ne sont pas disponibles ?

- Les images aérospatiales sont les documents indispensables. Il n'est pas envisageable de faire une évaluation sur de grandes superficies de terrain, dans des délais et à un coût acceptables, sans disposer d'une couverture récente—ou assez récente—d'images satellitaires ou de photographies aériennes.
- Les cartes topographiques sont indispensables pour localiser les observations. Tous les pays du monde disposent d'une couverture de cartes topographiques. En revanche, tous les pays ne disposent pas de cartes topographiques numérisées à diverses échelles. Par défaut, on peut alors utiliser, dans certains cas, les cartes topographiques numérisées à petite échelle disponibles à un coût raisonnable chez plusieurs fournisseurs de données.
- Les cartes thématiques les plus utiles sont les cartes pédologiques et cartes géologiques. Leur absence peut être compensée parfois, et en partie, par l'examen d'images satellitaires. Les cartes d'occupation et d'**utilisation des terres**, souvent obsolètes quand elles sont anciennes, peuvent être remplacées avantageusement par l'examen d'images satellitaires.

Le mode numérique

Tous les documents de base de la phase 1, les informations acquises lors de la phase 2 sur les indicateurs et les données générées dans la phase 3, sont numérisées dans une base de données gérée par un SIG. Une condition est requise : toutes ces données doivent être repérées géographiquement et avec précision dans cette base. Par conséquent, cela nécessite la numérisation des cartes topographiques à une échelle convenant à l'étendue de la zone à étudier. Cela peut être une contrainte majeure, car de nombreux pays en développement, particulièrement en Afrique, ne disposent pas encore de ces cartes topographiques numérisées.

■ **Inconvénients :** Le principal inconvénient résulterait de l'absence de cartes topographiques déjà numérisées et à une échelle adéquate. Si le travail de numérisation des cartes topographiques doit être entrepris, il sera long et coûteux et le budget du programme augmentera fortement. Il faut aussi disposer d'un personnel compétent pour manipuler les SIG.

■ **Avantages :** Ils sont plus nombreux qu'avec le mode analogique car, en effet, le mode numérique permet :

- de stocker les multiples documents de base sous forme de couches d'information ;
- d'effectuer toutes sortes d'analyses au cours de la phase 1 en croisant ces diverses couches numériques d'informations ;
- de calculer rapidement les superficies et de faire des traitements statistiques ;
- d'intégrer directement le résultat du traitement des images satellitaires dans la base ;
- de numériser les résultats concernant les indicateurs ;
- de croiser les informations sur les indicateurs et de déterminer automatiquement l'indice synthétique ;
- d'imprimer la carte finale avec l'indice et la couleur de chaque polygone, mais aussi toute autre carte au choix : carte des types de dégradation, de degré faible ou fort, des secteurs où la vitesse de dégradation est forte, etc. ;
- d'imprimer des cartes à des échelles diverses, mais restant compatibles avec l'échelle des travaux ;
- d'interroger la base de données pour répondre à une multitude de questions en croisant les diverses couches d'informations ;
- d'effectuer une remise à jour partielle ou entière du document à un coût modéré ;
- de fournir une réponse adaptée aux questions de demandeurs aussi différents que des politiciens ou des chercheurs.

LE COÛT DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA MÉTHODE D'ÉVALUATION

Il est difficile de donner un chiffre précis et valable pour toutes les situations car les paramètres sont nombreux. Le coût oscille *grosso modo* entre 1 et 2 €/km² de superficie étudiée (hors salaires). La validité de l'évaluation est d'environ 25 ans avant qu'une mise à jour de la carte soit nécessaire. Ce délai peut être porté à 30 ou 35 ans en cas de remise à jour partielle dans des secteurs sélectionnés. Le coût des travaux dépend, entre autres :

- Du fait que l'évaluation soit faite dans un pays développé ou dans un pays en développement : les facilités techniques sont souvent plus grandes dans le premier, mais le coût des services est plus faible dans le second.
- De la superficie à prospecter et de l'échelle des travaux, avec une réduction progressive du coût par km² pour une augmentation de la superficie (économie d'échelle).
- De la quantité, de la qualité et de la nature des documents de base : l'existence ou l'absence de cartes topographiques déjà numérisées est un paramètre important.
- Du niveau de formation du personnel engagé dans le projet.
- De la nature et de la densité du réseau routier et fluvial navigable pour effectuer les travaux de terrain.
- Du degré d'hétérogénéité du terrain et des conditions climatiques favorisant ou non l'acquisition d'images aérospatiales.

> ZOOM | Réalisation et coût des travaux : mise en œuvre de la méthode au Togo

Le coût de la carte d'état de dégradation des terres pour le Togo (56 895 km²), réalisée de 1992 à 1994 par l'IRD à la demande du gouvernement togolais (Brabant *et al.*, 1996), a été de 100 000 € environ (hors salaires du personnel), soit 1,75 €/km² (financement : ministère de la Coopération). L'équipe scientifique du projet comportait quatre personnes. La densité des observations sur le terrain a été, en moyenne, d'une observation pour 4 km², soit une observation par cm² de carte topographique utilisée sur le terrain (échelle 1/200 000). La carte finale, extraite de la base de données, a été publiée à l'échelle de 1/500 000, ce qui correspond à un format permettant de représenter tout le pays en une seule feuille de 120 x 60 cm. Une notice explicative bilingue (en français et en anglais) est jointe à la carte. La base de données n'a pas été diffusée.

La carte de la totalité du Togo comporte 610 polygones de dimensions diverses (de 3-4 km² à 200-300 km² dans les régions peu ou pas dégradées), ce qui est un nombre relativement faible. Par exemple, le secteur protégé du Parc de la Kéran et celui de la Réserve de l'Oti, qui sont contiguës, couvrent 3 100 km² d'une seul tenant et comptent pour un seul polygone. Cela explique le nombre peu élevé de polygones. Les principaux résultats (valables pour la période 1992-1993) sont les suivants :

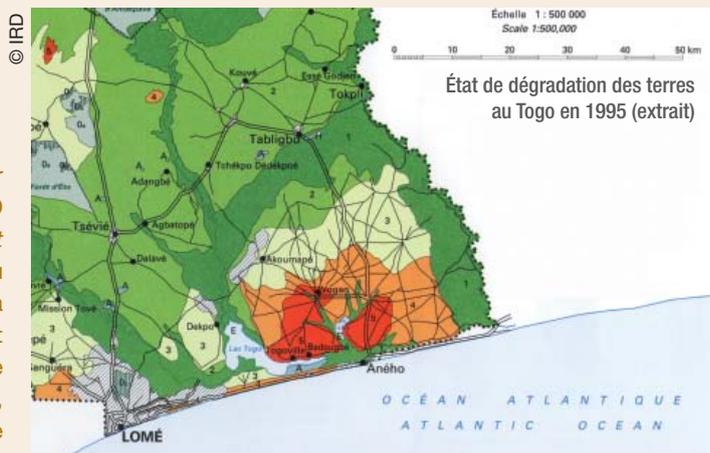
- Les terres à indice 1 et 2 couvrent 62,7 % du territoire togolais, les **terres protégées** et inhabitées 14,8 %. Au total, cela fait 77,5 % de terres peu ou pas dégradées (43 672 km²).

- Les terres à indice 5, fortement dégradées, ne représentent que 1,6 % du pays (923 km²) dans quatre zones :

- ① à l'extrême nord-ouest du pays, au nord de Dapaong, sous un climat semi-aride à longue saison sèche : le **terroir** Moba très peuplé et très cultivé ;
- ② au nord-est, sous un climat subhumide à longue saison sèche : le terroir Tamberma, peuplé et fortement cultivé, à l'est de Kandé ;
- ③ dans la Région de Kara, proche de la précédente, sur les terroirs Kabié et Losso, à climat comparable au précédent et densément peuplés ;
- ④ dans l'extrême sud-est, au bord du littoral, sous un climat à saison sèche plus courte : terroir surexploité pour la culture industrielle du manioc.

- Les terres moyennement dégradées se situent de part et d'autre de la route internationale qui relie la ville littorale de Lomé au Burkina Faso vers le nord en longeant l'axe central du pays.

- Les vastes terres pas ou peu dégradées sont plus éloignées de l'axe central ; elles s'étendent vers la frontière avec le Ghana à l'ouest et avec le Bénin à l'est.



Indice de dégradation

0 _a	0 _b	1	2	3	4	5
Nulle à très faible		Très faible	Faible, localement très faible	Faible, localement moyenne	Moyenne	Forte

- Les terres protégées (83 aires au total) sont importantes et occupent 14,8 % du territoire (8 317 km²) : parcs nationaux, réserves de faune, forêts protégées.

Les résultats sont indiqués pour chacune des cinq régions, comparables à des provinces, puis totalisés pour l'ensemble du pays. Un autre résultat dérivé de cette évaluation est la carte d'occupation des terres qui peut être extraite de la base de données. La cause majeure de la forte dégradation des terres est le raccourcissement du temps de jachère à cause du manque d'espace dans les terroirs, puis le déficit en engrais et en amendements organiques et, finalement, la surexploitation des terroirs concernés par les activités d'une population rurale à forte densité. En effet, la densité moyenne nationale de population était de 84 habitants/km² en 1994 et de 70 habitants/km² dans les zones rurales. Dans les aires fortement dégradées, cette densité rurale atteignait parfois 300 habitants/km². Cette densité moyenne nationale a atteint 103 habitants/km² en 2008.

Comparons la carte de l'état de dégradation des terres du Togo publiée par l'IRD (Brabant *et al.*, 1996)* et celle issue du programme GLASOD (1992)** concernant ce même pays. Selon la carte de l'IRD, les terres fortement dégradées couvrent 1,60 % de la superficie du pays (soit 923 km²). Selon la carte GLASOD, les terres fortement (« *severe degradation* ») et très fortement dégradées (« *very severe degradation* ») occupent 23,7 % du pays (soit 13 470 km²). Devant une telle discordance, on mesure l'intérêt de réaliser une évaluation au niveau national à une échelle qui convient et d'adopter également des directives d'évaluation communes, claires et simples à appliquer. Cela a pour but d'obtenir des résultats plus fiables et comparables d'un pays à l'autre au niveau international.

D'après Brabant *et al.*, 1996.

* Carte de l'état de dégradation des terres du Togo de l'IRD consultable sur Internet : www.cartographie.ird.fr/sphaera/carte.php?num=376&pays=TOGO&iso=TGO

** Carte GLASOD consultable sur Internet : www.fao.org/landandwater/agll/glasod/glasodmaps.jsp

Indicateurs complémentaires pour caractériser l'état de dégradation

Six autres indicateurs peuvent parfaire les trois indicateurs principaux décrits précédemment. Ces informations complémentaires s'adressent plus particulièrement aux équipes chargées des programmes de lutte contre la dégradation et la désertification.

Ces six indicateurs complémentaires sont les suivants : la vitesse et la tendance de la dégradation, la sensibilité naturelle des sols et leur capacité de résilience, l'historique, les causes de la dégradation et les effets hors-sites. La densité de population est une donnée qui peut aussi présenter un intérêt. Ces indicateurs sont extrêmement utiles à connaître pour :

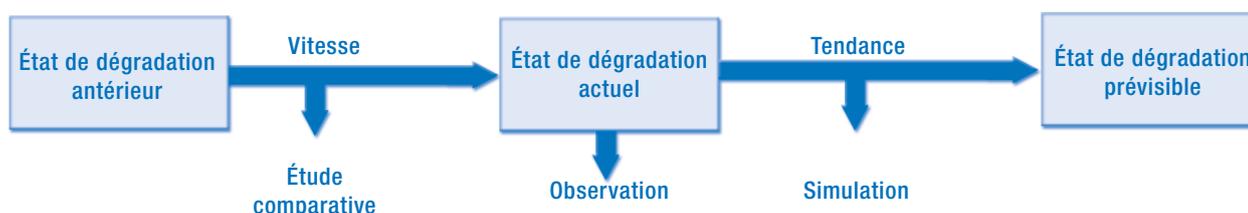
- aider la prise de décision et orienter les actions à entreprendre pour empêcher ou réduire la dégradation des terres ;
- évaluer l'impact des politiques de lutte contre cette dégradation ;
- connaître l'évolution de la dégradation depuis un passé plus ou moins lointain ;
- faciliter la détermination des risques.

LA VITESSE DE DÉGRADATION (OU D'AMÉLIORATION DES TERRES)

Elle est définie comme « la différence entre deux états des terres pendant une période déterminée et dans une zone délimitée » (Brabant, 2008). Plus cette différence est grande, plus la vitesse est rapide. Quand l'état est de plus en plus dégradé, il s'agit de vitesse de dégradation. Quand il est de moins en moins dégradé, il s'agit de vitesse de **restauration** ou d'amélioration. Quand il n'y a pas de changement, la vitesse est nulle, c'est la stabilité.

Quand il s'agit de dégradation qui implique des conditions naturelles et des activités humaines, la vitesse se mesure en années ou en décennies (cas de l'érosion hydrique en nappe ou de la **déflation**). Si seules des activités humaines sont impliquées, la vitesse se mesure en jours ou en mois (cas de l'urbanisation, de l'exploitation minière ou de la pollution des terres due à un accident industriel, d'origine nucléaire [Tchernobyl] ou chimique [Seveso] par exemple).

Pour évaluer cette vitesse, il est nécessaire de connaître l'état antérieur de dégradation et ensuite de le comparer à l'état actuel, conformément à la définition donnée précédemment.





A. Rival © IRD

▲ Scène agraire. Agriculture maraîchère périurbaine (tomate) à Ouagadougou, Lac de Loumbila, Burkina Faso.

Connaître l'état antérieur de la dégradation des terres

La recherche de cet état antérieur est souvent difficile. En effet, les inventaires effectués dans les divers pays sur l'état de dégradation des terres sont récents, parce que ce sujet n'était pas considéré comme prioritaire avant les années 90. Il existe donc une réelle lacune dans ce domaine. Les évaluations récentes, faites de manière systématique et sur de grandes superficies, sont rares et l'étaient encore plus dans le passé. Enfin, les résultats sont souvent hétérogènes par manque de procédure normalisée.

Procédures utilisées par le passé

Certaines procédures se fondent sur des mesures et des tests de terrain comme, par exemple, le suivi des pertes en terre (tonnes/ha/an) pour l'érosion hydrique. L'inconvénient majeur est que cela ne concerne, en général, qu'un seul sous-type : l'érosion hydrique en nappe.

D'autres procédures se fondent sur l'interprétation des statistiques agricoles, comme, par exemple, la variation des rendements des cultures. L'inconvénient de ces procédures est que l'information disponible est ponctuelle, fragmentaire ou ne concernent que des superficies limitées à un petit bassin versant de quelques hectares ou, plus souvent, à des parcelles expérimentales de quelques dizaines de mètres carrés. L'extrapolation de ces résultats à de grandes superficies est par conséquent un exercice hasardeux, étant donné l'hétérogénéité fréquente du terrain. De plus, l'exploitation des statistiques agricoles n'est pas toujours fiable, car il n'existe pas de relation systématique de

cause à effet entre la baisse de productivité et le degré de dégradation des terres. D'autres paramètres—techniques, économiques ou politiques—peuvent interférer. Dans ces conditions, on peut douter de la fiabilité de l'évaluation par ces procédures et donc de la comparaison entre deux états successifs.

Procédure proposée : comparaison de deux états successifs de dégradation des terres

Il s'agit de comparer deux évaluations des terres, effectuées sur le même terrain, à deux dates différentes et selon une méthode similaire fondée sur des observations physiques. Chaque unité identifiée dans une base de données ou sur une carte, est qualifiée par des indicateurs et un indice. La différence entre la valeur des indices montre quelle a été l'évolution de la dégradation dans le secteur concerné durant la période de temps considérée. On connaît ainsi la vitesse de dégradation (ou d'amélioration). C'est la situation idéale. Cette évaluation de la vitesse serait réalisable actuellement au Togo, puisqu'il existe une carte d'état des terres établie en 1994 (Brabant *et al.*, 1996). Elle le serait aussi au Cameroun qui a fait l'objet d'une évaluation en 1975 (Brabant et Gavaud, 1986 ; Gavaud *et al.*, 1977). Cependant, cette situation idéale est encore rare à cause du manque d'évaluations anciennes dans la plupart des pays.

Afin de combler cette lacune, une solution par défaut consiste à consulter les documents de base existants sur la zone concernée, à interpréter des images aérospatiales anciennes et à effectuer des enquêtes sur le terrain auprès des populations et des

administrations, qui peuvent fournir des informations sur l'état des lieux dans le passé. L'état antérieur probable de la dégradation est alors déduit à une époque donnée puis comparé à l'état actuel. Limitons-nous aux 60 dernières années ; ce qui est l'équivalent de deux longues jachères dans un système de [culture récurrente](#) et de deux générations. Ceci nous projette dans les années 1950, période qui correspond au début de l'accélération de la dégradation des terres dans le monde.

Cette solution présente un inconvénient : les travaux sur la dégradation antérieurs à 1975 sont rares et les cartes plus rares encore. La seule évaluation à l'échelle mondiale est celle du programme GLASOD en 1990. La carte GLASOD est à une très petite échelle (1 cm² représente 10 000 km² sur le terrain) et ne peut donc pas servir d'[état de référence](#) pour des études à l'échelle d'une province, encore moins à celle d'un district. Finalement, la solution pour évaluer la vitesse est de comparer l'état actuel de dégradation à un état antérieur dénommé « état de référence ».

Comment déterminer l'état de référence ?

L'état de référence est défini comme étant « *celui des terres dans leur état naturel, c'est-à-dire n'ayant jamais été exploitées, ou non exploitées depuis 60 ans, ou exploitées et parvenues à un état connu de dégradation* » (Brabant, 2008). Il faut donc trouver les documents nécessaires pour le déterminer. Quatre périodes sont distinguées pour la recherche et l'utilisation de documents pour caractériser cet état :

■ **Avant 1950.** Il faut se reporter à des données historiques et à des enquêtes auprès des habitants âgés avec toute la subjectivité que cela implique. L'expertise de personnes âgées ayant prospecté les terres dans ces régions est également intéressante. On peut se référer aussi aux photos aériennes de nombreuses régions du monde, prises entre 1940 et 1950 par les services des armées et qui seraient encore disponibles dans les archives.

■ **De 1950 à 1980.** Les photos aériennes réalisées par des institutions civiles (en France par l'Institut Géographique National, IGN) sont les documents de référence fiables pour cette deuxième période. Une couverture de photos aériennes anciennes existe dans les archives de la plupart des pays. Une couverture aérienne systématique a été réalisée par les pays colonisateurs, vers 1950, pour produire la couverture des cartes topographiques. La qualité de ces photos

n'est pas celle des photographies actuelles mais elles donnent un bon aperçu de l'occupation des sols et de l'état du couvert végétal qui est un bon indicateur pour évaluer l'état des terres. En 1975, les premières images du satellite d'observation de la Terre Landsat étaient disponibles. Certaines images de satellites d'observation militaires couvrant les années 60 et qui ont été déclassifiées, sont également utilisables (satellites Corona par exemple).

■ **De 1980 à 2010.** Les documents de référence sont les images récentes des satellites d'observation qui couvrent la terre entière. Ces images sont de plus en plus nombreuses et performantes. C'est une avancée technique considérable. Les images anciennes peuvent être retrouvées dans les archives, gratuitement ou à un coût modéré. Les photos aériennes de cette période, souvent en couleurs, sont aussi utilisables et d'une excellente qualité. Des cartes d'état de dégradation des terres existent dans quelques pays, mais elles ne couvrent souvent qu'une partie du territoire comme au Kenya (UNEP, 2009) ou au Cameroun (Gavaud *et al.*, 1977).

> EXEMPLE | États de référence disponibles au Togo et au Cameroun

Au Togo, le premier état de référence fiable est celui du document publié en 1996 (Brabant *et al.*, 1996). Cette carte* d'état de dégradation a été dressée à partir d'études de terrain effectuées de 1992 à 1994 et du traitement d'images Landsat et SPOT. Elle peut servir d'état de référence pour une nouvelle d'évaluation qui serait effectuée dans ce pays au 21^{ème} siècle.

Au Nord-Cameroun, entre le 8^{ème} parallèle Nord et le lac Tchad, un inventaire détaillé de l'état de dégradation des terres a été effectué à partir d'observations de terrain faites en 1974-1975 sur une superficie de 82 500 km² (Brabant et Gavaud, 1986). Cet inventaire pourrait servir d'état de référence, si une remise à jour du document était faite aujourd'hui, 35 ans plus tard. Cela pourrait être un exemple fort intéressant pour la zone semi-aride et subhumide d'Afrique au nord de l'équateur soumise au risque de désertification...

* Carte consultable sur Internet (format pdf) : www.cartographie.ird.fr/sphaera/carte.php?num=376&pays=TOGO&iso=TGO



▲ Togo, Région des Plateaux. Sapement sous une couche de latérite durcie à partir d'une ravine. La latérite s'effondre en gros blocs, qu'il faut ensuite évacuer du terrain.

© P. Brabant

TENDANCE DE LA DÉGRADATION

La tendance de la dégradation est définie comme « *l'évolution raisonnablement prévisible de l'état des terres (dégradation, stabilité ou amélioration) dans une zone déterminée, à court, moyen ou long terme, sous l'effet des activités humaines* » (Brabant, 2008).

Elle est évaluée en prenant l'état actuel de dégradation comme état de référence. Il s'agit donc d'une projection dans l'avenir. L'objectif est de prévoir l'évolution dans une aire en fonction de plusieurs paramètres ou scénarios possibles : vitesse de dégradation passée, changement du mode d'exploitation, modification des types d'utilisation et des pratiques culturelles, réalisation ou non de mesures de conservation des sols, superficies mises en réserves, augmentation des secteurs construits, croissance démographique, risques climatiques ou autres, contexte socioéconomique et politique—ce dernier étant le plus imprévisible. Trois tendances sont proposées : accroissement, stabilité, réduction de la dégradation.

HISTORIQUE

Les types de dégradation, qui impliquent l'action d'agents naturels—comme l'eau et le vent—existent depuis des millénaires, mais avec une faible intensité. Cette intensité a brusquement augmenté depuis un

siècle et surtout depuis 60 ans, sous l'effet des activités humaines (explosion démographique, développement industriel et agricole, mondialisation). En revanche, d'autres types de dégradation, n'impliquant pas des agents naturels, sont apparus ou se sont fortement intensifiés depuis une époque dite récente (moins de 50 à 60 ans) du fait des excès d'engrais, des défrichements intensifs, de la forte urbanisation, des pollutions chimiques et par des éléments radioactifs ainsi que des contraintes dues aux conséquences des guerres. Le tableau suivant indique les sept périodes principales de cet historique.

▼ Succession des périodes fondée sur l'histoire en Europe occidentale
Les limites entre les périodes et les dénominations de ces périodes peuvent être différentes pour les autres régions du monde : Asie, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Inde, Australie.

	Périodes successives de –5 000 ans à période actuelle	Dénomination de la période
1	Avant – 5000	Préhistorique
2	De – 5000 à – 2000	Très ancienne
3	De – 2000 à + 400	Antiquité
4	De 400 à 1800	Préindustrielle
5	De 1800 à 1950	Industrielle - Expansion européenne
6	De 1950 à 2000	Récente
7	Après 2000	Actuelle

> EXEMPLE | Évaluation de la tendance de la dégradation au Togo

Cette simulation de la tendance de la dégradation des terres de l'ensemble du pays a été réalisée à partir de l'état de dégradation publié en 1996 (Brabant *et al.*, 1996) et retenu comme état de référence. Elle pourrait également se faire pour chaque province ou pour tout autre secteur délimité sur la carte. Le Togo couvre 56 895 km² dont 51 000 de surface agricole utile. Le nombre d'habitants était de 1,44 million en 1958, de 2,7 millions en 1981 et de 4,8 millions en 1995, soit une densité de 84 habitants / km².

La superficie des terres moyennement à fortement dégradées (indice 3 à 5) concernait 15 % du pays en 1994, dont 1,60 % fortement dégradées (indice 5). La vitesse de dégradation estimée a été lente entre 1950 et 1994. Les six hypothèses suivantes ont été retenues pour simuler quel serait l'état de dégradation en 2035, soit 41 ans après l'évaluation de 1994 :

- Le mode d'exploitation des terres reste celui d'une agriculture pluviale à faible ou moyen niveau d'**intrants**, à habitat sédentaire, avec des périodes de jachères de plus en plus courtes au fur et à mesure de la pression démographique.
- Le taux annuel d'augmentation des terres dégradées se maintient.
- Deux-tiers au moins des terres actuellement protégées dans les parcs nationaux et les réserves naturelles sont maintenus sous ce régime de protection.
- La superficie des secteurs urbanisés augmente de 0,25 % par an.
- La superficie des terres améliorées et stabilisées augmente de 0,1 % par an.

- La croissance démographique se poursuit avec un taux annuel de 3 % (selon les Nations Unies qui prévoient 9,4 millions d'habitants au Togo en 2025, soit 163 habitant/km²). Ainsi, le nombre d'habitants atteindrait 13 millions en 2035 (soit 228 habitants/km²). Actuellement, ces projections sont probablement surévaluées puisque la population togolaise compte 5,9 à 6 millions environ au début de 2010.

En prenant en compte les projections démographiques des Nations Unies, la simulation indique que le pourcentage total des terres dégradées passerait de 15 % du pays en 1994 à 42 % en 2035, dont 16 % de terres fortement dégradées à potentiel agricole très réduit. En déduisant les superficies de terres très dégradées, les secteurs urbanisés, ceux occupés par l'habitat rural, les réserves et les terres submergées, il resterait 35 700 km² de terres cultivables. Chaque habitant disposerait donc en 2035 de 0,25 hectare de terre pour assurer sa subsistance au lieu de 1 hectare en 1994 et de 0,8 hectare environ en début de 2010.

Si on retient l'hypothèse d'un ralentissement de la croissance démographique depuis le début de ce siècle, le nombre d'habitants serait de 7,5 millions en 2025 (132 habitants/km²) et de 9 millions en 2035 (158 habitants/km²). La part de **terre arable** disponible par habitant serait alors de 0,39 hectare en 2035. Le paramètre déterminant semble donc être le taux de croissance démographique.

En conclusion, le rapport recommande d'engager dès maintenant une politique de prévention. Si celle-ci n'est pas engagée, la dégradation des terres s'accélère et leur **restauration**, absolument indispensable, sera coûteuse. Cela pourrait peser lourdement sur le budget national du Togo et avoir de graves conséquences aux plans économique et social.

D'après Brabant *et al.*, 1996.



© P. Brabant

▲ Une excellente terre tropicale (vertisol) formée sur un substrat basaltique, peu sensible à la dégradation et à l'érosion, en terrain plat. Kenya.

SENSIBILITÉ DES SOLS À LA DÉGRADATION ET LEUR RÉSILIENCE

La sensibilité est définie comme « *le degré de résistance d'un sol à l'effet défavorable (ou favorable) d'une activité humaine sur ses fonctions principales* » (Brabant, 2008). Plus un sol est sensible, plus sa vitesse de dégradation (ou d'amélioration) est rapide. Par exemple, un sol argileux est beaucoup plus sensible qu'un sol sableux à la **salinisation** due à une irrigation utilisant des eaux chargées en sels.

La résilience d'un sol est « *la période de temps nécessaire pour qu'un sol retrouve ses fonctions originelles quand cesse l'activité humaine qui a conduit à sa dégradation* » (Brabant, 2008). Le sol se régénère dans les conditions naturelles mais des pratiques peuvent être menées pour activer cette **restauration**. Plus cette période de récupération est courte, plus la résilience est forte et donc plus vite le sol retrouve ses fonctions originelles. Cette capacité peut varier fortement selon le type de sol et le type de dégradation. Une forte sensibilité à un type de dégradation est souvent associée à une faible résilience. Stocking et Murnaghan (2001) proposent de combiner ces deux propriétés (sensibilité et résilience) pour définir le concept de « **vulnérabilité** » des sols à la dégradation. Les sols les plus vulnérables sont ceux qui sont les plus sensibles à la dégradation et qui sont les plus difficiles à restaurer. C'est le cas des sols ferrugineux tropicaux (CPCS, 1967) : lixisols, luvisols, acrisols et alisols tropicaux du Système de dénomination des différentes catégories de sols dans la légende de la carte mondiale des sols produite par la FAO. Au contraire, les sols les moins vulnérables sont ceux peu sensibles à la dégradation et faciles à restaurer, par exemple les vertisols et les sols

fersiallitiques (vertisols et cambisols de ce même système).

Des études devraient être menées pour améliorer les connaissances, actuellement insuffisantes, sur le degré de sensibilité et de résilience des sols. En effet, cela a des conséquences importantes sur la durée et le coût économique des travaux de restauration. Cela permettrait aussi d'établir une gamme de vulnérabilité allant de 1 à 5. Cette gamme pourrait alors être intégrée dans l'indice synthétique d'état de dégradation.

CAUSES DE LA DÉGRADATION

Les causes, liées aux activités humaines, sont techniques, sociales, économiques et politiques. Seules celles pouvant concerner la désertification sont citées ci-dessous.

Parmi les causes techniques, signalons :

- la déforestation et le déboisement, la surexploitation de la végétation pour les usages domestiques ;
- les feux de brousse tardifs et incontrôlés ;
- le surpâturage, le piétinement des animaux ;
- les pratiques agricoles non appropriées telles que :
 - ♦ l'absence de mesures de conservation des sols où cela est nécessaire ;
 - ♦ la culture continue sans apport d'engrais ni d'amendements ;
 - ♦ l'exportation des résidus de récolte et une fumure réduite ;
 - ♦ l'irrigation mal conduite ou l'utilisation d'eau impropre à l'irrigation (trop chargée en sel) ;
 - ♦ le raccourcissement excessif du temps de jachère ;
 - ♦ l'usage de machines trop lourdes.



© P. Brabant

Parmi les causes sociales, économiques, politiques, citons (par ordre alphabétique) :

- l'accroissement démographique et la saturation de l'espace agricole ;
- les conflits armés, l'insécurité et les déplacements de population rurale ;
- la nature des droits fonciers, la législation sur l'exploitation des ressources ;
- la pauvreté des exploitants et le manque de capacité d'investissements ;
- la pénurie en terres conduisant à leur surexploitation ou à l'exploitation d'aires marginales ;
- la pression économique et les fluctuations du prix des produits sur le marché.

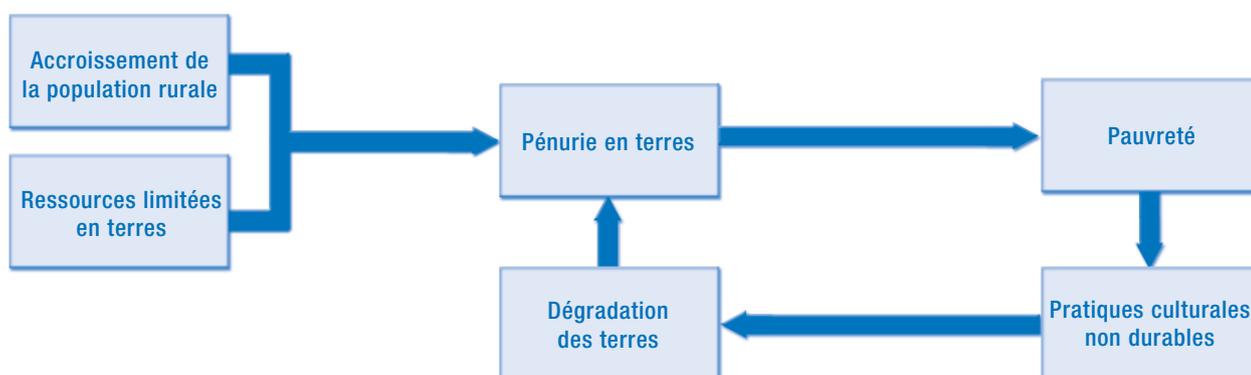
Ces causes sociales et économiques constituent une chaîne causale comme le montre la figure ci-dessous.

EFFETS HORS-SITE

Les effets hors-site sont des conséquences de la dégradation des terres. Ils se manifestent à une distance variable des sites atteints et sont le plus souvent défavorables aux activités humaines. Ils peuvent aussi être parfois favorables. Ils sont associés la plupart du temps à l'érosion car il y a déplacement du matériau du sol, transporté à une distance variable du site d'érosion par l'eau, le vent ou la gravité. Ces effets hors-site ont parfois des conséquences socioéconomiques comme, par exemple, la destruction d'habitations, de ponts, de routes et d'autres constructions, par des coulées de boues et pouvant engendrer des pertes en vies humaines. Le coût monétaire de ces effets hors-sites devrait être intégré dans le coût de la dégradation des terres, ce qui est rarement fait.

Voici quelques exemples d'effets hors-site physiques, spécifiques à la désertification :

- abaissement du niveau des nappes phréatiques et pénurie en eau ;
- abrasion des végétaux par les vents de sable ;
- abrasion de structures métalliques par les vents de sable ;
- accumulation de sable et de galets utilisables pour la construction (effet favorable) ;
- **aérosols** gênant la circulation aérienne, terrestre, fluviale et maritime ;



▲ Chaîne causale entre population, ressource en terres et dégradation
D'après FAO, 1984.



▲ Togo, Région centrale. Effet hors-site de l'érosion hydrique. Ce pont a été détruit par une forte crue dans un bassin versant très érodé. La zone desservie par le pont risque d'être enclavée durant des mois ou des années.

- blocage des routes par des dépôts de sable ;
- dépôt d'aérosols contenant des éléments nutritifs pour les plantes (effet favorable) ;
- **ensablement** de jeunes plants ;
- ensablement et envasement des retenues de barrage (Rémini, 2000), des voies navigables, des canaux d'irrigation et des estuaires ;
- invasion de dunes recouvrant des terres fertiles.

Parmi les effets hors-site socioéconomiques, on peut mentionner :

- abandon des terres dans les zones de conflits et exode des populations vers des camps de réfugiés ;
- accroissement de la population sans terres et occupation de terres marginales et fragiles ;
- accroissement démographique et raccourcissement du temps de jachère ;
- accroissement des heures de travail et de la quantité des **intrants** ;
- coût excessif pour la communauté de la **restauration** des terres dégradées, du traitement des eaux polluées et de la réparation des ouvrages détruits ;
- dégradation des conditions et du niveau de vie et migrations vers les centres urbains ;
- migrations des populations rurales vers les villes du pays, vers d'autres pays de la région ou migrations internationales ;
- pertes de surfaces productives et accroissement

consécutif de la pression foncière sur les autres terres, avec les troubles sociaux qui peuvent en résulter ;

- réduction de la valeur des terres ;
- troubles sociaux résultant de la concurrence pour l'exploitation des terres et favorisant les conflits : raréfaction et répartition des ressources, démographie.

D'après le *World Resources Institute*, le lien entre la sécurité (dans le monde) et l'environnement devient de plus en plus évident. Parmi ces ressources, la terre et l'eau sont considérées comme les plus conflictuelles.

DENSITÉ DE POPULATION ET DÉGRADATION DES TERRES

Cet indicateur peut aussi être rajouté aux six autres, d'autant plus que c'est une donnée disponible et assez fiable dans la plupart des pays. La densité de population rurale est-elle un indicateur de la dégradation des terres ? *A priori*, on pourrait penser que plus cette densité est forte, plus la terre est exploitée et plus la dégradation est forte. En fait, cette relation est plus complexe car elle met en jeu plusieurs facteurs :

- **La nature du sol** détermine la fertilité naturelle des terres, sa sensibilité à la dégradation et sa résilience ainsi que le seuil au-delà duquel un mode d'exploitation ou un type d'utilisation donné n'est plus durable.
- **Les conditions climatiques**—la température, surtout la pluviosité—influent sur le mode d'exploitation des terres et sur les conditions de la dégradation.
- **Le comportement des exploitants** influe également car un exploitant ne modifie pas son mode d'exploitation tant qu'il ne constate pas que la dégradation du sol réduit significativement sa production. Sa réaction est parfois tardive et elle conduit alors à des situations critiques comme dans le cas de la salinisation des terres.
- **Des contraintes politiques et économiques**—un changement du régime foncier, la montée ou la chute du prix des produits agricoles sur le marché mondial—influent aussi sur la relation entre la densité de population et la dégradation. Cela peut conduire à une intensification de l'exploitation ou, au contraire, à un abandon des terres.



▲ Vue aérienne d'un village togolais dans une région à forte densité de population.

© P. Brabant

Des exemples de relation entre densité de population et dégradation des terres

Densité de population très faible (< 10 habitants/km²) - Dégradation faible

C'est le cas de l'**agriculture itinérante** pluviale sur brûlis où l'habitat n'est pas fixé. Elle consomme beaucoup d'espace mais ne dégrade pas les terres. Elle n'est plus possible quand la densité dépasse 10 habitants/km² à cause du manque de terres disponibles. Ce mode d'exploitation a, aujourd'hui, presque disparu dans le monde.

Densité de population moyenne (< 40 habitants/km²) - Dégradation moyenne

Quand la population augmente et que l'habitat est fixé, on passe à une **agriculture de type récurrente** sur brûlis, sans **intrants** ou à faible niveau d'intrants. Une grande partie du **terroir** est réservée à de longues périodes de jachère (20 à 30 ans). Celle-ci restaure naturellement la fertilité du sol. Ce mode d'exploitation nécessite de disposer d'un terroir d'une superficie 20 à 30 fois plus grande que la superficie cultivée chaque année pour assurer la rotation des jachères. La densité de population peut atteindre dans ce cas 30 à 40 habitants/km², en fonction de la nature du sol. Quand la densité dépasse cette valeur, la pression sur les terres devient alors forte, l'espace disponible et le temps de jachère diminuent. La fertilité du sol n'est plus renouvelée ; le rendement des cultures baisse alors de manière inexorable du fait de la dégradation du sol. Comme il existe rarement des mesures de conservation des sols dans ce mode d'exploitation, ce système se dégrade et il n'est plus durable. Il y a une crise et il faut passer à un autre mode d'exploitation.

Densité forte (40 à 250 habitants/km²) - Tendance à une dégradation forte à très forte

C'est le passage à la culture intensive pluviale avec peu ou pas de jachères. Ce changement de mode d'exploitation implique l'utilisation d'intrants (fumier, engrais, amendements). Comme les techniques de conservation du sol sont peu appliquées en général, l'érosion et la dégradation peuvent atteindre un degré élevé. Il existe alors un seuil, variant avec la nature des terres, qui correspond à la capacité maximale de production de

la terre pour ce mode d'exploitation. Au-delà de cette capacité, ce système de culture intensive pluviale n'est plus durable du fait de la dégradation et de la baisse des rendements. Il y a de nouveau crise. Une partie de la population abandonne alors les terres ou continue à y vivre avec de faibles revenus. La fraction dynamique de cette population peut modifier le mode d'exploitation pour assurer sa survie.

Densité très forte (250 à 400 habitants/km²) - Tendance à une dégradation moyenne

Ce mode d'exploitation met en œuvre des techniques de conservation des sols et des eaux, comme la construction de terrasses, de retenues d'eau, le reboisement, etc. Le travail à fournir pour maintenir la durabilité de ce système devient très élevé. Les investissements dans la conservation des sols limitent la dégradation. La densité rurale peut alors atteindre 400 habitants/km² ou plus comme en Inde, en Asie du Sud-Est ou en Chine. Dans cette situation, il existe aussi un seuil, déterminé par la nature du sol et les conditions climatiques. Au-delà de ce seuil, la production n'augmente plus et la dégradation a tendance à augmenter. Il y a de nouveau crise. La population en surnombre migre ailleurs ou se maintient, vivant dans la pauvreté.



L'État intervient parfois pour réguler le taux de croissance démographique comme en Chine, ou déplacer une partie de la population en surnombre vers d'autres régions du pays comme en Indonésie (programme de transmigration).

Et deux autres exemples particuliers...

Faible densité de population exploitant les terres - Forte dégradation

C'est le cas des pays développés à agriculture intensive subventionnée. La densité des exploitants ruraux est très faible, moins de 6 % de la population totale. Il est fait un usage intensif d'engrais et de pesticides. Ce système a un seuil de durabilité à cause de la dégradation physique du sol, de la pollution de la terre par des éléments chimiques toxiques et de la pollution importante des eaux des rivières et du littoral marin. Ce mode d'exploitation perdure avec le soutien des politiciens, de fortes subventions des États et le financement de la dépollution par toute la population. Il continue ainsi à produire intensivement depuis 50 ans environ mais semble avoir atteint sa limite à cause des dégâts sur l'environnement. De nouvelles techniques culturales sont envisagées, par exemple le non-labour

et la couverture permanente du sol par des rotations culturales adaptées afin de réduire la pollution (Raunet et Naudin, 2006). La [restauration des terres](#) peut être longue (plusieurs décennies) et très coûteuse.

Très forte densité de population rurale - Faible dégradation

C'est l'exemple de pays en voie de développement où la densité rurale est très forte, atteignant localement 1 000 habitants/km², mais où la dégradation reste faible. Cela concerne les deltas alluviaux et les sols volcaniques fertiles des zones tropicales. Le mode d'exploitation est la culture irriguée de plaine ou irriguée en terrasses sur les pentes. Les terres des deltas sont fertilisées chaque année par les crues des fleuves. Ce système dure depuis des siècles, parfois des millénaires, comme en Chine ou en Inde. La contrepartie de cette durabilité est l'extrême pauvreté de la population, car chaque famille n'a qu'un lopin de terre pour survivre. D'où la tendance actuelle d'une partie de cette population à migrer vers les zones périphériques urbaines, parfois vers l'étranger. Ce mode d'exploitation possède aussi un seuil de capacité, bien qu'il ne soit pas fortement dégradé, si ce n'est par une pollution due aux pesticides depuis quelques décennies.

Connaître les ressources en terres pour mieux les gérer

La terre est notre ressource commune. Elle est limitée dans l'espace et indispensable à toute la vie. Combinée à l'eau, aux ressources végétales et animales, elle constitue le support de la vie des hommes et des femmes. Elle est non renouvelable à l'échelle humaine et elle se dégrade sous l'effet des actions anthropiques entre autres. Ce n'est pas une marchandise comme le sont les ressources minières et pétrolières. Il faut donc l'exploiter au mieux selon les conditions climatiques et les besoins locaux. Depuis peu, elle est devenue une ressource stratégique pour certains États qui cherchent à louer des terres dans d'autres pays.

Malgré cette importance, la terre est trop souvent négligée par les gouvernements et par les médias. On constate que les questions liées à sa dégradation ne sont pas, actuellement, une priorité dans les pays du Nord, où elle est oblitérée par un apport massif d'**intrants** dû à un type d'agriculture fondé sur des aides et la domination des grandes centrales d'achat des hypermarchés et ainsi qu'à de nombreux polluants, et cela malgré des conséquences environnementales néfastes. Elle ne l'est pas plus dans de nombreux pays en développement du Sud, qui ont de tels problèmes sociaux et économiques à résoudre que la dégradation des terres—et des ressources naturelles en général—passe au second plan. Pourtant 75 % de l'humanité vit dans ces pays du Sud et les trois-quarts de la population travaillent dans le secteur agricole. Pour eux, la terre est vraiment la ressource vitale, source de l'alimentation et des revenus.

DES RÉSULTATS UTILES POUR LES DÉCIDEURS À DIFFÉRENTES ÉCHELLES...

La superficie des terres cultivables était de 2 hectares par habitant en 1900 dans le monde et elle n'est plus que de 0,4 hectare par habitant en 2010. Il reste par ailleurs

de grands espaces non cultivés. Il convient donc de bien connaître l'état de ce patrimoine foncier aux plans local, national et mondial. Cela est indispensable pour recommander les mesures indispensables à sa protection, sa prévention et sa **restauration**. Cela relève d'un cycle de prise de décision (*voir le schéma page 10*).

La première étape de ce cycle est l'identification du problème. Elle est indispensable pour la mise en œuvre et l'évaluation des politiques de gestion des terres. L'identification consiste à déterminer combien de terres sont dégradées, non dégradées ou améliorées. C'est l'objectif principal de cette méthode d'évaluation qui est proposée dans ce dossier. Combien d'hectares de terres sont dégradés ? Quels sont les types de dégradation ? Quelles en sont la gravité et l'extension dans le paysage ?

Les conclusions présentées dans ce dossier montrent que cela est réalisé à l'aide d'indicateurs observables ou mesurables et utilisables par les techniciens. Les indicateurs sont ensuite associés pour constituer un indice synthétique d'état de dégradation. Cet indice peut être exploitable par les politiciens et les décideurs. Cette méthode est applicable à des entités spatiales diverses, naturelles ou administratives, et dans différents milieux climatiques.

Les résultats obtenus par cette méthode peuvent contribuer à atteindre certains des objectifs de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, plus particulièrement les objectifs nationaux des États affectés par la désertification qui doivent faire régulièrement état de la dégradation des terres.

Ces résultats peuvent être utiles aux plans local et sous-régional pour connaître régulièrement les impacts des opérations de lutte contre la dégradation des terres et



G. Mandret © Cirad

▲ Terrasses Sapa : un exemple de terres améliorées et bien gérées, réduisant fortement les risques d'érosion. Région de Sapa, Vietnam.

d'amélioration des systèmes de culture et d'élevage. Ces résultats peuvent être exploités pour constituer un indicateur global : *la disponibilité en terre cultivable par habitant*. Les populations rurales et urbaines sont concernées, puisque l'une et l'autre consomment de la nourriture produite par la terre. Cette disponibilité est exprimée en hectare de terre, non dégradée, améliorée ou dégradée, sous un certain seuil. Cet indicateur est applicable à différentes échelles géographiques, par exemple une province, un pays, une région ou encore le monde entier. Il pourrait être modulé en fonction de la zone agro-écologique (FAO-IIASA, 2000) où la terre est localisée. En effet, un hectare de terre situé en zone tempérée n'a pas la même capacité de production qu'un hectare de terre situé en zone tropicale humide, à niveau égal d'**intrants**. Dans le premier cas par exemple, la période végétative (de 180 jours environ) ne permet de produire qu'une seule récolte de céréale par an, alors que dans le second, un hectare peut produire deux récoltes annuelles de céréales durant une période végétative de plus de 300 jours.

Cet indicateur peut être facilement contrôlé, et de manière assez fiable, par le recensement des populations, d'une part, et, d'autre part, à l'aide d'images satellitaires qui facilitent considérablement le suivi de la dégradation des terres et de la désertification. La valeur de cet indicateur global était de 0,42 hectare par habitant dans le monde en 2009, alors qu'il était de 2,0 hectares par habitant en 1900. Il sera au maximum de 0,29 hectare en 2050 dans le monde pour une population de 9,2 milliards d'humains. Il était d'un hectare pour le Togo en 1992, de 0,35 au Vietnam en 1997 et de 0,32 pour la province de Thaï Nguyen au nord du Vietnam.

... ET POUR UNE POLITIQUE VOLONTARISTE DE GESTION DURABLE DES TERRES

L'application de cette méthode n'est pas limitée par des contraintes techniques d'échelle ou d'espace. La limitation serait plutôt de nature politique et budgétaire. Elle nécessite la volonté politique de donner une priorité à la gestion des terres, puis d'assurer le financement de la première étape de ce processus qui est de faire l'évaluation de l'état de dégradation et de la désertification des terres. Le coût moyen d'une évaluation est de l'ordre de 1-2 €/km² selon la nature des difficultés d'accès au terrain. D'autres dossiers du CSFD ont montré qu'il était possible et rentable d'investir dans la **restauration** du capital naturel et l'agriculture dans les zones arides...

Bien entendu il ne s'agit pas de la seule méthode d'évaluation de la dégradation des terres et de la superficie disponible par habitant. Cet apport méthodologique considérable est à mettre en relation avec des méthodes mises au point soit par les institutions comme la FAO, avec son programme *Land Degradation Assessment in Drylands* (LADA), soit par de nombreux instituts de recherche nationaux dans les pays affectés, généralement en coopération avec des instituts des pays du Nord comme l'IRD (Institut de recherche pour le développement) et le Cirad (La recherche agronomique pour le développement) en France.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Amsallem I. & Bied-Charreton M., 2010. *Indicateurs de la dégradation et de la désertification*. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 58 pp.

BDPA-SCETAGRI, 1992. *Environnement et développement rural. Guide de la gestion des ressources naturelles*. Ministère de la Coopération et du Développement. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, 417 pp.

Brabant P., 1991. *Le sol des forêts claires du Cameroun. Exemple d'étude d'un site représentatif en vue de la cartographie et de l'évaluation des terres*. Tome 1, 544 pp. Tome 2, 278 pp. IRD (ex-ORSTOM), Paris.

Brabant P., 1992. La dégradation des terres en Afrique. *Afrique contemporaine*. 161: 90-103. La Documentation française, Paris.

Brabant P., 1997. Mieux appréhender la dégradation des terres. IRD-Actualités. *Fiche scientifique*. 39. Version anglaise : « Better land degradation assessment », 2 pp.

Brabant P., 2008. Activités humaines et dégradation des terres. *Collection Atlas Cédérom. Indicateurs et méthode*. IRD, Paris. Publication bénéficiant du label « planète terre » disponible auprès du Service de diffusion de l'IRD à Bondy (diffusion@bondy.ird.fr). Consultable sur www.cartographie.ird.fr/degra_PB.html

Brabant P. & Gavaud M., 1986. *Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun*. Collection Notices explicatives. 101. ORSTOM, Paris. 285 pp. + Cartes.

Brabant P., Darracq S., Egué K. & Simonneaux V., 1996. *Togo. État de dégradation des terres résultant des activités humaines. Human-induced land degradation status. Notice explicative de la carte des indices de dégradation. Explanatory notes of the land degradation index*. Coll. Notice explicative. 112. ORSTOM, Paris. 57 pp. + Carte 1/500 000.

Brabant P., Darracq S. & Nguyen Cam Van, 2004. *Trois atlas environnementaux au Viêt-Nam. Provinces de Bac Kan, Thai Nguyen, Lam Dong*. Collection Atlas Cédérom. IRD, Paris.

CPCS, 1967. *Classification des sols*. Édition 1967. Travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie des sols. Paris. 96 pp.

De Noni G., Roose E. & Rossi P.L., 2009 *Le réseau Erosion*. Bulletins de 1982 à 2004. CD-ROM. Éditions de l'IRD, Paris.

FAO, 1984. *Méthode provisoire d'évaluation et de cartographie de la désertification*. FAO. AGLS. Rome. 88 pp.

FAO, 1992. *Protect and Produce*. Revised edition. FAO, AGLS, Rome. 36 pp.

FAO-IIASA, 2000. *Global Agro-Ecological Zones (Global-AEZ)*. CD-ROM. FAO, Rome.

FAO-UNEP, 1994. Land degradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people. *World Soil Resources Reports*. 78. Rome. 100 pp.

FAO-UNEP, 2000. *Our land, our Future. A new approach to land use planning and management*. Rome. 26 pp.

Gavaud M. *et al.*, 1977. *Secteurs édaphiques et dégradation, actuelle et potentielle, des sols au Cameroun*. ONAREST, IRAF, Cameroun. 13 pp. + Cartes 1/5 000 000.

Glémarec Y., 2000. *Définition d'indicateurs d'environnement pour le développement des hautes terres tropicales. Étude de cas de la province de Thai Nguyen au Vietnam*. Thèse de doctorat. Université Denis Diderot (Paris 7), France. 164 pp.

Glémarec Y., 2002. *Environmental Indicators for tropical areas. A methodology applied to forest, water and soil degradation in Thai Nguyen Province, Viet-Nam*. P. Brabant (Tech. Ed.), 197 pp.



▲ Laboratoire de cartographie IRD à Bondy.

A. Aing © IRD

Indicateurs d'environnement en zone tropicale. Application à la dégradation des forêts, des eaux et des sols dans la province de Thai Nguyen au Viêt-Nam. P. Brabant (Éd. Sc.), IRD, Paris. 202 pp.

GLASOD, 1988. *Directives pour une évaluation générale de l'état de dégradation des sols par l'homme.* Oldeman R.L. (Ed.), UNEP/ISRIC, Wageningen. Document de travail n° 88/4, Global Assessment of Soil Degradation. 17 pp.

ISRIC, 1995. *Guidelines for the assessment of the status of human-induced soil degradation in South and Southeast Asia.* ASSOD Project. Van Lynden G.W.J (scientific editor), Wageningen. 20 pp.

ISRIC-UNEP, 1991. *World Map of the status of Human-induced soil degradation. GLASOD Project.* Oldeman L.R, Hakkeling R.T.A & Sombroek W.G. (Tech. Eds), Nairobi/Wageningen (version publiée de la carte mondiale GLASOD). Notice explicative et 3 cartes 1/10 000 000, format 135 cm X 95 cm.

Lozet J. & Mathieu C., 1990. *Dictionnaire de Science du sol.* 2^{ème} édition. Lavoisier. Technique et documentation, Paris. 384 pp.

OCDE, 1994. *Indicateurs d'environnement.* Corps central de l'OCDE, Paris.

Pédro G., 1985. Les grandes tendances des sols mondiaux. *ORSTOM Actualités.* 11: 11-14. ORSTOM, Paris.

Raunet M. & Naudin K., 2006. Lutte contre la désertification : l'apport d'une agriculture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). *Les dossiers thématiques du CSFD.* N°4. Septembre 2006. CSFD/Agropolis International, France. 40 pp.

Remarque E.-M., 1956. *À l'ouest rien de nouveau.* Stock. Le Livre de poche, Paris. 243 pp.

Remini B., 2000. L'envasement des barrages : quelques exemples algériens. *Bulletin du Réseau Érosion.* 20: 165. IRD, GTZ, Montpellier, France.

Roose E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin pédologique.* 70. FAO, Rome. 420 pp.

Simonneaux V., 1996. *Les apports possibles de la télédétection à l'évaluation de l'état de dégradation des terres. Cas du Togo.* Note interne IRD, Paris. 12 pp. multigr.

Stocking M.A. & Murnaghan N., 2001. *Handbook of the field assessment of land degradation.* Earthscan Publications, London. 169 pp.

UNEP, 2009. *Kenya: Atlas of Our Changing Environment.* Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya. 172 pp.

Acidification : Augmentation du degré d'acidité dans la couche arable du sol et parfois sous cette couche. Elle s'exprime par une diminution de la valeur du pHeau, qui est alors inférieure à 5,5 unités pH.

Aérosol : Poussière transportée par le vent et provenant de la déflation, formée de particules de moins de 5 µm à 80 µm. Les plus fines peuvent être poussées par le vent à plusieurs kilomètres en altitude et être transportées à plusieurs milliers de kilomètres de distance avant de retomber sur le sol.

Agriculture (ou culture) itinérante : Pratique culturale qui consiste à défricher une parcelle de terre, à l'exploiter pendant 2 à 4 ans, puis à l'abandonner pour une durée indéterminée, puis à se déplacer à une distance variable pour défricher une autre parcelle. L'habitat des exploitants est temporaire, car il est abandonné après les 2 à 4 ans d'exploitation. Ce mode de culture nécessite beaucoup d'espace et une faible densité de population.

Agriculture (ou culture) récurrente : Pratique culturale qui consiste à défricher une parcelle de terre, à l'exploiter pendant 4 à 7 ans, puis à la laisser se restaurer sous l'effet de la jachère naturelle durant une période qui est au maximum de 30 ans dans les zones tropicales. Au terme de cette période, la parcelle est de nouveau défrichée et remise en culture. Un nouveau cycle recommence. L'habitat des exploitants est permanent. Noter que l'expression « *shifting cultivation* » est employée parfois à tort pour désigner aussi la culture récurrente.

Alcalinisation : Elle est caractérisée par de fortes quantités de sodium fixées sur les argiles du sol et par un pHeau fortement alcalin, supérieur à 8,6 unités pH. Ce sont des conditions très défavorables à la croissance de la plupart des plantes cultivées, à cause de la forte teneur en sodium, de la forte compacité et de la faible perméabilité du sol, qui résultent de cette alcalinisation.

Amélioration foncière : Modification d'un terroir ou d'une terre due à une intervention humaine pour les rendre plus appropriés à un mode d'exploitation ou à un type d'utilisation déterminé.

Aptitude actuelle d'une terre : État d'une terre ayant des propriétés convenant aux conditions requises par un type d'utilisation déterminé, sans amélioration foncière.

Aptitude potentielle d'une terre : État d'une terre ayant des propriétés convenant aux conditions requises par un type d'utilisation déterminé, après une ou plusieurs améliorations foncières (Brabant, 1991).

Aridification : C'est une dégradation du régime hydrique du sol résultant d'une réduction de sa porosité et de sa perméabilité. Le pédoclimat devient plus sec que le climat atmosphérique. La fonction du sol en tant que « réservoir pour l'eau » est fortement altérée. La restauration des terres aridifiées est très difficile ; parfois, le processus est irréversible dans les conditions climatiques où se trouvent ces terres.

Couche humifère : Couche supérieure du sol qui contient le plus de matière organique. Cette matière organique ou humus lui donne un aspect plus ou moins sombre. On la dénomme « terre végétale » dans le langage courant.

Déflation : Action du vent qui arrache à la partie supérieure du sol des particules de sable, de limon, d'argile et de matière organique et transporte ces particules à une distance variable de la zone d'arrachement.

Ensablement : Recouvrement du sol par une couche de sable d'une épaisseur minimale de 10 cm sous l'effet du vent. Cela correspond à une masse sableuse de 2 000 tonnes environ par hectare.

État de référence de dégradation des terres : État antérieur de dégradation des terres, qui sont inexploitées, ou non cultivées depuis 60 ans ou parvenues à un état connu de dégradation à la suite de leur exploitation. En fait, c'est l'état des terres au temps « T zéro » auquel on se réfère pour faire l'évaluation comparée avec l'état actuel. Cela permet de calculer la vitesse moyenne de dégradation.

Évaluation qualitative : Évaluation dont les résultats sont exprimés par des adjectifs ; par exemple, l'aptitude moyenne d'une terre pour un type d'utilisation déterminé.



▲ Récolte d'épis de maïs au Togo.

© P. Brabant

Évaluation quantitative : Évaluation dont les résultats sont exprimés en valeurs numériques et peuvent être de nature :

- **géographique**, si les valeurs numériques désignent des superficies (ha, km²) ;
- **agronomique**, si les valeurs numériques expriment des rendements culturaux ou une production quelconque par unité de surface ;
- **socio-économique**, si les valeurs numériques expriment des profits ou des coûts monétaires.

Galiléo (Galileo) : Système européen de positionnement par satellite à la surface du Globe, pendant du GPS américain. Il indique la latitude, la longitude et l'altitude d'un point quelconque du Globe.

GPS : Système de positionnement à la surface du globe à l'aide de satellites, géré par les militaires. Il indique la latitude, la longitude et l'altitude d'un point quelconque de cette surface.

Image aérospatiale : Restitution photographique (photographie aérienne, image satellitaire, image radar) de données captées par des appareils embarqués à bord d'un aéronef ou d'un satellite et qui résultent de divers rayonnements ou de la réflectance de la surface terrestre. Les données peuvent être stockées et utilisées sous forme numérique.

Intrant : Voir « Niveau d'apports ». *Nota :* le terme « intrant » est souvent utilisé bien que le terme équivalent en français soit plutôt « apport ».

Macrofaune du sol : Groupe d'invertébrés du sol dont 90 % au moins sont visibles à l'œil nu.

Matière organique : Matériaux d'origine organique, végétale principalement, mais aussi animale, qui s'altèrent en formant l'humus.

Micromorphologie : Technique utilisée par la Science du sol. Elle consiste à observer un échantillon de sol non perturbé à l'aide d'un microscope polarisant. Cela permet de décrire les relations spatiales diverses entre les composants du squelette et du plasma du sol et de déterminer les types de vides (porosité du sol) occupés par l'eau ou par l'air.

Mine antipersonnel : Engin pyrotechnique légèrement enfoncé dans la couche de surface du sol ou dissimulé sur le sol. Il explose sous le poids d'un être humain ou d'un animal de poids équivalent. Une mine peut rester active pendant plusieurs décennies.

Mode d'exploitation (d'un terroir) : Usage général qui peut être fait d'un terroir. La culture pluviale, la culture irriguée, le pâturage extensif sont des exemples de mode d'exploitation (Brabant, 1991).

Niveau d'apports (ou d'intrants) : Classement permettant de distinguer des systèmes d'exploitation et de les définir en fonction des apports et de la technologie employée. On reconnaît trois niveaux principaux :

■ **Faible niveau :** Pas d'usage significatif d'apports matériels tels que les engrais chimiques, des semences sélectionnées, des pesticides ou l'utilisation d'engins mécaniques. Ce niveau correspond souvent à la culture traditionnelle pratiquée par le paysannat dans les pays moins développés.

■ **Niveau intermédiaire :** Techniques culturales améliorées par des apports permettant d'accroître le rendement des cultures sans toutefois atteindre le maximum de rendement ou de bénéfice économique exprimé en termes monétaires. Ce sont des méthodes pratiquées par les agriculteurs qui suivent les conseils des services agricoles, mais qui ont des connaissances techniques et/ou des ressources financières limitées.

■ **Niveau élevé :** Méthodes culturales utilisant les engrais à des niveaux de bénéfice économique maximum, des désherbants et des pesticides, appliqués selon les techniques les plus avancées et une mécanisation adaptée, pour obtenir le maximum de rendement et de bénéfice économique exprimé en termes monétaires. Ce sont les méthodes pratiquées par les agriculteurs capables d'utiliser une technologie avancée et disposant de ressources financières importantes.

Plasma : Terme utilisé en micromorphologie. Il désigne les composants fins du sol, minéraux (argile) ou organiques (humus), et les composants plus ou moins solubles (carbonates). Le plasma est associé de diverses manières aux particules minérales grossières du sol (sable), désignées sous le terme de « squelette ».

Programme ASSOD : Programme mené par l'ISRIC en collaboration avec le PNUE et la FAO. L'objectif était de déterminer l'état de dégradation des terres en Asie du Sud et du Sud-Est, résultant des activités humaines. Les travaux ont été réalisés à l'échelle de 1/5 000 000 et publiés en 1997. Ils couvrent 17 pays de cette région.

Restauration du sol ou de la terre : Ensemble d'actions qui, appliquées aux sols ou aux terres dégradées, leur permettent de retrouver les fonctions principales qu'elles avaient avant la perturbation par les activités humaines. Elles s'appliquent donc aux sols et aux terres qui, bien que dégradées, possèdent encore un degré suffisant de résilience.

Salinisation : Concentration, excessive pour la plupart des plantes, de sels solubles contenus dans le sol, en particulier de sels de sodium.

Système d'information géographique : Un SIG réunit les techniques et les méthodes d'acquisition d'informations spatialement référencées, de leur codage sous forme vectorielle ou matricielle, leur organisation en banque de données ainsi que les divers traitements et procédures destinés à les adapter à leur utilisation. Un SIG a pour but de fournir aux planificateurs et gestionnaires du milieu les informations nécessaires à la prise de décision (Glémarec, 2002).

Terre améliorée : Terre ayant bénéficié de pratiques culturales favorables, qui ont augmenté son niveau de fertilité et sa capacité de production végétale, animale ou forestière.

Terre arable (ou cultivable) : Terre qui est—ou qui peut être—labourée manuellement ou mécaniquement, ensemencée, puis mise à nue par la récolte de produits et qui peut être ensemencée de nouveau, ou qui est—ou qui peut être—plantée de cultures pérennes alimentaires et autres. Ces terres sont situées dans des zones où le climat permet de pratiquer une ou plusieurs cultures au cours d'un cycle annuel saisonnier.

Terre exploitable, non arable : Terre émergée, trop mince ou située sous un climat trop sec ou un climat trop froid ; elle ne peut être labourée ni produire des cultures annuelles, pluriannuelles ou pérennes. Elle est ainsi laissée sous végétation spontanée ; cependant, elle peut être exploitée pour le pâturage (dans le Sahel par exemple) ou pour la foresterie (dans les zones froides de l'hémisphère Nord).

Terre non exploitable : Terre émergée située sous un climat trop sec ou trop froid pour permettre la production agricole (végétale ou animale) et la production forestière. Ce sont les terres des zones désertiques, des zones froides boréales et australes, et les terrains de haute montagne.

Terre protégée : Terre dont l'usage et l'occupation ne sont pas autorisés à la suite d'une réglementation administrative, ou terre soumise à des contraintes d'usage qui empêchent (théoriquement) sa dégradation par des activités humaines.

Terre végétale : Dénomination courante de la couche supérieure d'un sol qui possède la teneur la plus forte en humus et qui est, en général, de couleur plus sombre que les couches sous-jacentes.

Terroir : Ensemble géographique naturel et cohérent, ayant une certaine prédisposition pour un même mode d'exploitation sur toute son étendue (p. ex. l'agriculture pluviale, l'agriculture irriguée, l'arboriculture) (Brabant, 1991).

Type d'utilisation d'une terre : Usage particulier qui est fait d'une terre dans le cadre d'un mode d'exploitation. La culture du coton et du riz de bas-fond sont deux types différents d'utilisation dans le cadre d'un même mode d'exploitation qui est l'agriculture pluviale (Brabant, 1991).

► Abondantes déjections
de vers de terre en surface
dans une terre non dégradée.
Nord du Cameroun.

© P. Brabant



Acronymes et abréviations utilisés dans le texte

ASSOD	<i>Soil Degradation in South and Southeast Asia</i>
CESBIO	Centre d'Études Spatiales de la BIOSphère, France
Cirad	La recherche agronomique pour le développement, France
CSFD	Comité Scientifique Français de la Désertification
DIC	Délégation à l'Information et à la Communication (IRD, France)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> / Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Italie
GLASOD	<i>Global Assessment of human-induced Soil Degradation</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IGN	Institut Géographique National, France
IRD	Institut de recherche pour le développement, France
ISRIC	<i>World Soil Information</i> (anciennement <i>International Soil and Reference Information Center</i>), Pays-Bas
LADA	<i>Land Degradation Assessment in Drylands</i>
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
SIG	Système d'information géographique
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre



Résumé

La terre cultivable est une ressource vitale pour l'humanité. Son exploitation permet de nourrir chaque jour la population mondiale. Sa superficie, limitée, est en constante diminution—2 hectares par habitant en 1900 contre 0,4 en 2010—du fait des impacts des activités humaines et de la croissance démographique. La terre cultivable n'est pas renouvelable naturellement à l'échelle de temps humaine et elle est irremplaçable car personne ne peut en fabriquer. Il convient donc de bien la gérer. Ainsi, connaître l'état actuel de dégradation des terres est indispensable pour définir des politiques de protection, de restauration et/ou de gestion durable.

Une première évaluation mondiale de l'état des terres, réalisée en 1990, a produit des résultats incomplets à cause d'un manque de procédure commune d'évaluation. Ce *dossier du CSFD* décrit une méthode harmonisée pour déterminer l'état de dégradation des terres, qui est applicable à différentes échelles spatiales—depuis l'exploitation agricole jusqu'à un pays tout entier—et dans toutes les zones climatiques du monde.

Trois indicateurs principaux sont retenus : le type, l'extension et le degré de dégradation. Une fois regroupés, ils constituent un indice synthétique de dégradation qui est représenté de manière simple sur des cartes facilement exploitables par les politiciens, les décideurs et les médias. Des indicateurs complémentaires sont utiles au personnel chargé de mettre en œuvre les actions de lutte contre la dégradation dans les zones sélectionnées par les décideurs : vitesse et tendance de la dégradation, historique, sensibilité et résilience des sols, causes possibles, effets hors-site, densité de population rurale.

Les résultats obtenus peuvent contribuer à atteindre certains des objectifs de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, particulièrement les objectifs nationaux des États affectés par la désertification qui doivent faire régulièrement l'état de la dégradation des terres.

Mots clés : Activités humaines, dégradation des terres, méthode d'évaluation, indicateurs, indice de dégradation, cartographie, environnement, désertification

Abstract

Arable land is a vital resource for humankind. Cultivation of this land generates food to meet the daily needs of the world's population. This land is limited and the area is constantly shrinking—2 ha/inhabitant in 1900 versus 0.4 in 2010—due to the impact of human activities and population growth. Arable land is not a naturally renewable resource on the time scale of human evolution and is invaluable as it cannot be manufactured. This land therefore has to be properly managed. It is thus essential to understand the actual land degradation status so as to be able to draw up protection, restoration and/or sustainable management policies.

In 1990, the results of the first global land assessment were incomplete because of a lack of common assessment procedure. This *CSFD Dossier* describes a streamlined land degradation assessment method that can be applied on different spatial scales—farm to country—and in all climatic zones in worldwide.

The type, extent and degree (or severity) of land degradation are the three main indicators selected. When pooled, they represent a degradation index rating that is displayed in a simple way on maps that can be readily used by politicians, decisionmakers and the media. Complementary indicators are useful for staff responsible for implementing land degradation control initiatives in areas earmarked by decisionmakers: degradation rate and trend, historical background, soil sensitivity and resilience, possible causes, off-site effects, and rural population density.

The results obtained could contribute to meeting the objectives of the United Nations Convention to Combat Desertification, especially through national objectives in countries affected by desertification that must regularly report on land degradation.

Keywords: Human activities, land degradation, assessment method, indicators, degradation index, mapping, environment, desertification

Dans la même collection

Numéros déjà parus

La lutte contre la désertification : un bien public mondial environnemental ? Des éléments de réponse...
(M. Requier-Desjardins et P. Caron, janv. 2005)
Disponible aussi en anglais

La télédétection : un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification
(G. Begni, R. Escadafal, D. Fontannaz et A.-T. Nguyen, mai 2005)
Disponible aussi en anglais

Combattre l'érosion éolienne : un volet de la lutte contre la désertification
(M. Mainguet et F. Dumay, avril 2006)
Disponible aussi en anglais

Lutte contre la désertification : l'apport d'une agriculture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV)
(M. Raunet et K. Naudin, septembre 2006)
Disponible aussi en anglais

Pourquoi faut-il investir en zones arides ?
(M. Requier-Desjardins, juin 2007)
Disponible aussi en anglais

Sciences et société civile dans le cadre de la lutte contre la désertification
(M. Bied-Charreton et M. Requier-Desjardins, septembre 2007)
Disponible aussi en anglais

La restauration du capital naturel en zones arides et semi-arides Allier santé des écosystèmes et bien-être des populations
(M. Lacombe et J. Aronson, mars 2008)
Disponible aussi en anglais

Une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres. Proposition de directives normalisées
(P. Brabant, août 2010)
Disponible aussi en anglais

Numéros à paraître

Synthèse des projets de recherche et développement du CSFD en Afrique

Biodiversité et désertification (A. Sarr)

Pastoralisme et désertification en zone subsaharienne (Ph. Lhoste et B. Toutain)

La révolution pastorale en Méditerranée et son impact sur la désertification
(A. Bourbouze)

Biens, ressources naturelles et pauvreté dans les sociétés pastorales : quelles approches ?
(A. Bourgeot)

Désertification et gestion des ressources en eau

L'information environnementale pour l'aide à la décision

Changement climatique et désertification

Arbres, arbustes et produits forestiers non ligneux



Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

1 rue Descartes
75231 Paris CEDEX 05
France
Tél. +33 (0)1 55 55 90 90
www.enseignementsup-recherche.gouv.fr



Ministère des Affaires étrangères et européennes

27, rue de la Convention
CS 91533
75732 Paris CEDEX 15
France
Tél. +33 (0)1 43 17 53 53
www.diplomatie.gouv.fr



Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat
20 avenue de Ségur
75302 Paris 07 SP
France
Tél. +33 (0)1 42 19 20 21
www.ecologie.gouv.fr



Agence Française de Développement

5 rue Roland Barthes
75598 Paris CEDEX 12
France
Tél. +33 (0)1 53 44 31 31
www.afd.fr



Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification

P.O. Box 260129
Haus Carstanjen
D-53153 Bonn
Allemagne
Tél. +49 228 815-2800
www.unccd.int



Agropolis International

Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél. +33 (0)4 67 04 75 75
www.agropolis.fr

NOUS CONTACTER



CSFD

Comité Scientifique
Français de la Désertification
Agropolis International
Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél.: +33 (0)4 67 04 75 44
Fax: +33 (0)4 67 04 75 99
csfd@agropolis.fr
www.csf-desertification.org

Suivez-nous sur

[facebook](https://www.facebook.com/csfd_fr)

[twitter](https://twitter.com/csfd_fr)
twitter.com/csfd_fr

Photos de couverture

1 : Cameroun, région de Maroua. Grande nappe ravinante s'étendant sur plusieurs centaines de mètres. © P. Brabant

2 : Togo, Région Maritime. Rigole d'érosion formée dans un champ de maïs après une seule pluie d'une hauteur de 80 mm. © P. Brabant

3 : Un exemple de terre fortement dégradée (indice 5). Province de Thai Nguyen au Vietnam. © B. Moeremans