

Sciences Agronomiques : Master 2 Sciences du sol

Matière : Politique d'utilisation du sol

Introduction

L'Humanité doit actuellement répondre à des défis considérables dans le domaine agricole : le climat change, la population mondiale ne cesse d'augmenter, les villes se développent, les régimes alimentaires subissent des modifications substantielles tandis que les sols se dégradent de plus en plus.

Dans ce monde à l'évolution si rapide et compte tenu de l'urgence d'éliminer la faim et de garantir la sécurité alimentaire, comprendre et être capable de gérer les sols de manière durable n'a jamais été aussi crucial.

De fait, les Objectifs pour le Développement Durable ont mis en évidence le besoin de restaurer les sols dégradés et d'améliorer la santé des sols. Il est désormais notoire que nous devons entretenir et libérer le potentiel de nos sols pour être capable, non seulement d'assurer la production alimentaire mais encore de stocker et fournir plus d'eau potable, de maintenir la biodiversité, de séquestrer du carbone et d'augmenter la résilience face à un climat en évolution. Cet objectif impose la mise en place d'une gestion durable des sols au niveau international.

Les sols sont le fondement de la production alimentaire ainsi que de nombreux services écosystémiques. Il a été démontré que la gestion durable des sols contribue à l'augmentation de la production alimentaire, à l'amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments et à l'adaptation au changement climatique, pour en limiter les effets.

C'est pourquoi la conservation et la gestion durable des sols est un domaine central du mandat de la FAO car il contribue à éliminer la faim, l'insécurité alimentaire et la malnutrition.

Afin de permettre de mieux reconnaître les contributions essentielles des sols à l'agriculture et à la production alimentaire, ainsi que de leurs services écosystémiques cruciaux, le Conseil de la FAO a établi le Partenariat mondial sur les sols en décembre 2012, comme une association de partenaires désireux de promouvoir et mettre en place la gestion durable des sols tant au niveau local qu'international.

Depuis lors, le Partenariat mondial sur les sols a mené une vaste campagne visant à promouvoir la gestion durable des sols.

Utilisation du sol

L'**utilisation du sol** (ou l'**occupation des sols**) est la modification par l'homme de son **environnement** naturel ou sauvage au niveau du sol quand il est transformé un environnement plus ou moins anthropisé (prairies, champs, imperméabilisation, constructions et autres implantations humaines...).

Les principaux effets de l'utilisation du sol sur la **couverture du sol** ont été ceux de l'agriculture avec le changement de flore, faune et fonge, drainage, labour, **renclôture**, etc. et du moyen-âge aux années 1750 ou encore les changements postérieures. Par exemple, la **déforestation des régions tempérées**¹.

Les effets négatifs récents les plus significatifs de l'utilisation du sol incluent l'**étalement urbain**, l'**érosion**, la **régression et dégradation des sols**, la **salinisation** et la **désertification**².

Les changements dans l'utilisation du sol et l'usage des **combustibles fossiles** constituent les principales sources anthropogéniques de **dioxyde de carbone**, un des principaux **gaz à effet de serre**³.

L'utilisation du sol a aussi été définie comme l'ensemble des arrangements, activités, et inputs qu'ont les gens sur un certain type de **couverture du sol**.

Utilisation du sol et zonage :

Dans les règlements de **zonage** des municipalités, chaque zone se voit attribuer un certain nombre d'usages qui peuvent être légalement faits en ce lieu.

Utilisation du sol et environnement :

Les pratiques de l'utilisation et de la gestion des sols ont un impact important sur les **ressources naturelles** telles que l'**eau**, le **sol**, la **faune** et la **flore**. L'information sur les utilisations du sol peut être utilisée pour développer des solutions pour la gestion des ressources naturelles comme la salinité et la qualité des eaux.

Selon un rapport de l'**Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture**, la dégradation des sols se trouve exacerbée là où la planification est déficiente ou mal exécutée, quand des incitations législatives ou financiers conduisent à de mauvaises décisions dans l'utilisation du sol ou lorsqu'un **planning central biaisé** conduit à la sur-utilisation des ressources en sol, par exemple pour la production à court terme. Le résultat a souvent été la misère pour une grande partie des populations locales et la destruction d'**écosystèmes** utiles.

De telles approches à courtes vues doivent être remplacées par une planification et une gestion intégrées des ressources du sol où l'utilisateur local est au centre des préoccupations. Ceci assurera la qualité à long terme de sol pour les besoins humains, la prévention ou la résolution des conflits sociaux liés à l'utilisation du sol et la conservation des écosystèmes d'une grande **biodiversité**.

Outils d'observation :

Ils sont nombreux et offrent parfois une haute résolution pour des thèmes tels que l'**imperméabilisation**, le **couvert arboré**...) issus d'interprétation automatique d'images satellitaires, ce sont par exemple :

- occupation du sol à grande échelle par l'**IGN** ;
- mise à jour complète, pour l'occupation du sol (photo-interprétation d'imagerie satellitale) ;
- données fiscales (fichiers fonciers) ;
- registre agricole (référentiel parcellaire graphique) ;
- Base de données Arch

Directives pour une gestion durable des sols:

1- Limiter l'érosion des sols: Le rapport sur l'état des ressources en sols du monde a établi que l'érosion hydrique et éolienne était la principale menace pour les sols au niveau mondial, ainsi que pour les services écosystémiques qu'ils fournissent. L'érosion des sols entraîne la perte de couches superficielles de sol (qui contiennent des réserves d'éléments nutritifs organiques et minéraux), et la perte partielle ou totale d'horizons – voire l'exposition du sous-sol, défavorable à la croissance. Ses conséquences vont au-delà des sols, puisqu'elle entraîne également des dégâts au niveau des infrastructures privées et publiques, une baisse de la qualité de l'eau et un phénomène de sédimentation. L'érosion des sols est accélérée par les activités humaines qui se traduisent entre autres par une réduction du couvert végétal ou résiduelle, sous l'action du labour et d'autres travaux, et par une réduction de la stabilité du sol, qui donne lieu à son tour à des reptations et glissements de terrain.

- Éviter les changements de mode d'utilisation des terres, tels que la déforestation ou la conversion inadaptée d'herbages en terres à cultures, qui entraînent une perte de couvert superficiel du sol ainsi que d'une partie du carbone qu'il contient – ou, si ce n'est pas possible, veiller à soigneusement planifier ces changements et à les mettre en oeuvre correctement;
- Maintenir un couvert composé de végétaux sur pied ou d'autres résidus organiques et inorganiques pour protéger la surface du sol de l'érosion, grâce à des mesures adaptées: paillage, labour minimum, semis direct sans labour (avec utilisation réduite d'herbicides), cultures de couverture, méthodes agroécologiques, contrôle du passage de véhicules, couvert végétal et rotation des cultures permanents, culture en bandes, agroforesterie, rideaux abris, et maintien d'un taux de charge et d'une intensité de pâturage adaptés;
- Limiter l'érosion hydrique des terres pentues et relativement escarpées au moyen de mesures permettant de réduire le débit et la vitesse de ruissellement: culture en bandes, cordons, rotation des cultures, cultures intercalaires, agroforesterie, barrières transversales (bandes herbeuses, bourrelets en courbes de niveau et couches de gravats), construction et entretien de terrasses, chenaux enherbés ou bandes d'isolement végétalisées;
- Utiliser/mettre en place, selon qu'il convient: des zones tampons le long des cours d'eau, des bandes d'isolement; des zones tampon; des zones humides; des systèmes de récolte de l'eau; et des cultures de couverture, afin de limiter le plus possible l'exportation hors du système pédologique des particules du sol, ainsi que des éléments nutritifs et contaminant associés, et de protéger d'éventuels dégâts les zones situées en aval; et
- Réduire le plus possible l'érosion éolienne ; notamment par les tempêtes de poussière – et en atténuer les effets au moyen de brise-vent végétaux (arbres et arbustes) ou artificiels (murs de pierres) réduisant la vitesse du vent

2- Accroître la richesse des sols en matière organique:La matière organique des sols (MOS) joue un rôle central dans le maintien de leurs fonctions et dans la prévention de leur dégradation. Ceux-ci constituent la plus grande réserve de carbone organique de la planète; à ce titre, ils sont indispensables à la régulation du climat et à l'atténuation des effets du changement climatique, grâce à la compensation qui s'opère entre les émissions de gaz à effet de serre et le piégeage du carbone. Pour cette raison, la MOS joue un rôle stratégique dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets, aussi convient-il d'en stabiliser ou d'en accroître les stocks mondiaux. Une perte de carbone organique du sol, due à une mauvaise utilisation des terres, à une mauvaise gestion des sols ou à de mauvaises pratiques culturales, peut entraîner une détérioration de la qualité et de la structure des sols, et accroître l'érosion de ceux-ci, ce qui peut donner lieu à des émissions de carbone dans l'atmosphère. À l'inverse, une bonne utilisation des terres et une bonne gestion des sols peuvent entraîner une rétention plus importante du carbone organique dans le sol et se traduire par une meilleure qualité des sols, susceptible d'atténuer en partie la hausse du taux de CO₂ atmosphérique..

- Accroître la production de biomasse : augmenter la disponibilité de l'eau pour les plantes, à l'aide de méthodes (irrigation par goutte-à-goutte ou micro-asperseurs; programmation de l'irrigation; suivi de l'humidité du sol ou de la perte d'eau par évapotranspiration) offrant l'utilisation de l'eau la plus efficace tout en réduisant le plus possible l'érosion des sols et le lessivage de nutriments; recourir aux cultures de couverture; instaurer un bon équilibre entre les apports d'engrais et l'utilisation efficace d'amendements organiques; améliorer la densité des peuplements; favoriser l'agroforesterie et les cultures en couloirs; mener des campagnes de boisement et de reboisement;

- Protéger les sols des tourbières, forêts, pâturages, etc., qui sont riches en carbone organique;

3. Directives pour une gestion durable des sols :

- Accroître le taux de matière organique grâce à des pratiques telles que la gestion des résidus de récolte, l'utilisation du pâturage plutôt que la récolte de foin, l'agriculture biologique, la gestion intégrée de la fertilité des sols et la protection intégrée, l'utilisation du fumier animal ou autres déchets carbonés, l'utilisation du compost, et le paillage ou la mise en place d'un couvert permanent au sol;

- De préférence, éviter le feu, sauf s'il s'intègre pleinement dans la gestion des terres, auquel cas la durée et l'intensité du brûlage doivent être contrôlés de manière à limiter les pertes de fonctions du sol. Lorsqu'il s'agit d'un incendie d'origine naturelle, il est bon d'envisager, selon qu'il convient, des mesures permettant de limiter l'érosion et d'encourager la revégétalisation après l'incendie.

- Faire le meilleur usage possible de toutes les sources d'intrants organiques (fumier animal et déchets humains correctement transformés);

- Adopter des pratiques de gestion permettant de faire en sorte que les sols bénéficient d'un couvert suffisant: mise en place de cultures de couverture, choix de meilleures espèces végétales pour les jachères, labour minimum, voire absence de labour, plantation de haies vives;

- Ralentir la décomposition de la matière organique du sol en pratiquant le labour minimum ou l'absence de labour sans accroître l'utilisation d'herbicides; et

- Mettre en place la rotation des cultures, la plantation de légumineuses (y compris de légumes secs) ou améliorer le mélange des cultures.

4. Favoriser l'équilibre des éléments nutritifs du sol et leurs cycles Les notions de suffisance et d'utilisation efficace s'appliquent tout particulièrement au comportement dynamique des éléments nutritifs dans le continuum sol-eau-éléments nutritifs végétaux. Les besoins des variétés cultivées, les caractéristiques et conditions locales du sol, et les régimes météorologiques sont les éléments à prendre en compte dans la nutrition des végétaux. Cette nutrition peut être renforcée par le recyclage des éléments nutritifs ou par l'ajout d'engrais minéraux (chimiques) ou organiques et autres amendements du sol provenant de sources primaires (phosphate naturel) ou secondaires (phosphore des boues d'épuration). Il est fondamental d'assurer la gestion des éléments nutritifs selon un système et une méthode adaptés, et de s'assurer parallèlement que l'usage choisi pour une terre donnée est adapté à celle-ci. Les avantages d'un apport suffisant et équilibré d'éléments nutritifs répondant aux besoins des plantes sont bien connus: les quantités d'aliments, de fourrage, de fibres, de bois d'oeuvre, et de carburants produites sont optimales (ou se rapprochent du niveau optimal) dans un contexte géographique donné; il est moins nécessaire de prendre des mesures pour lutter contre les ravageurs, et de prévoir un apport extérieur d'amendements organiques et inorganiques et d'engrais minéraux; la pollution, liée à un usage inadapté de produits agrochimiques, est réduite; et le piégeage du carbone dans le sol est renforcé (la biomasse produisant du carbone qui est ensuite restitué au sol). Une carence en éléments nutritifs de base conduit à une croissance insuffisante des végétaux et se traduit par des récoltes moins abondantes, à valeur nutritionnelle faible. À l'inverse, un excès de nutriment dans les sols se traduit par: a) le lessivage des éléments nutritifs excédentaires (en particulier de l'azote et du phosphore) issus des champs agricoles, qui donne lieu à une eutrophisation et à une détérioration de la qualité de l'eau et des écosystèmes terrestres et aquatiques; b) un rejet plus important d'oxyde nitreux (gaz à effet de serre) du sol vers l'atmosphère; c) la fuite des formes mobiles de l'azote vers les eaux servant à la consommation humaine, avec d'éventuelles conséquences négatives sur la santé et d) une mauvaise récolte. 10 Directives volontaires pour une gestion durable des sols.

- Améliorer et conserver la fertilité naturelle des sols et les cycles naturels des éléments nutritifs en prenant des mesures de préservation ou de consolidation de la matière organique des sols. Il est possible d'améliorer la fertilité des sols par certaines pratiques de conservation: rotation des cultures et alternance avec la culture de

légumineuses; épandage de fumier vert et animal; et cultures de couverture, associées à un labour minimum ou à l'absence de labour, à un usage réduit des herbicides, ainsi qu'à l'agroforesterie.

Les cycles des éléments nutritifs sont par ailleurs mieux gérés au sein de systèmes intégrés tels que des systèmes cultures/ bétail ou cultures/bétail/forêts.

- Optimiser l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs en adoptant diverses mesures: application équilibrée et adaptée au contexte d'amendements du sol organiques et inorganiques (compost et agents de chaulage, respectivement) et/ou de produits nouveaux (engrais lents et à libération contrôlée), et recyclage et réutilisation des éléments nutritifs.

- Adapter les méthodes d'épandage, le type, la quantité et le moment de la fertilisation, afin de limiter les pertes et de favoriser un apport équilibré en nutriments pour les cultures. Se fonder pour ce faire sur des analyses des sols et des végétaux, et entreprendre un travail à long terme plutôt que des actions à court terme.

- Envisager l'apport de micronutriments supplémentaires dans le cadre de la fertilisation des sols.

- Utiliser des sources facilement accessibles d'éléments nutritifs pour les végétaux; user en particulier, de manière précise et judicieuse, des amendements organiques et minéraux, des engrais minéraux, et des bioproduits agricoles. Ces amendements et bioproduits comprennent: les purins, les fumiers semi-solides et solides; les résidus de cultures; les composts; les engrais verts; les ordures ménagères; les cendres propres issues de la production d'énergie de biomasse; les amendements de sol et les inoculant. Afin d'améliorer l'efficacité de ces mesures, les associer aux mesures d'atténuation des effets d'autres facteurs limitant (tels que la pénurie d'eau).

Veiller à ce que ces amendements soient utilisés en toute sécurité (surveiller notamment les teneurs admissibles en contaminants et en polluants, ainsi que la santé de la main d'oeuvre).

- Procéder à des tests et à des évaluations sur le terrain des sols et du tissu végétal afin d'éclairer le diagnostic et les mesures de correction des facteurs limitant la production agricole liés aux éléments nutritifs des végétaux, à la salinité, à l'alcalinité, et aux conditions de pH extrêmes. Ces informations sont essentielles pour prendre des décisions en toute connaissance de cause et suivre les progrès réalisés.

- Le cas échéant, gérer les déplacements de bétail et les pâturages de manière à optimiser les dépôts de fumier et d'urine;

- Épandage d'agents de chaulage dans les sols acides est une condition préalable indispensable pour une utilisation efficiente et optimale des éléments nutritifs de ces sols; envisager l'épandage d'amendements organiques tels que le compost, ainsi qu'une gestion appropriée du système sol/cultures, pour les sols alcalins et autres.

- Allouer les ressources en engrais minéraux naturels, tels que le phosphate naturel et la potasse, de manière efficace et stratégique, afin de faire en sorte qu'une quantité adéquate de ces minéraux reste toujours disponible pour les générations à venir.

5. Prévenir et limiter les phénomènes de salinisation et d'alcalinisation des sols, et en atténuer les effets La salinisation est l'accumulation dans les sols de sels de sodium, de magnésium et de calcium solubles dans l'eau. Elle résulte d'une forte évapotranspiration, de l'infiltration d'eau de mer dans les terres et de processus liés à l'activité humaine (à une mauvaise irrigation, par exemple). Ce phénomène fait baisser le rendement des récoltes et, au-dessus d'un certain seuil, rend tout à fait impossibles la production des cultures.

- Optimiser le couvert végétal afin de réduire les pertes par évaporation.

- Accroître l'utilisation effective des eaux d'irrigation en améliorant les méthodes d'adduction, de distribution et d'application sur le terrain. Utiliser des méthodes d'irrigation à basse pression et appliquer l'eau directement au sol. Éviter d'automatiser l'approvisionnement en eau et l'application de l'eau en pluie sur les cultures.

- Gérer l'irrigation de manière à apporter suffisamment d'eau pour assurer la croissance des plantes ainsi qu'un drainage efficace afin d'éviter les problèmes de salinisation.

- Vérifier et suivre la qualité de l'eau d'irrigation; lorsque c'est possible, procéder à la désalinisation de l'eau.

- Installer et entretenir des systèmes de drainage de surface ou souterrains permettant de maîtriser la montée du niveau des nappes phréatiques ainsi que la salinité des sols. Concevoir ces systèmes en s'appuyant sur une connaissance approfondie de l'équilibre hydrique dans les zones concernées; et

- Si les sols sont déjà dégradés et que la prévention ne suffit plus à ce stade, il est possible de bonifier des sols salinisés à l'aide de techniques diverses: lessivage direct des sels, plantation de variétés supportant le sel, domestication d'halophytes sauvages indigènes à utiliser dans les systèmes agropastoraux, amélioration chimique, et apport d'amendements organiques.

6. Prévenir et limiter la contamination des sols :

Le sol peut filtrer, fixer et neutraliser, mais aussi libérer des polluants lorsque les conditions changent (des métaux lourds lorsque le pH baisse, par exemple). La prévention de la contamination des sols reste donc la meilleure façon de garder des sols sains et d'assurer la sécurité sanitaire des aliments, conformément aux Objectifs de développement durable. Les contaminants susceptibles de pénétrer les sols peuvent provenir de sources diverses: intrants agricoles, apport de sous produits sur les terres, dépôts atmosphériques, eaux issues des inondations et de l'irrigation, déversements

accidentels, mauvaise gestion des déchets urbains et des eaux usées, entre autres. Il y a accumulation et contamination si la vitesse d'accrétion d'un contaminant donné excède la vitesse d'élimination de celui-ci du système pédologique.

Parmi les conséquences néfastes possibles de ce phénomène, on citera la toxicité des plantes (et la baisse de productivité qui en résulte); la contamination des eaux, ainsi que de zones situées à distance du site de contamination, par le transport de sédiments et les risques accrus pour la santé humaine et animale du fait de l'accumulation des contaminants dans la chaîne alimentaire.

- Les pouvoirs publics sont encouragés à instaurer et mettre en oeuvre des réglementations visant à limiter l'accumulation de contaminants à des valeurs inférieures aux valeurs établies, afin de préserver la santé et le bien-être humains, et à faciliter l'assainissement des sols lorsque la contamination dépasse ces valeurs.

- Dans le cadre de la maîtrise de la contamination des sols sur le plan local, définir des niveaux de concentration de base, puis effectuer des tests, un suivi et une évaluation des concentrations de contaminants afin d'identifier les sites qui sont susceptibles d'être contaminés. Procéder à une évaluation des risques, avec évaluation des coûts totaux, et prendre des mesures d'assainissement afin de réduire les risques pour les humains et les systèmes écologiques.

- Déterminer les sols qui sont les plus vulnérables aux effets néfastes des polluants diffus et réduire la charge de contaminants de ces sols.

- Mettre à la disposition du public des informations sur les sites dont les sols sont contaminés.

- Ne pas affecter de sols contaminés à la production d'aliments ni de fourrage. 12 Directives volontaires pour une gestion durable des sols.

- Transformer et tester les éléments nutritifs recyclés servant d'amendements du sol lorsqu'ils proviennent d'eaux usées traitées ou d'autres déchets, afin de s'assurer que leur teneur en contaminants est sans danger et qu'ils contiennent suffisamment d'éléments nutritifs utilisables par les plantes. **Par exemple**, les xénobiotiques organiques peuvent faire peser une menace grave, incalculable et irréversible sur la fertilité des sols et sur la santé humain; et

- Enfin, après apport d'engrais et de pesticides, limiter les débits sortants d'eaux de crue issues des rizières, afin d'éviter les répercussions en dehors du site concerné.

7. Prévenir et limiter l'acidification des sols :

L'acidification des sols agricoles et forestiers résultant de l'activité humaine est principalement associée à l'élimination des cations basiques et à la perte de pouvoir tampon du sol, ou à l'augmentation des apports en azote et en soufre (apports d'engrais des pâturages de légumineuses, dépôts atmosphériques). Moins un sol contient de minéraux altérables (c'est **par exemple** le cas des sols anciens, fortement altérés, ou formés à partir de matériaux riches en quartz), moins son pouvoir tampon sera important et/ou plus sa concentration en aluminium sera élevée.

- Suivre l'acidité du sol, et limiter l'acidité superficielle et souterraine des sols en utilisant des amendements appropriés (chaux, gypse et cendres propres).

- Apporter des engrais et des amendements du sol organiques équilibrés.
- Utiliser des engrais acidifiants, en veillant à le faire de manière adaptée.

8. Préserver et renforcer la biodiversité des sols :

Les sols offrent l'un des réservoirs de biodiversité les plus vastes au monde, et les organismes qui y sont présents jouent un rôle essentiel dans la fourniture de bon nombre de services écosystémiques. On sait peu de choses sur le degré de biodiversité nécessaire au maintien des fonctions essentielles du sol, mais de nouveaux outils (techniques biochimiques, analyse d'ADN) laissent à penser que des avancées considérables sont possibles dans ce domaine.

- Mettre en place des programmes de suivi de la biodiversité des sols, y compris des indicateurs biologiques (par exemple de l'écotoxicologie locale) et des signaux d'alerte précoce in-situ.

- Préserver ou accroître la teneur en matière organique nécessaire à la biodiversité des sols; apporter pour ce faire une couverture végétale suffisante (cultures de couverture, cultures multiples...) ainsi qu'une supplémentation en éléments nutritifs, afin d'assurer une concentration optimale de ceux-ci; ajouter divers amendements organiques; limiter le plus possible la perturbation des sols; éviter la salinisation; et conserver ou restaurer la végétation (haies basses et haies brise-vent, par exemple).

- Autoriser et utiliser les pesticides dans les systèmes agricoles suivant les recommandations du Code de conduite international sur la gestion des pesticides et de la réglementation nationale pertinente. Encourager la pratique d'une protection raisonnée, intégrée et/ou organique.

- Encourager, selon qu'il convient, le recours aux espèces de légumineuses fixatrices d'azote, aux inoculants microbiens, aux mycorhizes (spores, hyphes et fragments de racines), aux vers de terre et autres micro-, méso- et macro-organismes bienfaisants pour les sols (banques de coléoptères, par exemple); veiller ce faisant à limiter les risques de phénomènes invasifs en favorisant le recours à la biodiversité locale, et prendre garde à ne pas perturber les services assurés par les sols.

- Restaurer la biodiversité végétale des écosystèmes, ce qui favorisera la biodiversité des sols.

- Encourager la rotation des cultures et les cultures intercalaires, ainsi que la préservation des haies, refuges de biodiversité, et parties aménagées sur le pourtour des champs.

- Soumettre tout changement de l'utilisation des terres prévu dans des zones riches en biodiversité à un processus de planification respectant les principes de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, ainsi que des autres instruments internationaux pertinents et du droit national.

9. Limiter l'imperméabilisation des sols :

La conversion des terres, et l'imperméabilisation des sols qui l'accompagne dans le cadre de la mise en place d'établissements et d'infrastructures, touchent tous les sols, mais sont particulièrement préoccupantes en ce qui concerne les sols productifs et

arables, qui jouent un rôle important au regard de la production et de la sécurité alimentaires, de la nutrition, et des objectifs à atteindre en matière d'économie circulaire. Dans bien des endroits, l'expansion urbaine touche les sols les plus productifs à proximité des villes et établissements.

L'imperméabilisation des sols et la conversion des terres entraînent une perte, majoritairement irréversible, de tout ou partie des fonctions du sol, ainsi que des services écosystémiques correspondants.

- Revoir, en tant que de besoin, les politiques actuelles, les lois pertinentes et les procédures d'aménagement du territoire appliquées dans le cadre de la mise en place d'établissements et d'infrastructures, compte tenu de la valeur des sols, afin d'assurer la préservation des sols productifs et arables.

- Lorsqu'il existe des politiques et une législation visant à limiter la conversion des terres, mettre en oeuvre des mesures afin d'encourager la densification et/ou la réutilisation de zones urbaines ou industrielles existantes (zones abandonnées, sites désaffectés), et remettre en état les quartiers dégradés après mise en oeuvre des mesures de réhabilitation appropriées. Encourager la restauration écologique des carrières et mines.

- Protéger, au moyen d'une législation spécifique, les sols offrant des services écosystémiques importants (sols représentant d'importants stocks de carbone, riches en biodiversité ou se prêtant particulièrement à l'agriculture) des opérations de conversion des terres visant la création d'établissements et d'infrastructures.

10. Prévenir le tassement des sols et atténuer ses effets :

Le tassement des sols est une dégradation de la structure du sol qui se produit sous l'action des machines et du piétinement du bétail. Il correspond à une diminution ou à une rupture de la continuité des pores. Les agrégats du sol sont détruits et les macropores s'affaissent et perdent en densité, d'où une moins bonne aération du sol, un moins bon drainage, une moins bonne pénétration de l'eau, qui se traduisent à leur tour par un ruissellement plus important. Le tassement limite le développement racinaire et la germination des semences en leur opposant une forte résistance mécanique, ce qui nuit à la biodiversité du sol et entraîne un encroûtement du sol de surface.

- Prévenir la détérioration de la structure du sol sous l'action d'un labour inadapté ou excessif.

- Limiter le passage de véhicules au strict nécessaire, en particulier sur les sols nus: réduire le nombre et la fréquence des interventions, mettre en place des systèmes de limitation de la circulation, et n'effectuer d'opérations agricoles ou forestières que lorsque la teneur en humidité du sol le permet, jusqu'aux niveaux les plus profonds.

Notion de l'inventaire :

L'**inventaire** (latin *inventus*) est une liste exhaustive d'entités considérées comme un **patrimoine** ou une somme de **biens**, matériels ou immatériels, afin d'en faciliter l'évaluation ou la **gestion**.

Le terme est souvent utilisé dans l'expression « faire l'inventaire » consistant à dénombrer le contenu d'un stock et effectué régulièrement (au moins annuellement) pour vérifier si la valeur du contenu des stocks est conforme à ce qui est comptabilisé lors du bilan. Il est généralement effectué à des moments particuliers : fin d'année ; début de bail (état des lieux) ; fin de vie (inventaire après décès), saisie immobilière, etc.

Il peut aussi concerner un patrimoine naturel vivant (inventaires floristiques, faunistiques, mycologiques, écosystémiques...).

Champ d'application : plusieurs domaines on peut réaliser un inventaire, mais on s'intéressent uniquement à l'inventaire scientifique.

Les inventaires scientifiques :

Ils se font dans la continuité des collections scientifiques et naturalistes accumulées par les sociétés savantes et Musées d'histoire naturelle depuis plusieurs siècles. Ils contribuent aujourd'hui aux inventaires nationaux, à l'inventaire mondial de la biodiversité qui est en cours.

Il se fait par la réunion de nombreuses bases de données naturalistes préalablement rendues « interopérables ».

Les inventaires peuvent être hiérarchisé sur la base de critères patrimoniaux, de rareté, de service écologique, etc.

Par exemple un *Inventaire hiérarchisé des sites sensibles à protéger en priorité* permet d'épargner les sites patrimoniaux dans le cadre d'une opération polmar. Un *inventaire hiérarchisé des sites et paysages naturels* en complément d'un inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF) ou d'un inventaire "Natura 2000" permet aux aménagements d'avoir une vue globale et de savoir où sont les sites d'intérêt majeur ou de moindre intérêt du point de vue de l'environnement naturel (selon les critères retenus).. Ils peuvent aussi ne concerner qu'un type de milieu (ex : *Inventaire hiérarchisé des milieux aquatiques régionaux*). Ils facilitent aussi l'établissement des études d'impacts, des Agenda, des Profils environnementaux locaux, d'Atlas des paysages, etc.

Pour les inventaires floristiques, dans les pays francophones, le réseau Tela botanica met à disposition de tous un annuaire et une cartographie de plus de 500 organismes en lien avec la botanique et une base de données des herbiers locaux.

Le patrimoine naturel et la protection de la biodiversité terrestre et marine de la planète sont maintenant considérés comme un bien commun, dont l'inventaire est à faire, notamment pour créer des *zonages patrimoniaux* ou réglementaires, ou encore pour établir et mettre à jour les listes rouges d'espèces menacées.

Il est basé sur un vaste programme d'inventaire et de cartographie, non seulement pour recenser la faune et la flore de chaque région, mais aussi pour analyser les différents écosystèmes et la sociologie des espèces vivantes (Phytosociologie...), repérer les espèces invasives ou celles en danger d'extinction.

La cartographie naturaliste est organisée en mailles territoriales plus ou moins fines, Les progrès de l'informatique, des outils collaboratifs ont facilité les démarches.

Des observatoires de la biodiversité peuvent coordonner et confronter ces inventaires dont pour l'évaluation des politiques publiques, les études d'impacts, etc.

Méthodes d'inventaire des ressources en terre :

Pour évaluer l'aptitude d'une terre à différents modes d'utilisation, il faut commencer par effectuer une prospection qui permettra de définir et de représenter cartographiquement les unités de terre et par rassembler des données descriptives sur les caractéristiques des terres et les ressources. Nous allons décrire, dans le présent chapitre, les modalités d'inventaire des ressources en terre et donner des listes types des données thématiques dont on peut avoir besoin pour une évaluation..

La collecte de données est une entreprise longue et onéreuse. Il est donc utile que, avant de se lancer dans les activités de terrain, les spécialistes représentant, au sein de l'équipe d'un projet, différentes disciplines se concertent pour se répartir les tâches et organiser la coopération que nécessitent la collecte et l'interprétation de données variées.

Pour rationaliser la collecte des données, il suffit de se poser quelques questions simples: Quelles sont les données dont on a besoin? Pourquoi? Où et comment les obtenir? La dépense est-elle justifiée?

Les données et informations peuvent être réparties en deux grandes catégories:

1- Les données disponibles dans des fichiers existant déjà.

2- Les données qu'il faudra rassembler durant l'évaluation, au moyen de prospections et d'études (analyses en laboratoire d'échantillons d'eau et de sol).

Le recours aux données disponibles est précieux car il évite une perte de temps inutile en enquêtes et études sur le terrain. On pourra notamment s'adresser à des organismes tels que:

- les ministères et administrations responsables des secteurs suivants: agriculture, terres, irrigation, météorologie, ressources en eau, études géologiques et hydrogéologiques, cadastre, réforme agraire, sylviculture, élevage, conservation, faune, services et jardins botaniques; sociétés commerciales publiques et para-publiques, offices de commercialisation, etc.

- des ingénieurs-conseils;

- les universités, notamment les départements d'agriculture, d'ingénierie, de géographie, de botanique, d'éducation, de développement rural;

- les stations de recherche nationales et internationales.

Il est également possible de se procurer des publications en s'adressant aux services de recherche documentaire des principales bibliothèques nationales et internationales.

Les principales catégories de données nécessaires sont décrites dans les sections consacrées ci-après à la description générale de la zone du projet, la topographie, les

sols, les ressources en eau, le drainage, la flore et la faune, les données socio-économiques.

1. Description générale de la zone du projet

Durant les premiers stades de l'évaluation, il faudra rassembler un certain nombre de données et d'hypothèses générales concernant le projet et généralement:

- situation et accessibilité;
- disponibilités hydriques potentielles à l'intérieur et l'extérieur de la zone du projet;
- principales caractéristiques climatiques;
- relief et caractéristiques principales des sols;
- population, taux de croissance démographique;
- niveau de vie, valeurs sociales;
- base actuelle de l'économie;
- infrastructure économique (routes, services, marchés, par exemple);
- subventions publiques;
- taille des exploitations agricoles et autres biens fonciers;
- régimes fonciers;

L'analyse de ces données préliminaires permettra de voir s'il faut procéder à des inventaires plus détaillés et d'identifier les priorités.

Il faudra, parmi les premières mesures à prendre, que les représentants des diverses disciplines se mettent d'accord sur l'utilisation des images de satellites, des photographies aériennes, des fonds de cartes et les échelles cartographiques. On entreprendra rarement des prospections de base sans recourir à la photographie aérienne et à la télédétection. On peut supposer que les études topographiques et pédologiques comprendront l'interprétation de photographies aériennes et une vérification au sol, soit sur quadrillage, soit par des prospections libres au sol.

L'examen stéréoscopique de prises de vues couplées permet généralement d'identifier les caractéristiques suivantes:

- a- les formes de relief (plaines d'inondation, terrasses, hauteurs résiduelles, dunes, etc.);
- b- la configuration des réseaux de drainage superficiel;
- c-. les formes d'érosion et les zones érodées;

d-. l'organisation et les limites physiques de l'utilisation des terres, et parfois les limites des cultures et autres signes de l'activité humaine comme les routes, les voies ferrées, les habitations, les carrières, etc.;

e-. les grands types physiologiques de végétation naturelle;

f- les zones humides, lacs, lagunes et marécages (il n'est pas toujours facile d'identifier ces deux derniers);

g- les traces apparentes de la présence de sels dans le sol;

h- les affleurements rocheux;

i-. les tons (changements de couleur sur les photographies aériennes) et dessins pouvant signaler des différences de sols et l'emplacement probable des limites de sols.

A partir de ces indices, qu'il faudra bien sûr vérifier sur le terrain, on peut se faire une idée générale de la géomorphologie, de la géophysique, de l'hydrologie superficielle et, dans une certaine mesure, de la géologie de la zone à l'étude, renseignements particulièrement précieux pour mettre au point une légende valable et pratique pour la cartographie des terres.

L'interprétation de photos aériennes à un niveau de détail très poussé doit être confirmée par une vérification sur le terrain à des niveaux successifs de détail. Cela est particulièrement nécessaire quand la zone est recouverte de forêts et que les cartes doivent être utilisées pour la conception de projets d'irrigation. Les premières études doivent fournir des indications quant à la répartition probable des principales unités de sol, au choix des zones qu'il vaudra mieux étudier selon un schéma libre ou à la meilleure orientation et position des sections transversales, ainsi qu'aux zones pour lesquelles il sera sans doute utile d'effectuer des interprétations stéréo plus détaillées sur des photographies à plus grande échelle. Le reste des études sera surtout consacré à des relevés au sol encore que, l'étude sur le terrain de photographies aériennes à grande échelle puisse faciliter considérablement le positionnement des points d'échantillonnage et la vérification de l'emplacement probable des limites.

2. Topographie

La topographie est souvent un élément essentiel de l'évaluation des projets d'irrigation car elle a une influence déterminante sur le choix de la méthode d'irrigation, sur le drainage, l'érosion, le rendement de l'irrigation, les coûts de mise en valeur des terres, la taille et la forme des champs, les besoins de main-d'oeuvre, la gamme des cultures possibles, etc. Des fonds de cartes stables sont nécessaires: on peut normalement les tirer d'études antérieures. La fidélité de restitution et l'échelle des fonds de cartes sont particulièrement importantes et il faudra les vérifier, surtout si la zone considérée est recouverte de forêts ou d'une végétation naturelle dense. La conception des réseaux d'irrigation de surface exige l'évaluation des pentes. Pour cela, il faut établir des courbes de niveau espacées normalement d'un mètre au maximum, avec une échelle cartographique appropriée. Pour beaucoup d'ouvrages

d'irrigation, il faut des données topographiques très détaillées, notamment le long du tracé probable des canaux et des drains.

Les caractéristiques topographiques qui influent particulièrement sur l'aptitude à l'irrigation sont au nombre de quatre: pente, micro-relief, macro-relief et emplacement.

i. Pente : elle peut avoir une incidence sur les paramètres ci-après: méthodes d'irrigation envisagées, risques d'érosion, plans de culture, problèmes de mécanisation, exposition au vent, etc. Sur des pentes pouvant atteindre 3 pour cent, les terrasses suivant les courbes de niveau conviennent généralement à l'irrigation, mais pour des terres ayant cette pente ou une pente plus forte, il faudra évaluer la stabilité des terrasses et la superficie occupée par les bourrelets des banquettes est donc perdue.

ii. Micro-relief : Ce terme désigne de faibles ondulations et irrégularités de la surface des terres, la différence entre la crête et le creux allant de 4 ou 5 cm dans des plaines constituées de sédiments lacustres à 4 ou 5 m dans les zones sablonneuses d'origine éolienne. L'évaluation des besoins de nivellement et de planage des terres dépend de la technique d'irrigation employée: irrigation de surface, goutte-à-goutte ou irrigation sur frondaison. Cette question sera traitée dans la Section C.22 de la deuxième partie. Les renseignements nécessaires pour évaluer les coûts de nivellement des terres sont les suivants: déblais et remblais, volume total de terre déplacée, profondeur de déblai, distance de transport, conditions du sol, précision du nivellement définitif et type d'équipement disponible. Ces facteurs doivent être considérés à la lumière de la solution retenue pour la réalisation des travaux: entreprise locale utilisant un matériel simple, ou sous-traitants disposant d'engins perfectionnés ayant répondu à un appel d'offre international.

L'épaisseur de la couche superficielle et la qualité du sous-sol peuvent limiter le degré de nivellement souhaitable ou en accroître considérablement le coût s'il est nécessaire de mettre d'abord de côté puis d'épandre le sol superficiel. Certaines couches profondes sont improductives au départ mais s'améliorent progressivement grâce à l'irrigation, aux apports d'engrais ou de fumier organique. En revanche, les sables grossiers, les graviers, les couches riches en calcaire ou en gypse ou en aluminium échangeable peuvent ne jamais réagir à l'irrigation après un déblai important.

iii. Macro-relief : Certaines formes de relief caractérisées par des variations fréquentes du gradient et de la direction des pentes peuvent influencer sur le choix de la méthode d'irrigation, la taille et la forme des champs et les coûts de mise en valeur des terres. Il faut alors évaluer la taille et la forme des champs, surtout si l'on envisage le recours à la mécanisation et à l'irrigation de surface et par gravité.

iv. Emplacement par rapport à la zone dominée et l'accessibilité : Dans les périmètres irrigués par gravité, la hauteur et la distance de la source d'alimentation en eau déterminent souvent la superficie "irrigable". La superficie dominée peut être augmentée au moyen du pompage ou par la construction de tunnels, de siphons inversés et autres ouvrages nécessaires pour franchir des obstacles naturels ou artificiels, ou encore par la construction de retenues. Les données topographiques

entrent souvent dans l'évaluation de diverses solutions envisageables concernant l'infrastructure et des coûts connexes de mise en valeur des terres.

Les données topographiques sont également nécessaires quand il existe des risques de crues et qu'il faut concevoir des mesures de protection ainsi que pour la conception du drainage superficiel et souterrain.

3. Pédologie

L'évaluation des terres du point de vue de l'agriculture irriguée s'appuie sur la prévision des conditions pédologiques futures; il convient donc d'analyser non les caractéristiques permanentes des sols, mais aussi les caractéristiques qui peuvent changer.

La conservation de l'eau dans les rizières inondées mérite une attention particulière. La percolation et les besoins nets en eau d'irrigation varient du simple au triple selon l'efficacité avec laquelle le sol est mis en boue. Il s'agit donc d'un élément de classification important dans beaucoup de régions de riziculture.

Dans les zones plus arides, il est important de prévoir les variations de salinité, de sodicité et les fluctuations du niveau phréatique dans le cas d'une pratique continue de l'irrigation, sans oublier divers autres paramètres tels que la qualité de l'eau, le drainage, les précipitations, la méthode d'irrigation, la culture, les intrants agricoles, etc.

Il faut pouvoir disposer, dès le début de l'évaluation, d'un laboratoire pour l'analyse physico-chimique des sols et de l'eau. Dès les premiers stades de l'évaluation, on peut, d'après des dosages préliminaires, exclure les analyses superflues et décider de l'intensité des échantillonnages. Il faudra, parfois entreprendre des études détaillées de la variabilité spatiale de la salinité et d'autres caractéristiques importantes.

4. Climat et météorologie

Les moyennes météorologiques mensuelles relevées par des stations météorologiques représentatives sont généralement publiées mais il est habituellement nécessaire d'avoir les données journalières (par exemple, les précipitations) enregistrées sur place sur une durée aussi longue que possible. Si l'on veut, par exemple, évaluer les avantages de l'irrigation, il faudra éventuellement analyser les relevés pluviométriques d'une zone de régime pluvial pour estimer la variabilité actuelle de la production agricole, ainsi que l'influence des années sèches et des sécheresses saisonnières. On a souvent besoin de connaître les dates de début et de fin des pluies pour les différentes années et la fréquence de périodes de sécheresse pendant la période végétative. Les données pluviométriques et météorologiques sont utilisées par les hydrologues, les agronomes et les spécialistes de l'irrigation et du drainage. Aborder le problème en commun évite les efforts inutiles.

5. Hydrologie

L'étude des ressources hydriques doit être considérée comme faisant partie intégrante de l'évaluation des ressources en terres. Il convient d'établir correctement

le calendrier des activités des différents spécialistes (hydrologues, hydrogéologues, ingénieurs, agronomes et économistes). Il est inutile, en effet, d'étudier les ressources en eau dans des zones qui apparaîtront par la suite inaptes à l'irrigation. De même, on ne peut gaspiller son temps à étudier en détail des sols et des terres pour l'agriculture irriguée dans les zones pour s'apercevoir ensuite que l'approvisionnement en eau est insuffisant.