

Diplôme :
BTSA Agronomie : Productions végétales

Module : M 53
Climat, Sol

Objectif général du module :
Prendre en compte les états de l'atmosphère et du sol en lien avec la production végétale ; gérer de manière durable les ressources (sol, air, eau) et les flux de matières

Indications de contenus, commentaires, recommandations pédagogiques

Pour l'agronome, le « milieu cultivé » est, avec le « peuplement végétal cultivé » un élément prépondérant de l'agroécosystème.

L'étude du milieu cultivé représente donc une composante forte de la qualification du technicien supérieur en productions végétales. Ce dernier doit, non seulement, comprendre comment les caractéristiques du milieu cultivé agissent sur le peuplement végétal cultivé dans un but de maintien ou d'amélioration de sa capacité productive mais il doit aussi s'intéresser aux fonctions environnementales remplies par le sol ainsi qu'à l'impact des systèmes de culture sur le niveau des réserves ainsi que sur la qualité de l'eau, de l'air et des sols dans une optique de préservation de ressources.

Pour permettre à l'étudiant d'avoir une vision globale du fonctionnement d'un agroécosystème prenant en compte les principales interactions entre ses différentes composantes, ce module doit être conduit en étroite collaboration avec le module M 54, centré sur la plante, et le module M 55 centré sur les interactions intra et inter-spécifiques. En effet, seule une partie de la composante biologique du milieu est abordée dans ce module ; l'étude des populations de bioagresseurs et d'auxiliaires est, plus particulièrement, détaillée dans le module M 55.

Les aspects particuliers de la conduite des productions ne sont pas abordés ici de façon détaillée ; ils font l'objet de développement et d'approfondissement dans des modules spécifiques (M 58 et M 59). Il est toutefois conseillé d'illustrer les contenus de ce module en s'appuyant sur des exemples variés choisis pour leur intérêt pédagogique.

La mise en œuvre de ce module fait une large place aux travaux pratiques et aux activités pluridisciplinaires, notamment pour les phases d'observation ou d'analyse de données qui sont nécessaires à la caractérisation du milieu. Un appui sur un ou

plusieurs cas régionaux doit être envisagé pour traiter l'objectif 5.3.

Objectif 1 : Identifier les enjeux liés au climat et au sol à différentes échelles

Les enjeux associés aux interactions « agriculture-environnement » se posent à plusieurs échelles temporelles et spatiales. Des sujets comme le changement climatique, la préservation des sols en lien avec le défi alimentaire, l'épuisement des ressources en eau douce remettent les questions agricoles au premier plan des préoccupations de la société et rendent nécessaires une évolution vers des modes d'agriculture à la fois productives et durables. Le technicien supérieur en production végétale ne saurait ignorer cette évolution.

Privilégier une mise en perspective à la fois historique (évolution des attentes sociétales) et géographique (problématiques Nord-Sud).

Mettre en évidence que les problèmes sont complexes car l'eau, l'air, le sol sont interdépendants (sol interface entre biosphère, atmosphère, lithosphère et hydrosphère).

Ne pas oublier d'évoquer le contexte politique et réglementaire (loi sur l'eau, directives européennes, etc.)
Cet objectif peut être en partie abordé sous forme de débats contradictoires.

Objectif 1.1 - Exposer les enjeux liés au climat et à son évolution

Mots clés : Changements climatiques et conséquences, contribution de l'agriculture, impacts possibles, adaptations
Proposer un état des connaissances le plus objectif possible.
A traiter en lien avec l'objectif 31 de ce module.

Objectif 1.2 - Exposer les enjeux liés à la ressource sol et à sa préservation

Mots clés : fonctions remplies par les sols, directives, réglementation

Le sol est un enjeu fort pour le développement durable. Il assure, au-delà de sa fonction de production agricole, des fonctions environnementales, économiques, sociales et culturelles essentielles. Dans le contexte actuel, on peut prévoir que des tensions fortes sont à venir sur le sol au niveau national et mondial.

Insister sur :

- le caractère non renouvelable de la ressource sol avec des taux de dégradation potentiellement rapides (quelques années ou décennies) alors que les processus de formation et de régénération sont extrêmement lents (plusieurs milliers d'années) (en lien avec l'objectif 42 de ce module) ;
- les menaces de plus en plus nombreuses auxquelles les sols sont soumis (projet de directive cadre européenne) ;
- les liens avec la problématique de l'eau (position d'interface, régulation des flux d'eau et de solutés) ;
- la préservation de sa biodiversité ;
- la raréfaction des ressources minières et le recyclage (voir Boiffin, 2009).

Objectif 1.3 - Exposer les enjeux liés à la ressource eau et à sa gestion

Mots clés : qualité et quantité de la ressources, compétition pour les usages de l'eau à différentes échelles, directive cadre sur l'eau, réglementation

Les menaces sur l'eau (quantitatif et qualitatif) n'apparaissent pas de manière homogène à l'échelle des territoires mais il est prouvé que les processus de dégradation s'accroissent et il est probable que le changement climatique les aggravera. Aborder les enjeux liés à la quantité et à la qualité, en insistant sur les problématiques locales.

Objectif 2 : Présenter les cycles biogéochimiques des principaux éléments, mettre en évidence leur interdépendance

Mots clés : cycle de l'eau, cycles de l'azote et du carbone, cycle des principaux éléments fertilisants, flux d'éléments fertilisants à travers le monde, cascade d'azote

Dans cet objectif, les cycles biogéochimiques sont considérés à différentes échelles, y compris celle de la biosphère terrestre. La connaissance de ces cycles est indispensable pour évaluer convenablement la gestion des ressources (y compris minières), les capacités de recyclage des différents milieux et de raisonner de nombreuses interventions en lien avec les productions végétales.

Insister sur le fait :

- que « *le sol se trouve au nœud du système, puisque lui seul peut assurer la régulation des alimentations hydriques et minérale, indispensable à un bon développement des végétaux supérieurs* » (G. Pedro, 1997) ;
- qu'il y a une interdépendance importante des différents cycles mais qu'il est important de distinguer le cycle de l'eau des autres cycles (notion d'hydrologie) ;
- qu'à l'échelle de la parcelle agricole, les cycles sont rarement fermés.

Il est conseillé de privilégier des approches comparatives ou interactives pour éviter une approche encyclopédique.

L'étude des cycles permet une première approche :

- des principales formes des éléments minéraux dans le sol et des bilans minéraux à différentes échelles ;
- des principales formes des matières organiques et des modèles de prévision de l'évolution des matières organiques dans le sol ;
- du bilan hydrique à différentes échelles.

Objectif 3 : Prendre en compte l'impact du climat sur l'activité agricole à l'échelle de la parcelle cultivée

Du temps qu'il fait aux prévisions à longue échéance, l'agriculture fait appel à toutes formes d'informations météorologiques : l'accent est mis dans cet objectif sur les usages possibles des différents outils de l'agrométéorologie.

Les effets des composantes climatiques sur la croissance et le développement d'un végétal (photosynthèse, vernalisation, photopériodisme, thermopériodisme, importance biologique de l'eau, conséquences des stress abiotiques, etc.) sont vus prioritairement dans l'objectif 1 du M54, et sont détaillées par culture dans les modules M58 ou M59.

Les notions de sommes de températures, de Q10 ou de jours normalisés, qui concernent davantage les données climatiques, sont par contre développées dans cet objectif (31 et 33).

Objectif 3.1 - Présenter les principaux paramètres météorologiques en lien avec l'activité agricole et le fonctionnement de l'agroécosystème et justifier leur intérêt

Mots clés : climat, états de l'atmosphère, paramètres climatiques, bilan radiatif, effet serre, bilan hydrique

On peut définir le climat comme « *la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu, dans leur succession habituelle* ». Il est caractérisé par un ensemble de paramètres liés les uns aux autres.

Présenter quelques points clés de bioclimatologie permettant d'expliquer les états atmosphériques et leur variation à l'échelle agricole (quelques centaines d'hectares), sans entrer dans le détail des lois physiques mises en œuvre, ni détailler les modèles de circulation générale de l'atmosphère sur de plus vaste échelle. Les principaux points abordés sont les suivants :

- transferts d'énergie et rayonnement, notion de bilan radiatif, effet de serre, mécanisme des gelées de printemps ;
- transferts dans l'air et vent, convection ;
- transferts de chaleur et température, conduction, somme de températures ;
- changements d'état de l'eau, potentiel hydrique, humidités et précipitations, évapotranspiration, bilan hydrique (en lien avec l'objectif 41 de ce module) ;
- etc.

Identifier l'importance agronomique de chaque paramètre en privilégiant une approche globale sans entrer dans le détail des processus biophysiques par lesquels les facteurs climatiques agissent sur les milieux vivants.

Objectif 3.2 - Identifier et justifier les possibilités d'actions sur les états de l'atmosphère et le microclimat à l'échelle de la parcelle

Mots clés : micro climat, facteurs d'évolution, possibilités d'action directs ou indirects

Objectif 3.3 - Analyser et exploiter des données climatologiques et météorologiques pour estimer des risques et réaliser des choix techniques

Mots clés : données météorologiques et leur mesure, station automatique, analyse fréquentielle et notion de risques, limites liées à l'utilisation des données climatologiques., jours normalisés, zonage agroclimatique, atlas agrométéorologique, choix stratégiques (éviter, etc.)

Insister sur les possibilités de trouver ces informations et sur les limites d'utilisation des données (représentativité, étude fréquentielle et changement climatique, etc.)

Pour les choix techniques, privilégier la réalisation d'études de cas d'intérêt local (choix d'espèces ou variétaux, choix d'équipements, organisation du travail et jours disponibles, etc.) à tout apport se voulant exhaustif.

Objectif 3.4 - Justifier une décision technique prise à l'aide de prévisions et de relevés météorologiques

Mots clés : prévisions météo et fiabilité, lame d'eau, outils et modèles d'aide à la décision

Concernant l'élaboration des prévisions météorologiques, on se contente de dire que ces lois ont un caractère à la fois déterministe (on peut prédire à cinq ou six jours de manière fiable l'évolution des paramètres dans un lieu donné) et probabiliste (au-delà de ce délai, on peut en donner des distributions de probabilités).

Pour les choix techniques, privilégier la réalisation d'études de cas d'intérêt local (raisonnement de l'irrigation, utilisation de modèle de simulation pour le contrôle des bioagresseurs, prévision d'un stade phénologique ou d'une production) à tout apport se voulant exhaustif.

Objectif 3.5 - Proposer des moyens d'action sur l'atmosphère pour améliorer les effets du climat sur la production

Objectif 4 : Maîtriser les états du sol en lien avec la production végétale à l'échelle de la parcelle cultivée.

Objectif 4.1 - Identifier les principales fonctions agronomiques d'un sol (ainsi que les principales interactions entre la composante « atmosphère » et la composante « sol » au sein d'un agroécosystème)

Mots clés : interactions plante-sol, interactions climat-sol, carences

A traiter en lien avec l'objectif 12 de ce module.

Absorptions des éléments et rôles dans la plante sont étudiés dans le module M54.

Objectif 4.2 - Expliquer les principaux mécanismes de formation et de genèse des sols en interaction avec le climat.

Mots clés : couverture pédologique, horizons, profil pédologique, facteurs de pédogénèse, types de sol et cartographie, unités de fonctionnement, qu'est ce qu'un sol ?

Il s'agit de familiariser les étudiants à l'utilisation de données pédologiques et de les sensibiliser à la diversité et à l'organisation de la couverture pédologique.

Éviter tout apport exhaustif en privilégiant des études des sols locaux : prise en main de cartes pédologiques, observations de quelques profils pédologiques, réalisation de transects, etc.

Les étudiants doivent pouvoir expliquer qu'un sol est un milieu organisé à différentes échelles.

Objectif 4.3 - Exposer les principales caractéristiques - constituants et propriétés, fonctionnement - d'un sol agricole

Mots clés : Nature et organisation des constituants, propriétés (physiques, mécaniques, hydriques, chimiques, biologiques, hydriques, etc.), états d'un sol, effets des interventions techniques, du climat et de la faune et du peuplement végétal sur l'évolution des états physique, chimique et biologique comportements,

Privilégier une pédagogie différenciée selon l'origine des élèves pour tenir compte des pré-acquis des apprenants issus de bac pro CGEA ou de bac technologique STAV.

La composante biologique est étudiée de manière préférentielle dans le module M55. Des séances pluridisciplinaires sont prévues sur ces thématiques (composante biologique d'un sol, fonctionnement de la rhizosphère, interactions sols-racines).

Objectif 4.4 - Décrire un sol puis porter un jugement sur ses états physique, chimique et biologique à partir d'observations et de la mobilisation d'outils de diagnostic

Mots clés : activité biologique, profil cultural, analyse de terre, biodisponibilité des éléments minéraux, caractérisation des matières organiques, indicateurs macro et micro-biologiques, interprétation, diagnostic, référentiel d'interprétation et bases de données, pronostic, outils de simulation,

Cet objectif est à visée méthodologique.

À partir d'observations et à l'aide d'outils de diagnostic et de simulation, Les étudiants doivent être capables de :

- caractériser un sol ;
- porter un jugement sur les états du sol en lien avec un système de culture (ce point est détaillé sur des cas concrets dans le module M59) ; c'est à dire d'expliquer en quoi les états actuels sont liés aux pratiques passées et de prévoir les évolutions de ces états ;
- prévoir les conséquences des états observés sur : les effets sur le peuplement cultivé, les propriétés du sol, le comportement au passage des outils, etc.

Sensibiliser les étudiants à la limite des outils actuellement disponibles (échantillonnage, méthodes de mesure, adaptation des référentiels d'interprétation aux systèmes étudiés, etc.) et évoquer les pistes d'évolution de ces outils et méthodes d'analyse. Les études de situations concrètes variées occupent une part importante de cet objectif.

Objectif 4.5 - Identifier et expliquer les principaux effets du peuplement cultivé sur le milieu cultivé

Objectif 4.6 - Identifier et justifier les possibilités d'action sur les propriétés et les états physique, chimique et biologique d'un sol

Objectif 4.7 - Présenter les principes de raisonnement des principales techniques permettant de maîtriser les états physique, chimique et biologique d'un sol et de gérer durablement sa fertilité

Mots clés : raisonnement du travail du sol, de la fertilisation minérale et organique, des apports d'amendements de l'irrigation et du drainage, bilan (N, hydrique)prévisionnel, outils d'aide à la décision.

Les objectifs 46 et 47 visent l'acquisition des méthodes permettant le raisonnement des principales techniques.

L'accent est mis sur deux points principaux :

- le champ des possibles, possibilités offertes par différentes techniques, intrants et outils en privilégiant une approche comparée des différentes techniques ;
- les éléments à prendre en compte pour prendre une décision et pour les outils d'aide à la décision.

Le caractère opérationnel des décisions à prendre (prise de décision, mobilisation de références locales, etc.) est réalisé dans les modules M58 et M59 en plaçant les élèves dans des situations réelles (parcelles de l'exploitation de l'établissement ou autre)

Comme pour l'objectif précédent, sensibiliser les étudiants à la limite des outils et des méthodes de raisonnement actuellement disponibles (notamment l'adaptation des référentiels aux systèmes de culture et mode de conduite) et évoquer les pistes d'évolution.

A traiter en lien avec le module M56 (matériel, approche énergétique, organisation de chantier) ; des activités pluridisciplinaires sont prévues sur ces thèmes.

Objectif 5 Préserver les ressources : sol, air et eau, à différentes échelles et gérer de manière durable les flux

Objectif 5.1 - Identifier les principales fonctions écologiques (environnementales) d'un sol, interface entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère

A traiter en lien avec l'objectif 1 de ce module.

Objectif 5.2 - Appréhender les causes du changement climatique et les conséquences sur les productions végétales

Mots clés : gaz à effet de serre, liens avec activités agricoles (effets et conséquences), stockage carbone, limitation des émissions (N₂O, CO₂), cascade d'azote

Objectif 5.3 - Proposer des solutions pour la préservation d'une ressource à partir d'études de cas

Mots clés : risques, ruissellement, érosion, transferts d'eau et de matière, rétention et dégradation des pesticides dans les sols, l'eau et l'air, lixiviation, contamination, éléments trace, salinisation, tassement, adsorption/ désorption.

A traiter en lien avec l'objectif 2 de ce module.

Il s'agit de mettre en évidence les différents types de dégradation d'un sol agricole et les mécanismes de transferts des principaux « polluants » (éléments minéraux, pesticides) en lien avec la qualité de l'eau et de l'air à différentes échelles : biosphère, bassin versant, parcelle les principaux transferts de matière et en lien avec les différentes interventions humaines. Il convient notamment de mettre l'accent dans cet objectif sur les phénomènes érosifs et sur les sources potentielles de polluants (notamment les risques de transferts de pesticides et d'éléments minéraux) à l'échelle d'un bassin versant.

Cet objectif, qui nécessite peu d'apports de contenus, est traité principalement au travers de cas concrets. Il s'agit avant tout d'une approche méthodologique fondée sur l'étude de quelques problématiques locales. Il peut être abordé en lien avec le module M59A.

L'échelle d'étude privilégiée reste le bassin versant mais d'autres échelles spatiales peuvent être évoquées. Aborder les problématiques liées aux transferts de fertilité (liens productions animales-productions végétales, transferts entre différentes régions y compris à l'échelle mondiale), au recyclage (boues, PRO, etc.) et à la nécessité de raisonner la fertilisation à l'échelle territoriale. (voir Boiffin, 2009)

Des activités pluridisciplinaires sont prévues pour traiter cet objectif en complément des heures modulaires.

Activités pluridisciplinaires

Modules concernés	Thèmes indicatifs	Horaire élève	Disciplines concernées (horaires indicatifs)
M 52, M 53, M 54, M 56	Chimie et production végétale : 1. chimie du sol, 2. analyse des risques environnementaux et humains liés aux pratiques agricoles et à l'utilisation des agroéquipements	22 h	PC : 16 h Biologie-écologie : 10 h Agronomie 6 h STE : 6 h SESG : 6 h
M 53, M 54, M 55, M 58	Observation, suivi et diagnostic de cultures, Reconnaissance de bioagresseurs et d'auxiliaires La vie biologique au sein d'un sol Services écologiques rendus (biodiversité fonctionnelle, multifonctionnalité, protection des milieux. etc.)	28 h	Agronomie : 28 h Biologie-écologie : 28 h

Références documentaires ou bibliographiques pour ce module

(liste non exhaustive)

- AMIGUES (J.P.) et al.(éditeurs), 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72 p.
- ARVALIS, METEO-FRANCE *Atlas agroclimatique du maïs*, Arvalis éditions, septembre 2003, 112 p.
- BOIFFIN (J.), *Les bases agronomiques de l'évaluation des sols : appréciation et contrôle des aptitudes culturales*, Encyclopédie Techniques Agricoles », 1998
- BOIFFIN (J.), *Fertilisation raisonnée, que voulons-nous en 2009*, intervention lors des journées de Blois du COMIFER-GEMAS, 2009, diaporama sur le site du COMIFER
- CANEILL (J.), DODET (Ph.), *Le profil cultural : comprendre l'origine de l'état physique du sol pour mieux agir*, Educagri éditions, collection Cible, 1998, cassette VHS + livret 10 p.
- L. CITEAU et al. (coord.), *Gestion durable des sols*, éditions QUAE, 2008, 320 p.
- COMIFER, Actes des différentes rencontres de Blois (tous les deux ans)
- CORPEN, Différentes publications sur son site
- DORE (T.), RECHAUCHERE (O.), SCHMIDELY (P.) *Les clés des champs, l'agriculture en questions*, éditions QUAE, 2008, 192 p.
- GAUTRONNEAU (Y.), MANICHON (H.), *Guide méthodique du profil cultural*, CEREF-ISARA, 1987, 69p.
- M.C GIRARD, C. WALTER, J. BERTHELIN, J.C. REMY, JL MOREL. 2005 - *Sols et Environnement. Cours et Études de cas*. Dunod, coll. Sciences Sup. 832 p.
- GISSOL, différentes publications sur son site.
- GROUPE CHAULAGE du COMIFER, *Le chaulage, des bases pour raisonner*, Comifer, Paris, 2009-2010, 110p.

- INRA, Colloque *Changements climatiques et agriculture, questions à la recherche*, 2007 et Colloque *Le sol, milieu vivant... questions à la recherche*, 2008, vidéos sur le site de l'INRA,
- ITAB, *Guide des Matières Organiques*, Tome 1, éditions ITAB, 2001, 238 p .
- METEO-France, *Météo et Agrométéo, Observer, Comprendre, Raisonner*, Educagri éditions, 2002, Cédérom PC.
- de PERCEVAUX (S.), HUBER (L.), *Bioclimatologie, concepts et applications*, éditions QUAE, 2007, 324p.
- SCHVARTZ (C.), MULLER (J.-C.), DECROUX (J.), *Guide de la fertilisation raisonnée*, éditions La France Agricole, 2005, 414 p.
- STENGEL (P.), BRUCKLER (L.); BALESSENT (J.). *Le Sol*, Editions QUAE, 2009, 183p.,
- STENGEL (P.), GELIN (S.), *Sol, interface fragile*, INRA éditions, 1998, 214 p.
- TROUCHE (G.), *Le travail du sol*, 2 DVD, educagri éditions, 2009
- TURPIN (A.), *Notions élémentaires sur le sol avec illustrations expérimentales*, document ENFA, Toulouse, février 2004, 60 p.