

**Document
d'accompagnement
du référentiel
de formation**



Inspection de l'Enseignement Agricole

Diplôme :

Brevet de Technicien Supérieur spécialité Agronomie et Cultures Durables

Module : M5. Conduite d'expérimentations

Préambule

Les documents d'accompagnement ont pour vocation d'aider les enseignants à mettre en œuvre l'enseignement décrit dans le référentiel de diplôme en leur proposant des exemples de situations d'apprentissage permettant de développer les capacités visées. Ils ne sont pas prescriptifs et ne constituent pas un plan de cours. Ils sont structurés en items recensant les savoirs mobilisés assortis de recommandations pédagogiques.

L'enseignant a toute liberté de construire son enseignement et sa stratégie pédagogique à partir de situations d'apprentissage différentes de celles présentées dans les documents d'accompagnement.

Il a aussi la liberté de combiner au sein d'une même situation d'apprentissage la préparation à l'acquisition d'une ou de plusieurs capacités.

Les compétences informatiques et numériques telles que définies par le cadre de référence des compétences numériques issues du DIGCOMP de l'Union Européenne sont mobilisables dans chacune des capacités intermédiaires de ce bloc.

Quels que soient les scénarios pédagogiques élaborés, l'objectif est l'acquisition des capacités présentées dans le référentiel de diplôme, qui nécessite de ne jamais perdre de vue l'esprit et les principes de l'évaluation capacitaire.

Capacité 5 correspondant au bloc de compétence B5 : Conduire des expérimentations

C5.1. Conduire une expérimentation factorielle

C5.2. Suivre une expérimentation système

Finalités de l'enseignement

Cet enseignement répond au champ de compétences « Conduite d'expérimentations » dont la finalité est de « tester et qualifier des manières de produire ». La fiche de compétences correspondante peut utilement être consultée.

Avec des finalités, des pas de temps et suivant une méthodologie différente, deux types d'expérimentations permettent de tester et de qualifier des manières de produire : les expérimentations factorielles et les expérimentations système.

Le technicien supérieur peut avoir pour mission de mettre en place ces expérimentations sur le terrain et/ou de valoriser des résultats issus d'expérimentations ou d'enquêtes.

Ce module a pour visées principales :

- la maîtrise de la méthodologie de mise en place, d'exploitation, de finalité et de domaine de validité de ces expérimentations dans chacune des situations portées par les deux capacités,
- l'acquisition, la présentation, le traitement et l'interprétation de données,
- la réflexion critique sur la fiabilité des données notamment en lien avec leur mode d'acquisition,
- la consolidation des connaissances de statistiques acquises antérieurement en privilégiant l'approfondissement de celles qui ont un champ d'application en productions végétales.

Les capacités C51 « Conduire une expérimentation factorielle » et C52 « Suivre une expérimentation système » s'articulent autour de la production de références à partir d'expérimentations, les essais étant au service des essais systèmes et réciproquement.

Dans ce module, les développements théoriques sont réduits et toujours présentés dans un cadre qui donne du sens aux notions développées et éclaire les choix. La mobilisation de logiciels pour traiter les données expérimentales est indispensable. Le logiciel R recouvre toutes les fonctionnalités pour répondre à toutes les situations.

Une approche pluridisciplinaire permet de construire et de valoriser les notions et les méthodes abordées.

Précisions sur les activités supports potentielles

L'enseignement de ce module s'appuie largement sur des situations concrètes : mise en place et suivi d'essais factoriels, suivi d'essais système, valorisation de données, analyse critique de données.

La participation à des expérimentations en vraie grandeur depuis l'élaboration du protocole jusqu'à la valorisation des résultats en incluant la partie sur le terrain participe à la construction de cet enseignement ancré sur des situations concrètes.

Ces actions peuvent se dérouler en centre d'expérimentation, sur l'exploitation de l'établissement ou des exploitations partenaires. Les périodes en milieu professionnel et la pluridisciplinarité intra ou inter-modulaire contribuent à l'enseignement de ce module.

Ce module est potentiellement concerné par des activités pluridisciplinaires relevant des thématiques suivantes :

- Approche croisée des enjeux de questions de société,
- Conduite de projets,
- Communication professionnelle,

- Agriculture connectée ; outils et services numériques dans l'expérimentation,
- Diagnostics de performance et de durabilité et reconception à différentes échelles,
- Ressources naturelles communes et stratégie de production,
- Acquisition et valorisation de références technico-économiques en mobilisant différents outils (enquête, bilan de campagne...),
- Changement, innovation en productions végétales.

Capacité 5.1 : Conduire une expérimentation factorielle

| Capacité évaluée | Critères d'évaluation | Savoirs mobilisés | Disciplines |
|--|--|---|---|
| C5.1. Conduire une expérimentation factorielle | <ul style="list-style-type: none">- Mise en œuvre d'un protocole expérimental- Traitement des données en vue de leur exploitation- Analyse réflexive portant sur le protocole et les résultats obtenus | <ul style="list-style-type: none">Protocole expérimentalAnalyse statistiqueCompte rendu d'expérimentation | <ul style="list-style-type: none">STA/Productions VégétalesMathématiques |

Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant produit un compte rendu d'expérimentation factorielle et présente une analyse réflexive portant sur le protocole et les résultats.

Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement s'appuie sur la mise en place concrète, le suivi et le traitement des données d'un (d')essai(s) factoriel(s). Cette situation peut être réalisée en groupe sur l'exploitation de l'établissement ou sur une exploitation partenaire, ou de manière individuelle en stage ou sur la structure d'apprentissage.

Appropriation d'un protocole expérimental

L'enseignement vise à mettre les apprenants en situation de justifier un protocole mis en œuvre pour conduire un essai factoriel. Cette justification se fait au regard de la finalité de l'expérimentation ce qui implique :

- la compréhension du questionnement qui sous-tend l'expérimentation,
- le choix du contexte de mise en place de l'expérimentation qui se matérialise par la sélection des parcelles, (conditions pédoclimatiques, orientation, histoire culturelle ...) en s'appuyant sur des recherches bibliographiques, des dires d'experts, etc...
- l'identification du ou des facteurs étudiés et contrôlés ;
- la déclinaison du ou des facteur(s) en modalités ;
- le nombre de répétitions (réflexion entre le nombre optimal et le réalisable pour trouver le nombre "raisonnable") ;
- le choix et l'adaptation d'un dispositif expérimental au regard des contraintes (agronomiques, expérimentales, parcellaires, localisation de l'essai sur la parcelle, temps disponible, précision attendue...)
- la sélection des variables à mesurer, à calculer ;
- la préparation du cadre de saisie des données.

Mise en œuvre du dispositif expérimental et suivi de l'expérimentation

Les apprenants devront être capables de mettre en œuvre concrètement un dispositif et de suivre l'expérimentation ce qui implique :

- la délimitation de l'essai et des micro-parcelles (piquetage,...)
- la codification de l'essai (étiquetage...)
- l'information des acteurs amenés à intervenir sur les parcelles (risques, calendrier d'intervention, plan de l'essai, interventions possibles et interventions interdites...)

- la planification et l'organisation des interventions techniques relatives au(x) facteur(s) étudié(s) (travail du sol, fertilisation, traitement phytopharmaceutique,...)
- la localisation des prélèvements, observations...
- la génération (notations et mesures sur micro parcelle) et le recueil de données (manuel ou automatisé), ...

Traitement statistique de données

A l'aide d'outils mathématiques adaptés, les apprenants doivent maîtriser :

- la représentation graphique des données (nuages de points, boxplot, diagrammes de tout type) pour identifier les variables à traiter numériquement, pour formuler des premières hypothèses de travail, pour identifier des tendances... ;
- le traitement numérique des données (étude de la dépendance de deux variables, étude de l'influence d'un ou de deux facteurs sur une variable...) à l'aide d'un logiciel (le logiciel R recouvre toutes les fonctionnalités pour répondre à toutes les situations étudiées) ;
- la présentation des résultats obtenus en vue d'une communication.

Au-delà du traitement mathématique et statistique des données, les apprenants doivent aussi être capables de poser un regard critique sur la fiabilité des données en lien avec le protocole, la qualité du recueil, le traitement des données et la précision attendue eu égard au questionnement auquel devait répondre l'expérimentation.

Interprétation des résultats et analyse réflexive

La production d'un compte rendu d'expérimentation par les apprenants permet d'explicitier l'analyse réflexive et de valoriser les résultats obtenus en croisant les regards statistiques et techniques (économiques, agronomiques, environnementaux...). Ce document est un outil au service de l'analyse réflexive.

La lecture et l'appropriation d'un compte rendu d'expérimentation peuvent constituer un préalable dans la formation à la compréhension des attendus et contribuent à mettre en place une méthodologie d'élaboration d'un tel document par les apprenants. Ainsi, les activités suivantes peuvent aider les apprenants à maîtriser l'interprétation des résultats d'une expérimentation en prenant en compte le contexte :

- interprétation statistique et valorisation des résultats en lien avec le questionnement porté par l'expérimentation et le public cible,
- analyse critique des données recueillies et des données traitées,
- test de la validité des données, de leur cohérence,
- identification du domaine de validité des résultats pour mettre en évidence les points de vigilance quant à la transférabilité, à la répétabilité ou à la robustesse des données,...
- valorisation des résultats obtenus ,
- formulation de nouvelles questions soulevées suite à l'interprétation des résultats de l'expérimentation,
- identification de pistes d'amélioration du protocole,
- ...

Capacité C5.2 : Suivre une expérimentation système

| Capacité évaluée | Critères d'évaluation | Savoirs mobilisés | Disciplines |
|--|---|---|--|
| C5.2. Suivre une expérimentation système | Justification de la sélection du prototype-candidat retenu Analyse réflexive portant sur le protocole et les résultats obtenus | Enquête Prototype Evaluation critériée Présentation de résultats à différentes étapes de l'expérimentation | STA/Productions Végétales Mathématiques |

Conditions d'atteinte de la capacité

La capacité est atteinte si l'apprenant assure tout ou partie du suivi de l'expérimentation système, élabore des diagnostics et une analyse réflexive prenant en compte l'expérimentation depuis la phase de conception du système testé jusqu'aux résultats de l'année en cours.

Le temps des essais systèmes étant long, le recueil des mesures et la mise en place de l'essai ne font pas partie des conditions strictes d'atteinte de la capacité.

Précisions sur les attendus de la formation

L'enseignement vise à faire acquérir à l'apprenant ce qui caractérise une expérimentation système : les traitements expérimentaux sont des itinéraires techniques ou des systèmes de culture c'est-à-dire des « manières de produire » testées sur du temps long.

Une démarche comparative entre les finalités et modalités des deux types d'expérimentation (essais factoriels et expérimentation système) peut non seulement permettre à l'apprenant d'identifier les caractéristiques des deux types d'expérimentation mais aussi leur complémentarité pour répondre à un questionnement technico-économique.

En accord avec les différentes étapes qui vont de la définition précise de la problématique support de l'expérimentation à la valorisation des résultats, diverses activités citées ci-après peuvent aider les apprenants à maîtriser les attendus de la capacité C5.2. **Le temps long inhérent aux expérimentations système est à prendre en compte dans la stratégie pédagogique. L'impossibilité de suivre une expérimentation système dans toute sa durée peut imposer, pour travailler toutes les étapes décrites ci-dessous, de s'appuyer sur différentes expérimentations.**

Enquête et problématique

Comme pour les essais factoriels, l'enseignement vise à outiller les apprenants pour qu'ils soient capables :

- de caractériser le contexte de production dans lequel se situe l'expérimentation,
- d'identifier les enjeux et de dégager la problématique qui est à l'origine du système pratiqué prévisionnel qui sera testé suivant le protocole de l'expérimentation
- de formuler les objectifs assignés à ce système.

L'enquête peut être un outil adapté pour dégager puis formuler une ou des problématique(s). Les diagnostics visant à établir un état des lieux permettent de caractériser le contexte de production (contexte biophysique, socio-économique, socio-culturel...). Enquêtes et diagnostics permettent de faire

émerger des enjeux puis de les hiérarchiser, de dégager des problématiques et les objectifs qui en découlent, assignés à un système.

Cette étape de formulation de problématiques et d'objectifs en amont de la mise en œuvre de l'expérimentation est capitale car d'une part elle doit permettre de valider qu'une expérimentation système est bien le moyen adapté d'apporter des réponses à la problématique identifiée et d'autre part cette première étape pose les bases du protocole.

Justification du système retenu

Le système pratiqué prévisionnel (aussi nommé système retenu ou système prototype candidat) est celui qui sera testé dans l'expérimentation système. Il peut être décrit grâce à la formalisation du système décisionnel qui comprend, suivant une démarche en boucle de progrès :

- les objectifs et les attentes vis-à-vis du système et leur hiérarchisation. Plusieurs objectifs peuvent être visés. Certains peuvent être difficilement conciliables ce qui rend indispensable le travail de hiérarchisation.
- les stratégies constituées d'un ensemble cohérent entre les fonctions et la ou les solutions qui servent chacune des fonctions (ex : fonction maîtrise de l'alimentation azotée & solutions apport de fumier, implantation d'une CIPAN...).. Les stratégies orientent la construction des règles de décision
- les règles de décision, orientées par les stratégies, les règles de décision vont piloter la mise en œuvre de chaque intervention technique, au service des objectifs et attentes vis à vis du système

Afin de pouvoir justifier le choix du système retenu, les apprenants doivent être capables :

- d'identifier des critères de sélection ou des indicateurs répondant aux attentes (résultats attendus). Ces indicateurs peuvent être quantitatifs et/ou qualitatifs ;
- de concevoir des systèmes candidats (prototypes) et de les caractériser (lien au module M7 si le système est un système de culture et M4 si le système est un itinéraire technique) ;
- d'évaluer *ex ante* des systèmes candidats au regard des indicateurs retenus (lien au module M7 et M4) ;
- de caractériser finement le système candidat retenu et de montrer l'intérêt de ce système parmi l'ensemble des candidats possibles, au regard de la problématique ;
- de participer à la rédaction du protocole et de proposer des ajustements ;
- de présenter le dispositif expérimental (nombre de sites, caractéristiques des sites, caractéristiques des parcelles élémentaires, mono-site ou réseau de parcelles, un seul prototype ou plusieurs, comparaison à un système de référence ou pas, répétitions ou pas, ...)
- de formaliser des règles de décision à appliquer lors de la mise en œuvre de l'expérimentation;
- de préciser les données à collecter en lien avec les objectifs assignés au système testé ;
- de préparer les fiches pour les notations et les suivis;
- de réaliser un planning prévisionnel des actions à réaliser durant l'expérimentation (interventions, collecte de données,...).

Suivi de l'expérimentation système

Le pilotage et le suivi de l'expérimentation comprend :

- la caractérisation de l'état initial de la parcelle et du système testé ;
- l'application des règles de décision ;
- l'ajustement chemin faisant des règles de décision ;
- l'identification des différentes étapes d'évolution du système (les temps de l'expérimentation) et donc les moments propices au recueil des données qui serviront à l'évaluation du système ;

- le renseignement des indicateurs (phase d'observations et de mesures sur le terrain) ;
- l'organisation des données en vue de leur traitement ultérieur.
- ...

Évaluation et analyse du système à différentes échéances

Cette phase de mise en œuvre de l'expérimentation système vise à :

- élaborer des diagnostics intermédiaires
- évaluer l'atteinte des objectifs et le niveau de performance du système (réponse aux attendus)
- tester la faisabilité technique du système ;
- mettre en œuvre, si elle est opportune, une analyse statistique sur les résultats obtenus ;
- représenter graphiquement les résultats obtenus à différentes échéances ;
- analyser l'écart entre résultats attendus et résultats obtenus ;
- formuler des hypothèses explicatives.

Analyse critique de l'expérimentation et de ses résultats

Étape préalable à la valorisation des résultats, l'analyse critique vise à tester la fiabilité et la robustesse des données et des résultats et à mettre en évidence les biais. Pour ce faire, les apprenants doivent :

- confronter les données collectées et les résultats obtenus, aux objectifs de l'expérimentation ;
- établir le domaine de validité des résultats et leur aptitude à répondre aux attentes initialement formulées via la problématique ;
- identifier des nouvelles questions soulevées par les résultats obtenus ;
- identifier des moyens de répondre à ces nouvelles questions : évolution du protocole de l'expérimentation système, mise en place d'une expérimentation factorielle ;
- ...

Valorisation de l'expérimentation

Dans cet enseignement, il s'agit d'amener l'apprenant à acquérir une méthodologie rigoureuse quant à la valorisation de l'expérimentation en discernant bien ce qui peut être affirmé, ce qui peut être écarté (et constitue les questions résolues) et ce qui doit être à nouveau exploré pour pouvoir se prononcer ou doit être nuancé (et constituer des points de vigilance).

En appliquant la rigueur sus-citée qui peut pédagogiquement constituer une clé de construction du message, la valorisation de l'expérimentation peut porter sur différents acquis dont :

- les résultats et les performances du système de culture expérimenté obtenus en fin d'expérimentation et à des moments précis de l'expérimentation ; les conditions de réussite, le domaine de validité des performances du système de culture en vraie grandeur et les points d'attention ;
- les acquis méthodologiques (ex : démarche qui permettrait à un agriculteur de tester ou d'adapter chez lui un système qui s'est révélé prometteur ; la sélection d'indicateurs pertinents...);
- les nouvelles interrogations soulevées par l'expérimentation ;
- ...

L'apprenant doit être amené à acquérir que les éléments de valorisation sont à adapter au public visé tant dans le message délivré que dans la forme de ce message.

Concernant la valorisation de l'expérimentation mais aussi d'autres items du module M5,, différentes thématiques pluridisciplinaires peuvent être mobilisées.