



Méthodes

Conduire des essais fourrages au champ : éléments de méthode indispensables

Conduire des essais au champ, implique le respect de certaines règles, de méthodes, qui garantiront la validité de l'essai et la pertinence de ses résultats. Cette fiche fait le point des étapes à suivre et des éléments indispensables à prendre en compte pour conduire des essais fourragers au champ.

1 Formuler les objectifs avec précision

Il convient de distinguer clairement essai et démonstration

En production fourragère, le terme d'essai est souvent utilisé abusivement. Dans un essai, une formulation claire et précise des objectifs est primordiale. Un essai, ce n'est pas un patchwork de modalités sans aucune cohérence entre elles. À quelles questions veut-on répondre ? Les questions sont-elles importantes ? À quel point de vue ? Pour qui ? Quel est l'état des connaissances sur le sujet ? Quels sont les facteurs à étudier ? La structuration des facteurs permet-elle une analyse statistique des données ?

	Type de dispositif	
	Démonstration	Essai
Objectifs	Illustrer des pratiques	Répondre à des questions, comparer des modalités
Répétitions nécessaires	Non	Oui
Analyses statistiques	Non	Oui

2 Choisir le dispositif expérimental

Le dispositif le plus fréquent dans les essais concernant les fourrages est **le dispositif blocs**. En fonction de l'objectif de départ, il faut préciser le ou les facteurs étudiés. Il est nécessaire « d'écarter » suffisamment les modalités pour espérer mettre en évidence une différence significative. Dans le cas des associations graminées-légumineuses (prairies à flore variée, associations céréales - protéagineux), faire des assemblages, c'est associer des fonctions complémentaires. Il faut donc répondre à la question quelles fonctions veut-on tester ? Avec quels moyens ? Les modalités expérimentales devront être construites en précisant le ou les facteurs étudiés de façon à être en capacité d'expliquer les écarts constatés sur les

variables mesurées ; les modalités expérimentales et les variables mesurées devront être décrites avec précision.

► Le nombre de répétitions

La détermination du nombre de blocs ou répétitions est fonction :

- 1) de la différence entre modalités expérimentales intéressante à mettre en évidence,
- 2) des risques d'erreurs que l'on accepte de prendre,
- 3) de la variabilité du matériel expérimental,
- 4) des contraintes pratiques.

L'expérimentateur prend deux types de risques :

❶ Le risque de première espèce (risque α) de **conclure à une différence qui en réalité n'existe pas** et qui n'est due simplement qu'au fait du hasard ; ce risque est classiquement fixé par l'expérimentateur à 5 %.

❷ Le risque de deuxième espèce (risque β), qui est le risque de **ne pas détecter une différence qui en réalité existe** ; le complément de ce risque représente donc **les chances que l'on a de détecter une différence qui en réalité existe : c'est la puissance de l'essai**.

Dans les essais sur les fourrages, la variabilité est souvent importante ; exprimée sur la base du CV ou coefficient de variation (ETR en % de la moyenne), elle est fréquemment de 8 à 10 %. Dans de telles conditions, **la différence que l'on peut mettre en évidence 9 fois sur 10 avec 4 répétitions est de 25 à 30 %** (d'après les abaques de Philippeau, 1984). **Vouloir mettre en évidence, dans un milieu hétérogène, un effet modéré avec 3 répétitions conduit à un échec certain**. Pour cette raison, les essais réalisés à Thorigné d'Anjou sont systématiquement conduits en 4 blocs. Il vaut mieux passer du temps à bien réfléchir les modalités pour en limiter le nombre et conduire les essais en 4 blocs. Avec 4 blocs, en cas d'aléas sur un bloc, il est encore envisageable de tenter une analyse statistique sur 3 blocs. À l'intérieur des blocs les modalités sont randomisées (tirées au sort).

► La taille des parcelles

Dans les essais récoltés en fauche, nous utilisons des parcelles élémentaires de **3 m x 10 m** (en jalonnant les parcelles à 3,20 m de large) ; cette pratique présente plusieurs avantages :

- ❶ Utiliser du matériel classique, donc se rapprocher des conditions agricoles réelles,
- ❷ Mesurer le rendement sur une surface significative (10 x 1,5 m soit 15 m² avec une récolteuse d'essai),

❸ Disposer d'un espace suffisant pour s'affranchir des effets de bordure, et pour réaliser des mesures analytiques sur placettes (peuplement, composition botanique,...).

Dans les dispositifs pâturés, pour se rapprocher des conditions réelles d'utilisation (effet piétinement, restitutions par les bouses et pissats), il convient de prévoir des parcelles élémentaires plus grandes (12 m x 18 m par exemple) ; le chargement adopté doit permettre de limiter le temps de séjour des animaux. Il faut également prévoir des allées suffisantes entre les blocs pour facilement circuler entre les parcelles avec le matériel ; ces allées sont, à Thorigné d'Anjou, semées en herbe et régulièrement broyées dans les essais récoltés en fauche pour limiter le développement des adventices.

► Le rythme d'exploitation

Le dispositif expérimental doit prévoir explicitement le rythme d'exploitation (rythme fauche, ou rythme pâture) en cohérence avec le mode d'exploitation envisagé.

► La durée de l'essai

La durée des essais prairies doit être choisie en fonction :

- ❶ des objectifs de l'essai,
- ❷ du type de prairie implanté.

Sur les prairies temporaires de longue durée, dans lesquelles on réalise un suivi de l'évolution de la composition prairiale, une durée d'essai de 4 ans constitue un bon compromis ; au-delà, la prairie risque de se diversifier (en partie avec des espèces des parcelles adjacentes).



3 Choisir les parcelles d'essai avec précaution

Les essais doivent être conduits sur des sols homogènes (nature, profondeur, potentiel). Un regard sur la carte géologique, des sondages à la tarière ou à la bêche ne sont pas des précautions inutiles. Pour les essais sur prairies permanentes, une caractérisation de la flore initiale est nécessaire. L'ensemble de la zone d'essai doit avoir eu une conduite homogène et **une absence d'essai pendant les quatre années précédentes**. Les blocs sont placés perpendiculairement au gradient de fertilité. Une analyse initiale physique et chimique du

sol (pH, MO, Azote total, C/N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, CEC Metson) permet de les caractériser et de vérifier l'absence de facteur limitant majeur. Le fourrage implanté doit s'inscrire de façon cohérente dans la rotation ; les précédents connus comme défavorables sont à proscrire. Les essais doivent être suffisamment éloignés des haies (incidence des racines, écarts d'exposition au soleil). Il faut prévoir les accès pour le matériel. Il est conseillé de clôturer les parcelles d'essai pour les protéger de l'intrusion du gibier, ou des animaux d'élevage.

4 Réaliser des mesures précises pour obtenir des réponses fiables

► La qualité d'implantation

Pour chaque modalité, le semoir doit être réglé avec précision ; les quantités réellement semées doivent être contrôlées. Les modalités et profondeurs de semis doivent être respectées scrupuleusement (dans le premier cm pour les prairies, avec un sol rappuyé). Le contrôle du taux de levée est problématique sur prairies ; nous cherchons actuellement à finaliser une méthode d'évaluation. Sur associations céréales - protéagineux les peuplements (nb de pieds, nb épis) sont mesurés en post levée et au stade floraison des céréales sur une placette (3 rangs sur 1,5 m) ; cela permet de calculer le taux de levée apparent et le taux de tallage des céréales. Sur prairies, au printemps de l'année 1, des notations de recouvrement peuvent permettre de caractériser la qualité d'implantation et le pourcentage de sol nu (note sur 6 points pour les graminées, les légumineuses, les diverses, le sol nu) sur un quadrat de 0,5 m x 0,5 m. Cette notation, rapide à effectuer, est pour plus de sécurité à réaliser par 3 notateurs.

► Le rendement (exprimé en kg de MS/ha)

La mesure du rendement est réalisée à chaque cycle avec une motofaucheuse, ou avec une récolteuse d'essais fourrages (motofaucheuse-automotrice-peseuse) ; la récolteuse d'essai réduit considérablement le temps de récolte d'un essai (il est approximativement divisé par 3). Cette récolteuse n'est pas utilisable pour les associations céréales-protéagineux récoltées immatures (végétation trop haute). La longueur exacte récoltée doit être vérifiée pour chaque parcelle (pour connaître avec exactitude la surface récoltée). Un échantillon par parcelle élémentaire est prélevé pour mesure du taux de MS (par séchage à l'étuve à 105° sur une durée de 24 h) ; cette température de séchage ne permet pas de faire des analyses ultérieures ; l'échantillon doit être pesé le plus rapidement possible (sur une balance avec une précision 1 g) ; si l'étuve n'est pas immédiatement disponible, il faut après pesée stocker l'échantillon au congélateur. L'utilisation de sacs micro-perforés facilite la manipulation des échantillons. La mesure de la hauteur herbomètre après coupe (10 mesures par parcelle élémentaire), permet de vérifier si la fauche a été réalisée à la hauteur souhaitée.

► La composition botanique

Dans les essais concernant les associations végétales (prairies à flore variée, associations graminée-légumineuse, associations céréales-protéagineux), le suivi de l'évolution de la composition botanique est en général pertinent. **L'évaluation visuelle du pourcentage de légumineuses n'est pas fiable.** L'évaluation de la composition pondérale (graminées, légumineuses,

diverses) du fourrage récolté en proportion de la MS récoltée est réalisée par le prélèvement, le tri, sur échantillon frais et le séchage des composantes à l'étuve (24 h à 105°) d'une placette représentative de 0,5 m x 0,5 m. La mesure de la proportion de diverses permet de quantifier l'importance des adventices de la phase juvénile de la prairie sur les deux premiers cycles de l'année 1 ; elle permet également d'évaluer le vieillissement plus ou moins rapide des modalités expérimentales testées. Dans les essais sur les prairies à flore variée une mesure, avec la même méthodologie, de la composition pondérale détaillée (tri de chaque espèce semée + diverses) est réalisée chaque année sur le deuxième cycle. Ces mesures sont chronophages : il faut compter environ 35 minutes par échantillon pour une composition simplifiée, et 2 h 30 pour une composition détaillée des espèces semées, saisie des résultats sur support informatique comprise.

► La valeur alimentaire

Lorsque cela s'avère pertinent par rapport aux objectifs de l'essai, des échantillons sont prélevés sur chaque modalité (un quart dans chaque bloc) pour analyse dans un laboratoire agréé ; les analyses concernent la teneur en matière sèche, matières minérales, matières azotées totales, cellulose brute, phosphore, calcium ; **la digestibilité enzymatique à la pepsine cellulase (Aufrère *et al.*, 2007) et la proportion de légumineuses sont utilisées pour prédire la digestibilité de la matière organique (dMO).** Les valeurs énergétiques (UFL, UFV), azotées (PDIN, PDIE), et les valeurs d'encombrement (UEB, UEL) sont prédites conformément aux recommandations INRA (Baumont *et al.*, 2007). Les teneurs en phosphore et en calcium sont exprimées en minéral absorbable (Meschy, 2007). Les échantillons peuvent être envoyés au laboratoire congelés, ou **après séchage à l'étuve à 60° pendant 72 h** ; cette température modérée est conseillée pour ne pas fausser l'évaluation des protéines et des constituants pariétaux (réactions de Maillard). Dans les essais concernant les associations céréales - protéagineux, nous analysons séparément chacun des constituants ; la valeur nutritive du mélange est calculée au prorata de la contribution de chaque espèce ; cette approche permet de quantifier l'incidence de la présence de protéagineux sur la valeur de la céréale associée ; **l'hypothèse faite est celle de l'additivité des valeurs.**

► Les hauteurs d'herbe

Les mesures de la hauteur d'herbe avec un herbomètre à plateau réalisées avant fauche, après coupe, après pâturage dans les essais pâturés, permettent de caractériser des modalités expérimentales ; elles peuvent être utilisées pour un

suivi de la cinétique d'évolution de la hauteur d'herbe. **Elles ne devront en aucun cas être utilisées pour évaluer des écarts de rendements entre modalités expérimentales compte tenu de la variabilité des densités.**

► Les conditions météorologiques

Une analyse des conditions météorologiques, pendant la période d'essai est indispensable ; la pluviométrie quotidienne doit être enregistrée sur site ; les données concernant les températures et l'ETP

peuvent provenir de la station météorologique la plus proche. Un calcul du bilan hydrique simplifié (en fonction de la RU, de la pluviométrie et de l'ETP) fournit des informations précieuses sur les phases de déficit hydrique, et sur celles d'excès d'eau.

► Les autres mesures et enregistrements

Le précédent, les itinéraires culturaux, les modalités de semis, la fertilisation et les amendements sont enregistrés avec précision. Les maladies et ravageurs peuvent faire l'objet de notations qualitatives.

5 Réaliser l'interprétation statistique des résultats

En préalable de l'analyse statistique, il est indispensable de vérifier les données pour **faire la chasse aux erreurs de saisie ou de calcul**. L'analyse comprend des analyses de variance, des tests de

comparaison de moyenne (Newman - Keuls par exemple), et le calcul de la puissance de l'essai. L'écart type résiduel et le CV donnent une évaluation de la variabilité de l'essai.

6 Moyens nécessaires

Avant de mettre en place un essai, il est impératif de s'assurer de **disposer de moyens matériels, humains, et financiers nécessaires**. Cela conduit à réaliser une prévision réaliste du temps nécessaire et du budget.



7 La répétition des essais

Il est très imprudent de conclure sur les bases d'un seul essai ; **les conditions de milieu influencent fortement les résultats. La répétition et le regroupement des essais permettent d'évaluer les**

solutions robustes. Pour les essais annuels, il est souhaitable de disposer au minimum de trois répétitions avant de tirer les conclusions.

L'ensemble des considérations évoquées constituent les composantes du protocole.

Bibliographie

- **Aufrère et al., 2007.** INRA Prod.Anim. 20(2), 129-136
- **Baumont et al., 2007.** in Alimentation des bovins, ovins et caprins. Editions Quae, 149-179

- **Meschy F., 2007.** INRA Prod.Anim. 20(2), 119-128
- **Philippeau G., 1984.** Puissance d'une expérience. Brochure ITCF

Document édité par l'Institut de l'Élevage

149 rue de Bercy - 75595 PARIS cedex 12

Novembre 2016 - Réf. idele : 0016 303 012 - ISBN : 978-2-36343-792-1

Travail réalisé dans le cadre du RMT Prairies demain par :

Jean-Paul Coutard (Responsable de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou)

Mise en page : Corinne Maigret - Institut de l'Élevage

Crédit photos : Patrice Pierre - Institut de l'Élevage

Document réalisé avec la participation financière du Ministère de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt

