



Méthodes

Protocole de mesure de la densité de l'herbe et développement d'un référentiel régional

De nombreux outils et référentiels autour de la gestion de l'herbe pâturée sont basés sur la mesure de la hauteur d'herbe en centimètres (cm) avec un herbomètre à plateau. La hauteur mesurée ici, servant de référence, est donc une hauteur compressée. Pour évaluer la biomasse d'une parcelle, la croissance de l'herbe entre deux dates, les jours d'avance au pâturage ou encore le stock d'herbe utile à l'échelle de l'exploitation, les centimètres sont convertis en kilogrammes de matière sèche par hectare (kg MS/ha). Cette conversion passe par l'évaluation de la densité du couvert végétal, exprimée en kg MS/ha/cm.

Les objectifs de cette fiche méthodologique sont de :

- 1) décrire précisément les différentes méthodes de référence recommandées permettant de mesurer la densité « herbomètre » dans une parcelle à une date donnée ;
- 2) fournir des recommandations pour permettre à des groupes de travail locaux ou régionaux d'initier ou de compléter, à moyen ou long terme, une base de référence des densités de l'herbe mesurées à l'herbomètre.



1 Protocole de mesure de la densité « herbomètre » dans une parcelle

Deux méthodes sont possibles pour réaliser les mesures : la méthode des **quadrats** ou la méthode à la **motofaucheuse**. Privilégier dès que c'est possible la méthode motofaucheuse en raison d'une meilleure représentativité liée à la plus grande surface échantillonnée (plus de précision). Dans les deux cas, il faut faire des répétitions (plusieurs quadrats, plusieurs bandes), pour assurer un minimum de précision (voir préconisations ci-dessous 4).

Attention : Ne pas mesurer de densité si les conditions sont jugées trop mauvaises pour la qualité de la mesure : pluie soutenue, gel, parcelle très dégradée, hauteur d'herbe inférieure à 6-7 cm. Éviter les zones atypiques qui ne représentent pas la parcelle (déjections, plantes indésirables de grande hauteur ou rigides, sol presque nu, gros trous dans le sol, zones trop hautes où l'herbomètre ne pourra pas mesurer la hauteur).

1. Coupes et prélèvements d'herbe au champ

1.1. Matériel nécessaire

Tableau 1 : Matériel nécessaire selon la méthode

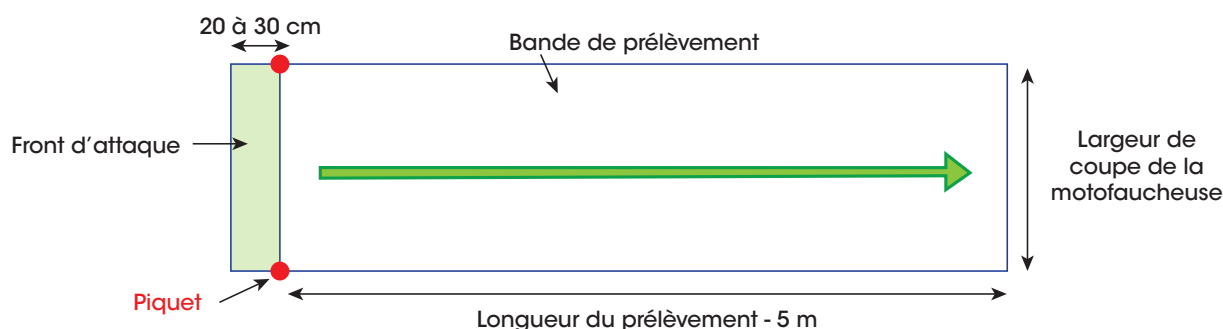
Méthode	Motofaucheuse	Quadrats
Pour délimiter les zones	Piquets + ficelle pour identifier la zone et la longueur à faucher	Tiges rigides pour fixer le quadrat au sol
	Décamètre	Quadrat rigide de hauteur faible (2 cm max, pour couper à 4 cm max)
Pour mesurer les hauteurs	Herbomètre à plateau de pression de 4,5 kg/m ² , tel HerboMETRE® (F) (Arvalis, France) (30 × 30 cm - 405 g pour plateau + tige coulissante). D'autres herbomètres à plateau sont utilisables (Jenquip, NZ ; GrassHopper, Irlande), avec des pressions proches mais différentes de celle de l'herbomètre de référence historique en France (4,5 kg/m ²). Le modèle d'herbomètre utilisé est donc toujours à renseigner, pour envisager de futures possibles corrections.	
Pour couper et ramasser	Motofaucheuse (largeur de coupe souvent entre 50 et 100 cm)	Mini-tondeuse aiguisée ou taille-haie
	Très grands sacs plastiques	Sacs plastiques de taille moyenne
Pour peser	Balance de précision 1 g pour les sacs avec et sans herbe (précision à 10 g tolérée à la rigueur)	
	Balance de précision 0,1 g pour les échantillons MS à l'étuve (précision à 1 g tolérée à la rigueur)	

1.2. Méthode motofaucheuse

1. Faire un front d'attaque perpendiculaire à l'axe de coupe.
2. Enlever l'herbe coupée et piquer pour marquer le début de la bande, si possible en déroulant la ficelle sur 5 m pour bien définir l'axe de coupe.
3. Mesurer le long de la ficelle la hauteur d'herbe à l'herbomètre, avant la fauche. Prévoir au minimum deux mesures de hauteur par m linéaire. Pour une bande de 5 m, faire donc 10 à 15 mesures.
4. Faucher sur une longueur de 5 m environ (jusqu'à 8-10 m si l'herbe est basse).
5. Mesurer précisément la longueur fauchée (décamètre), vérifier la largeur de coupe (pour calculer ultérieurement la surface totale fauchée).
6. Ramasser et mettre en sac toute l'herbe fauchée, et uniquement l'herbe fauchée (ratissage léger et à rebrousse poils possible) pour éviter de ramasser herbe, débris, cailloux, mottes de terre présents initialement sous la hauteur de coupe.

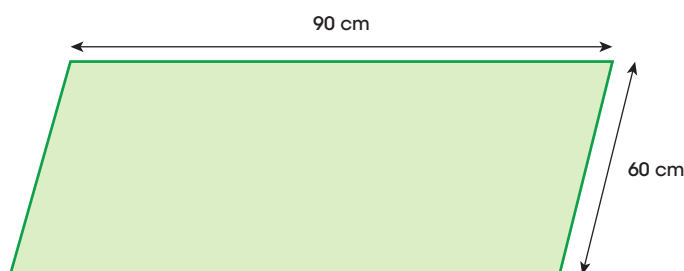


7. Mesurer à l'herbomètre la hauteur d'herbe après la fauche. Prévoir au minimum deux mesures de hauteur par mètre linéaire. Pour une bande de 5 m, faire donc 10 à 15 mesures.
8. Peser les sacs d'herbe le plus rapidement possible (connaître le poids des sacs).



1.3. Méthode des quadrats

1. Utiliser des quadrats rigides de 60 × 60 cm (taille minimum), ou 70 × 70 cm ou 60 × 90 cm, ou 90 × 90 cm (hauteur du cadre : 2 cm maximum, pour ne pas gêner la coupe).
2. Repérer la zone de prélèvement à l'aide de piquets et mesurer la hauteur herbomètre AVANT de positionner le quadrat au sol pour ne pas perturber la structure du couvert. Réaliser 4 à 9 mesures selon la taille du quadrat, sur l'ensemble de la surface du quadrat.
3. Positionner le quadrat rigide et le fixer au sol (à l'aide de grands clous en coin par exemple). Prendre le temps de « travailler les bords », pour faire entrer dans le quadrat toutes les plantes prenant racine dans le quadrat, et faire sortir toutes les plantes ne prenant pas racine dans le quadrat.
4. Couper l'herbe à l'aide d'une mini tondeuse bien aiguisée (ou d'un taille-haie) et viser une hauteur de coupe de 4 cm. Une hauteur plus basse peut être envisagée (exemple : parcelles pâturées par des ovins, pâturage hivernal).
5. Ramasser l'herbe coupée sur l'ensemble de la surface du quadrat et la mettre dans un sac identifié pour peser le plus rapidement possible la totalité de l'herbe ramassée par quadrat.
6. Bien noter la surface du quadrat utilisé.
7. Mesurer à l'herbomètre la hauteur d'herbe après fauche sur l'ensemble de la surface du quadrat (4 à 9 mesures selon la surface du quadrat, comme avant la coupe).



Attention : Dans les deux méthodes, essayer de maintenir constante la hauteur de coupe quelle que soit la hauteur d'herbe et le type de prairie (4 cm). Bien s'assurer que la coupe est de qualité, et « retailer » manuellement ou aux ciseaux si besoin en cas de coupe mal faite.

2. Mesure de la teneur en MS de l'herbe (pour les deux méthodes)

Avant toute chose, bien étiqueter, identifier et caractériser chaque échantillon : date, parcelle, nature du végétal. Il existe deux grandes méthodes de détermination de la teneur en MS : le passage en étuve (méthode de référence) ou au four à micro-ondes.

La teneur en MS peut être mesurée par bande ou quadrat (recommandé), ou bien, par simplification, sur deux ou trois échantillons moyens représentatifs de tous les quadrats ou toutes les bandes (par mélange de petites poignées issues de tous les prélèvements). Traiter le plus rapidement possible les échantillons qui doivent être séchés en étuve. Les stocker à 4°C au retour du champ si le délai avant la mise en étuve dépasse 1 h. Les « petits » échantillons (quadrats) peuvent aussi être conservés en glacière au champ, notamment en cas de forte chaleur.

En cas d'impossibilité pour faire sécher l'herbe sur place, l'alternative consiste à congeler dès que possible les échantillons et à les envoyer dans un emballage isotherme en 48 heures maximum au laboratoire. Si possible en début de semaine pour éviter tout problème de décongélation pendant un week-end.

Méthode en étuve

- Peser le panier ou le sac vide (tare).
- Sur chaque bande ou quadrat, échantillonner et peser 500 g à 1 kg d'herbe, fraîche qui ne doit pas être tassée dans son contenant (bien noter si c'est avec ou sans la tare).
- Mettre à l'étuve. Sécher à 60°C en étuve ventilée jusqu'à poids constant (soit 48 à 72 h). Ne pas dépasser 60°C en cas d'analyses chimiques prévues.
- Peser l'échantillon sec (tare + herbe) après la sortie d'étuve.
- Calculer la teneur en MS.

Méthode au four à micro-ondes

Cette méthode est décrite dans la fiche « Détermination de la teneur en MS de l'herbe au micro-onde » du RMT Prairies Demain (<https://afpf-asso.fr/fiches-methode-du-rmt>). Cette mesure est très rapide (< 30 min tout compris) mais reste indicative (petit échantillon). De plus, elle ne permet pas d'envisager des analyses chimiques après ce mode de séchage.

3. Calculs des densités

3.1. Calcul de la densité sur une zone prélevée (un quadrat ou une bande motofauchée)

Densité (kg MS/cm/ha) = $(QB \times tMS / S \times 10\,000) / (Hav - Hap)$
avec QB la quantité totale brute (kg) d'herbe coupée sur la surface fauchée, tMS la teneur en MS de l'herbe du quadrat ou de la bande mesurée en étuve (g/g), S la surface fauchée en m², Hav la hauteur moyenne herbomètre avant la coupe en cm, Hap la hauteur moyenne herbomètre après la coupe en cm.

Exemple pour une bande motofaucheuse: 4,32 kg d'herbe fraîche prélevée sur une bande de 5 m de long sur 0,5 m de large, hauteur avant coupe 13,1 cm, hauteur après coupe 4,2 cm et une teneur en MS de 15 %.

Densité = $(4,32 \text{ kg} \times 15 \% / 2,5 \text{ m}^2 \times 10\,000) / (13,1 \text{ cm} - 4,2 \text{ cm}) = 291 \text{ kg MS/ha/cm}$



3.2. Calcul de la densité à l'échelle de la parcelle

Deux méthodes sont possibles :

a) Si tout a été mesuré sur chaque zone prélevée comme expliqué ci-dessus, la densité moyenne à l'échelle de la parcelle est calculée comme la moyenne des densités mesurées sur chaque zone prélevée. Certaines mesures peuvent être éliminées avant calcul en cas de forte variabilité entre zones (voir ci-dessous).

Exemple pour 3 bandes motofaucheuse

Zone 1 : 1 500 kg MS/ha et 5 cm prélevé. Densité de 300 kg MS/ha/cm

Zone 2 : 1 800 kg MS/ha et 7 cm prélevé. Densité de 257 kg MS/ha/cm

Zone 3 : 1 200 kg MS/ha et 6 cm prélevé. Densité de 200 kg MS/ha/cm

Densité parcelle = $(300 + 257 + 200) / 3 = 252 \text{ kg MS/ha cm}$.

b) Une méthode globale peut être utilisée, notamment quand une seule teneur en MS a été déterminée par parcelle (et non par zone prélevée), par la formule :

Densité parcelle (kg MS/cm/ha) = $[\sum (Qha) / \sum (Hav - Hap)]$

Avec :

$\sum (Qha)$ la somme des Q prélevées de toutes les zones rapportées par ha

$\sum (Qha) = [\sum (QB) \times tMS] / [\sum (S) \times 10\,000]$

$\sum (Hav - Hap)$ la somme des hauteurs prélevées sur toutes les zones.

Exemple pour les mêmes 3 bandes motofaucheuse

Zone 1 : 1500 kg MS/ha et 5 cm prélevé

Zone 2 : 1800 kg MS/ha et 7 cm prélevé

Zone 3 : 1200 kg MS/ha et 6 cm prélevé

Densité = $(1\,500 + 1\,800 + 1\,200) / (5 + 7 + 6) = 250 \text{ kg MS/ha/cm}$.

Au final, les deux modes de calcul donnent sensiblement les mêmes résultats. La première méthode est plus simple à gérer sous tableur pour éliminer des densités aberrantes et calculer les moyennes par parcelle et par date si le fichier est structuré avec une ligne par date, par parcelle et par bande ou quadrat (tableau croisé dynamique).

4. Précision de la mesure de densité et recommandations

Nombre de mesures par parcelle

Plus il y aura de répétitions de la mesure par parcelle, plus on gagnera en précision sur la densité moyenne (voir Encadré 1). Pour approcher la densité moyenne réelle, il faut faire d'autant plus de prélèvements que la variabilité des densités entre répétitions est élevée, que ce soit dû à une hétérogénéité réelle des densités dans la parcelle ou à un manque de précision de la mesure de base sur une zone. Il peut être recommandé de faire d'autant plus de prélèvements que la parcelle est grande, pour être le plus représentatif possible de son hétérogénéité.

Avec la méthode motofaucheuse (grande surface échantillonnée et au moins 10 mesures herbomètre avant et après fauche par zone), il est recommandé de faire un minimum de 4 à 6 prélèvements par parcelle. Ce chiffre peut monter à 8 ou 10 si la variabilité des densités inter-répétitions est classiquement forte à très forte (voir encadré 1).



Avec la méthode des quadrats (petite surface échantillonnée, avec seulement 4 à 6 mesures herbomètre avant et après fauche par quadrat), il est recommandé de faire un minimum de 8 prélèvements par parcelle. Ce chiffre peut monter à 10 ou 12 si la variabilité des densités inter-répétitions est classiquement forte à très forte (voir encadré 1).

Le calcul et l'étude du Coefficient de Variation (CV = écart-type/moyenne, en %) entre répétitions pour une parcelle un jour donné est un excellent (et le seul) moyen pour juger de la variabilité des mesures, donc de la précision de l'estimation de la densité et du nombre de répétitions à prévoir en routine. La grille suivante peut être utilisée à titre indicatif :

CV de 5 % :	Très faible variabilité
CV de 10 % :	Faible variabilité
CV de 15 % :	Variabilité moyenne
CV de 20 % :	Variabilité assez forte
CV de 25 % :	Variabilité forte
CV de 30 % :	Variabilité très forte
CV de 35 % et plus :	Variabilité trop forte... Densité presque impossible à estimer.

En cas de CV élevé (à partir de 20-25 %), il faut d'abord valider l'ensemble des données et vérifier les saisies des données de base. Des données individuelles peuvent être éliminées si cette élimination réduit fortement le CV inter-répétitions, et notamment quand :

- Le différentiel de hauteur de coupe (hauteur moyenne avant - hauteur moyenne après coupe) est faible (< 1 ou 2 cm). C'est souvent une source d'erreur (car le dénominateur est imprécis).

- La hauteur moyenne après coupe est inférieure à 2,5 cm ou supérieure à 6-7 cm. Pour rappel, la hauteur de coupe visée est de 4 cm. Il peut arriver d'avoir plus de 6 cm de hauteur de coupe en moyenne sur un prélèvement si la coupe est irrégulière, le sol peu plat, ou beaucoup d'herbe présente. Attention aux récolteuses d'herbe (type Haldrup ou cibus), qui peuvent couper « haut » notamment si l'herbe est basse et/ou humide.
- La teneur en MS de l'herbe d'un quadrat est très différente de celle des autres quadrats, ce qui peut être lié à un problème d'échantillonnage ou de mesure.

Des mesures individuelles peuvent aussi être éliminées si elles sont jugées « hors gamme », mais il est très difficile de fournir des recommandations. Si par exemple l'élimination d'une donnée fait passer le CV inter-mesures de 40 à 15 %, cette suppression est justifiée. Des densités moyennes inférieures à 150 ou supérieures à 500 sont très peu probables. Exceptionnellement, des densités inférieures à 150 peuvent se rencontrer dans des conditions très poussantes avec une herbe riche en eau (avril-mai), ou au contraire des plantes à feuilles ou à tiges rigides (céréales immatures, luzerne), deux conditions qui retiennent le plateau de l'herbomètre. De même, exceptionnellement, des densités supérieures à 400-500 peuvent se rencontrer, mais uniquement dans le cas d'une herbe très riche en MS ou partiellement couchée, desséchée ou flétrie (en été le plus souvent).

Encadré n°1

Nombre de répétitions (quadrats ou bandes) à réaliser pour atteindre un objectif fixé d'erreur moyenne (5 à 15 %) de l'estimation de la densité. Ce nombre de répétitions dépend de l'hétérogénéité de la parcelle et/ou de la qualité de la mesure, indiquées ici par le coefficient de variation (CV) inter-répétitions.

Exemple de lecture : Avec un CV inter-répétitions mesuré classiquement autour de 25 %, et pour obtenir une erreur moyenne de seulement 10 % sur l'estimation de la densité, il faut prévoir de faire en moyenne 7 répétitions de mesure de densité (7 quadrats ou 7 bandes pour une seule parcelle à une date donnée).

Erreur « acceptée »		5,0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %	15,0 %
CV inter-répétitions	5 %	1	1	1	1	1
	10 %	4	2	1	1	1
	15 %	9	4	3	2	1
	20 %	16	8	4	3	2
	25 %	25	12	7	4	3
	30 %	36	16	9	6	4

Tableau 2 : Quelques exemples de données de densités (en kg MS/ha/cm) à éliminer

Répétition	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5
Bande 1	242	242	242	364	364
Bande 2	264	382	382	382	265
Bande 3	207	207	207	207	402
Bande 4	264	264	264	264	605
Bande 5	211	211	162	162	532
Bande 6	273	273	273	178	335
Toutes données					
Moyenne	244	263	255	260	417
Écart-type	28,6	64,1	74,4	94,7	127,6
CV	12 %	24 %	29 %	36 %	31 %
À éliminer	rien	R2	R2 + R5	rien	R4 + R5
Raison de la décision	CV faible	Réduit fortement le CV	Réduit fortement le CV	Très forte variabilité mais bien "répartie"	Valeurs trop élevées
Après élimination					
Moyenne	-	239	247	-	342
Écart-type	-	30,0	29,4	-	57,9
CV	-	13 %	12 %	-	17 %

2 Constitution d'un réseau et d'un référentiel régional de densité de l'herbe

1. Organisation du réseau

- Réfléchir collectivement (à l'échelle des réseaux « Observatoire de la croissance de l'herbe », par exemple) à l'organisation de ces mesures pour les rationaliser dans le temps et dans l'espace, afin de les rendre les plus pérennes possible. Travailler si possible uniquement en fermes expérimentales, afin d'assurer la formation du personnel, l'écriture des modes opératoires, la pérennisation de ces mesures et de leur qualité.
- Viser au minimum deux à trois sites de mesures par région. Plus il y aura de sites, de types de prairies et d'années de mesures, plus le référentiel sera robuste. En raison de la difficulté de mise en œuvre et de l'aspect chronophage de cette mesure, nous suggérons de programmer peu de mesures, mais les faire « bien », c'est-à-dire avec le nombre de répétitions adéquat, par un technicien permanent et formé, avec un ingénieur référent, et régulièrement.

2. Quels types de parcelles peuvent être mesurés ?

Privilégier surtout les parcelles pâturées, et faire les mesures de préférence dans les jours qui précèdent une séquence de pâturage, pas dans les jours/semaines qui suivent un pâturage (hauteur trop faible, couvert végétatif en début de repousse). Les parcelles de fauche dont l'herbe n'est pas couchée et la hauteur n'est pas trop élevée (< 20-25 cm) peuvent être mesurées, de même que les parcelles d'essais agronomiques en placettes répétées. Il faut alors considérer l'ensemble des blocs comme une seule parcelle. Attention pour les prairies hautes à la limite « physique » de l'herbomètre, qui varie selon les modèles. L'utilisation de la parcelle au cycle précédent (pâturage, fauche) est à renseigner (voir fichier d'enregistrement).

3. Nombre de parcelles et fréquence des mesures annuelles par site

Nous préconisons, pour que ce soit viable dans le temps, de programmer environ une dizaine de mesures de densité par an pour un site donné (une ou deux parcelles maximum pour une date donnée). Deux options sont possibles :

Option 1 : À date fixe (par exemple la première semaine de chaque mois de la saison de pâturage), mesurer la densité sur les deux prochaines parcelles à pâturer. Par exemple a minima : Mars-Avril-Mai-Juin-Oct-Nov $\times$ 2 parcelles = 12 mesures de densité/an. Il est fortement recommandé de suivre l'ensemble de la saison de pâturage, donc de mesurer aussi les densités en février, juillet, août et septembre quand l'herbe est présente et qu'il y a du pâturage. Cette option a l'avantage de pouvoir planifier à l'année les semaines de mesures (sauf aléas climatiques forts). Elle permet d'avoir une bonne variabilité sur les hauteurs et sur les parcelles.

Option 2 : En début d'année, choisir 2 ou 3 parcelles sur la ferme, et réaliser une mesure de densité dans la semaine qui précède chaque pâturage (avant l'entrée des animaux). Par exemple, 2 parcelles $\times$ 5 cycles de pâturage = 10 mesures de densité/an. Cette option a l'avantage de pouvoir décrire les effets « saison » (mêmes parcelles suivies), mais a l'inconvénient d'être dépendante des dates d'exploitation, ce qui peut poser problème sur le plan organisationnel. L'idéal est de répéter les mesures sur l'ensemble de la saison

de pâturage (périodes où l'herbe « pousse » et toutes périodes de pâturage, y compris de stock sur pied si la hauteur d'herbe reste mesurable à l'herbomètre), et de ne surtout pas se cantonner à la pleine pousse de printemps (avril-mai-juin). Ceci notamment pour faire le lien avec les réseaux de pousse de l'herbe et la courbe annuelle de référence de croissance de l'herbe.

4. Informations à collecter pour la base de données (régionale puis nationale)

Ces informations de type métadonnées sont nécessaires pour l'analyse a posteriori de la variabilité des densités entre années, entre régions, entre mois, entre types de prairies, etc, permettant à terme d'établir et/ou de consolider les référentiels régionaux/nationaux. La base est constituée des informations contenues dans la base de données « croissance de l'herbe » élaborée par le RMT Prairies Demain. Un fichier de saisie type des densités est disponible sur le site web du RMT Prairies (<https://afpf-asso.fr/>).



Document édité par l'Institut de l'Élevage

149 rue de Bercy - 75595 PARIS cedex 12

Février 2025 - Réf. idele : 0025 413 021

Travail réalisé dans le cadre du RMT Avenirs Prairies, rédigé par : Rémy Delagarde (INRAE), Benoît Possémé (CRAB), Françoise Guillois (CRAB), David Duchêne (INRAE), Pauline Hernandez (CA 36) sur la base d'une première version rédigé par : Sabine Battegay (Arvalis), Luc Delaby (INRA), Jean-Louis Fiorelli (INRA), Guillaume Glemot (CA 74), Benoît Possémé (CRAB), Florian Anselme (Jura Conseil Elevage), Stéphane Violleau (CA 63), Yvan Mainer Dieste (Groupement Régional des Producteurs de Fourrages de Corse), Eric Pottier (Institut de l'Élevage), Jérôme Pavie (Institut de l'Élevage), Patrice Pierre (Institut de l'Élevage)

Mise en page : Corinne Maigret (Institut de l'Élevage)

Crédit photos : Arvalis-Institut du végétal - Corinne Maigret (Institut de l'Élevage)

Document réalisé avec la participation financière du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Soutien à l'agriculture