



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.fr



AFPF - Maison Nationale des Eleveurs - 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 - Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages

Les ressources fourragères des systèmes polyculture élevage intégrés de régions tropicales

D. J. Barde², N. Minatchy^{1,2}, J.-L. Gourdine², N. Mandonnet², G. Alexandre², A. Fanchone², H. Archimède²

RESUME

Dans les régions tropicales, les systèmes polyculture élevage intégrés (SPEI) sont très représentés. Dans ces derniers, le choix des cultures est en partie acté pour leur potentiel à fournir, en plus de leurs fonctions principales (vivres pour l'homme, matière première pour l'agro-industrie) et des coproduits valorisables en alimentation animale. Ces cultures sont dites duales. La conduite de l'élevage et la gestion de la sole fourragère au sein de ces SPEI répond à des critères différents de ceux des élevages spécialisés. Les ressources fourragères proviennent pour l'essentiel des coproduits de cultures duales. Ces derniers sont la base voire les seuls ingrédients des rations. Ces coproduits ont des profils physicochimiques qui en font des fourrages souvent déséquilibrés d'un point de vue nutritionnel. Cependant certaines combinaisons de coproduits permettent d'avoir des rations équilibrées pour des animaux d'élevage. Une autre contrainte majeure de l'utilisation de ces coproduits est leur disponibilité asynchrone par rapport aux besoins des troupeaux. Un des challenges pour une utilisation optimale de ces ressources est la mise en place à l'échelle de la ferme et/ou du territoire de technologies sobres permettant de les rendre disponibles dans le temps et de formuler des rations équilibrées.

SUMMARY

Fodder resources of integrated mixed farming systems in tropical regions

In tropical regions, Mixed Farming System (MFS) are very common. In these systems, the choice of crops is partly based on their potential to provide, in addition to their main functions (food for humans, raw material for the agro-industry), co-products that can be used as animal feed. These crops are called dual-purpose crops. The management of livestock and fodder crops within these MFSs meets different criteria than those of specialized livestock. The fodder resources come mainly from the co-products of dual-purpose crops. These are the basis, if not the only, ingredients of the rations. These co-products have physicochemical profiles that make them often unbalanced from a nutritional point of view. However, certain combinations of co-products can allow balanced rations for livestock. Another major constraint of the use of these co-products is their asynchronous availability relative to the needs of the herds. One of the challenges for an optimal use of these resources is the implementation at the farm and/or territory level of sober technologies allowing their availability in time and to formulate balanced rations.

La croissance de la population humaine entraîne une diminution de la disponibilité des terres labourables pour la production de fourrages classiques (prairies). Les systèmes polyculture élevages (SPE) intégrés sont très développés dans les régions tropicales (Brummel *et al.*, 2013 ; Herrero *et al.*, 2010). Ces SPE sont des atouts pour le développement de pratiques agroécologiques et le recyclage de biomasse à faible empreinte carbone (Altieri *et al.*, 2015 ; Van Hal *et al.*, 2019.). Les SPE sont caractérisés par une large biodiversité composée de plantes alimentaires à cycles courts (moins de 4 mois) et à cycles longs (plus de 6 mois) cultivées en rotation ou association (Ozier Lafontaine, 2020). L'agriculteur choisit prioritairement des cultures ayant un double usage, d'où le nom généralement attribué de plantes duales (Preston,

2009). La culture (céréales, légumineuses à graines, tubercules, fruits...) doit produire simultanément, en quantité et en qualité, des aliments pour l'homme (les graines des céréales, pois, patate, taro) et pour l'animal (feuillages, fanes, paille...). Ces SPE peuvent aussi porter des cultures industrielles et/ou d'exportation (canne à sucre, banane, arachide...) qui produisent aussi des co-produits pour l'alimentation animale et la production d'énergie (Preston, 2009). La gestion des SPE, dont le fonctionnement a été optimisé, donne la priorité à l'alimentation de l'Homme par rapport à celle de l'animal tout en recherchant, une alimentation équilibrée d'un point de vue nutritionnel pour l'animal. Ce dernier doit en effet continuer à produire des quantités significatives de protéines animales (viande, lait) tout en remplissant d'autres fonctions : recyclage

AUTEURS

1 : INRAE Antilles-Guyane, Plateforme Tropicale d'Expérimentation sur l'animale

2 : INRAE Antilles-Guyane, unité Agroécologie, génétique et systèmes d'Elevage Tropicaux

MOTS-CLES : polyculture-elevage, ressources fourragères, coproduits, cultures duales, ration

KEY-WORDS: mixed farming, fodder resources, co-products, dual-purpose crops, ration

REFERENCE DE L'ARTICLE : Barde J.D., Minatchy N., Gourdine J.-L., Mandonnet N., Alexandre G., Fanchone A., Archimède H., (2022). « Les ressources fourragères des systèmes polyculture élevage intégrés de régions tropicales ». *Fourrages* 249, 1-7

de biomasse, fourniture de biofertilisants, entretien de l'espace... L'objectif n'est pas de maximiser la production de protéines animales, l'intérêt du compartiment élevage de la ferme étant évalué pour sa multi-performance, c'est-à-dire un compromis entre les différentes fonctions énumérées précédemment. Le choix, la gestion de la culture et son intérêt sont aussi un compromis entre la performance agronomique classique (production de graines, fruits, tubercules...), et la quantité et la qualité des coproduits, de services rendus (bio fertilisation, mulch...).

Les SPE sont souvent construits dans une logique d'autonomie de la ferme. Cependant, des stratégies sont aussi mises en place pour gérer les ressources du territoire en privilégiant la proximité car les coûts des transports peuvent être dissuasifs du fait de leurs caractéristiques (ressources pondéreuses, relativement pauvres...). Au-delà de considérations économiques, il y a aussi des considérations agronomiques pour le bouclage des grands cycles biogéochimiques. Il faut limiter les transferts de fertilité qui entraînent potentiellement l'appauvrissement de certaines régions du territoire (Peyraud *et al.*, 2015).

La praticité de l'utilisation des co-produits, leur déséquilibre nutritionnel, leur disponibilité dans le temps peuvent être des facteurs limitants à leur introduction dans l'alimentation animale. Le poids de ces contraintes augmente avec la taille des troupeaux, ce qui impose la mise au point d'innovations tant biotechniques qu'organisationnelles pour lever ces facteurs limitants (Haloi *et al.*, 2021, Karangiya *et al.*, 2016).

Une synthèse sur les aliments protéiques (fourrages et pois) dans les systèmes mixtes intégrés polyculture élevage en régions tropicales a récemment été réalisée par Archimède *et al.*, (2018). Dans cet article, plutôt qu'un inventaire exhaustif, nous avons fait le choix de nous placer dans la biodiversité cultivée des jardins créoles de la Caraïbe et des SPE d'Afrique de l'Ouest en traitant quelques fourrages modèles, relativement abondants dans ces régions. La valorisation des biomasses fibreuses étant plus efficiente avec les ruminants, ces derniers seront la cible principale de cet article. Quelques informations seront aussi fournies pour les monogastriques qui sont aussi des consommateurs de certains de ces fourrages non conventionnels (Preston, 2022).

1. Matériels et méthodes

De nombreuses ressources sont potentiellement disponibles avec un intérêt variable suivant le lieu et le profil de l'exploitation agricole (cultures et animaux). Nous avons fait le choix des contextes agricoles de la Guadeloupe et du Sénégal, représentatifs des territoires insulaires de la Caraïbe et continental relativement diversifiés. Le Sénégal se caractérise par ailleurs par six

zones agroécologiques permettant de travailler sur une diversité de milieux.

Les données présentées ici proviennent de sources différentes : le site d'information Feedipedia ; la littérature scientifique et technique en priorisant les synthèses ; des mémoires de thèse et d'ingénieur ; des expertises acquises sur le terrain (stratégies de gestion des ressources).

Les ressources ciblées sont les pailles (arachide, maïs, sorgho, mil, niébé, riz), particulièrement abondantes au Sénégal alors que dans la Caraïbe, les ressources les plus utilisées sont la canne à sucre, la banane, le manioc et les patates douces.

Les données de récolte pour les coproduits ne sont pas toujours disponibles contrairement à celles qui concernent les fractions commercialisées (fruits, graines, tubercules...).

L'indice de récolte de la matière sèche (IR), qui est le ratio du poids du produit classiquement commercialisé (grain, tubercules...) sur la matière sèche totale aérienne produite et non commercialisée (coproduits), donne une indication sur l'importance des gisements pour chacune des cultures. Cependant, ce critère souffre d'une forte variabilité liée aux variétés intra espèces et aux facteurs environnementaux (Powell et Hons, 1992 ; Donald et Hamblin, 1976).

Les rendements présentés concernent des cultures pures alors que dans les SPE, les associations (mélange) de cultures sont fréquentes. Cela permet d'augmenter la production de biomasse à l'unité de surface, mais entraîne souvent une diminution de production pour chacune des cultures.

2. Production de coproduits des cultures

Le tableau 1 présente la production de coproduits fibreux des principales cultures duales de la région Caraïbe et du Sénégal.

Il apparait que les cultures duales permettent de produire entre 0,5 et 10 tonnes de coproduits fibreux/récolte/an. Ces rendements varient en fonction des cultures, des variétés et des conduites agronomiques et de modalités de gestion de la biomasse aérienne (prélèvement ou non pendant le cycle de végétation). A l'échelle du territoire de la Guadeloupe, la disponibilité de ces ressources, issues des cultures duales, représente entre 3 et 4 tonnes de MS/ha de terre agricole utilisée (Archimède, non publié).

3. Valeur alimentaire de coproduits de culture

La figure 1 présente les principales ressources sur la base de leur teneur en fibres et en matières azotées totales. Le stylosanthes (légumineuse herbacée) et les graminées tropicales ont été positionnés à titre de comparaison.

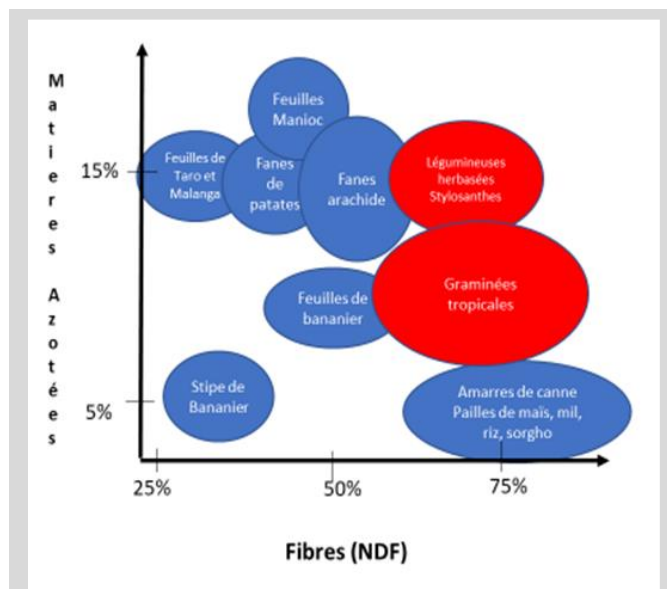


FIGURE 1 : Principales ressources fourragères en fonction de leur teneur en fibres et en matière azotée totale

Figure 1: Main forage resources according to their fibre and nitrogenous matter contents

Si nous excluons les coproduits fibreux du bananier, qui peuvent être assimilés à des fourrages de qualité moyenne, les autres coproduits peuvent être classés en 2 catégories. Les coproduits issus des céréales et de la canne à sucre qui sont des aliments pauvres (< 5 % MAT). Les coproduits riches (> 15 % MAT) provenant des cultures de racines, tubercules et pois. Afin de composer des régimes titrant 12 % de MAT, valeur d'une jeune graminée tropicale, il faudrait un ratio de 0,3/0,7 entre ces 2 groupes de coproduits.

3.1. Les coproduits fibreux de cultures pérennes : La tête de canne (amarres)

La canne à sucre entière est un fourrage qui ne fait pas l'objet de la présente étude (Archimède *et al.*, 2011c). Les têtes de canne ou amarres sont l'extrémité supérieure de la tige de canne et les feuilles qui l'entourent. Les quantités d'amarres produites sont corrélées à la production des tiges de cannes. Généralement l'affouragement à base d'amarre se fait en stabulation. Plus rarement, d'autres éleveurs attachent directement les animaux dans le champ après la récolte.

Ressources	Fraction	Biomasse/t		Références
		MS	Indice de Récolte	
ha/récolte				
Arachide	Graines	0,8-3,7		FAO, 1980 Sabatier, 2004 ;
	Fanes	0,5 – 2,9		Sanon, HO <i>et al.</i> 2014.
Banane	Fruits	8-9		Archimède <i>et al.</i> , 2011a
	Feuilles	2,6		
	Stipes	7,8		
Canne à sucre	Tige	12-36	0,69	Archimède et Garcia, 2010 ;
	Tête de canne	3-9	0,13	Sabatier 2012.
	Pailles	1,6-4,7	0,18	
Maïs	Grains	1,2	0,25-0,56	Fageria <i>et al.</i> , 2006
	Pailles	1,5		
	Grains		0,16-0,40	Fageria <i>et al.</i> , 2006 ;
Millet	Pailles	2,5-3,5		Sangaré <i>et al.</i> (2001)
Riz	Graines	3,0	0,34-0,55	Fageria <i>et al.</i> , 2006
	Pailles	3-3,6		
	Grains	1,2-1,8	0,25-0,56	Cattan <i>et al.</i> , 2001 ;
Sorgho	Pailles	10-15		Fageria <i>et al.</i> , 2006
Millet	Grains			Sanon, HO <i>et al.</i> 2014.
	Pailles	2,7		
	Tubercules	5_17	0,45	Khang <i>et al.</i> , 2005 ; Massy <i>et al.</i> 2020 ; Ravindran et al, 1993
Manioc	Feuilles	4,5-15		
Patates	Tubercules	3,6 - 5,7		Backer <i>et al.</i> , 1980 ; Ruiz <i>et al.</i> , 1980
	Fanes	4 à 5		
	Grains	0,8-1,8	0,17-0,55	Sawadogo, 2009 ; Samireddyp alle <i>et al.</i> , 2017.
Pois Vigna	Fanes	2,1-2,8		
Taro, Malanga	Tubercules	3,2	0,72	Kaensomba tha <i>et al.</i> , 2012
	Feuilles	2,3		

TABLEAU 1 : Production de graines, de fruits et biomasses fibreuses de certaines cultures tropicales
Table 1: Production of seeds, fruits and fibrous biomasses of some tropical crops

Les amarres représentent le principal co-produit de la récolte de la canne. La disponibilité moyenne est 3 à 9 tonnes de biomasse sèche à l'hectare. Les quantités d'amarres disponibles et leur composition chimique varient en fonction de la proportion de tiges de canne immatures (non récoltées) liées aux feuilles. Les amarres sont composées de 3 « organes » différents : la tige immature, les feuilles vertes et les feuilles sèches dont les proportions peuvent aussi varier (Preston, 1977). La tige immature est la fraction la plus appréciée par l'animal, car elle est plus riche en sucres (Archimède et Garcia, 2010).

Les amarres, consommées comme unique ingrédient des rations, permettent aux ruminants de couvrir leurs besoins d'entretien. La complémentation avec de l'urée ne permet pas d'améliorer la valeur nutritive des amarres contrairement aux observations faites avec la bagasse (Archimède et Garcia, 2010 ; Archimède *et al.*, 2011c). Les consommations volontaires d'amarres par les ruminants sont de l'ordre de 1,8 à 2,5 kg de matière sèche/ 100 kg de poids vif. Les teneurs des amarres en matière sèche, matière organique, matière azotée totale, Neutral Detergent Fibre, Acid Detergent Fibre, Acid Detergent Lignin and Neutral Detergent soluble sont respectivement 27-32, 90-93, 7-10, 4-7, 62-68, 38-42, 4-6 et 32-37 % (Archimède et Garcia, 2010). Les amarres sont donc riches en fibres et relativement pauvres en azote. La digestibilité des amarres est en moyenne de 60 % (Preston, 1977). Une complémentation des amarres doit être réalisée avec des ingrédients peu encombrants. La mélasse est un produit de choix, mais les quantités distribuées ne doivent pas dépasser 1,5 % du poids vif de l'animal, sinon l'ingestion d'amarres diminue. Généralement, l'apport de mélasse est limité à 1 % du poids vif de l'animal. Cependant, de forts niveaux de complémentation sont nécessaires pour assurer la croissance des animaux quand les amarres sont le seul fourrage de la ration. A titre d'exemple, des taurillons zébus de 22 mois et de 300 kg recevant des amarres à volonté et 1,3 kg de son de blé ont eu des croissances de 300 g par jour (Gendley *et al.*, 2002). Des croissances de 350 g /j ont été relevées avec des taurillons zébus de 200 kg recevant des amarres à volonté et 1 kg de MS de farine de riz, 3,5 kg de mélasse et 115 g d'urée (Salais *et al.*, 1977). Les amarres peuvent être conservées sous forme d'ensilage. Le chantier est conduit selon le même principe qu'un ensilage classique. Les amarres sont hachées, aspergées de mélasse diluée dans de l'eau à raison de 1 à 5 litres pour 100 kg d'amarres. L'ensemble est tassé dans un silo à l'abri de l'air.

3.2. Les feuilles et faux troncs (stipe) du bananier

Le bananier est une grande herbe sous l'angle de la botanique (Geoffroy, 1985). Les teneurs des feuilles en matière sèche, matière organique, matière azotée totale, Neutral Detergent Fibre et Acid Detergent Fibre sont

respectivement 21, 90, 8-12, 45-61, 26-39. Les teneurs des stipes en matière sèche, matière organique, matière azotée totale, Neutral Detergent Fibre, Acid Detergent Fibre, Acid Detergent Lignin and Neutral Detergent soluble sont respectivement 10, 90, 3-4, 62-67 et 13-29 respectivement. Les feuilles ont des teneurs en MS comparables à celles d'une herbe verte alors les stipes sont très riches en eau, ce qui limite leur ingestion (Archimède *et al.*, 2011a, Geoffroy, 1981). Les teneurs en matières azotées totales des feuilles sont proches de celles d'une graminée fourragère de 35 jours alors que celles des stipes sont faibles et se rapprochent de celles d'une paille (Archimède *et al.*, 2011a, Geoffroy, 1981). La fraction soluble de l'azote rapportée à l'azote total est d'environ 10 % dans les feuilles contre 25 % pour les stipes. Les teneurs de feuilles et stipes en fibres totales (NDF) sont assez similaires à celles d'une graminée tropicale de 35 jours. Les feuilles ont aussi des teneurs en lignocellulose (ADF) proches de celles d'une graminée tropicale de 35 jours, alors que les stipes sont sensiblement moins riches.

Les feuilles et stipes contiennent des métabolites secondaires (tanins, saponines) qui ont des propriétés anthelminthiques. L'ingestion de feuilles et stipes par les petits ruminants permet de réduire l'impact du parasitisme gastro-intestinal.

L'ingestion des feuilles et stipes, qui doivent être hachées pour favoriser leur consommation par les animaux, est plus faible que celle d'une graminée tropicale de 35 jours à cause de leur concentration relativement élevée en eau et la présence de métabolites secondaires. Les feuilles et stipes peuvent être distribués à l'état brut, tels que récoltés au champ. Les feuilles sont équivalentes à une graminée tropicale de 35 jours tant du point de vue énergétique qu'azoté (protéique). La consommation volontaire chez les ruminants peut atteindre 3,2 kg MS/100 kg de poids vif (PV). Les ruminants peuvent volontairement consommer jusqu'à environ 1,2 kg MS de stipes/100 kg de PV. Il est possible d'associer feuilles et troncs, feuilles ou troncs dans des rations mixtes avec la banane fruit et un complément azoté.

3.3. Les coproduits fibreux de céréales

Le maïs et le sorgho sont cultivés en culture principale en association avec le pois, ou en culture secondaire en association avec des tubercules telles l'igname ou les patates douces. La finalité première des cultures de maïs et sorgho est l'alimentation humaine. Le sorgho est apprécié pour sa plus forte résistance à la sécheresse et aux pathogènes.

La disponibilité en fanes de maïs ou de sorgho est d'environ 5 t MS /ha. Elles ont une faible valeur protéique (MAT < 60 g/kg MS), vitaminique et minérale, une faible ingestibilité (de 25 à 50 g MS /PV^{0,75} chez le mouton) et une faible digestibilité de la MS (< 50 %) entraînant une faible valeur énergétique (< 7,5 MJ énergie métabolisable/kg MS) (Archimède *et al.*, 2011b).

Quand ces aliments constituent l'unique ingrédient de la ration, ils couvrent à peine les besoins d'entretien d'un animal adulte. La pratique de pâturage existe mais elle est rare. Les fanes sont coupées et stockées, Le rapport feuilles/tiges des fanes varie fortement (35 à 80 % de feuilles dans la biomasse récoltée) avec les conditions de culture, de collecte et stockage, les espèces et les variétés (Schiere *et al* 2004).

La paille de riz pluvial qui est disponible dans certains SPE se différencie de celle des autres céréales par sa moindre teneur en lignine et sa richesse en silice (Van Soest, 2006). Par ailleurs la sélection génétique a permis la mise au point de certaines variétés de riz dont les pailles ont tendance à être plus feuillues (Schiere *et al.*, 2004 ; Van Soest, 2006).

3.4. Les fanes de cultures de tubercule

◆ Les fanes de patate douce (*Ipoma batatas*)

La production de fanes de patate douce varie avec la variété et l'itinéraire technique de la culture. Elle est d'environ de 4 à 5 t MS/ ha titrant 12 à 17 % de MAT (Ruiz *et al.*, 1980). La composition des fanes est celle de l'association des feuilles (22 à 33 % MAT) et des tiges (10 à 14 % de MAT) (An *et al.*, 2003). Les tiges contribuent pour environ 25 % de la MS. La production de feuilles augmente avec la pratique de défoliation pendant le cycle de culture. Quand des prélèvements de feuilles et de tiges sont réalisées pendant la culture, la production de tubercules est pénalisée passant de 5,7 à 3,6 tonnes de MS/ha/ récolte (Backer *et al.*, 1980). La consommation volontaire de feuilles de patate est de 2,4 kg MS/100 kg PV par les bovins zébus. Dans ces conditions, les indices de consommation et les croissances étaient de 8,5 kg/kg et 650 g/j (Backer *et al.*, 1980).

◆ Les feuilles de manioc (*Manihot esculenta* Crantz)

Le manioc est d'abord cultivé pour sa production de tubercules qui peut atteindre 17 t MS/ha/récolte. Au stade de récolte des tubercules (6-8 mois de culture), selon Ravindran *et al.*, (1993), la biomasse totale de MS produite est composée de 45 % de racines, de 35 % de tiges et de 20 % de feuilles. La production de feuillages (feuilles et jeunes tiges) est d'environ 0,6 tonne de MS/ha/récolte. La production de biomasse de feuilles varie avec l'itinéraire technique. Quand des prélèvements sont effectués tout au long du cycle de développement de la culture, la production de feuillage augmente pour atteindre 4-5 tonnes de MS/ha/récolte (Khang *et al.*, 2005). La teneur moyenne en MAT des feuilles est de 21 %, mais elle varie fortement en fonction des variétés et de l'âge (de 15 à 40 % ; Ravindran, 1993). Les teneurs des feuilles en NDF et ADF sont de 34-40 et 26-30 % respectivement. Les feuilles sont riches en lysine mais pauvres en méthionine (Ravindran, 1993). Elles sont aussi riches en minéraux en particulier calcium, magnésium, fer, manganèse et zinc

(Ravindran, 1993). La concentration des feuilles en acide cyanidrique libre, potentiellement toxique, est très variable en fonction des variétés, de l'âge des feuilles et de la qualité du sol. L'acide cyanidrique peut être détruit par un séchage et de l'ensilage (Ravindran, 1993). Les feuilles sont consommées fraîches, fanées ou ensilées par les ruminants. Le fanage ou l'ensilage est recommandé pour les variétés de manioc les plus riches en acide cyanidrique. Les feuilles contiennent aussi des tannins qui, à des concentrations supérieures à 5 %, réduisent la digestibilité chez les ruminants (Minatchy *et al.*, 2020). Les quantités optimales (compromis entre croissance, ingestion, digestion de la ration et coût) de feuilles de manioc fanées à distribuer à des caprins en croissance varient de 22 à 44 % de la ration suivant les auteurs (Hue *et al.*, 2012). Des consommations volontaires élevées d'environ 4,8 % du PV ont été enregistrées avec des agneaux en croissance.

◆ Les feuilles de taro (*Colocasia esculenta*) et de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*).

Les feuilles ont une concentration moyenne de 17-26 % de MAT, 21-24 % NDF, 17-20 % ADF (Kambashi, 2014). Kaensombath et Frankow-Lindberg, (2012) rapportent que les protéines de taro peuvent remplacer jusqu'à 50 % des protéines de soja, sans effet négatif sur la croissance de porcs rustiques. Ces ressources sont peu utilisées pour l'alimentation des ruminants. Chez le porc, l'apport des feuillages peut contribuer jusqu'à 50 % des protéines de la ration. Le profil en acides aminés des protéines est équilibré par rapport aux besoins du porc. La consommation de feuilles garantit l'apport de minéraux en quantité et qualité. La consommation de feuillage impose que la fraction énergétique de la ration soit pauvre en fibres pour limiter l'encombrement.

4. Conservation, traitement et gestion des biomasses

Dans les exploitations agricoles spécialisées en élevages et dans les SPE non intégrées, il y a généralement une fauche quotidienne (affouragement en vert) de la sole fourragère couplée à des fauches plus espacées pour la constitution de stocks (ensilage, foin). Ces derniers sont nécessaires au passage de la saison sèche et des périodes où les parcelles inondées (saison des pluies) sont inaccessibles. La fréquence de récolte des aliments d'intérêt fourrager est calée sur celle des cultures pour l'Homme. En conséquence, la quantité et qualité des fourrages disponibles ne sont pas toujours en adéquation avec les besoins des animaux. L'optimisation de leur utilisation nécessite la formulation de régimes, des rations complètes en associant les ressources complémentaires disponibles à la ferme. Cette optimisation peut aussi imposer le recours à d'autres ressources disponibles sur le territoire telle la mélasse afin d'augmenter la densité énergétique des rations.

Des technologies rustiques doivent être mises en place pour stocker et utiliser les ressources, pour ne pas renchérir le coût des matières premières relativement pauvres et du fait de la faible capacité d'investissement. Compte tenu de la faible valeur des matières premières considérées, le recours à une technologie onéreuse doit être évité. Il n'y a pas d'itinéraires techniques standardisés pour la confection des blocs. Le hachage des biomasses, nécessaire pour augmenter leur ingestibilité et favoriser leur compactage dans les blocs, doit garantir la présence de brins longs nécessaire à la rumination des animaux. Les petits ruminants sont davantage affectés que les gros ruminants par une granulométrie trop grossière.

Le bloc aliment complet est une ration complète composé de fourrage, de concentré et d'autres ingrédients (coproduits de l'agriculture et de l'industrie) dans les proportions permettant à cette ration de répondre aux besoins spécifiques en nutriments, d'optimiser la production et de minimiser les coûts d'alimentation (Karangiya et al., 2016). La présence d'amidon, de mélasse ou de feuillages riches en protéines favorise la compaction et la relative solidité des blocs. En fonction de la teneur en matière sèche des ingrédients utilisés, il faut ajouter de l'eau pour que le mélange à compacter contienne environ 20 % d'humidité. Après leur confection, les blocs sont mis à sécher au soleil sous un abri avec une bâche plastique avant leur stockage. La technologie des blocs alimentaires complets est particulièrement adaptée au contexte des SPE intégrés. Elle permet de valoriser une large diversité de biomasses (coproduits de récoltes) de qualité nutritionnelle variable présentes sur la ferme. Ces dernières sont disponibles à des rythmes répondant aux besoins de l'homme et non de l'animal, d'où la nécessité de les stocker dans l'attente de la formulation des rations. D'autres coproduits issus de l'agro-industrie (mélasses, son...) peuvent être introduits dans ces rations. Les blocs alimentaires permettent de limiter le gaspillage et le tri des animaux. Cette technologie permet aussi de réduire le temps de travail quotidien en organisant périodiquement des chantiers de préparation des rations. La technologie des blocs aliment complets est particulièrement développée en Inde où les coproduits de récolte contribuent pour plus de 50 % à l'alimentation des ruminants (Beigh et al., 2017).

Conclusions

Les ressources non conventionnelles peuvent remplacer partiellement, voire complètement les fourrages classiques dans les SPEI. Une optimisation du choix des cultures duales et de leur gestion sur les exploitations permettrait de mieux concilier la production de ressources pour satisfaire les besoins alimentaires de l'Homme et de l'animal. L'équilibre aujourd'hui est davantage orienté sur les besoins de l'Homme. Les cultures alimentaires permettraient de

produire en moyenne 4 tonnes de MS/ha de coproduits ayant un intérêt fourrager.

Article accepté pour publication le 04 mars 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Archimède H., Bastianelli D., Fanchone A., Gouridine J.L., Fahrasmane L., (2018). « Aliments protéiques dans les systèmes mixtes intégrés polycultures élevage en régions tropicales ». *INRA Production Animale*, 31 (3), 221-236.
- Archimède H., Gouridine J.L., Fanchone A., Alexandre G., Marie-Magdeleine C., Calif E., Fleury J., Anais C., Renaudeau D., (2011a). « Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale ». *Innovations Agronomiques*, 16, 181-192.
- Archimède H., Bastianelli D., Boval M.L., Tran G., Sauvart D., (2011b) « Ressources tropicales : disponibilité et valeur alimentaire ». *INRA Production Animale*, 24 (1), 23-40
- Archimède H., Xande X., Gouridine J.L., Fanchone A., Alexandre G., Boval M., Coppy O., Arquet R., Fleury J., Regnier C., Renaudeau D., (2011c). « La canne à sucre et ses co-produits dans l'alimentation animale ». *Innovations Agronomiques* 16, 165-179.
- Achimède H., Garcia G.W., (2010). « A guide to the use of sugarcane and its by-products as animal feeds ». Disponible sur: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=archimedeand+garcia+2010%2C+sugar+cane+as+feed>;
- Altieri A.M., Nicholls C.I., Henao A., Lana M.A., (2015). « Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems ». *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869-890.
- Backer J., Ruiz M.E., Munoz H., Pinchinat A.M., (1980). « The use of sweet potato (*Ipomea batatas*, (L.) Lam) in animal feeding. 2. Beef production ». *Trop. Anim. Prod.*, 5, 152-160.
- Beigh Y.A., Ganai A.M., Ahmad H.A., (2017). «Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review ». *Veterinary World*, 10(4), 424-437.
- Cattan P., Letourmy P., Zagré B., Minougou A., Compaoré E., (2001). « Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso ». *Cahiers Agricultures*, 10 (3), 159-72.
- Donald C.M., Hamblin J., (1976). «The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria ». *Advances in Agronomy*, 28, 361-405.
- Fageria N.K., Baligar V.C., Clark R., (2006). « Physiology of Crop Production ». CRC Press, 2006, 345 p ISBN 9781560222897.
- Feedipedia: An on-line encyclopedia of animal feeds. Disponible sur : <https://www.feedipedia.org>
- Gendley M., Singh P., Garg A., (2002). «Performance of crossbred cattle fed chopped green sugarcane tops and supplemented with wheat bran or lentil chuni concentrate s». *Asian-Australian. Journal of Animal Science*, 15 (10), 1422-1427.
- Geoffroy F., (1985). « Utilisation de la banane par les ruminants ». *Revue de Elevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 38, 92-96.
- Haloï S., Bhuyan R., Borah I., Saikia B.N., (2021). « Complete feed block as a mode of enhancing ruminant production: A review ». *Indian Journal of Animal Health*, 60(1): 10-15.
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D., Dixon J., Peters M., Van de Steeg J., Lynam J., Parthasarathy Rao P., Macmillan S., Gerard B., McDermott J., Sere C., Rosegran M., (2010). «Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems ». *Science*, 327(5967), 822-5.
- Hue K.T., Van Thanh D.T., Ledin I., Wredle E., Spornly E., (2012). « Effect of harvesting frequency, variety and leaf maturity on nutrient composition, hydrogen cyanide content and cassava foliage yield ». *Asian-Australian. Journal of Animal Science*, 25, 1691-1700.
- Kaensombath L., Frankow-Lindberg B.E., (2012). «Effect of harvesting interval on biomass yield and chemical composition of taro (*Colocasia*

- esculenta (L.) Schott) for feeding pigs in Laos ». *Field Crops Research*, 128, 71–75.
- Kambashi B., Boudry C., Picron P., Bindelle J., (2014). «Forage plants as an alternative feed resource for sustainable pig production in the tropics: a review ». *Animal*, 8, 1298-1311.
- Karangiya V.K., Savsani H.H., Ribadiya N.K., (2016). «Use of densified complete feed blocks as ruminant feed for sustainable livestock production». *Agricultural Reviews*, 37 (2), 141-147.
- Khang D.N., Wiktorsson H., Preston T.R., (2005). «Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval ». *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 18, 1029-1035.
- Minatchy N., Marie-Magdeleine., Calif V., Félicité Y., Periacarpin F., Deloumeau C., Pommier F., Archimède H., (2020). «Dichanthium hay combined with green cassava foliage or pelleted cassava foliage as fed for blackbelly rams ». *Tropical Animal Health and Production*, 52 (2), 583-589.
- Massy M.L.M., Hauser S., Egwekhide M., Batawila K., Kularow P., Abberton M., (2020). « Rendement en feuilles et racines de trois variétés améliorées de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en réponse aux fertilisants organo-minéraux et à la récolte des feuilles au Sud-Ouest du Nigeria ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(4), 1432-1447.
- Ozier Lafontaine H., (2020). « Le jardin créole : un îlot dans l'archipel des biodiversités du monde ». <https://www.jardinsdefrance.org/le-jardin-creole-un-ilot-dans-l-archipel-des-biodiversites-du-monde>.
- Peyraud J.L., Richard G., Gascuel-Oudou C., (2015). « Boucler les grands cycles biogéochimiques ». *Innovations Agronomiques*, 43, 177-186
- Preston T.R., (2022). « Reducing the carbon foot print of pig production in the tropics with local feed and breed resources ». *Livestock Research for Rural Development*, 34, Article #1. <http://www.lrrd.org/lrrd34/1/3401Prest.html>
- Preston T.R., (2009). «Environmentally sustainable production of food, feed and fuel from natural resources in the tropics ». *Tropical Animal Health and Production*, 41, 873–882.
- Preston T.R., (1977). «Nutritive value of sugar cane for ruminants ». *Tropical Animal Production*, 2, 125-142.
- Powell J.M., Hons F.H., (1992). « Fertilizer nitrogen and stover removal effects on sorghum yields and nutrient uptake and partitioning ». *Agriculture Ecosystems and Environment*, 39, 197 - 211.
- Ravindran V., 1993. «Cassava leaves as animal feed: potential and limitations». *J. Sci. Food. Agric.*, 61, 141-150.
- Ruiz M.E., Pezo D., Martinez L., (1980). «The use of sweet potato (*Ipomea batatas*, (L.) Lam) in animal feeding. 1. Agronomics aspects ». *Tropical Animal Production*, 5, 144-151.
- Salais F.J., Wilson A., Elliott R., (1977). « Determination of the apparent digestibility of diets containing coarsely or finely chopped cane tops ». *Tropical Animal Production*, (3), 306-314.
- Samireddypalle A., Boukar O., Grings E., Fatokun C.A., Kodukula P., Devulapalli R., Okike I., Blümmel M., (2017). «Cowpea and groundnut haulms fodder trading and its lessons for multidimensional cowpea Improvement for mixed crop livestock systems in West Africa ». *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-9.
- Sangaré M., Fernández-Rivera S., Bationo A., Hiernaux P., Pandey V.S., (2001). « Effets de différents types d'amendements sur le rendement du mil et la fertilité du sol au Sahel ». *Cahiers Agricultures*, 10 (5), 319-25.
- Sawadogo A., (2009). « Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) en condition de stress hydrique : contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse ». *Mémoire d'ingénieur*. Disponible sur : <https://beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-2009-SAW-EVA/IDR-2009-SAW-EVA.pdf>
- Schiere J.B., Joshi A.L., Seetharms A., Oodting S.J., Goochids A.V., Deinum B., Van Keulen H., (2004). «Review paper. Grain and straw for whole plant value: implications for crop management and genetic improvement strategies ». *Experimental Agriculture*, 40, 277-294.
- Van Hal O., de Boer I.J.M., Muller A., de Vries S., Erb K.H., Schader C., Gerrit W.J.J. s, Van Zanten H.H.E., (2019). «Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity ». *Journal of Cleaner Production*, 219, 485-496.
- Van Soest P.J., (2006). «Review. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality ». *Animal Feed Science and Technology*, 130, 137-171.