



Developement Smart Innovation through Research in Agriculture

DeSIRA

**ADAPTER L'ACCES AUX RESSOURCES AGRO-PASTORALES DANS UN CONTEXTE DE MOBILITE ET DE
CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR L'ELEVAGE PASTORAL AU TCHAD**

(ACCEPT)

Rapport de mission

N'Djamena (Tchad)

Du 28 septembre au 3 octobre 2021

Mohamed Habibou ASSOUMA, Laurent BONNAL

CIRAD-SELMET, Montpellier, France

Table des matières

Table des matières	2
Contexte	3
Partie 1. Analyses par SPIR – prise de spectres sur TANGO	4
1. Branchements électriques.....	4
2. Gestion des cartouches desséchantes	4
3. Codage des échantillons.....	5
4. Préparation des échantillons - broyage.....	5
5. Saisie spectrale	6
6. Suivi des performances du spectromètre	7
7. Gestion de données – spectres	7
8. Suites à donner et recommandation générale.....	8
Partie 2. Essais fourragers et zootechniques	9
Echanges avec les doctorants.....	9
Présentation de Hassan Ahmat DJEFIL.....	9
Présentation de Kada GALI	10
Présentation de Herbert DJOMTCHAIGUE BAMARE.....	11
Présentation de Imran Ahmat CHAÏB	11
Conférence M. H. ASSOUMA.....	12
Annexes	13
Annexe 1 : Programme de la mission.....	13
Annexe 2 : Exemple de protocole de saisie spectrale sur TANGO	Erreur ! Signet non défini.

Contexte

Financé par l'Union Européenne dans le cadre de l'initiative DESIRA pour 4 ans (2019-2023), ACCEPT est un projet de recherche-action en partenariat (RAP) qui vise à contribuer au renforcement de la résilience des pasteurs et agro-pasteurs tchadiens dans un contexte de changement climatique. De manière plus spécifique, il s'agit de produire des connaissances, tester et évaluer des innovations et fournir des outils d'aide à la décision facilitant l'adaptation des pasteurs et des agro-pasteurs au changement climatique, dans un contexte d'accentuation de la compétition sur les ressources agro-sylvo-pastorales.

Le projet a ciblé quatre sites d'intervention qui se présentent comme il suit :

- Pour la zone Sahélo Saharienne (Provinces de l'Ennedi-Est et du Wadi Fira) :
 - o Les départements de Biltine et de Kalait ;
- Pour la zone Sahélienne (Province du Guéra et du Batha) :
 - o Les départements de Lac Fitri et de Bitkine ;
- Pour la zone test dans la Province du Chari-Baguirmi :
 - o Le département de Mandéla ;
- Pour la zone Soudanienne (Provinces du Moyen-Chari et du Mandoul) :
 - o Les départements de Bahr Koh et du Mandoul.

Le projet est conçu autour de trois composantes thématiques complémentaires C1 : Production de connaissances ; C2 : Co-conception d'innovations ; C3 : Co-élaboration outils d'aide à la décision (OAD) pilotées par une composante C4 : Coordination et animation du projet. Il est mis en œuvre à travers un consortium constitué par l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED), Plateforme Pastorale du Tchad (PPT), et Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

Le projet ACCEPT a été effectivement lancé en janvier 2020 mais en raison de la pandémie de COVID-19, avec les restrictions de voyages, toutes les missions d'appuis techniques de l'équipe du CIRAD sur le terrain au Tchad n'ont pas pu être réalisées même si le travail d'échange en visioconférence avec les équipes de l'IRED a continué. Néanmoins une première mission dédiée à l'alimentation a pu se dérouler du 5 au 10 juin 2021. A l'issue de cette mission, le projet a fait le point sur les travaux liés aux innovations en alimentation animale (composante C2) production fourragère et fabrication d'aliments pour bétail.

Dans la même dynamique, une mission s'est déroulée du 28 septembre au 3 octobre 2021. Elle a été conduite par Habibou Assouma et Laurent Bonnal, du CIRAD-SELMET. L'objectif de la mission était d'apporter les appuis techniques et scientifiques ciblés du CIRAD prévus dans la mise en œuvre d'ACCEPT concernant la mise en place d'essais d'alimentation et de digestibilités sur animaux et l'analyse des ressources alimentaires par spectrométrie proche infrarouge (SPIR). Le programme de la mission est en Annexe 1.

Cette mission a permis en particulier de :

1. Faire le point des recommandations de la mission des collègues du CIRAD (Denis et Lionel) sur les aspects alimentations de ruminant, production fourragère et suivi des troupeaux.
2. Echanger avec l'équipe pour la mise en place de protocoles d'essais d'alimentation et de digestibilités sur animaux.
3. Partager avec l'équipe de l'IRED les bonnes pratiques pour la collecte, la préparation et le stockage des échantillons issus des essais en vue de leurs analyses.
4. Former à l'analyse des échantillons par SPIR (prise de spectres et utilisation du TANGO).

Le présent document constitue le rapport de ladite mission.

Partie 1. Analyses par SPIR – prise de spectres sur TANGO

En début de mission, nous avons pu visiter les installations de l'IREC, le laboratoire SPIR, le laboratoire d'analyses chimique, les champs des essais fourragers, les installations pour les essais d'alimentation (cages de digestibilité pour ovin et les hangars) ainsi que la salle de broyage.

1. Branchements électriques

A cause des problèmes de coupures de courant et de surtension à la remise en route, les 3 sources lumineuses fournies avec le spectromètre TANGO à l'achat ont été détériorées en moins d'un an. Bruker ayant été mis au courant de la situation a fourni 2 sources lumineuses supplémentaires, gracieusement, dont 1 est d'ores et déjà installée en ce début de formation (reste donc 1 source lumineuse en stock à ce jour).

En ce début de mission, les branchements électriques ont donc été remis à plat avec l'achat et l'ajout d'un régulateur de tension 2000VA en plus de l'onduleur 2000VA déjà existant.

Notre recommandation à ce sujet est d'éteindre le spectromètre hors périodes d'utilisation ou si on a connaissance de fréquentes coupures d'électricité lors des périodes d'utilisation.

Après un arrêt de l'appareil, au démarrage il faut attendre environ 2h de chauffe/stabilisation avant de commencer les mesures.

2. Gestion des cartouches desséchantes

Le spectromètre TANGO est un appareil étanche dont l'humidité est régulée grâce à une cartouche desséchante qui est placée à l'arrière de l'appareil.

La cartouche desséchante est un cylindre en polymère plastique poreux contenant des granulés de produits absorbant l'humidité qui doit être régénéré régulièrement en fonction de l'humidité ambiante.

Pour la régénération de la cartouche, il faut verser le contenu de la cartouche (granulés) dans une soucoupe qui sera placée à l'étuve à une température comprise entre 100 et 150°C pendant 2h ou pendant une nuit. Une fois sec, le contenu peut être versé à nouveau dans la cartouche avant d'être remise en place à l'arrière de l'appareil.

Deux cartouches sont disponibles pour l'appareil, notre recommandation à ce sujet est qu'une fois que le contenu de la seconde cartouche a été séché à l'étuve, de la conserver dans un thermos hermétiquement fermé (un thermos a été acheté à cet effet pendant la mission).

3. Codage des échantillons

Le codage des échantillons est primordial. Un code doit être unique, court (maximum 10 caractères), de taille constante (nombre de caractères fixe) et il peut être informatif ou pas (ou semi-informatif).

Par exemple, un exemple de code pourrait être constitué de la manière suivante :

- Code pays - 2 caractères (TD)
- Code année – 2 caractères (21)
- Code nature de l'échantillon – 1 caractère (F, A, M ou S)
- Numéro de rang – 4 chiffres (0001)

Avec comme code nature de l'échantillon 4 catégories :

- **F** pour tout type de végétaux, plantes ou fourrages
- **A** pour aliment pour animaux (aliments complets, concentrés, tout type de sous-produits)
- **M** pour matière organique (Fèces, fumiers ou litières)
- **S** pour des sols

Un exemple de code pour un échantillon de fourrage de 2021 serait donc **TD21F0001**

Le choix du code est donc une priorité et le recodage de tous les échantillons déjà en stock doit être réalisé avant la prise de spectres.

Le code des échantillons doit être associé aux métadonnées descriptives de chaque échantillon (bien conserver trace des informations lié à l'échantillon). Un fichier Excel de description des échantillons a été envoyé aux participants pour servir d'aide à la gestion des échantillons et de leur description. Pour les échantillons en stock il est recommandé de garder en plus du nouveau code l'ancien code dans le fichier Excel de description des échantillons.

4. Préparation des échantillons - broyage

La préparation des échantillons en vue de l'analyse par SPIR ou de l'analyse par voie chimique passe entre autre par le broyage des échantillons séchés à 1 mm. Nous avons pu observer que certaines poudres étaient broyées trop grossièrement. La visite de la salle de broyage et du broyeur nous a montré que les couteaux n'avaient pas encore été retournés (situation déjà observée lors de la mission de Laurent Bonnal en 2009) et que la grille tamis en place était de 4 mm au lieu des 1 mm nécessaires.

Lors de cette mission, les couteaux ont été démontés et retournés.



Afin de permettre un broyage correct nous avons apporté une grille à 1 mm du broyeur Retsch SM100 du Cirad à Montpellier pour l'adapter au broyeur Retsch SK1 présent à l'IREC pour essayer de corriger ce problème de granulométrie. Point de vigilance, la grille tamis a un sens, ne pas se tromper lors de la mise en place dans le broyeur.

Lors du broyage des échantillons, il est important de nettoyer l'intérieur du broyeur entre chaque nouvel échantillon (reflux dans le rotor du broyeur). A cette fin, un jeu de clé Allen a été acheté par l'IREC pendant cette mission. Cette clé doit être présente à côté du broyeur lors des séances de broyage pour pouvoir ouvrir le broyeur entre chaque échantillon.

5. Saisie spectrale

Lors de cette mission, nous avons bien sûr évoqué la préparation des échantillons, le mélange et le remplissage des coupelles pour la prise de spectres afin d'obtenir des spectres représentatifs des échantillons saisis.

Les recommandations pour la saisie spectrale sont :

- La saisie spectrale se fera avec 3 répétitions pour chaque échantillon (configuration actuelle de l'appareil). Les 3 répétitions doivent être des remplissages distincts de la coupelle.
- Bien mélanger l'échantillon dans le pot ou le sachet avant de faire le prélèvement pour remplir la coupelle. L'homogénéisation de l'échantillon par un mélange soigneux a pour objectif de corriger un dé-mélange qui a pu s'opérer dans le pot ou le sachet avec par exemple les particules les plus fines tombant au fond du pot ou du sachet.
- Une épaisseur minimale et suffisante d'échantillon doit être versée dans la coupelle (idéalement 2 cm env.) pour ne pas que le signal lumineux puisse traverser l'échantillon. Si l'échantillon est en trop faible quantité pour utiliser la grande coupelle, il faut utiliser la petite. Dans le cas de quantité très faible ou d'échantillons pâteux ou liquide, il faut utiliser les petits flacons en verre fournis avec le spectromètre.
- La coupelle, une fois l'échantillon introduit, ne doit pas être secoué pour ne pas provoquer un dé-mélange (particules fines au fond). Bien vérifier que la coupelle est bien positionnée dans son support rotatif en faisant tourner légèrement (vas et vient) la coupelle dans son support.

Afin de permettre que des opérateurs moins familiarisés avec la saisie spectrale puissent prendre des spectres de bonne qualité et dans les conventions de saisie et gestion des spectres définies, des procédures de saisie doivent être écrites. Un premier brouillon de protocole de saisie a été envoyé aux participants pour leur permettre de rédiger leur propre procédure (Voir Annexe 2).

Cette procédure de saisie spectrale devra être soit affichée au mur du laboratoire SPIR soit sur la table du spectromètre.

6. Suivi des performances du spectromètre

Afin d'assurer un suivi du bon fonctionnement du spectromètre, nous avons mis en place une carte de contrôle avec un échantillon témoin (Boite TD01) à faire à chaque démarrage du spectromètre en début de journée. La cellule de contrôle contenant l'échantillon témoin (Boite TD01) a été confectionnée au Laboratoire d'alimentation animale du Cirad à Montpellier en vue d'être laissé au laboratoire SPIR de l'IRED.

En complément de cette carte de contrôle, il existe déjà un registre qu'il faudra continuer d'utiliser pour avoir un suivi de l'utilisation quotidienne du spectromètre. Les informations à indiquer dans ce registre sont :

- Date de saisie
- Nom de l'opérateur
- Nombre échantillons
- Nom du « Produit » utilisé
- Observation et signature de l'opérateur

7. Gestion de données – spectres

Sur le spectromètre TANGO, chaque spectre saisi correspond à un fichier. Très rapidement, un grand nombre de fichiers va être généré. La gestion des données spectrales est donc très importante. Les spectres des échantillons correspondant à l'empreinte de la matière organique des échantillons ces données sont précieuses et seront indispensables pour le développement d'étalonnage dans le futur.

Tous les spectres saisis sont automatiquement enregistrés sur le disque du TANGO au moment de la saisie.

Notre recommandation à ce sujet est de mettre en place une copie de sauvegarde sur le disque dur de l'ordinateur acheté avec le TANGO comme seconde sauvegarde.

Pour assurer la pérennité des sauvegardes nous recommandons de faire une troisième sauvegarde régulière (fréquence à définir) sur un disque dur externe.

8. Suites à donner et recommandation générale

Parmi les suites à donner, pour permettre un bon nettoyage des coupelles de saisis et du plan de travail lors du remplissage des coupelles, l'achat d'un aspirateur serait un plus pour faciliter ce travail. La prospection d'un modèle adéquate similaire à celui acheté au Burkina Faso est en cours.

Pour rappel, les suites à donner déjà abordés dans ce compte rendu de mission sont :

- Mise en place d'un codage des échantillons
- Mise en place d'une gestion du descriptif des échantillons
- Rédaction d'un protocole de saisie spectrale
- Mise en place de sauvegardes des spectres

L'objectif principal de cette mission pour l'aspect SPIR était de rendre opérationnel le spectromètre TANGO pour que les saisies spectrales puissent débuter. A l'issue de cette mission, nous considérons que cet objectif est atteint.

Cet objectif opérationnel étant atteint, il est indispensable à présent de développer les compétences en termes de création d'étalonnage sous OPUS et d'utilisation des étalonnages pour obtenir localement des prédictions. Cette acquisition de compétence va prendre du temps et ne pouvait pas se faire pendant cette mission.

Une réflexion devra être menée pour savoir qui sera la personne appropriée qui viendrait au Cirad à Montpellier pour se former sur ces aspects.

De même, la question des ressources humaines est un aspect vraiment stratégique pour l'avenir et la pérennité du développement de l'activité SPIR à l'IREC.

Il nous paraît important de pouvoir confier la SPIR à un référent technique qui serait formé et qui pourrait assurer la saisie spectrale et si besoin l'encadrement des personnes qui seraient amenés à faire des spectres. C'est ce référent qui serait responsable de l'appareil, de l'entretien et de son bon fonctionnement.

Partie 2. Essais fourragers et zootechniques

Echanges avec les doctorants

Nous avons consacré deux demi-journées pour échanger avec 4 doctorants zootechniciens du projet. Il y avait deux doctorants en début de thèse non encore inscrits dans les écoles doctorales et les deux autres en deuxième et troisième années avec des niveaux d'avancement assez variés entre les différents candidats. Lors de la première séance de discussion, les quatre doctorants ont présenté chacun leur projet de thèse et il s'en est suivi une discussion assez constructive. Le constat global est qu'il manque pour tous les candidats une ou des question(s) de recherche précise(s) montrant la contribution des sujets aux débats scientifiques dans les domaines ciblés. La seconde séance a permis de revenir sur les points de discussion de la première, de formuler des recommandations et de définir les prochaines étapes des travaux de thèse en fixant des échéances.

La synthèse des échanges par candidat se présente comme suit :

Présentation de Hassan Ahmat DJEFIL

Dossier d'inscription en thèse en cours de validation à l'école doctorale de l'Université de N'Djamena.

Thème : Impact des fourrages irrigués dans l'alimentation des animaux d'élevage : cas du MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) sur les performances de production laitière de vaches locales au Tchad.

Recommandations :

- Revoir l'intitulé du thème pour adapter aux discussions : reformuler l'objectif général, la cible de la thèse (AgroPasteurs).
- Disponibilité optimale des ressources en quantité et en qualité.
- Caractériser et documenter les pratiques d'alimentation dans les systèmes agropastoraux.
- Précision de la race locale de Bovin à cibler.
- Evaluation économique de la production du MARALFALFA.
- Substitution du MARALFALFA aux autres fourrages.
- Formuler la question de recherche : quel itinéraire technique permettrait de produire en quantité et qualité le MARALFALFA pour l'alimentation des vaches laitières en période de soudure afin de maintenir le niveau de production de lait.

Programme :

1. Phase préliminaire

- Bibliographie sur les pratiques d'alimentation des systèmes agropastoraux / « 30/10/2021 ».
- Documentation sur les performances des races locales de vache laitière / « 30/10/2021 ».
- Reformulation de la question de recherche / « 30/10/2021 ».
- Reformuler l'objectif général / « 30/10/2021 ».

- Validation du protocole par le comité de thèse / « **30/11/2021** ».
- Validation de l'inscription en Thèse / « **30/11/2021** ».

2. Phase expérimentale

- Identifier les agropasteurs (partenaires) à impliquer (Profil des agropasteurs) / « **30/10/2021** ».
- Définir le dispositif expérimental en milieu réel / « **30/10/2021** ».
- Décrire le dispositif expérimental en station pour la caractérisation du MARALFALFA : Eau, fertilisation organique (à définir), la date de coupe et le mode de séchage / « **01/11/2021** ».

Présentation de Kada GALI

Dossier d'inscription en cours de validation à l'école doctorale de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger).

Thème : Co-conception de stratégies alimentaires adaptées aux conditions locales dans la province de Moyen Chari (département de Barh-Koh).

Recommandations :

- Reformuler le sujet de thèse et faire le choix de garder ou pas le thème « Co-conception » dans le titre directement.
- Définir les cibles (pasteurs, agropasteurs, espèces animales bovins ou petits ruminants).
- Définir la période de disponibilité des ressources.
- Proposer une question de recherche : Quelle stratégie d'alimentation permettrait de maintenir les performances des animaux en période de soudure ?
- Reprendre le contexte, la problématique et l'objectif du travail.
- Se positionner par rapport aux travaux du collègue Imran Ahmat CHAÏB afin d'éviter de reprendre les activités déjà menées.

Programme :

1. Phase préliminaire

- Bibliographie sur les pratiques d'alimentation des ruminants intégrant les résidus de culture et les sous-produits de l'agro-industrie (possibilité d'orienter vers les transformations artisanales dont les sous-produits sont utilisés dans l'alimentation des ruminants) / « **30/10/2021** ».
- Reformulation du protocole : contexte, problématique, question de recherche, objectifs et si possible les hypothèses / « **30/11/2021** ».

2. Phase expérimentale

- Enquêtes auprès des acteurs (définir les outils de collecte de données) / « **15/12/2021** ».
- Définir un chronogramme / « **30/11/2021** ».
- Finaliser l'inscription en thèse à Niamey / « **15/11/2021** ».
- Définir l'espèce ciblée (bovins ou petits ruminants) / « **30/11/2021** ».
- Concevoir le dispositif expérimental pour les essais en milieu réel / « **28/02/2022** ».

Présentation de Herbert DJOMTCHAI GUE BAMARE

Inscrit en 2^{ème} année à l'Université de Dschang (Cameroun).

Thème : Caractéristiques d'exploitation, variabilité génétique et performances zootechniques des ovins (*Ovis aries*) en zones sahélienne et soudanienne du Tchad.

Recommandations :

- Ressortir la question de recherche dans la présentation.
- Prendre en compte l'aspect production (viande, lait...).
- Privilégier les statistiques des ministères à celles de la FAO.
- Se former sur le logiciel R.
- Voir s'il est possible d'augmenter la taille de l'échantillon.

Programme :

- Mission de collecte de données / « **30/10/2021** » pour le démarrage.
- Analyse et traitement des données / « **28/02/2022** ».
- Formation à R (à déterminer avec la coordination du projet).

Présentation de Imran Ahmat CHAÏB

Inscrit en 3^{ème} année de thèse à l'Université d'Abomey Calavi (Bénin).

Thème : Cartographie et disponibilité des coproduits et sous-produits agro-industriels utilisés par les éleveurs dans l'alimentation des ruminants au Tchad.

Recommandation :

- Une thèse très vaste avec beaucoup de thématiques et des données collectées.
- Focaliser la suite des travaux sur la fabrication des blocs multi nutritionnels et évaluation de la valeur nutritionnelle des différents blocs.
- Trouver un fil conducteur pour essayer de valoriser le maximum d'informations déjà collectées (question de recherche plus spécifique).

Programme :

- Mission de collecte de données / « **30/10/2021** » pour le démarrage.
- Analyse et traitement des données / « **28/02/2022** ».
- Formation à R (à déterminer avec la coordination du projet).

Conférence M. H. ASSOUMA

Une conférence intitulée « Bilans fourragers : Importance pour les pays et la région et besoins spécifiques au Sahel » a été donnée par Mohamed Habibou Assouma vendredi 1 octobre à destination de chercheurs IRED et d'étudiants de l'école doctorale.

Cette conférence a permis de présenter, puis de discuter avec les participants, sur les questions liées à la mise en place des bilans Fourragers et de présenter les lignes directrices coéditée par le CIRAD et la FAO pour évaluer les bilans fourragers dans du Sahel d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Après 45 minutes de présentation il a eu une heure de questions réponses.

Le plan suivi par l'exposé a été le suivant :

- Qu'est-ce qu'un bilan fourrager
- Les bilans fourragers au sahel
- Des enjeux spécifiques aux systèmes pastoraux dans le sahel sont reconnus
- Réseau de Prévention des Crises Alimentaires au Sahel et en Afrique de l'Ouest (RPCA)
- Les principales étapes de la méthode classique
- Des bilans nationaux existent
- Limites des mécanismes nationaux existants
- Lignes directrices FAO & CIRAD
- Les ressources fourragères
- Mouvements des animaux
- Caractérisation des contenus nutritionnels de chaque type de fourrage/aliment
- Estimer les besoins nutritionnels des animaux
- Facteurs d'utilisabilité et d'accessibilité des résidus/SP
- Plan d'action pour le calcul des bilans fourragers améliorés au Tchad.

Le support de présentation utilisé est disponible et sera versé à la base documentaire ACCEPT

Annexes

Annexe 1 : Programme de la mission

Date	Activités
Mardi 28/09/2021	Voyage aller : France-Tchad (N'Djamena)
Mercredi 29/09/2021 matin (9h)	Visite des installations (labos, étables, essais fourragers) Formation théorique à la SPIR
29/09/2021 après- midi	Suite formation à la SPIR
Jeudi 30/09/2021 matin 9h	Echange sur les protocoles des essais et la préparation des échantillons
Après midi	Manipulation du Tango et prise de spectres (SPIR) Echanges sur le codage des échantillons
Vendredi 01/10/2021 matin	9h30 : Exposé par Habibou aux doctorants de l'IREC appuyés par ACCEPT et aux étudiants de l'Ecole doctorale de N'Djamena (thème Bilan fourrager)
Vendredi 01/10/2021 après midi	Manipulation du Tango Prise de spectres, exportation des spectres Initiation à la comparaison des répétitions sous OPUS
Samedi 02/10/2021 matin	Echange sur les protocoles des essais Validation des acquis sur la prise de spectres, exportation et comparaison des répétitions spectrales.
02/10/2021 après- midi	Fin formation et Débriefing
Dimanche 03/10/2021	Voyage retour – Tchad-France (en soirée)