Dossier de réponse à l'appel à projet

4 projets de thèses dans le cadre du PEA-IDBio

Ingénierie Durable des Produits Biosourcés

(6 pages maximum, soit 3 feuilles recto/verso – À retourner en format Word)

PROJET

Titre complet : Contribution à la valorisation cosmétique de co- et sous-produits d'exploitation de deux plantes endémiques de l'Afrique occidentale : *Detarium senegalense* (ditax) et *Theobroma cacao* (cacao)

Acronyme : COSMEDICAO

PORTEURS/TEUSES du PROJET

Nom : ADJE **Prénom : ANOH FELIX**
Etablissement d'appartenance : INP-HB Yamoussoukro, Côte d'Ivoire / UMRI Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation (SAPT) / Laboratoire : Laboratoire de Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN) – Equipe Bio-ingrédients Fonctionnels et Cosmétiques (BIOFOC)

Nom : DUBREUCQ **Prénom : ERIC**
Etablissement d'appartenance : Institut Agro Montpellier, France / UMR IATE Ingénierie des Agro-Polymères et Technologies Emergentes – Département des Sciences pour les Agro-bioprocédés

Nom : KANE **Prénom : ALE**
Etablissement d'appartenance : Université Gaston Berger Saint-Louis, Sénégal - LABAAM – Département des Technologies Agroalimentaires – UFR S2ATA

LISTE DES LABORATOIRES ET ÉQUIPES CONCERNÉES

Etablissement	Laboratoire	Equipe	Nom des E-C / C impliqués	Section CNU ou équivalent	% d'implication dans le projet
INP-HB Yamoussoukro	**UMRI SAPT, LAPISEN**	BIOFOC	ADJE Anoh Félix	Sciences et Technologies	40%
Institut Agro Montpellier	**UMR IATE**	Département des Sciences pour les Agro-bioprocédés	DUBREUCQ Eric	Section CNECA 4 : Chimie, Technologie, Sc. des aliments	30%
UGB Saint-Louis	**LABAAM**	TEQALIM	KANE Alé	Sciences et Technologies	30%

1. Description du projet scientifique

a. Positionnement dans l'état de l'art

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) et le ditax (*Detarium senegalense* J.F. Gmel) sont deux ressources naturelles endémiques de la flore tropicale d'Afrique occidentale. Ces deux ressources (cacao et ditax), dans le cadre de leur exploitation sont classées au rang de filières agricoles, respectivement en Côte d'Ivoire et au Sénégal. Le cacao représente une ressource majeure dans l'économie de la Côte d'Ivoire 1er producteur mondial avec une production estimée à 2,12 millions de tonnes, soit 45% du stock mondial de cacao. La cacaoculture fournit environ 40% des recettes d'exportation et contribue à près de 10% du PIB. Elle génère environ 70% en masse de biodéchets et de coproduits. D'énormes quantités de résidus d'écabossage sont abandonnées dans les cacaoyères, favorisant la prolifération des maladies telles que la pourriture brune des cabosses. Les coques de cabosses représentent deux fois le poids des fèves sèches (Koffi et *al*., 2024), soit environ 4,2 millions de tonnes de cabosses sèches produites par an. Le cacao lors de sa végétation génère également des feuilles mortes, des avortons, des gourmands et des branches mortes. Ces organes sont extirpés de la plante lors des opérations d'entretien. A la récolte, les fèves sont écabossées et mises à fermenter. Il en résulte des biodéchets de coques et des sous-produits de jus. Après fermentation, séchage et torréfaction des fèves de cacao, la coque est séparée et seuls les cotylédons sont broyés pour être intégrés au processus de production de la poudre et du chocolat. La coque de cacao reste sous forme de biodéchet après la transformation des fèves pour produire du chocolat. Cette biomasse résiduelle pourrait être une source intéressante de nutriments et de composés bioactifs en raison de sa teneur élevée en fibres alimentaires, polyphénols et méthylxanthines. C'est une source d'antioxydants, d'antiviraux et/ou d'antimicrobiens. De plus, elle peut être utilisée comme substrat pour obtenir des biocarburants (bioéthanol ou biométhane), comme additif dans la transformation des aliments, comme adsorbant et même comme agent inhibiteur de corrosion (Marta Sánchez et al. 2023).

Quant au ditax, c'est une plante sauvage de la Casamance et des Îles du Sine – Saloum au Sénégal et des zones savanicoles de Côte d'Ivoire. Cette plante joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire des populations. Grâce à la couleur verte caractéristique de sa pulpe et à sa teneur en vitamine C, le fruit est très populaire et largement consommé au Sénégal, principalement sous forme de boissons, de marmelades, de sorbets ou tel quel. La pulpe renfermerait également des molécules bioactives d'intérêt cosmétique tels que des polyphénols, et la graine, des acides gras et des polyosides hydrosolubles non-amylacés, principalement des xyloglucanes. Ses graines et ses fruits sont riches en composés bioactifs intéressants pour la peau et les cheveux. Malgré ses énormes potentialités, le fruit de l'arbre reste sous-exploité (N. Diop et *al*. 2010)[1]. De plus, l'utilisation des co-produits et sous-produits d'exploitation représente un enjeu important pour diverses finalités, en particulier pour une cosmétique durable et responsable. Face à la toxicité de nombreux ingrédients pétrosourcés ou de synthèse et aux problèmes de santé publiques rapportés (dépigmentation, cancer, etc), l'intérêt est de plus en plus porté vers les produits cosmétiques naturels et biologiques. Le ditax, le cacao, et leurs différents co-/sous-produits, eu égard à leurs propriétés et leurs atouts, s'inscrivent parfaitement dans cette tendance.

b. Objectifs et démarche scientifique

L'objectif général visé par ce projet de thèse est de valoriser sous l'angle cosmétique, deux filières agricoles porteuses de Côte d'Ivoire et du Sénégal (cacao et ditax) dans une démarche d'économie circulaire et de réduction de l'empreinte écologique.
De façon spécifique, il s'agira de :

- inventorier les co- et sous-produits d'exploitation des filières cacao et ditax en Côte d'Ivoire et au Sénégal **(OS1)** ;
- identifier et caractériser les composés bioactifs présents dans les co- et sous-produits de *D. senegalense* et *T. cacao* présentant un intérêt pour la cosmétique **(OS2)** ;

[1] Nafissatou Diop, Manuel Dornier, Claudie Dhuique-Mayer, Alexia Prades, Sylvie Munier Pantel, Yves Pélissier, Michel Laroque, Oumar Sock (2010). Caractérisation d'un fruit sauvage du Sénégal : le Ditax (Detarium senegalense J.F. Gmel). Colloque international et interdisciplinaire sur les plantes alimentaires, médicinales et cosmétiques en zone sahélienne, 20-22 oct. 2010 – Dakar.

- étudier les propriétés cosmétiques des extraits globaux et des composés (antioxydantes, hydratantes, anti-âge, antipelliculaire, antichute) à travers des tests *in vitro* **(OS3)** ;
- préparer des ingrédients naturels à usage cosmétique stables, fonctionnels et respectueux de l'environnement à partir des extraits issus des co- et sous-produits des deux plantes ciblées **(OS4)**.

La démarche scientifique de ce projet de thèse se structure en six (6) étapes :

1. collecte de données secondaires par une recherche bibliographique : un état de l'art sur les connaissances sur les propriétés cosmétiques de *D. senegalense* et *T. cacao* et les pratiques existantes relatives aux méthodes d'extraction et de caractérisation des composés bioactifs issus de ces matrices végétales ;
2. collecte et préparation des échantillons : les co- et sous-produits de *D. senegalense* et *T. cacao* seront identifiés puis collectés dans différentes régions de Côte d'Ivoire pour le cacao et du Sénégal et de la Côte d'Ivoire pour le ditax. Les échantillons collectés seront ensuite préparés (séchage, broyage, etc.) en vue d'être analysés ;
3. extraction et caractérisation des composés bioactifs : des techniques d'extraction adaptées aux matières premières et aux analytes ciblés seront utilisées. Ces composés seront ensuite identifiés et quantifiés par des méthodes chromatographiques et spectrométriques (HPLC, GC-MS, LC-MS) ;
4. étude des propriétés cosmétiques des extraits bioactifs : des tests *in vitro* (sur des cultures cellulaires) et in vivo (sur des volontaires au besoin) seront réalisés pour évaluer les propriétés antioxydantes, hydratantes, anti-âge, etc. des extraits et des composés isolés ;
5. développement des prototypes d'ingrédients cosmétiques naturels : des préparations d'ingrédients cosmétiques seront développées à base des extraits globaux et/ou des composés bioactifs. Leur stabilité, leur texture et leur efficacité seront évaluées ;
6. évaluation de l'impact environnemental des ingrédients œuvrés : une analyse du cycle de vie des ingrédients cosmétiques développés sera réalisée pour évaluer leur impact environnemental.

c. Eléments de faisabilité dans le cadre d'une thèse (planning, encadrement, …)

1. Planning

Année 1 :

- recherche bibliographique approfondie sur *D. senegalense*, *T. cacao*, leurs co-/sous-produits, et leurs applications cosmétiques ;
- collecte et identification des co- et sous-produits (cabosses, enveloppes de fèves de cacao, tourteaux, coques de fruits, tourteaux d'extraction d'huile de graines de ditax, etc.) auprès de producteurs ou de coopératives en Côte d'Ivoire et au Sénégal ;
- mise en place des techniques d'extraction et de caractérisation des composés bioactifs (optimisation des protocoles) ;

Année 2 :

- extraction et caractérisation des composés bioactifs (polyphénols, antioxydants, vitamines C, E, etc.) présents dans les co- et sous-produits ;
- réalisation de tests *in vitro* pour évaluer les propriétés antioxydantes, hydratantes, anti-âge, etc. des extraits obtenus ;
- tests de vieillissement des ingrédients stabilisés.

Année 3 :

- évaluation toxicologique des ingrédients ;
- analyse du cycle de vie des ingrédients cosmétiques développés et évaluation de leur impact environnemental.
- Rédaction de la thèse et préparation de la soutenance.

2. Encadrement

La présente thèse sera encadrée par une équipe d'encadrement composée de trois (3) scientifiques :

- un co-directeur de thèse Côte d'Ivoire : Dr, MC ADJE Anoh Félix, Enseignant-Chercheur spécialiste en Chimie des substances naturelles (éco-extraction du végétal, antioxydants phénoliques) et en Biocosmétologie (ingrédients naturels, formulation cosmétiques), Sous-

Directeur des Enseignements à l'Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'INP-HB (Côte d'Ivoire) ;
- un co-directeur de thèse Sénégal : Prof. KANE Alé, Enseignant-chercheur spécialiste en Génie agroalimentaire et Biotechnologie (CAMES), Chimie des produits naturels au Département des Technologies agroalimentaires à l'UFR S2ATA de l'UGB (Sénégal) ;
- un co-directeur de thèse français : Prof. DUBREUCQ Eric, Enseignant-chercheur spécialiste en Biotechnologie industrielle et Responsable de formation en chimie et bioprocédés pour un développement durable à l'Institut Agro de Montpellier, UMR IATE (France).

3. Ressources matérielles et financières

Les deux premières années de la thèse sont soutenues par le financement apporté par la chaire UNESCO IDBio. La faisabilité de la thèse dépend de la disponibilité des ressources matérielles et financières nécessaires à la 3ème année de la thèse.

4. Collaborations

Cette thèse se déroule dans un environnement collaboratif entre :
- des institutions de recherche de la chaire UNESCO IDBio impliqués dans le projet : Institut Agro Montpellier, INRAE, Université Gaston Berger Sénégal, INP-HB Côte d'Ivoire, etc., pour faciliter la collecte des échantillons, les analyses et les études sur le terrain ;
- des coopératives agricoles et des entreprises cosmétiques : pour bénéficier de leur vécus sur la gestion de leurs déchets, l'exploitation d'ingrédients cosmétiques à base de produits naturels, en marketing et en évaluation de la sécurité des produits ;
- des organisations non gouvernementales (ONG) : pour associer les communautés locales à la valorisation des plantes et s'assurer de l'impact socio-économique du projet.

5. Aspects réglementaires et éthiques

Il est important de respecter les réglementations en vigueur concernant :
- la collecte et l'exportation des plantes : obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes ;
- les tests sur les volontaires : respect des normes éthiques et obtention des accords des comités d'éthique ;
- la propriété intellectuelle : protection des résultats de recherche et des éventuelles inventions.

d. Résultats et impacts scientifiques attendus

Les résultats et impacts scientifiques sont de trois (3) ordres : scientifique, socio-économique, environnemental.

1. Sur le plan scientifique :
- approfondissement des connaissances sur les plantes ciblées : le projet permettra de mieux maitriser la composition chimique et les propriétés cosmétiques des co-/sous-produits de *D. senegalense* et *T. cacao* ;
- extraction et identification d'ingrédients actifs et fonctionnels d'intérêt cosmétique : les travaux menés permettront d'identifier des composés bioactifs présents dans les co- et sous-produits des plantes ciblées, qui pourraient être utilisés comme ingrédients dans des produits cosmétiques innovants ;
- développement de méthodes d'extraction et de caractérisation : ce projet contribuera au développement de nouvelles méthodes d'extraction et de caractérisation des composés bioactifs, plus efficaces et respectueuses de l'environnement ;

2. Sur le plan économique et social :
- valorisation de la biodiversité locale : le projet de thèse contribuera à la valorisation de la biodiversité, en mettant en lumière le potentiel cosmétique des plantes et en encourageant leur utilisation durable ;
- développement d'une filière cosmétique locale : la valorisation des co- et sous-produits de *D. senegalense* et *T. cacao* pourrait favoriser le développement d'une filière cosmétique locale, créatrice d'emplois et de revenus pour les communautés ;
- promotion d'une cosmétique naturelle et responsable : le projet s'inscrit dans une démarche de promotion d'une cosmétique plus naturelle et responsable, en utilisant des ingrédients locaux et durables, et en réduisant l'impact environnemental des produits ;

- amélioration des conditions de vie des populations locales : la valorisation des co- et sous-produits de ces plantes pourrait améliorer les conditions de vie des populations locales, en leur offrant de nouvelles sources de revenus et en contribuant au développement de leur territoire.

3. Sur le plan environnemental :

- réduction des déchets : le projet contribuera à la réduction des déchets en valorisant des co- et sous-produits considérés comme des déchets (enveloppes de fèves de cacao, tourteaux, etc.) ;
- utilisation de ressources locales et durables : le projet encourage la préservation de la biodiversité et la réduction de l'empreinte environnementale de l'industrie cosmétique ;
- développement de procédés d'extraction respectueux de l'environnement : le projet vise à développer des procédés d'extraction des composés bioactifs efficaces et respectueux de l'environnement.

2. *Enjeu primaire (et enjeu secondaire s'il y a) dans lequel se situe le projet (positionnement argumenté)*

Il existe un enjeu primaire (valorisation de la biodiversité végétale) et un enjeu secondaire (développement d'une cosmétique naturelle et responsable à partir des ingrédients locaux et durables, et en réduisant l'impact environnemental des produits). Le présent projet de thèse participe à une économie circulaire et à la réduction des déchets. De nombreuses études ont montré que les plantes africaines sont riches en composés bioactifs aux propriétés intéressantes pour la peau et les cheveux. La valorisation de la biodiversité est un enjeu majeur pour le développement durable. Elle permet de préserver les ressources naturelles, de créer des emplois et des revenus pour les communautés locales, et de promouvoir une cosmétique plus naturelle et responsable. Les consommateurs sont de plus en plus demandeurs de produits cosmétiques naturels, biologiques et respectueux de l'environnement.

3. *Impact sociétal : contribution aux enjeux considérés et originalité du défi ciblé (caractère disruptif)*

La valorisation des deux plantes et de leurs co- et sous-produits peut avoir un impact socio-économique significatif pour les communautés locales. Ce projet de thèse peut ouvrir des perspectives de développement de filières cosmétiques locales, créatrices d'emplois et de revenus, contribuant ainsi à améliorer les conditions de vie des populations des régions d'exploitation de ces deux plantes. *D. senegalense* et *T. cacao* sont des plantes locales, encore peu étudiées pour leurs applications cosmétiques. Ce projet offre une opportunité unique de découvrir de nouveaux ingrédients actifs et de valoriser des savoir-faire traditionnels. Le projet se distingue par son approche d'économie circulaire en utilisant des co- et sous-produits (coques de cabosses, enveloppes de fèves de cacao, tourteaux, etc.) souvent considérés comme des déchets. Cette approche permet de réduire l'impact environnemental de l'industrie cosmétique sous-régionale et de créer de la valeur à partir de ressources sous-utilisées. Le projet vise également à permettre le développement de formulations cosmétiques innovantes à base de ces ingrédients naturels, en tenant compte de leur efficacité, de leur sécurité et de leur stabilité. Cela pourrait conduire à la création de produits cosmétiques originaux, adaptés aux besoins des consommateurs et respectueux de l'environnement.

4. *Plus-value de l'interdisciplinarité pour le projet et pour chacune des disciplines engagées*

Le projet met en scelle des compétences en botanique, chimie, cosmétologie, biologie et évaluation environnementale. Cette approche pluridisciplinaire permet d'aborder les enjeux de la valorisation de la biodiversité et du développement d'une cosmétique durable de manière globale et intégrée.

1. *Publications récentes (max 5) des co-encadrants en lien avec le projet.*

1. Sylvie Nguikwie Kwanga, Doriane Tegoundio Djuffo, Alexandre Teplaira Boum, **Felix Adje Anoh** & Pierre Michel Jazet Dongmo, 2022: Effect of Solid-State Fermentation on the Essential Oil Yield of *Curcuma longa* Residues. **Waste and Biomass Valorization**, 13(1):1-9.

2. **Félix A. Adjé**, Emmanuel N. Koffi, Kisselmina Y. Koné, Emmanuelle Meudec, Augustin A. Adima, Paul R. Lozano, Yves F. Lozano and Emile M. Gaydou, 2019: Polyphenol characterization in Red Beverages of *Carapa procera* (D.C.) Leaf Extracts. **Beverages**, 5, 68.

3. Nasri, R., L. P. R. Bidel, N. Rugani, V. Perrier, F. Carriere, **E. Dubreucq**, and C. Jay-Allemand, 2019: Inhibition of CpLIP2 lipase hydrolytic activity by four flavonols (galangin, kaempferol, quercetin, myricetin) compared to orlistat and their binding mechanisms studied by quenching of fluorescence. **Molecules**, 24, 2888-2914.

4. **Kane A**, Bèye NF, Sow A, et al (2023) Profile of the Functional Categories of Food Additives in Industrial Foods Marketed in Senegal. **Food and Nutrition Sciences**, 14:1244–1258.
5. **Kane A**, Achir N, Cisse M, et al (2019) Identification of roselle varieties through simple discriminating physicochemical characteristics using multivariate analysis. Food Sci Technol 39:321–327

e. Financement acquis

Précisez si le financement de la 3eme année est déjà acquis ou quelles sont les solutions mises en œuvre pour y parvenir.

Le financement disponible dans le cadre de ce projet étant de 24 mois, il s'avère nécessaire d'explorer les pistes potentielles pour l'obtention d'un financement additionnel. Pour ce faire, nous avons sollicité le soutien d'une entreprise cosmétique locale et d'une coopérative de cacao en Côte d'Ivoire, en l'occurrence l'entreprise **Nouvelle Cosmétologie KAERA** (https://www.kaeracosmetic.com/marque) et la coopérative **CAMAYE COOP-CA** (https://www.camaye.com/ camayecoopca24@gmail.com). Ces organisations ont fourni des lettres de soutien pour confirmer leur accord de soutien financier.

Avis <u>motivés</u> et signatures des directeurs/trices des laboratoires concernés

Nom/Prénom : **Prof. YAO Kouassi Benjamin** Avis motivé : Signature :	Nom/Prénom : **Prof. DUBREUCQ Eric** Avis motivé : Signature :	Nom/Prénom : Avis motivé : Signature :