

Inventaire des produits et sous-produits agro-industriels valorisables dans la production d'aliments piscicoles au Burkina Faso

SOURABIE Aboubacar^{1*}, SISSAO Rokyatou², SANTI Saïdou¹, OUEDRAOGO Boubacar¹ Sidiki, TOGUYENI Aboubacar¹

Titre courant : Les ingrédients végétaux disponibles pour la production d'aliments piscicoles au Burkina Faso

Résumé

La recherche des sources alternatives d'ingrédients à la farine et l'huile de poisson dans l'alimentation des poissons est un enjeu majeur pour le développement de l'aquaculture. Cette étude avait pour objectif d'inventorier les ingrédients végétaux disponibles au Burkina Faso, utilisables dans l'alimentation des poissons et d'analyser leurs caractéristiques nutritionnelles. Pour cela, un inventaire sur le prix et la disponibilité des produits et sous-produits agro-industriels a été effectué de septembre 2013 à mars 2014 auprès des unités agro-industrielles et des commerçants dans quatre régions administratives du Burkina Faso. En plus des prix, la qualité nutritionnelle de ces ingrédients a été comparée à celles des farines et huiles de poisson. Nous avons identifié au cours de cette étude les ingrédients végétaux sources de protéines (Tourteaux, sons et farines) avec des teneurs en protéines comprises entre 13,7 et 49,2%. Des huiles végétales locales avec des teneurs élevées en Acides Gras Essentiels (AGE) 6 à 50% d'acide linoléique ont également été identifiées. En plus de leurs qualités nutritionnelles, les prix bas de ces ingrédients végétaux sur le marché local comparativement à l'huile et la farine de poisson seraient un atout majeur pour le développement de la pisciculture au Burkina Faso.

Mots clés : Poisson, protéines, huiles, alimentation, sources alternatives.

¹Unité de Recherche en Aquaculture et Biodiversité Aquatique (UR-ABAQ), Laboratoire d'Études et de Recherche des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE), Université Nazi BONI (UNB), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso ;

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

*Auteur correspondant : soura_bouba@yahoo.fr

Inventory of agro-industrial products and by-products that can be used in the production of fish feed in Burkina Faso

Abstract

The search for alternative sources of ingredients to fish meal and fish oil in fish feed is a major issue for the development of aquaculture. The objective of this study, which was conducted in Burkina Faso, was to contribute to the improvement of knowledge on the availability of plant ingredients in Burkina Faso that can be used in fish feed. To do so, an inventory on the price and availability of agro-industrial products and by-products was conducted from September 2013 to March 2014 with agro-industrial units and traders in four administrative regions of Burkina Faso. In addition to prices, the nutritional quality of these ingredients was compared to those of fishmeal and fish oil. During this study, we identified vegetable ingredients that are sources of protein (oilcake, bran and flour) with protein contents ranging from 13.7 to 49.2%. Local vegetable oils with high levels of Essential Fatty Acids (EFA) 6 to 50% linoleic acid were also identified. In addition to their nutritional qualities, the low prices of these vegetable ingredients on the local market compared to fish oil and fish meal would be a major asset for the development of fish farming in Burkina Faso.

Keywords : Fish, proteins, oils, diet, alternative sources

Introduction

La production domestique de produits halieutiques au Burkina Faso en 2021 selon les archives de la Direction Générale des Ressources Halieutiques (DGRH), est évaluée à 30 555 tonnes, pour une demande estimée à 193 160 tonnes par an. Le déficit est comblé par une importation massive représentant 84% des besoins, qui engendre d'importantes sorties de devises, estimées à environ 6 milliards de FCFA par an. La part contributive de la pisciculture (0,4%) dans cette production reste très faible (selon les archives de la DGRH). Malgré cela, le poisson demeure une source importante de protéines et de micronutriments pour beaucoup de communautés surtout dans les secteurs ruraux. Pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle, la pisciculture demeure la meilleure alternative pour fournir des protéines animales de qualité. Cependant, ce secteur reste confronté à plusieurs difficultés dont l'indisponibilité et l'inaccessibilité des aliments performants.

En pisciculture, l'alimentation constitue le poste de dépenses le plus élevé en occupant 60-75% des coûts de production (Babalola *et al.*, 2011). Le coût élevé des aliments piscicoles relève principalement de l'utilisation de l'huile et de la farine de poisson comme principales sources de lipides et de protéines respectivement (Geay, 2011; FAO, 2020). En effet, La farine de poisson est la principale source protéique utilisée dans la formulation d'aliments aquacoles, du fait de sa forte teneur en protéines (plus de 60%) et de son profil complet en acides aminés indispensables à savoir, l'arginine, l'histidine,

l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine (Guillaume *et al.*, 1999; Médale *et al.*, 2013). Par ailleurs, l'huile de poisson demeure la source de lipides la plus utilisée dans les unités de production d'aliments piscicoles (Tocher, 2003, 2015). Les coûts élevés de ces deux ingrédients majeurs dus à la baisse naturelle de la production mondiale des pêches de captures couplée à la demande croissante de poissons pour la consommation humaine et le développement du secteur de l'aquaculture (Zhou *et al.*, 2004; Amaya *et al.*, 2007; Tacon & Metian, 2008; Lim & Lee, 2009; Hall, 2011; FAO, 2012, 2014, 2016; Shi *et al.*, 2017) contribuent à augmenter les coûts des aliments produits, et cela induit une augmentation des coûts de production des poissons. Pour ces raisons, l'utilisation des ingrédients alternatifs riche en protéines et en lipides est largement étudiée pour optimiser les rendements des fermes aquacoles (Médale & Kaushik, 2009; Médale *et al.*, 2013).

Afin de préserver les ressources naturelles et permettre un développement durable de l'aquaculture, il est impératif de diversifier les ingrédients pour la production d'aliments piscicoles. Les produits végétaux disponibles et plus accessibles en termes de coût, constituent donc une alternative durable pour cette production (Singh *et al.*, 2003; Naylor *et al.*, 2009; FAO, 2014, 2016). Au Burkina Faso où plus de 60% de la population pratique l'agriculture, il y a une diversité de produits agricoles dont certains sont par la suite transformés localement dans les unités agro-industrielles. Il s'agit notamment des oléagineux tels que le coton, le sésame, l'arachide, le soja et le tournesol qui constituent des matières premières des huileries et des céréales tels que le maïs qui est transformé dans les minoteries (DGPAAT, 2014 ; MEFP, 2022). Ainsi, le pays dispose d'une gamme variée de produits et de sous-produits (tourteaux d'oléagineux et son de céréales) qui pourraient être valorisés dans l'alimentation des poissons, du fait de leur composition nutritionnelle et de leur coût moins élevé (Guillaume *et al.*, 1999; Sauvant *et al.*, 2002). L'utilisation de ces ingrédients alimentaires locaux devrait contribuer à optimiser la rentabilité de la pisciculture burkinabè, en permettant la production d'aliments piscicoles performants et moins coûteux (Sourabié *et al.*, 2019).

Cette étude se fixe donc pour objectifs, d'une part d'inventorier les produits et sous-produits agro-industriels d'origine végétale disponibles au Burkina Faso pour la production locale d'aliments piscicoles performants ; et d'autre part d'analyser les valeurs nutritives de ces produits et sous-produits.

1. Matériel et méthodes

1.1. Choix de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les régions administratives des Hauts-Bassins, de la Boucle du Mouhoun, des Cascades et celle du Centre (Figure 1). Les trois premières régions

sont des zones agricoles par excellence du fait des conditions pluviométriques favorables (800 à 1200 mm par an) et de la fertilité des sols (MED, 2005). Par ailleurs, à l'exception de la région de la Boucle du Mouhoun, les trois autres régions sont les zones industrielles qui regorgent d'importantes unités agro-industrielles.

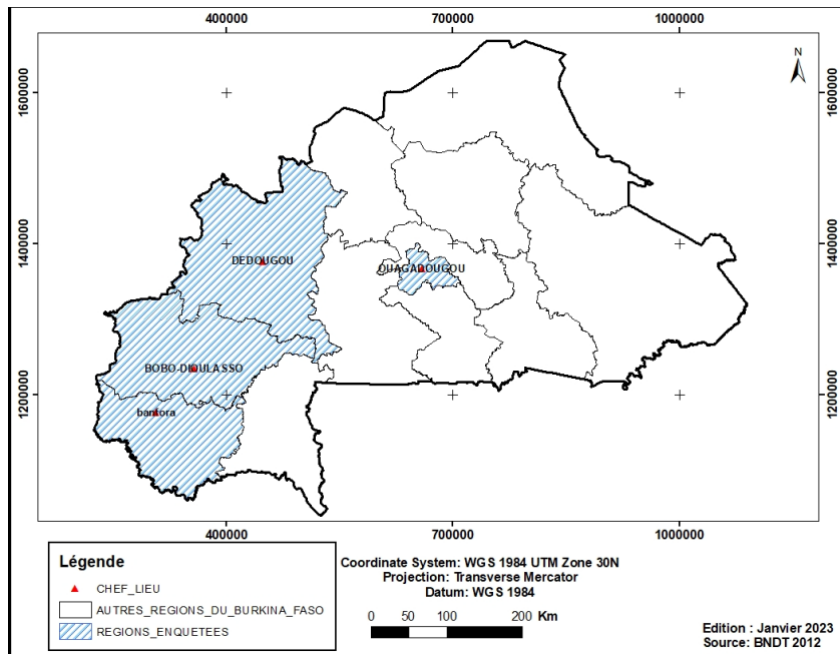


Figure 1 : localisation géographique des sites d'enquêtes

1.2. Identification des produits agro-industriels disponibles

Un inventaire visant à identifier les produits agro-industriels disponibles dans les régions d'étude a été réalisé de septembre 2013 à mars 2014 auprès des unités agro-industrielles et des commerçants (tableau 1). Le choix des structures et personnes enquêtées était basé sur la production et/ou la vente de sous-produits d'intérêt pour l'alimentation des poissons. Dans cette optique, une liste de ces produits a été préalablement établie sur la base des données bibliographiques (Tableau 2)

Les questionnaires étaient adressés à une personne ressource de l'unité dans les structures agro-industrielles (Président, Directeur, Chef magasinier, Gestionnaire, Technicien de la structure) ou au responsable du commerce si celui-ci travaille avec des employés. Les questionnaires administrés portaient de façon générale sur la production des unités agro-industriels, la disponibilité des différents produits et sous-produits de même que les prix.

Tableau 1. Profil et nombre des enquêtés par région

Profil de l'enquêté	Région	Nombre
Structure agro-industrielle	Boucle du Mouhoun	3
	Cascades	3
	Centre	6
	Hauts-Bassins	9
Commerçants	Boucle du Mouhoun	4
	Cascades	4
	Centre	6
	Hauts-Bassins	6

Tableau 2. Liste des matières premières végétales utilisables dans la formulation des aliments pour poissons (Ouédraogo, 2014; Anvo, 2018)

Catégories	Ingrédients
Protéines végétales	Farine de soja
	Farine de maïs
	Tourteau de coton
	Tourteau de soja
	Tourteau d'arachide
	Tourteau de tournesol
	Tourteau d'anacarde
	Son de maïs
	Son de riz
	Son de blé
	Drèche de brasserie
Farine de moringa	
Huiles végétales	Huile de palme
	Beurre de karité
	Huile de tournesol
	Huile du dattier du désert
	Huile de soja
	Huile d'anacarde
Huile de sésame	

1.3. Détermination des prix des produits et sous-produits agro-industriels

Les données relatives au coût d'acquisition des produits au niveau des marchés du pays ont été récoltées auprès des unités agro-industrielles et de la Société Nationale de Gestion de Stock (SONAGESS) à travers son Système d'Information sur les Marchés (SIM). Les prix moyens mensuels ont été calculés en considérant les prix des différents marchés de collecte et de détail de références.

1.4. Valeur nutritionnelle des produits et sous-produits agro-industriels

La valeur nutritionnelle des produits et sous-produits agro-industriels inventoriés a été obtenue en effectuant une recherche bibliographique sur leur composition biochimique et nutritionnelle. Ensuite ces données ont été comparées aux données nutritionnelles des matières premières de référence pour leur apport en protéine et en lipides dans l'alimentation des poissons que sont la farine et l'huile de poisson.

Pour la détermination des valeurs nutritionnelles des produits et sous-produits agro-industriels, les méthodes suivantes ont été utilisées par les différents auteurs :

- Les matières sèches ont été déterminées par séchage à l'étuve à une température de 105°C pendant 24h (AOAC, 1990). Les cendres ont été calculées à partir de la perte de poids après une incinération des échantillons au four à une température de 550°C pendant 12 h (AOAC, 1990).
- L'extraction des lipides totaux a été réalisée avec une solution de dichlorométhane/méthanol (2 :1, v/v) en utilisant la méthode de Folch (Folch *et al.*, 1957). Le dosage des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (Thermo Scientific™ TRACE™ GC 2000; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) après saponification des acides gras (Folch *et al.*, 1957).
- Les protéines brutes dans les poissons et aliments ont été calculées à partir de la teneur en azote déterminée selon la méthode de Kjeldahl (protéine = N × 6,25). Quant à la teneur en acides aminés (AA), elle a été déterminée par chromatographie sur échange d'ions, Biochrom 20 Plus-Amino Acid Analyser, Biochrom Ltd, Cambridge, UK. (Moore *et al.*, 1958).

1.5. Traitement des données

Le tableur Microsoft EXCEL version 2016, a servi pour la saisie des données et l'élaboration des tableaux, tandis que le logiciel Minitab a été utilisé pour les calculs des prix moyens des produits et sous-produits agro-industriels au Burkina Faso.

2. Résultats

2.1. Identification, répartition et accessibilité des ingrédients alimentaires piscicoles

Les résultats de l'enquête dans les quatre régions, montrent que dans la zone d'étude il existe des produits et sous-produits d'origine végétale, susceptibles d'être utilisés dans l'alimentation du poisson. Ces ingrédients peuvent être classés en deux grands groupes : les sources de protéines et les sources de lipides.

2.1.1. Sources de protéines

Les sources de protéines végétales sont représentées par les tourteaux d'oléagineux, les sons de céréales et les farines végétales tels que les farines de feuilles de moringa, de blé et des drèches de brasserie (Tableau 3). Au regard du tableau, on note une variation des prix des produits et sous-produits dans les différentes régions. Le tourteau de coton par exemple était rencontré dans les régions des Hauts-Bassins, du Centre et de la Boucle du Mouhoun au prix moyen de 180 FCFA/kg. Il était plus cher dans la région du Centre (250 FCFA/kg) comparativement aux régions de la Boucle du Mouhoun (100 FCFA/kg) et des Hauts-Bassins (190 FCFA/kg). Concernant les sons, hormis le son de maïs dont le prix est resté constant dans la zone d'étude, il y avait également une légère variation inter-régionale entre les prix des sons de blé et de riz entre les différentes régions inventoriées. Quant aux farines végétales, seul le prix de la drèche de brasserie était différent entre les différentes régions inventoriées. En effet, son prix était de 100 et 200 FCFA/kg respectivement dans les régions des Hauts-Bassins et du Centre.

Tableau 3. Répartition et coût des sources de protéines végétales disponibles dans la zone d'étude

Catégories des produits / Sous-produits	Nature des produits / Sous-produits	Prix moyen (FCFA /kg de matière fraîche)	Présence dans les régions/coût (FCFA /kg)			
			Hauts-Bassins	Centre	Boucle du Mouhou n	Cascades
Tourteaux	Tourteau de coton	180	190	250	100	*
	Tourteau d'arachide	500	500	*	*	*
	Tourteau de sésame	300	300	*	*	*
	Tourteau de Soja	350	300	400	*	*
Son	Son de maïs	60	60	60	60	60
	Son de blé	95	100	90	*	*
	Son de riz	75	70	80	*	*
Farine végétale	Farine de moringa	3000	3000	-	*	*
	Farine de blé	400	400	400	*	*
	Drêche de brasserie	150	100	200	*	*

* : produits ou sous-produits non inventoriés dans la région ou absence de données dans les fiches

1.1.1. Sources de lipides

Les sources de lipides disponibles sont les huiles végétales d'anacarde, de coton, de palme, du dattier du désert, du sésame, ainsi que le beurre de karité (Tableau 4). On note également une variation des prix des huiles végétales dans les différentes régions et plus particulièrement les huiles de coton et de palme, ou les prix les plus bas ont été enregistrés dans la région des Hauts-Bassins. Quant aux huiles de sésame, d'anacarde et du dattier du désert, elles ont été rencontrées dans une seule région à savoir les Hauts-Bassins, les Cascades et le Centre respectivement. Le prix du Beurre de karité est resté le même dans les différentes régions.

Tableau 4. Répartition et coût des huiles végétales disponibles au Burkina Faso

Catégories des produits / Sous-produits	Nature des produits / Sous-produits	Prix moyen (FCFA /kg de matière fraîche)	Présence dans les régions/coût (FCFA /l)			
			Hauts-Bassins	Centre	Boucle du Mouhoun	Cascades
Huiles végétales	Huile de coton	593,75	575	600	600	600
	Huile de palme	1300	1250	1250	1350	1350
	Huile du dattier du désert	2000	*	2000	*	*
	Beurre de Karité ¹	400	400	400	400	400
	Huile de sésame	4000	4000	*	*	
	Huile d'anacarde	500	*	*	*	500

¹le coût du beurre de karité est exprimé en FCFA/kg

1.1. Valeurs nutritionnelles des ingrédients végétaux disponibles

1.1.1. Composition bromatologique élémentaire des sources de protéines végétales

La composition biochimique et la valeur nutritionnelle des sources de protéines végétale sont mentionnées dans le tableau 5. Les données de ce tableau montrent que le taux de protéines brutes de la farine de poisson (62,6%) est plus élevé comparativement à ceux des protéines végétales. En comparant les protéines végétales entre elles, les taux de protéines brutes des tourteaux sont plus élevés que ceux des sons et des farines.

Tableau 5. Composition biochimique et valeur nutritionnelle des sources de protéines végétales (Sauvant *et al.*, 2002; Richter *et al.*, 2003)

Catégorie s	Nature des ingrédients	Matière sèche (%)	Protéines brutes (% MS ¹)	Matières grasses brutes (% MS ¹)	Cendres brutes (% MS ¹)	Energie brutes (Kcal/kg)
Sources de protéines végétales inventoriés	Tourteau de coton	91,3	42,6	2,9	6,7	4470
	Tourteau d'arachide	89,2	49,2	0,9	5,9	4310
	Tourteau de sésame	93,9	43,4	11,0	11,4	4650
	Tourteau de Soja	87,6	43,3	1,7	6,5	4080
	Son de maïs	91,5	15,1	13,6	5,4	4540
	Son de blé	86,6	14,6	4,4	4,9	3970
	Son de riz	90,2	14,4	3,1	11,5	3800
	Farine de moringa	93,8	30	10,6	8,4	4000
	Farine de blé	88,2	12,7	2,4	1,4	3980
Drêche de brasserie	88,2	24,6	3,9	6,0	4080	
Source protéique de références	Farine de poisson	92,3	62,6	9,4	0,5	4440

¹MS : Matière sèche

1.1.2. Profils en acides aminés indispensables (AAI) des sources de protéines végétales

Les données sur les profils en AAI des sources de protéines végétales sont consignées dans le tableau 6. Au regard de ces résultats, on note une teneur en méthionine (Met) et lysine (Lys) (AAI les plus limitant pour la croissance des poissons) plus élevée au niveau de la farine de poisson comparativement aux sources de protéines végétales sauf pour le tourteau de sésame et le son de riz qui avait des teneurs en méthionine légèrement supérieures.

Tableau 6. Profil en acides aminés indispensables (AAI) des sous-produits agro-industriels sources de protéines inventoriées (Sauvant *et al.*, 2002; Richter *et al.*, 2003)

Catégories		Acides aminés indispensables (AAI)								
		Lys	Thr	Met	Trp	Ile	Val	Leu	Phe	His
Produits inventoriés	Ingrédients									
	Tourteau de coton	3,9	3,1	1,4	1,3	3,1	4,5	5,6	5,2	2,9
	Tourteau d'arachide	3,3	2,7	1,0	1,2	3,3	3,9	6,2	4,7	2,3
	Tourteau de sésame	2,3	3,0	2,6	1,1	3,3	4,3	6,2	4,2	2,2
	Tourteau de Soja	6,1	3,9	1,4	1,3	4,6	4,8	7,4	5,0	2,7
	Son de maïs	3,7	3,4	1,7	0,6	2,7	4,5	9,3	2,4	3,1
	Son de blé	3,9	3,1	1,5	1,3	3,2	4,5	6,2	4,0	2,6
	Son de riz	5,5	3,7	2,2	1,3	3,6	5,3	7,1	4,6	2,6
	Farine de moringa	3,9	4,5	1,6	1,9	4,6	5,5	8,2	5,7	2,9
	Farine de blé	3,6	3,0	1,5	1,2	3,1	4,5	6,4	4,0	2,6
	Drêche de brasserie	2,5	3,5	1,7	0,7	3,3	4,7	9,9	4,2	2,7
Référence	Farine de poisson	7,5	4,1	2,1	4,1	5	1,2	3,9	3,9	2,6

Lys : Lysine ; **Thr** : Thréonine ; **Met** : Méthionine ; **Trp** : Tryptophane ; **Ile** : Isoleucine ; **Val** : Valine ; **Leu** : Leucine ; **Phe** : Phénylalanine ; **His** : Histidine

1.1.3. Profils en Acides gras (AG) des sources de lipides végétales disponibles

Les données sur les profils en AG des huiles végétales sont consignées dans le tableau 7. Au regard de ces résultats, on note une teneur élevée en acide gras essentiels (AGE) notamment l'acide linoléique (LA, C18 :2n-6) chez les huiles végétales comparativement à l'huile de poisson. Par contre les teneurs en acides gras à longue chaîne polyinsaturés (AGLPI) tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA, C20 :5n-3), l'acide docosahexaénoïque (DHA, C22 :6n-3) et l'acide arachidonique (ARA, C20 :4n-6) sont plus élevées au niveau de l'huile de poisson comparativement aux huiles végétales.

Tableau 7. Profil en acides gras des huiles végétales inventoriées (Sauvant *et al.*, 2002; Aderolu *et al.*, 2011; Anvo, 2018)

Acides Gras (% AG totaux)	HP	HD	HC	BK	HS	HA	HP0
C12:0	0,2	0	0,9	0,5	0	0	2,1
C14:0	1,1	0	0	0,5	0,1	0,36	6,7
C15:0	0	0	0	0	0	0	0,3
C16:0	42,8	12,6	24,0	5,5	8,5	11,5	12,1
C16:1	0,1	0,0	0,9	0	0,3	0,2	10,8
C17:0	0	0,0	0	0	0	0	0,7
C18:0	3,8	12,5	1,8	41,0	5,0	7,9	0,8
C18:1n-9	41,1	37,1	21,4	43,0	39,6	60,7	11,2
C18:2n-6	10,3	36,3	50	6,0	44,0	16,9	1,1
C18:3n-3	0,3	1,5	0,6	0,5	0,6	0,2	0,6
C18:4n-3	0	0,0	0	0	0,0	0	3,5
C20:0	0,3	0,0	0,5	1	1,0	0,2	0,2
C20:1	0	0,0	0	0,5	0,4	0,8	13,5
C20:2n-6	0	0,0	0	0	0,00	0	0
C20:4n-6	0	0,0	0	0	0,00	0,5	0,2
C20:4n-3	0	0,0	0	0	0,00	0	0,3
C20:5n-3	0	0,0	0	0	0,00	0	11,8
C22:0	0	0,0	0	0,5	0,50	0	0
C22:1	0	0,0	0	0	0,00	0	10,3
C22:4n-9	0	0,0	0	0	0,00	0	0,3
C22:5n-3	0	0,0	0	0	0,00	0	0,4
C22:6n-3	0	0,0	0	0	0,00	0,03	8,2
C24:0	0	0	0	0,5	0,00	0	0

HP : Huile de palme ; HD : Huile du dattier du désert ; HC : Huile de coton ; BK : Beurre de karité ; HS : Huile de sésame ; HA : Huile d’anacarde ; HPO : Huile de Poisson (référence)

3. Discussion

Les résultats relatifs à l’inventaire des produits et sous-produits agro-industriels dans les quatre régions administratives du Burkina que sont, les régions de la Boucle du Mouhoun, des Cascades, du Centre et des Hauts-Bassins, ont permis de montrer une disponibilité importante de sous-produits pouvant être utilisés comme ingrédients dans la formulation des aliments destinés au poisson. En effet, une diversité de sources de protéines et de lipides a été inventoriées dans la zone d’étude. Dans cette zone, la disponibilité de quatre types de tourteaux (coton, arachide, sésame et soja) dont la teneur en protéines varient entre 42,6 % et 49,2 % a été établie. Des sons et résidus de céréales ainsi que farine de céréales et de feuilles de plantes, présentant de plus faibles teneurs en protéines (12,7 % à 30 %) ont aussi été inventoriés. De façon générale les teneurs en protéines de ces ingrédients végétaux sont inférieures à celles de la farine de poisson estimée à 62,6% (Sauvant *et al.*, 2002; Richter *et al.*, 2003).

En ce qui concerne les sources de lipides, 6 types ont été inventoriés dans la zone d’étude, à savoir l’huile d’anacarde, de coton, de sésame, de dattier du désert, de palme, et le beurre de karité. Les données sur les profils en acides aminés ont montré une variation entre les ingrédients végétaux entre eux, et entre ces derniers et la farine de poisson. Une variation similaire a été observée au niveau du profil en acide gras des sources de lipides inventoriées. Au regard de ces variations de la qualité nutritionnelle de ces ingrédients par rapport à la farine et l’huile de poissons. Cependant, la combinaison de certains de ces ingrédients peut permettre d’atteindre les taux protéiques et de lipides nécessaires afin de remplacer la farine de poisson et l’huile de poisson dans l’alimentation des poissons (Francis *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2018). En effet, cela a été démontré chez le poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Imorou Toko *et al.*, 2008; Nyina-Wamwiza *et al.*, 2007, 2010; Sourabié *et al.*, 2018, 2019) et le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Abo-State *et al.*, 2014; Doumougna, 2020) qui sont les principales espèces aquacoles au Burkina Faso (Compaoré, 2017; Sissao *et al.*, 2019). Ces travaux ont montré qu’il était possible de se passer partiellement ou totalement de la farine et de l’huile de poisson sans affecter la croissance des individus. Concernant l’huile de poisson, Sourabié *et al.*, (2019) ont montré que les espèces tropicales telles que poisson-chat africain utilise bien les huiles végétales riches en AGE autant que les huiles de poissons pour leur croissance.

Par ailleurs, les substitutions sont certes principalement basées sur la valeur nutritionnelle des ingrédients, mais il est important aussi de tenir compte du coût d’acquisition des ingrédients alternatif afin de réduire les coûts de production. La présente étude a révélé une variation plus ou moins importante des prix des ingrédients identifiés dans les quatre régions concernées. Globalement les prix moyens des

tourteaux ont varié de 180 à 500 FCFA/kg. Les sons et résidus de céréales sont plus accessibles avec un prix moyen allant de 60 à 95 FCFA/kg. Cette différence de prix entre les tourteaux et les sons peut s'expliquer par les teneurs en protéines. En effet, la protéine est le nutriment le plus cher dans l'alimentation en générale, et sa teneur est plus importante au niveau des tourteaux comparativement aux sons de céréales. Quant à la variation des prix du même sous-produit entre les différentes régions, cela pourrait s'expliquer par la différence de qualité de ce sous-produit au niveau des unités de transformation agro-alimentaire. En effet, les résultats des analyses ont révélées que seul le tourteau de la SN-CITEC (Hauts-Bassins) contient 5% d'huile ; la production des autres agro-industriels telles que SOTRAPO et SOTAMA (Boucle du Mouhoun) contiennent environ 9% d'huile dans leur tourteaux (Sourabié, 2019). Ouédraogo (2014) montre que la variation du prix des sous-produits agro-industriels pourrait être expliquée par les facteurs tels que la taille de l'usine et le mode opératoire de la production mais pas la localité. Ces prix restent néanmoins inférieurs à celui de la farine de poisson qui variait entre 1400 et 3200 FCFA/kg sur le marché local selon la qualité (Anvo, 2018). De même, les coûts d'acquisition des huiles végétales sont aussi moins élevés au Burkina Faso comparativement à celui de l'huile de poisson qui coutait 7000 FCFA le litre (Anvo, 2018).

La farine de feuilles de moringa affiche le prix le plus élevé (3000 FCFA/kg). Toutefois, le mécanisme de fixation de son prix peut être contourné différemment, car le pisciculteur peut lui-même le produire à cause de sa production aisée qui requiert peu de technicité. La productivité du moringa est de 30 tonnes de feuilles fraîches par hectare, correspondant à 5 tonnes de feuilles sèches par hectare, avec une durée de production de 5 mois. En plus, l'incorporation de cette farine dans les formules alimentaires est limitée du fait de la présence certains facteurs antinutritionnels (saponines, des tannins et des phytates) qui diminuent l'appétence et la digestibilité des aliments (Francis *et al.*, 2001; Afuang *et al.*, 2003). Cet ingrédient est donc généralement utilisé comme complément alimentaire (Richter *et al.*, 2003; Sourabié, 2019).

De façon générale, les produits et sous-produits végétaux d'importantes quantités de glucides membranaires complexes (pectines, hémicellulose, cellulose, lignine) ainsi qu'une large variété de facteurs antinutritionnels qui les rendent moins appétissants et le plus souvent indigestes pour les poissons d'élevage (Guillaume *et al.*, 1999). Ces facteurs tels que les inhibiteurs de protéases, les tannins, les lectines, les acides phytiques, le gossypol, les oxalates, les glucosinolates, les mycotoxines, la mimosine, les cyanogènes, les nitrates, les alcaloïdes, et les saponines réduisent considérablement la digestibilité et la biodisponibilité des aliments. Toutefois, des prétraitements peuvent permettre de réduire l'effet de ces facteurs antinutritionnels et favoriser l'utilisation massive de ces ingrédients (Nyina-Wamwiza *et al.*, 2010).

Par ailleurs, il est aussi important de signaler que hormis les sous-produits tels que le tourteau de coton, le tourteau de soja, les sons, la farine de blé et la drêche de brasserie

qui sont utilisés dans l'alimentation du bétail et souvent humaine (pour le tourteau d'arachide et la farine de blé), la concurrence avec l'élevage du bétail serait moindre avec les autres sous-produits. Quant aux huiles végétales, elles sont uniquement utilisées dans l'alimentation humaine. Vu la quantité d'huile utilisée dans la formulation des aliments pour poissons, cette compétition avec l'alimentation humaine demeure négligeable.

La présente étude, a mis en évidence la diversité d'ingrédients végétaux locaux, utilisables dans les formules alimentaires piscicoles pour réduire les coûts de. Il est aussi intéressant de noter l'existence de sources de protéines animales telles que la farine de sang, la farine de déchets de volaille qui sont très peu coûteuses (Guillaume *et al.*, 1999). Des investigations ont porté également sur l'utilisation d'insectes comme des sources alternatives de protéine (Makkar *et al.*, 2014), en raison de leur valeur nutritionnelle. Il s'agit des vers à soie (Ng, 2001), des termites (Sogbesan & Ugwumba, 2008), des asticots de mouche (Achi *et al.*, 2016) et la chenille de karité (Anvo *et al.*, 2017) . La prise en compte, de ces ingrédients d'origine animale permettrait de cerner toutes les possibilités de substitution optimale de la farine et de l'huile de poisson dans les formules alimentaires destinées à l'aquaculture.

Conclusion

L'objectif majeur poursuivi par cette étude était d'inventorier les ingrédients d'origine végétale disponibles au Burkina Faso pour la production locale d'aliments piscicoles performants à moindre coût ; et d'analyser leurs valeurs nutritives. Ainsi, au terme de cette étude deux types de produits et sous-produits ont été identifiés à savoir les ingrédients végétaux sources de protéines et les huiles végétales. Comme sources de protéines végétales, les tourteaux, les sons et les farines à travers leur teneur en protéine intéressante peuvent être utilisés pour remplacer partiellement ou totalement la farine de poisson dans l'alimentation des poissons. Quant aux huiles végétales, grâce à leur profil en AGE intéressant, sont une bonne alternative à la substitution de l'huile de poisson dans l'alimentation des poissons. En plus de leurs qualités nutritionnelles, les prix sur le marché local de ces ingrédients végétaux comparativement à l'huile et la farine de poisson seraient un atout majeur pour le développement de la pisciculture au Burkina Faso.

Références

- Abo-State, Ah., Hammouda, Y., El-Nadi, A., & AboZaid, H. (2014). Evaluation of Feeding Raw Moringa (*Moringa oleifera* Lam .) Leaves Meal in Nile Tilapia Fingerlings (*Oreochromis niloticus*) Diets. *Global Veterinaria*, 13(1), 105–111. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2014.13.01.84228>
- Achi, A., Koumi, R., Ouattara, I., & Ossey, C. (2016). Effects of *Artemia Salina* Substitution by Maggot Meal on Growth Performance and Body Composition of Africa Catfish *Heterobranchus Longifilis* (Valenciennes, 1840) Larvae. *Journal of Animal Science Advances*, 6(10), 1786. <https://doi.org/10.5455/jasa.196912310400001>
- Aderolu, A. Z., Bello, R., Aarode, O. O., & Sanni, R. O. (2011). Utilization of two dietary plant oil sources on growth, haematology, histometry and carcass analysis of juvenile *Clarias gariepinus*. *Production Agriculture and Technology*, 7(1), 117–130.
- Afuang, W., Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Comparative nutritional evaluation of raw, methanol extracted residues and methanol extracts of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance and feed utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 34(13), 1147–1159. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00920.x>
- Amaya, E. A., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2007). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture*, 262(2–4), 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.015>
- Anvo, M. P. M. (2018). Utilisation de la farine de chenille *Cirina butyrospermi* et de l’huile d’anacarde comme des sources respectives de protéines et de lipides dans les élevages larvaire et post-larvaire de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Thèse de Doctorat, Universtité FHB (Côte d’ivoire), 138 p.
- Anvo, M. P. M., Aboua, B. R. D., Compaoré, I., Sissao, R., Zoungrana-Kaboré, C. Y., Kouamelan, E. P., & Toguyéni, A. (2017). Fish meal replacement by *Cirina butyrospermi* caterpillar’s meal in practical diets for *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 48(10), 5243–5250. <https://doi.org/10.1111/are.13337>
- AOAC, I. (1990). *Official Methods of Analysis (Volume 1)* (Fifteenth, Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists. 641 p.

- Babalola, T. O., Apata, D. F., Omotosho, J. S., & Adebayo, M. A. (2011). Differential Effects of Dietary Lipids on Growth Performance, Digestibility, Fatty Acid Composition and Histology of African Catfish (*Heterobranchus longifilis*) Fingerlings. *Food and Nutrition Sciences*, 02(01), 11–21. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.21002>
- Compaoré, I. (2017). Caractérisations morphologique, génétique et zootechnique de deux espèces sauvages de poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Clarias anguillaris* (Linné, 1758) du Burkina Faso. *Thèse de Doctorat Unique En Développement Rural. Option : Systèmes de Productions Forestières, Spécialité : Production Halieutique. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso(UPB).*, 1–151.
- DGPAAT. (2014). *Les politiques agricoles à travers le monde : Quelques exemples.* Collection de fiches pays 2014, Paris, 6 p. www.alimentation.gouv.fr
- DOUMOUGNA, L. P. (2020). Valorisation de la farine de feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) et d'un attractant naturel à base de sous-produits du néré (*Parkia biglobosa*) dans l'alimentation des juvéniles de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). *Mémoire d'Ingenieur En Sciences de L'Environnement et Du Developpement Rural, Université de Dédougou*, 56 p.
- FAO. (2012). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. *Rome*, 241 p.
- FAO. (2014). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. *Rome*, 255 p.
- FAO. (2016). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture: Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. *Rome*, 224 p.
- FAO. (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture: la durabilité en action. *Rome*, 27. <https://www.fao.org/3/ca9231fr/CA9231FR.pdf>
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*, 226(1), 497–509.
- Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
- Geay, F. (2011). Effets d'une alimentation végétale sur la biosynthèse des acides gras et le métabolisme du bar européen (*Dicentrarchus labrax*). Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale (France), 205 p.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., & Metailler, R. (1999). Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. In *INRA, Ifremer*, (R. Métaill). INRA, Ifremer, 489 p.
- Hall, G. M. (2011). *Fish Processing – Sustainability and New Opportunities.* 296 p.
- Imorou Toko, I., Fiogbe, E. D., & Kestemont, P. (2008). Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed

meals. *Aquaculture*, 275(1–4), 298–305.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.038>

Lim, S. J., & Lee, K. J. (2009). Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. *Aquaculture*, 290(3–4), 283–289.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.018>

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>

MED. (2005). Cadre stratégique régional de lutte contre la pauvreté.pdf. *Ministère de l'Économie et Du Développement, Burkina Faso*, 1–195.

Médale, F., Boucher, R. L. E., Quillet, E., Aubin, J., Panserat, S., & Ouest, A. (2013). Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 26(4), 303–315. <http://www.feedipedia.org/>

Médale, F., & Kaushik, S. (2009). Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3 SE-Articles), 103-111 (1).
<https://doi.org/10.1684/agr.2009.0279>

Ministry of Economy and Planning (MEFP). (2022). *Cinquième Recensement Général de la Population et de l'Habitation du Burkina Faso*. 400.

Moore, S., Spackman, D. h, & Steen, W. H. (1958). Chromatography of Amino Acids on Sulfonated Polystyrene Resins. *Analytical Chemistry*, 30(7), 1185–1190.

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin, D. M., Goldberg, R. J., & Hua, K. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pnas-0905235106.

Ng, W. K. (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32(SUPPL. 1), 273–280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>

Nyina-Wamwiza, L., Wathelet, B., & Kestemont, P. (2007). Potential of local agricultural by-products for the rearing of African catfish *Clarias gariepinus* in Rwanda: Effects on growth, feed utilization and body composition. *Aquaculture Research*, 38(2), 206–214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01658.x>

Nyina-Wamwiza, L., Wathelet, B., Richir, J., Rollin, X., & Kestemont, P. (2010). Partial or total replacement of fish meal by local agricultural by-products in diets of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*): growth performance, feed efficiency and digestibility. *Aquaculture Nutrition*, 16, 237–247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00658.x>

- Ouédraogo, B. S. (2014). Analyse de l'offre des produits et sous-produits agricoles utilisés pour la fabrication d'aliments destinés au poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Mémoire de Master, Université Nazi Boni (Burkina Faso)*, 54 p.
- Richter, N., Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of Moringa leaves as an alternative protein source for tilapia. *Aquaculture*, 217, 599–611.
- Sauvant, D., Perez, J.-M., & Tran, G. (2002). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. *INRA*, 304 p.
- Shi, X., Chen, F., Chen, G. H., Pan, Y. X., Zhu, X. M., Liu, X., & Luo, Z. (2017). Fishmeal can be totally replaced by a mixture of rapeseed meal and Chlorella meal in diets for crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture Research*, 48(11), 5481–5489. <https://doi.org/10.1111/are.13364>
- Singh, K., Garg, S. K., Kalla, A., & Bhatnagar, A. (2003). Oilcakes as protein sources in supplementary diets for the growth of *Cirrhinus mrigala* (Ham.) fingerlings: Laboratory and field studies. *Bioresource Technology*, 86(3), 283–291. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00120-7)
- Sissao, R., Anvo, P. M. M., & TOGUYENI, A. (2019). Caractérisation des performances zootechniques de la population de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) du lac de la vallée du Kou (Burkina Faso) Characterization of the zootechnical performances of Lake Kou Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) po. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 13(6), 2603–2617.
- Sogbesan, A. O., & Ugwumba, A. A. A. (2008). Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1, 149–157.
- Sourabié, A. (2019). Valorisation des sous-produits agro-industriels du Burkina Faso dans l'alimentation du poisson-chat africain *Clarias gariepinus* et impacts sur la nutrition protéique et lipidique. Thèse de Doctorat, Université de Namur (Belgique), 193 p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2017.06.006>
- Sourabié, A., Mandiki, S. N. M., Geay, F., Ahoulé, A. G., Naert, N., Toguyeni, A., & Kestemont, P. (2019). Tropical Vegetable Oils Do Not Alter Growth Performance in African Catfish through a High n-6 Polyunsaturated Fatty Acids Biosynthesis Capacity. *Lipids*, 54(5), 329–345. <https://doi.org/10.1002/lipd.12145>
- Sourabié, A., Mandiki, S. N. M., Geay, F., Sene, T., Toguyeni, A., & Kestemont, P. (2018). Fish proteins not lipids are the major nutrients limiting the use of vegetable

ingredients in catfish nutrition. *Aquaculture Nutrition*, 24(1393–1405), 1–13. <https://doi.org/10.1111/anu.12676>

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>

Tocher, D. R. (2003). Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2), 107–184.

Tocher, D. R. (2015). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture*, 449, 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.010>

Zhang, C., Rahimnejad, S., Wang, Y. ru, Lu, K., Song, K., Wang, L., & Mai, K. (2018). Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. *Aquaculture*, 483(43), 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.029>

Zhou, Q. C., Tan, B. P., Mai, K. Sen, & Liu, Y. J. (2004). Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241(1–4), 441–451. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.08.044>