



Impacts ex-ante de la Petite Irrigation au Niger : Analyse des effets micro-économiques à l'aide d'un modèle de ménage agricole

Pascal Tillie, Kamel Louhichi, Sergio Gómez y Paloma

► To cite this version:

Pascal Tillie, Kamel Louhichi, Sergio Gómez y Paloma. Impacts ex-ante de la Petite Irrigation au Niger : Analyse des effets micro-économiques à l'aide d'un modèle de ménage agricole. [Rapport Technique] EUR 29836 FR, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2019, pp.JRC115744. hal-02790381

HAL Id: hal-02790381

<https://hal.inrae.fr/hal-02790381>

Submitted on 4 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

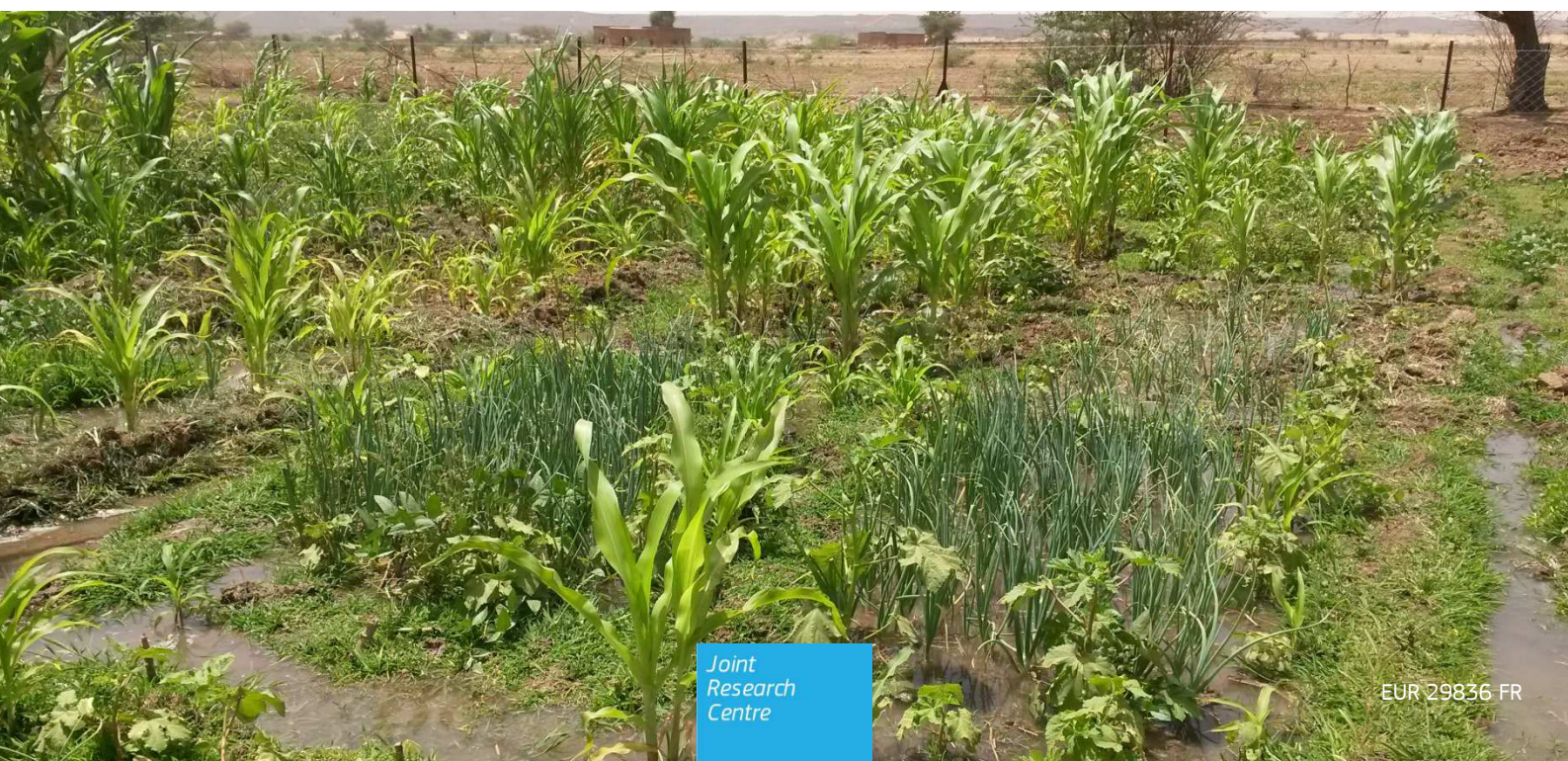
JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Impacts ex-ante de la Petite Irrigation au Niger

*Analyse des effets micro-
économiques à l'aide d'un
modèle de ménage agricole*

Tillie, P., Louhichi, K. et Gomez-Y-Paloma, S.

2019



This publication is a Science for Policy report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service. It aims to provide evidence-based scientific support to the European policymaking process. The scientific output expressed does not imply a policy position of the European Commission. Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use that might be made of this publication.

Contact information

Name: Pascal Tillie
Address: Edificio Expo, Calle Inca Garcilosa 3, 41092 Séville, Espagne
Email: pascal.tillie@ec.europa.eu
Tel.: +34 954 48 82 52

EU Science Hub

<https://ec.europa.eu/jrc>

JRC115744

EUR 29836 FR

PDF	ISBN 978-92-76-09722-8	ISSN 1831-9424	doi:10.2760/70964
Print	ISBN 978-92-76-09721-1	ISSN 1018-5593	doi:10.2760/218454

Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019

© European Union, 2019

The reuse policy of the European Commission is implemented by Commission Decision 2011/833/EU of 12 December 2011 on the reuse of Commission documents (OJ L 330, 14.12.2011, p. 39). Reuse is authorised, provided the source of the document is acknowledged and its original meaning or message is not distorted. The European Commission shall not be liable for any consequence stemming from the reuse. For any use or reproduction of photos or other material that is not owned by the EU, permission must be sought directly from the copyright holders.

All content © European Union, 2019, except pictures: page 1, Niamey, 2015, Pascal Tillie and pictures pages 16-17, various places in Niger, 2016, Pascal Tillie.

How to cite this report: Tillie, P., Louhichi, K. et Gomez-Y-Paloma, S., *Impacts ex-ante de la Petite Irrigation au Niger : Analyse des effets micro-économiques à l'aide d'un modèle de ménage agricole*, EUR 29836 FR, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-09722-8, doi:10.2760/70964, JRC115744.

IMPACTS EX-ANTE DE LA PETITE IRRIGATION AU NIGER

**Analyse des effets micro-
économiques à l'aide d'un
modèle de ménage agricole**

TABLE DES MATIERES

Résumé	7
Remerciements	8
Préface	9
1 Introduction	11
2 Développement agricole et petite irrigation au Niger	13
2.1 <i>Opportunités et contraintes de la petite irrigation en Afrique Sub-Saharienne</i>	13
2.2 <i>La petite irrigation au Niger</i>	14
3 Méthodologie de l'étude : données et modèle FSSIM-Dev	21
3.1 <i>Modéliser les politiques agricoles pour mieux informer les décideurs</i>	21
3.2 <i>Données utilisées</i>	25
3.3 <i>Scenario pour l'analyse ex-ante des impacts de la petite irrigation pour les ménages nigériens</i>	27
4 Résultats : Effets de la SPIN sur les ménages producteurs	29
4.1 <i>Effets sur la production agricole</i>	29
4.2 <i>Impacts économiques de la mise en œuvre de la SPIN</i>	36
4.3 <i>Impact de la mise en œuvre de la SPIN sur la pauvreté et sécurité alimentaire</i>	41
5 Conclusions	45
Bibliographie	47
Liste des abréviations	49
Liste des encadrés	50
Liste des figures	51
Liste des tableaux	52

Résumé

Au Niger, un objectif important de la politique agricole consiste à promouvoir le développement de petites infrastructures d'irrigation afin de diversifier la production agricole, prolonger la saison de culture, augmenter la productivité des terres et sécuriser les revenus des agriculteurs. La petite irrigation est considérée comme une alternative possible aux grands aménagements collectifs car elle est moins coûteuse à mettre en œuvre et à entretenir et plus facile à gérer. Ce rapport présente les résultats d'une modélisation des impacts d'un programme de développement de systèmes d'irrigation de petite échelle au Niger, appelé la Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger (SPIN), en termes d'utilisation des terres, de production agricole, de génération de revenus et de réduction de la pauvreté. Cette analyse a été conduite à l'aide du modèle FSSIM-DEV (Farm System Simulator for Developing Countries) et des données provenant d'un échantillon national représentatif de ménages agricoles. FSSIM-DEV est un modèle statique comparatif de programmation mathématique positive (PMP) adapté aux ménages producteurs – consommateurs et aux particularités de l'économie rurale Sub-Saharienne. Appliqué à chaque ménage agricole inclus dans un échantillon représentatif pour le Niger, il permet de saisir toute l'hétérogénéité des impacts d'un programme de développement tel que la SPIN. Les résultats de la modélisation montrent qu'une augmentation de 47 000 hectares soit 44% des surfaces irriguées en saison sèche, correspondant aux objectifs de la SPIN, apporterait des bénéfices significatifs aux ménages producteurs nigériens. Le revenu agricole moyen augmenterait de 12% et les inégalités de revenu des ménages en milieu rural diminueraient de près de 5 points de GINI, soit d'environ 9%. L'extension des surfaces irriguées engendrerait également un grand nombre de création d'emplois, ainsi qu'une diminution du taux de pauvreté rurale de plus d'un point (de 52,4% à 50,8%). Le coût d'un tel programme serait compris entre 47 et 189 milliards de CFA, à répartir entre producteurs et Etat.

Remerciements

Les auteurs remercient en premier lieu les agents de la Délégation de l'Union Européenne au Niger, et notamment Béatrice Bussi, Nicoletta Avella, Enrique De Loma-Ossorio Friend, Assoumane Oumarou et Moussa Bouda, pour leur soutien sans faille au processus de recherche initié par le CCR au Niger en 2015, leurs conseils et le partage des contacts utiles. Les auteurs tiennent également à remercier le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAGEL) pour l'accueil reçu, le soutien au projet depuis le début, et toutes les informations échangées concernant l'agriculture et l'élevage au Niger. Nos remerciements vont en particulier à MM. Boukari Diamoitou et Illiassou Boubacar pour leur engagement dans la réussite de ce projet de recherche, ainsi que M. Amadou Moussa de la Direction du Génie Rural, M. Bachir Ousseini du Secrétariat Permanent de la SPIN et M. Idrissa Younoussa de la Direction de la Mobilisation des eaux. Nous sommes également reconnaissants à Mme Ouma Katouma Bizo ainsi qu'au Dr. Haido Abdoul Malik pour nous avoir accompagné dans nos visites de terrain. Nous remercions également les agents de l'Institut National de la Statistique pour leur aide dans la préparation des données de l'ECVMA et leur interprétation, notamment M. Oumarou Zakari pour la patience montrée à répondre à nos nombreuses questions. Enfin, nous remercions toutes les personnes rencontrées à l'INRAN, à la CAPEG, au Code Rural et au Haut-Commissariat à l'Initiative 3N pour les informations qu'elles ont bien voulu partager avec nous.

Auteurs

Pascal Tillie

Kamel Louhichi

Sergio Gomez-Y-Paloma

Commission Européenne, Centre Commun de Recherche (CCR), Séville, Espagne

Préface

Le Centre Commun de Recherche (CCR ou JRC pour Joint Research Centre en anglais) est l'une des directions générales de la Commission européenne. Il compte sept instituts de recherche situés dans cinq États membres de l'UE (Belgique, Allemagne, Italie, Pays-Bas et Espagne). Sa mission est de fournir un soutien scientifique et technique à la conception, à l'élaboration, à la mise en œuvre et au suivi des politiques de l'Union Européenne (y compris les mesures de coopération technique internationale) en répondant aux demandes de celles-ci.

Depuis 2014, le CCR est engagé avec la Direction Générale de la coopération internationale et du développement (DG DEVCO) dans un projet intitulé «Soutien technique et scientifique à l'agriculture et à la sécurité alimentaire et nutritionnelle» (TS4FNS) en Afrique subsaharienne. Les principaux objectifs de ce projet sont (i) d'améliorer les systèmes d'informations existants en matière d'agriculture, de nutrition et de sécurité alimentaire, (ii) de réaliser des analyses économiques visant à orienter la prise de décision dans le domaine des politiques agricoles et de coopération, et (iii) de fournir des conseils scientifiques sur des sujets particuliers concernant l'agriculture durable et la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

L'une des activités principales du volet économique du projet est l'évaluation des impacts des politiques agricoles et de coopération, à l'échelle micro- et macro-économique. Ce travail s'appuie sur le développement de modèles adaptés aux conditions spécifiques de l'économie des pays d'Afrique subsaharienne. Ces modèles permettent par exemple, au niveau micro-économique, d'estimer les effets sur la pauvreté et les inégalités de revenu d'un programme de subvention d'intrants, ou, au niveau macro-économique, d'analyser les impacts sur la production agricole et la balance commerciale, d'une modification des barrières douanières. L'objectif est à la fois de fournir des analyses à la DG DEVCO ainsi qu'aux délégations de l'Union Européenne, concernant les impacts des programmes de coopération et les politiques de développement, ainsi que d'appuyer les autorités locales dans leurs réflexions portant sur la mise en œuvre de leurs politiques agricoles.

1 Introduction

En 2015, le Niger était classé 187^{ème} sur 188 en termes d'indice de développement humain (IDH) selon la classification du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), ce qui en faisait l'un des pays les moins développés du monde (UNDP, 2016). La population du Niger était d'environ 20,7 millions de personnes en 2016, et plus de 80% de cette population vit en zone rurale, et 75% avec moins de 2 USD par jour. Cependant, le taux de pauvreté extrême a diminué au cours des dernières décennies, passant de 63% en 1990 à 48% en 2011. Le PIB par habitant a augmenté de près de 75% entre 2000 et 2014, pour atteindre environ 427 USD par habitant. Le secteur agro-sylvo-pastoral et halieutique tient toujours une place prépondérante dans l'économie nationale (près de 45,2% du PIB en 2010) et occupe plus de 80% de la population active (Banque Mondiale, 2018; HIC3N, 2012).

La croissance démographique est l'un des aspects les plus marquants de l'économie du Niger. Selon les chiffres des Nations Unies, le taux de croissance annuel de la population était en moyenne de 4% sur la période 2011-2015, ce qui place le pays au troisième rang mondial. Cette forte croissance démographique a des conséquences importantes en termes de densité de population dans les zones rurales. Cela augmente à la fois la pression foncière sur les zones agricoles existantes et contribue à l'extension des limites de la frontière agricole au-delà des terres les plus favorables, notamment en zone Sahélienne. Entre 1980 et 2012, le ratio des terres arables par travailleur agricole a ainsi diminué de 11,8 à 1,1 hectares (INS, 2012). Cela se traduit généralement par une réduction du temps de friche inclus dans les rotations culturales, une surexploitation des sols déjà particulièrement vulnérables à l'érosion et à la perte de nutriments. Cette pression accrue sur les terres a donc des conséquences agronomiques directes (accélération de la dégradation parfois irréversible des sols) mais aussi sociale car elle tend à exacerber les conflits entre les différentes catégories d'utilisateurs de la terre, principalement entre agriculteurs et éleveurs.

Malgré les contraintes rencontrées par le secteur agricole au Niger, son développement est essentiel pour répondre à la demande alimentaire croissante de la population rurale et urbaine, et pour réaliser à la fois les objectifs de croissance économique et de réduction de la pauvreté. Le Plan de Développement Economique et Social du Niger (PDES 2012-2015 puis PDES 2017-2021), qui fixe les priorités politiques du gouvernement du Niger, met l'accent sur la nécessité de renforcer la sécurité alimentaire et de mettre en œuvre un développement agricole durable. L'*Initiative 3N* – les Nigériens nourrissent les Nigériens – représente l'élément phare de la politique agricole du Niger, et le maillon opérationnel du PDES en matière de développement rural. Parmi toutes les activités prévues par le plan d'investissement de l'Initiative 3N, certaines sont mises en avant, telles que la récupération des terres, le développement de l'irrigation et la fourniture de services de vulgarisation (ou conseil agricole) et d'assistance technique aux agriculteurs.

L'objectif est d'enrayer la dégradation des terres exacerbée par le changement climatique et d'augmenter la productivité agricole à travers une utilisation accrue d'intrants et notamment des engrais. Le développement des infrastructures d'irrigation devrait également contribuer à l'augmentation des rendements et à la sécurisation des revenus des agriculteurs tout en permettant une diversification des systèmes de culture. Par ailleurs, l'Initiative 3N présente également une rupture par rapport au passé en raison de l'importance qu'elle donne au développement de la petite irrigation, alors que jusqu'ici la priorité était le plus souvent la mise en œuvre d'ouvrages collectifs tels que les périmètres irrigués.

C'est dans cet esprit que le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage a également élaboré une stratégie spécifique pour le développement de ce sous-secteur de l'irrigation, appelée la « Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger » (SPIN). La SPIN vise, d'une part, à répondre aux besoins d'harmonisation des approches d'intervention et de financements dans le domaine de la petite irrigation (PI) et, d'autre part, à favoriser l'émergence d'un mécanisme décentralisé de développement de la petite irrigation durable basé sur la demande des utilisateurs (agriculteurs) et la participation du secteur bancaire privé.

L'objectif de ce rapport est de présenter les résultats d'une évaluation *ex-ante* des impacts potentiels du développement des petites infrastructures d'irrigation actuellement mis en œuvre au Niger, à l'aide d'un modèle micro-économique permettant de simuler le comportement des ménages agricoles nigériens. Ces impacts sont mesurés en termes d'allocation des terres irriguées, de production et de revenu agricole, et la modélisation se fonde sur l'utilisation de données collectées en 2011 auprès d'un échantillon représentatif de 2 322 ménages agricoles nigériens.

2 Développement agricole et petite irrigation au Niger

2.1 Opportunités et contraintes de la petite irrigation en Afrique Sub-Saharienne

Différentes études ont détaillé les avantages des infrastructures de petite irrigation pour les petites exploitations agricoles d'Afrique Sub-Saharienne, et leur potentiel pour accroître les surfaces irriguées, lutter contre la pauvreté et améliorer la sécurité alimentaire des ménages ruraux. La petite irrigation se définit l'apport d'eau sur de petites parcelles contrôlé par les producteurs eux-mêmes, et à l'aide de techniques que les agriculteurs peuvent facilement maîtriser et entretenir (Carter, 1989). C'est précisément la simplicité de ces systèmes d'irrigation qui attire les petits agriculteurs d'Afrique Sub-Saharienne, puisqu'elle se traduit le plus souvent par un faible coût de mise en œuvre. Par ailleurs, l'accès à l'irrigation constitue souvent un changement important dans la trajectoire des exploitations agricoles, qui passent alors du statut d'exploitation de subsistance à celui d'exploitation commerciale (Purcell, 1997).

Parmi les avantages de la technique de petite irrigation, le premier est donc le coût d'investissement relativement modéré qu'elle représente. Une étude réalisée au Niger dans les années 1990 a montré qu'il était possible d'installer une infrastructure de petite irrigation avec pompe motorisée et l'utilisation de tubes en plastique pour moins de 2 000 USD par hectare, contre entre 10 000 et 25 000 USD pour un périmètre irrigué avec un contrôle complet de l'irrigation (Gay, 1994). Par ailleurs, alors que les grands périmètres irrigués sont parfois réservés à la culture rizicole, les petites infrastructures d'irrigation tendent à être plutôt dédiées au maraichage à destination des centres urbains voisins. Or les petits producteurs d'Afrique Sub-Saharienne ont plus à gagner à miser sur la production de fruits et légumes à haute valeur ajoutée qu'à tenter de concurrencer les producteurs étrangers de riz ou de céréales qui sont généralement plus compétitifs, sauf dans les cas particuliers de marchés isolés. En outre, l'importante urbanisation de la région et l'émergence progressive d'une classe moyenne les assurent d'une forte croissance de la demande pour les produits maraichers pour les années à venir (Perry, 1997). Le second avantage de la petite irrigation réside donc dans les bénéfices que les petits producteurs peuvent escompter, en termes de revenu agricole net, bien supérieurs à ce que peuvent leur apporter les cultures pluviales.

Du côté des obstacles, les principaux sont le financement et la commercialisation. Le financement des investissements, puis des campagnes de production, s'il reste modeste, continue de représenter une contrainte pour de nombreux petits producteurs. Ces derniers n'ont généralement pas accès au crédit formel en raison d'un manque de garantie ou collatéral. En ce qui concerne la commercialisation, les difficultés généralement associées sont des coûts de transactions élevés, des asymétries d'information, une organisation des marchés d'achat des fruits et légumes en oligopsonie, et un risque important lié à une forte volatilité des prix.

Cependant, en dépit de ces obstacles, de nombreuses études ont montré récemment les bénéfices de la petite irrigation pour les petits ménages agricoles. Au Ghana, un projet de promotion de petites pompes à pied a permis d'accroître les surfaces irriguées pour un quart des bénéficiaires, d'améliorer la productivité du travail pour tous et d'accroître le revenu moyen par hectare de près de 400 USD (Adeoti et al., 2007). Une étude comparative menée au Mali a également montré que les petits périmètres irrigués ont un effet positif sur la production agricole près de deux fois supérieur à celui des plus grands périmètres, et un effet sur le revenu également plus élevé (Dillon, 2011). Par ailleurs, l'accès à l'irrigation permet également de diminuer les risques inhérents à la variabilité climatique, et contribue à la création d'emplois en milieu rural (Giordano et de Fraiture, 2014; Takeshima et Yamauchi, 2012; Tesfaye et al., 2008). Certains auteurs pointent toutefois l'existence de risques accrus, liés au manque d'infrastructures, à la surexploitation des cours d'eau ou des aquifères, à la dégradation ou salinisation des sols, ou encore à la volatilité des marchés (Burney et Naylor, 2012; de Fraiture et Giordano, 2014).

2.2 La petite irrigation au Niger

2.2.1 Contraintes de l'agriculture au Niger et potentiel de la petite irrigation

Au Niger, la production agricole est confrontée à des conditions très hostiles, en raison du régime climatique aride du pays caractérisé par de faibles précipitations, une courte saison des pluies et des températures élevées. Malgré ces contraintes, l'agriculture reste le secteur le plus important de l'économie nigérienne, tant du point de vue social qu'économique. Sa contribution au PIB est estimée en 2010 à environ 45% et le secteur emploie plus des trois quarts de la population active (INS, 2012). C'est aussi le deuxième secteur de l'économie en termes de contribution aux recettes d'exportation après l'exploitation minière, principalement par l'exportation d'animaux vivants et de produits agricoles tels que l'oignon ou le sésame vers les pays voisins (Ministère de l'Agriculture, 2014). Au cours des dix dernières années, le secteur agricole a progressé beaucoup plus vite que les autres secteurs de l'économie.

La majeure partie de la production agricole nigérienne repose sur de petites exploitations familiales, généralement de moins de 2 hectares. Les systèmes agricoles traditionnels se fondent sur la culture pluviale de céréales, principalement le mil et le sorgho, la plupart du temps dans des systèmes de cultures associés avec des légumineuses comme l'arachide ou le niébé (un cultivar de l'espèce *Vigna unguiculata*). Lorsqu'ils ont accès à l'irrigation, les agriculteurs ajoutent généralement aux cultures précédentes des productions maraichères, notamment l'oignon, le poivron, la laitue, la tomate ou encore l'aubergine. Dans l'ensemble, les cultures irriguées contribuent à 30% de la valeur ajoutée de la production agricole et à 90% des exportations agricoles (à l'exception des produits de l'élevage) (FIDA, 2012).

Outre les contraintes agro-climatiques évidentes auxquelles est confrontée la production agricole au Niger, il existe d'autres barrières qui pourraient être plus aisément levées. L'accès à la plupart des facteurs de production (intrants et équipements agricoles) ou aux services de vulgarisation reste limité pour la plupart des agriculteurs. L'accès aux marchés est également entravé par un réseau routier et des infrastructures de transport sous-développés. L'accès au crédit reste très difficile pour les agriculteurs.

Enfin, le Niger est également en première ligne en ce qui concerne les impacts négatifs potentiels du changement climatique. Le pays est particulièrement susceptible à la dégradation des sols et à la désertification en général. Il pourrait subir des baisses importantes des rendements céréaliers si les systèmes agricoles n'étaient pas adaptés aux conditions climatiques changeantes, et notamment au raccourcissement de la saison des pluies. En raison de la grande importance des céréales (mil, sorgho) dans l'alimentation de la plupart des ménages agricoles, les conséquences pour la sécurité alimentaire et la nutrition de la population pourraient être très néfastes.

La plupart des terres cultivées au Niger appartiennent à la zone climatique sahélo-soudanienne, qui reçoit entre 300 et 600 mm de pluie par an, de juin à septembre. Cette quantité d'eau, bien que réduite, pourrait être mieux exploitée pour la production agricole avec l'utilisation d'une technique ou d'une infrastructure appropriée afin d'éviter le ruissellement ou l'infiltration de l'eau et de retenir autant que possible l'eau. En outre, les ressources en eau des principaux bassins versants du Niger, du fleuve Niger et du lac Tchad ne sont pas pleinement exploitées. Enfin, les ressources en eaux souterraines du Niger, si elles ont pendant longtemps été estimées à environ 270 000 hectares (Ministère de l'Agriculture, 2015b), ont récemment été largement réévaluées. Selon une étude du MAGEL, le potentiel irrigable du Niger serait en réalité de plus de 10 millions d'hectares, dont environ 5,7 millions d'hectare où la nappe serait comprise entre 0 et 15 mètres de profondeur, c'est-à-dire aptes à la petite irrigation (Ministère de l'Agriculture, 2015a). Actuellement, seulement 93 000 hectares sont imparfaitement exploités en petite irrigation (Ministère de l'Agriculture, 2015b).

Par conséquent, le défi pour l'agriculture au Niger est donc de mieux gérer l'approvisionnement en eau et la fertilité du sol, et de le faire de façon durable. Les rendements des produits céréaliers et végétaux pourraient être augmentés et leur variabilité réduite grâce à l'utilisation de variétés améliorées, l'adoption de techniques anti-érosives, l'utilisation accrue de la traction animale pour les opérations agricoles ou l'introduction d'innovations agro-écologiques. Une meilleure exploitation des eaux pluviales et une meilleure gestion des systèmes d'irrigation pour améliorer l'efficacité de l'eau représentent également un levier de développement important pour la production agricole au Niger. L'amélioration et la stabilisation des rendements agricoles permettraient aux ménages agricoles de subvenir à leurs besoins de subsistance et de générer des excédents à vendre. Cela renforcerait également leur résilience aux changements climatiques.

Le développement de l'irrigation représente donc un levier important d'accroissement de la production agricole au Niger.

2.2.2 La Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger

Pour soutenir le développement de son secteur agricole, le Niger a adopté en 2012 un cadre commun pour toutes les politiques rurales et agricoles, appelé « Initiative 3N », qui signifie « Les Nigériens Nourrissent les Nigériens ». L'objectif principal de cette initiative, et de son nouveau plan d'accélération adopté en 2014, est de favoriser la production domestique de produits alimentaires, afin de renforcer l'offre et la résilience du pays face aux crises alimentaires et aux catastrophes naturelles (HCi3N, 2012). L'initiative 3N a le mérite d'avoir correctement identifié une grande partie des contraintes de l'agriculture nigérienne. L'objectif est de résoudre une partie des imperfections des marchés au travers de la mise en place d'un réseau de magasins villageois, appelés *maison du paysan*, où les agriculteurs devraient pouvoir trouver intrants, service de conseil agricole, atelier de réparation d'outils agricoles et même micro-crédit.

L'un des axes importants de l'Initiative 3N porte sur le développement de la petite irrigation, c'est-à-dire l'irrigation d'un petit périmètre, à l'échelle d'un exploitant, d'une communauté d'exploitants ou d'un village. L'importance donnée à la petite irrigation au Niger est le résultat de différents constats. Tout d'abord, les rendements céréaliers au Niger ont diminué au cours des dernières décennies, en raison de différents facteurs tels que la dégradation des sols, le raccourcissement ou la disparition des périodes de jachère entre les périodes de culture et l'augmentation de la pression des ravageurs (comme par exemple la chenille mineuse de l'épi de mil ou les criquets nuisibles du mil, sorgho et riz). Les cultures irriguées telles que la production de légumes sont donc considérées comme une alternative aux céréales, en ce qui concerne la génération de revenu. La production de légumes est généralement associée à une diversification alimentaire et donc une amélioration de la nutrition du ménage. Deuxièmement, l'irrigation permet de stabiliser les rendements face aux pluies variables et d'étendre virtuellement la superficie cultivée en utilisant la terre pendant les saisons sèche et pluvieuse ou en cultivant des terres qui ne peuvent pas être utilisées pendant la saison sèche (par exemple dans le lit d'un cours d'eau temporaire, où l'eau reste présente à faible profondeur pendant la saison sèche et peut être mobilisée au moyen d'une pompe). Enfin, la petite irrigation est également considérée comme une alternative viable aux grandes installations hydrauliques qui étaient prioritaires jusqu'à la fin des années 1990 et dont la rentabilité et la gestion s'avèrent très complexes (Ministère de l'Agriculture, 2015b).

Les éléments précédents ont donc conduit le ministère de l'Agriculture à élaborer une stratégie spécifique pour le développement de la petite irrigation, dans le cadre de l'Initiative 3N, à savoir la Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger (SPIN) (Ministère de l'Agriculture, 2015b). L'objectif général de la SPIN est d'augmenter les surfaces effectivement irriguées et par conséquent, la production qui en résulte afin d'améliorer *in fine* la sécurité alimentaire et nutritionnelle au Niger, stimuler la productivité agricole et augmenter la résilience des ménages ruraux face aux aléas climatiques. Concrètement, au travers de cette initiative, le Haut-Commissariat à l'Initiative 3N soutiendra les petits projets d'irrigation proposés par les autorités locales, les villages ou les groupements d'agriculteurs, en échange d'une participation financière ou physique (travail) des bénéficiaires. Les petites infrastructures d'irrigation ont l'avantage d'être flexibles et d'être facilement adaptées à de nombreuses situations et à différentes sources d'eau (eaux de surface, eaux souterraines, pluies). Les formes les plus courantes de petite infrastructure d'irrigation que la SPIN entend développer sont : puits et forages peu profonds (moins de 15m de profondeur) avec pompes, création de bassins agricoles, petites retenues collinaires, seuils d'épandage, petites stations de pompage dans les cours d'eau permanents, etc. (voir l'**Encadré 1**).

Encadré 1 : Différentes modalités pour la Petite Irrigation au Niger

- Irrigation gravitaire depuis un puits cimenté dans la vallée du Tadis (région de Tahoua) :



- Seuil d'épandage de Sorey et production maraichère associée (région de Niamey) :



- Puits traditionnel et production maraichère à Yaixlaré (région de Dosso) :



- Petite Irrigation à partir d'un pompage dans le fleuve Niger à Gabougoma (région de Niamey) :



La SPIN résulte en partie du constat d'échec partiel d'un certain nombre d'approches antérieures visant également à accroître les surfaces irriguées au Niger. Ces approches étaient généralement fondées sur un engagement important de l'Etat, qui construisait des périmètres collectifs irrigués et les mettait à disposition d'un groupement de producteurs. Cependant, ces expériences, très centralisées, n'ont pas toujours donné les résultats attendus, notamment dans les périodes où l'Etat, faute de moyen, n'était pas en mesure d'assurer la continuité des activités de maintenance et d'entretiens des périmètres. La gestion collective des périmètres pouvaient également poser des problèmes, d'autant que les producteurs ne maîtrisaient pas toujours l'irrigation au préalable. Les rendements bas et les questions foncières ou les conflits lors de la distribution des parcelles sont d'autres problèmes rencontrés dans les ouvrages collectifs (Ministère de l'Agriculture, 2015b). Suite aux difficultés de gestion et de rentabilité rencontrées sur les grands aménagements, les autorités nigériennes comme les bailleurs de fonds ont commencé à accorder une attention plus particulière à la Petite Irrigation à partir des années 1990.

Ainsi, entre 1994 et 2012, près de 14 000 hectares de nouvelles surfaces irrigables ont été mis en valeur, selon différentes modalités : captage dans le fleuve, puits cimentés ou artésiens, aménagement en bordure de périmètres rizicole, seuil d'épandage, etc. Ces aménagements ont le plus souvent été réalisés dans un cadre privé, avec le soutien d'un programme de développement, tel que le Projet de Promotion de l'Irrigation Privée (PPIP) de la Banque Mondiale. Depuis 1996, le gouvernement du Niger appuie la croissance de la petite irrigation privée et a encouragé l'établissement d'une agence privée regroupant les professionnels de l'irrigation privée, l'ANPIP.

Au-delà du soutien accordé à des exploitations pour qu'elles puissent bénéficier d'un petit périmètre irrigué, ces projets ont surtout permis de jeter les bases du développement futur de la petite irrigation au Niger. Ils ont permis de mettre en place les bases institutionnelles de la croissance du secteur, l'acquisition de technologies et des connaissances nécessaires de la part des agriculteurs mais aussi des acteurs du secteur. Ils ont encouragé le changement dans les systèmes de production et de culture traditionnels, et ont permis la diffusion de paquets technologiques de haute productivité grâce au développement des services de vulgarisation. Enfin, ces initiatives ont également favorisé l'émergence d'un entrepreneuriat local d'artisans foreurs, de puisatiers et de fabricants et réparateurs de pompes. Les surfaces irriguées ainsi mises en œuvres ont permis aux opérateurs de développement de comparer la rentabilité des modèles et d'identifier ceux permettant de tirer le maximum de bénéfices des investissements réalisés (Ministère de l'Agriculture, 2015b).

Toutes ces observations et leçon apprises ont donc été particulièrement utiles au moment de concevoir la SPIN, dans le cadre de l'Initiative 3N. Par ailleurs, un certain nombre de diagnostics préalables ont été réalisés, afin de quantifier les potentialités physiques, humaines et économiques du Niger pour la petite irrigation. Il s'agissait notamment de mesurer les ressources disponibles en terre et en eaux, adaptées à la mise en œuvre d'un schéma de petite irrigation (ce qui exclut les forages profonds, par exemple). Ainsi, le potentiel en terres irrigables du Niger a été l'objet de plusieurs estimations. La plus conservatrice, qui ne retient que les surfaces

qui disposeraient de ressources en eau facilement accessibles (nappe phréatique de moins de 15 mètres, fleuve, mares, retenues artificielles, bas-fonds, etc.), estime ce potentiel à environ 270 000 hectares (Ministère de l'Agriculture, 2015b), tandis que les estimations les plus optimistes font état de 5,7 millions voire de 10 millions d'hectares, selon la profondeur de la nappe phréatique considérée (Ministère de l'Agriculture, 2015a). En tout état de cause, une faible proportion de ce potentiel en terres irrigables est actuellement utilisé (voir le Tableau 1).

Tableau 1. Irrigation au Niger, situation en 2012 et potentiel de terres irrigables

Bassin versant	Région	Potentiel irrigable (ha)	Surface aménagée en périmètre collectif en 2012 (ha)	Surface aménagée pour la petite irrigation en 2012 (ha)
Niger River	Tillabéri, Dosso, Niamey	144 000	9 233	93 150
Dallols-Adder-Doutchi-Maggia	Tahoua	69 000	3 592	
Goulbis-Tarka	Maradi, Tahoua	17 000	570	
Korama-Damagaram-Mounio	Zinder	10 000		
Manga	Diffa	20 000	295	
Aïr-Azaouagh	Agadez	10 000		93 150
Total Niger		270 000	13 850	

Source : Evaluation du Potentiel en terre irrigable au Niger (Ministère de l'Agriculture, 2015b).

L'objectif de la SPIN est donc d'augmenter la superficie en terres irriguées au Niger, suivant un certain nombre de principes qui résultent des succès et des échecs des initiatives précédentes. Ces principes directeurs sont les suivants (Ministère de l'Agriculture, 2015b) :

- La cible principal de la SPIN est l'exploitant, ou le groupement de producteurs ;
- La SPIN encourage et soutient les producteurs qui en font la demande. L'objectif est de s'assurer ainsi que le soutien apporté répond bien à un besoin et que l'agriculteur qui en fera la demande est fortement motivé dans la mise en œuvre de l'investissement. Un apport financier est également demandé à l'agriculteur, qui varie en fonction du type de soutien demandé et de ses capacités.
- Viabilité et durabilité des investissements. Elle est appréciée en théorie par l'établissement financier qui soutient l'opération, appuyé par les services de vulgarisation et d'appui-conseil.
- La SPIN est mise en œuvre de façon décentralisé, avec un rôle central confié aux communes dans l'identification et l'appui aux bénéficiaires.

Par ailleurs, deux types de demandes sont pris en compte en ce qui concerne les modalités de financement : la demande « sociale » et la demande « normale ». Le premier type cible spécifiquement les agriculteurs les plus vulnérables, que ce soit pour des raisons économiques ou climatiques. Pour ces agriculteurs, le projet est fortement subventionné, à hauteur de 90% voir jusqu'à 100% selon les projets. Pour les ménages relevant de la demande « normale », la répartition est la suivante : pour un investissement maximum de 15 millions de CFA (ce qui correspond à une surface moyenne de 5 hectares aménagés), 10% sont apportés par l'agriculteur au démarrage du projet, 40% sont reçus sous forme de subvention et les 50% restants sont financés par un crédit bancaire.

Le SPIN a commencé à opérer en 2016 et sa mise en œuvre doit s'étaler sur une période de dix années. Entre 2016 et 2019, 3 450 hectares ont d'ores et déjà été aménagés, et il est prévu que le rythme de ces aménagements s'accélère pour atteindre 21 000 hectares de nouveaux aménagements d'ici à 2021, auxquels s'ajoutent l'objectif de réhabiliter 500 hectares d'anciens aménagements par an (Secrétariat Permanent SPIN,

2019). En somme, l'ambition du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage est de parvenir à l'orée 2025 à un accroissement de 47 000 hectares des surfaces aménagées pour la petite irrigation, soit :

- 4 200 hectares d'aménagements nouveaux par an ;
- 500 hectares de réhabilitation d'aménagements anciens en mauvais état.

L'objectif du présent travail est donc d'estimer les effets que pourraient avoir l'accroissement de la surface disponible en Petite Irrigation pour les ménages agricoles nigériens. Il s'agit d'une évaluation *ex-ante*, c'est-à-dire que l'on cherche à estimer ces effets par anticipation, avant la mise en œuvre complète de la SPIN, dans l'objectif d'informer les décideurs politiques ou toute partie prenante intéressées, sur les impacts attendus de la politique.

3 Méthodologie de l'étude : données et modèle FSSIM-Dev

3.1 Modéliser les politiques agricoles pour mieux informer les décideurs

Mesurer l'impact des politiques agricoles sur la pauvreté et la sécurité alimentaire est un sujet compliqué en raison de la multi-dimensionnalité de ces phénomènes. La sécurité alimentaire est généralement divisée en plusieurs dimensions (disponibilité alimentaire, accès à la nourriture, utilisation et stabilité) et chacune d'entre elles conditionnent le résultat final. Différentes approches, qualitatives ou quantitatives, ont été développées pour évaluer et / ou représenter l'impact de la politique et de la technologie sur la sécurité alimentaire aux niveaux micro et macro-économiques. Par exemple, la disponibilité alimentaire a été estimée grâce à des techniques économétriques (Feleke et al., 2005; Larochelle et Alwang, 2014; Oluyole et al., 2009) ou encore de façon empirique au travers d'enquêtes spécifiques sur la base d'indicateurs tels que la disponibilité en calories alimentaires au sein d'un ménage habitant ou au contraire sur la base des dépenses du ménage.

Des modèles de ménages ou d'exploitations ont également été utilisés pour l'évaluation, au niveau micro-économique, des impacts des politiques et du marché sur la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté, en particulier dans les économies en développement. Les modèles de ménage agricole sont bien adaptés pour prendre en compte les particularités des économies rurales dans les pays à faible revenu où les décisions de production, de consommation et d'allocation de la main-d'œuvre sont indissociables en raison des imperfections des marchés (De Janvry et al., 1991; Singh et al., 1986). Ces modèles sont en effet capables de tenir compte des effets des coûts de transaction sur les décisions de participation au marché. En somme, les modèles de ménages agricoles représentent un outil utile pour saisir les principales caractéristiques du secteur agricole dans les pays en développement et pour évaluer les effets systémiques des politiques sur les systèmes agricoles. Ils peuvent fournir des informations sur l'utilisation des ressources, la production agricole, les changements dans la rotation des cultures, la consommation alimentaire, la participation aux marchés d'intrants et de facteurs, le revenu agricole et domestique, le niveau de pauvreté, etc. Par ailleurs, l'intérêt d'un modèle de ménage agricole est qu'il permet d'estimer l'impact d'une mesure sur toutes les exploitations d'un échantillon, et donc il permet à l'analyse de prendre en compte la façon dont les effets se distribuent dans toutes les exploitations, et pas seulement les effets moyens. Louhichi et Gomez y Paloma (Louhichi et Gomez y Paloma, 2014) ont récemment passé en revue toutes les études basées sur un modèle des ménages agricoles dans les pays en développement, soulignant les avantages et les inconvénients des différentes méthodologies, couvertures géographiques et hypothèses comportementales utilisées.

3.1.1 Aperçu du modèle de ménage agricole FSSIM-Dev

Dans la présente étude, nous utilisons un modèle de ménage agricole appelé FSSIM-Dev (Farming System SIMulator for Developing Countries) (Louhichi et Gomez y Paloma, 2014) pour évaluer *ex-ante* les impacts sur les systèmes de production, les conditions de vie des ménages agricoles et la sécurité alimentaire, de la mise en œuvre d'un programme de soutien au développement de la petite irrigation au Niger. Il s'agit de la Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger (Ministère de l'Agriculture, 2015b) dont l'objectif est de faciliter l'accès à l'irrigation pour les petites et moyennes exploitations.

FSSIM-Dev est un outil d'aide à la décision économique destiné à être utilisé dans le contexte des pays en développement pour améliorer les connaissances sur la sécurité alimentaire et le niveau de la pauvreté en milieu rural. Il vise à informer les décideurs politiques et les partenaires de développement sur la façon dont les changements des prix, de technologie, des politiques agricoles et alimentaires pourraient affecter la viabilité et la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

FSSIM-Dev est un modèle de ménage conçu pour l'analyse de l'agriculture familiale ou paysanne où les décisions de production, de consommation et d'allocation de la main-d'œuvre sont indissociables en raison des imperfections du marché. Il permet une représentation micro-économique du ménage agricole et, par conséquent, une analyse fine des effets de chocs exogènes sur la viabilité des ménages agricoles situés dans différentes régions du pays. Il s'agit d'une extension du modèle d'exploitation FSSIM développé dans le cadre du projet européen SEAMLESS (van Ittersum et al., 2008) pour analyser l'impact des politiques agricoles et environnementales sur la durabilité des systèmes de production en Europe (Janssen et al., 2010; Louhichi et al., 2010).

Le principal atout du modèle FSSIM-Dev est sa capacité à prendre en compte les principales caractéristiques de l'agriculture des pays en développement à savoir: (i) la non-séparabilité des décisions de production et de consommation, (ii) l'hétérogénéité des ménages agricoles par rapport aux paniers de consommation et aux dotations en ressources, (iii) l'interdépendance entre les coûts de transaction et les décisions de participation au marché, et (iv) la saisonnalité des activités agricoles et de l'utilisation des ressources.

FSSIM-Dev fonctionne avec des prix exogènes pour représenter les offres des principales activités végétales et animales au niveau des ménages agricoles. Il simule comment un scénario donné, par exemple une nouvelle politique agricole, peut affecter un ensemble d'indicateurs à savoir : l'assolement, l'utilisation des ressources et des intrants, la production végétale et animale, la consommation, les revenus agricoles et des ménages, la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages, les dépenses publiques et les externalités environnementales telles que l'érosion des sols et/ou les émissions de gaz à effet de serre. Ces indicateurs peuvent être agrégés et comparés selon le type de ménages, l'orientation technique de l'exploitation, la dimension économique ou la région/village d'appartenance. Ces résultats ne peuvent, néanmoins, être considérés comme des projections ou des prévisions dont la réalisation serait certaine mais plutôt comme des indications de tendances suscitées par les chocs exogènes.

La principale motivation pour le développement de ce type d'outil microéconomique est la forte hétérogénéité des politiques agricoles aussi bien en termes de mise en œuvre (c'est-à-dire les politiques sont de plus en plus ciblées et spécifiques à certaines catégories de la population agricole) que d'impacts. En effet, les réponses des agriculteurs aux changements de politiques varient d'un ménage à un autre selon la location, la dotation en ressources, l'utilisation des terres, l'accès aux marchés, le régime foncier, l'âge, le sexe, la situation économique, la composition de la famille, etc. Cela pourrait notamment être le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit d'instruments politiques qui provoquent des changements dans la production et la consommation du ménage. L'ampleur et la direction de ces effets dépendront du comportement de chaque agent qui dépend à son tour de ses caractéristiques, ses préférences, sa localisation, etc. Pour prendre en compte l'hétérogénéité entre les exploitations et identifier les gagnants et les perdants des politiques existantes ou alternatives, une analyse au niveau micro est donc nécessaire.

FSSIM-Dev est configuré de façon générique et modulaire pour être facilement adaptable et réutilisable à de nouvelles questions politiques et/ou à différentes conditions biophysiques et socio-économiques. Grâce à son caractère générique et modulaire, le modèle peut être appliqué à des ménages individuels (c'est-à-dire réels) ou représentatifs (c'est-à-dire des ménages typiques ou moyens). Il peut également être utilisé pour l'analyse des décisions des agriculteurs qui sont entièrement orientés vers le marché comme ceux de (semi)subsistance ou qui opèrent dans des marchés imparfaits.

3.1.2 Structure et formulation mathématique du modèle FSSIM-Dev

FSSIM-Dev est un modèle d'optimisation statique non-linéaire qui repose à la fois sur le cadre général d'utilité du ménage et sur les contraintes techniques de production agricole, dans un régime non-séparable. Basé sur la programmation mathématique positive (Howitt, 1995), FSSIM-Dev maximise une fonction objectif soumise à un ensemble de contraintes de dotation en ressources, de consommation humaine et de politiques agricoles. Il suppose que le ménage agricole maximise son revenu espéré, défini comme le revenu obtenu de toutes les activités économiques d'une famille vivant dans le même ménage à savoir : le revenu agricole, les revenus des facteurs de production commercialisés (salaires non agricoles, loyer des terres et/ou du matériel, etc.) et les revenus extra-agricoles (c'est-à-dire hors exploitation). Le revenu agricole est défini comme la somme des revenus économiques que les ménages agricoles ont obtenu en vendant ou en consommant leurs propres produits agricoles. Les revenus hors-exploitation sont définis d'une manière exogène et peuvent provenir de différentes sources telles que les salaires hors-ferme, le petit commerce, les activités indépendantes, les pensions, les transferts et les dons.

Le revenu agricole est défini comme la somme des marges brutes espérées moins une fonction de comportement non-linéaire (quadratique) propre à chaque activité du ménage agricole. La marge brute est le total des recettes, y compris les ventes et l'autoconsommation, plus les subventions moins les charges opérationnelles. Les charges opérationnelles incluent les coûts de semence, des engrais, des produits phytosanitaires et d'autres coûts spécifiques. La fonction quadratique est une fonction de comportement introduite pour calibrer le modèle à une situation observée, comme c'est généralement le cas dans les modèles de programmation mathématique positive. Cette fonction vise à répliquer d'une manière précise les décisions de production et de consommation des ménages agricoles en captant les effets de facteurs qui ne sont pas explicitement introduits dans le modèle, tels que les coûts du capital, l'aversion au risque,

l'anticipation des prix, les erreurs de spécification du modèle, etc. (Heckelei, 2002; Henry de Frahan et al., 2007; Paris et Howitt, 1998).

La formulation mathématique générale du modèle est la suivante :

$$(E1) \quad \begin{aligned} \text{Max } Z_h = & \sum_i (s_{h,i} + cs_{h,i}) p_{h,i} + \sum_i sb_{h,i} x_{h,i} - \sum_{i,k} a_{h,i,k} x_{h,i} - \sum_i (d_{h,i} + 0.5Q_{h,i,i} x_{h,i}') x_{h,i} \\ & + \sum_{tf} (s_{h,tf} - b_{h,tf}) p_{h,tf} + \text{ExInc}_h \end{aligned}$$

s.t.

$$(E2) \quad \sum_m A_{i,m} x_i \leq B_m + b_m - s_m \quad [\rho_m]$$

$$(E3) \quad c_{h,j} p_{h,j} = \beta_{h,j} (Z_h - \sum_{j'} \gamma_{h,j'} p_{h,j'}) + \gamma_{h,j} p_{h,j}$$

$$(E4a) \quad p_j^m t_{h,j}^s \leq p_{h,j} \leq p_j^m t_{h,j}^b$$

$$(E4b) \quad p_{tf}^m t_{h,tf}^s \leq p_{h,tf} \leq p_{tf}^m t_{h,tf}^b$$

$$(E5) \quad s_{h,j} b_{h,j} = 0$$

$$(E6a) \quad s_{h,j} (p_{h,j} - p_j^m t_{h,j}^s) = 0$$

$$(E6b) \quad b_{h,j} (p_{h,j} - p_j^m t_{h,j}^b) = 0$$

$$(E7) \quad q_{h,j} + b_{h,j} = s_{h,j} + c_{h,j}$$

$$(E8) \quad c_{h,j} = cs_{h,j} + b_{h,j}$$

$$(E9a) \quad \sum_h w_h s_{h,j} + M_j = \sum_h w_h b_{h,j} + E_j$$

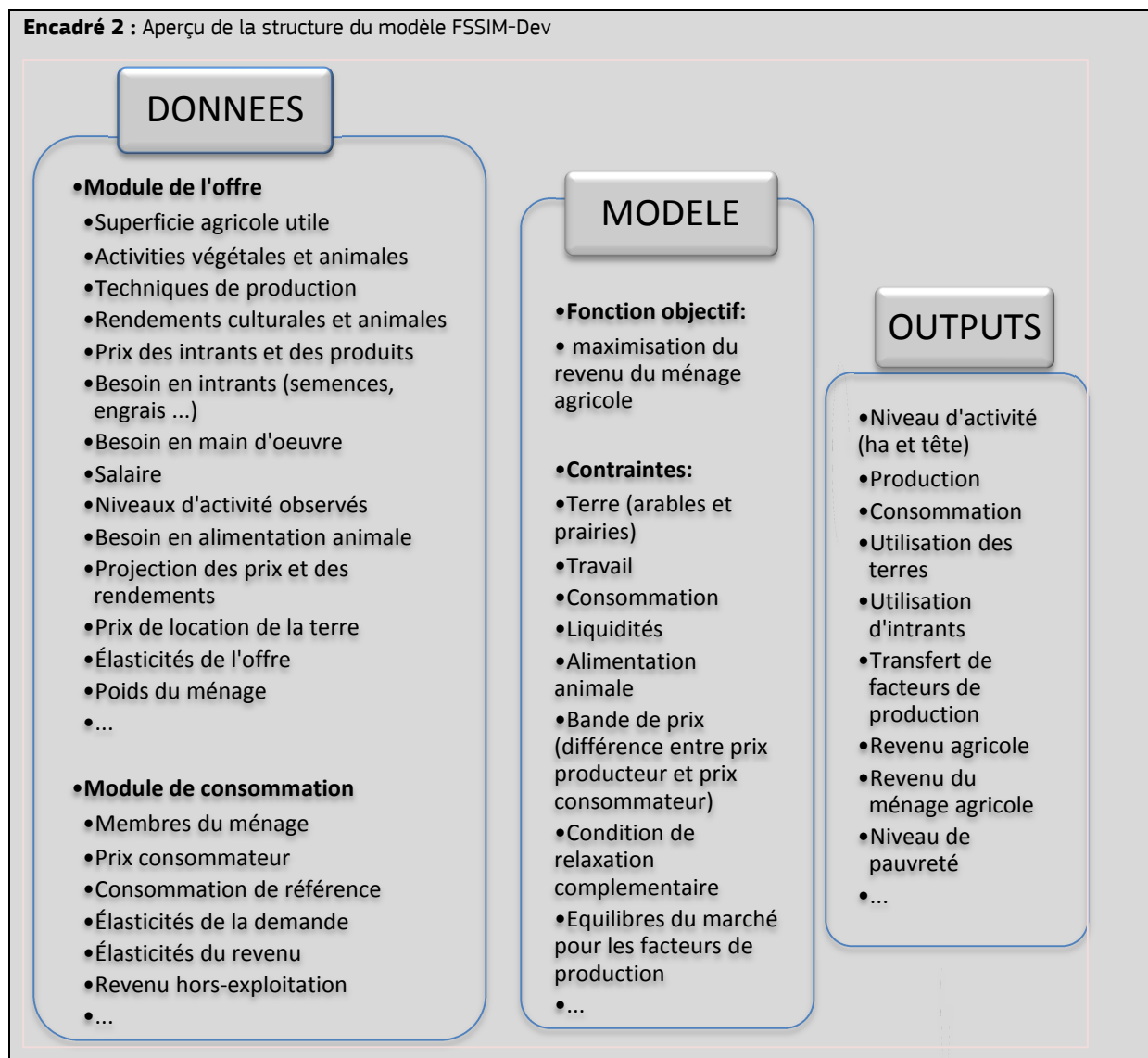
$$(E9b) \quad \sum_h w_h s_{h,tf} + M_{tf} = \sum_h w_h b_{h,tf} + E_{tf}$$

où **Z** est le revenu du ménage agricole **h**, **p** est le vecteur (n×1) des prix des biens **j** et des facteurs de production potentiellement échangeables **tf** (terre, travail) du ménage agricole **h**, **s** est le vecteur (n×1) des quantités de biens vendus ou des facteurs de production cédés, **cs** est le vecteur (n×1) de quantités de biens autoconsommés, **x** est le vecteur (n×1) des activités agricoles optimales **i**, **sb** est le vecteur (n×1) des subventions à la production (le cas échéant), **a** est la matrice (n×k) des charges variables des intrants **k**, **q** est le vecteur (n×1) de quantités de bien produits sur l'exploitation, **b** est le vecteur (n×1) de quantités de biens achetés ou des facteurs de production loués et **c** est le vecteur (n×1) de quantités de biens consommés. **γ** est le vecteur (n×1) de la consommation incompressible du ménage, **β** est le vecteur (n×1) des préférences du ménage pour le produit **j** et leur somme doit être égale à l'unité, **p^m** est le vecteur (n×1) des prix du marché des biens **j** et **t^b** et **t^s** sont respectivement les vecteur (n×1) des coûts de transaction supportés par le ménage lors de l'achat ou de la vente des biens **j** ou des facteurs **tf**. **d** est le vecteur (n×1) de la partie linéaire de la fonction de comportement et **Q** est la matrice (n×n) symétrique et (semi-définie) positive de la fonction de comportement. **A** est la matrice (n×m) de coefficients techniques, **B** est le vecteur (m×1) des dotations initiales en ressources (terre, travail) et **p** est le vecteur (m×1) de leurs valeurs marginales respectives. **ExInc**

est un paramètre qui représente le revenu extra-agricole, w est le coefficient de pondération du ménage (c'est-à-dire le poids du ménage dans la région), M et R sont respectivement les quantités de facteur de production et de produits importés et exportés vers/à d'autres régions. Q , d et p sont estimés en utilisant une variante de la programmation mathématique positive (Louhichi et al., 2017). β et γ sont estimés en utilisant une approche bayésienne, appelée *Highest Posterior Density* (Heckelei et al., 2008).

Un certain nombre de contraintes sont prises en compte dans FSSIM-Dev pour (i) modéliser la dotation en ressources de l'exploitation (Eq. 2) (ii) la fonction LES, *Linear Expenditure System*, ou système de dépenses linéaires représentant la consommation du ménage (E3), (iii) la discontinuité dans la décision de participation aux marchés due à l'existence des coûts de transaction (E4a et E4b) (c'est-à-dire ces coûts de transaction amplifient les prix effectivement payés par les acheteurs et diminuent les prix effectivement reçus par les vendeurs), (iv) les conditions dites de relaxation complémentaire, pour s'assurer, d'une part, que pour chaque produit, un ménage agricole peut être acheteur ou vendeur mais pas les deux en même temps (E5) et, d'autre part, qu'un ménage agricole peut vivre en autarcie et utilise son propre prix (E6a et E6b), et (v) finalement les deux conditions d'équilibre du marché: la première (eq. E7 et E8) garantit l'équilibre des produits au niveau de chaque ménage, c'est-à-dire pour chaque produit la somme de la production et des achats doit être égale à la vente plus la consommation; et la seconde (E9a et b) garantit l'équilibre de l'offre et de la demande des produits et des facteurs échangeables au niveau agrégé (région ou village).

Encadré 2 : Aperçu de la structure du modèle FSSIM-Dev



Pour la présente étude, le module de consommation de FSSIM-Dev a été calibré sur la base des données de dépenses de consommation disponible dans l'enquête LSMS-ISA (voir plus bas). Le module d'offre a été calibré sur la production de la campagne 2010/2011, correspondant à la période couverte par l'enquête LSMS-ISA au Niger. La calibration a été réalisée au niveau individuel en utilisant la méthode bayésienne de la HPD – *Highest Posterior Density* (Densité postérieure la plus élevée) et en mobilisant des données disponibles sur les élasticités de l'offre (Louhichi et al., 2015). Les paramètres du modèle ont été calibrés de sorte que le modèle reproduise exactement la distribution des terres observée parmi les cultures irriguées et non irriguées. Les paramètres de la fonction comportementale sont estimés uniquement pour les activités observées dans chaque ménage agricole, ce qui signifie que le problème d'auto-sélection n'est pas explicitement traité dans cette estimation. Pour faire face à ce problème, nous avons adopté les hypothèses de modélisation suivantes dans la phase de simulation : dans chaque région, la marge brute des activités non observées dans une exploitation est égale à la marge brute moyenne pour les exploitations du même type, le paramètre de la fonction quadratique de l'activité est égal au paramètre de la fonction quadratique moyenne de l'activité pour les exploitations du même type, et la fonction quadratique du terme linéaire est dérivée de la différence entre la marge brute et les *valeurs duales* des contraintes. Autrement dit, l'adoption de nouvelles activités (non-observées) par une exploitation reste possible en utilisant les paramètres des activités observées dans d'autres exploitations du même type.

3.2 Données utilisées

Le travail de recherche et les exercices de simulation décrits dans le présent document sont fondés sur l'exploitation de données disponibles à l'échelle de ménages agricoles provenant de l'Enquête sur les Conditions de Vie des Ménages Agricoles – Enquête Intégrée sur l'Agriculture de 2011 (LSMS-ISA pour son acronyme en anglais *Living Standards Measurement Survey – Integrated Survey for Agriculture*). Cette enquête très complète a été menée par l'Institut National de Statistique (INS) du Niger avec le soutien technique et financier de la Banque mondiale. Les données ont été recueillies en deux vagues, afin de couvrir à la fois les cultures de saison sèche (de décembre 2010 à mai 2011) et les cultures pluviales (juin 2011 à novembre 2011). L'échantillon complet de l'enquête comprend environ 4 070 ménages, tous impliqués dans des activités agricoles (y compris l'élevage). Dans le cadre de l'enquête ECVMA-EIA, les ménages sont définis comme une même unité de consommation. L'échantillon de l'enquête a été conçu suivant un échantillonnage aléatoire à deux étapes et a été stratifié selon quatre zones agro-écologiques, à savoir les zones urbaines, agricoles, agro-pastorales et pastorales. L'échantillon final est représentatif à la fois au niveau national et régional, pour les zones urbaines et rurales. Trois questionnaires différents ont été utilisés, correspondant à différents niveaux de collecte de données : au niveau communautaire (village), au niveau des ménages, et le dernier spécifique aux activités agricoles.

L'enquête LSMS-ISA du Niger 2011 comprend de nombreux modules différents et a permis de collecter des informations sur de nombreux aspects des moyens de subsistance des ménages. Les modules utilisés dans le cadre de cette étude couvrent trois grands thèmes : (1) les activités du ménage, la consommation et les moyens de subsistance, (2) les activités agricoles et (3) les activités d'élevage.

1. Les données de ménage ont été collectées afin de prendre en compte toutes les dépenses alimentaires et non alimentaires des ménages. La méthodologie utilisée pour les données de consommation alimentaire est celle des 7 derniers jours (en deux fois). Toutes les activités non agricoles, ainsi que toute source de revenu extérieur, sont reportées pour tous les membres du ménage.
2. Les données sur les activités agricoles comprennent une description complète de toutes les parcelles de la ferme, du régime foncier, du type de sol et des infrastructures disponibles (anti-érosion, irrigation, etc.). Les coûts de production (travail et intrants) sont collectés au niveau de chaque parcelle. La quantité de main-d'œuvre familiale et salariale employée pour chaque culture et chaque parcelle est également disponible. La production agricole est enregistrée pour chaque parcelle et chaque culture sur la parcelle. La surface des parcelles a été mesurée par GPS, dans la plupart des cas.
3. Les données sur les activités d'élevage comprennent une description complète de tous les types de troupeaux d'animaux appartenant aux agriculteurs, les différentes productions et volumes vendus (lait, cuir, viande, etc.) et les coûts de production.

L'ensemble de données LSMS-ISA 2011 a fait l'objet d'une intense préparation avant d'être intégré au modèle FSSIM-Dev, afin de pouvoir mener à bien le présent travail. Des variables telles que le rendement des

cultures, la quantité d'intrants utilisés et les prix ont été traitées pour éliminer les valeurs aberrantes (en utilisant la méthode de Tukey basée sur l'intervalle interquartile dans la plupart des cas) et les valeurs manquantes. Cependant, la principale limite de cette base de données est que, au cours de la campagne agricole 2011, le Niger a connu une grave sécheresse qui a considérablement affecté la saison des cultures pluviales. Par conséquent, les rendements calculés à partir des données d'enquête sont très faibles, en particulier pour les céréales telles que le mil et le sorgho. Comme ils ne correspondent pas aux hypothèses formulées par les agriculteurs lorsqu'ils prennent leur décision d'assolement, nous avons remplacé ces données par les rendements espérés, calculés notamment à partir de l'estimation des pertes des agriculteurs d'après leur déclaration.

Enfin, ce travail portant sur la question de l'irrigation principalement, nous avons exclu de l'échantillon final toutes les exploitations se consacrant exclusivement à l'élevage. La taille finale de notre échantillon est donc de 2 322 ménages. Les principales caractéristiques de l'échantillon utilisé pour le présent travail sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2. Caractéristiques des exploitations de l'échantillon utilisé

Région	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	Niger
Nombre de ménage dans l'échantillon	108	227	389	389	378	374	384	73	2322
Superficie moyenne cultivée en saison des pluies en ha (écart-type)	0.97 (1.5)	4.48 (3.66)	4.76 (3.59)	5.0 (4.99)	4.03 (3.87)	7.76 (6.54)	5.39 (5.23)	1.94 (3.44)	4.99 (4.94)
Nombre d'exploitations irrigantes	89	53	37	7	54	41	20	46	347
Superficie cultivée en saison sèche en ha	0.25	1.0	0.25	0.09	0.44	0.62	0.91	0.49	0.54
Assolement en saison des pluies – principales cultures (% par région)									
Mil	18.7	57.0	46.9	38.3	43.8	57.1	39.6	64.2	47.2
Sorgho	13.9	15.0	7.3	22.0	23.3	10.0	20.9		15.5
Riz	16.4							6.0	0.6
Niébé	4.4	10.1	28.3	33.1	26.4	21.6	30.7	22.9	25.6
Arachide		4.3	6.5		4.7				3.6
Oignon	34.9								0.6
Assolement en saison sèche – principales cultures (% par région)									
Riz		15.7	28.6			48.6		19.3	16.9
Patate douce			27.3			19.8			5.1
Poivron		74.8					7.8		22.3
Piment				10.9		6.2	6.0		2.9
Chou				23.8	8.8		6.5	16.2	5.1
Tomate				10.1	6.3		8.3	20.1	6.5
Jaxatu							52.2		8.1
Oignon	45.2			7.9	77.4	7.5			16.5
Courge						7.9	5.2		2.4

Source: calculs des auteurs à partir des données LSMS-ISA 2011

3.3 Scenario pour l'analyse ex-ante des impacts de la petite irrigation pour les ménages nigériens

Comme indiqué précédemment, le modèle FSSIM-Dev a été calibré en utilisant les données collectées par l'enquête ECVMA (LSMS-ISA) auprès de 2 322 ménages producteurs agricoles au Niger. Par calibrage nous entendons l'estimation des paramètres de la fonction de comportement permettant de reproduire d'une manière exacte les décisions d'assolement de chaque agriculteur durant cette année. Cette situation observée par l'enquête et reproduite par le modèle est appelée situation de base ou de référence (*baseline* en anglais). Elle est utilisée comme point de référence ou de comparaison pour l'analyse des effets de la politique simulée, la SPIN.

Afin de simuler une politique, telle que la SPIN, il convient dans un premier temps d'analyser cette mesure et de la transcrire en langage mathématique afin de pouvoir, dans un second temps, l'introduire dans le modèle de simulation du comportement des ménages producteurs agricoles. Cela donne lieu généralement à la formulation d'un certain nombre d'hypothèses concernant les paramètres du modèle, tels que par exemple les prix des intrants, la surface agricole utile, ou l'utilisation de telle technique par les agriculteurs. Toute modification d'un paramètre de la situation de base est appelé un "choc", auquel le modèle réagit en simulant le comportement adopté par les ménages agricoles face à cette modification. Un scénario correspond donc à un choc ou à un ensemble de chocs, visant à reproduire au mieux la nouvelle situation qu'introduirait la politique ou le programme de développement que l'on cherche à simuler. Tout l'intérêt du modèle est qu'il permet, en se basant sur des comportements observés des ménages agricoles, de donner des éléments de réponses sur les effets des politiques simulées.

Dans le cadre de ce travail sur les effets de la SPIN, nous nous sommes concentrés sur les soutiens qui relèvent de ce que les documents d'action de la SPIN appellent la demande « normale », qui représentent la majeure partie des subventions accordées. Il s'agit d'estimer dans quelle mesure ces soutiens participent à l'objectif de renforcement de la sécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté au Niger.

Deux scénarios ont été construits. Dans les deux cas, nous avons simulé un accès accru aux terres irriguées pour les ménages agricoles et évalué les impacts potentiels en termes d'assolement, de répartition des terres entre les cultures irriguées et non irriguées, de production agricole et de revenus.

Le **premier scénario** correspond à la situation qui prévaudrait si l'objectif d'aménager 4 700 hectares de terre pour la petite irrigation (soit 4 200 ha de nouveaux aménagements et 500 ha de réhabilitation) était atteint. A l'horizon 2015, ce sont donc 47 000 hectares additionnels qui seraient ainsi mis à disposition des ménages producteurs nigériens. Par conséquent, pour modéliser ce scénario, un plafond équivalent a été fixé pour l'accroissement de la surface totale aménagée en petite irrigation, et nous avons fait l'hypothèse que cette surface serait allouée aux exploitations les plus performantes sur ces nouvelles parcelles irriguées. En outre, dans ce scénario, les surfaces aménagées sont réparties par région proportionnellement à leur potentiel en terres irrigables. Les hypothèses concernant le financement correspondent aux modalités prévues par la SPIN pour la demande normale (10% de l'investissement payé par l'agriculteur, 40% subventionné et 50% sous forme de crédit). Par ailleurs, un plafond de 0.5 hectare de surface irriguée est prévu pour tous les nouveaux irrigants, afin de répartir au mieux les investissements sur un plus grand nombre d'exploitations agricoles. Enfin, dans ce scénario, les aides prévues par la SPIN sont réservées aux ménages qui ne pratiquaient pas encore l'irrigation (nouveaux irrigants).

Le **second scénario** correspond à la situation qui prévaudrait si la superficie aménagée en petite irrigation était portée à 270 000 hectares au total, soit un accroissement de plus de 160 000 hectares. Dans ce second scénario, le plafond de surface en petite irrigation est donc de 270 000 hectares. Par ailleurs, sous ce scénario, cette surface n'est pas distribuée entre les différentes régions. Ici aussi, les règles de financement correspondent à la demande normale, en revanche, tous les exploitants sont éligibles, y compris ceux qui étaient déjà irrigants. La surface d'aménagement subventionné par exploitation est plafonnée à 1 hectare. Ce scénario 2 correspond donc en quelque sorte à une "SPIN étendue".

Dans les deux scénarios, le coût de l'investissement initial retenu est la moyenne des données disponible pour un hectare aménagé avec clôture et sans clôture (voir Tableau 3). En outre, tous les autres coûts opérationnels, et notamment ceux liés à l'irrigation des nouvelles parcelles – électricité, combustible ou frais de maintenance des pompes – sont pris en charge par les ménages agricoles. Le modèle permet donc en quelque sorte aux exploitants d'accéder aux terres irrigables selon les modalités de la SPIN, et leur laisse le choix de décider de les utiliser en fonction des conditions de leur exploitation, de leurs résultats économiques (marge brute des cultures irriguées dans la région), de leur propre dotation en facteurs de production et leur

structure de coût. Il est important de noter que dans les simulations que nous présentons, l'adoption de l'irrigation n'est donc fondée que sur des considérations économiques, au sens large (il n'existe pas « d'infaisabilité technique » de l'irrigation au sens strict mais cela devrait se traduire par des coûts implicites élevés et prohibitifs).

Tableau 3. Coût moyen de l'aménagement d'une parcelle en petite irrigation

Région	Coût moyen approximatif de l'investissement pour un hectare de PI avec petits forages (CFA / ha)		
	(sans clôture)	(avec clôture)	Moyenne
Agadez ¹	1 475 000	4 250 000	2 862 500
Diffa	1 700 000	4 800 000	3 250 000
Dosso	1 600 000	4 200 000	2 900 000
Maradi	1 300 000	4 100 000	2 700 000
Tahoua	1 550 000	4 300 000	2 925 000
Tillabéri	1 650 000	4 350 000	3 000 000
Zinder	1 350 000	4 200 000	2 775 000
Niamey	1 200 000	3 800 000	2 500 000

Source : Secrétariat Permanent de la SPIN (2019)

Note (1) : Pour Agadez, en l'absence de données, la moyenne des autres régions a été utilisée.

Tableau 4. Hypothèses des scénarios construits pour la simulation des impacts de la SPIN

	Surface maximale d'aménagement nouveaux par exploitation	Modalité financement (% apport – subvention – crédit)	Ouvert aux irrigants actuels	Distribution des nouveaux aménagements en fonction du potentiel irrigable de chaque région
Scénario 1 – SPIN	0.5 ha	10-40-50	Non	Oui
Scénario 2 – SPIN étendue	1 ha	10-40-50	Oui	Non

Dans les deux cas, les effets sont mesurés au niveau des exploitations agricoles, qui sont représentatives de l'ensemble des exploitations nigériennes. Les résultats sont ensuite agrégés par type d'exploitation agricole ou par région.

4 Résultats : Effets de la SPIN sur les ménages producteurs

Les résultats présentés ici correspondent à l'effet de la SPIN sur les ménages producteurs faisant partie de la base de données construite pour le modèle FSSIM-Dev au Niger. Cependant, l'enquête ECVMA 2011 dont sont issues les données étant une enquête représentative, il est également possible de les extrapoler en utilisant le poids statistique de chaque ménage pour calculer les agrégats régionaux ou nationaux. Par ailleurs, notons que dans un souci de rendre les résultats plus facilement interprétables, une typologie des ménages producteurs a été construite, selon leur taille économique, leur degré d'intégration aux marchés et leur spécialisation.

4.1 Effets sur la production agricole

4.1.1 Effets sur la surface agricole irriguée

Sans surprise, les effets sur la surface agricole montrent un accroissement important des surfaces irriguées, ce qui correspond bien à l'objectif principal de la SPIN. Cela confirme l'attractivité de l'irrigation pour les ménages agricoles : si on leur propose d'augmenter leurs surfaces irriguées aux conditions des différents scénarios, ils réalisent volontiers les investissements nécessaires. Notons que les résultats présentés au Tableau 5 concernant l'ensemble des deux saisons correspondent à la somme des surfaces irriguées pendant les deux cycles de culture de saison des pluies et de saison sèche. Certaines parcelles sont donc comptabilisées deux fois. Il est donc plus judicieux d'analyser les surfaces irriguées par cycle de culture.

Le scénario 1 conduirait à une augmentation de la surface totale irriguée en saison sèche du Niger d'environ 44%, par rapport à la situation de référence, pour atteindre près de 154 000 hectares, soit un accroissement de 47 200 hectares. Ces résultats, conformes aux hypothèses de ce scénario, montrent simplement ici que cet objectif fixé par la SPIN est réaliste. Par ailleurs, dans ce scénario, la surface irriguée au cours de la saison des pluies augmente également, bien que plus légèrement, de 16%, pour atteindre 48 580 hectares soit 6 800 hectares de plus que dans le scénario de référence. L'enseignement ici est que la politique qui accompagnerait l'aménagement de terres en petite irrigation, pour la saison sèche, permettrait également à certains agriculteurs d'en tirer bénéfice pendant la saison des pluies. C'est notamment le cas dans les régions les plus septentrionales du pays, où l'irrigation peut permettre de palier l'irrégularité des pluies en hivernage.

Sous les hypothèses du scénario 2, l'accroissement des surfaces irriguées est plus important encore. En saison sèche, la surface irriguée atteint 273 000 hectares (+156% par rapport à la référence) soit environ 120 000 hectares de plus d'aménagés que dans le scénario précédant. L'intérêt de ce scénario est donc d'entrevoir ce que pourraient être les impacts pour les ménages producteurs nigériens et la production agricole du pays d'un accroissement très significatif des surfaces irriguées.

Tableau 5. Surface cultivée et irriguée selon les scénarios de simulation de la SPIN

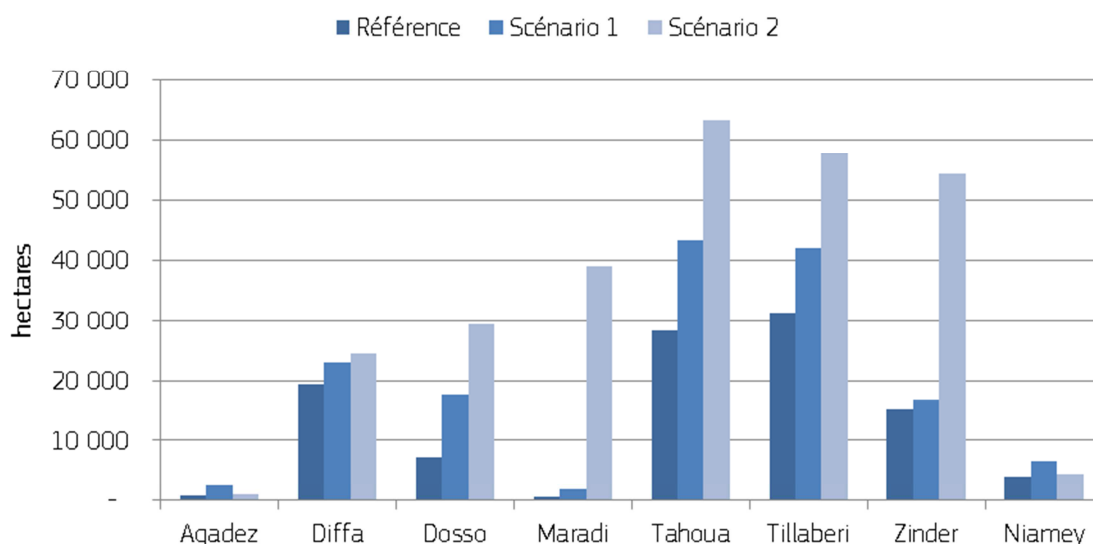
	Surface cultivée en saison des pluies (ha)		Surface cultivée en Saison sèche (ha)		Ensemble des deux saisons (ha)	
	Totale	Irriguée	Totale	Irriguée	Totale	Irriguée
Référence	10 529 461	41 772	106 609	106 609	10 636 070	148 380
Scénario 1	10 522 057	48 580	153 872	153 872	10 675 929	202 451
Scénario 2	10 527 737	96 443	273 459	273 459	10 801 196	369 901

Les figures suivantes permettent de visualiser dans quelles régions ont lieu les accroissements de surfaces irriguées suite à la mise en œuvre de la SPIN. Si presque toutes les régions sont concernées, il convient de distinguer le cas des régions d'Agadez et de Niamey, où les surfaces irriguées augmentent bien moins que dans le reste du pays, en valeur absolue (**Figure 1**). Cela peut s'expliquer par la faible disponibilité en eaux

pour l'irrigation pendant la saison sèche, qui se traduit par des coûts d'investissement et d'exploitation de nouvelles sources d'eau (c'est-à-dire des coûts implicites dans le modèle) assez élevés. Cependant, cette région est l'une de celle qui voit sa surface irriguée en saison sèche augmenter le plus en termes relatif (+261%), avec Dosso et Maradi. Pour la région de Niamey, l'explication réside peut-être davantage dans le fait qu'une grande partie des exploitants de la zone sont déjà des irrigants, et par conséquent, pour ces derniers, étendre davantage les surfaces irriguées pourrait se heurter à des contraintes de main d'œuvre, à des coûts de production marginaux prohibitifs, ou encore à la raréfaction des nouvelles surfaces disponibles pour l'irrigation. En effet, en raison de la proximité de la capitale et de la demande maraîchère, les surfaces propices à l'irrigation sont souvent déjà mises en valeur de cette manière, tandis que l'extension urbaine tend à ronger les surfaces agricoles disponibles pour de nouveaux aménagements.

La région de Maradi représente un autre cas extrême. Dans le scénario d'accroissement modéré de l'irrigation (scénario 1), cette région gagne très peu de nouvelles surfaces irriguées en saison sèche (+1 500 ha), car son potentiel irrigable est faible. En revanche, dans le scénario 2 qui ne prend pas en compte le potentiel irrigable de chaque région, cette région gagne plus de 38 000 hectares. Cette augmentation est du même ordre que celle observée dans la région de Zinder, mais elle représente un accroissement considérable pour une région où l'irrigation n'est, dans la situation de référence, pas très développée.

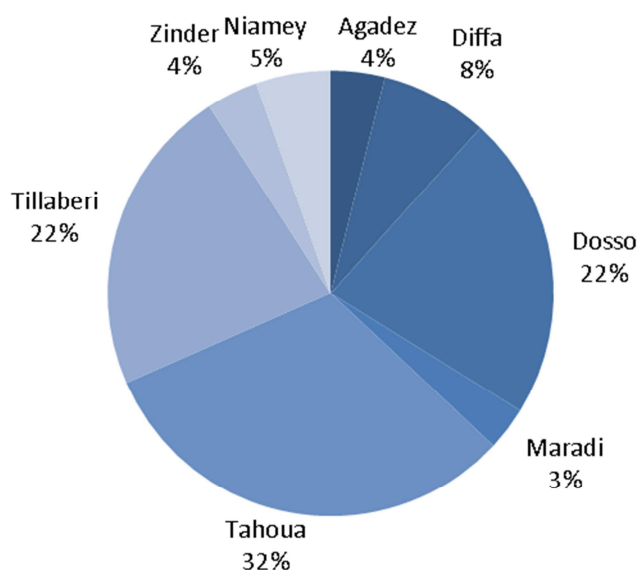
Figure 1. Surface irriguée en saison sèche par région selon les scénarios de simulation de la SPIN



Dans les autres régions (Dosso, Tahoua et Tillabéri), l'augmentation de la surface irriguée dans le Scénario 1 est comprise dans une fourchette de 10 000 à 15 000 hectares en saison sèche, des résultats qui semblent tout à fait raisonnables pour ces régions où l'irrigation est déjà plutôt bien ancrée. Enfin, la région de Diffa connaîtrait dans ce scénario un accroissement des surfaces irriguées de 3 700 hectares en saison sèche, soit une augmentation de 19% par rapport à la situation de référence.

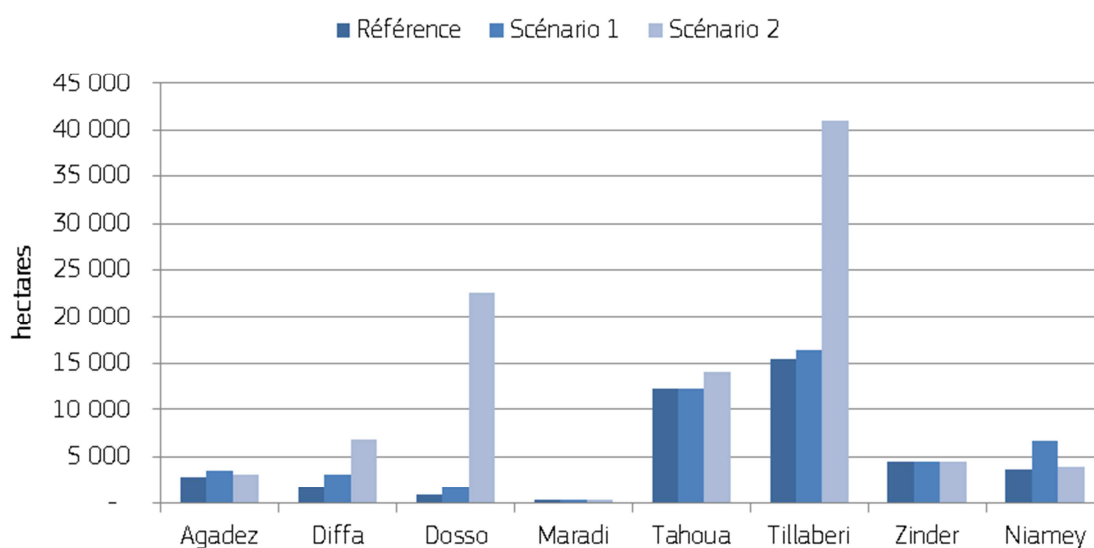
La **Figure 2** montre comment se distribueraient par région les nouvelles surfaces irriguées dans le cadre du scénario 1. La région de Tahoua serait celle qui absorberait l'accroissement le plus important de nouveaux aménagements (32% des 47 000 hectares en plus au niveau du Niger lui reviendrait), suivie de Dosso et de Tillabéri. Les régions d'Agadez, Maradi, Niamey et Zinder n'accueilleraient ensemble que 15% des nouvelles surfaces aménagées.

Figure 2. Répartition des nouvelles surfaces aménagées pour la petite irrigation par région (scénario 1)



En saison des pluies (Figure 3), l'extension des surfaces aménagées en petite irrigation par région serait moindre, bien qu'elle soit significative en valeur relative dans les régions de Dosso (+86%), Niamey (+81%) et Diffa (+75%) pour le scénario 1.

Figure 3. Surface irriguée en saison des pluies par région selon les scénarios de simulation de la SPIN



Comme indiqué plus haut, les ménages agricoles de l'échantillon ont fait l'objet d'une typologie afin de permettre d'analyser plus finement les résultats. Cette typologie comprend 5 classes d'exploitations, déterminées en fonction de la spécialisation (une exploitation est dite spécialisée si plus des deux tiers de son produit brut provient d'une même catégorie de culture, telle que les cultures traditionnelles comme le mil ou le sorgho, ou les cultures maraîchères par exemple), l'intégration dans les marchés (part de la production en valeur commercialisée) et la taille économique (valeur totale de la production agricole). Cette typologie est donc la suivante :

- Type 1 - Petite exploitation de cultures traditionnelles : exploitation de taille économique inférieure à la médiane, spécialisée dans les productions traditionnelles tels que le mil, sorgho, niébé, souchet ou encore le fonio.

- Type 2 - Grande exploitation de cultures traditionnelles : même spécialisation que la catégorie précédente mais taille économique supérieure. En outre, ces exploitations sont davantage tournées vers le marché.
- Type 3 - Exploitation de cultures non traditionnelles et de rente : Il s'agit ici d'exploitations fortement intégrées aux marchés et qui sont spécialisées dans des productions telles que le riz, le maïs, l'arachide, le sésame, le manioc, le blé, la patate douce...
- Type 4 - Exploitation maraîchère : exploitations intégrées aux marchés, et tournées vers le maraichage (laitue, poivron, tomate, oignon, piment, gombo, carotte, chou, haricot, courge, etc.).
- Type 5 - Exploitation diversifiée : Exploitation dont le produit brut provient de différentes catégories de culture.

Tableau 6. Surface moyenne irriguée par type d'exploitation agricole en saison sèche (hectare par exploitation)

	Référence	Scénario 1	Scénario 2
Type 1 - Petite exploitation de cultures traditionnelles	0,00	0,03	0,09
Type 2 - Grande exploitation de cultures traditionnelles	0,00	0,00	0,09
Type 3 - Exploitation de cultures non-traditionnelles et de rente	0,13	0,17	0,19
Type 4 - Exploitation maraîchère	0,69	0,69	0,71
Type 5 - Exploitation diversifiée	0,10	0,15	0,17

Le **Tableau 6** montre, pour chaque type d'exploitation, la surface moyenne aménagée pour la petite irrigation dont elle dispose en saison sèche. Dans le calcul de cette moyenne, toutes les exploitations sont prises en compte, y compris celles qui ne disposent pas de terres irriguées. Dans la situation de référence, les exploitations traditionnelles, petites ou grandes (type 1 et 2), ne disposent pas de surface irriguée, tandis que les exploitations de cultures non-traditionnelles (type 3) et diversifiées (type 5) cultivent en moyenne 1000 mètres carrés de surface irriguée en saison sèche. En revanche, les exploitations maraîchères (type 4) disposent en moyenne d'une surface pour pratiquer les cultures de contresaison irriguées de près de 0,7 hectares.

L'exercice de modélisation permet d'identifier quelles sont les types d'exploitation qui bénéficieraient le plus de la mise en œuvre d'une politique telle que la SPIN. Les données présentées au **Tableau 6** montrent que la surface moyenne irriguée en saison sèche par exploitation augmente pour la plupart des types d'exploitation agricole considérés, dans le scénario 1. Ainsi, les petites exploitations traditionnelles (type 1) qui généralement ne produisent que le triptyque mil-sorgho-niébé, disposeraient, grâce au soutien accordé par la SPIN, d'une surface modeste en irrigation (3 ares dans le scénario 1, et 9 ares dans le scénario 2). Les exploitations non traditionnelles, ou celles qui sont relativement diversifiées, bénéficieraient également de la SPIN : un accroissement de 5 ares de terres irriguées pour les exploitations de type 5 et de 4 ares pour les exploitations de type 3. Ces augmentations apparaissent modestes, mais il faut rappeler ici que ces données sont des moyennes pour l'ensemble des exploitations nigériennes, y compris celles qui ne bénéficient pas de la SPIN. Par ailleurs, les revenus tirés des cultures irriguées, même sur de petites surfaces, sont loin d'être négligeables comme nous le verrons plus bas. Enfin, les exploitations maraîchères, qui le plus souvent disposent déjà de l'irrigation, n'accroîtraient pas leur surface irriguée dans le scénario 1, et très peu dans le scénario 2. Dans ce scénario d'extension plus importante des aménagements de petite irrigation, les exploitations traditionnelles de type 1 et 2 seraient nettement plus favorisées, avec une surface qui passerait dans les deux cas à 9 ares.

Il ressort de ces résultats que les exploitations qui actuellement sont les moins dotées en infrastructures d'irrigation seraient celles, qui grâce à la SPIN, pourraient le plus accroître leur surface irriguée en saison sèche, en termes relatifs. Or, notamment pour les petites exploitations traditionnelles, la saison sèche correspond généralement à une période difficile, d'absence de revenu et de soudure, car ces agriculteurs ne

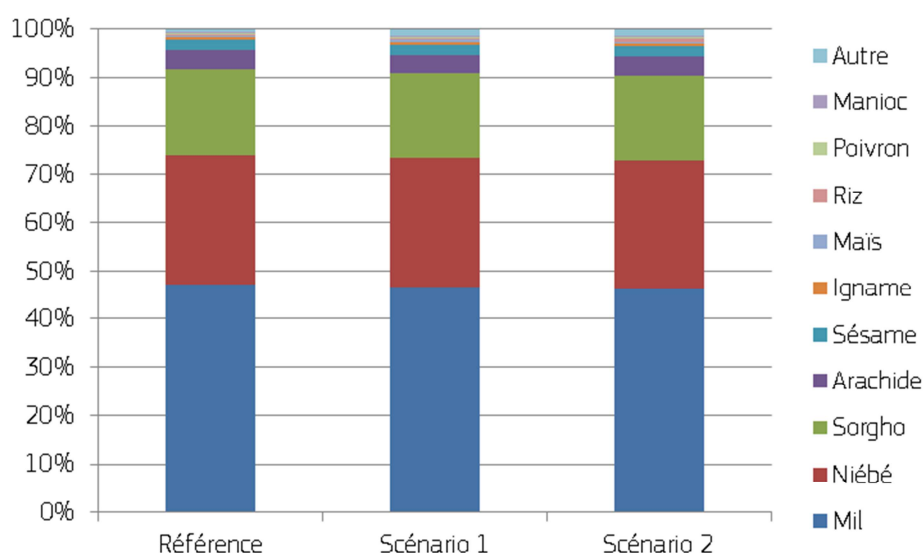
peuvent entreprendre aucune production. Il est donc fort probable que les bénéfices en termes de revenu et de sécurité alimentaire soit important pour ces exploitations.

4.1.2 Effets sur l'assolement

La Figure 4 montre l'impact de la mise en œuvre d'un programme d'accès à la petite irrigation sur l'assolement général du Niger en saison des pluies. Il en résulte que les aménagements prévus par la SPIN (Scénario 1) ou même un programme plus ambitieux encore (Scénario 2) n'auraient pas d'effets notables sur l'allocation que les agriculteurs font de leurs terres en saison d'hivernage. Il s'agit d'un résultat assez logique étant donné que l'irrigation est essentiellement utilisée en saison sèche, même si dans certaines régions comme Agadez ou le nord de Tillabéri ou de Tahoua, les producteurs y ont également recours en saison des pluies en complément ou pour palier la faiblesse des précipitations.

En l'absence d'impacts importants du programme de développement de l'irrigation, les cultures traditionnelles du mil, du niébé et du sorgho conservent donc leur place prépondérante dans l'assolement général du Niger en saison des pluies, avec respectivement 46%, 27% et 17% des surfaces plantées au cours de cette saison dans le scénario 1 (soit 4,9 millions d'hectare pour le mil, 2,8 million d'hectares pour le niébé et 1,8 million d'hectares pour le sorgho).

Figure 4. Effet de la SPIN sur l'assolement du Niger en saison des pluies



Les effets de l'accroissement des surfaces irriguées sont en revanche très importants sur l'assolement de la saison sèche (voir la Figure 5). Dans la situation de référence, trois cultures représentent à elles seules près des trois quarts de la surface cultivée en saison sèche au Niger : l'oignon (29% de la surface), le riz (25%) et le poivron (19%). L'oignon, principalement cultivé dans la région de Tahoua, ainsi que dans une moindre mesure à Maradi, est traditionnellement la culture de contresaison la plus importante du Niger et représente une source non négligeable de revenus d'exportation. Plante qui n'apprécie pas l'humidité excessive, elle se prête donc très bien aux systèmes de culture irrigués de saison sèche où le contrôle des apports en eaux est plus aisé. Le scénario 1 de simulation montre que l'intérêt pour cette culture ne se perdrait pas, loin de là, si les objectifs de la SPIN en termes de surface irriguée étaient couverts. Ainsi, l'oignon resterait la première culture de saison sèche avec plus de 47 500 hectares emblavés, ce qui représenterait une augmentation de plus de 55% (essentiellement dans la région de Tahoua). Derrière l'oignon, le riz et le poivron conserveraient leur place, mais avec des accroissements plus modérés (+6% pour le riz, et +18% de surface irriguée pour le poivron). En revanche, derrière ce trio de tête, la hiérarchie serait modifiée par l'irruption de la courge en tant que quatrième culture d'importance en termes de surface cultivée en saison sèche, avec près de 7 800 hectares (en majeure partie dans la région de Tillabéri) ce qui représenterait plus qu'un triplement de la surface de cette culture. Enfin, notons que dans le scénario 1, la culture de piment connaîtrait également une envolée (+133% de surfaces irriguées consacrées à cette culture en saison sèche, soit plus de 7 750 hectares), tout comme la patate douce (+139%, soit près de 5 700 hectares, principalement à Tillabéri). Notons enfin les accroissements très significatifs de la production de laitue (+ 272% de surface irriguée) et de choux (+ 252% de surface irriguée en saison sèche). Au final, l'un des enseignements de ce scénario 1 est

que non seulement la SPIN conduirait bien à un accroissement très significatif de la production maraîchère, mais elle engendrerait également une importante diversification des cultures pratiquées.

Enfin, le scénario de forte extension des aménagements de petite irrigation (scénario 2) montre que les tendances décrites plus haut continueraient si la surface irriguées était encore accrue. L'oignon resterait la première culture et passerait la barre des 100 000 hectares, mais derrière la hiérarchie serait bousculée par l'accroissement spectaculaire de la culture de la courge, qui prendrait la seconde place avec près de 70 000 hectares cultivées. La laitue, avec plus de 15 000 hectares, verrait également sa production plus que décupler.

Figure 5. Effet de la SPIN sur l'assolement du Niger en saison sèche

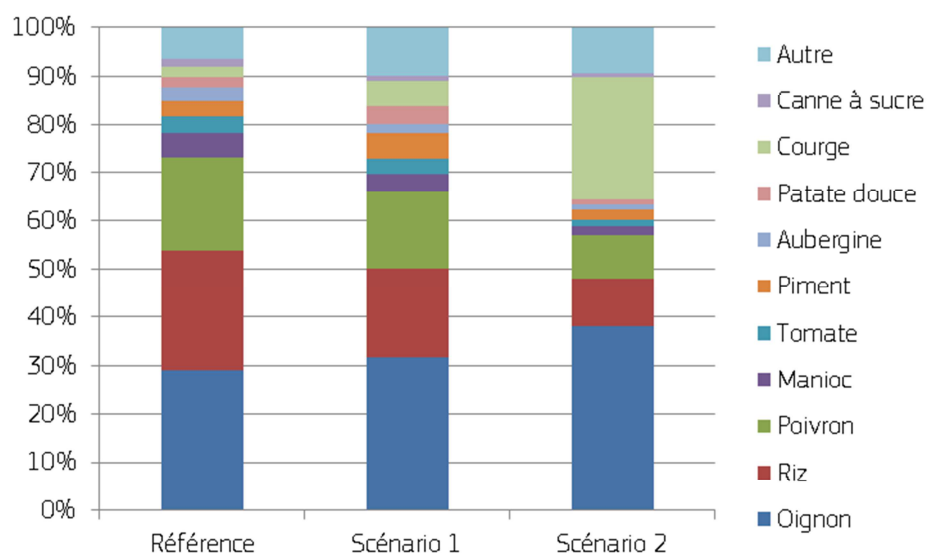
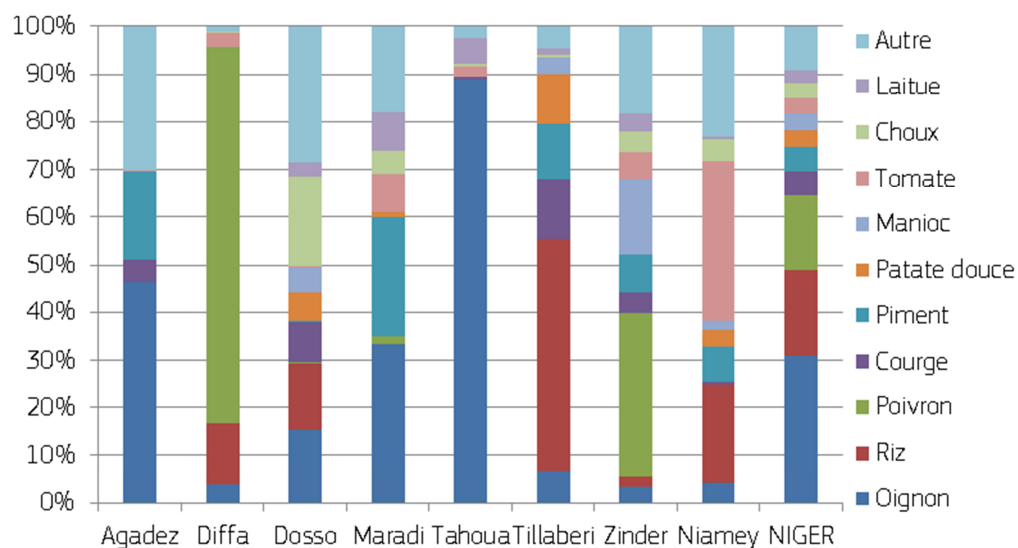


Figure 6. Assolement en saison sèche résultant de la simulation de la SPIN pour chaque région (Scénario 1)



La Figure 6 et le **Tableau 7** montrent l'assolement de saison sèche qui résulterait dans chaque région de la mise en œuvre de la SPIN (scénario 1). Le principal enseignement de ces données est que chaque région présenterait une diversité de production agricole bien différente, qui reflète les conditions agro-écologiques locales et le fait que certaines régions soient plus propices à certaines cultures que d'autres. Notons ainsi la très forte spécialisation de la région de Tahoua dans la culture de l'oignon, avec 38 000 hectares en saison sèche (près de 90% de l'assolement), et dans une moindre mesure celle de la région d'Agadez où l'oignon

occuperait 46% des surfaces en saison sèche. La région de Diffa, quant à elle, conserverait sa spécialisation dans la culture du poivron (plus de 18 000 hectares en saison sèche dans le scénario 1). Les régions de Dosso, Zinder et de Niamey, à l'inverse, observeraient une relative diversification des systèmes de culture de contresaison, avec des productions importantes de poivron, de piment, de courge, de tomate (à Niamey) ou encore de choux. Enfin, reste le cas de Tillabéri, où près de la moitié de la surface irriguée de saison sèche est consacrée au riz, mais qui présente sur l'autre moitié une certaine diversification, avec des cultures comme la courge, le piment, la patate douce ou encore l'oignon.

Tableau 7. Superficie cultivée des principales productions dans chaque région du Niger
(Référence et Scénario 1)

Référence	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	NIGER
Oignon	342	828	365	18	25 771	2 801	509	59	30 695
Riz	-	2 975	2 171	-	-	19 466	378	1 244	26 234
Poivron	-	14 549	44	18	-	-	5 785	41	20 438
Courge	15	3	69	-	39	1 911	72	12	2 120
Piment	26	7	53	73	-	2 352	552	260	3 323
Patate douce	-	-	898	18	-	1 450	-	12	2 379
Manioc	-	13	977	-	-	1 508	2 685	124	5 306
Tomate	25	717	21	107	827	19	866	1 087	3 670
Choux	-	50	84	56	210	128	693	167	1 389
Laitue	-	8	86	56	479	72	392	25	1 119
Autre	301	226	2 516	129	1 063	1 710	3 070	921	9 937
TOTAL	710	19 378	7 283	474	28 391	31 418	15 002	3 954	106 609
Scénario 1	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	NIGER
Oignon	1 185	854	2 710	654	38 508	2 802	530	270	47 513
Riz	-	2 993	2 493	-	-	20 494	378	1 342	27 700
Poivron	-	18 197	44	34	-	-	5 785	-	24 061
Courge	123	3	1 454	-	252	5 226	695	43	7 795
Piment	475	7	53	490	-	4 892	1 350	482	7 748
Patate douce	-	-	1 048	18	-	4 387	-	236	5 689
Manioc	-	13	985	-	-	1 511	2 685	121	5 314
Tomate	4	717	21	158	911	19	948	2 179	4 957
Choux	-	50	3 350	98	230	154	693	308	4 883
Laitue	-	8	524	155	2 248	558	643	28	4 164
Autre	773	226	5 052	354	1 095	1 972	3 070	1 507	14 049
TOTAL	2 561	23 070	17 734	1 960	43 243	42 014	16 776	6 515	153 872

En somme, il est incontestable que la mise en œuvre de la SPIN aurait des conséquences importantes sur les systèmes de culture et de production. L'effet le plus direct est un accroissement de la surface totale et par exploitation cultivée en culture irriguée et de contresaison. Dans la partie suivante, nous nous intéressons sur les effets de ces modifications sur les résultats économiques des exploitations agricoles nigériennes.

4.2 Impacts économiques de la mise en œuvre de la SPIN

Dans cette partie, nous nous concentrons sur les effets économiques de la mise en œuvre de la SPIN, notamment en termes de bénéfices économiques – revenu agricole additionnelle – pour les ménages producteurs nigériens. Cependant, il convient également de tenter d'estimer le coût du programme pour l'Etat afin de pouvoir mettre en balance les coûts et les bénéfices.

4.2.1 Estimation du coût de la mise en œuvre de la SPIN

A partir de la superficie de nouvelles parcelles irriguées en saison sèche estimée pour chacun des deux scénarios de la SPIN présentés plus haut, il est possible d'estimer le coût de l'opération pour l'Etat ou les éventuels bailleurs de fond. Le coût d'aménagement d'un hectare de surface de petite irrigation varie selon le type d'aménagement réalisé, la localisation, les opérateurs locaux, etc. Par ailleurs, il est fortement probable que sur une opération de l'envergure de la SPIN, des économies d'échelle soient réalisées et que le coût marginal de l'investissement soit décroissant. Sur la base notamment des informations disponibles localement et des projets antérieurs de développement de la petite irrigation (Ministère de l'Agriculture, 2015b), il est possible de donner une fourchette raisonnable de 1 à 4 millions de CFA pour un hectare aménagé au Niger.

Multiplié par la surface aménagée, la part de la subvention de l'Etat¹ dans cet investissement se situe donc entre 18 et 75 milliards de CFA (soit entre 29 et 115 millions d'euros). En ce qui concerne le Scénario 2, il s'avère plus lourd pour les finances de l'Etat puisqu'il représente un investissement minimum de 66 milliards de CFA (100 millions d'euros).

Tableau 8. Estimation du coût de la mise en œuvre de la SPIN pour le budget de l'Etat

	Surface irriguée nouvelle en saison sèche	Coût de l'investissement par ha (CFA par ha aménagé)		Coût total pour l'Etat (millions de CFA)	
		Min	Max	Min	Max
Scénario 1	47 260	1 000 000	4 000 000	18 905	75 620
Scénario 2	166 850	1 000 000	4 000 000	66 740	266 960

Indéniablement, la SPIN, que ce soit dans sa version standard ou dans une version étendue, représente un investissement considérable pour le Niger. Il convient maintenant d'analyser pour quels bénéfices.

4.2.2 Effets de la SPIN sur le revenu agricole

Les effets de la SPIN (scénario 1) et de la SPIN étendue (scénario 2) sur les revenus agricoles des exploitations nigériennes sont reportés dans le **Tableau 9**. Sans surprise, ces effets sont peu notables pour les revenus agricoles de la saison des pluies pour la plupart des régions, étant donné le peu de changements apportés par la SPIN aux systèmes de production de cette saison. Cependant, dans les régions d'Agadez et de Niamey, l'accès à l'irrigation permet un accroissement notable des revenus même en saison des pluies. En revanche, dans les autres régions, les effets se font sentir de façon bien plus marquée pendant la saison sèche.

Ainsi dans les régions d'Agadez et de Niamey, qui se caractérisent par une importante augmentation relative de la surface irriguée en saison sèche, d'autant plus forte que le niveau de la situation de référence est relativement bas, les exploitations agricoles enregistreraient une augmentation significative de leur revenu en saison sèche dans l'hypothèse où la SPIN serait entièrement réalisée (Scénario 1): +316% à Agadez et +536% à Niamey. En termes absolus, ces hausses de revenus correspondent à un accroissement de revenu

(¹) Pour rappel, l'Etat subventionne 40% du coût de la SPIN, chiffre repris pour les Scénario 1 et 2.

agricole brut d'environ 300 000 CFA à Agadez et de 377 000 CFA à Niamey. La hausse de revenu relative est également très importante à Dosso, même si le point de départ (la situation de référence) est relativement bas.

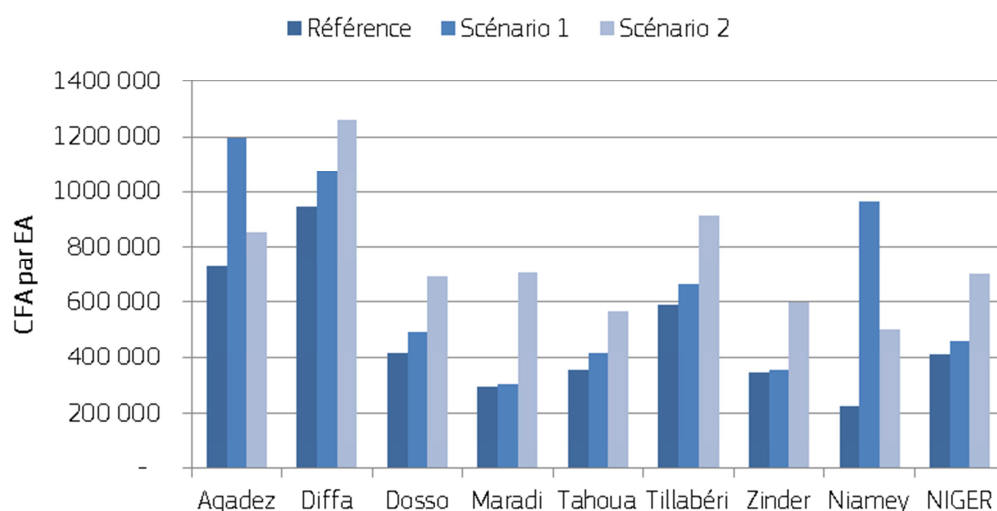
La hausse moyenne de revenu agricole est également importante à Tillabéri (+110%), Zinder (+40%) et à Tahoua (+38%), en termes relatifs. Pour l'ensemble du Niger, la hausse moyenne de revenu agricole pour le cycle de saison sèche est de 41 000 CFA pour le scénario de modélisation de la SPIN, ce qui représente une augmentation de 78%. Dans le scénario de SPIN étendue, cette hausse est de 422%. Cependant, si ces augmentations sont importantes en termes relatifs, c'est aussi car le niveau moyen de départ (situation de référence) était très bas (en moyenne, un revenu de 54 000 CFA par ménage producteur pour tout le cycle de saison sèche).

Sur l'ensemble des deux cycles de production de l'année, la hausse de revenu agricole due à la SPIN est de 12%, ce qui représente une hausse significative, quand bien même le revenu moyen de la situation de référence, environ 408 000 CFA (soit environ 621 euros) est très bas. En termes relatifs, l'augmentation la plus importante aurait lieu à Niamey, suivi de la région d'Agadez. En valeur absolue, l'augmentation moyenne par exploitation serait de 51 000 CFA pour l'ensemble du Niger. Le revenu le plus élevé sur l'ensemble de l'année serait observé dans la région d'Agadez, suivie de Diffa puis de Niamey (voir aussi la Figure 7). A Niamey, les petites exploitations profitent particulièrement bien de la SPIN, ce qui explique le bond observé du revenu agricole moyen. A l'autre extrémité, les revenus les plus maigres s'observent dans la région de Maradi et de Zinder, deux régions qui ne profitent pas autant que les autres de l'accès accru à l'irrigation.

Tableau 9. Effet de la SPIN sur le revenu agricole par exploitation, pour chaque région et saison

	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	NIGER
Saison des pluies									
Référence	633 974	746 973	400 875	294 383	219 443	523 905	333 733	154 625	354 805
Scénario 1	801 655	824 172	404 918	294 384	229 177	525 496	333 788	518 868	363 749
Scénario 2	706 912	954 714	454 163	334 992	264 690	664 027	374 148	244 475	420 697
Saison sèche									
Référence	94 497	197 109	16 194	1 036	134 568	65 046	13 617	70 320	53 902
Scénario 1	393 514	252 163	91 035	9 698	186 028	136 958	19 070	447 492	95 873
Scénario 2	148 549	304 091	240 051	370 627	302 597	248 883	227 484	258 676	281 795
Ensemble de l'année									
Référence	728 471	944 082	417 070	295 420	354 011	588 951	347 351	224 946	408 707
Scénario 1	1 195 169	1 076 335	495 953	304 082	415 205	662 453	352 859	966 359	459 622
Scénario 2	855 461	1 258 806	694 214	705 620	567 287	912 910	601 632	503 151	702 492

Figure 7. Simulation des effets de la SPIN sur le revenu agricole par exploitation



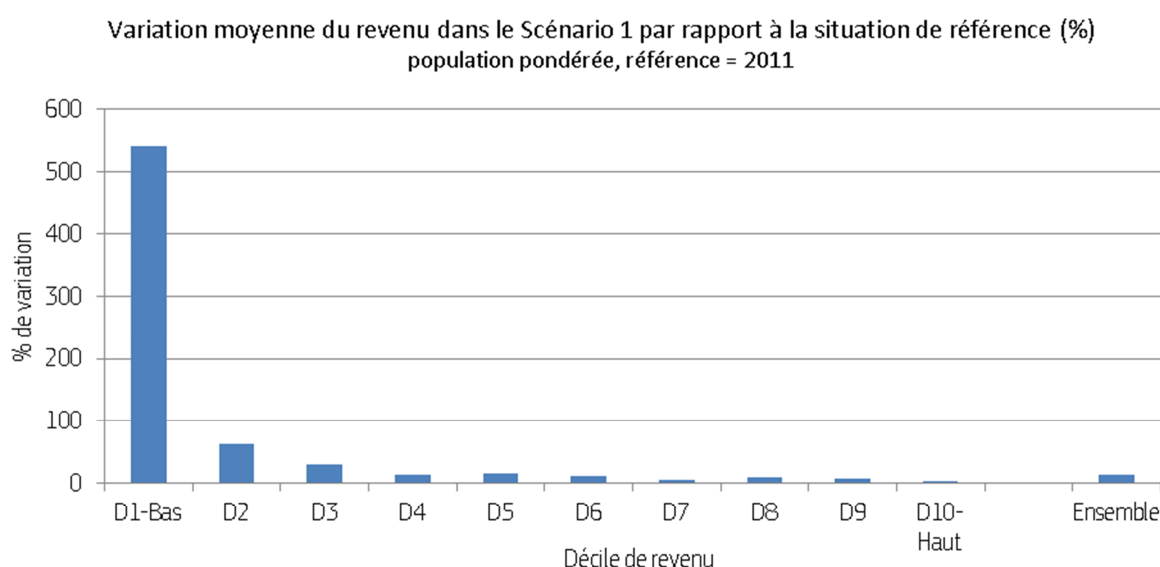
Le recours à la typologie des exploitations agricoles permet d'analyser les résultats précédents en adoptant une autre perspective (voir **Tableau 10**). Il apparaît que le revenu agricole des petites exploitations traditionnelles, dans la situation de référence, est particulièrement faible (168 500 CFA). Ces exploitations se caractérisent par une productivité de la terre faible en raison des contraintes du milieu et d'une dotation en facteurs de production très limitée. Le système de culture du mil, sorgho et niébé, sur lequel elles reposent principalement, souffre généralement de faibles rendements, pour des raisons agro-climatiques mais également en raison d'un faible recours aux intrants et aux variétés améliorées due à des capacités financières limitées. Au final, ces ménages agricoles sont souvent enfermés dans un cercle vicieux de sous-investissement – faibles rendements – faibles revenus. Par conséquent, l'accès à l'irrigation représente une opportunité unique de sortir de cette spirale négative et d'accéder aux productions de contre-saison et aux revenus qui en découlent. La modélisation de la SPIN (scénario 1) montre que ces ménages pourraient accroître leur revenu de plus de 30% grâce à l'accès à la petite irrigation. En termes relatifs, cette catégorie de ménages est celle qui bénéficierait le plus de la SPIN, même s'ils restent les plus pauvres en valeur absolue avec un revenu agricole annuel de 221 000 CFA (soit une augmentation de 52 000 CFA). En outre, notons que ces exploitations seraient également celles qui bénéficieraient le plus d'un programme de SPIN étendue, telle que celui qui est représenté dans le scénario 2. Dans ce cas, les petites exploitations traditionnelles verraient leur revenu augmenter de plus de 150% et les plus grandes exploitations traditionnelles de 70%.

L'effet sur le revenu agricole est également très significatif pour les exploitations diversifiées (type 5, +29%). En revanche, il est moindre pour les exploitations engagées dans des cultures de rente (Type 3, +14%) et dont le niveau de revenu en situation de référence est un peu plus important que les précédentes. Les exploitations de cette catégorie sont notamment contraintes par leur dotation en main d'œuvre, dans la mesure où les activités agricoles dans lesquelles elles sont déjà engagées (culture du riz, de l'arachide par exemple) sont déjà relativement intensives en travail. Dans ces systèmes de production, la main d'œuvre devient un facteur limitant au moment de s'engager dans les cultures maraîchères permises par l'irrigation. Cette même contrainte pèse également sur les exploitations de type maraîchères, qui sont celles qui profiteraient le moins de la mise en place de la SPIN selon les simulations réalisées. En effet, leur revenu n'augmenterait que de 4%. Cependant, ces exploitations sont déjà, en situation de référence, celles qui génèrent le plus de richesse, et de loin. La mise en place de la SPIN ne changerait rien à cette hiérarchie, même si elle permettrait une réduction du fossé existant entre les différentes catégories d'exploitations agricoles nigériennes.

Tableau 10. Effet de la SPIN sur le revenu agricole par type d'exploitation

	Référence	Scénario 1	Scénario 2
Type 1 - Petite exploitation de cultures traditionnelles	168 567	220 978	427 319
Type 2 - Grande exploitation de cultures traditionnelles	499 836	503 633	850 959
Type 3 - Exploitation de cultures non-traditionnelles et de rente	522 889	596 768	808 103
Type 4 - Exploitation maraîchère	1 717 023	1 788 447	1 847 925
Type 5 - Exploitation diversifiée	461 532	594 905	741 750

Ces considérations sur la nature des bénéficiaires des impacts de la SPIN en termes de revenu nous amène à envisager les effets redistributifs que cette politique d'accès à l'irrigation pourrait avoir à l'échelle des ménages agricoles. Pour ce faire, nous avons classé l'ensemble des ménages de l'échantillon par décile², selon leur revenu agricole dans la situation de référence. La **Figure 8** montre ainsi l'augmentation moyenne de revenu agricole induite par la mise en œuvre de la SPIN, pour chaque décile de revenu agricole. Il en ressort que ce programme est très favorable à la réduction des inégalités de revenu agricole. En effet, les ménages agricoles qui appartiennent à la tranche des 10% des ménages les plus pauvres dans la situation de référence (revenu agricole inférieur à 66 000 CFA), sont ceux qui voient leur revenu augmenter le plus grâce à l'accès à l'irrigation permis par la SPIN. Leur revenu agricole moyen est multiplié par plus de 6 dans le scénario 1. Pour les 10% des ménages appartenant à la tranche de revenu suivante (deuxième décile, D2, revenu agricole compris entre 66 000 et 124 000 CFA par an), l'augmentation est encore de 62%. En revanche, pour les ménages de la tranche des 10% les plus riches (revenu agricole supérieur à 626 600 CFA par an), l'augmentation du revenu agricole n'est que de 1%.

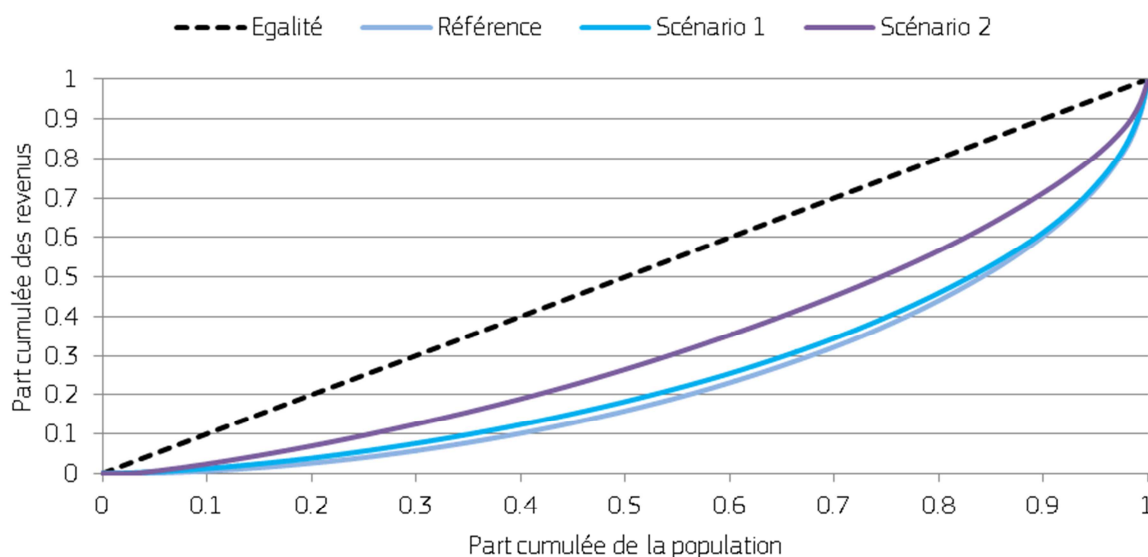
Figure 8. Effet de la SPIN sur la redistribution des revenus agricoles

Les résultats de la modélisation de la SPIN permettent également de calculer l'indice Gini de la distribution des revenus agricoles pour l'ensemble des exploitations agricoles du Niger. L'indice Gini mesure le niveau d'inégalité de la répartition des revenus dans une population ; il est compris entre 0 et 1 (ou entre 0% et

(²) Le classement par décile de revenu est obtenu en ordonnant l'ensemble des ménages en fonction de leur revenu puis en découpant la population de ménages en tranche de 10%. Le premier décile correspond donc aux 10% des ménages les plus pauvres, le 2^{ème} aux 10% suivants en termes de revenu, etc. Il est ensuite possible de calculer, pour chaque décile, le revenu moyen des ménages qui l'intègrent.

100%), et il augmente avec l'inégalité de la distribution. Une distribution parfaite correspond donc à un indice Gini de 1. Dans le cas du revenu agricole des ménages nigériens, l'indice Gini de la situation de référence est de 0,50. La mise en œuvre de la SPIN (Scénario 1) induirait un indice Gini de 0,45 soit précisément une diminution de 4,65 points. Ces résultats sont donc conformes aux observations précédentes et montre que la SPIN aurait un effet positif marqué sur les inégalités en milieu rural au Niger. Par ailleurs, la Figure 9 montre la courbe de Lorentz de la distribution des revenus agricoles dans le cas de la situation de référence et pour les résultats de la simulation de la SPIN (Scénario 1). Dans le scénario 2, l'indice GINI diminuerait même de plus de 15 points pour atteindre 0,34, dans le sens d'une répartition plus égalitaire des revenus agricoles au sein de la population rurale.

Figure 9. Effet de la SPIN sur la courbe de Lorentz des revenus agricoles des exploitations agricoles du Niger



L'ensemble de ces résultats confirment donc les effets positifs sur la distribution et la réduction des écarts de revenu qui seraient induits par l'accroissement des surfaces irrigables au Niger, et qui avaient déjà été pressentis par l'analyse des impacts sur le revenu agricole des différents types d'exploitation.

4.2.3 Effet de la SPIN sur la demande de main d'œuvre

Les résultats de la modélisation de la SPIN permettent également de calculer l'impact de ce programme sur la demande de main d'œuvre dans l'agriculture nigérienne. Une fois de plus, les effets concernent surtout la saison sèche, et reflètent les modifications déjà décrites de superficie cultivée. A l'échelle du pays, la SPIN engendrerait un accroissement de la demande de main d'œuvre de plus de 55% en saison sèche, supérieur à l'accroissement de 44% de la surface cultivée en cette saison. Cela s'explique par les besoins en travail importants des cultures maraîchères, principales productions de contresaison. Cette demande additionnelle de travail correspond, pour la saison sèche, à 13 millions de journées de travail supplémentaires, soit, en équivalent temps plein, à environ 59 600 emplois supplémentaires. Etant donné le contexte actuel du marché du travail au Niger et du fort taux d'émigration, la création d'emplois représente donc un autre aspect positif à mettre au crédit de la SPIN. L'effet de saisonnalité est également important. En effet, si l'on prend l'exemple de la région d'Agadez, la SPIN permettrait une création de plus de 2 400 emplois en saison sèche, ou encore 11 900 dans la région de Tillabéri et 24 000 dans la région de Tahoua. Ces créations d'emplois pourraient contribuer à limiter les migrations temporaires auxquelles de nombreux agriculteurs, les plus jeunes notamment, doivent se livrer faute d'activités agricoles suffisante au cours de cette saison. Pour l'ensemble des deux saisons de production, le surcroît de travail créé par la mise en œuvre de la SPIN s'élève à 15 millions d'homme-jours, soit environ 70 000 emplois à temps plein.

Dans le scénario 2, de la SPIN étendue, la demande de travail supplémentaire est plus importante encore, et représenterait jusqu'à plus de 278 000 emplois additionnels sur les deux saisons. Il est donc évident que l'accès à l'irrigation engendrerait une demande de main d'œuvre plus importante et donc des créations d'emplois dans le secteur agricole.

Tableau 11. Effets de la SPIN sur la demande de main d'œuvre dans l'agriculture (en milliers de journées de travail)

	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	NIGER
Saison des pluies									
Référence	1 551	22 597	80 264	136 269	105 204	142 469	160 187	1 742	650 283
Scénario 1	1 763	23 435	80 545	136 269	105 411	142 550	160 193	2 375	652 541
Scénario 2	1 608	23 839	81 506	136 421	105 646	144 890	160 186	1 838	655 934
Saison sèche									
Référence	189	4 011	1 570	87	9 748	5 211	2 449	643	23 909
Scénario 1	715	4 830	4 076	418	15 003	7 837	2 919	1 228	37 026
Scénario 2	275	5 227	8 382	11 321	22 325	12 870	18 318	758	79 475
Ensemble de l'année									
Référence	1 740	26 609	81 834	136 356	114 952	147 680	162 636	2 385	674 192
Scénario 1	2 477	28 265	84 621	136 687	120 414	150 387	163 112	3 604	689 567
Scénario 2	1 884	29 066	89 887	147 742	127 971	157 760	178 503	2 596	735 409

4.3 Impact de la mise en œuvre de la SPIN sur la pauvreté et sécurité alimentaire

Au-delà de l'indicateur économique que constitue le revenu agricole, il semble pertinent de mesurer l'effet que la mise en œuvre de la SPIN aurait sur la pauvreté monétaire et l'insécurité alimentaire.

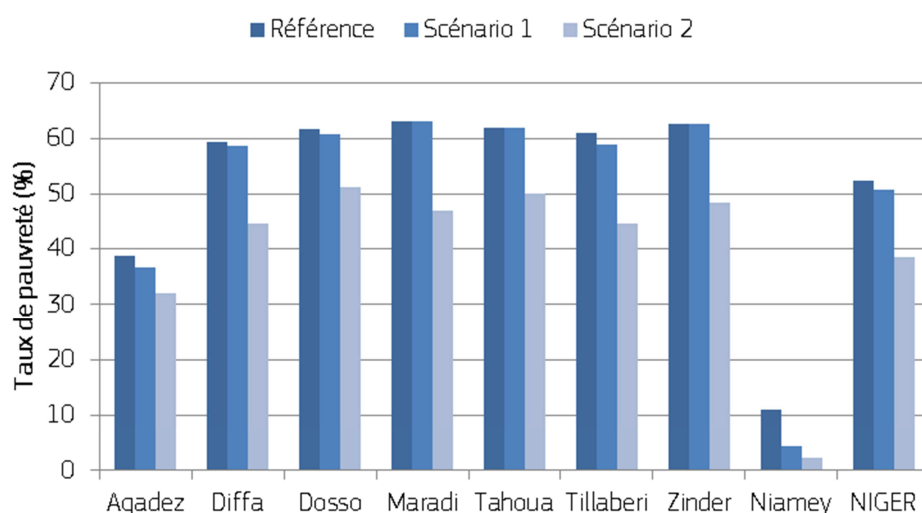
Nous avons mesuré la pauvreté monétaire en reprenant les seuils de revenu par individu calculés à partir de l'ECVMA de 2011 (INS, 2011) et en ajustant nos données au taux de pauvreté officiel. Pour les ménages ruraux de la zone agricole, le seuil de l'extrême pauvreté est fixé à 150 000 CFA par personne et par an ou 410 CFA par jour. Le seuil de pauvreté correspond au double de la pauvreté extrême, soit 300 000 CFA par personne et par an ou 820 CFA par jour. A partir de ces chiffres, il est donc possible de déterminer pour chaque ménage de notre échantillon sa position par rapport aux lignes de pauvreté, et partant, le taux de pauvreté de chaque région, pour la situation de référence et les scénarios de simulation de la SPIN³. Les résultats sont reproduits dans la Figure 10 et Figure 11.

Au niveau national, la mise en œuvre de la SPIN permettrait de faire baisser le taux de pauvreté de 52,4% à 50,8% des ménages ruraux. Il s'agirait donc d'une légère amélioration, même s'il est évident que la question de la pauvreté ne serait pas réglée pour autant. En revanche, la SPIN étendue (scénario 2) permettrait de diminuer davantage le taux de pauvreté rurale qui passerait à 38%, soit une diminution de près de 14 points, ce qui en matière de pauvreté est loin d'être négligeable. C'est dans la région de Niamey que la pauvreté rurale diminuerait le plus (de 11% à 4% de la population rurale), en raison de l'important accroissement relatif des surfaces irriguées dans cette région en comparaison à la situation de référence.

Les progrès apportés par la SPIN sont un peu plus marqués en ce qui concerne l'extrême pauvreté. En effet, le développement des infrastructures de petite irrigation permettrait de faire passer le taux d'extrême pauvreté des ménages ruraux de 46% à 43%, soit une baisse de 3 points de pourcentage pour le scénario 1. Dans la région d'Agadez, la SPIN permettrait de diviser le taux de l'extrême pauvreté par près de deux. Les progrès seraient également importants dans la région du Diffa. Logiquement, le scénario de SPIN étendue engendrerait une réduction encore plus drastique de la pauvreté extrême (voir la Figure 11).

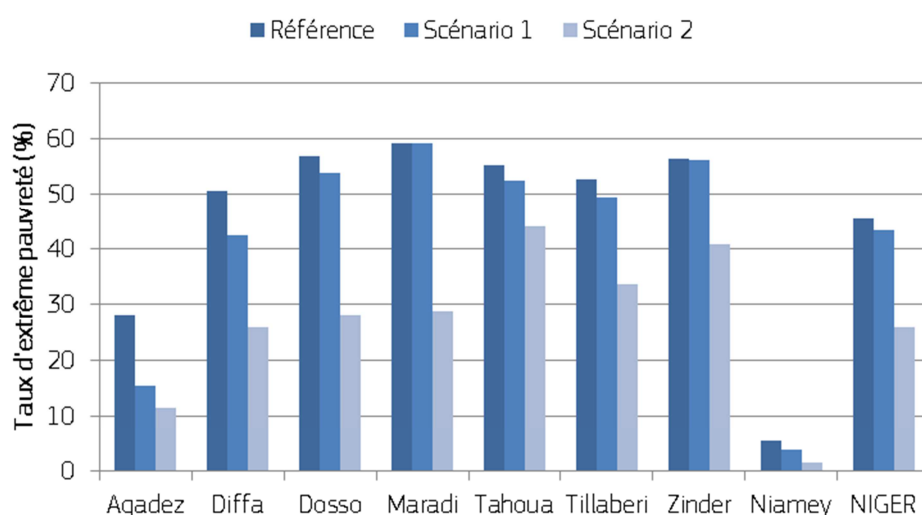
⁽³⁾ Notons que les taux de pauvreté sont calculés ici en utilisant la somme du revenu agricole et de tous les autres revenus des ménages de l'échantillon, et non pas à partir des données de dépenses alimentaires et non alimentaires, comme c'est le cas habituellement à partir des enquêtes de consommation. Il en résulte des chiffres de prévalence de la pauvreté qui diffèrent légèrement de ceux que l'on peut retrouver par ailleurs. Cependant, l'intérêt principal des calculs réalisés ici est de montrer l'impact de la SPIN sur ces indicateurs, et non pas de quantifier précisément la pauvreté rurale au Niger.

Figure 10. Effet de la SPIN sur la pauvreté des ménages agricoles



Note : Le seuil de pauvreté retenu pour ces calculs est de 820 CFA par jour et par personne soit 300 000 CFA par an (INS, 2011).

Figure 11. Effet de la SPIN sur la pauvreté extrême des ménages agricoles



Note : Le seuil d'extrême pauvreté retenu pour ces calculs est de 410 CFA par jour et par personne soit 150 000 CFA par an (INS, 2011).

Pour finir, nous avons estimé l'impact sur la consommation de la mise en œuvre de la SPIN. En effet, le module de la consommation du modèle FSSIM-Dev reproduit le comportement de consommateur des ménages de l'échantillon utilisé dans le présent exercice. Il est donc possible de calculer notamment les apports caloriques par individu au sein de chaque ménage (calories par tête), dans la situation de référence comme dans la situation qui prévaudrait avec la mise en place de la SPIN (**Tableau 12**).

Les résultats montrent une nette amélioration de la sécurité alimentaire des ménages agricoles en cas de mise en œuvre de la SPIN, mesurée en termes d'apports caloriques par individu. A l'échelle du Niger, la consommation de calorie augmenterait ainsi de 30% si la SPIN était mise en œuvre. Une fois encore, les bénéfices sont particulièrement marqués dans la région d'Agadez (augmentation de 28%) ou encore de Niamey. Par ailleurs, l'accroissement de la production maraîchère engendrerait certainement des effets positifs sur les apports en micronutriments dont les légumes sont généralement riches. Il est également probable que la consommation alimentaire des ménages ayant accès à la petite irrigation soit davantage diversifiée. Cependant ces effets ne sont pas mesurés ici. En tout état de cause, il est indéniable que la SPIN engendrerait une amélioration importante de la sécurité alimentaire des ménages nigériens.

Tableau 12. Effets de la SPIN sur la consommation de calories au sein des ménages agricoles (calories / jour / personne)

	Agadez	Diffa	Dosso	Maradi	Tahoua	Tillabéri	Zinder	Niamey	NIGER
Référence	1 612	2 075	1 757	1 422	1 706	1 611	1 693	2 151	1 768
Scénario 1	1 971	2 125	1 806	1 495	1 840	1 737	1 863	2 426	1 918

5 Conclusions

Ce rapport présente les résultats d'une évaluation des impacts que la mise en œuvre de la SPIN pourrait avoir sur les ménages producteurs agricoles nigériens. Grâce à un modèle de programmation mathématique qui reproduit le comportement de ces ménages, il est en effet possible d'estimer quel serait leur réaction si le programme de développement de la petite irrigation était entièrement mis en œuvre. La modélisation de la SPIN permet donc d'analyser les changements en termes de surface, de production, de revenu et de consommation que ce programme supposerait pour chacun des 2 322 ménages modélisés, et de les extrapoler ensuite à l'ensemble du secteur agricole nigérien.

Les résultats de la simulation des effets de la SPIN sont particulièrement probants et tendent à valider la place centrale de ce programme dans l'Initiative 3N. En effet, si l'objectif de porter les surfaces irriguées actuellement autour de 106 000 hectares à environ 153 000 hectares était réalisé, cela engendrerait des bénéfices significatifs pour un grand nombre de producteurs. Ainsi, le revenu moyen des ménages augmenterait de plus de 12%, ce qui représente en moyenne un revenu additionnel moyen de 51 000 CFA pour chaque ménage nigérien. Par ailleurs, les résultats des simulations montrent que la SPIN aurait également un léger effet positif sur les inégalités de revenu entre exploitations agricoles. L'indice Gini passerait ainsi de 50 à 45. La SPIN profiterait en effet particulièrement aux petites exploitations traditionnelles, qui actuellement reposent essentiellement sur un système de culture mil – sorgho – niébé. Ces exploitations sont souvent enfermées dans un "piège à pauvreté" – faible revenus, faible investissements – duquel l'accès à la petite irrigation leur permettrait de sortir en leur offrant des opportunités nouvelles de production et de diversification de leurs revenus.

Au final, la mise en œuvre réussie de la SPIN pourrait engendrer une diminution du taux de pauvreté rurale de l'ordre de 1,6 point (et 2,1 points pour l'extrême pauvreté). La sécurité alimentaire des ménages en serait également renforcée. La SPIN représente donc une opportunité unique pour le secteur agricole nigérien. Pour que l'analyse soit complète, il faut également tenter d'estimer le coût de ce programme. Au total, l'investissement nécessaire se situerait entre 18 et 75 milliards de CFA (soit entre 29 et 115 millions d'euros), ce qui représente un montant conséquent, mais qui au regard des bénéfices générés, peut sembler justifier. Ce montant se répartirait entre Etat, bailleurs et producteurs, ces derniers assumant 60% du coût de la mise en œuvre des aménagements, avec le soutien du secteur bancaire.

Les résultats de la simulation de la SPIN présentés dans ce rapport sont le fruit d'un intense travail visant à reproduire mathématiquement le fonctionnement des exploitations agricoles nigériennes. Néanmoins, il est important de noter que la méthodologie utilisée pour réaliser cette simulation comporte un certain nombre de limitations. La disponibilité physique de l'eau n'est ainsi pas prise en compte par le modèle, ni le coût réel que supposerait l'installation d'un périmètre irrigué pour chaque exploitation. Malgré ces limitations inhérentes à tout exercice de modélisation ex-ante, les résultats présentés dans ces pages donnent un aperçu des bénéfices indéniables de la Petite Irrigation pour les ménages agricoles nigériens.

Parmi les hypothèses formulées pour estimer les effets de la PI, nous avons supposé que le programme serait accessible au plus grand nombre, et qu'aucun obstacle n'empêcherait un producteur d'accéder à l'irrigation s'il en exprimait le désir. Il est évident qu'il s'agit d'une vision optimiste de la réalité. Cependant, c'est vers cet objectif que devront travailler tous les acteurs concernés par la mise en œuvre de la SPIN. Ainsi, un programme aussi ambitieux que la SPIN ne pourrait pas fonctionner sans un accompagnement des producteurs par un service de conseil agricole adapté, efficace et bien organisé. Autre élément non pris en compte dans nos analyses, il est essentiel que le secteur bancaire joue pleinement son rôle de financement des infrastructures et d'accompagnement des porteurs de projet. Les organisations professionnelles doivent permettre aux agriculteurs de s'organiser de façon efficace pour notamment réduire leurs coûts de production et faciliter la commercialisation de leur production. Enfin, l'Etat doit faire en sorte de tout mettre en œuvre pour que les producteurs qui auront fait le choix de la petite irrigation trouvent autour d'eux un environnement favorable, leur permettant notamment d'accéder aux marchés d'intrants et de produits, aux services de conseil technique et d'entretiens et de réparation des infrastructures, etc.

Gageons que toutes ses conditions seront réunies pour faire de la petite irrigation en général et de la SPIN en particulier un élément central de la nécessaire transformation du secteur agricole nigérien.

Bibliographie

- Adeoti, A., Barry, B., Namara, R., Kamara, A., Titiati, A., 2007. Treadle Pump Irrigation and Poverty in Ghana, IWMI Research Report 117. International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka, p. 24 pages.
- Banque Mondiale, 2018. World Development Indicators, World Bank Website.
- Burney, J.A., Naylor, R.L., 2012. Smallholder Irrigation as a Poverty Alleviation Tool in Sub-Saharan Africa. *World Development* 40, 110-123.
- Carter, R.C., 1989. The development of small-scale irrigation in sub-Saharan Africa. *Public Administration and Development* 9, 543-555.
- de Fraiture, C., Giordano, M., 2014. Small private irrigation: A thriving but overlooked sector. *Agricultural Water Management* 131, 167-174.
- De Janvry, A., Fafchamps, M., Sadoulet, E., 1991. Peasant Household Behaviour with Missing Markets: Some Paradoxes Explained. *Economic Journal* 101, 1400-1417.
- Dillon, A., 2011. Do Differences in the Scale of Irrigation Projects Generate Different Impacts on Poverty and Production? *Journal of Agricultural Economics* 62, 474-492.
- Feleke, S.T., Kilmer, R.L., Gladwin, C.H., 2005. Determinants of food security in Southern Ethiopia at the household level. *Agricultural Economics* 33, 351-363.
- FIDA, 2012. République du Niger. Programme d'options stratégiques pour le pays. Fond International pour le Développement Agricole, Rome.
- Gay, B., 1994. Irrigation Privée et Petites Motopompes au Burkina Faso et au Niger. Groupe de Recherches et d'Echanges Techniques, Paris.
- Giordano, M., de Fraiture, C., 2014. Small private irrigation: Enhancing benefits and managing trade-offs. *Agricultural Water Management* 131, 175-182.
- HCi3N, 2012. Cadre Stratégique de l'Initiative 3N. Haut Commissariat à l'Initiative 3N, Niamey.
- Heckelei, T., 2002. Calibration and Estimation of Programming Models for Agricultural Supply Analysis, Habilitation Thesis. Agricultural Faculty, University of Bonn, Bonn, Germany.
- Heckelei, T., Mittelhammer, R.C., Jansson, T., 2008. A Bayesian alternative to generalized cross entropy solutions for underdetermined econometric models, Discussion Papers 56973. Institute for Food and Resource Economics, Bonn.
- Henry de Frahan, B., Buysse, J., Polomé, P., Fernagut, B., Harmignie, O., Lauwers, L., Van Huylenbroeck, G., Van Meensel, J., 2007. Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice, in: Weintraub, A., Romero, C., Bjørndal, T., Epstein, R. (Eds.), *Handbook of Operations Research in Natural Resources*. Springer US, pp. 129-154.
- Howitt, R.E., 1995. A Calibration Method for Agricultural Economic Production Models. *Journal of Agricultural Economics* 46, 147-159.
- INS, 2011. Profil et déterminants de la pauvreté au Niger en 2011, Premiers résultats de l'ECVMA. Institut National de la Statistique et Banque Mondiale, Niamey, p. 69 pages.
- INS, 2012. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Institut National de la Statistique du Niger, Niamey.
- Janssen, S., Louhichi, K., Kanellopoulos, A., Zander, P., Flichman, G., Hengsdijk, H., Meuter, E., Andersen, E., Belhouchette, H., Blanco, M., Borkowski, N., Heckelei, T., Hecker, M., Li, H., Oude Lansink, A., Stokstad, G., Thorne, P., van Keulen, H., van Ittersum, M.K., 2010. A Generic Bio-Economic Farm Model for Environmental and Economic Assessment of Agricultural Systems. *Environmental Management* 46, 862-877.
- Larochelle, C., Alwang, J., 2014. Impacts of improved bean varieties on food security in Rwanda, Selected paper for presentation at the Agricultural and Applied Economics Association's 2014 Annual meeting, July 37-29, 2014, Minneapolis, MN.
- Louhichi, K., Ciaian, P., Espinosa-Goded, M., Colen, L., Perni, A., Gómez-y-Paloma, S., 2015. Farm-level economic impacts of EU-CAP greening measures, Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, San Francisco, USA.

- Louhichi, K., Ciaian, P., Espinosa, M., Colen, L., Perni, A., Gomez-y-Paloma, S., 2017. Does the crop diversification measure impact EU farmers' decisions? An assessment using an Individual Farm Model for CAP Analysis (IFM-CAP). *Land Use Policy* 66, 250-264.
- Louhichi, K., Gomez y Paloma, S., 2014. A farm household model for agri-food policy analysis in developing countries: Application to smallholder farmers in Sierra Leone. *Food Policy* 45, 1-13.
- Louhichi, K., Kanellopoulos, A., Janssen, S., Flichman, G., Blanco, M., Hengsdijk, H., Heckeley, T., Berentsen, P., Lansink, A.O., Ittersum, M.V., 2010. FSSIM, a bio-economic farm model for simulating the response of EU farming systems to agricultural and environmental policies. *Agricultural Systems* 103, 585-597.
- Ministère de l'Agriculture, 2014. Résultats définitifs de la Campagne Agricole d'Hivernage 2014 et Perspectives Alimentaires 2014-2015. Direction des Statistiques - Ministère de l'Agriculture, Niamey.
- Ministère de l'Agriculture, 2015a. Evaluation du potentiel en terre irrigable du Niger. Direction Générale du Génie Rural - Ministère de l'Agriculture, Niamey.
- Ministère de l'Agriculture, 2015b. Stratégie de la Petite Irrigation au Niger. DG du Génie Rural, Ministère de l'Agriculture du Niger, Niamey.
- Oluyole, K.A., Oni, O.A., Omonona, B.T., Adenegan, K.O., 2009. Food Security among Cocoa Farming Households of Ondo State, Nigeria. *ARP Journal of Agricultural and Biological Science* 4, 7-13.
- Paris, Q., Howitt, R.E., 1998. An Analysis of Ill-Posed Production Problems Using Maximum Entropy. *American Journal of Agricultural Economics* 80, 124-138.
- Perry, E., 1997. Low-cost irrigation technologies for food security in sub-Saharan Africa, Irrigation Technology Transfer in Support of Food Security. FAO, Rome.
- Purcell, R., 1997. Potential for small-scale irrigation in sub-Saharan Africa: The Kenyan example, Irrigation Technology Transfer in Support of Food Security. FAO, Rome.
- Secrétariat Permanent SPIN, 2019. Personal Communication. Janvier 2019.
- Singh, I., Squire, L., Strauss, J., 1986. A Survey of Agricultural Household Models: Recent Findings and Policy Implications. *The World Bank Economic Review* 1, 149-179.
- Takeshima, H., Yamauchi, F., 2012. Risks and farmers' investment in productive assets in Nigeria. *Agricultural Economics* 43, 143-153.
- Tesfaye, A., Bogale, A., Namara, R.E., Bacha, D., 2008. The impact of small-scale irrigation on household food security: The case of Filtino and Godino irrigation schemes in Ethiopia. *Irrigation and Drainage Systems* 22, 145-158.
- UNDP, 2016. Human Development Report 2016: Human Development for everyone. United Nations Development Programme, New York.
- van Ittersum, M.K., Ewert, F., Heckeley, T., Wery, J., Alkan Olsson, J., Andersen, E., Bezlepina, I., Brouwer, F., Donatelli, M., Flichman, G., Olsson, L., Rizzoli, A.E., van der Wal, T., Wien, J.E., Wolf, J., 2008. Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems* 96, 150-165.

Liste des abréviations

ANPIP	Association Nigérienne de Promotion de l'Irrigation Privée
CAPEG	Cellule d'Analyse des Politiques Publiques et Evaluation de l'Action Gouvernementale
CCR	Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne
ECVMA	Enquête sur les Conditions de Vie des Ménages Agricoles
FSSIM-Dev	Farm System Simulator for Developing Countries
I3N	Initiative 3N "Les Nigériens Nourrissent les Nigériens"
INRAN	Institut National de la Recherche Agronomique du Niger
INS	Institut National de la Statistique
LSMS-ISA	Living Standards Measurement Survey – Integrated Survey on Agriculture
PDES	Plan de Développement Economique et Social
PI	Petite Irrigation
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PPIP	Projet de Promotion de l'Irrigation Privée
SPIN	Stratégie pour la Petite Irrigation au Niger
TS4FNS	Technical Support for Food and Nutrition Security
USD	US dollar

Liste des encadrés

Encadré 1. Différentes modalités pour la Petite Irrigation au Niger	16
Encadré 2. Aperçu de la structure du modèle FSSIM-Dev	24

Liste des figures

Figure 1. Surface irriguée en saison sèche par région selon les scénarios de simulation de la SPIN	30
Figure 2. Répartition des nouvelles surfaces aménagées pour la petite irrigation par région (scénario 1)	31
Figure 3. Surface irriguée en saison des pluies par région selon les scénarios de simulation de la SPIN	31
Figure 4. Effet de la SPIN sur l'assolement du Niger en saison des pluies	33
Figure 5. Effet de la SPIN sur l'assolement du Niger en saison sèche	34
Figure 6. Assolement en saison sèche résultant de la simulation de la SPIN pour chaque région (Scénario 1)	34
Figure 7. Simulation des effets de la SPIN sur le revenu agricole par exploitation	38
Figure 8. Effet de la SPIN sur la redistribution des revenus agricoles	39
Figure 9. Effet de la SPIN sur la courbe de Lorentz des revenus agricoles des exploitations agricoles du Niger	40
Figure 10. Effet de la SPIN sur la pauvreté des ménages agricoles	42
Figure 11. Effet de la SPIN sur la pauvreté extrême des ménages agricoles	42

Liste des tableaux

Tableau 1. Irrigation au Niger, situation en 2012 et potentiel de terres irrigables	18
Tableau 2. Caractéristiques des exploitations de l'échantillon utilisé	26
Tableau 3. Coût moyen de l'aménagement d'une parcelle en petite irrigation	28
Tableau 4. Hypothèses des scénarios construits pour la simulation des impacts de la SPIN	28
Tableau 5. Surface cultivée et irriguée selon les scénarios de simulation de la SPIN	29
Tableau 6. Surface moyenne irriguée par type d'exploitation agricole en saison sèche (hectare par exploitation)	32
Tableau 7. Superficie cultivée des principales productions dans chaque région du Niger (Référence et Scénario 1)	35
Tableau 8. Estimation du coût de la mise en œuvre de la SPIN pour le budget de l'Etat	36
Tableau 9. Effet de la SPIN sur le revenu agricole par exploitation, pour chaque région et saison	37
Tableau 10. Effet de la SPIN sur le revenu agricole par type d'exploitation	39
Tableau 11. Effets de la SPIN sur la demande de main d'œuvre dans l'agriculture (en milliers de journées de travail)	41
Tableau 12. Effets de la SPIN sur la consommation de calories au sein des ménages agricoles (calories / jour / personne)	43

GETTING IN TOUCH WITH THE EU

In person

All over the European Union there are hundreds of Europe Direct information centres. You can find the address of the centre nearest you at: <http://europea.eu/contact>

On the phone or by email

Europe Direct is a service that answers your questions about the European Union. You can contact this service:

- by freephone: 00 800 6 7 8 9 10 11 (certain operators may charge for these calls),
- at the following standard number: +32 22999696, or
- by electronic mail via: <http://europa.eu/contact>

FINDING INFORMATION ABOUT THE EU

Online

Information about the European Union in all the official languages of the EU is available on the Europa website at: <http://europa.eu>

EU publications

You can download or order free and priced EU publications from EU Bookshop at: <http://bookshop.europa.eu>. Multiple copies of free publications may be obtained by contacting Europe Direct or your local information centre (see <http://europa.eu/contact>).

The European Commission's science and knowledge service

Joint Research Centre

JRC Mission

As the science and knowledge service of the European Commission, the Joint Research Centre's mission is to support EU policies with independent evidence throughout the whole policy cycle.



EU Science Hub

ec.europa.eu/jrc



@EU_ScienceHub



EU Science Hub - Joint Research Centre



EU Science, Research and Innovation



EU Science Hub



Publications Office

doi:10.2760/70964

ISBN 978-92-76-09722-8