



HAL
open science

Production de blé dur innovant et gestion des risques : modélisation des choix de production et de commercialisation

Karim Chaib, Aude Ridier, Soukaina Hitane

► To cite this version:

Karim Chaib, Aude Ridier, Soukaina Hitane. Production de blé dur innovant et gestion des risques : modélisation des choix de production et de commercialisation. Sylvie Lupton; Véronique Chauveau-Aussourd; Hanitra Randrianasolo-Rakotobe. Faire face aux risques en agriculture. Perspectives croisées de chercheurs et de professionnels, L'Harmattan, 2019, 978-2-343-18139-4. hal-02618518

HAL Id: hal-02618518

<https://hal.science/hal-02618518v1>

Submitted on 25 May 2020

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.

Production de blé dur innovant et gestion des risques : modélisation des choix de production et de commercialisation

Auteurs :

Karim CHAIB (EI PURPAN, UMR AGIR)

Aude RIDIER (AGROCAMPUS OUEST, UMR SMART LERECO)

Soukaina HITANE (UMR SMART LERECO et UMR AGIR)

Résumé

Les nouveaux enjeux de la filière blé dur française nécessitent de repenser les systèmes de production vers des itinéraires techniques innovants à bas intrants. Les pratiques de réduction de l'utilisation des intrants de synthèse contribuent au respect de la réglementation environnementale mais peuvent aussi modifier le niveau de productivité des cultures et augmenter sa variabilité. Le risque de rendement s'ajoute au risque de fluctuation des prix de marché. La souscription de contrats entre agriculteur et collecteur peut permettre de gérer ces risques, une des fonctions du contrat étant de partager les risques entre les parties. Dans cet article, nous nous interrogeons sur l'effet d'une offre de contrats diversifiés sur l'adoption par les agriculteurs d'itinéraires techniques innovants à bas intrants. Nous construisons un modèle dynamique en programmation stochastique discrète proposant une articulation originale entre l'adoption d'un changement de pratiques et l'adoption séquentielle de contrats de commercialisation. Nous intégrons les choix de production et les choix de commercialisation séquentiels d'un producteur spécialisé en blé dur. Nous montrons que bien que moins rentables en moyenne, les itinéraires techniques à bas intrants peuvent atteindre des prix d'intérêts plus élevés si le choix de production est accompagné de certains types de contrats qui diminuent le risque de marché.

Mots-clés : blé dur, modèle dynamique, itinéraires à bas intrants, contrats

Production de blé dur innovant et gestion des risques : modélisation des choix de production et de commercialisation

1 Introduction

La France est l'un des principaux acteurs du marché du blé dur à l'échelle internationale. La filière française du blé dur s'est dotée récemment d'un nouveau schéma d'organisation afin d'atteindre des objectifs de production à la fois quantitatifs et qualitatifs. L'enjeu est de stabiliser l'approvisionnement des industries de transformation et de maintenir un niveau de compétitivité suffisant face à la concurrence internationale (Fares et al., 2012). Ces objectifs se trouvent confrontés à d'autres enjeux d'ordre plus agronomique, liés à l'évolution de la réglementation environnementale (incitations à la baisse des intrants de synthèse, notamment des fertilisants d'origine minérale azotée et de produits phytosanitaires, tout en maintenant un niveau de productivité satisfaisant). Ces nouveaux enjeux nécessitent de repenser des systèmes de production vers des alternatives innovantes. Les pratiques de réduction de l'utilisation des intrants de synthèse contribuent au respect de la réglementation environnementale mais peuvent modifier le niveau de productivité des cultures et augmenter sa variabilité (Abécassis et al., 2013 ; Dayde et al., 2014 ; Boyet et al., 2015). Le risque est présent sous différentes formes : le risque de rendement, le risque de conformité (lié au risque de non atteinte de la qualité) et le risque de marché. Divers outils de gestion de risque existent et sont mobilisés soit au niveau de l'exploitation, notamment via la diversification d'ateliers agricoles, soit en partageant le risque à l'extérieur de l'exploitation comme par la souscription de contrats de commercialisation avec les organismes de collecte. La souscription de contrats entre agriculteur et collecteur (coopérative dans notre cas) peut permettre de gérer ces risques, une des fonctions du contrat étant de partager les risques entre les parties (Roussy et al., 2015). Dans cette communication, nous nous interrogeons sur l'effet d'une offre de contrats diversifiés sur l'adoption par les agriculteurs d'itinéraires techniques innovants à bas intrants. La démarche proposée passe par l'élaboration d'un modèle en programmation stochastique discrète tenant compte du risque de marché et du risque de production (Rae, 1971 ; Trebeck and Hardaker, 1972 ; Apland and Hauer, 1993 ; Ridier et al., 2015). Dans ce modèle, nous intégrons les choix de production et les choix de commercialisation séquentiels d'un producteur spécialisé en blé dur. Le modèle propose une articulation originale entre l'adoption d'un changement de pratiques et l'adoption séquentielle de contrats de commercialisation (Ricome et al., 2016) afin d'évaluer, au niveau de l'exploitation, l'intérêt agronomique et économique de l'application de pratiques culturales innovantes de blé dur, basées sur une réduction voire une absence d'intrants de synthèse. Tout d'abord, nous présentons les systèmes de production innovants proposés aux agriculteurs de la zone d'étude (zone Sud Est de la France). Dans une deuxième partie, nous présentons le modèle et les données utilisées. Dans la troisième partie, nous exposons les résultats de nos simulations et leur discussion.

2 Matériel et méthode

2.1 Le modèle

Nous construisons un modèle bio-économique simulant les choix de production et de commercialisation d'une exploitation sur la sole exclusivement réservée blé dur, en prenant en compte les risques. L'agriculteur est considéré comme un agent rationnel maximisant une fonction d'utilité du type Espérance/Ecart-type sous des contraintes de ressources disponibles (terre, travail). Le modèle est dynamique, en deux périodes, et résolu en programmation stochastique discrète. Le choix de commercialisation et le choix de l'itinéraire technique de production de blé dur sont liés et simultanés. Nous supposons que la mise en œuvre d'itinéraires techniques à bas niveau d'intrants expose l'agriculteur à un risque de production portant sur la qualité et le volume produits. Les choix de la seconde période sont conditionnés par les choix productifs et contractuels de la première période et par les nouvelles informations connues en seconde période (prix, qualité). Par ailleurs, on suppose que l'agriculteur possède toutes les informations nécessaires sur les contrats proposés par l'organisme de collecte et sur les performances des itinéraires techniques considérés et que les informations sur les prix et la qualité sont mises à jour entre la première et la seconde période. En première période (P1), avant récolte, l'agriculteur décide i) des surfaces à assoler entre différents itinéraires techniques de blé dur et ii) de la part d'engagement des volumes espérés (notée C) sous contrat de production (noté CQ). En seconde période (P2), après récolte, les niveaux de rendement et de qualité du blé dur ainsi que la valeur de l'acompte des contrats proposant cet acompte sont connus. L'agriculteur choisit alors, sur la part de volume non encore engagé ($1-C$), la quantité à commercialiser sous contrat à prix moyen de campagne (noté CPMC) et celle à commercialiser au prix de marché du jour ou prix « spot », après stockage (notée CStock) (figure 1).

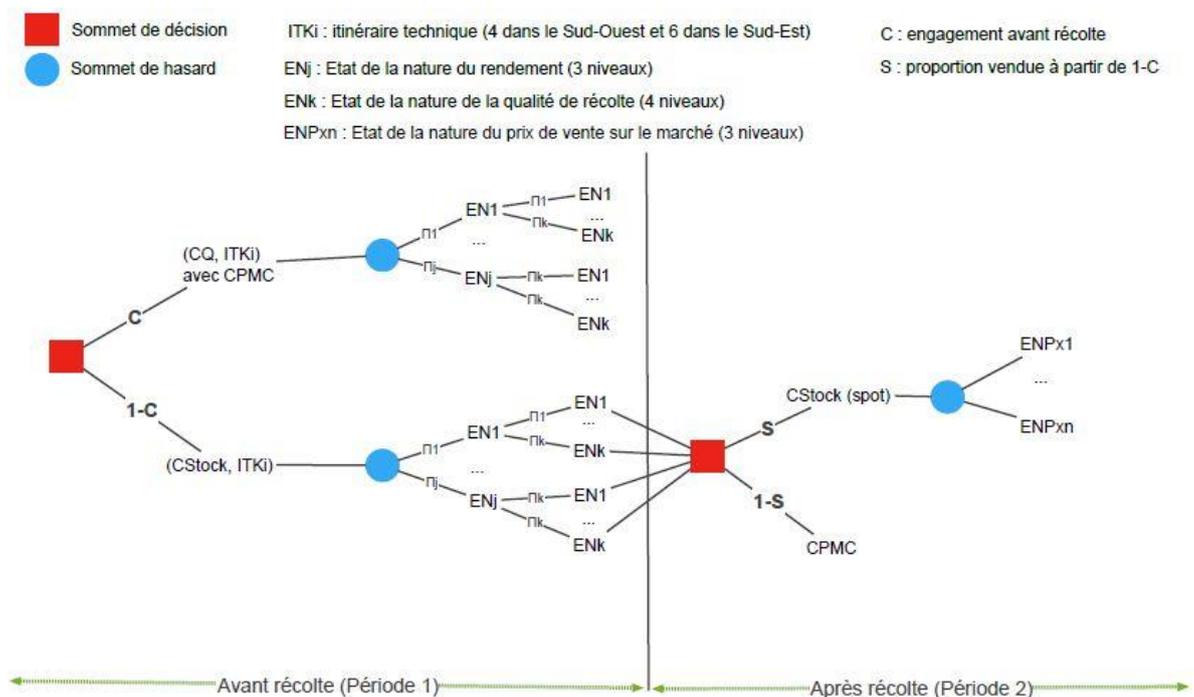


Figure 1 : Présentation des décisions séquentielles sur modèle de Programmation Stochastique Discrète

La variable de décision est la surface en blé dur, notée $x(ITK, C)$, associée à chaque itinéraire technique (ITK) et à chaque contrat C . Parmi l'ensemble de types de contrats $C \{CQ, CPMC, CStock\}$ proposés, CQ correspond au contrat de production avec vente à prix moyen engagé avant récolte (période 1), $CPMC$ est le contrat à prix moyen de campagne et $CStock$ le contrat de stockage avec vente à prix *spot*, la part consacrée à ces deux derniers contrats étant décidée après récolte (période 2).

Les activités considérées dans le modèle sont les différents itinéraires techniques de blé dur combinés aux différents types de contrats, soit au total 9 activités.

Fonction Objectif

La fonction-objectif du modèle est basée sur une hypothèse de maximisation d'Utilité de type Arrow-Pratt (espérance-écart-type) (éq. 1).

$$U(\tilde{\pi}) = Esp(\tilde{\pi}) - \varphi \sigma(\tilde{\pi}) \quad (1)$$

Avec :

$\tilde{\pi}$: profit total approché par la marge culturale totale

$Esp(\tilde{\pi})$: espérance de profit

$\sigma(\tilde{\pi})$: écart-type du profit

φ : coefficient d'aversion au risque qui pondère le terme d'écart type de la fonction-objectif

Le profit $\tilde{\pi}$ est la somme, sur les surfaces, des marges par itinéraire cultural (ITK) et par contrat (C), les éléments stochastiques sont le prix \tilde{p} , le rendement \tilde{y} et la prime qualité $\tilde{p}\tilde{r}$ (éq. 2).

$$\tilde{\pi} = \sum_{ITK, C} \left(x(ITK, C) (\tilde{y}(ITK) (\tilde{p}(C) + \tilde{p}\tilde{r}(ITK, C)) - Co(ITK)) \right) \quad (2)$$

Avec :

$x(ITK, C)$: surface en blé par itinéraire technique ITK et par contrat C

$\tilde{y}(ITK)$: rendement du blé par itinéraire technique ITK

$\tilde{p}(C)$: prix de vente du blé par type de contrat C

$\tilde{p}\tilde{r}(ITK, C)$: prime de qualité ; sa variabilité dépend de l'itinéraire technique ITK et du contrat C

$Co(ITK)$: charges par surface par itinéraire technique ITK ¹

Pour la simulation, les distributions des termes stochastiques ont été introduites de façon discrète, à travers des états de nature. Pour les rendements, on a considéré trois états de nature (faible, moyen et élevé). Pour la prime de qualité, on a considéré quatre états de nature correspondant aux quatre niveaux de prime proposés par la coopérative². Pour les prix du blé dur, les états de nature ont été introduits en prenant pour référence les prix moyens mensuels de l'INSEE, calculés sur la campagne de commercialisation, entre 2015 et 2017. Les probabilités associées aux états de nature de rendement et de qualité ont été choisies de telle sorte que l'espérance et la variance de rendement et de qualité soient les mêmes que celles évaluées durant les essais sur les itinéraires techniques innovants³. Les probabilités associées aux états de nature des prix ont été choisies de telles sortes que l'espérance et la variance de prix soient identiques à celles observées sur les données INSEE 2015-2017.

Contraintes statiques de ressources

Les deux contraintes de ressource prises en compte dans le modèle sont les contraintes de surface (éq. 3) et de travail (éq. 4).

$$\sum_{ITK,C} x(ITK, C) \leq TA \quad (3)$$

$$\sum_{ITK,C} x(ITK, C) Blab(ITK, s) \leq Lab(s) \quad (4)$$

Avec :

$x(ITK, C)$: surface en blé par itinéraire technique ITK et par contrat C

TA : surface agricole totale disponible sur l'exploitation.

$Blab(ITK, s)$: besoin en travail par itinéraire technique ITK par saison de travail s

$Lab(s)$: disponibilité en travail par saison s

¹ Les charges affectables par hectare sont ici la main d'œuvre et le coût du carburant

² 0 €, 10 €, 20 € et 30 €

³ Projet DUR DUR, Innovations agronomiques, techniques et organisationnelles au service de la DURabilité de la filière blé DUR, Systèmes Alimentaires Durables (ALID), Edition 2013, <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-13-ALID-0002>

Contraintes dynamiques

Les surfaces engagées en première période par *ITK* sont égales à celles engagées en seconde période (eq. 5). Par ailleurs, la quantité engagée sous contrat *CQ* en première période est égale à celle engagée en seconde période sous contrat *CQ* (éq. 6).

$$\sum_C x(ITK, C, P_1) = \sum_C x(ITK, C, P_2) \quad (5)$$

$$\sum_{ITK} Q(ITK, CQ, P_1) = \sum_{ITK} Q(ITK, CQ, P_2) \quad (6)$$

Avec $x(ITK, C, P_i)$: surface en blé par itinéraire technique *ITK* et sous contrat *C* ($C = CQ, CPMC, CStock$) durant la période P_i ($i = 1, 2$)⁴ et $Q(ITK, C, P_i)$ quantité de blé par itinéraire technique *ITK* et sous contrat *C* durant la période P_i .

L'engagement contractuel avant la récolte *CQ* porte sur une partie du volume produit en P_1 . Les volumes produits peuvent varier en fonction de l'aléa climatique. Etant donné le risque de rendement supporté par l'agriculteur, on fait l'hypothèse que l'agriculteur ne peut engager au maximum et commercialiser au mieux après récolte en P_2 , que le volume espéré en P_1 dans l'état de nature le moins favorable (état de nature de rendement faible EN_{faible}) (éq. 7).

$$Q(CQ, P_2) = \sum_{ITK} [x(ITK, CQ, P_1) y(ITK, EN_{faible})] \quad (7)$$

Avec :

$Q(CQ, P_2)$: volume commercialisé sous contrat *CQ* en période 2

$x(ITK, CQ, P_1)$: surface engagée en contrat *CQ* en période 1

$y(ITK, EN_{faible})$: rendement par *ITK* dans l'état de nature EN_{faible}

La dernière équation dynamique porte sur la mise à jour des distributions de prix en deuxième période dans le cas d'un contrat de commercialisation à prix moyen (*CPMC* ou *CQ*). Du fait du versement d'un acompte *K* à la récolte, la distribution de prix du blé est modifiée en période 2. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que, comme un acompte sur le prix est versé à la récolte, l'état de nature de prix « faible »

⁴ On a fait l'hypothèse, dans l'équation (6), qu'il n'est pas possible de rompre son engagement pris en première période les pénalités étant parfaitement dissuasives.

devient, en période 2, égal au montant de l'acompte K , alors que les deux autres états de nature (moyen et élevé) restent identiques. Les trois états de nature gardent les mêmes probabilités en période 2 qu'en période 1 (équation 8).

$$\text{Pour } C = CQ, CPMC, p(C, EN_{faible}, P_2) = K \quad (8)$$

Avec ;

$p(C, EN_{faible}, P_2)$: état de la nature faible du prix du blé sous contrats CQ et $CPMC$, à la période 2

K : acompte fixé par la coopérative, versé à l'agriculteur à la récolte

2.2. Les données

Zone d'étude

Parmi les principales zones françaises productrices, le Sud-Est (région Provence Alpes Côte d'Azur) fait l'objet du présent travail. Dans le Sud-Est, la superficie du blé dur est de 41 304 ha ce qui fait d'elle la céréale la plus cultivée dans la région. Le blé dur y est confronté à plusieurs problèmes d'ordre agronomique, économique et environnemental. En se spécialisant sur des monocultures, les exploitations rencontrent des impasses agronomiques. La monoculture permet une simplification des interventions culturales, mais le sol reste dépourvu de couvert végétal durant une longue période d'inter-cultures, ce qui favorise la lixiviation de l'azote. Ajouté à cela des résistances des maladies aux produits phytosanitaires se développent et la sur-utilisation des fertilisants et des produits phytosanitaires affectent également la fertilité des sols. Du point de vue économique, le découplage des toutes les aides du premier pilier, excepté la prime spécifique de qualité dans les régions de culture traditionnelle qui est d'environ 53 €/ha en 2014, a rendu la culture du blé dur moins profitable. La vigne, la lavande et les fruits sont devenues des cultures à haute valeur ajoutée en compétition directe avec le blé dur pour lequel la surface dédiée est réduite (Chambre d'Agriculture PACA, 2016).

Itinéraires techniques

Différents essais d'itinéraires techniques innovants ont été conduits dans la zone d'étude⁵. La conception de nouveaux itinéraires techniques répond à l'objectif central d'assurer une production durable de blé dur. La réglementation environnementale en vigueur dans le cadre du plan ECOPHYTO 2018, a inspiré les objectifs de conception, à savoir la réduction de 50% des pesticides et 25% des engrais azotés de synthèse. Face à cette réduction, la récolte doit aussi permettre d'approvisionner en quantité et en qualité

⁵ Projet DUR DUR, Innovations agronomiques, techniques et organisationnelles au service de la DURabilité de la filière blé DUR, Systèmes Alimentaires Durables (ALID), Edition 2013, <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-13-ALID-0002>

les industriels pour une valorisation du blé dur en produits finis (pâtes, couscous). Les itinéraires techniques innovants de blé dur ont été co-conçus dans le cadre d'ateliers mobilisant un ensemble d'acteurs de la recherche scientifique et des filières afin de mobiliser les diverses compétences des organismes participants. Les essais expérimentaux ont été menés deux années de suite en 2014 et en 2015 (annexes A1 et A2). Les itinéraires techniques de référence ont été identifiés sur la base de la conduite technique moyenne issue d'enquêtes. La comparaison entre les itinéraires techniques de référence et les itinéraires techniques conçus porte sur l'ensemble des pratiques culturales réalisées, du semis à la récolte. Deux potentiels différents de production du blé dur sont présents en fonction des conditions pédologiques : un sol à haut potentiel (HP) et un sol à faible potentiel (FP) de production. Parmi tous les itinéraires techniques innovants mis à l'essai dans le projet, nous en avons sélectionnés certains, en concertation avec les agronomes, sur la base de leurs performances économique, agronomique et de leur valeur technologique (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des itinéraires techniques innovants

| Zones d'étude | Itinéraire technique | Caractéristiques | |
|---------------------------|----------------------|--|--|
| Sud-Est (Aix en Provence) | Haut potentiel | Référence Haut Potentiel « HP-ref » | Pratiques culturales régionales spécifiques au type de sol à haut potentiel, sécurisées par irrigation et traitements chimiques selon les conditions pédoclimatiques. Blé : culture principale |
| | | Optimisé en sec « Opti-S » | Réduction de l'utilisation des pesticides et emploi du désherbage mécanique |
| | | Econome en eau « EcEau » | Mélange du blé avec la gesce au semis. Destruction de la gesce par le gel constituant le mulch qui conserve l'humidité du sol |
| | Faible potentiel | Référence Faible Potentiel « FP-ref » | Pratiques culturales de la région spécifiques au type des sols à faible potentiel, sécurisées par emploi du désherbage chimique. Blé : culture subsidiaire |
| | | Stabilité de la qualité « StabKt » | Semis d'une variété connue pour ses caractéristiques technologiques. Réduction de l'utilisation des pesticides. Emploi de désherbage mécanique |
| | | Agriculture biologique « AB » | Absence d'utilisation d'intrants de synthèse. Utilisation de plantes de service : mélange avec la gesce qui devrait être détruite par le gel et la féverole binée au printemps. |

Source : Justes, Hily, Projet ANR DUR DUR, communication personnelle, 2017

Marges et performance agronomique des itinéraires techniques

Pour la zone du Sud-Est à Haut Potentiel, le rendement le plus élevé est celui de HP-ref suivi de Opti-S (fig. 2). Mais l'itinéraire technique innovant Opti-S présente des charges réduites et ses valeurs de

rendement sont moins dispersées que HP-ref. Le troisième itinéraire technique EcEau est pénalisé par des charges (qui intègrent une partie des charges de mécanisation, affectables par hectare) relativement élevées et un rendement moyen plus faible que HP-ref mais qui est moins dispersé.

Dans la zone Sud-Est à Faible Potentiel, les niveaux de rendement moyens des itinéraires techniques innovants sont très faibles par rapport à l'itinéraire technique de référence FP-ref. Par contre, les charges opérationnelles sont faibles. L'itinéraire StabKt a, quant à lui, des charges opérationnelles encore plus faibles que l'itinéraire AB car les interventions culturales sont plus nombreuses en agriculture biologique et impliquent des coûts de main d'œuvre et de carburant liés à la mécanisation plus importants.

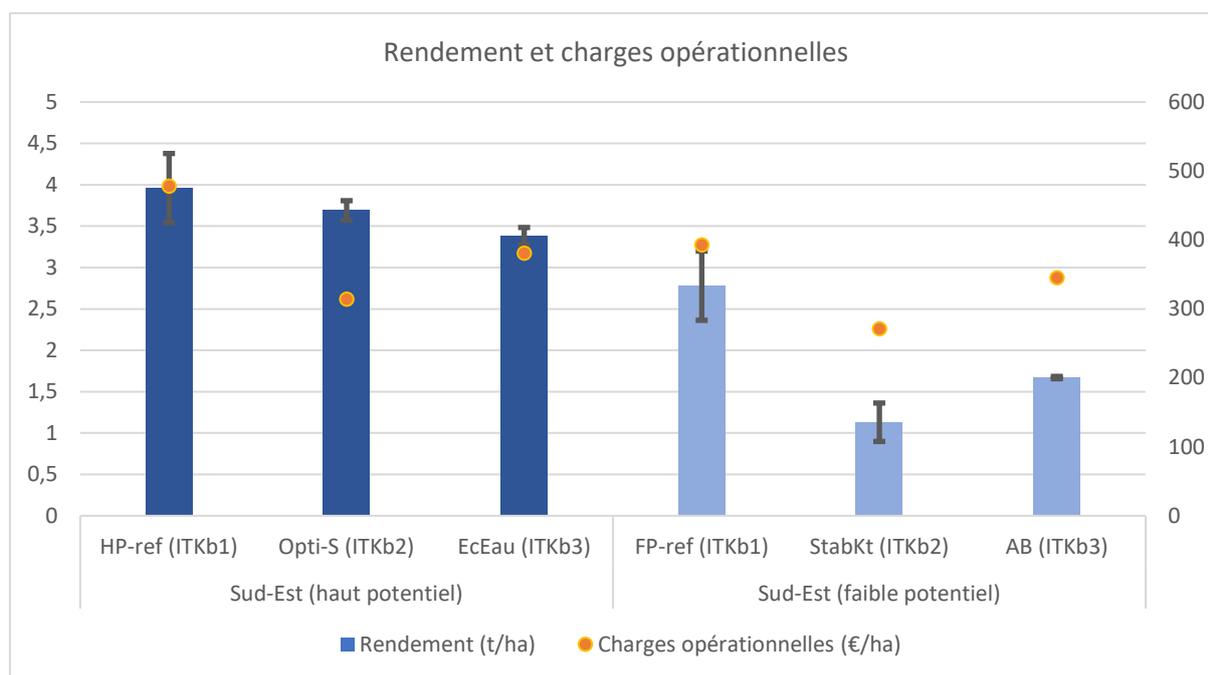


Figure 2. Moyennes et écart types des rendements observés sur les deux années et sur différentes parcelles d'essai et charges opérationnelles des itinéraires techniques innovants (Source : Justes, Hily, communication personnelle 2017)

Parmi les critères de qualité des itinéraires techniques innovants exigés dans les contrats (seuils de mitadins, de moucheture, d'impureté et de protéines), seul le taux de protéines détermine le niveau de prime de qualité accordée. Dans le Sud-Est, le taux de protéines moyen enregistré est d'environ 13% en 2016. Ce taux, est retenu comme élément de comparaison des itinéraires techniques innovants. Dans la catégorie à haut potentiel, les taux de protéines moyens de tous les itinéraires techniques sont plus élevés que la moyenne régionale, ce qui montre qu'ils permettent une valorisation technologique de la récolte. Cependant, seul le taux de protéines de l'itinéraire technique de référence atteint régulièrement le niveau exigé par les industriels.

Contrairement aux itinéraires techniques innovants de la zone à Haut Potentiel, ceux de la zone à Faible Potentiel sont inférieurs au taux de protéines moyen régional. Seul le taux de protéines de l'itinéraire de référence, FP-ref, atteint ce niveau moyen. Par conséquent, le contrat qualité avant récolte (CQ) ne valoriserait, en moyenne que très rarement les itinéraires autres que l'itinéraire de référence dans la zone à Faible Potentiel (fig.3).

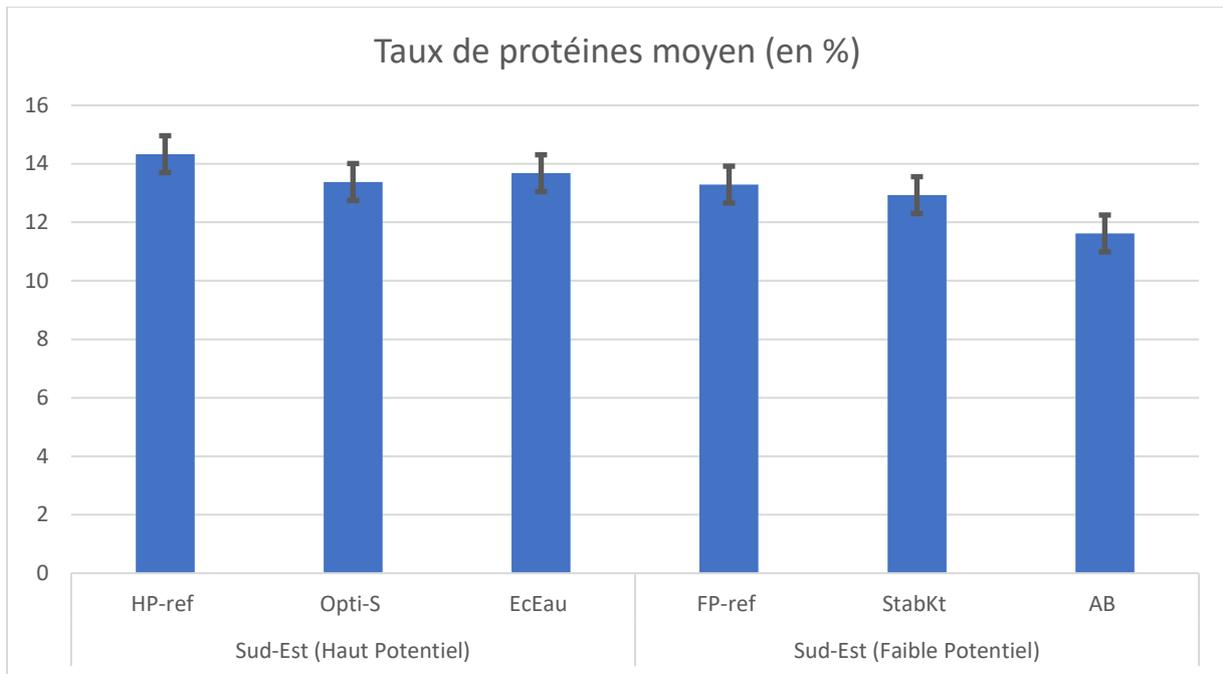


Figure 3. Taux de protéines des itinéraires techniques innovants (Source : Justes, Hily, communication personnelle 2017)

Les arrangements contractuels

Trois formes de commercialisation sont considérées au sein du modèle, se caractérisant par des niveaux et des types de risque différents. Le contrat de production ou qualité, *CQ*, propose un engagement, avant récolte, soit en volumes soit en surfaces. La rémunération est basée sur le prix moyen de campagne et donc permet une prise de risque modérée. Le contrat de commercialisation à prix moyen de campagne *CPMC* ne nécessite pas d'engagement en volume avant récolte mais permet au producteur d'être rémunéré via un acompte *K* à la récolte qui diminue son exposition au risque-prix, puis des compléments de prix établis par la coopérative. Le contrat de stockage combiné à un contrat de commercialisation à prix spot *CStock* expose plus fortement l'agriculteur au risque de fluctuation du prix à la récolte, le coût du stockage étant déduit du prix de vente

Tableau 2. Prix du blé dans les différents contrats considérés par état de nature

| | Etat de nature | Etat de nature | Etat de nature | Moyenne | Ecart-type |
|--|----------------|----------------|----------------|---------|------------|
| (€ / tonne) | EN1 | EN2 | EN3 | | |
| <i>Probabilité états de nature</i> | <i>0,31</i> | <i>0,38</i> | <i>0,31</i> | | |
| Contrats CQ et CPMC <i>(hors prime)</i> | 172 | 259 | 345 | 259 | 68 |
| Contrats CQ et CPMC <i>avec acompte (185 €/t)</i> | 185 | 259 | 345 | 263 | 63 |
| Contrats CStock | 154 | 263 | 372 | 263 | 86 |

EN1 : état de nature « faible » ; EN2 : état de nature « moyen » ; EN3 : état de nature « fort »

Distributions calculées à partir de l'indice de prix IPPAP (INSEE, 2017) et de l'acompte proposé par la coopérative partenaire en 2013

Le choix du mode de commercialisation est influencé par la distribution des prix de vente qui change entre la période 1 (avant récolte) et la période 2 (après récolte), c'est-à-dire avant et après paiement de l'acompte, pour les contrats rémunérés à prix moyen CPMC et CQ (tab. 2).

L'acompte versé à la récolte modifie la distribution du prix de vente à prix moyen de campagne (PMC) au moment de la récolte (période 2). Plus cet acompte est élevé et plus la marge moyenne par hectare est élevée en période 2 et plus l'écart type de la marge est faible. Par ailleurs, les transactions au prix spot (CStock) se caractérisent par une marge espérée équivalente aux autres contrats mais un écart type beaucoup plus grand (fig.4). La marge espérée du contrat de production CQ est plus élevée que celles du contrat CStock et du contrat CPMC en première période car elle tient compte de la prime de qualité. Dans la zone à Haut Potentiel le niveau de marge du contrat CQ est plus élevé (623€/ha) que dans la zone à faible potentiel (344€/ha), car les rendements et les niveaux de qualité moyens sont plus élevés. Du point de vue de l'analyse de risque, le contrat CQ domine stochastiquement tous les autres contrats dans la zone à Haut Potentiel, quel que soit le niveau d'acompte, du fait d'une espérance de marge plus élevée (liée à la prime qualité), alors que dans la zone à Faible Potentiel, les contrats CQ est dominé stochastiquement par les contrats CPMC quand l'acompte est supérieur ou égale à 195€/ ha (fig. 4).

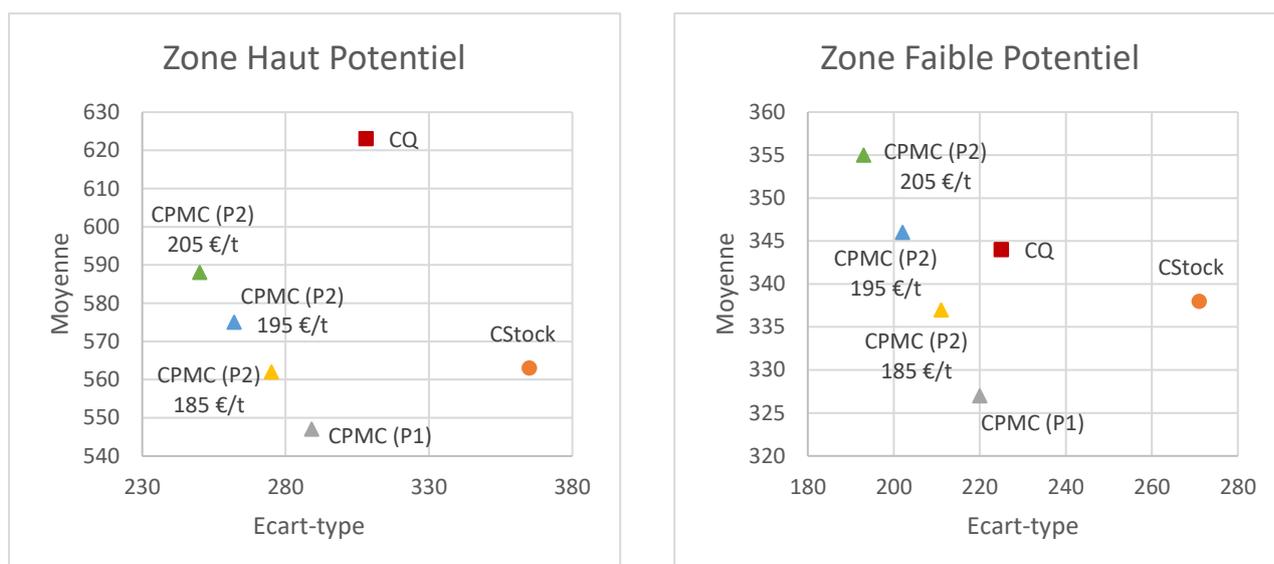


Figure 4. Marge moyenne et écart-type par contrat par hectare et niveaux d'acompte, zones à Haut et à Faible potentiel

3 Simulations et résultats

3.1 Scénarii

Le premier scénario (SC0) ne prend en compte que les itinéraires techniques de référence, il est construit afin d'analyser la sensibilité des résultats à l'aversion au risque ϕ . Le niveau d'acompte choisi au final pour tous les scénarios est de 185 €/t. Les scénarios SC1 et SC2 sont établis en mettant en concurrence l'ensemble des itinéraires techniques et en faisant varier les niveaux d'aversion au risque, ainsi que : i) le type d'engagement (surface ou volume) dans le scénario SC1 et ii) le niveau moyen de rendement à la récolte dans le scénario SC2 (tab.3).

Les trois scénarios sont simulés d'une part pour une exploitation de 31 ha de la zone à Haut Potentiel (HP) et d'autre part pour une exploitation de 20 ha de la zone à Faible Potentiel (FP).

Tableau 3. Récapitulatif des scénarii de simulation

| Scénario | Intitulé | Itinéraire technique ITK | Objectif | Type d'engagement | Variation des paramètres stochastiques |
|----------|--------------------|-------------------------------|---|-------------------|--|
| SC0 | Situation initiale | Itinéraire de référence (ref) | Sensibilité à l'aversion au risque ϕ | Surface | - |

| | | | | | |
|------------|----------------------------------|------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|
| SC1 | Sensibilité au type d'engagement | Tous | Influence du risque de contrepartie | Surface vs volume | - |
| SC2 | Sensibilité au risque rendement | Tous | Influence du risque climatique | Volume | Rendement selon ITK |

3.2 Résultats

Scénario de référence (scénario SC0)

On fait varier le coefficient d'aversion au risque qui pondère le critère [espérance-écart-type] de la fonction – objectif du modèle entre 0, qui correspond à une aversion pour le risque nulle, et 0,1 qui correspond à une aversion très forte. Le niveau d'acompte est fixé à 185 € /tonne (tab. 4 et 5).

Tableau 4. Surfaces en blé dur par type de contrat, zone Haut Potentiel (HP) selon l'aversion au risque

| Coefficient d'aversion au risque (ϕ) | | [0-0,05] | 0,1 |
|---|--------|----------|--------|
| Surfaces Période 1 (ha) | CStock | 31 | 29,1 |
| | CPMC | 0 | 0 |
| Surfaces Période 2 (ha) | CStock | 0 | 1,9 |
| | CQ | 31 | 29,1 |
| | CPMC | 0 | 0,6 |
| | CStock | 0 | 1,2 |
| Marge totale (€) | | 19 347 | 19 224 |
| Ecart-type de la marge (€) | | 28 431 | 27 443 |

CQ= contrat de production avant récolte, CPMC : contrat à prix moyen de campagne, CStock ; contrat de stockage

Tableau 5 Surfaces en blé dur par type de contrat, zone Faible Potentiel (FP) selon l'aversion au risque

| Coefficient d'aversion au risque (ϕ) | | [0-0,005] | 0,01 | 0,05 | 0,1 |
|---|--------|-----------|--------|-------|-------|
| Surfaces Période 1 (ha) | CQ | 20 | 18,8 | 12 | 9,6 |
| | CPMC | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | CStock | 0 | 1,2 | 8 | 7,4 |
| Surfaces Période 2 (ha) | CQ | 20 | 18,8 | 12 | 9,6 |
| | CPMC | 0 | 0 | 3,9 | 5,4 |
| | CStock | 0 | 1,2 | 4,1 | 5 |
| Marge totale (€) | | 6 893 | 6 885 | 6 797 | 6 765 |
| Ecart-type de la marge (€) | | 10 614 | 10 253 | 8 686 | 8 404 |

Le niveau d'aversion au risque influence le choix optimal de portefeuille de contrats. En effet, à niveau d'aversion au risque nul le choix se porte intégralement sur le contrat de production CQ ayant la marge

moyenne la plus élevée. A un niveau d'aversion au risque plus élevé (plus de 0,005 dans la zone à Faible Potentiel et plus de 0,05 dans la zone à Haut Potentiel), une partie de la surface en blé dur est vendue sous contrat CStock (vente à prix spot) en complément du contrat CQ. Au-delà d'une aversion au risque de 0,01 dans la zone à Faible Potentiel, on constate, entre la première et la seconde période une révision de la décision de commercialisation. La surface initialement prévue pour le contrat CStock (8 ha pour une aversion de 0,05) est diminuée (de 3,9 ha) en faveur du contrat CPMC qui est moins risqué en seconde période (tab. 5). En effet, l'information liée à l'acompte étant connue à la récolte, en seconde période, la distribution de prix du contrat CPMC devient moins dispersée. Pour ces niveaux d'aversion au risque, particulièrement dans la zone à Faible Potentiel, la diversification du portefeuille de contrats de commercialisation permet donc une meilleure couverture face au risque. La protection contre le risque passe par une diminution de la variabilité de la marge mais s'accompagne également d'une diminution de la marge moyenne (on passe de 6 885€ pour une aversion au risque de 0,01 à 6 765€ pour une aversion de 0,1 dans la zone à Faible Potentiel).

Concernant la qualité, les itinéraires innovants de la zone à Faible Potentiel génèrent un niveau de qualité plus variable (fig. 3). Par conséquent, dans cette zone, les contrats CQ représentent une part moins importante de la production (9,6 ha sur 20 ha pour $\phi=0,1$) que dans la zone à haut potentiel (29 ha sur 31 ha pour $\phi=0,1$), ceci se vérifiant quel que soit le niveau d'aversion au risque (tab. 4 et 5).

Effet d'un engagement en volume par rapport à un engagement en surface (scénario SC1)

Le scénario SC1 permet de comparer deux types d'engagement, en surface et en volume, et de tester ainsi la sensibilité au risque de contrepartie. Dans ce scénario, tous les itinéraires techniques innovants et les trois types de contrats CQ, CPMC et CStock sont mis en concurrence. Par hypothèse du modèle, les choix de surface en contrat CQ en première période se fondent sur l'état de nature de rendement « faible », ceci pour palier le risque de contrepartie subi par l'agriculteur. On suppose par ailleurs qu'entre la période 1 et la période 2, suite à la récolte, on a observé au final une réalisation de rendement égale à l'état de nature « moyen ». Nous testons la sensibilité à l'engagement uniquement dans la zone à Haut Potentiel.

Tableau 6. Surfaces en blé dur par type de contrat zone à haut potentiel (HP), comparaison engagement surface versus volume

| $\phi=0,05$ | | Engagement Surface | Engagement Volume |
|--------------------------------|--------|--------------------|-------------------|
| Surfaces Période 1 (ha) | CQ | 26,1 | 26,1 |
| | CPMC | 0 | 0 |
| | CStock | 4,9 | 4,9 |
| Surfaces Période 2 (ha) | CQ | 26,1 | 25 |
| | CPMC | 1,4 | 2 |
| | CStock | 3,5 | 4 |
| Marge totale (€) | | 20 644 | 20 622 |

| | | |
|-----------------------------------|--------|--------|
| Ecart-type de la marge (€) | 57 771 | 57 312 |
|-----------------------------------|--------|--------|

Lorsque l'engagement du contrat porte sur les volumes plutôt que sur les surfaces, les surfaces en contrat CQ en période 1 peuvent être en partie réallouées en période 2 selon les rendements atteints. Dans notre cas, l'engagement en volume correspondant à 26,1 ha en période 1 (tab. 6) correspond à une anticipation de rendement « faible ». Or, comme le rendement atteint en période 2 est plus élevé (état de nature de rendement « moyen »), les surfaces au final à consacrer à CQ peuvent être inférieures à 26,1 ha soit ici 25 ha. Par ailleurs, comme dans le scénario SC0, le choix d'allocation de la surface restante entre CPMC et CStock est révisé en deuxième période au détriment du CStock, aboutissant à un portefeuille de choix de contrats entre CQ, CPMC et CStock.

Effet du risque rendement sur le choix de contrats et d'itinéraire technique (scénario SC2)

Effet sur le choix de portefeuille de contrats

Le scénario SC2 suppose un engagement en termes de volume, ce qui est le cas courant dans les contrats de la filière blé dur. Il met en concurrence les différents itinéraires techniques innovants. L'objectif est de tester la sensibilité des résultats à trois réalisations possibles du rendement à la récolte (EN1 : faible, EN2 : moyen ou EN3 : élevé).

Nos résultats montrent que la réalisation de rendements plus élevés en deuxième période par rapport aux anticipations (EN2 ou EN3), conduit, logiquement, à la réallocation d'une surface plus importante (tab. 8 et 9). En l'absence d'aversion au risque, cette réallocation s'effectue au bénéfice du contrat CStock, qui est le plus risqué en termes de risque-prix, et au final le portefeuille de contrat est constitué de deux types de contrats CQ et CStock. Les écarts de rendements entre les trois états de nature étant plus importants en zone à Faible Potentiel (FP, tab. 9) qu'en zone à Haut Potentiel (HP, tab.8), les surfaces à réallouer vers le contrat CStock sont potentiellement plus importantes en zone FP.

Lorsque l'aversion pour le risque augmente, la réallocation des surfaces s'équilibre entre le contrat Cstock et le contrat CPMC qui est moins risqué, formant un portefeuille plus diversifié, à trois contrats. La diversification du portefeuille a donc au final un effet plus sécurisant que le choix exclusif du contrat le moins risqué (CQ). Quelle que soit la réalisation de rendement en seconde période, plus l'aversion pour le risque est élevée, plus le portefeuille de contrats en seconde période est diversifié et plus la part de surfaces en contrat CQ diminue dans le portefeuille. Cette part chute à 60% (18 ha sur 31 ha) en zone HP (tab. 8) et à 40% (8 ha sur 20 ha) en zone FP (tab.9) dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lorsque les réalisations de rendements sont élevées (c'est-à-dire que les anticipations de rendement sont très erronées) et que la sensibilité au risque est élevée aussi ($\varphi=0,1$).

Tableau 8. Surfaces en blé dur par type de contrat zone à haut potentiel (HP), selon l'état de nature de rendement atteint en période 2 (EN)

| Coefficient d'aversion au risque (ϕ) | Période 1 | | | Etats de nature (EN) réalisé | Période 2 | | |
|---|-----------|-----------|-------------|------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | CQ (ha) | CPMC (ha) | CStock (ha) | | CQ (ha) | CPMC (ha) | CStock (ha) |
| 0,01 | 31 | 0 | 0 | EN1 | 31 | 0 | 0 |
| | | | | EN2 | 29,7 | 0 | 1,3 |
| | | | | EN3 | 28,6 | 0 | 2,4 |
| 0,05 | 26,1 | 0 | 4,9 | EN1 | 26,1 | 1,5 | 3,4 |
| | | | | EN2 | 25,0 | 2,0 | 4,0 |
| | | | | EN3 | 24,1 | 2,5 | 4,4 |
| 0,1 | 20,1 | 0 | 10,9 | EN1 | 20,1 | 5,2 | 5,7 |
| | | | | EN2 | 19,3 | 5,7 | 6,0 |
| | | | | EN3 | 18,6 | 6,0 | 6,4 |

EN1 : rendement faible, EN2 : rendement moyen, EN3 : rendement élevé

Tableau 9. Surfaces en blé dur par type de contrat zone à faible potentiel (FP), selon l'état de nature de rendement atteint en période 2 (EN)

| Coefficient d'aversion au risque (ϕ) | Période 1 | | | Etats de nature (EN) réalisé | Période 2 | | |
|---|-----------|-----------|-------------|------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | CQ (ha) | CPMC (ha) | CStock (ha) | | CQ (ha) | CPMC (ha) | CStock (ha) |
| 0,01 | 20 | 0 | 0 | EN1 | 20 | 0 | 0 |
| | | | | EN2 | 16,2 | 0 | 3,8 |
| | | | | EN3 | 13,6 | 0 | 6,4 |
| 0,05 | 13,3 | 0 | 6,7 | EN1 | 13,3 | 2,8 | 3,9 |
| | | | | EN2 | 10,7 | 4,2 | 5,1 |
| | | | | EN3 | 9,0 | 5,1 | 5,9 |
| 0,1 | 11,7 | 0 | 8,3 | EN1 | 11,7 | 4,1 | 4,2 |
| | | | | EN2 | 9,5 | 5,3 | 5,2 |
| | | | | EN3 | 8,0 | 6,1 | 5,9 |

EN1 : rendement faible, EN2 : rendement moyen, EN3 : rendement élevé

Effet du risque rendement sur le choix d'itinéraire technique

Dans la zone à Haut Potentiel (HP), l'itinéraire technique innovant choisi dans le scénario SC2 est celui optimisant l'utilisation d'intrants en sec, « Opti-S », quelles que soient les hypothèses d'aversion au risque et de réalisation du rendement. Cet itinéraire technique semble plus efficient, car il présente un rendement moyen acceptable du point de vue économique avec moins de charges que l'itinéraire technique de référence « HP-ref » (tab. A2, annexes). Cela se confirme en comparant la marge espérée des différents itinéraires techniques de cette zone (fig. 5). Dans la zone à Faible Potentiel (FP), l'itinéraire technique de référence « FP-ref » est préféré systématiquement à tous les itinéraires

techniques innovants, quel que soit le contrat et quel que soit le niveau d'aversion pour le risque. En effet, il présente une marge espérée beaucoup plus élevée (même si très variable) que celle des itinéraires techniques innovants (fig. 5).

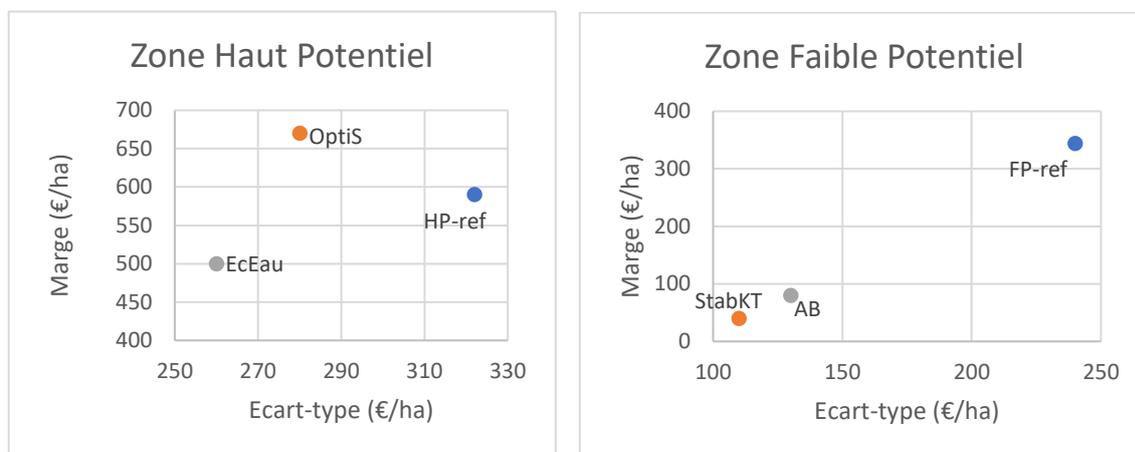


Figure 5. Marge moyenne espérée et écart-type des itinéraires techniques innovants étudiés

Si l'on analyse les valeurs marginales, qui ont été obtenues sur la base du scénario SC2 (tab.10), il apparaît que, dans la zone HP, pour que l'itinéraire technique innovant économe en eau « Ec Eau » soit choisi dans le modèle, il serait nécessaire de fournir une incitation assez forte, entre 109 et 140 €/ha selon le type de contrat. Dans la zone à faible potentiel, il en est de même pour les itinéraires techniques stabilisation de la qualité, « StabKT » et « agriculture biologique », (AB) avec des valeurs marginales respectives de -271 €/ha et -216 €/ha en contrat CQ (tab.10). Ceci étant, dans les simulations, la valorisation de la production en agriculture biologique n'a pas pu être prise en compte à cause de l'absence de données de référence sur les prix du blé dur AB.

Tableau 10. Valeurs marginales et surfaces pour les itinéraires techniques par contrat

| Contrats | | Zone Haut Potentiel | | | Zone Faible Potentiel | | |
|----------|------------------|---------------------|--------|-------|-----------------------|--------|------|
| | | HP-ref | Opti-S | EcEau | FP-ref | StabKt | AB |
| CQ | Valeur marginale | -35 | 0 | -109 | 0 | -271 | -216 |
| | Surface | 0 | 26,1 | 0 | 11,7 | 0 | 0 |
| CPMC | Valeur marginale | -93 | -11 | -140 | -8 | -274 | -216 |
| | Surface | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CStock | Valeur marginale | -78 | 0 | -128 | 0 | -270 | 0 |
| | Surface | 0 | 4,9 | 0 | 5,4 | 0 | 2,9 |

4. Conclusion

L'adoption d'itinéraires techniques à bas intrants répondant aux enjeux de la filière blé dur constitue l'un des objectifs majeurs pour aller vers plus de durabilité. Mais pour les agriculteurs qui mettent en œuvre ces pratiques, l'exposition au risque de rendement peut se trouver accrue, et, en présence de risque de marché, le revenu est soumis à des fluctuations plus importantes. Les contrats de commercialisation que l'agriculteur signe avec son organisme de collecte peuvent permettre de diminuer le risque de marché et d'atténuer au final le risque de fluctuation du revenu, faisant levier sur l'adoption de pratiques à bas niveau d'intrants. La mise en œuvre d'un modèle dynamique en programmation stochastique discrète sur le cas d'une exploitation dont la part en céréales est principalement consacrée la production de blé dur permet d'articuler le choix de changements de pratique et les choix séquentiels de contrats de commercialisation. Ce modèle est testé pour des données collectées à partir d'essais réalisés dans le Sud-Est de la France, dans deux zones, l'une à Haut Potentiel où la production de blé dur est la production principale et l'une à Faible Potentiel où des cultures à haute valeur ajoutée (maraîchage, arboriculture, viticulture) la concurrencent.

Ainsi, nous montrons que la part de contrats signés avant récolte en contrat qualité domine dans tous les scénarios et dans les deux zones si l'aversion pour le risque est modérée. Ce résultat est dû d'une part à la prime qualité qui accroît l'espérance de marge, et par ailleurs au mode de rémunération du contrat qui prévoit le versement d'un acompte à la récolte puis de compléments de prix par la coopérative. L'acompte joue le rôle d'un prix minimum qui diminue l'exposition au risque de marché. Lorsque l'aversion au risque augmente ou que les anticipations de rendement sont erronées, on constate que la part des contrats qualité diminue et que les surfaces sont réallouées après récolte vers des contrats de stockage avec vente au prix spot et des contrats à prix moyen de campagne (sans contrat qualité). La diversification des choix contractuels permet alors de diminuer le risque de fluctuation du revenu, par une stratégie de portefeuille, en diminuant le revenu moyen.

Concernant l'adoption d'itinéraires techniques innovants, on constate que seul l'itinéraire technique optimisant l'utilisation d'intrants en sec, dans la zone à haut potentiel est préféré à l'itinéraire technique de référence, quel que soit le choix de contrat. La prime incitative qui permettrait de compenser les pertes pour l'adoption d'itinéraires économes en eau dans cette zone s'échelonne de 109 à 128 € par hectare, mais elle serait minimisée par l'adoption d'un contrat qualité. En zone à Faible Potentiel, les itinéraires techniques innovants ne sont jamais préférés aux itinéraires techniques de référence, mais leur coût d'opportunité peut être augmenté en présence de contrats qualité ou à prix moyen de campagne. Cependant, on doit nuancer ces résultats car nous n'avons pas pris en compte la prime à l'agriculture biologique qui est souvent versée même pour des niveaux de qualité faible et qui permettrait d'augmenter la profitabilité de la conduite AB.

Ce travail montre, à l'échelle de l'agriculteur l'intérêt de s'appuyer sur une approche de gestion des risques-revenu pour analyser les incitations aux changements de pratiques. Le contrat qualité a

l'avantage de proposer une incitation à augmenter le niveau de qualité, il constitue un engagement avant récolte favorable à la négociation dans l'ensemble de la filière, et il semble également être un moyen intéressant de gérer le risque de marché.

Références

- Abécassis J., Triboulet P., Boy E. (2013). Eco-conception innovante pour une filière blé dur durable. *Les Rencontres de l'INRA au Salon de l'Agriculture*, February, Paris
- Apland J., Hauer G. (1993). Discrete stochastic programming: Concepts, examples and a review of empirical applications *Staff Paper Series*: Departement of agricultural and applied economics college of agriculture. University of Minnesota.
- Chambre d'agriculture de PACA. (2016). Productions végétales. [Consulté en 2017]. <http://www.paca.chambresagriculture.fr/notre-agriculture/productions-vegetales/>
- Daydé, C. Roussy C., Ridier, A., Chaib, K., (2014), Risk, labour and climatic uncertainty in crop rotation optimization models, poster contribution, *EAAE XIVth Congress*, Ljubjana, 26th-29th August
- Fares M., Magrini M.B., Triboulet P. (2012). Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière blé dur française. *Cahiers Agricultures*, janvier-février, (21) 1 : 34-45.
- Hardaker J.B., Huirne R.B.M., Anderson J.R., Lien G. (2004). *Coping with risk in agriculture*. 2ème éd. Londres : CABI Head Office. 331 p.
- INSEE (France). (2017). Indice mensuel des prix agricoles à la production (IPPAP) – Base 100 en 2010 – blé dur – Données brutes. Paris : INSEE. [Consulté en 2017]. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/001663631>
- Rae A. (1971). Stochastic programming, utility, and sequential decision problems in farm management. *American journal of agricultural economics*, (53): 448-460.
- Ridier A., Chaib K., Roussy C. (2015). A dynamic stochastic programming model of crop rotation choice to test the adoption of long rotation under price and production risks. *European journal of operational research*, (252) : 270-279.
- Roussy, C., Boyet, M., Chaib, K., Ridier, A., (2015), Contrats de commercialisation et gestion des risques pour les producteurs de céréales, *9ièmes Journées de la Recherche en Sciences Sociales*, 10-11 décembre, Nancy, France
- Ricome, A., Chaib, K., Ridier, A., Képhaliacos C., Carpy-Goulard, F. (2016), The role of marketing contracts in the adoption of low input practices in the presence of income supports: an application to the Southwestern France, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 41(3):347-371
- Trebeck D., Hardaker J.B. (1972). The integrated use of simulation and stochastic programming for whole farm planning under risk. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 16(2), 115-126.

Annexes

Tableau A1. Caractéristiques des itinéraires techniques innovants conduits par l'INRA

| Zone d'étude | Itinéraire technique | Caractéristiques | |
|---------------------------|----------------------|--|---|
| Sud-Est (Aix en Provence) | Haut potentiel | Référence haut potentiel | Représente les pratiques culturales de la région spécifiques au type des sols à haut potentiel, sécurisé selon les conditions pédoclimatiques |
| | | Optimisé en sec | Réduction de l'utilisation des pesticides et emploi du désherbage mécanique |
| | | Optimisé en irrigué | Utilisation de l'irrigation pour sécuriser le rendement et le désherbage mécanique |
| | | Econome en eau | Mélange du blé avec la gesce au semis. Destruction de la gesce par le gel constituant le mulch qui conserve l'humidité du sol |
| | | Association avec une plante de service | Utilisation d'une plante de service |
| | Faible potentiel | Référence faible potentiel | Représente les pratiques culturales de la région spécifiques au type des sols à faible potentiel, sécurisé grâce à l'emploi du désherbage chimique |
| | | Simple et robuste | Semis d'un mélange variétal afin d'améliorer la résistance aux maladies et emploi du désherbage mécanique |
| | | Stabilité de la qualité | Semis d'une variété connue pour ses caractéristiques technologiques avec réduction de l'utilisation des pesticides et l'emploi du désherbage mécanique |
| | | Agriculture biologique | Absence d'utilisation d'intrants de synthèse avec l'utilisation de plantes de service : mélange avec la gesce qui devrait être détruite par le gel et la féverole binée au printemps. |

Source : construit à partir de (Justes, Hily, communication personnelle, 2017).

Tableau A2. Itinéraires techniques choisis sur la base du calcul d'indicateurs d'ordre économique, technologique et agronomique dans le site d'Aix en Provence

| Type des sols | Itinéraire technique sélectionné | Intitulé | Performance économique | | Valorisation technologique | | Performance agronomique | | | |
|-------------------------|----------------------------------|---|------------------------|-----------|----------------------------|-----------|--|-----------|-----------|-------------------------------------|
| | | | 2014-2015 | 2015-2016 | 2014-2015 | 2015-2016 | Efficienc d'utilisation de l'azote (q/kgN) | 2014-2015 | 2015-2016 | Valorisation de l'IFT (€/unité IFT) |
| Haut potentiel | « Opti-S » | Optimisation de l'utilisation des intrants en sec | 177,10 | 136,84 | 12,59 | 13,38 | 0,35 | 0,26 | - | - |
| | « EcEau » | Economie en eau | 173,08 | 114,23 | 12,37 | 13,68 | 0,40 | 0,24 | 853,09 | 324,31 |
| | « HP-ref » | Référence régionale en haut potentiel | 202,62 | 120,82 | 12,94 | 14,33 | 0,32 | 0,21 | 790,16 | 95,29 |
| Faible potentiel | « StabKt » | Réduction azote à 100 u et IFT à 0,5 | 134,93 | 39,20 | 11,27 | 12,93 | 0,33 | 0,28 | - | - |
| | « AB » | Agriculture biologique | 93,14 | 130,05 | 11,80 | 11,62 | 0,28 | - | - | - |
| | « FP-ref » | Référence régionale en faible potentiel | 126,79 | 97,76 | 12,43 | 13,29 | 0,23 | 0,35 | 361,83 | 64,41 |

Source : construit à partir de (Justes, Hily, communication personnelle, 2017).