

Elaboration d'indicateurs de suivi des marchés financiers permettant d'identifier des périodes de dysfonctionnement

par

Benoît Guilleminot, Riskelia

Jean-Jacques Ohana, Riskelia

Steve Ohana, ESCP Europe

Juin 2016

Etude commanditée par le Centre d'Etudes et de Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF) et financée par le MAAF dans le cadre du programme 215.

Le présent rapport n'engage que ses auteurs et ne saurait être considéré comme la position du MAAF.

Introduction

Nous avons assisté au cours des dix dernières années à des mouvements de prix particulièrement violents dans les marchés des matières premières agricoles.

Ainsi, de fin mai 2007 à fin février 2008, l'indice Goldman Sachs Agriculture, représentant un panier de matières premières agricoles négociées aux Etats-Unis, a affiché une hausse de près de 100%, avant de perdre 50% entre mars et décembre 2008. De fin juin 2010 à début février 2011, ce même indice a à nouveau doublé. De juin à juillet 2012, il s'est apprécié de 40% en un mois, avant de céder 45% de juillet 2012 à septembre 2014.

Comme nous le verrons plus loin dans ce rapport, ces mouvements sont tout à fait exceptionnels au regard de la volatilité de l'indice et des périodes de temps sur lesquelles ils se sont déroulés.

Ces turbulences sont un sujet de préoccupation majeure pour les régulateurs. Les hausses brutales de prix déstabilisent socialement et politiquement les pays à bas revenus. Au contraire, les baisses telles que celle de 2008-2009 et 2012-2014 ont des répercussions lourdes sur les producteurs, en particulier ceux situés dans les pays en voie de développement. Dans ce contexte, la mise en place d'indicateurs de « dysfonctionnement » apparaît comme une nécessité pour les gouvernements et les organismes internationaux d'aide au développement et de surveillance des marchés agricoles.

La littérature s'est intéressée au rôle des biocarburants, des coûts de production, de la demande émergente, des stocks, de la politique monétaire laxiste de la Federal Reserve et des nouvelles formes de spéculation financière dans la hausse de 2007-2008¹. D'autres études ont tenté d'appréhender l'impact global de l'investissement dit « indiciel » sur les prix agricoles, aboutissant à des conclusions contrastées². Cependant, nous manquons à ce jour d'un cadre d'analyse globale des mouvements

¹ Headey, D., & Fan, S. (2008). Anatomy of a crisis: the causes and consequences of surging food prices. *Agricultural Economics*, 39(s1), 375-391.

Piesse, J., & Thirtle, C. (2009). Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events. *Food policy*, 34(2), 119-129.

Gilbert, C. L. (2010). How to understand high food prices. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 398-425.

Hochman, G., Rajagopal, D., Timilsina, G., & Zilberman, D. (2014). Quantifying the causes of the global food commodity price crisis. *Biomass and bioenergy*, 68, 106-114.

² Capelle-Blancard, G., Coulibaly, D. (2011). Index Trading and Agricultural Commodity Prices: A Panel Granger Causality Analysis, *International Economics* 126-127, pp. 51-72

Gilbert, C. L. (2010). Speculative Influences on Commodity Futures Prices 2006-2008. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Discussion Papers No. 197

Irwin, S., Sanders, D. (2010). A Speculative Bubble in Commodity Futures Prices? Cross-Sectional Evidence. *Agricultural Economics*, Vol. 41.

Irwin, S., Sanders, D. (2011). Index funds, financialization, and commodity futures markets. *Applied Economic Perspectives and Policy*, Vol. 33, 1-31.

extrêmes des prix agricoles, à la fois sur le plan explicatif et sur le plan prédictif : ces mouvements peuvent-ils être expliqués a posteriori ou prédits en temps réel par l'information sur les prix eux-mêmes ? sur les stocks ? sur les volumes de transaction et les flux financiers ? sur les coûts ?

Notre précédente étude pour le Ministère de l'Agriculture avait démontré l'existence d'une synchronicité entre flux indiciels et flux spéculatifs ainsi que d'un impact significatif des flux indiciels sur les prix de matières premières. Nous avons également mis en évidence des épisodes de déconnexion prix/stocks ainsi qu'une tendance de corrélation au sein du complexe de matières premières mais aussi entre classes d'actifs, à toutes les échelles de temps.

La présente étude a un objectif double :

- 1) Mettre à jour les résultats de l'étude précédente sur la période 2012-2014, qui a été le théâtre de transformations importantes sur les marchés de matières premières, et plus généralement sur l'ensemble des marchés financiers
- 2) Mettre au point des indicateurs de suivi des marchés de matières premières agricoles permettant de prédire ou d'identifier de manière précoce des mouvements de prix extrêmes dans les prix agricoles.

En ce qui concerne l'extension des résultats à la période récente, nous parvenons aux conclusions suivantes :

- a. Les investisseurs indiciels désertent de façon continue la classe d'actifs depuis 2012; on peut penser que cette désertion est à la fois la cause et la conséquence de la mauvaise performance des indices de matières premières depuis trois ans, qui cette fois provient des prix spot et non de l'impact de la forme des courbes à terme (contrairement au comportement observé sur la période 2006-2011).
- b. Les stratégies actives implémentées par les hedge funds sont soumises à rude épreuve dans un environnement ne dégageant pas de signal de tendance exploitable par les stratégies algorithmiques de « suivi de tendance ». On note une forte activation des spéculateurs « short » à l'occasion du bear market de 2013³. Ce sont les producteurs (non les acheteurs) qui équilibrent les changements de positions des indiciels et des spéculateurs sur les marchés dérivés.
- c. On note un mouvement très clair de décorrélation au sein des matières premières et entre classes d'actifs depuis 2012. Ce mouvement est associé à une baisse de l'aversion au risque, à une moins forte synchronicité entre flux indiciels et flux spéculatifs que par le passé, ainsi qu'à un impact moins fort des indiciels sur les prix.

Irwin, S., Sanders, D. (2012). Testing the Masters Hypothesis in Commodity Futures Markets. *Energy Economics* 34, 256-269.

Singleton, Kenneth J. (2013). Investor flows and the 2008 boom/bust in oil prices. *Management Science* 60.2, 300-318.

Guilleminot, B., Ohana, J. J., & Ohana, S. (2014). The interaction of speculators and index investors in agricultural derivatives markets. *Agricultural Economics*, 45(6), 767-792.

³ Dans toute cette étude, les données utilisées s'arrêtent fin décembre 2014.

- d. Ces observations suggèrent l'émergence de « cycles de corrélation » dans les marchés de matières premières:
 - i. quand l'aversion au risque est forte, les corrélations augmentent, les spéculateurs suivent les indiciels, qui ont un fort impact sur les prix, ce qui renforce en retour les corrélations entre actifs ; les stratégies d'arbitrage haute fréquence renforcent ensuite ces corrélations et les installent à des échelles de temps encore plus courtes...
 - ii. au contraire, quand l'aversion au risque est faible, les marchés répondent à leurs fondamentaux propres, les spéculateurs suivent ces fondamentaux et ne se corrélient pas aux indiciels
- e. Ainsi, nous interprétons la décorrélation récente comme une simple phase provisoire plutôt que comme un processus définitif. Tous les éléments sont en place (investisseurs indiciels, stratégies algorithmiques, levier, modèles procycliques de gestion de risque...) pour que les corrélations augmentent de nouveau fortement à la prochaine crise de marché.

En ce qui concerne la mise en place d'indicateurs de dysfonctionnement sur les marchés :

- la première étape consiste à identifier les périodes où se sont déroulés des événements « exceptionnels » sur l'horizon de temps considéré. Les mouvements extrêmes sont définis comme des variations de prix se détachant nettement du reste de la distribution sur l'horizon considéré. Nous avons présenté une méthode systématique pour identifier ces mouvements extrêmes sur des horizons de temps allant de 1 mois à un peu plus de deux ans. Cette méthode conduit à identifier 5 mouvements extrêmes depuis 2006 :
 - Fin mai 2007- fin février 2008 : mouvement de 195 jours d'une amplitude de 3.6 écart-type, variation des prix de 94%
 - Mi mars 2008- début décembre 2008 : mouvement de 187 jours d'une amplitude de 4.1 écart-type, variation des prix de -50%
 - Fin juin 2010- début février 2011 : mouvement de 151 jours d'une amplitude de 4 écart-type, variation des prix de 91%
 - Mi juin-mi juillet 2012 : mouvement de 5.5 écart-types, variation des prix de +40%
 - Fin juillet 2012 à fin septembre 2014 : mouvement de 2.4 écart-type, variation des prix de -45%
- Dans un second temps, nous avons regroupé les informations pertinentes pour prédire les mouvements extrêmes des marchés agricoles en trois catégories :
 - Informations sur les prix eux-mêmes :
 - les spreads calendaires⁴ peuvent être utilisés de deux manières dans la prédiction des mouvements extrêmes :

⁴ On appelle spread calendaire la différence entre les prix de deux contrats à terme d'une même matière première livrant à deux dates différentes. Ces deux contrats sont appelées les « jambes » du spread. L'écart entre les deux dates de livraison peut être de quelques mois, par exemple si la première jambe est le spot et la seconde jambe le contrat « first-nearby », c'est-à-dire le contrat à terme de maturité la plus courte négocié sur une bourse

- Une sous-valorisation du prix spot par rapport au prix first-nearby a été prédictive de certains mouvements extrêmes : ainsi, le prix spot était nettement sous-valorisé avant la hausse de 2007 dans les 3 marchés de grains, dans le cas du blé avant la hausse de 2010 et dans le cas du maïs et du soja avant la baisse de 2008.
- Les ruptures dans la relation prix/courbes à terme sont également informatives : trois ruptures sont intervenues dans la relation entre prix spot et « spreads calendaires » « long terme » (celui portant sur des maturités séparées d'un an) pendant les hausses de 2007-2010 et la baisse de 2008; une rupture est intervenue dans la relation entre prix spot et spread calendaire spot/first-nearby dès 2006.
- Les volatilités implicites (déduites de l'inversion de la formule de Black-Scholes à partir des prix observés sur les marchés d'options) et historiques (déduites de l'écart-type des rendements des prix sur une fenêtre glissante) peuvent également intervenir dans la prédiction ou l'identification précoce d'événements extrêmes :
 - La volatilité historique du spread calendaire entre contrats séparés d'une période de un an augmente lors des épisodes de hausse (avec un faux signal en 2003 et une absence de signal lors de la brève flambée de l'été 2012) ; le ratio volatilité long terme⁵/volatilité du spread augmente lors des baisses.
 - Les volatilités implicites (qui ne sont devenues disponibles qu'à partir de 2011-2012) ont été prédictives des mouvements extrêmes de 2012 et 2014. Leur corrélation avec les prix indique s'il y a un risque extrême à la hausse (comme en 2012) ou à la baisse (comme en 2014).
- Les mouvements extrêmes de prix sur des échelles de temps allant de un jour à 100 jours ouvrés permettent de prédire des comportements extrêmes pouvant se dérouler sur des échelles plus grandes, y compris lors de flambées de prix brèves et brutales comme la hausse de 2012. Le choix des seuils de définition des événements extrêmes et de la mémoire des événements extrêmes passés est cependant critique pour minimiser les « faux signaux » tout en parvenant à une identification précoce des phases de turbulence.
- Les corrélations glissantes (c'est-à-dire calculées sur une fenêtre glissante) inter-grains et inter-classes d'actifs ne présentent pas de comportement systématique exploitable pour l'anticipation des mouvements extrêmes. Une envolée des corrélations inter-grains et inter-classes d'actifs telle que celle observée au second semestre 2008 informe cependant sur la vulnérabilité des matières premières agricoles au risque systémique.
- Les relations inter-grains et inter-zones sont également informatives :
 - Le blé est souvent leader des hausses et baisses extrêmes. Ce fut le cas de tous les épisodes extrêmes considérés dans ce rapport sauf la baisse de 2012-2014 (drivée

d'échange comme le Chicago Board of Trade. Cet écart peut être également beaucoup plus important, par exemple si la première jambe est le contrat first-nearby et la seconde jambe le contrat livrant un an après le first-nearby.

⁵ La volatilité « long terme » se réfère à la volatilité du contrat livrant un an après le first-nearby

par le maïs). Le blé est également leader dans les relations de long terme qui unissent les trois grains⁶. Au niveau géographique, le blé français est identifié comme leader dans la relation de long terme entre blé français et blé américain, bien que tous les épisodes extrêmes (hormis la hausse de 2010) aient été drivés par le blé américain.

- Les mouvements de prix extrêmes ont été précédés d'écarts relatifs importants entre grains et entre zones :
 - i. Une survalorisation du maïs par rapport au soja et au blé a précédé la hausse extrême de 2007 (drivée par le blé).
 - ii. La hausse de 2007 (drivée par le blé américain) a également été précédée d'une nette survalorisation du blé français par rapport au blé américain.
 - iii. Une survalorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé le mouvement de baisse de 2008 (drivé par le blé).
 - iv. La baisse de 2008 (drivée par le blé américain) et la hausse de 2010 (drivée par le blé français) ont suivi une nette survalorisation du blé américain par rapport au blé français.
 - v. Une sous-valorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé la hausse extrême de 2012 (drivée par le blé).
 - vi. Une nette survalorisation du maïs a précédé la baisse des trois grains tirée par le maïs en 2013.
- Informations sur les stocks (données USDA⁷)
 - Les hausses de 2010 et 2012 se sont déroulées dans un contexte de stocks normaux ou même élevés. Seule celle de 2007 a suivi des stocks plus bas que leur moyenne historique.
 - Les révisions de stocks expliquent entre 25% et 50% des mouvements extrêmes des prix agricoles, dans le cadre d'un modèle d'impact linéaire à coefficients constants.
 - Cependant, la relation prix/stocks s'avère très fluctuante au cours du temps.
 - Les « ruptures » dans la relation prix/stocks peuvent être détectées en temps réel par une analyse des résidus de la régression des prix sur les stocks menée sur des fenêtres glissantes. On observe ainsi quatre ruptures dans cette relation:
 - a. la première rupture intervient avant la hausse de 2007 (février 2006), se terminant en octobre 2007,
 - b. une seconde rupture se manifeste au milieu de la baisse de 2008 (octobre 2008) et se prolonge jusqu'en février 2010
 - c. une troisième rupture apparaît au début de la hausse de 2010 (août 2010), s'achevant en avril 2011
 - d. une quatrième rupture se déroule en deux phases : première déconnexion modeste au début de la baisse de 2012-2014 (juillet 2013), jusqu'en janvier 2014, puis une déconnexion plus marquée à partir de juillet 2014.

⁶ On se réfère ici au « modèle à correction d'erreur », qui détermine, pour chacune des trois paires possibles (maïs/blé, blé/soja, maïs/soja), la réaction des deux composantes de la paire à un écart à la relation de long terme unissant les deux prix (voir Annexe 4).

⁷ L'acronyme USDA se réfère au US Department of Agriculture.

- Une analyse des corrélations glissantes entre variations de prix et révisions de stocks révèle que les hausses de 2007-2010 et la baisse de 2014 ont suivi des épisodes de décorrélation entre prix et révisions de stocks (et dans chaque cas, une recorrélation des prix aux stocks s'est opérée lors du mouvement extrême). Les baisses de 2008-2013 et la hausse de 2012 se sont au contraire déroulées au sein d'épisodes de forte sensibilité des prix aux révisions de stocks.
- La sensibilité des variations de prix aux variations de stocks a nettement augmenté à partir de 2007-2008 sans jamais retrouver son niveau d'avant 2007.
- Informations sur les volumes et les positions des investisseurs financiers (données CFTC⁸ pour les flux indiciels et spéculatifs et les positions ouvertes, données Bloomberg pour les volumes et les flux ETF) :
 - L'impact des flux indiciels sur les prix est fortement non stationnaire, évoluant notamment avec les conditions de liquidité globales sur les marchés et la corrélation flux indiciels/flux spéculatifs.
 - Les flux indiciels peuvent expliquer une part significative des mouvements de prix observés en 2007 et 2008. Cependant, dans le cas de la baisse de 2008, ils présentent un retard de quelques semaines par rapport aux prix : ceci peut être attribué à une causalité inverse des prix vers les flux ou à un retard dans la prise en compte des retraits indiciels par la CFTC. Les flux spéculatifs sont très fortement corrélés aux variations de prix mais le sens de la causalité est très incertain (comportement suiveur de tendance des spéculateurs).
 - Les flux indiciels ne sont en revanche pas susceptibles de rendre compte des hausses de 2010-2012 ni de la baisse de 2012-2014.
 - Les corrélations flux indiciels/flux spéculatifs et flux indiciels/prix sont à surveiller. Leur augmentation révèle une vulnérabilité des marchés agricoles aux conditions globales d'aversion au risque sur les marchés (2007-2008). Une augmentation de la corrélation flux spéculatifs/prix révèle une vulnérabilité à des spirales de hausse ou de baisse auto-entretenues (2014).
 - Les déviations à la relation de long terme volume/prix sont informatives sur la possibilité de mouvements extrêmes ultérieurs. Les hausses de 2007, 2010 et 2012 ainsi que les baisses de 2013 et 2014 ont suivi des déviations supérieures à un écart-type des volumes par rapport aux prix.

En conclusion, les indicateurs prédictifs les plus fiables à considérer sont :

- les volatilités implicites (associées à la corrélation volatilité/prix pour prédire le sens)
- les écarts de valorisation spot/first-nearby, inter-grains et géographiques (plusieurs écarts de valorisation simultanés renforcent la confiance de la prédiction), qui ne prédisent pas en général le sens du mouvement futur potentiel
- les mouvements extrêmes d'horizons plus courts (qui prédisent le sens du mouvement extrême)

⁸ L'acronyme CFTC désigne la « Commodity Futures Trading Commission », l'organisme public chargé de la supervision des principaux marchés dérivés organisés américains.

- les déconnexions prix/stocks (et prix/spreads calendaires), qui prédisent en général des mouvements de hausse extrême (hormis la déconnexion de 2013, qui a la particularité d'être une déconnexion à la baisse)
- les déviations volume/prix, qui prédisent hausses et baisses extrêmes

I) Rappel des principaux résultats obtenus dans la précédente étude

La première étude⁹ avait pour objectif l'étude du comportement et de l'impact des investisseurs financiers sur les marchés à terme de matières premières dans le contexte de la financiarisation des marchés de matières premières.

En effet, une rupture importante est intervenue au milieu des années 2000 dans la structure de ces marchés.

Avant 2005, les intervenants principaux sur les marchés dérivés de matières étaient les opérateurs dits « commerciaux » (producteurs, acheteurs, négociants, traders physiques) et les spéculateurs financiers, qui dans la suite pourront être appelés indifféremment « spéculateurs » ou « hedge funds ». Ces spéculateurs ont toujours existé sur les marchés dérivés, avec pour but d'exploiter des inefficiences ou des primes de risque systématiques présentes dans le mécanisme de formation des prix. Leur principale caractéristique est de pouvoir prendre des positions baissières ou haussières selon les circonstances, mais aussi de discriminer soigneusement entre maturités et actifs négociés. Ce sont donc des acteurs très souvent spécialisés et dotés d'une connaissance fine de leurs marchés d'intervention. Une autre caractéristique des spéculateurs est l'utilisation de « l'effet de levier », qui leur permet de prendre des positions de taille largement (jusqu'à dix ou vingt fois) supérieure aux capitaux réellement engagés, et donc de multiplier les gains ou les pertes sur un pari. Ils utilisent à cette fin des modèles sophistiqués visant à calibrer leurs différents paris et leur levier de manière à limiter leurs risques. Les stratégies d'intervention des spéculateurs sont très diverses. Certaines sont discrétionnaires, fondées sur une appréciation personnelle par le trader des fondamentaux du marché, d'autres sont systématiques, reposant sur des indicateurs de tendance (stratégies de suivi de tendance ou « trend following »), sur les écarts entre maturités ou actifs corrélés (stratégies « d'arbitrage statistique »), ou d'autres indicateurs de type technique ou fondamental. Des études récentes (voir notamment Moskowitz, 2012¹⁰) montrent que les stratégies de « suivi de tendance » sont les plus représentatives du comportement agrégé des spéculateurs: les spéculateurs ont donc un comportement fortement pro-cyclique par rapport aux prix : en moyenne, ils achètent quand les prix ont une tendance haussière et vendent quand les prix présentent une tendance orientée à la baisse, une stratégie qui s'avère profitable sur le long terme quand elle est appliquée sur un grand nombre de marchés suffisamment diversifiés. L'automatisation des stratégies des spéculateurs est un processus qui s'est amorcé au milieu des années 90 et qui a pris un tournant important avec l'émergence du trading haute fréquence à partir des années 2000.

L'arrivée en force des investisseurs indiciels à partir du milieu des années 2000 a profondément modifié le statut des matières premières au sein des grandes classes d'actifs. Du fait de l'importance des investisseurs indiciels sur les marchés dérivés (ceux-ci représentent en moyenne 25% des positions

⁹ Guilleminot B, Ohana JJ, Ohana S, 2012, Les nouveaux modes d'investissement sur les marchés dérivés de matières premières agricoles : décryptage et impacts, Riskelia, <http://agriculture.gouv.fr/ministere/les-nouveaux-modes-dinvestissement-sur-les-marches-derives-de-matieres-premieres-agricole>

¹⁰ Moskowitz, T., Ooi, Y., Pedersen, L. 2012. Time series momentum, Journal of Financial Economics 104, 228–250

ouvertes sur les marchés dérivés agricoles américains, une masse largement supérieure à celle des spéculateurs), les matières premières, qui étaient jusqu'au milieu des années 2000, un territoire largement protégé, réservé aux spécialistes, se sont transformé en actif d'investissement à part entière, au même titre que les actions ou les dettes publiques et privées. Les investisseurs indiciels, à l'inverse des spéculateurs, ont un positionnement « long-only » et passif sur les marchés dérivés de matières premières, avec pour objectif de rechercher une source de performance diversifiante par rapport aux autres classes d'investissement. Ce sont le plus souvent des allocataires d'actifs (fonds de pension, fonds souverains, assureurs...), avec un horizon supposément plus long terme que les spéculateurs. Leur mode d'intervention consiste à prendre des positions acheteuses sur des paniers de contrats à terme de matières premières, sans discriminer entre les matières premières ni entre les maturités négociées. Les indices de matières premières utilisés sont formés de panier de contrats à terme de matières, dont les poids sont déterminés et régulièrement remis à jour par le sponsor de l'indice (par exemple Goldman Sachs et S&P pour le Goldman Sachs Commodity Index ou GSCI). Dans le but de ne pas prendre physiquement possession des matières premières achetées sur les marchés à terme, les investisseurs indiciels roulent périodiquement leurs positions acheteuses, c'est-à-dire revendent les contrats détenus pour les remplacer par des contrats d'échéance plus lointaine. Les investisseurs indiciels passent le plus souvent par des contrats de gré à gré répliquant la performance de l'indice, avec pour contrepartie de grandes banques d'investissement. Les Exchange-Traded Funds (ETF) sont un véhicule d'investissement alternatif, utilisant également le plus souvent comme contrepartie les grandes banques d'investissement, mais offrant une liquidité intra-quotidienne, comparable à celle des actions.

La précédente étude et l'article académique qui l'a suivi ¹¹ avaient révélé les résultats suivants sur les marchés dérivés américains :

- 1) Des épisodes de hausse simultanée des prix et des stocks sur les différents secteurs de matières premières ont pu être observés à partir de 2004.
- 2) Les corrélations entre les rendements journaliers des différentes matières premières ainsi que les corrélations entre rendements des matières premières et rendements des actifs risqués (actions, devises à fort rendement contre dollar...) ont nettement augmenté à partir du milieu des années 2000, l'augmentation s'accroissant après la chute de la banque Lehman Brothers en septembre 2008.
- 3) L'investissement indiciel dans l'ensemble du complexe des matières premières a connu deux vagues, la première débutant au début des années 2000 et s'achevant à l'été 2008, la seconde démarrant au début de l'année 2009 et s'achevant à la fin de l'année 2011. Les vagues d'investissement sont bien synchronisées avec les grands événements de politique monétaire (assouplissement quantitatif, sauvetage du système bancaire etc.). L'investissement indiciel est temporellement persistant (les flux indiciels hebdomadaires sont autocorrélés) et fortement procyclique par rapport aux prix : les investisseurs indiciels augmentent leurs positions dans les phases de « boom » et se retirent dans les phases de retournement. L'étude a également révélé une part modeste des ETF dans l'investissement indiciel global (environ 15%). Dans le cas des ETF comme dans celui de l'investissement indiciel non liquide, il y a présence d'un risque de contrepartie bancaire et donc impact potentiel des conditions de liquidité et de solvabilité des banques sur l'intégrité des marchés agricoles. Les investisseurs indiciels n'ont

¹¹ The interaction of speculators and index investors in agricultural derivatives markets (2014), *Agricultural Economics*, Volume 45, Issue 6, pp. 767–792

pas retiré les bénéfices escomptés ni en termes de diversification (connexion des matières premières aux actions rappelée au point 2) ni en termes de performance, du fait du fort « contango » sur l'énergie et l'agriculture à partir du milieu des années 2000.

- 4) Le comportement des spéculateurs traditionnels est globalement « suiveur de tendance », ou encore « trend follower », confirmant les résultats d'études antérieures sur l'ensemble des classes d'actifs. Même si les flux des spéculateurs sont plus sensibles aux fondamentaux particuliers de chaque matière première, ils ont eu tendance à se synchroniser avec celui des investisseurs indiciels au cours de la décennie 2000. Une étude sur les données de la CFTC a révélé que dans la plupart des marchés dérivés agricoles, les flux des spéculateurs sont positivement corrélés avec ceux des investisseurs indiciels. Ainsi, ce ne sont pas les spéculateurs qui fournissent de la liquidité aux investisseurs indiciels désirant réajuster leurs positions, mais les acteurs commerciaux.
- 5) Il y a une association entre la synchronicité indiciels/ spéculateurs et l'impact des indiciels sur les prix : les matières premières où les spéculateurs ont le comportement le plus corrélé avec les indiciels sont celles où l'impact des indiciels sur les prix est le plus fort. Cette association se retrouve également au niveau temporel : les phases de stress de liquidité global sur les marchés sont celles où l'on observe à la fois la plus forte synchronicité entre spéculateurs et indiciels et le plus fort impact des indiciels sur les prix.

II) Mise à jour des résultats sur les marchés américains

La période 2012-2014 a vu se dérouler plusieurs ruptures majeures dans les comportements mis en évidence dans la première partie de ce rapport.

La première de ces ruptures concerne le désinvestissement des indiciels et des hedge funds des marchés dérivés de matières premières.

1) Comportement récent des acteurs financiers et commerciaux sur les marchés dérivés agricoles

L'année 2011 correspond à l'apogée de la seconde vague d'investissement financier sur les marchés dérivés de matières premières (Figure 2.1.1). De 2011 à 2014, on estime que les indiciels ont retiré environ 50 milliards et les spéculateurs 40 milliards de la classe d'actifs matières premières, le désinvestissement indiciel se faisant de manière nettement plus continu dans le temps que celui des spéculateurs.

Quand on observe les positions indicielles sur les douze marchés dérivés agricoles pour lesquels le rapport CFTC est disponible (Figures 2.1.2 à 2.1.6), on aboutit aux conclusions suivantes :

- 1) Le reflux des indiciels est toujours visible (Figure 2.1.2) et très continu (baisse de 1,6 à 1,4 millions des positions indicielles nettes entre 2010 et 2014). En revanche, les positions nettes des spéculateurs ne présentent plus de trend baissier global sur la période. Des phases de désinvestissement très importantes (2011, deuxième partie de 2012 et de 2014) alternent avec

des phases de réinvestissement massifs (fin 2013), portant les positions spéculatives à des niveaux comparables à ceux atteints lors des pics d'investissement précédents (2010).

- 2) Jusqu'au début 2012, les positions longues indicielles et spéculatives étaient le principal driver de l'évolution des positions nettes financières ainsi que de l'évolution des positions ouvertes (Figures 2.1.3 et 2.1.4) ; ceci signifie que les flux acheteurs des financiers étaient équilibrés par des flux vendeurs nouveaux de la part des commerciaux (des producteurs précédemment non couverts profitant de la hausse des prix pour se couvrir). En outre, quand les positions financières longues se débouclent (à l'occasion d'un retournement de la tendance haussière des prix), les positions commerciales courtes se débouclent également (les producteurs précédemment couverts débouclent leur couverture quand les prix sont bas, par exemple parce qu'ils anticipent une remontée des prix). Les positions ouvertes augmentent donc quand les investisseurs financiers augmentent leurs positions longues et se réduisent quand ils débouclent leurs positions longues.
- 3) Depuis 2012, ce sont les positions courtes des spéculateurs qui drivent leur position nette sans changer significativement la position ouverte globale. Ceci implique que les flux vendeurs des spéculateurs sont maintenant équilibrés par des rachats de positions courtes de la part des commerciaux. Concrètement, les positions courtes des spéculateurs remplacent celles précédemment détenues par les commerciaux : des producteurs précédemment couverts débouclent leur couverture quand les prix baissent (mécanisme déjà vu au point 2). Quand les flux vendeurs des spéculateurs se débouclent (à l'occasion d'une remontée des prix), les positions courtes des commerciaux reprennent la place de celles des spéculateurs (les producteurs se couvrent à nouveau pour sécuriser des prix de vente élevés). Ce jeu de vase communicant explique pourquoi les positions ouvertes restent quasiment inchangées. Le réveil des spéculateurs « short » de 2011 à 2013 est très frappant quand on compare leur comportement à la précédente grande phase baissière, celle de fin 2008, où ils étaient totalement inactifs, probablement en raison des forts besoins de liquidité qui pesaient sur tous les investisseurs à cette période.
- 4) Au final, on déduit des points 2 et 3 que ce sont les producteurs et non les acheteurs qui, dans tous les cas, jouent le rôle d'équilibrage des positions financières sur les marchés à terme (Figure 2.1.6). Cependant, il existe une différence entre les cas où les investisseurs financiers augmentent leurs positions longues ou augmentent leurs positions courtes. Dans le premier cas, des producteurs non précédemment couverts prennent des couvertures, ce qui provoque une hausse des positions ouvertes. Dans le second cas, des producteurs précédemment couverts débouclent leur couverture (les investisseurs financiers « prennent la place » des producteurs), ce qui maintient le niveau des positions ouvertes.
- 5) Les positions indicielles nettes (Figure 2.1.5) se sont stabilisées à environ 25% des positions ouvertes (contre un pic de 30% atteint début 2010) tandis que les positions spéculatives nettes oscillent toujours depuis 2010 entre -5% et 15% des positions ouvertes (le pic précédemment atteint en 2010).

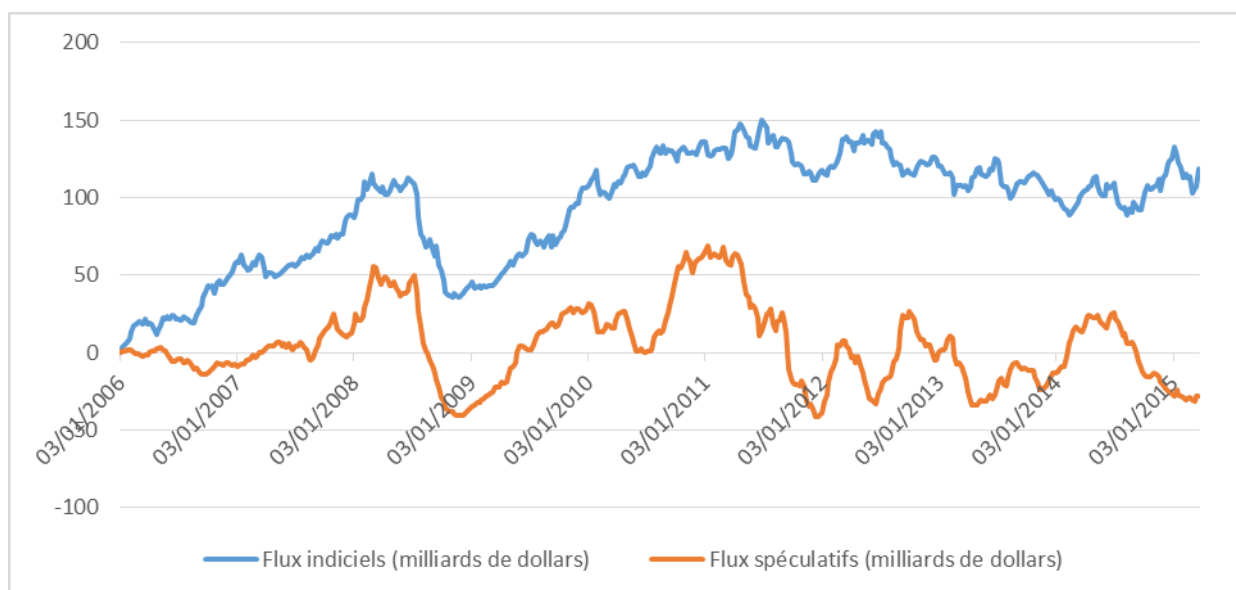


Figure 2.1.1 : Flux cumulés nets des spéculateurs et des indiciels sur l'ensemble des marchés dérivés de matières premières en milliards de dollars. La série des flux indiciels est extrapolée à partir des données de positions indicielles fournies par la CFTC sur 12 marchés dérivés agricoles américains. Celle des hedge funds est calculée à partir des tendances observées sur l'ensemble des marchés à terme de matières premières, en exploitant le comportement « trend follower » des spéculateurs . Les deux séries sont initialisées à 0 en janvier 2006.

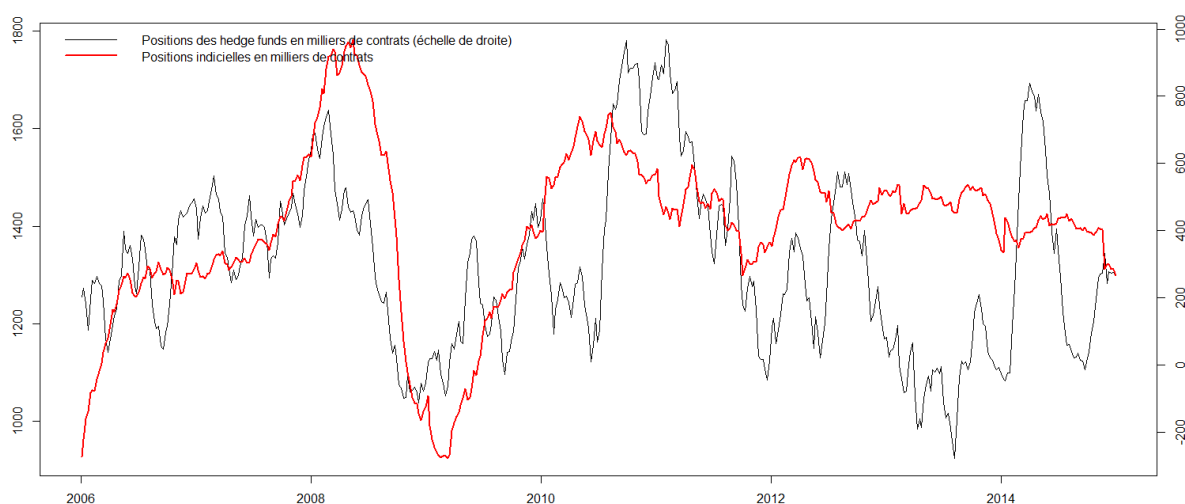


Figure 2.1.2 : Positions nettes des spéculateurs (« hedge funds ») et des indiciels sur les 12 marchés dérivés agricoles américains pour lesquels les données de la CFTC sont disponibles.

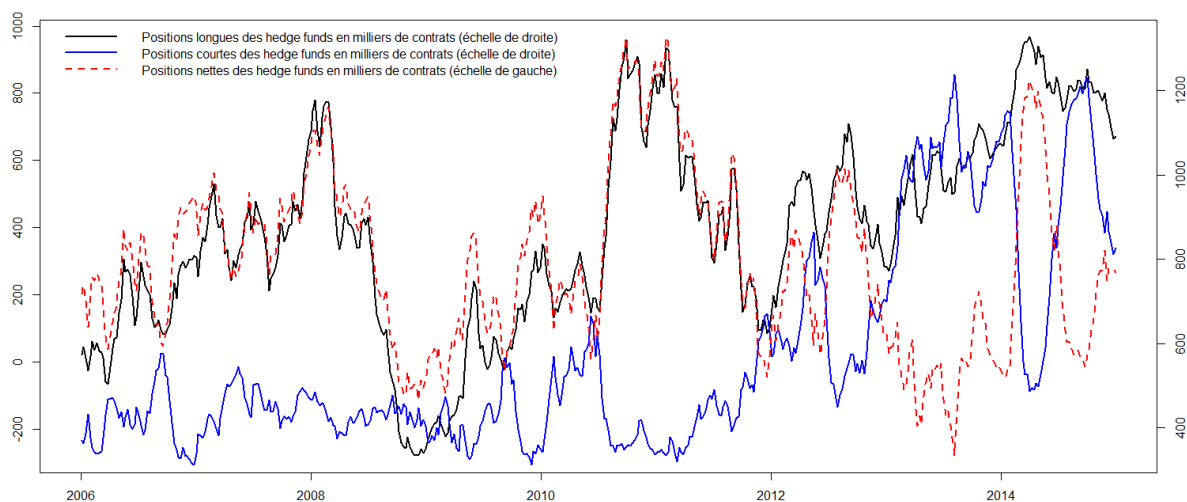


Figure 2.1.3 : Positions longues, courtes et nettes des spéculateurs (« hedge funds ») sur les 12 marchés dérivés agricoles américains pour lesquels les données de la CFTC sont disponibles.

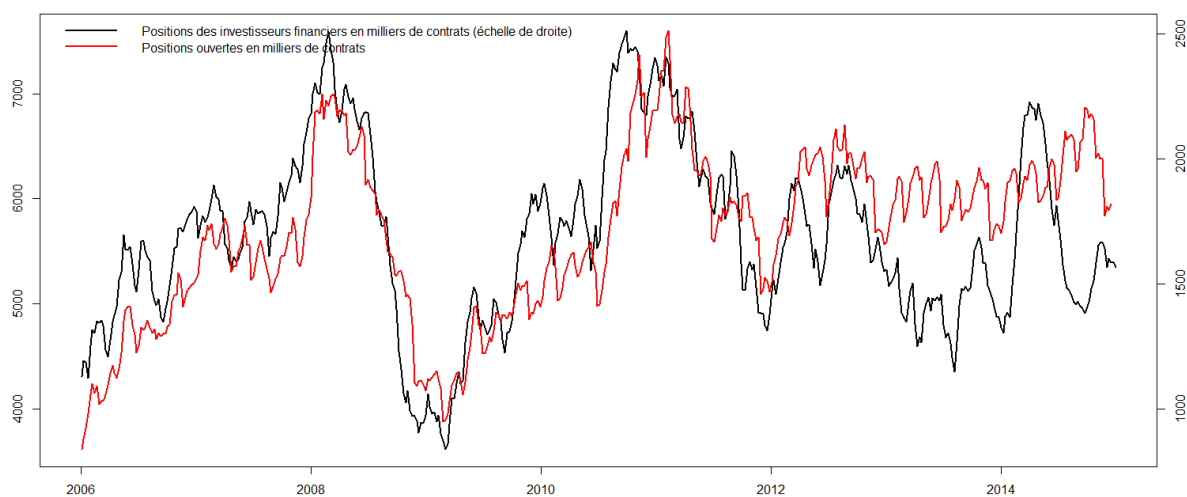


Figure 2.1.4 : Position nette de l'ensemble des investisseurs financiers (spéculateurs plus indiciels) sur les 12 marchés dérivés agricoles américains pour lesquels les données de la CFTC sont disponibles, comparé aux positions ouvertes.

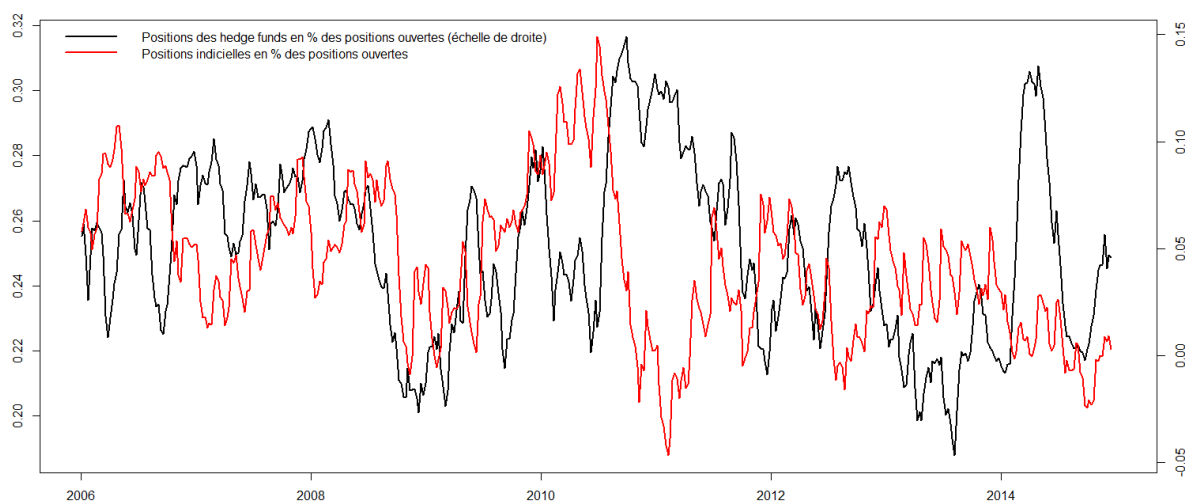


Figure 2.1.5 : Positions nettes des spéculateurs (« hedge funds ») et des indiciels sur les 12 marchés dérivés agricoles américains pour lesquels les données de la CFTC sont disponibles en pourcentage des positions ouvertes.

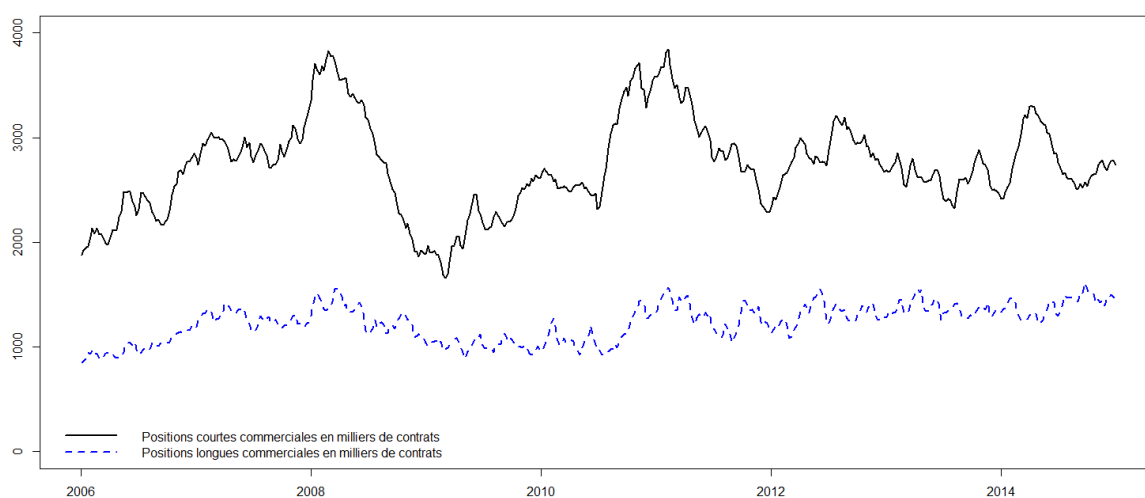


Figure 2.1.6 : Positions commerciales longues et courtes sur les 12 marchés dérivés agricoles américains pour lesquels les données de la CFTC sont disponibles en pourcentage des positions ouvertes.

2) La performance toujours décevante de l'investissement indiciel et les cycles de Spot return/Roll return

Nous avons analysé dans la précédente étude l'impact du « roll » dans la performance de l'investissement indiciel. La performance des indices de matières premières est en effet la somme du :

- Spot return : la performance réalisée sur l'appréciation du prix au comptant
- Roll return : la performance due à la forme de la courbe à terme (une courbe en contango implique un roll return négatif et une courbe en backwardation un roll return positif). Le roll return peut s'interpréter comme un coût du stockage caché. En effet, les investisseurs indiciels achètent des contrats à terme (à un prix égal au prix spot augmenté du prix du stockage, comme expliqué en Annexe 6) puis les revendent peu de temps avant leur expiration (à un prix proche du prix spot).
- Le collateral return : la performance due au placement de la trésorerie au taux sans risque

Les performances Total Return et Spot Return de l'indice généraliste Dow Jones UBS et de l'indice agricole S&P Goldman Sachs sont représentées Figures 2.2.1 et 2.2.2.

Ainsi, la performance annuelle de l'indice Dow Jones UBS « Spot return » (ne tenant pas compte de l'effet du roll) s'élève à 6.2% par an depuis 2006. La performance de l'indice en « total return », reflétant le gain final de l'investisseur, s'établit au niveau négatif de -1.7% par an (Table 2.2.1). En négligeant l'impact des taux d'intérêt (relativement faible sur la période), l'effet du roll est de près de -8% par an.

Pour l'indice agricole, le spot return est de 6.8% et le total return de 1.2% (l'effet du roll est donc de -5.6% en négligeant l'impact des taux d'intérêt). La situation de contango est beaucoup moins marquée pour les métaux, du fait d'un faible coût de stockage et du caractère quasiment illimité des espaces de stockage possibles (pas de contraintes particulières de conservation).

L'observation du ratio Total Return/Spot Return (Figure 2.2.3) permet de noter une amélioration du roll return depuis environ deux ans : les courbes à terme sont passées d'une forme de contango à une forme quasi-plate, rendant la contribution du roll return à la performance globale quasi-nulle. Cependant, cette évolution favorable pour l'investisseur indiciaire s'est accompagnée de spot return nettement moins attractifs que sur la période 2006-2011 (voir Table 2.2.2).

Les Figures 2.2.4a à 2.2.4d montrent d'ailleurs que Spot Return et Roll Return sont en général négativement corrélés sur des périodes de 5 ans : les phases séculaires de forte montée des prix spot finissent par se traduire par un excès d'offre et des stocks élevés (courbe à terme en fort contango) tandis que les phases séculaires de baisse des prix spot se terminent par un excès de demande et des stocks bas (courbe à terme en backwardation). Ainsi, tandis que la période 2005-2010 s'est caractérisée par prix spot en hausse et stocks élevés, la période 2010-2015 a conjugué prix spot en baisse et stocks relativement bas. La décennie 1995-2005 apparaît comme tout à fait exceptionnelle pour les matières premières liées à l'énergie avec des prix spot en forte hausse et des stocks bas (Figure 2.2.4.d).

La corrélation négative entre Spot Return et Roll Return est particulièrement marquée pour l'indice GSCI Agriculture (Figure 2.2.4b).



Figure 2.2.1 : Performance « Spot return » et « Total return » de l'indice généraliste GSCI (Goldman Sachs Commodity Index). L'écart entre les deux séries est dû à l'impact du Roll return, provenant lui-même de la forme des courbes à terme (le contango induit un roll return négatif, la backwardation un roll return positif).



Figure 2.2.2: Performance « Spot return » et « Total return » de l'indice agricole S&P-Goldman Sachs. L'écart entre les deux séries est dû à l'impact du Roll return, provenant lui-même de la forme des courbes à terme (le contango induit un roll return négatif, la backwardation un roll return positif).

	Total Return (TR)	Spot return (SR)	TR - SR
Agriculture	-0,3%	5,3%	-5,6%
Energie	-10,7%	-1,9%	-8,8%
Métaux	0,5%	1,2%	-0,8%
Global	-7,3%	0,0%	-7,3%

Table 2.2.1 : Performance Total Return et Spot Return des différents secteurs sur l'ensemble de la période janvier 2006-décembre 2014. Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

	Total Return (TR)	Spot return (SR)	TR - SR
Agriculture	-7,3%	-8,8%	1,5%
Energie	-15,8%	-16,7%	1,0%
Métaux	-7,1%	-4,6%	-2,5%
Global	-12,4%	-13,0%	0,6%

Table 2.2.2 : Performance Total Return et Spot Return des différents secteurs sur la période janvier 2012-décembre 2014. Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

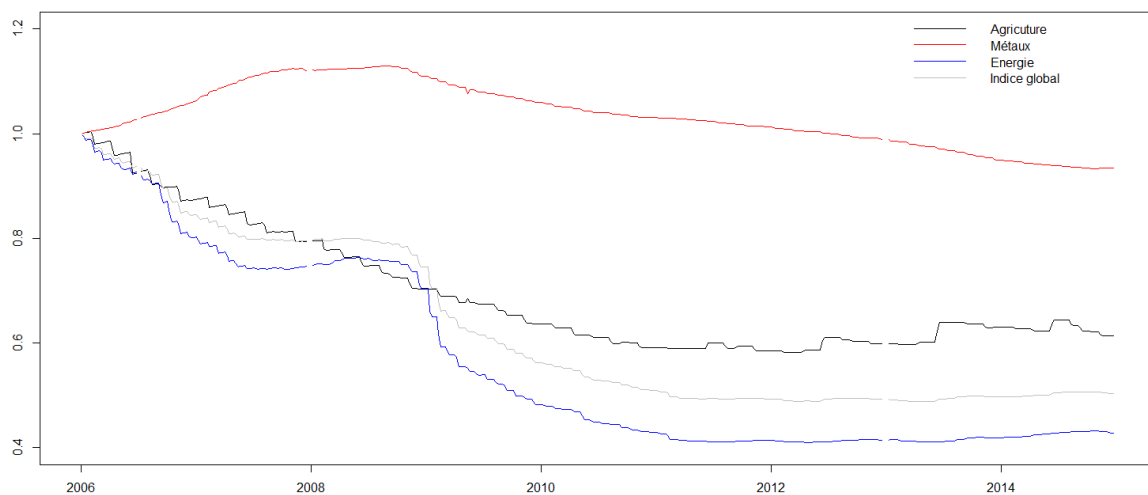


Figure 2.2.3 : Ratio Total Return/Spot Return pour les différents secteurs de matières premières

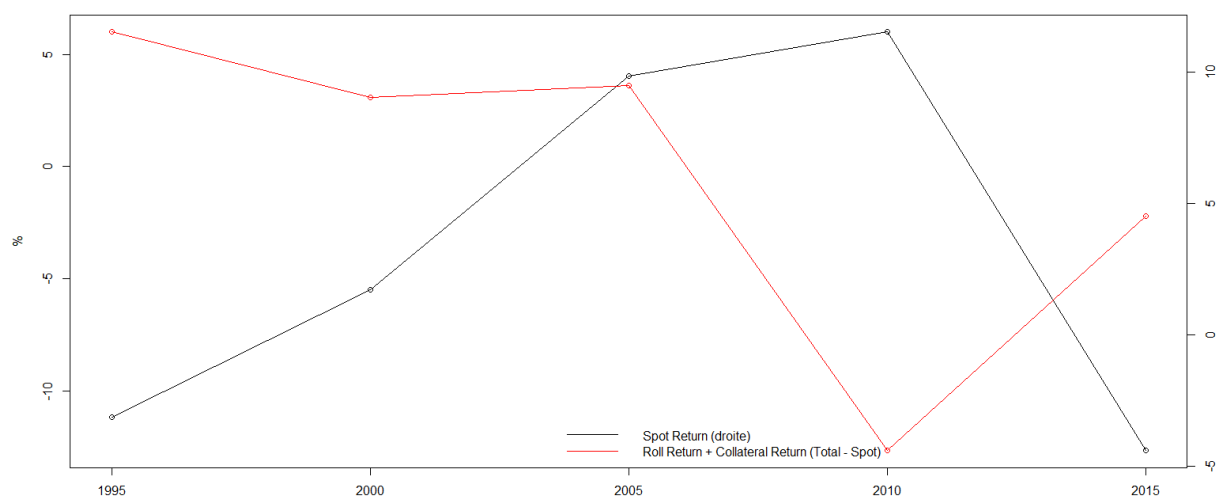


Figure 2.2.4a : Total Return, (Total Return – Spot Return) pour l'indice GSCI sur cinq période de 5 ans entre 1990 et 2014 (1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014). Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

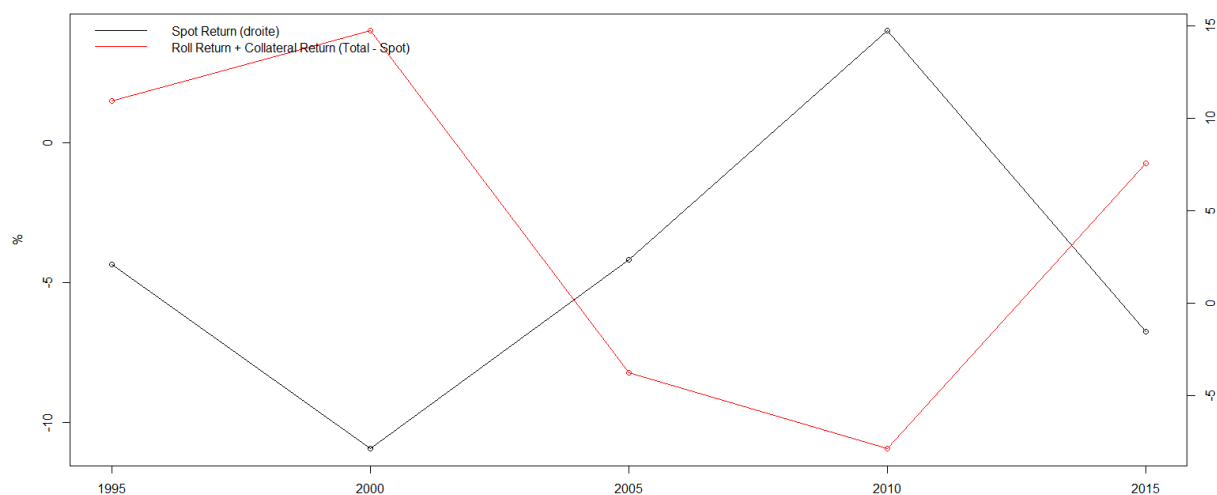


Figure 2.2.4b : Spot Return et (Total Return – Spot Return) pour l'indice GSCI Agriculture sur cinq période de 5 ans entre 1990 et 2014 (1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014). Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

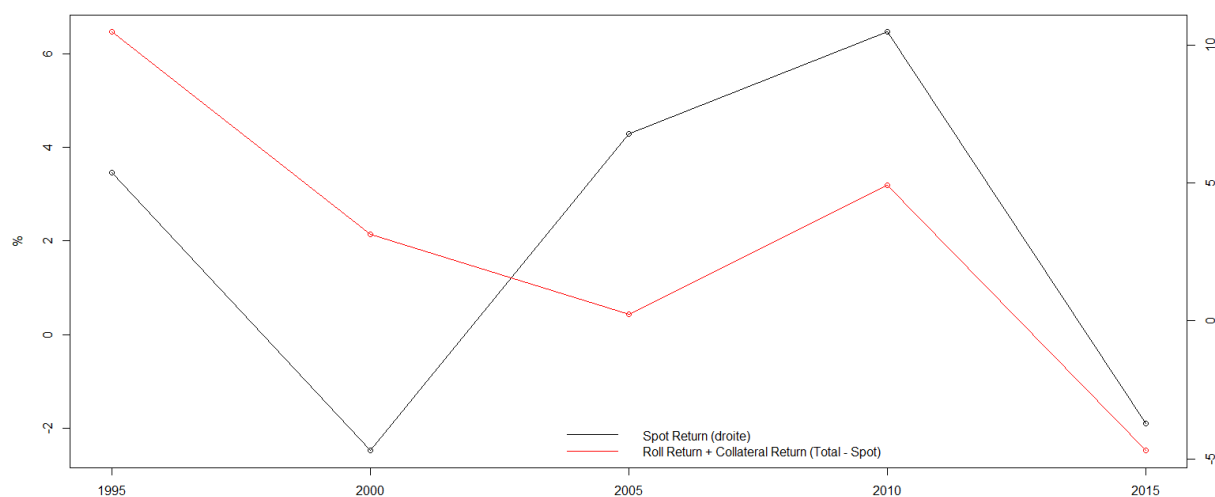


Figure 2.2.4c : Spot Return et (Total Return – Spot Return) pour l'indice GSCI Métaux industriels sur cinq période de 5 ans entre 1990 et 2014 (1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014). Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

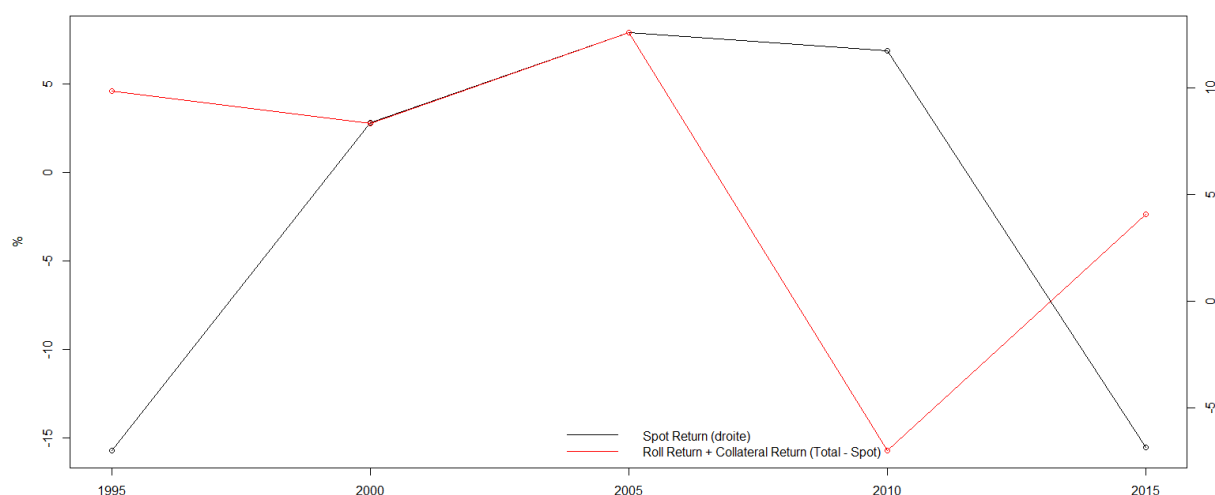


Figure 2.2.4d : Spot Return et (Total Return – Spot Return) pour l'indice GSCI Energie sur cinq période de 5 ans entre 1990 et 2014 (1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014). Tous les rendements sont annualisés et exprimés en %.

3) Un environnement toujours aussi difficile pour les stratégies actives

La précédente étude avait révélé le comportement « suiveur de tendance » des hedge funds. Ce comportement se vérifie également sur la période récente (Figure 2.3.1). La corrélation globale entre tendances passées des prix et positions des hedge funds s'établit à près de 90% sur l'ensemble de la période.

Les Figures 2.4.1 et 2.4.2 permettent de constater la mauvaise qualité du signal de tendance pour la prédiction des prix futurs sur l'ensemble de la période. La stratégie longue passive (elle-même peu performante comme nous l'avons vu plus haut) tend à surperformer celle consistant à suivre le signal de tendance depuis 2009.

Cet environnement défavorable pour les stratégies spéculatives traditionnelles avait poussé un certain nombre de hedge funds à fermer, avant même la fin de la précédente étude fin 2012. Nous avons ainsi évoqué le cas de Bluegold et de Fortress. En 2013, le fonds Clive Capital, un des principaux hedge funds sur les marchés de matières premières, a décidé lui aussi de restituer leur capital aux investisseurs, après avoir constaté une dégradation à long terme du potentiel de performance des stratégies spéculatives sur les marchés de commodités.

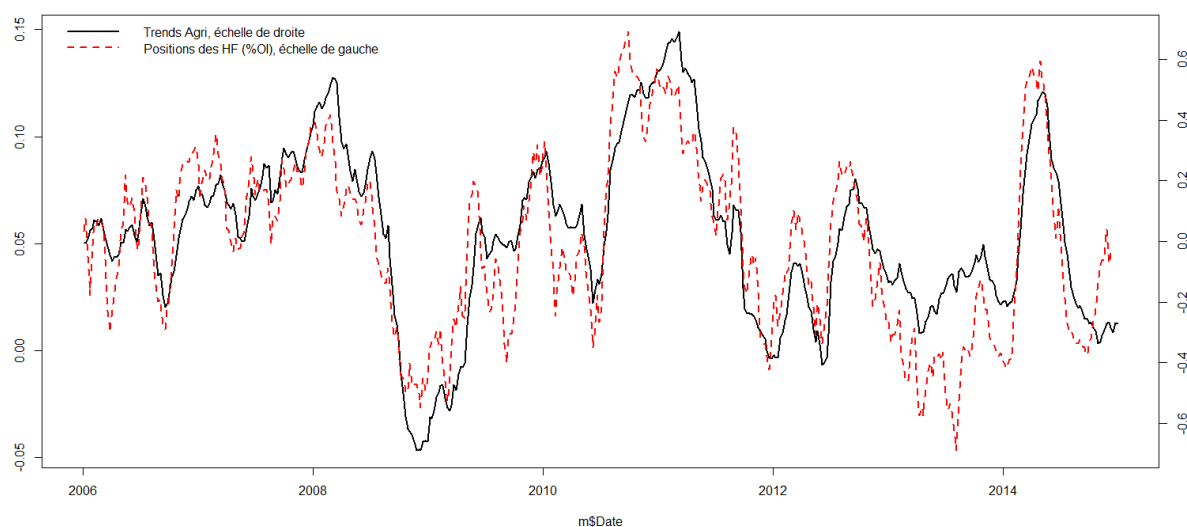


Figure 2.3.1 : Positions nettes des hedge funds en % des positions ouvertes et tendances de prix estimées par l'indicateur de tendance Riskelia.

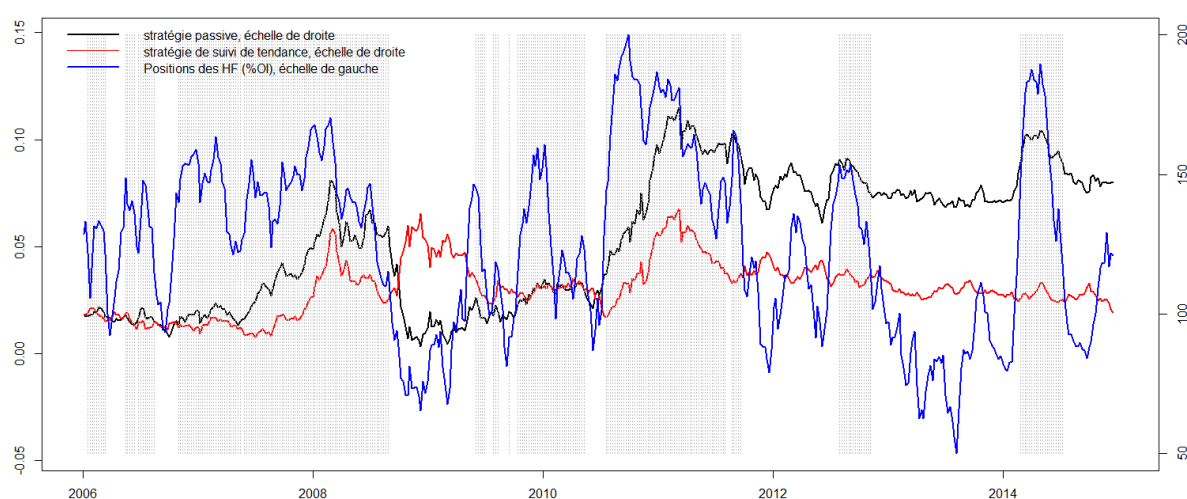


Figure 2.3.2 : Positions nettes des hedge funds en % des positions ouvertes et performance d'une stratégie passive (panier équilibré de 12 contrats de matières premières agricoles négociés aux Etats-Unis) et d'une stratégie de suivi de tendance (bâtie à partir des indicateurs de tendance Riskelia). Les traits verticaux gris indiquent les périodes où la tendance moyenne sur le panier des 12 matières premières agricoles est positive.

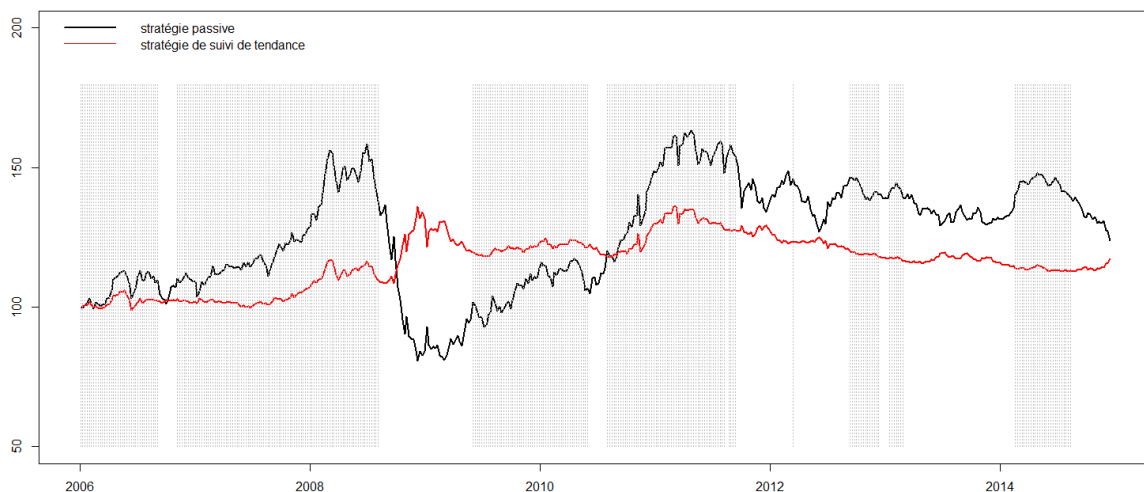


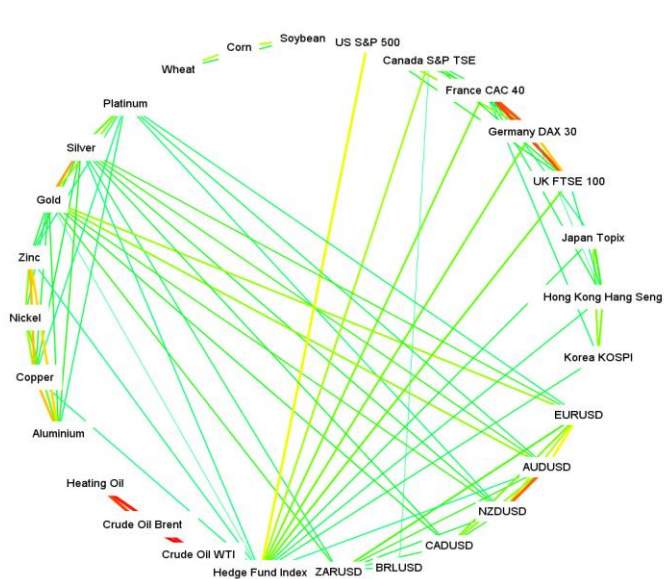
Figure 2.3.3 : Performances d’une stratégie passive (panier équipondéré de 25 contrats de matières premières négociés aux Etats-Unis) et d’une stratégie de suivi de tendance (bâtie à partir des indicateurs de tendance Riskelia). Les traits verticaux gris indiquent les périodes où la tendance moyenne sur le panier des 25 matières premières est positive.

4) La décorrélation récente entre actifs financiers

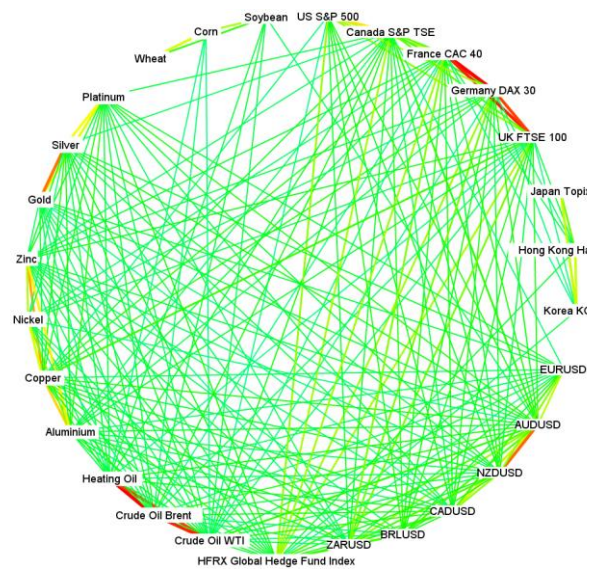
La rupture la plus importante observée depuis la précédente étude concerne sans nul doute les corrélations entre actifs.

Les corrélations des matières premières agricoles avec les actifs cycliques (actions, devises à fort rendement contre dollar) et avec le stress financier global mesuré sur les marchés financiers se sont toutes effondrées à partir de 2011 (Figures 2.4.2 et 2.4.3).

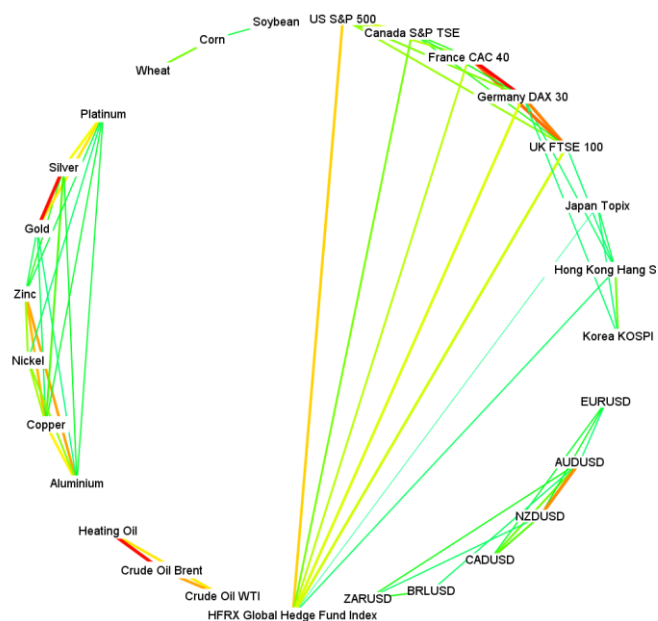
Mais cet effondrement doit être replacé dans le contexte plus général de décorrélation entre l’ensemble des actifs financiers. Cette décorrélation est manifeste lorsqu’on observe l’évolution du réseau de relation entre actifs financiers au cours des deux dernières années (Figure 2.4.1). Le mouvement de décorrélation a bien concerné l’ensemble des actifs financiers, les matières premières n’étant qu’un cas particulier de cette tendance générale. Comme nous allons le voir, les corrélations entre actifs financiers sont déterminées essentiellement par le niveau de stress global sur les marchés.



2000-2005



2006-2012



2013-2014

Figure 2.4.1 : Réseau de corrélation entre les rendements quotidiens de différents actifs (indices boursiers, devises, hedge fund, énergie, métaux de base, métaux précieux, céréales); les corrélations inférieures à 25% ne sont pas représentées ; les corrélations les plus faibles sont représentées en vert et les plus fortes en rouge. Le réseau en haut à gauche correspond à la période 2000-2005. En haut à droite 2006-2012. En bas, 2013-2014.

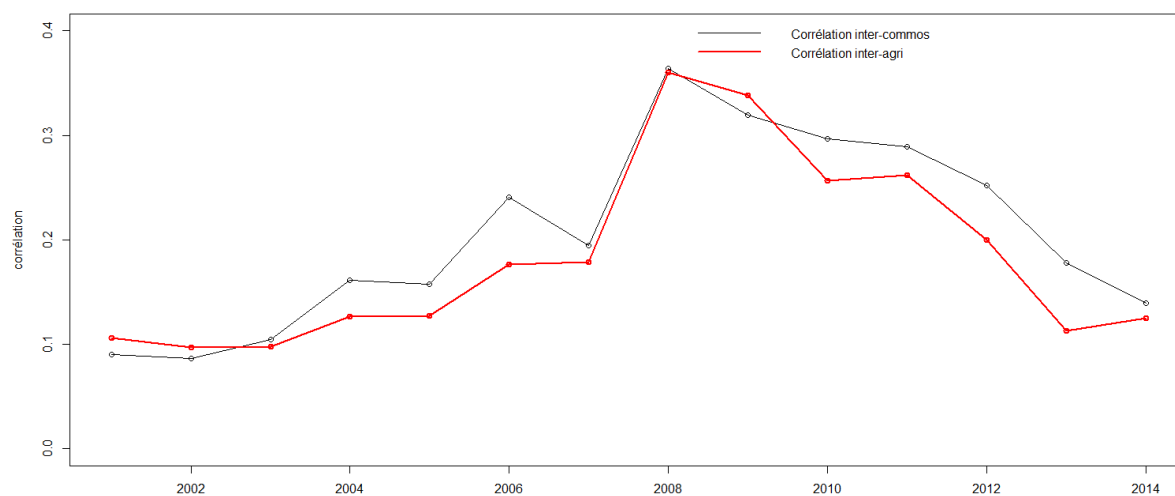


Figure 2.4.2 : Corrélations moyennes au sein d'un panier de 25 matières premières (noir) et d'un panier de 12 matières premières agricoles négociées sur les marchés futures américains. Les corrélations sont estimées sur les rendements hebdomadaires, année par année.

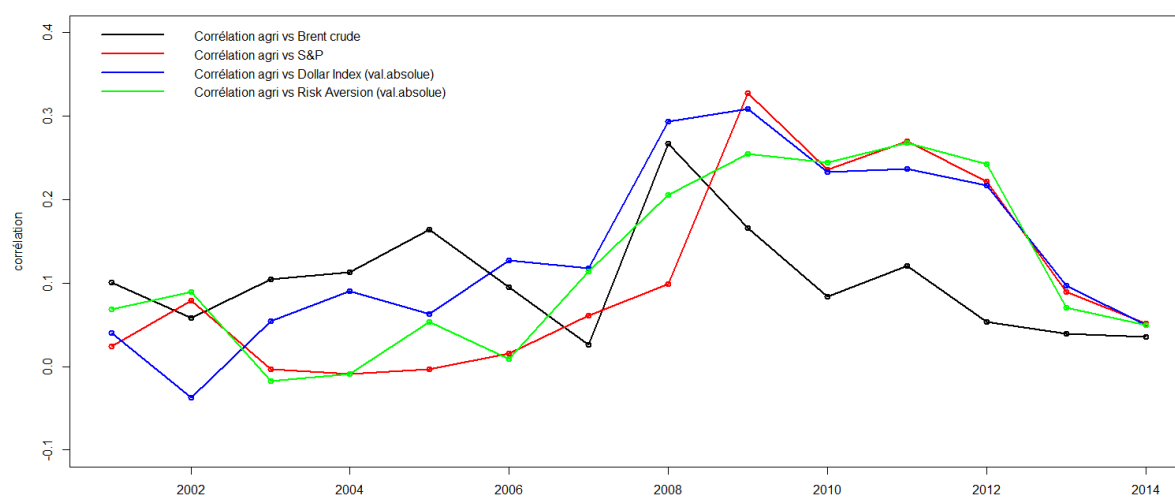


Figure 2.4.3 : Corrélations moyennes d'un panier de 12 matières premières agricoles avec le Brent (noir), le S&P 500 (rouge), le Dollar Index (blue), et l'indicateur Riskelia d'aversion au risque (vert).

5) Les cycles de corrélation et d'impact indiciel sur les prix

Dans l'article académique qui a suivi notre première étude, nous avons démontré que l'impact des flux indiciels est fortement non stationnaire : lors des phases de stress financier global sur les marchés, les hedge funds imitent davantage les investisseurs indiciels et l'impact des investisseurs indiciels est renforcé.

La Figure 2.5.1 montre une association entre les quatre séries suivantes au cours du temps :

- Le stress global sur les marchés, capturé par l'indicateur Riskelia « d'aversion au risque », synthétisant en un seul indicateur l'ensemble des prix de marché du risque observés sur les marchés actions, matières premières, devises et crédit.
- Les corrélations entre actifs
- La corrélation entre flux des hedge funds et flux indiciels
- L'impact des flux indiciels sur les prix (dont la mesure est expliquée en détail dans l'annexe 2)

L'impact des flux indiciels sur les prix est naturellement associé à la synchronicité entre flux spéculatifs et flux indiciels : plus les hedge funds imitent les indiciels, plus les flux commerciaux doivent être mobilisés pour équilibrer les flux financiers, donc plus l'impact des flux indiciels sur les prix est important (seule une hausse significative des prix est susceptible d'augmenter la demande de position courte des producteurs).

Ainsi, le comportement des marchés et des investisseurs est fortement non stationnaire. Lors des phases de stress financier global sur les marchés (2008, 2011), les acteurs font tous face à des problèmes de liquidité tandis que les modèles de risque utilisés par tous les acteurs révisent les mesures de perte potentielle à la hausse. Les acteurs sont donc contraints de liquider de concert leurs positions. Ces liquidations synchronisées provoquent une recorrélation des actifs, renforcée par les algorithmes d'arbitrage misant sur l'alignement des actifs à des échelles de temps très courtes. Dans ce type de configuration, il est naturel que les flux des hedge funds se déterminent moins par rapport aux fondamentaux spécifiques de chaque matière première et se corrélient davantage aux flux indiciels car tous les actifs deviennent gouvernés par le même facteur de risque, l'alternateur « risk on-risk off ». Il devient alors plus difficile pour les investisseurs indiciels de dénouer leurs positions et leur impact sur les prix se renforce. Au contraire, lors des phases normales de marché, les fondamentaux prennent le dessus sur les facteurs exogènes, les marchés se décorrèlent, les hedge funds agissent de manière indépendante des indiciels et l'impact des indiciels sur les prix est minime.

L'association entre les variables se retrouve aussi entre différents marchés de matières premières (Figure 2.5.2). Il y a donc une relation à la fois inter-temporelle et inter-marchés entre cyclicité et imitation des indiciels par les hedge funds (Figure 2.5.3). Ceci s'interprète comme précédemment : les matières premières les plus cycliques (les plus corrélées aux actifs risqués tels que le pétrole, les devises etc.) sont celles dont les prix sont les plus fortement influencés par des facteurs financiers exogènes (appétit global pour le risque, politique monétaire etc.). Ces marchés sont donc ceux où les hedge funds sont les plus susceptibles d'aligner leurs positions sur celles des investisseurs indiciels (qui rappelons-le sont des allocataires d'actifs généralistes). La causalité va aussi probablement dans le sens opposé : plus les hedge funds imitent les indiciels, plus le caractère cyclique de la matière première est renforcé. On note le statut tout à fait particulier des marchés animaux, caractérisés par un comportement « anti-indiciels » des hedge funds et un impact négligeable des flux indiciels sur les

prix. Le complexe du soja se distingue par sa forte cyclicité, la forte synchronicité flux indiciels/flux spéculatifs et le fort impact indiciel sur les prix.

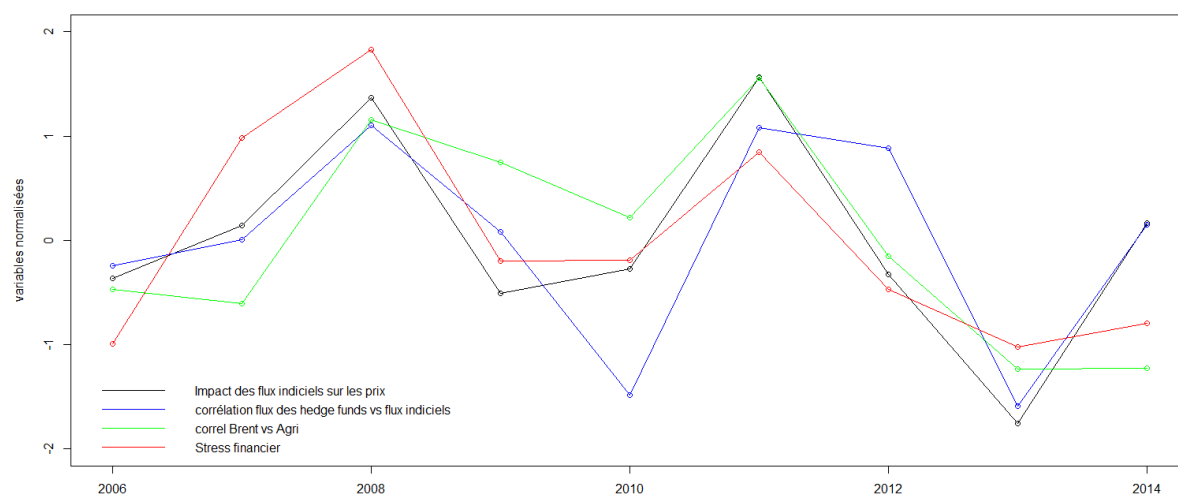


Figure 2.5.1 : Impact des flux indiciels sur les prix (estimé par la méthode décrite dans l'Annexe 2), corrélation entre flux spéculatifs et flux indiciels nets (agrégés sur les 12 contrats agricoles sur lesquels porte le rapport de la CFTC), corrélation Brent vs panier équilibré de 12 contrats agricoles, indicateur Riskelia d'aversion au risque. Tous les indicateurs sont estimés année par année et sont normalisés (on enlève la moyenne globale et on divise par l'écart-type) de manière à pouvoir les représenter sur un même graphe.

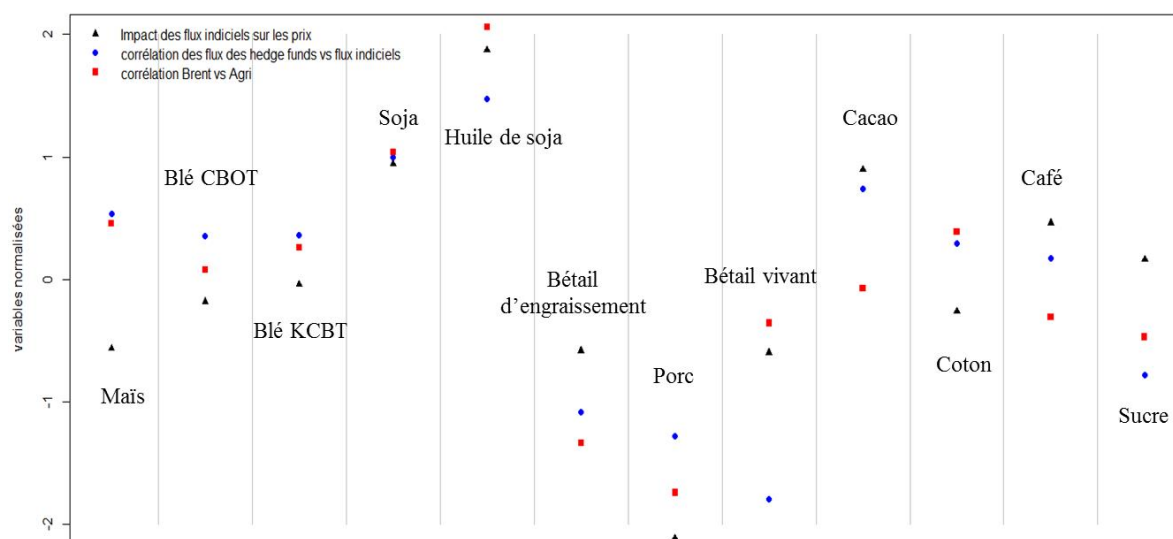


Figure 2.5.2 : Impact des flux indiciels sur les prix de chaque matière première individuelle (estimé par la méthode décrite dans l'Annexe 2), corrélation entre flux spéculatifs et flux indiciels nets (sur chaque marché individuel), corrélation Brent vs chaque marché individuel. Tous les indicateurs sont normalisés (on enlève la moyenne globale et on divise par l'écart-type) de manière à pouvoir les représenter sur un même graphe.

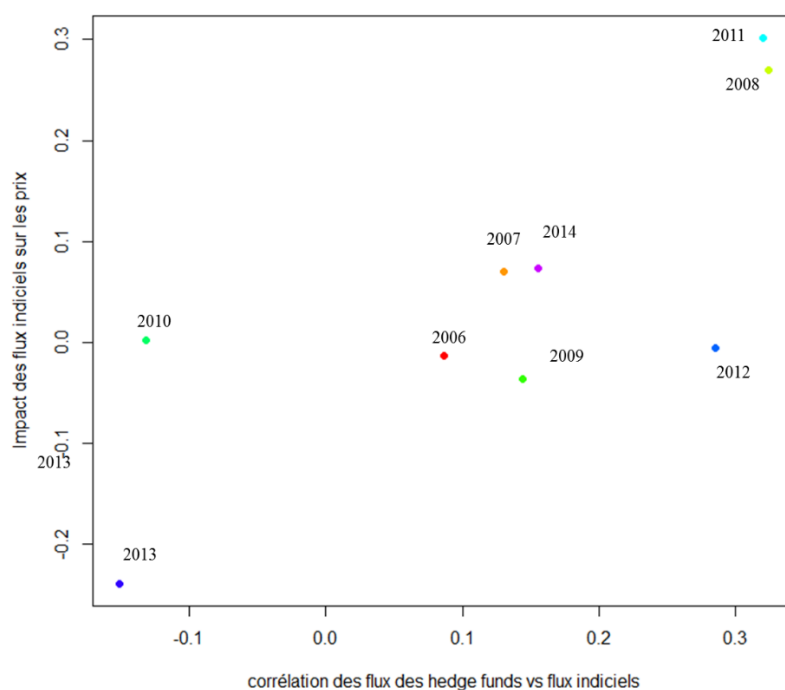
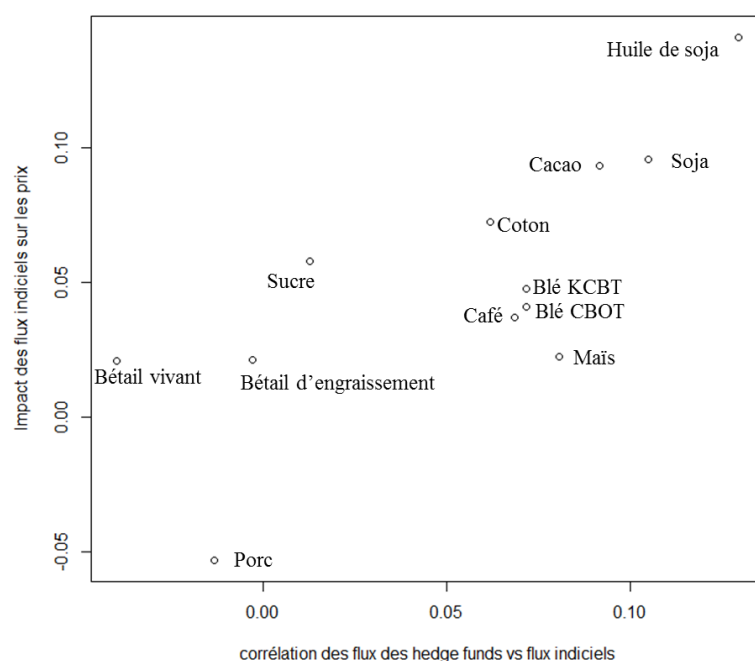


Figure 2.5.3 :

en haut : Impact des flux indiciels sur le panier des 12 matières premières agricoles (estimé par la méthode décrite dans l'Annexe 2) contre corrélation entre flux spéculatifs et flux indiciels nets (agregés sur les 12 marchés). Chaque point correspond à une année.

en bas : Impact des flux indiciels sur les prix de chaque matière première individuelle (estimé par la méthode décrite dans l'Annexe 2) contre corrélation entre flux spéculatifs et flux indiciels nets (sur chaque marché individuel). Chaque point correspond à un contrat différent.

Synthèse de la partie II

Les investisseurs indiciels désertent de façon continue la classe d'actifs depuis 2012; on peut penser que cette désertion est à la fois la cause et la conséquence de la mauvaise performance des indices de matières premières depuis trois ans, qui cette fois provient des prix spot et non de l'impact de la forme des courbes à terme (contrairement au comportement observé sur la période 2006-2011).

Les stratégies actives implémentées par les hedge funds sont soumises à rude épreuve dans un environnement ne dégageant pas de signal de tendance exploitable par les stratégies algorithmiques de « suivi de tendance ». On note une forte activation des spéculateurs « short » à l'occasion du bear market de 2013. Ce sont les producteurs (non les acheteurs) qui équilibrent les changements de positions des indiciels et des spéculateurs sur les marchés dérivés.

On note un mouvement très clair de décorrélation au sein des matières premières et entre classes d'actifs depuis 2012. Ce mouvement est associé à une baisse de l'aversion au risque, à une moins forte synchronicité entre flux indiciels et flux spéculatifs que par le passé, ainsi qu'à un impact moins fort des indiciels sur les prix.

Ces observations suggèrent l'émergence de « cycles de corrélation » dans les marchés de matières premières.

Ainsi, nous interprétons la décorrélation récente comme une simple phase provisoire plutôt que comme un processus définitif. Tous les éléments sont en place (investisseurs indiciels, stratégies algorithmiques, levier, modèles procycliques de gestion de risque...) pour que les corrélations augmentent de nouveau fortement à la prochaine crise de marché.

III) Les mouvements récents des prix agricoles

1) Trajectoire de prix des matières premières agricoles

Comme observé dans notre précédent rapport, les prix agricoles ont depuis 2007 quitté la fenêtre à l'intérieur de laquelle ils évoluaient au cours des décennies 80 et 90 (Figure 3.1.1).

La flambée de 2007, l'effondrement de 2008 et la hausse de 2010 se distinguent par leur ampleur et leur extrême rapidité.

Nous quantifierons ces mouvements dans les sections qui suivent.

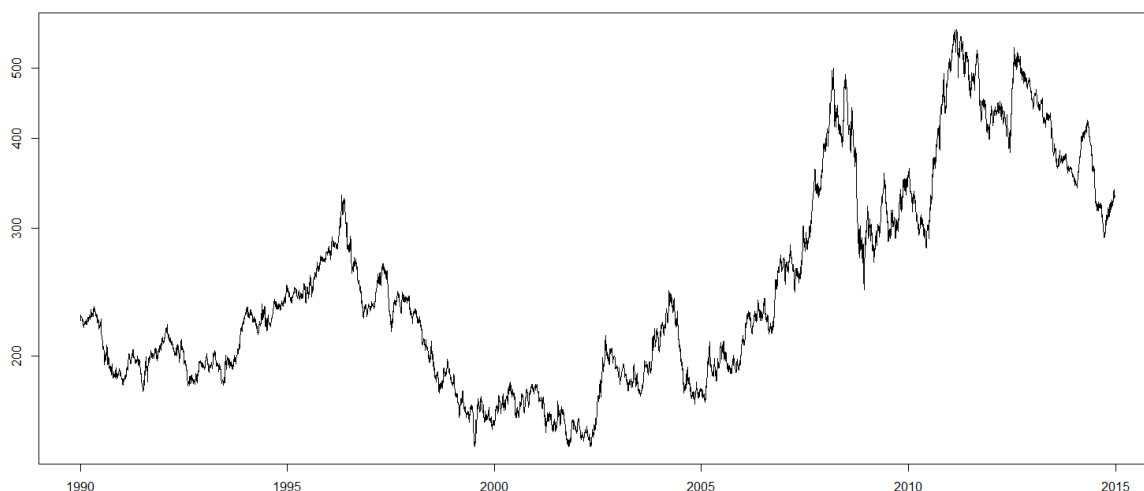


Figure 3.1.1 : Indice Goldman Sachs Agriculture de début 1990 à fin 2014, échelle logarithmique

2) Le changement de régime de 2006/2007

Au cours des années 90 et du début de la décennie 2000, prévalait une relation négative forte et robuste entre prix agricoles et niveaux des stocks.

Cette relation se justifie économiquement par le fait que quand (suite par exemple à une information négative sur la récolte à venir), l'anticipation des stocks futurs baisse, les prix doivent augmenter pour inciter les détenteurs de stocks à libérer leurs stocks et ainsi absorber le déficit d'offre sur le marché physique. Inversement, si un choc positif d'offre survient, l'anticipation de l'augmentation des stocks doit s'accompagner logiquement d'une baisse des prix pour inciter les détenteurs de capacités disponibles de stockage à stocker et ainsi absorber l'excès d'offre sur le marché physique.

Dans ce qui suit, nous utiliserons les prévisions de « stock-to-use » fournies mensuellement par l'USDA (rapport WASDE¹²), dont la structure est détaillée en Annexe 5. On voit clairement sur la Figure 3.2.1 une relation inverse prix/stocks jusqu'en 2006 puis une nouvelle relation inverse prix/stocks après 2007.

Les Figures 3.2.2, 3.2.4 et 3.2.6 rendent compte du même phénomène sur les marchés individuels de grains américains. Dans le cas du maïs, c'est à la fois le niveau des prix et la sensibilité des prix au niveau de stocks qui ont augmenté.

Or, on constate sur les Figures 3.2.3, 3.2.5 et 3.2.7 que la relation reliant la courbe à terme (décrite par le ratio Prix à terme livrant un an après le first-nearby/ Prix first-nearby) et les stocks s'est peu modifiée après 2007¹³. Cette relation est celle prédite par la « théorie du stockage » de Kaldor et Working¹⁴ : plus les niveaux de stocks perçus sont élevés, plus les contrats de maturités longues se renchérissent par rapport aux contrats de maturité plus courte. Le sens économique de cette relation est explicité en Annexe 6.

Ainsi, le ratio Prix au comptant/Prix à un an n'a pas changé de comportement par rapport au stock-to-use depuis 2007. Nous en déduisons donc que c'est le comportement des contrats de maturité longue qui s'est modifié après 2007 : le prix de ces contrats est plus élevé en moyenne et, dans le cas du maïs, plus sensible qu'auparavant aux variations des niveaux de stocks (Figure 3.2.8). L'origine de cette rupture fait l'objet de la section suivante.

Synthèse de la partie III.2

Une rupture dans la relation prix/stocks est intervenue en 2006/2007. Cette rupture provient d'un changement de comportement des prix de maturité longue, dont le niveau s'est brutalement élevé en 2006/2007 et dont la sensibilité aux stocks a également augmenté dans le cas du maïs.

¹² <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/index.htm>

¹³ Pour le soja, on constate cependant un pouvoir explicatif quasiment nul de l'estimation du Stock-to-Use USDA sur la courbe après 2007. Cette observation est probablement due au manque de données.

¹⁴ Kaldor, N., 1939. Speculation and Economic Stability, *The Review of Economic Studies* 7, 1–27 ; Working, H., 1949. The theory of the price of storage. *American Economic Review* 39, 1254–1262

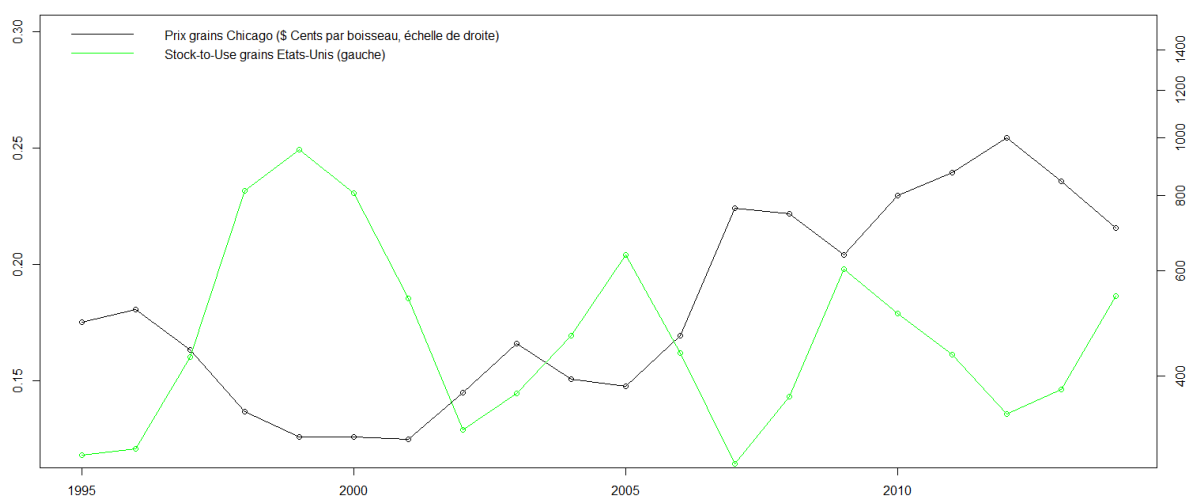


Figure 3.2.1 : Prix des trois grains CBOT¹⁵ first-nearby en (\$ cents par boisseau) et Stock-to-Use des trois grains à partir des données USDA. Les données USDA en année n correspondent aux stocks anticipés par l'USDA à la fin de la campagne n/n+1. Les données de prix correspondent à la moyenne des prix des contrats « first-nearby » du maïs, du blé et du soja au Chicago Board of Trade. Les deux séries temporelles sont calculées à partir des moyennes annuelles sur la période mai de l'année n – Avril de l'année n+1. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne n/n+1 seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). On calcule les moyennes des prix et stock-to-use sur les trois marchés de grains.

¹⁵ L'acronyme CBOT (Chicago Board of Trade) désigne la principale bourse de produits dérivés (futures, options) sur les prix agricoles aux Etats-Unis.

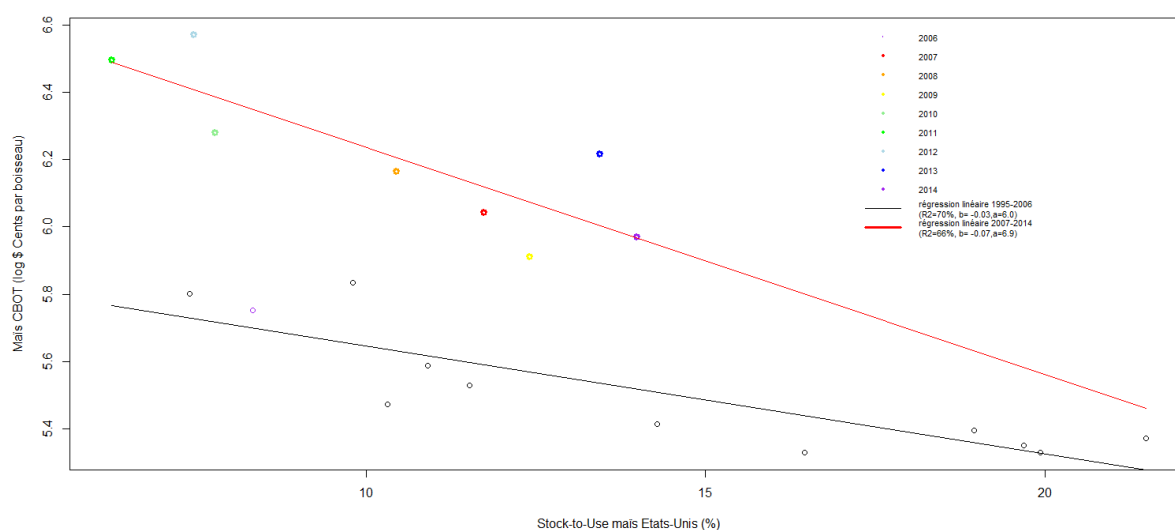


Figure 3.2.2 : Prix maïs CBOT first-nearby en \$ cents par boisseau (en logarithmes) contre Stock-to-Use maïs aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année $n+1$ pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne $n/n+1$ seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). On constate une sensibilité accrue des prix au stock-to-use ainsi qu'une augmentation de l'ordonnée à l'origine après 2007.

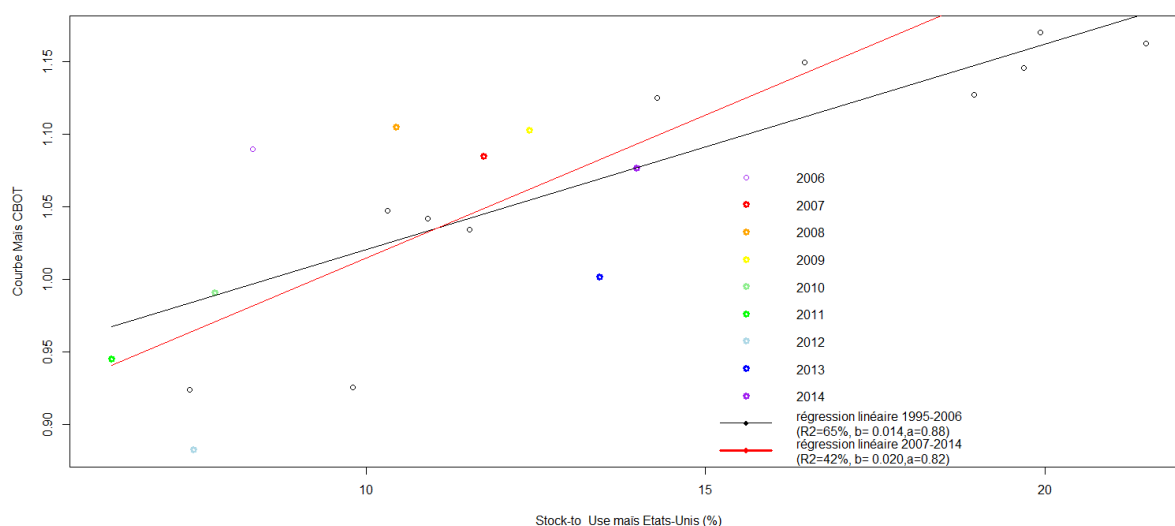


Figure 3.2.3 : Courbe à terme du maïs (définie par le ratio entre prix à terme livrant un an après le first-nearby et prix first nearby) contre Stock-to-Use maïs aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année $n+1$ pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne $n/n+1$ seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). La relation courbes/stock-to-use est restée stable après 2007.

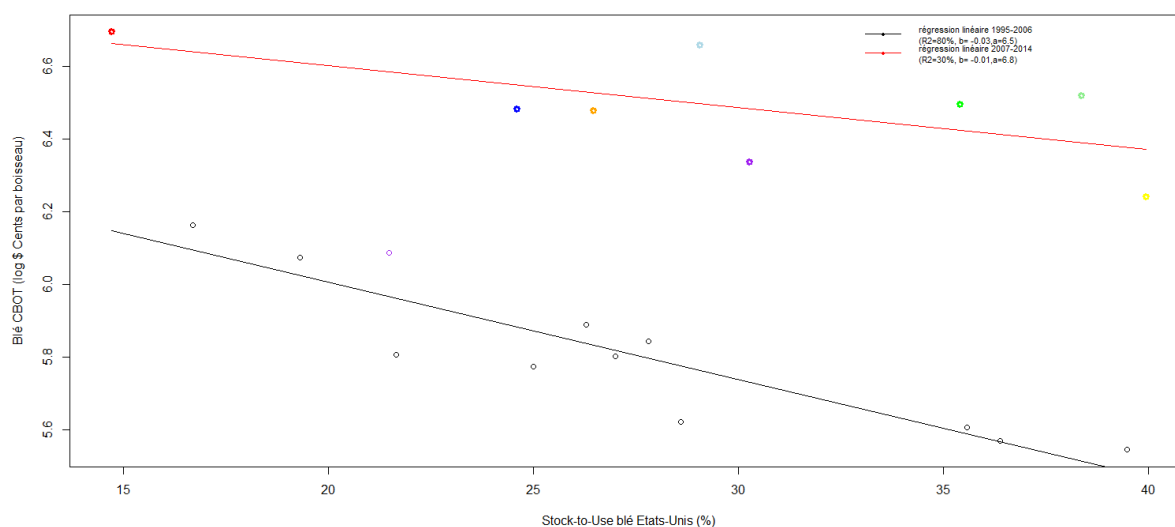


Figure 3.2.4 : Prix du blé CBOT first-nearby en \$ cents par boisseau (en logarithmes) contre Stock-to-Use blé aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année n+1 pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne n/n+1 seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). La pente de la relation prix/stock-to-use est restée stable après 2007, mais le coefficient à l'origine a nettement augmenté.

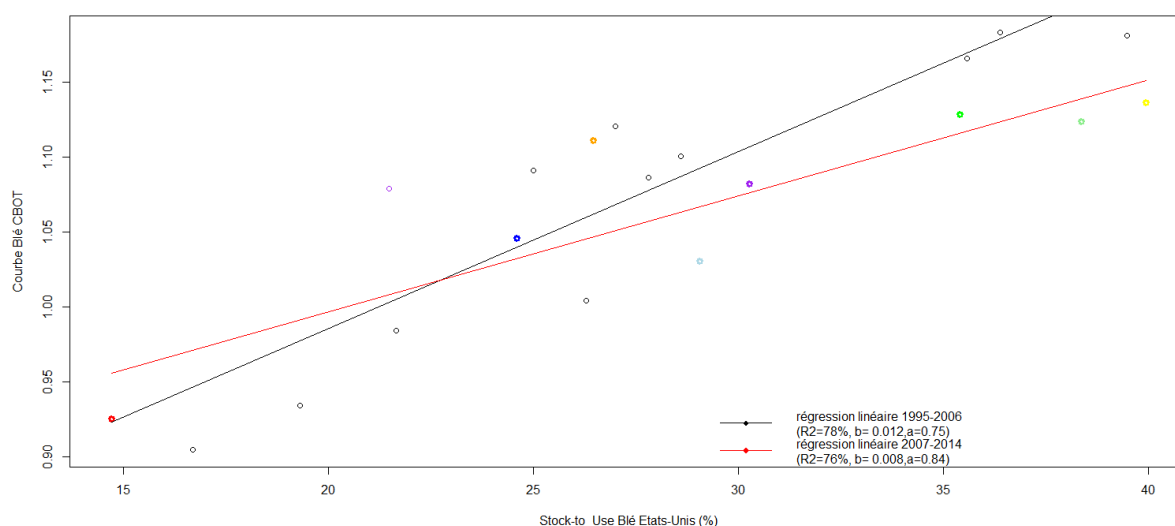


Figure 3.2.5 : Courbe à terme du blé (définie par le ratio entre prix à terme livrant un an après le first-nearby et prix first-nearby) contre Stock-to-Use blé aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année n+1 pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne n/n+1 seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). La relation courbes/stock-to-use est restée stable après 2007.

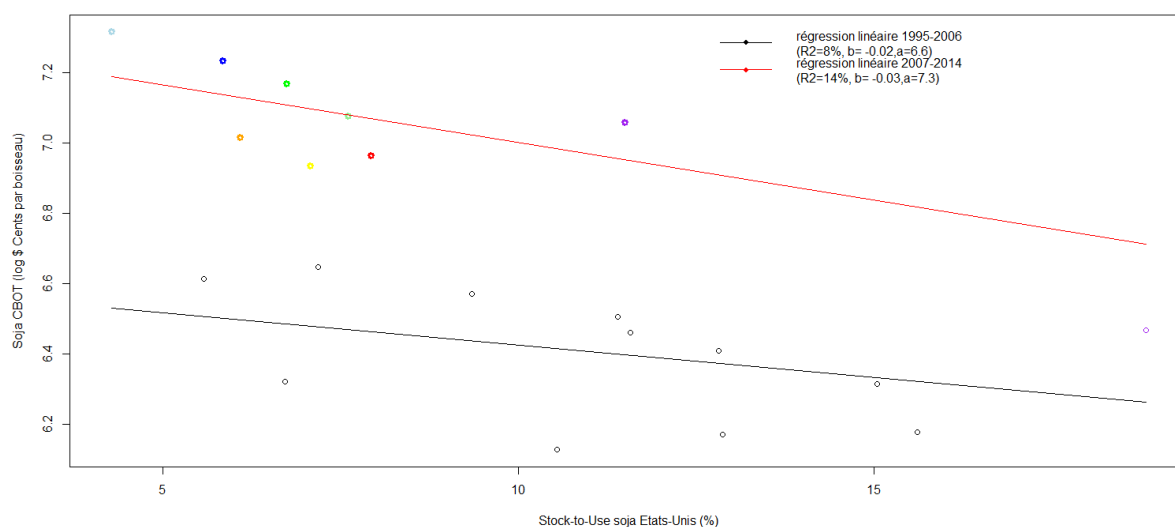


Figure 3.2.6 : Prix du soja CBOT first-nearby en \$ cents par boisseau (en logarithmes) contre Stock-to-Use soja aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année n+1 pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne n/n+1 seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). La pente de la relation prix/stock-to-use est restée stable après 2007, mais le coefficient à l'origine a nettement augmenté.

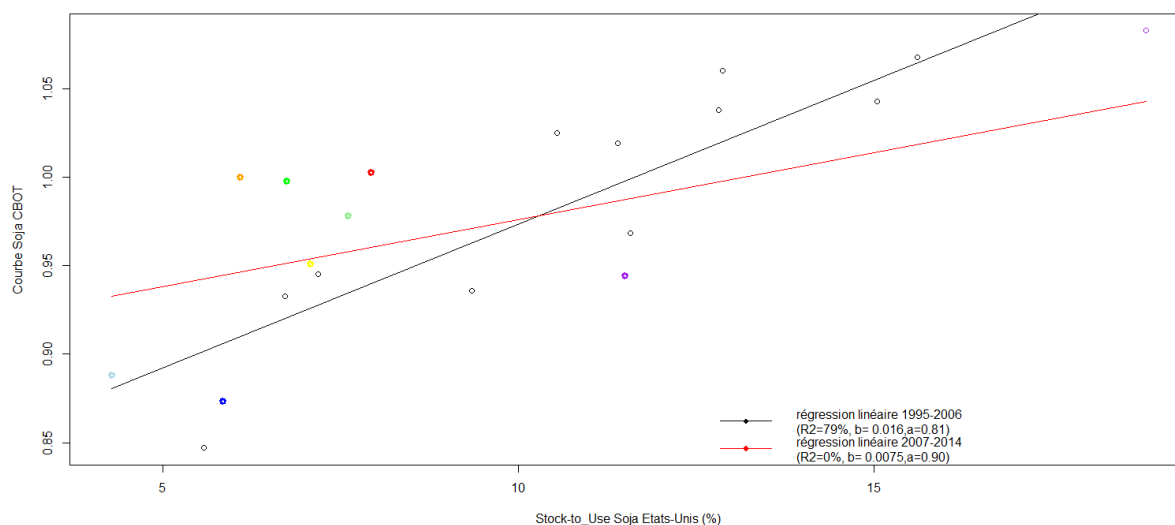


Figure 3.2.7 : Courbe à terme du soja (définie par le ratio entre prix à terme livrant un an après le first-nearby et prix first-nearby) contre Stock-to-Use soja aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année n+1 pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne n/n+1 seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). La relation courbes/stock-to-use est restée stable après 2007.

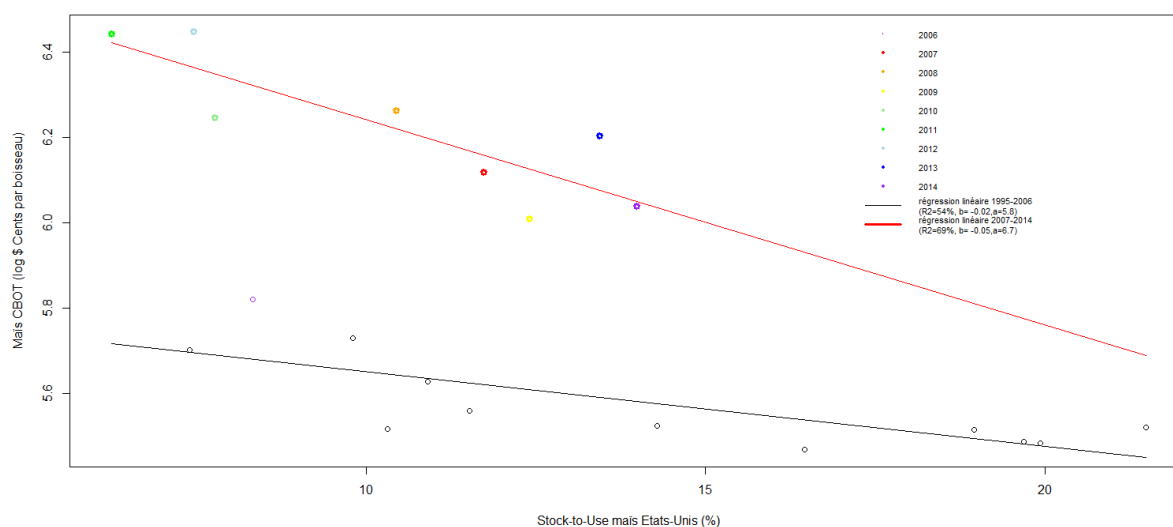


Figure 3.2.8 : Prix du maïs (contrat CBOT livrant un an après le « first-nearby ») en \$ cents par boisseau (en logarithmes) contre Stock-to-Use maïs aux Etats-Unis. Des moyennes annuelles sont calculées entre le mois de mai de l'année n et le mois d'Avril de l'année $n+1$ pour parvenir à des séries annuelles. Le mois de mai est utilisé pour délimiter les années car les données USDA commencent à anticiper les stocks de fin de campagne $n/n+1$ seulement à partir du mois de mai de l'année n (voir Annexe 5). On constate une sensibilité accrue des prix au stock-to-use ainsi qu'une augmentation de l'ordonnée à l'origine après 2007.

3) Le rôle du prix des inputs et des biocarburants dans le changement de régime de 2006/2007

L'existence d'une rente de rareté pour une matière première épuisable est associée, en vertu du modèle d'Hotelling¹⁶, à l'augmentation tendancielle du coût d'extraction ainsi qu'à l'existence d'un arbitrage intertemporel du producteur (soit il produit immédiatement et empoche un gain qu'il peut placer au taux sans risque, soit il produit plus tard mais ne reçoit qu'un paiement différé qui ne rapporte donc pas d'intérêt). Le producteur devant être indifférent entre ces deux alternatives, Hotelling en conclut que le revenu d'extraction doit croître au taux sans risque.

Mais les matières premières agricoles étant renouvelables, l'analyse de leur prix ne rentre pas dans le cadre du modèle d'Hotelling.

En revanche, la hausse tendancielle du coût des terres agricoles et des intrants pourrait expliquer le comportement de hausse des prix agricoles sur le long terme.

Pour tester l'hypothèse d'un impact des coûts, nous avons représenté Figure 3.3.1 à 1.3.3 l'évolution comparée du prix des grains et des coûts de production (variable et total), fournis annuellement par

¹⁶ Hotelling H. (1931), The Economics of Exhaustible Resources, Journal of Political Economy 39 (2), 137-175

l'USDA¹⁷. Une hausse tendancielle des coûts se manifeste clairement pour le maïs et le soja à partir de 2005, avec un retard d'environ un an par rapport à l'envolée des prix de l'énergie et une avance d'un à deux ans par rapport à l'envolée des prix agricoles.

On constate que la culture du blé a été très peu rentable aux États-Unis jusqu'à la rupture structurelle de 2007. Au contraire, maïs et soja, qui avaient déjà une rentabilité acceptable avant le saut de 2007, sont devenus extrêmement rentables à partir de 2008, les coûts totaux de production devenant une borne inférieure pour les prix de marché. Cette première différence entre, blé d'une part, et maïs et soja de l'autre, peut s'expliquer par le fait que la production blé américain est très marginale par rapport à l'offre de blé mondiale, qui provient principalement de la Mer Noire, du Canada et de l'Europe.

L'augmentation des coûts totaux entre la période antérieure à l'année 2007 et la période postérieure est de 50% pour le maïs, 37% pour le blé et 43% pour le soja. L'augmentation des prix, quant à elle, est autour de 100% pour les trois marchés de grains.

Dans le cas du maïs, la hausse des coûts s'explique à plus de 75% par l'augmentation du prix des semences, des engrais et de la terre¹⁸, qui représentent à eux trois plus de 60% des coûts totaux de production en 2013 (Figure 3.3.4), alors qu'ils représentaient moins de 50% des coûts de production en 2004.

On remarque en revanche une volatilité très importante des prix de marché sur un horizon infra-annuel. Ainsi, il est impossible d'expliquer les mouvements de court terme (hausse de 2007, baisse de 2008) par les fluctuations des coûts de production.

On peut même émettre l'hypothèse d'une *endogénéité* des coûts par rapport aux prix : la rentabilité de la culture des grains détermine la demande pour les terres et autres intrants (semences, engrais...) et donc leur prix. Ainsi, le loyer des terres agricoles est notoirement sensible aux fluctuations de marché, qui déterminent la rentabilité des terres cultivables.

Un modèle « à correction d'erreur » (voir Annexe 4) appliqué au couple (prix, coût) soutient l'hypothèse d'une endogénéité des coûts de production par rapport aux prix pour le maïs et le soja : les coûts répondent positivement à la rentabilité observée l'année précédente (Table 3.3.1). Cependant, on observe sur la Table 3.3.2 que l'endogénéité des coûts par rapport aux prix n'est apparue qu'à partir de 2005. De 1975 à 2004, on retrouve un comportement de prix de marché drivés par les coûts, identique à celui observé sur le blé. Cette causalité négative allant de la rentabilité vers les prix s'explique classiquement par le fait qu'une forte rentabilité l'année t incite les producteurs à investir dans la culture du blé, cet investissement se traduisant par un surcroît d'offre et donc une baisse des prix l'année $t+1$.

La corrélation instantanée entre variations de prix et variations de coût s'établit à plus de 80% pour maïs et soja et environ 60% pour le blé. Cette corrélation instantanée peut découler d'une causalité des prix vers les coûts ou des coûts vers les prix sans qu'il soit possible de discriminer entre les deux hypothèses. Les signes systématiquement opposés des impacts des variations de prix et de coûts

¹⁷ <http://ers.usda.gov/data-products/commodity-costs-and-returns.aspx>

¹⁸ Le prix des engrais et des semences a environ triplé entre 2004 et 2013 tandis que celui des terres a environ doublé.

retardées sur les prix et coûts futurs reflètent simplement un problème de « multicollinéarité » : variations de prix et de coûts sont très fortement corrélées et leur introduction simultanée dans les régressions provoque l'instabilité des coefficients de régression.

La Figure 3.3.5 indique que la hausse des prix blé de 2007-2008 n'a pas été associée à une hausse simultanée des coûts¹⁹. Ainsi, la hausse de 2007-2008 peut être attribuée à des facteurs exogènes à l'offre de blé américaine, qui rappelons-le, reste marginale à l'échelle du globe. La même remarque s'applique à la baisse de 2009. Par contre, la hausse de 2011 est contemporaine d'une hausse importante des coûts et peut avoir été le résultat de cette dernière. De même, la baisse de 2010 est contemporaine d'une baisse importante des coûts de production.

En ce qui concerne le maïs et le soja (Figures 3.3.6 et 3.3.7), les variations de prix depuis 2006 se sont déroulées de façon assez synchronisée avec à celles des coûts. Les prix ont commencé à monter en 2006 dans le cas du maïs, et en 2007 dans le cas du soja, soit un à deux ans après le début de la hausse des coûts. Puis, ils ont fortement baissé en 2009, en parallèle d'une stagnation des coûts, avant de repartir fortement à la hausse de 2010 à 2012, de façon concomitante avec les coûts. On note que la baisse de 2013 a été associée à une baisse des coûts pour le maïs mais pas pour le soja. On observe enfin que les hausses de prix de 2006-2008 et de 2010-2012 ont été plus fortes que celles des coûts, ce qui s'est traduit par une augmentation significative de la rentabilité à partir de 2007.

Ainsi, on observe une déconnexion des prix aux coûts pour le maïs et le soja à partir de 2007. Alors que la rentabilité (ou marge de production) évoluait dans un tunnel relativement serré jusqu'en 2006, elle atteint un premier pic historique en 2008 (0.68 \$/boisseau pour le maïs, 2.70 \$/boisseau pour le soja), puis un second pic historique en 2011 (respectivement 1.53 et 3.23 dollars par boisseau).

Si le marché n'est plus gouverné par les coûts de production depuis 2007, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il est devenu gouverné par la demande de l'industrie des biocarburants, qui a pris une importance majeure dans les marchés agricoles à partir du milieu des années 2000 avec la mise en place des incitations à la production et à l'incorporation de l'éthanol dans les moteurs à essence aux Etats-Unis²⁰. Pour tester cette hypothèse, nous avons représenté Figure 3.3.8 l'évolution conjointe des prix du maïs et de sa « valeur énergétique » (la valeur financière qui peut être extraite du maïs s'il est transformé par distillation en éthanol²¹), ainsi que de la « marge de distillation » (définie comme la différence entre valeur énergétique et prix de marché des grains²²). A partir de 2005, la marge de distillation devient alors fortement positive. Puis cette marge s'est contractée de 2006 à 2008 à l'occasion de la flambée des prix agricoles, avant de stabiliser autour d'une moyenne légèrement positive. Le contraste est net avec la marge de production, dont la trajectoire depuis 2006 diverge de l'équilibre observé lors des décennies antérieures.

¹⁹ En revanche, la hausse de 2006, plus modeste, a bien été associée à une hausse des coûts de même ampleur.

²⁰ La part de la production américaine de maïs destinée à la production d'éthanol était limitée à 10% en 2005. Elle est passée à près de 40% aujourd'hui.

²¹ Un boisseau de maïs permet de produire 2.75 gallons d'éthanol.

²² On ne prend pas en compte les subventions versées aux industriels des biocarburants ni la valeur des résidus issus de la distillation.

Les Figures 3.3.9 et 3.3.10, construites avec un pas de temps non plus annuel mais mensuel, apportent un éclairage complémentaire aux observations précédentes :

- Sur la Figure 3.3.9, on observe que la transition du régime de découplage éthanol/maïs vers le régime de couplage s'est produite au second semestre 2006, avec dans un premier temps une baisse du prix de l'éthanol et dans un second temps une hausse des prix du maïs. Ce changement de régime est donc contemporain de la rupture observée dans la relation prix/stocks sur le maïs en 2006-2007 (voir section précédente).
- Sur la Figure 3.3.10, on observe que ce sont les fluctuations du maïs qui drivent le ratio Ethanol/Maïs depuis le début du couplage maïs/éthanol ; ainsi, depuis le changement de régime de 2006, le maïs semble être le leader de la relation. Cette observation est en ligne avec la préservation d'une relation prix/stock fortement négative après 2007.

Ainsi, les réglementations favorables aux biocarburants ont eu comme impact un saut structurel en 2006/2007 mais n'ont pas conduit à ce que les prix agricoles deviennent structurellement gouvernés par les prix de l'énergie²³. Ces conclusions rejoignent celles de Wright (2014)²⁴, qui attribue également aux biocarburants le changement structurel observé en 2006 dans le comportement des prix agricoles : la demande de l'industrie des biocarburants s'est traduite par une pression permanente sur l'offre de grains, qui n'a pu être absorbée (comme les chocs d'offre traditionnels) par une ponction ponctuelle dans les capacités de stockage. Il a fallu, pour répondre à cette hausse structurelle de la demande, recourir à la culture de nouvelles terres (essentiellement en Amérique Latine et dans l'ex-URSS) ainsi qu'à une réduction de l'usage des grains destinés au bétail. Dans les deux cas, la hausse des prix ne passe pas par une augmentation des coûts de production aux Etats-Unis, ce qui permet de comprendre l'origine de la rente reçue par les producteurs de maïs et de soja américains à partir de 2007 (Figures 3.3.6-3.3.7).

Synthèse de la partie III.3

Les coûts comme la demande pour les biocarburants sont incapables de rendre compte de la volatilité infra-annuelle des cours des grains.

En ce qui concerne les tendances annuelles, il y a bien eu une augmentation de 50% des coûts depuis 2007, à mettre en parallèle avec la hausse de 100% du cours moyen des grains entre période pré et post 2007. Cependant, les marges de production se sont installées à des niveaux nettement supérieurs à la période pré-2007, ce qui suggère que le marché n'est plus seulement drivé par les coûts. Le couplage maïs/éthanol, contemporain de la rupture de 2006 observée dans la relation prix/stocks, soutient l'hypothèse que les politiques de soutien aux biocarburants sont à l'origine du saut de prix structurel observé en 2006/2007 sur les prix agricoles.

²³ Pour cette raison, nous ne retiendrons pas, par la suite, les prix de l'énergie comme un facteur explicatif ou prédictif des mouvements extrêmes des prix agricoles.

²⁴ Wright, B. (2014). Global biofuels: key to the puzzle of grain market behavior. *The Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 73-97.

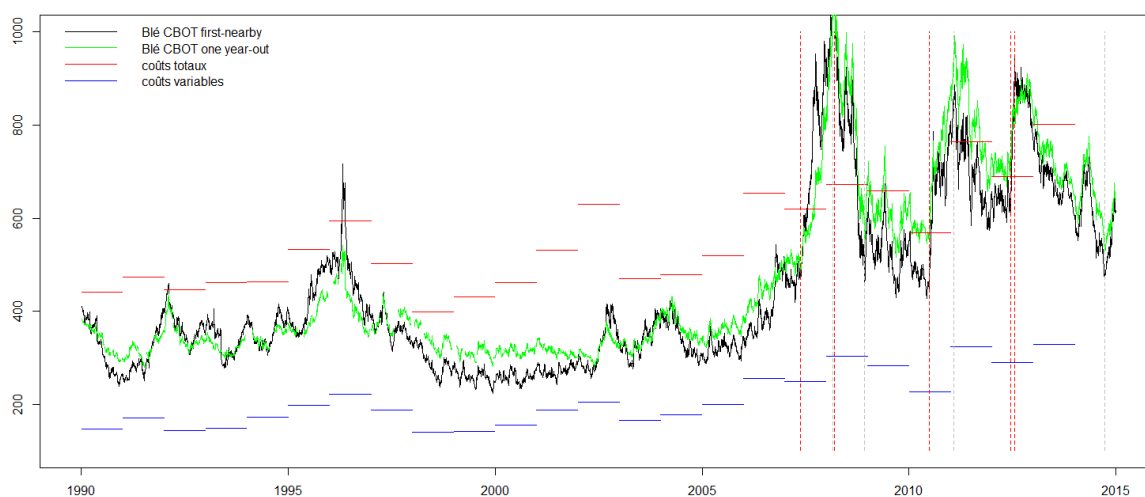


Figure 3.3.1 : Blé CBOT first-nearby et forward un an et coûts de production variable et total (engrais, semences, matériel, énergie, terre...) aux États-Unis. Prix et coûts sont exprimés en cents/boisseau. Les mouvements extrêmes, repérés par des lignes verticales rouges (début de mouvement) et grises (fin du mouvement) seront identifiés de façon détaillée dans la partie IV du rapport.

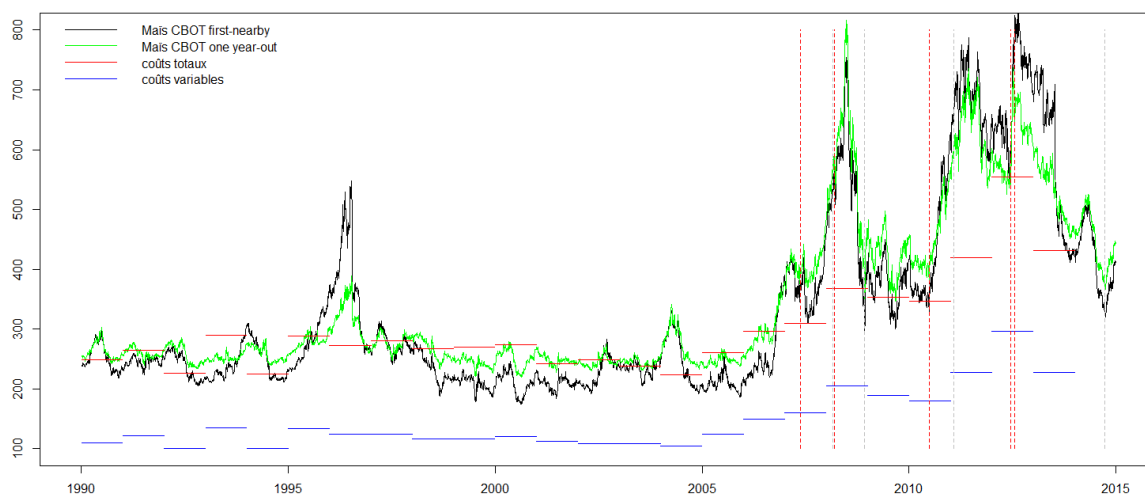


Figure 3.3.2 : Maïs CBOT first-nearby et forward un an et coûts de production variable et total (engrais, semences, matériel, énergie, terre) aux États-Unis. Prix et coûts sont exprimés en cents/boisseau. Les mouvements extrêmes, repérés par des lignes verticales rouges (début de mouvement) et grises (fin du mouvement) seront identifiés de façon détaillée dans la partie IV du rapport.



Figure 3.3.3 : Soja CBOT first-nearby et forward un an et coûts de production variable et total (engrais, semences, matériel, énergie, terre) aux Etats-Unis. Prix et coûts sont exprimés en \$/boisseau. Les mouvements extrêmes, repérés par des lignes verticales rouges (début de mouvement) et grises (fin du mouvement) seront identifiés de façon détaillée dans la partie IV du rapport.

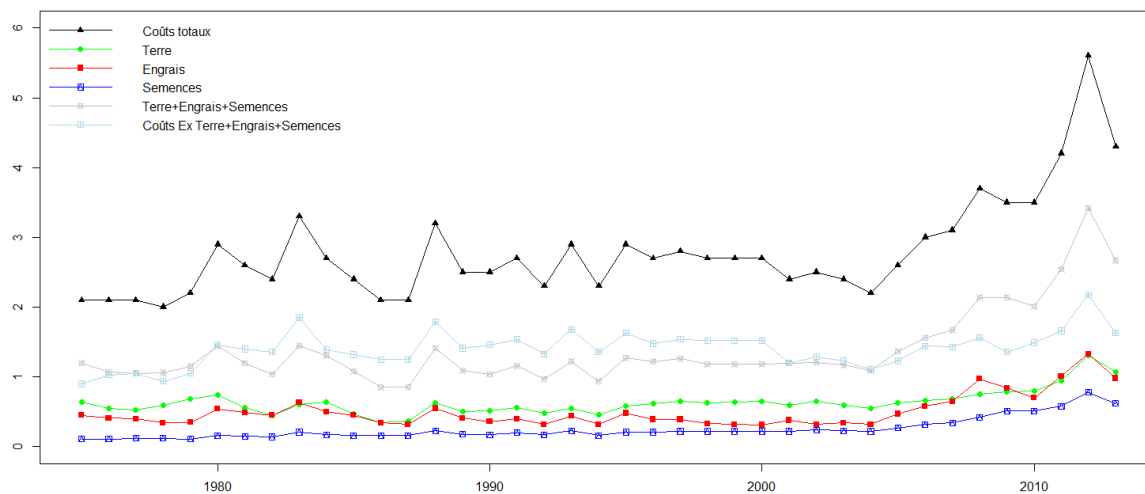


Figure 3.3.4 : Coût des semences, des engrais et des terres au niveau annuel pour le maïs aux Etats-Unis en \$/boisseau. Les données proviennent de l'USDA.

maïs				blé			
		Delta Prix	Delta Coûts			Delta Prix	Delta Coûts
Delta Prix t-1	Coeff	0.66*	0.41*	Delta Prix t-1	Coeff	0.26	0.22
	Std	0.34	0.23		Std	0.23	0.18
Delta Coûts t-1	Coeff	-1.16***	-0.79***	Delta Coûts t-1	Coeff	-0.35	-0.48**
	Std	0.40	0.27		Std	0.28	0.22
Résidus	Coeff	-0.097	0.30	Résidus	Coeff	-0.43**	-0.0022
	Std	0.28	0.19		Std	0.20	0.15
Obs.		37	37	Obs.		37	37
Adj.R ²		15.4%	29.2%	Adj.R ²		5.5%	5.9%

soja			
		Delta Prix	Delta Coûts
Delta Prix t-1	Coeff	0.35	0.21
	Std	0.32	0.20
Delta Coûts t-1	Coeff	-0.94*	-0.57*
	Std	0.47	0.28
Résidus	Coeff	-0.0099	0.25*
	Std	0.23	0.14
Obs.		37	37
Adj.R ²		6.2%	16.0%

Table 3.3.1 : Modèle VECM (voir Annexe 4) sur les couples prix/coûts unitaires de production du maïs, du blé et du soja. Les données sont annuelles sur la période 1975-2013. Les « résidus » correspondent à la rentabilité (prix – coûts unitaires de production) calculée à la date t-1. Le coefficient traduisant l'impact de la rentabilité à t-1 sur la variation des coûts en t est proche de la significativité au seuil de 10% pour le maïs. Code de significativité: "*" significatif à 10%, "***" significatif à 5%, "****" significatif à 1%.

maïs				blé			
		Delta Prix	Delta Coûts			Delta Prix	Delta Coûts
Delta Prix t-1	Coeff	0.71**	0.42	Delta Prix t-1	Coeff	0.63***	0.66**
	Std	0.33	0.32		Std	0.22	0.27
Delta Coûts t-	Coeff	-0.92**	-0.84**	Delta Coûts t-	Coeff	-0.25	-0.44*
	Std	0.34	0.33		Std	0.19	0.24
Résidus	Coeff	-0.47*	-0.025	Résidus	Coeff	-0.75***	-0.45*
	Std	0.27	0.25		Std	0.20	0.24
Obs.		28	28	Obs.		28	28
Adj.R ²		19.6%	17.7%	Adj.R ²		33.3%	13.2%

soja			
		Delta Prix	Delta Coûts
Delta Prix t-1	Coeff	0.30	0.24
	Std	0.32	0.25
Delta Coûts t-	Coeff	-0.79*	-0.70**
	Std	0.42	0.33
Résidus	Coeff	-0.45	-0.044
	Std	0.27	0.21
Obs.		28	28
Adj.R ²		20%	10.8%

Table 3.3.2 : Modèle VECM (voir Annexe 4) sur les couples prix/coûts unitaires de production du maïs, du blé et du soja. Les données sont annuelles sur la période 1975-2004. Les « résidus » correspondent à la rentabilité (prix – coûts unitaires de production) calculée à la date t-1. Le coefficient traduisant l'impact de la rentabilité à t-1 sur la variation des prix en t est proche de la significativité au seuil de 10% pour le soja. Code de significativité: "*" significatif à 10%, "**" significatif à 5%, "***" significatif à 1%.

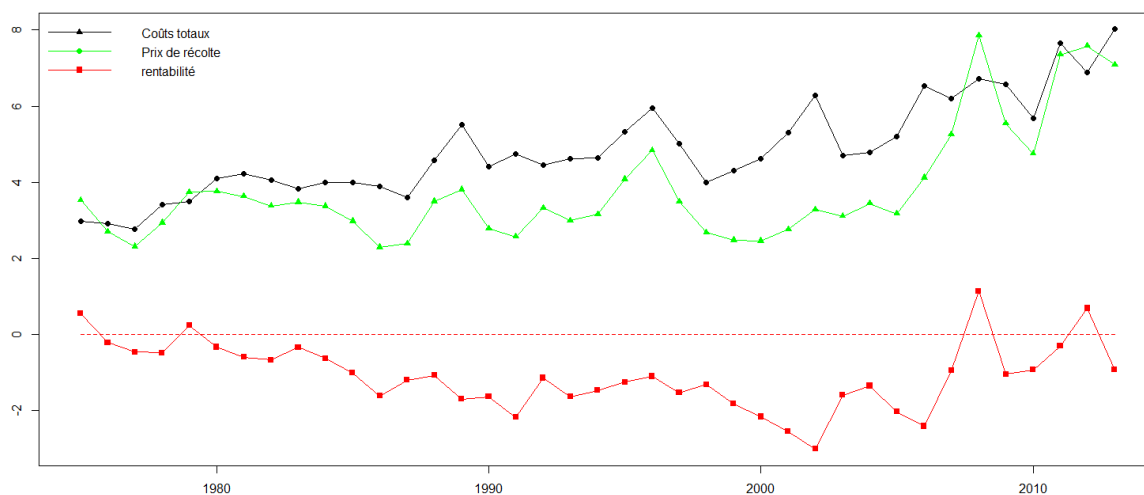


Figure 3.3.5 : Prix, coût unitaire et rentabilité en \$/boisseau au niveau annuel pour le blé aux Etats-Unis. Les prix sont ceux observés au moment de la récolte. Les données proviennent de l'USDA.

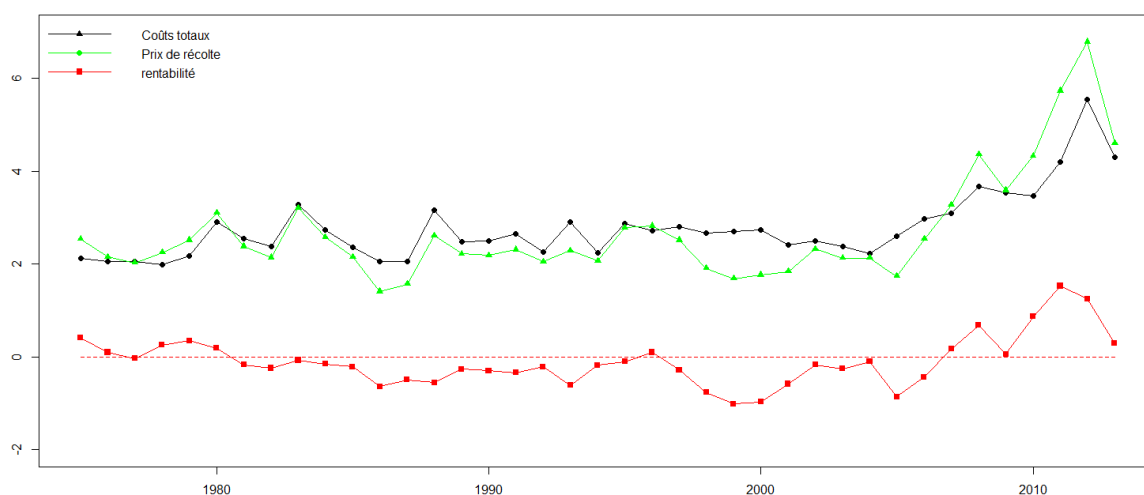


Figure 3.3.6 : Prix, coût unitaire et rentabilité en \$/boisseau au niveau annuel pour le maïs aux Etats-Unis. Les prix sont ceux observés au moment de la récolte. Les données proviennent de l'USDA.

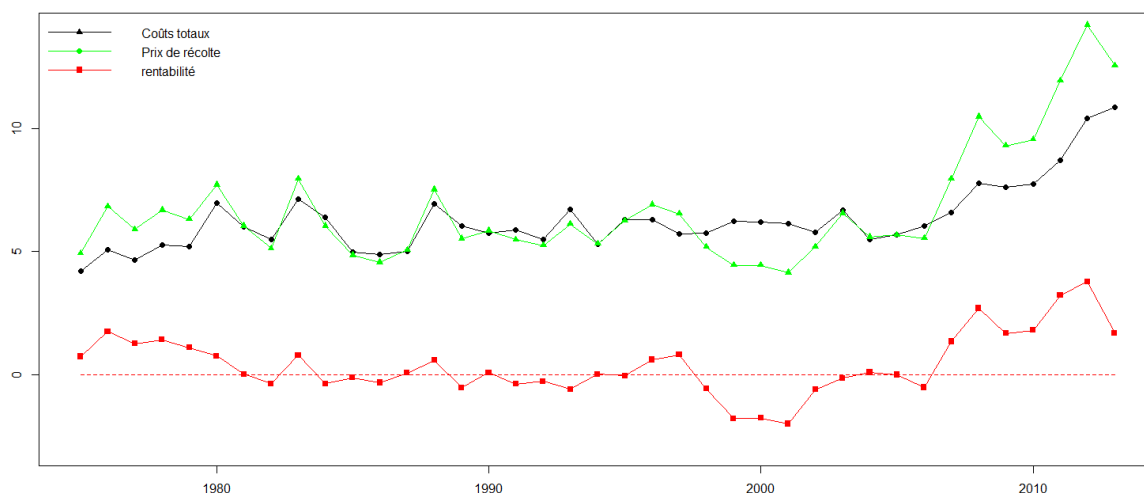


Figure 3.3.7 : Prix, coût unitaire et rentabilité en \$/boisseau au niveau annuel pour le soja aux Etats-Unis. Les prix sont ceux observés au moment de la récolte. Les données proviennent de l'USDA.

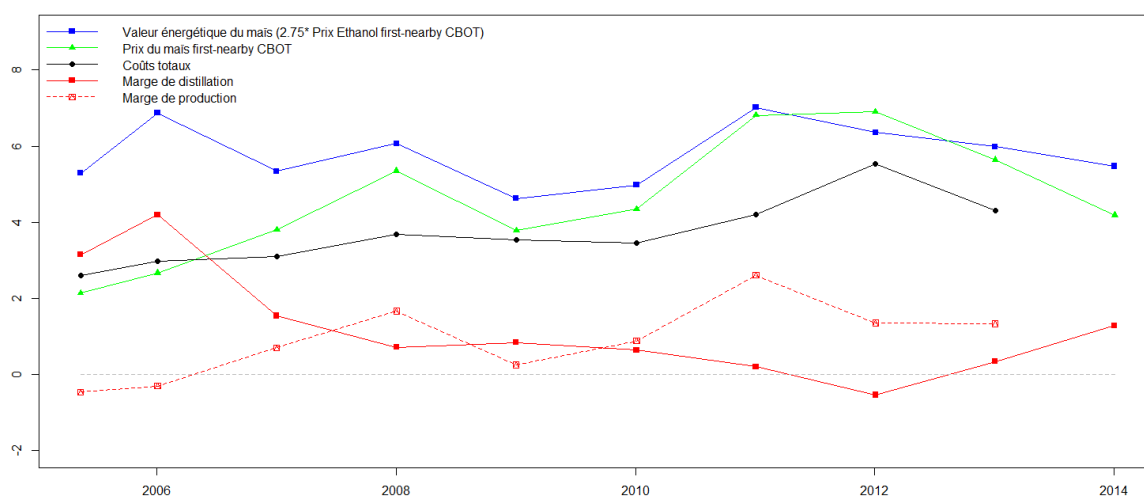


Figure 3.3.8 : Valeur énergétique, prix annuel et coût total en \$/boisseau pour le maïs aux Etats-Unis. Les prix sont calculés en faisant la moyenne annuelle des prix futures first-nearby au CBOT. Les données de coûts proviennent de l'USDA. La marge de distillation est définie comme la différence entre valeur énergétique et prix du maïs. La marge de production est définie comme la différence entre prix et coût total du maïs. Les prix futures de l'éthanol au CBOT ne sont devenues disponibles qu'à partir de mai 2005. Les données de coûts ne sont plus disponibles après 2013.

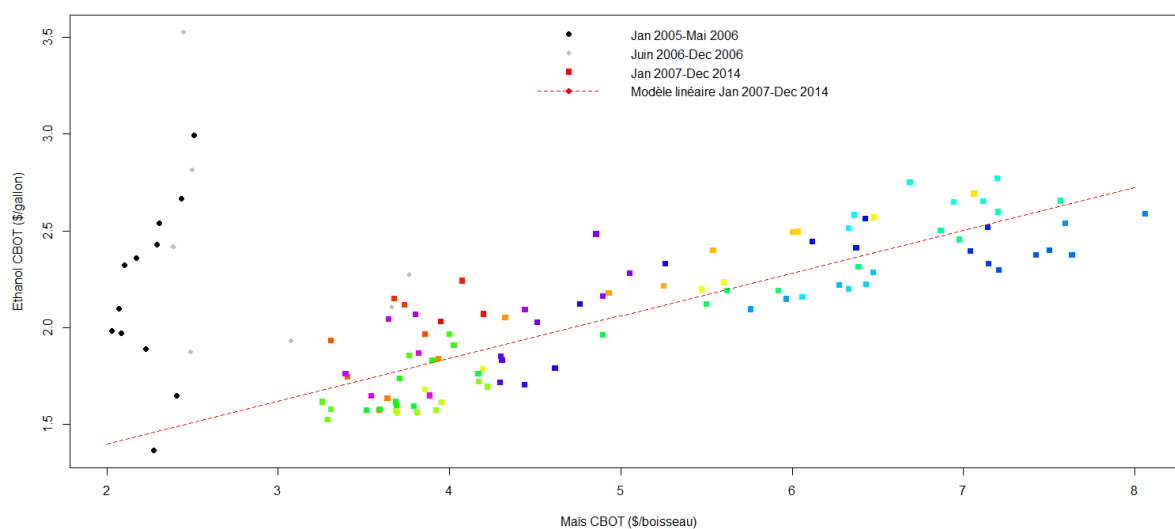


Figure 3.3.9 : Prix de l'éthanol first-nearby CBOT (\$/gallon) contre prix du maïs first-nearby CBOT (\$/boisseau) de janvier 2005 à décembre 2014 (moyennes mensuelles). L'horizon est découpé en trois périodes. La période juin 2006- décembre 2006 correspond à une transition d'un régime de découplage maïs/éthanol vers un régime de couplage. Le modèle linéaire calibré sur la dernière période donne un coefficient de régression de 0.2 et un R^2 de 75%.

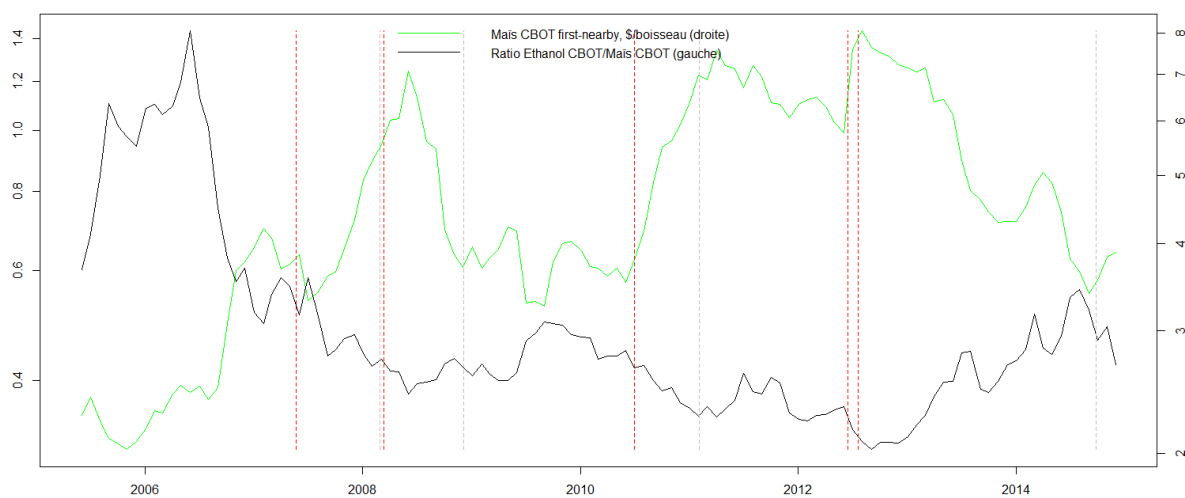


Figure 3.3.10 : Prix du maïs first-nearby au CBOT et ratio éthanol/maïs first-nearby CBOT (prix mensuels). Les mouvements extrêmes, repérés par des lignes verticales rouges (début de mouvement) et grises (fin du mouvement) seront identifiés de façon détaillée dans la partie IV du rapport.

IV) Identification des mouvements extrêmes

Dans la partie précédente, nous avons mis en évidence la présence d'un changement de régime en 2007 dans le comportement des prix agricoles : augmentation du prix moyen et hausse de la sensibilité aux stocks.

L'objectif de cette section est d'identifier les épisodes de mouvements extrêmes des prix agricoles sur des échelles de temps plus courtes (de un mois à un an).

L'identification se déroule en trois étapes :

- Dans une première phase, nous fixons arbitrairement l'horizon sur lequel le mouvement extrême est recherché (150 jours ouvrés) puis nous recherchons les variations de prix maximales sur cet horizon de temps. Nous identifions trois « outliers » dans la distribution des mouvements de prix sur cet horizon : hausse de 2007, baisse de 2008, hausse de 2010.
- Dans une seconde phase, nous ne fixons plus arbitrairement la durée des trois événements identifiés. Nous calibrons événement par événement cette durée de manière à maximiser le mouvement observé en nombre d'écart-type sur l'horizon considéré. Ceci conduit à une identification plus fine des trois mouvements de 2007, 2008 et 2010.
- Enfin, dans une troisième phase, nous recherchons des mouvements supplémentaires particuliers d'échelle de temps très courte (été 2012) ou au contraire plus longue (chute de 2012-2014).

1) Mouvements extrêmes avec un horizon fixé

La première étape consiste à identifier des épisodes de mouvement extrême en fixant a priori l'horizon de temps sur lequel ces mouvements sont observés.

Nous allons ici fixer cet horizon à 150 jours ouvrés à titre d'exemple mais les résultats ne sont pas fondamentalement différents avec des horizons allant de 6 mois (125 jours ouvrés) à un an (250 jours ouvrés).

Dans tout ce qui suit, nous travaillerons uniquement sur la série journalière de l'indice GSCI Agriculture, composé d'un panier de matières premières agricoles. La période d'étude s'étend de début 1990 à fin 2014.

Le principe général d'identification des mouvements extrêmes consiste à identifier les « outliers » de la distribution statistique des mouvements à 150 jours, c'est-à-dire les observations qui se détachent nettement du reste de la distribution. Ces mouvements peuvent être considérés comme « anormaux » ou « extrêmes » au regard du reste de la distribution.

La difficulté réside dans la construction des périodes de 150 jours ouvrés définissant l'ensemble de la distribution :

- Soit on construit des périodes de 150 jours indépendantes (c'est-à-dire des périodes qui ne se chevauchent pas) mais alors la distribution finale risque de ne pas inclure des mouvements importants suite à une définition inadéquate des débuts et fins de périodes
- Soit l'on construit toutes les périodes de 150 jours possibles mais alors ces périodes se chevauchent et donc de nombreuses données correspondent en réalité à des observations très fortement corrélées. La distribution finale obtenue contiendra bien les mouvements extrêmes mais ne sera pas formée d'observations indépendantes.

Pour résoudre ce problème, nous avons opté pour la seconde méthode (on construit toutes les périodes possibles de 150 jours), mais on ne retient ensuite, parmi les périodes qui se chevauchent, que celle dont le mouvement de prix est le plus important. De cette manière, on est certain de ne pas manquer de mouvements importants et les mouvements obtenus après le filtrage sont complètement indépendants.

Nous représentons Figure 4.1.1 l'histogramme des mouvements obtenus par cette méthode de début 1990 à fin 2014. Les mouvements correspondent à des log variations (logarithme du ratio prix final/prix initial) traduits en nombre d'écart-type (log variations divisées par écart-type des log-variations).

On remarque immédiatement que 3 mouvements se distinguent nettement des autres dans la distribution : hausse de 2010 (3.8 écart-type), baisse de 2008 (3.5 écart-type) et hausse de 2007 (3.3 écart-type). Tout le reste de la distribution se situe en effet sous les 2.5 écart-type. Ces « outliers » de la distribution statistique des rendements sur l'horizon 150 jours seront définis comme les « mouvements extrêmes » sur l'horizon considéré.

La période 2007-2010 se caractérise donc par une très forte concentration de mouvements de prix extrêmes. La rupture de 2007, mise en évidence dans la partie III, n'a donc pas seulement concerné le niveau de prix, mais également la densité de mouvements extrêmes sur un horizon moyen terme (semestre).

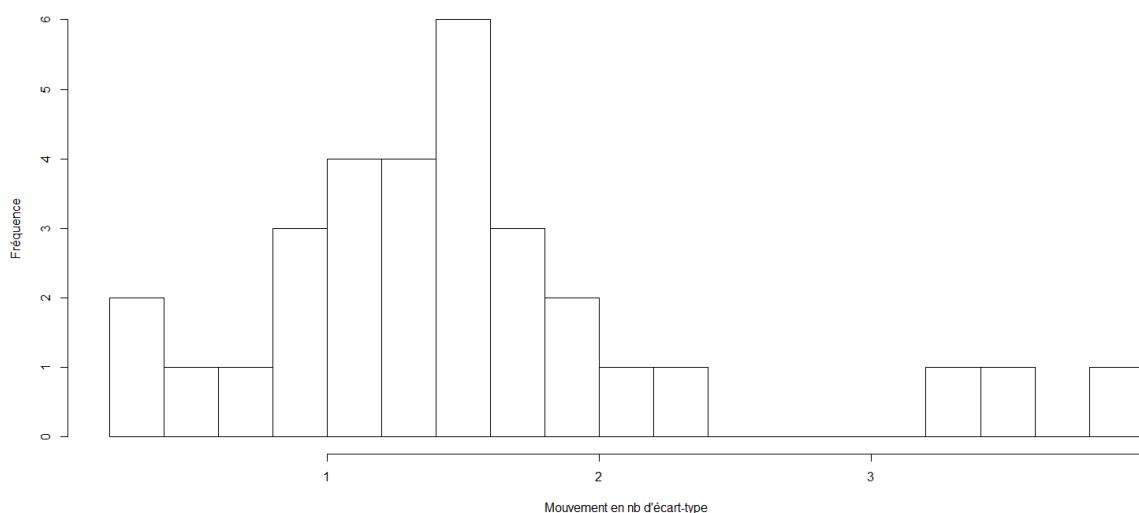


Figure 4.1.1 : Histogramme des log variations du GSCI Agriculture sur un horizon de 150 jours (après filtrage des mouvements redondants). La période d'étude s'étend de début 1990 à fin 2014.

2) Calibration de l'horizon

Dans cette seconde étape, nous ne fixons plus l'horizon du mouvement a priori. En effet, il est possible que les mouvements extrêmes de 2007, 2008 et 2010 se soient déroulés sur des fenêtres légèrement plus longues ou plus courtes que 150 jours.

Nous avons donc, pour chacun des trois mouvements considérés, recherché la fenêtre sur laquelle les mouvements trouvés par la méthode décrite plus haut sont les plus importants (en nombres d'écart-type sur la fenêtre considérée). Ainsi, pour chaque horizon (de 125 à 250 jours ouvrés), nous appliquons la méthode décrite dans la partie 1 pour rechercher le mouvement maximal sur cet horizon de temps. Puis, nous sélectionnons l'horizon de temps sur lequel le mouvement associé est maximal en nombre d'écart-types. C'est donc non seulement l'ampleur du mouvement en pourcentage qui importe mais également son caractère extrême au regard de la distribution des rendements sur l'horizon considéré. Ainsi, pour 2008, la Figure 4.2.1 révèle que c'est un horizon de 187 jours ouvrés qui conduit au mouvement maximal (4.1 écart-type).

Nous obtenons au final les mouvements suivants (Figure 4.2.1) :

- Fin mai 2007- fin février 2008 : mouvement de 195 jours d'une amplitude de 3.6 écart-type, variation des prix de 94% (66% en log variation)
- Mi mars 2008- début décembre 2008 : mouvement de 187 jours d'une amplitude de 4.1 écart-type, variation des prix de -50% (-70% en log variation)
- Fin juin 2010- début février 2011 : mouvement de 151 jours d'une amplitude de 4 écart-type, variation des prix de 91% (65% en log variation)

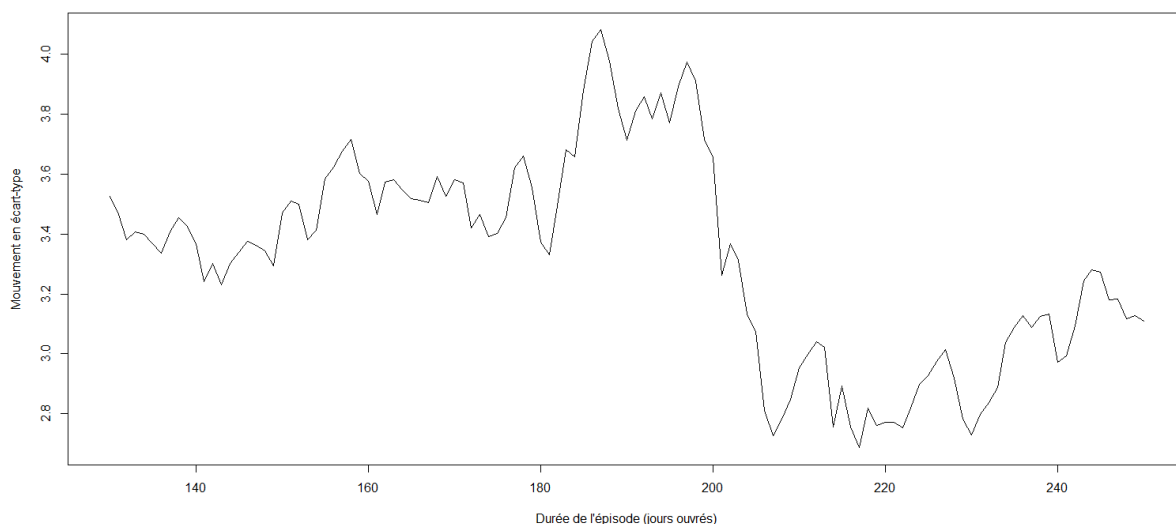


Figure 4.2.1 : Mouvement identifié lors de la baisse de 2008 en nombre d'écart-type en fonction de la durée retenue (de 125 à 250 jours ouvrés). Le pic est identifié pour une durée de 187 jours (4.1 écart-type).

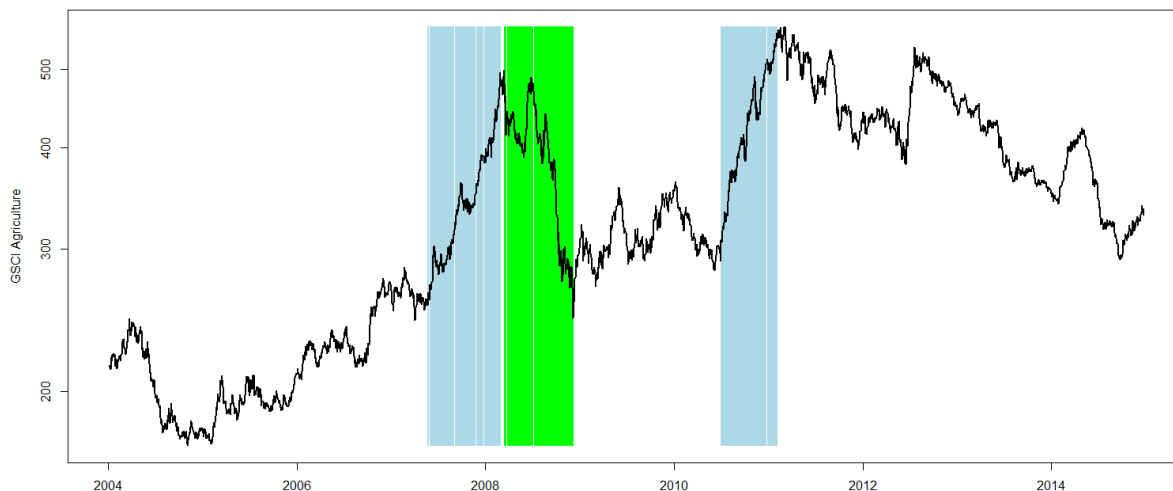


Figure 4.2.1 : Trois mouvements extrêmes du GSCI Agriculture avec des horizons de temps calibrés.

3) Mouvements supplémentaires

L'horizon de 150-200 jours était adéquat pour les mouvements de prix extrêmes de 2007, 2008 et 2010. Or, deux autres mouvements de prix semblent intéressants à étudier :

- la brève flambée de l'été 2012, où l'indice GSCI Agriculture s'est apprécié de 40% en un mois
- la très longue baisse de l'été 2012 à septembre 2014, où l'indice GSCI Agriculture a perdu 45%

Deux autres mouvements importants, la flambée de l'été 2002 (35%) et la baisse de l'été 2004 (-23%), qui se sont déroulés sur des échelles de temps de respectivement 3 et 2 mois, avec une amplitude d'environ 3 écart-types, ne feront pas l'objet d'une étude approfondie dans ce rapport.

Afin de détecter le mouvement de l'été 2012, nous avons reconduit l'analyse décrite précédemment en remplaçant l'horizon de 150 jours par un horizon de 20 jours :

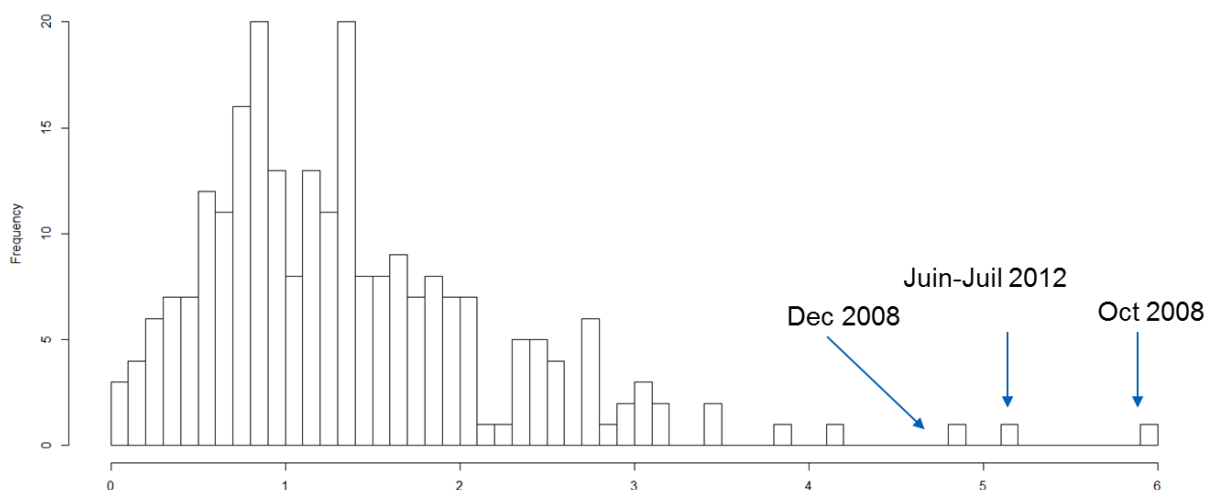


Figure 4.3.1 : Histogramme des log variations du GSCI Agriculture sur un horizon de 20 jours (après filtrage des mouvements redondants). La période d'étude s'étend de début 1990 à fin 2014.

La hausse de l'été 2012 apparaît bien comme un outlier dans la distribution des rendements mensuels de l'indice GSCI Agriculture, les deux autres événements extrêmes étant localisés pendant la crise financière de la fin 2008 (qui a déjà été identifiée comme un outlier sur une échelle de temps de 150-200 jours).

La calibration fine de l'horizon et de la période de temps, décrite un peu plus haut, aboutit à une période de temps d'exactly 24 jours ouvrés. L'amplitude du mouvement est de 5.5 écart-type sur la période.

De même, pour détecter le mouvement de 2014, nous avons reconduit l'analyse précédente sur un horizon de 500 jours, aboutissant à l'histogramme suivant :

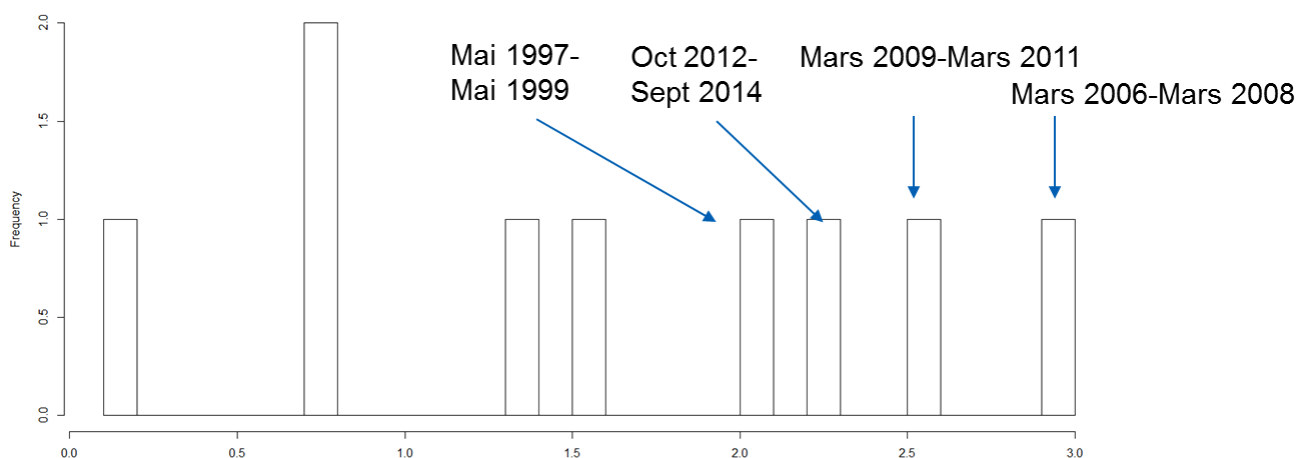


Figure 4.3.2 : Histogramme des log variations du GSCI Agriculture sur un horizon de 500 jours (après filtrage des mouvements redondants). La période d'étude s'étend de début 1990 à fin 2014.

La calibration fine de l'horizon et de la période de temps aboutit à une période de temps d'exactement 552 jours ouvrés, avec un mouvement de 2.4 écart-type, sur la période s'étendant de fin juillet 2012 à fin septembre 2014.

Les hausses de 2009-2011 et 2006-2008 s'inscrivent dans des mouvements extrêmes déjà identifiés (et plus importants en nombres d'écart-type) sur des échelles de temps plus courtes. La baisse de 1997-1999, contemporaine de la crise asiatique, apparaît également comme un mouvement important (2 écart-types) mais ne fera pas l'objet d'une étude approfondie dans ce rapport.

Les cinq mouvements finalement obtenus sont représentés sur la Figure 4.3.3 :

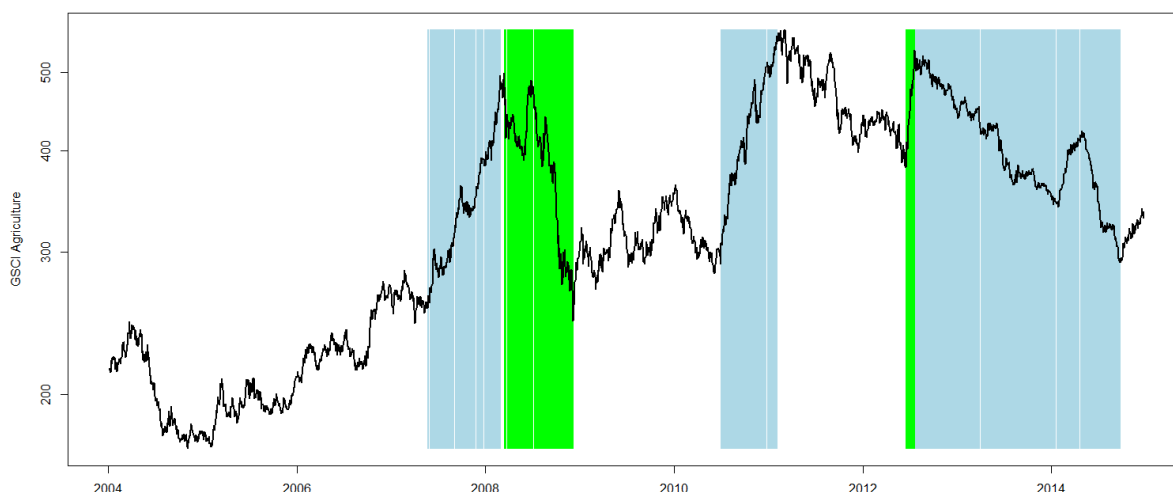


Figure 4.3.3 : Cinq mouvements extrêmes du GSCI Agriculture avec des horizons de temps calibrés.

Synthèse de la partie IV

Les mouvements extrêmes sont définis comme des variations de prix se détachant nettement du reste de la distribution sur l'horizon considéré. Nous avons présenté une méthode systématique pour identifier ces mouvements extrêmes sur des horizons de temps allant de 1 à 24 mois. Cette méthode conduit à identifier 5 mouvements extrêmes depuis 2006 :

- 1) Fin mai 2007- fin février 2008 : mouvement de 195 jours ouvrés d'une amplitude de 3.6 écart-type, variation des prix de 94%
- 2) Mi mars 2008- début décembre 2008 : mouvement de 187 jours ouvrés d'une amplitude de 4.1 écart-type, variation des prix de -50%
- 3) Fin juin 2010- début février 2011 : mouvement de 151 jours d'une amplitude de 4 écart-type, variation des prix de 91%
- 4) Mi juin-mi juillet 2012 : mouvement de 24 jours ouvrés d'une amplitude de 5.5 écart-types, variation des prix de +40%
- 5) Fin juillet 2012 à fin septembre 2014 : mouvement de 552 jours ouvrés d'une amplitude de 2.4 écart-type, variation des prix de -45%

L'objectif des trois dernières parties de ce rapport est d'analyser plus en détail les cinq mouvements extrêmes identifiés dans la partie précédente.

Notre objectif est double :

- Le premier est de tenter d'éclairer les causes possibles des mouvements observés, notamment à travers l'analyse des informations publiées tous les mois par l'USDA
- Cependant, nous sommes bien conscients de la difficulté d'expliquer, même a posteriori, tel ou tel mouvement de prix. C'est pourquoi, un second objectif est de tenter de comprendre les phénomènes précurseurs des mouvements extrêmes, afin de mettre au point des signaux d'alerte en temps réel pouvant permettre aux régulateurs de prendre éventuellement les mesures nécessaires pour les prévenir ou protéger les intervenants de marché plus efficacement

Dans ce cadre, nous nous intéresserons successivement:

- A l'information apportée par les prix eux-mêmes :
 - Courbes à terme
 - Volatilités
 - Mouvements extrêmes d'horizon plus court
 - Corrélations
 - Ecarts entre grains et entre points de livraison
- Aux informations émises chaque mois par l'USDA sur les stocks américains et mondiaux
- Au rôle des flux spéculatifs et indiciels et des volumes

V) Analyse détaillée des épisodes extrêmes à travers l'information apportée par les prix

1) Courbes à terme

Les différences ou « spreads » calendaires entre contrats de différentes maturités reflètent, pour les commodités stockables, la perception du niveau de stock futur par le marché (voir Annexe 6).

La Figure 5.1.1 représente l'évolution conjointe du prix spot du blé SRW Golfe du Mexique et du ratio $F1Y_CM/F1_CM$ ²⁵ sur le contrat blé livraison Chicago du CBOT, qui reflète la perception des stocks à un an par les intervenants du marché (cette perception intègre donc les anticipations relatives à la récolte future).

²⁵ Les prix $F1Y_CM$ et $F1_CM$ sont les prix de maturité constante calculés à partir des prix futures « first-nearby » et « first-nearby + 1 an » au CBOT. Le mode de calcul est décrit précisément en Annexe 7.

La corrélation entre les deux séries se situe autour de -30%, reflétant une association globalement négative entre stocks courants perçus et prix spot. Le R^2 de la régression du prix spot sur le spread est légèrement inférieur à 10%. On constate visuellement sur la Figure 5.1.2 des périodes de forte rupture dans la relation négative entre les deux séries. C'est particulièrement évident lors de la flambée de 2007-2008, où prix et spreads montent de concert, ce qui suggère une augmentation simultanée des prix et des anticipations de stocks aux Etats-Unis.

Pour détecter en temps réel ces ruptures, nous proposons une version simplifiée du « CUSUM squared test »²⁶, qui consiste à conduire la régression des prix sur les spreads sur des fenêtres glissantes de 250 jours puis à calculer la somme cumulative des carrés du dernier résidu de la régression. Si la relation est stable, la somme des carrés du dernier résidu devrait évoluer linéairement en fonction de l'écart-type des résidus et du temps. Si, au contraire, une rupture intervient dans la relation, les résidus vont subitement devenir plus importants en valeur absolue et la somme des carrés des résidus va soudainement diverger de sa trajectoire linéaire précédente²⁷.

Sur la Figure 5.1.3, on note deux points de rupture très clairs dans la relation : le premier intervient fin 2007, au milieu du boom de 2007-2008, le second au milieu de la flambée de 2010. Dans les deux cas, spreads et prix se mettent à augmenter de concert. La dernière flambée de prix, celle de 2012, ne présente pas de rupture dans la relation spreads/prix. Une autre rupture un peu moins nette se manifeste vers la fin de la baisse de 2008.

La même analyse est conduite sur le spread calendaire F1_CM vs Spot (Figures 5.1.4 et 5.1.5), qui reflète la perception du stock actuel par les intervenants du marché. La corrélation globale entre les deux séries est cette fois proche de 0. La relation spot/spread est donc beaucoup plus instable mais semble cependant négative localement. Les résultats de l'analyse révèlent un nouveau point de rupture en 2006 (hausse simultanée des prix et du ratio M1/spot) en plus des trois autres ruptures détectées précédemment.

Nous allons maintenant observer les comportements relatifs des marchés spot et à terme lors des cinq mouvements extrêmes identifiés précédemment. De façon générale, des prix à terme leaders (donc un spread calendaire, reflet de la perception des stocks courants, qui évolue dans le même sens que les prix spot) soutiennent l'hypothèse d'un mouvement de prix guidé par des considérations de long terme sur l'offre et la demande ou par des facteurs purement financiers (appétit ou aversion pour les matières premières comme classe d'investissement). Des prix spot leaders (un spread calendaire qui évolue dans le sens contraire aux prix spot) soutiennent l'hypothèse de mouvements de prix guidés par un changement relatif à la perception des niveaux de stocks courants.

Les Figures 5.1.6 à 5.1.8 révèlent que, dans les trois marchés, la hausse de 2007 a été précédée par un prix spot nettement sous-valorisé par rapport au first-nearby. Cet écart de valorisation entre spot et first-nearby s'est manifesté lors de la hausse de prix en 2006-2007, qui a été clairement gouvernée dans les trois cas par le marché à terme (c'est-à-dire que les spreads calendaires F1_CM vs Spot ont

²⁶ Cette méthode de détection des ruptures, fondée sur l'analyse récursive des résidus, a été publiée pour la première fois dans l'article suivant : Page, E. S. (1954). Continuous inspection schemes. *Biometrika*, 41(1/2), 100-115.

²⁷ Des tests statistiques formels peuvent être menés car on connaît théoriquement la distribution de la somme des carrés des résidus sous l'hypothèse de stationnarité du modèle reliant les deux séries. Nous adoptons ici une démarche plus intuitive et visuelle pour la détection des points de rupture.

augmenté). Dans les trois marchés, la première partie de la hausse de prix de 2007 a été gouvernée par les prix spot (c'est-à-dire que le spread F1_CM vs spot a diminué au cours de la hausse). Cependant, une différence notable est constatée entre le couple maïs/soja et le blé lors de la hausse de 2007 : tandis que le marché spot est leader pendant toute la hausse de 2007 pour le blé, ce qui lui permet de rattraper totalement son écart de valorisation par rapport au marché à terme, la fin de la hausse est tirée par le prix à terme dans le cas du maïs et du soja, et ainsi la sous-valorisation du prix spot par rapport au prix à terme se maintient à l'aube de la baisse de 2008. Cette différence peut expliquer les divergences de comportement observées lors de la baisse de 2008...

La baisse de 2008 a été clairement gouvernée par les contrats first-nearby (ceux qui ont été liquidés par les investisseurs indiciels et les spéculateurs) pour le maïs et le soja. La divergence prix spot/prix à terme a permis de corriger la survalorisation du prix à terme par rapport au prix spot observée dans ces deux marchés avant la baisse. Dans le cas du blé, la baisse a été de même ampleur pour les marchés spot et à terme.

Dans le cas de la hausse de 2010, ce sont les prix spot qui ont été leaders pour le blé et les prix à terme pour le maïs et le soja. A nouveau, dans le cas du blé, la hausse a été précédée par une forte sous-valorisation du prix spot par rapport au prix first-nearby, qui s'est manifestée lors de la baisse de 2008-2009, gouvernée cette fois par le marché spot.

Ainsi, dans le cas de la hausse de 2007, de la baisse de 2008 et de la hausse de 2010, le signal de sous-valorisation des prix spot par rapport au first-nearby s'est avéré prédictif de mouvements extrêmes futurs. Ce signal peut en effet traduire une pression acheteuse exercée par les investisseurs financiers sur les marchés à terme, qui a du mal à être arbitrée par les détenteurs de capacités de stockage (arbitrage « cash-and-carry » décrit en Annexe 6). Cet écart de valorisation entre marché physique et marché à terme peut se dénouer soit par une explosion à la hausse (drivée par le prix spot), comme lors des hausses de 2007 et 2010, soit par une correction brutale drivée par les prix à terme, comme lors de la baisse de 2008.

La hausse de 2012 a été très clairement gouvernée par les prix à terme dans le cas du maïs, et, dans une moindre mesure, pour le blé. Dans le cas du soja, c'est au contraire les prix spot qui a été leader, mais de manière beaucoup moins marquée que pour le maïs.

Enfin, la baisse de 2014 est, dans les trois cas, clairement gouvernée par le marché à terme.

De cette analyse, il ressort plusieurs conclusions :

- les mouvements de baisse sont généralement gouvernés par les marchés à terme (avec l'exception notable du blé lors de la baisse de 2008), ce qui montre qu'ils s'accompagnent d'une dynamique de backwardation et tend à invalider l'hypothèse selon laquelle ils seraient guidés par un changement dans la perception des stocks.
- En revanche, les drivers des mouvements de hausse sont extrêmement fluctuants entre marchés de grains et périodes temporelles. Par exemple, le driver est le marché spot pour les trois grains au début de la hausse de 2007 et pour le blé en 2010 mais devient le marché à terme pour le maïs et le soja à la fin de la hausse de 2007 et lors de la hausse 2010 et pour le maïs lors de la hausse de 2012.
- L'écart de valorisation spot/prix à terme observé juste avant le début du mouvement extrême détermine souvent qui sera le leader ensuite. Par exemple, le prix spot était nettement sous-valorisé avant la hausse de 2007 et se retrouve logiquement leader pendant cette hausse. Le même phénomène se produit pour le blé avant la hausse de

2010. Inversement, le prix first-nearby était nettement survalorisé avant la baisse de 2008 pour le maïs et le soja et drive donc la baisse pendant cet épisode. Au global, les épisodes de sous-valorisation du prix spot se révèlent utiles pour prédire des mouvements extrêmes futurs, annonçant soit des hausses gouvernées par les prix spot (trois marchés de grains 2007, blé en 2010), soit des baisses gouvernées par les prix à terme (maïs et soja en 2008).

- Il existe une corrélation forte entre les spreads spot/first-nearby des trois grains, qui tendent à évoluer de concert. La corrélation est proche de 60% entre les résidus de la relation spot/F1_CM du maïs et du soja, 45% entre blé et maïs et 35% entre blé et soja. Le spread spot/F1_CM étant un proxy des niveaux de stocks perçus en vertu de la théorie du stockage, on en déduit que les niveaux de stocks perçus du blé, du maïs et du soja sont corrélés entre eux.

Pour avoir une vision statistique globale des relations de lead/lag entre marchés spot et à terme, nous avons calibré le modèle à correction d'erreur (Annexe 4) sur les trois paires spot/first-nearby (Table 5.1.1). On constate que le maïs est la seule céréale pour laquelle le prix spot est leader dans la relation de long terme entre spot et first-nearby, le first-nearby futur étant prédit par l'écart de valorisation passé entre spot et first-nearby. Pour le soja et le blé, c'est au contraire le prix spot qui répond seul à un écart de valorisation spot/first-nearby.

Synthèse de la partie V.1

Cette étude sur les spreads calendaires a deux implications importantes en termes de prédiction des mouvements extrêmes :

- Une sous-valorisation du prix spot par rapport au prix first-nearby a été prédictive de certains mouvements extrêmes : ainsi, le prix spot était nettement sous-valorisé avant la hausse de 2007 dans les 3 marchés de grains, dans le cas du blé avant la hausse de 2010 et dans le cas du maïs et du soja avant la baisse de 2008.
- Les ruptures dans la relation prix/courbes à terme sont également informatives : trois ruptures sont intervenues dans la relation entre prix spot et « spreads calendaires » pendant les hausses de 2007-2010 et la baisse de 2008; une rupture est intervenue dans la relation entre prix spot et spread calendaire spot/first-nearby dès 2006.

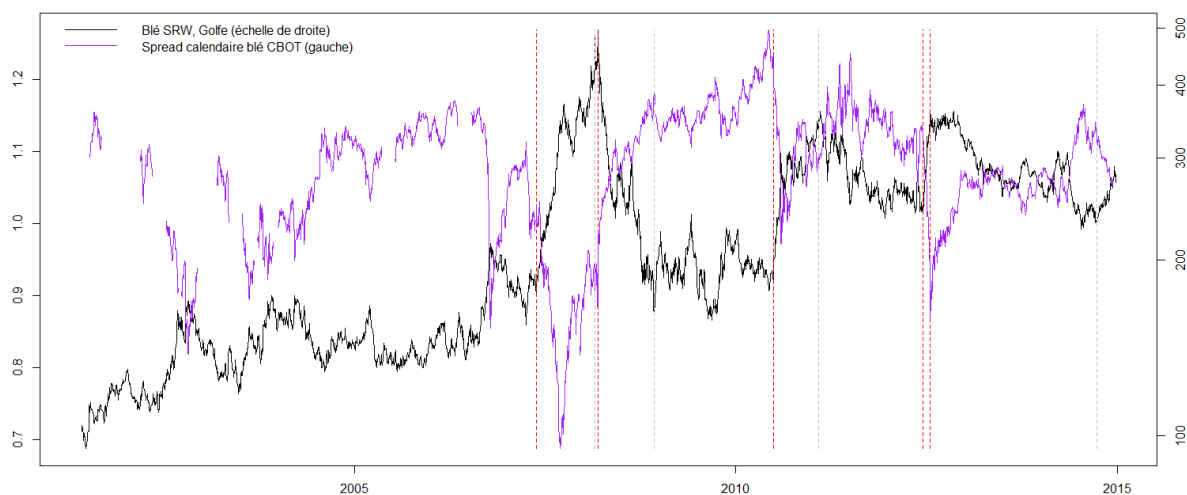


Figure 5.1.1 : Prix spot du blé SRW, Golfe du Mexique en \$/ton et ratio $F1Y_CM/F1_CM$ pour le blé CBOT. Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

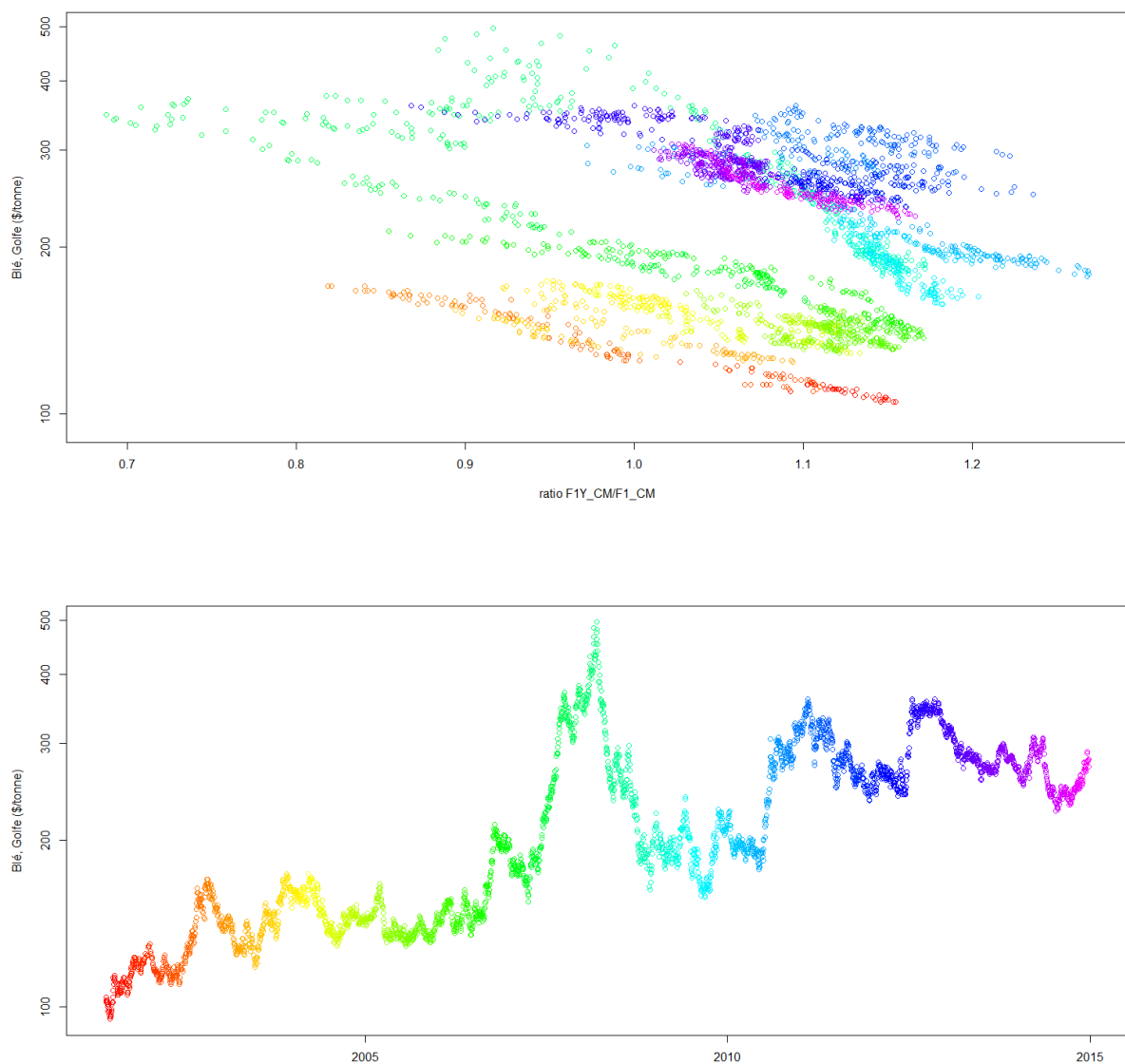


Figure 5.1.2 : Prix spot du blé SRW, Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) contre ratio $F1Y_CM/F1_CM$ pour le blé CBOT (figure du haut). Le code couleur est représenté sur la figure du bas.

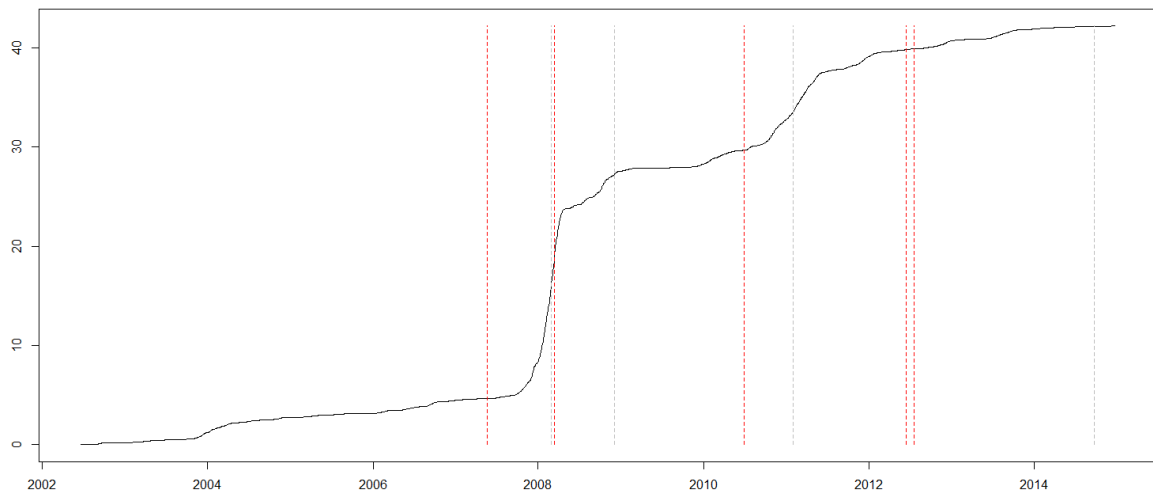


Figure 5.1.3 : Somme des carrés du dernier résidu de la régression du prix spot du blé (en log) sur le spread calendaire CBOT (fenêtres glissantes de 250 jours). Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).



Figure 5.1.4 : Prix spot du blé SRW, Golfe du Mexique en \$/ton et ratio $F1_CM/Spot$. Il est à noter que les prix spot et first-nearby ne correspondent pas au même point de livraison (Golfe du Mexique dans le cas du prix spot, Chicago dans le cas du prix CBOT). Les unités sont le \$/tonne pour le prix spot et le cent/boisseau pour le prix CBOT. Une tonne correspond à environ 36 boisseaux. Les prix M1 CBOT sont donc divisés par 2.7 pour être convertis en cents/boisseau. Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

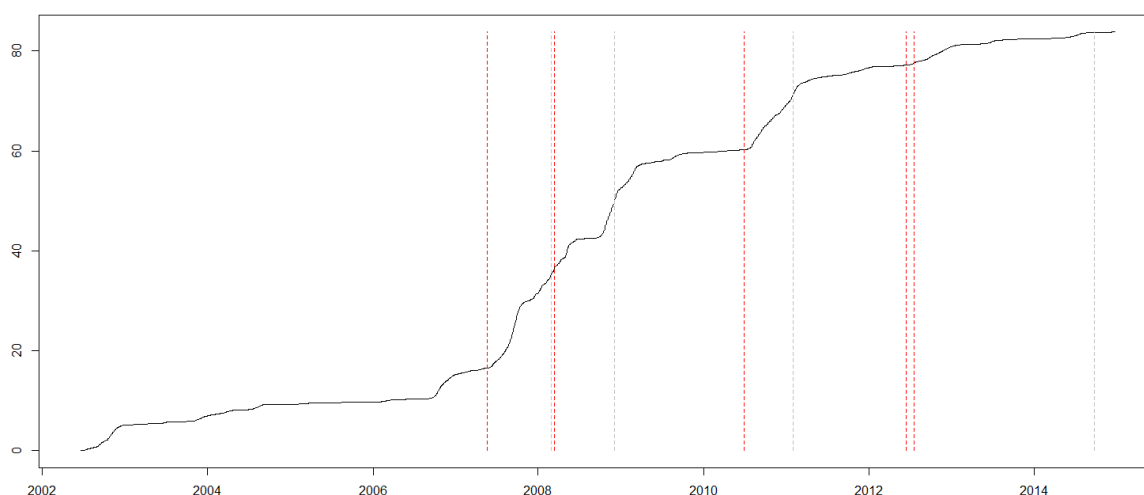


Figure 5.1.5 : Somme des carrés du dernier résidu de la régression du prix spot du blé (en log) sur le spread calendaire F1_CM vs spot (fenêtres glissantes de 250 jours). Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

Blé				Maïs			
		Delta Spot	Delta M1			Delta Spot	Delta M1
Delta Spot t-1	Coeff	0.19	-0.015	Delta Spot t-1	Coeff	-0.023	-0.13
	Std	0.19	0.20		Std	0.22	0.21
Delta M1 t-1	Coeff	0.021	0.18	Delta M1 t-1	Coeff	0.33	0.51**
	Std	0.20	0.20		Std	0.22	0.21
Résidus	Coeff	-0.18**	-0.074	Résidus	Coeff	0.072	0.21**
	Std	0.086	0.088		Std	0.086	0.082
Obs.		142	142	Obs.		141	141
Adj.R ²		6.9%	1.8%	Adj.R ²		7.5%	0.21%

Soja			
		Delta Spot	Delta M1
Delta Spot t-1	Coeff	-0.18	-0.42
	Std	0.31	0.31
Delta M1 t-1	Coeff	0.46	0.76**
	Std	0.31	0.31
Résidus	Coeff	-0.13	-0.0019
	Std	0.090	0.090
Obs.		140	140
Adj.R ²		11.4%	11.7%

Table 5.1.1 : Modèles VECM (voir Annexe 4) sur les couples Spot/F1_CM pour les trois marchés de grains. Les prix spot sont dans les trois cas les prix au Golfe du Mexique. Les prix F1_CM sont les prix à Chicago, convertis en maturité constante selon le protocole expliqué plus haut. Le pas de temps est mensuel (séries mensuelles obtenues par moyenne mensuelle des prix quotidiens). Les données vont de janvier 2003 à décembre 2014. Les résidus correspondent aux résidus de la régression des prix spot (log) sur les prix first-nearby (log). Le coefficient décrivant l'impact des résidus sur la variation future du prix spot du soja est à la limite de la significativité au seuil de 10%. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

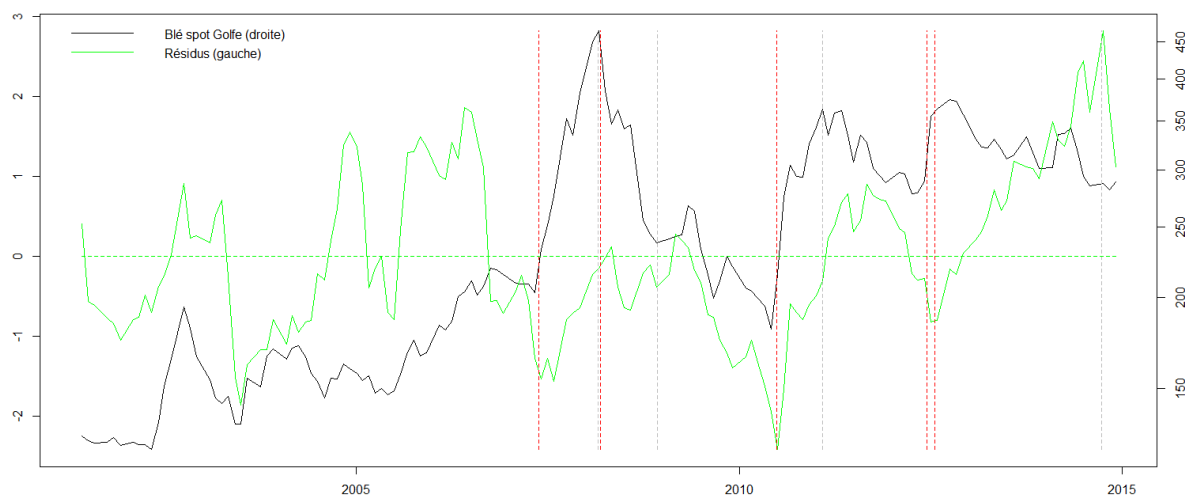


Figure 5.1.6 : Prix spot du blé (Soft Red Winter, Golfe) et résidus de la régression des prix spot (log) sur les prix first-nearby « maturité constante » (log). Les résidus sont exprimés en écart-type. Un résidu positif indique que les prix spot sont surévalués par rapport au first-nearby au regard de la relation globale spot vs first-nearby. Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

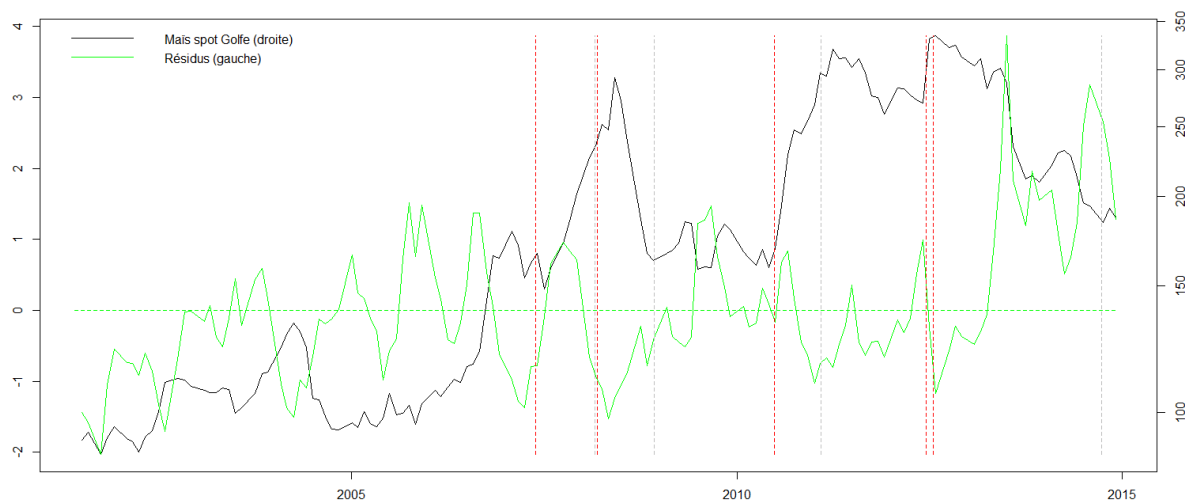


Figure 5.1.7 : Prix spot du maïs (Golfe) et résidus de la régression des prix spot (log) sur les prix first-nearby « maturité constante » (log). Les résidus sont exprimés en écart-type. Un résidu positif indique que les prix spot sont surévalués au regard de la relation globale spot vs first-nearby. Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

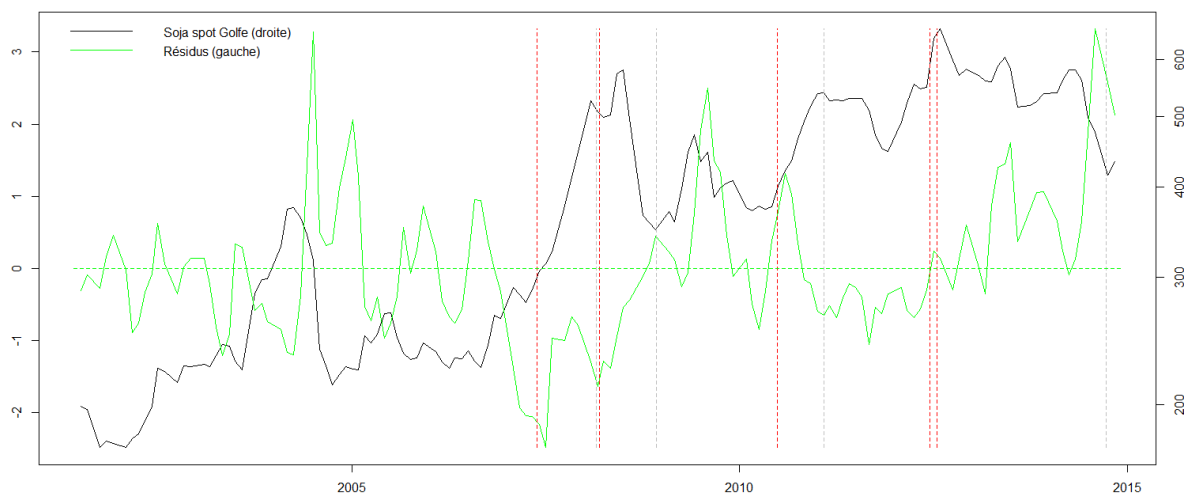


Figure 5.1.8 : Prix spot du soja (Golfe) et résidus de la régression des prix spot (log) sur les prix first-nearby « maturité constante » (log). Les résidus sont exprimés en écart-type. Un résidu positif indique que les prix spot sont surévalués au regard de la relation globale spot vs first-nearby. Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

2) Volatilités

Les périodes de variation extrême des prix sont souvent caractérisées par un niveau d'incertitude plus grand sur le niveau des prix, et ce à diverses échelles de temps simultanément. Ainsi, cette incertitude est susceptible de se manifester de façon précoce à des échelles de temps beaucoup plus courtes que celles retenues pour la définition des cinq épisodes extrêmes vus précédemment. En particulier, la mesure de risque appelée « volatilité historique », qui correspond à la mesure des écarts-type des rendements journaliers des prix sur des fenêtres glissantes (par exemple 100 jours ou 250 jours), est susceptible d'annoncer l'apparition de mouvements extrêmes sur des échelles de temps plus longues. Nous allons examiner sa capacité prédictive sur les cinq épisodes extrêmes.²⁸

²⁸ L'analyse des mouvements « intraday » (i.e. à l'intérieur de la journée) ne rentre pas dans le cadre de ce rapport. Elle a fait l'objet d'un chapitre dans notre précédente étude. C'est une piste à explorer dans des études ultérieures.

La figure 5.2.1 montre un caractère suiveur de la volatilité par rapport aux prix²⁹. Ce caractère suiveur se manifeste dans la hausse de 2007 et la baisse de 2008, mais ni dans la hausse de 2010 ni dans celle de 2012.

Ainsi, on peut conclure que la volatilité des rendements quotidiens est peu informative sur la probabilité d'événements extrêmes en cours ou à venir.

Le problème de cette mesure est en effet de cinq ordres :

- D'une part, elle est retardée, ne réagissant qu'à l'écart-type des rendements sur le passé récent.
- Deuxièmement, elle ne regarde que les événements quotidiens, délaissant les mouvements intervenant sur des horizons plus longs (semaine, mois, trimestre etc.). Or, un mouvement de grande ampleur peut survenir sur un horizon d'un mois même avec une volatilité faible. Il suffit pour cela que les rendements quotidiens, même de faible ampleur, s'alignent dans un sens déterminé. Ce problème est très visible lors des hausses de 2010 et 2012, mais aussi lors de la baisse de 2013, qui s'accompagne d'un effondrement de la volatilité historique !
- Troisièmement, elle ne s'intéresse pas au caractère extrême des variations, se concentrant sur le « cœur » de la distribution (caractérisée par l'écart-type).
- Quatrièmement, elle est trop peu stationnaire : la volatilité ne varie pas dans un range de valeurs prévisible. Au contraire, son intervalle de variations semble évoluer sensiblement au cours du temps. Ceci rend difficile la construction de signaux de stress renseignant sur la possibilité d'un changement de régime.
- Cinquièmement, elle est symétrique, c'est-à-dire qu'elle réagit à la fois au risque de baisse et de hausse. Une montée de la volatilité ne permet donc pas de savoir si c'est un risque de hausse ou de baisse extrêmes qui est identifié par les intervenants du marché. Ceci est bien visible en 2007-2008, avec une première hausse de la volatilité associée à la hausse de 2007, puis une seconde hausse associée à la baisse de 2008.

²⁹ Nous utilisons ici une fenêtre glissante de 250 jours pour le calcul de volatilité. Cependant, les messages ne changent pas fondamentalement avec une échelle de 100 jours : l'impact d'une fenêtre plus courte est une mesure de volatilité plus bruitée mais moins retardée.

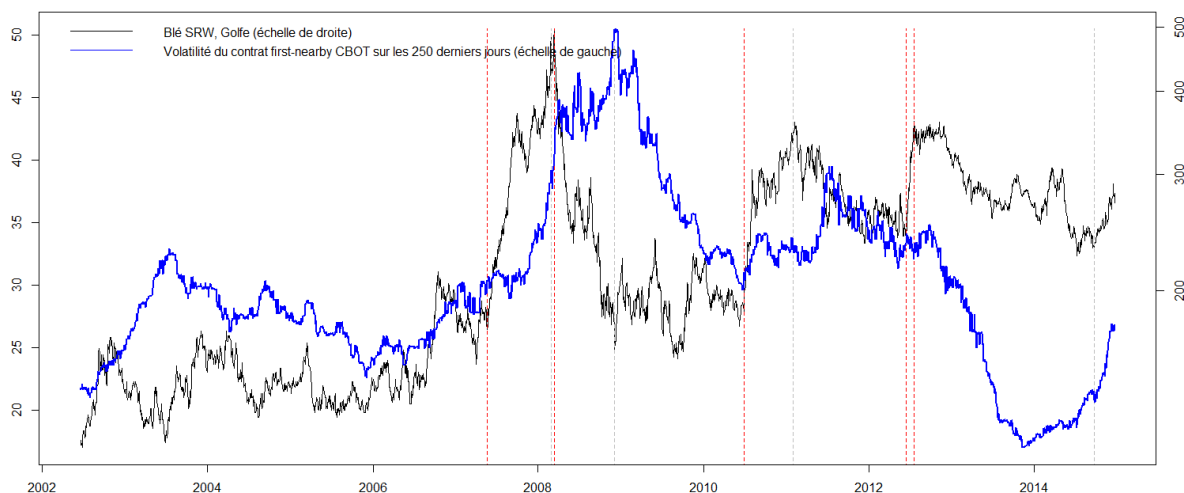


Figure 5.2.1 : Prix spot du blé SRW et volatilité du contrat blé CBOT first-nearby sur une fenêtre glissante de 250 jours (en % par an). Les rendements du contrat blé CBOT sont calculés sur la série des prix first-nearby « roulés » (voir Annexe 1). Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

Une mesure alternative, la volatilité du spread 1 an vs first-nearby permet de surmonter un certain nombre des limitations de la volatilité comme mesure avancée du risque (Figure 5.2.2). Cet indicateur mesure l'incertitude spécifique liée à l'évaluation de stocks. Il est cette fois asymétrique, n'augmentant que lors des flambées de prix et diminuant lors des descentes. Cette asymétrie peut s'expliquer par le fait que les hausses de prix sont souvent associées à une baisse des stocks, qui est elle-même un facteur d'augmentation de la volatilité des spreads calendaires³⁰. Il est d'autre part beaucoup plus stationnaire que la volatilité du first-nearby. Le problème du retard persiste cependant. Il est particulièrement flagrant pour la flambée de 2012. D'autre part, l'augmentation de la volatilité du spread en 2003 n'a pas été associée à un mouvement de hausse significatif des prix. Cet indicateur génère donc de faux signaux à certaines occasions.

En ce qui concerne la détection des baisses, un indicateur alternatif peut être utilisé : le ratio entre la volatilité du contrat un an et la volatilité du spread 1 an vs first-nearby (Figure 5.2.3). On constate que les périodes de baisses sont systématiquement associées à une baisse de la volatilité du spread (traduisant une baisse de l'inquiétude sur le niveau des stocks) et à une hausse ou à un maintien de la volatilité des contrats de maturité longue (traduisant une incertitude sur le niveau à long terme du prix du blé).

³⁰ Ce lien entre niveaux de stocks et volatilité du spread calendaire est bien documenté et constitue le second pilier de la théorie du stockage. L'idée sous-jacente est que le prix d'accès à la matière première (déterminant le spread calendaire) est beaucoup plus volatile en période de pénurie que ne l'est le prix du stockage en période de stocks pleins. En situation de pénurie, la flexibilité opérationnelle des fournisseurs et transformateurs est en effet très réduite et le prix d'accès peut atteindre des valeurs très élevées sans pouvoir être facilement arbitré par les détenteurs de stocks.

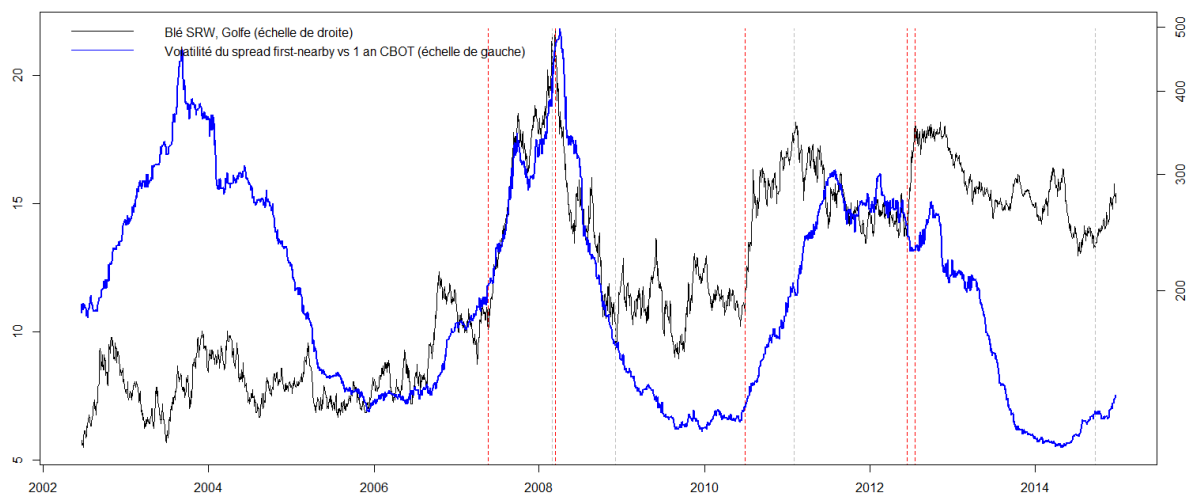


Figure 5.2.2 : Prix spot du blé SRW et volatilité du spread first-nearby vs 1 an sur une fenêtre glissante de 250 jours (en % par an). Les rendements du spread first-nearby vs 1 an sont calculés comme expliqué en Annexe 1.

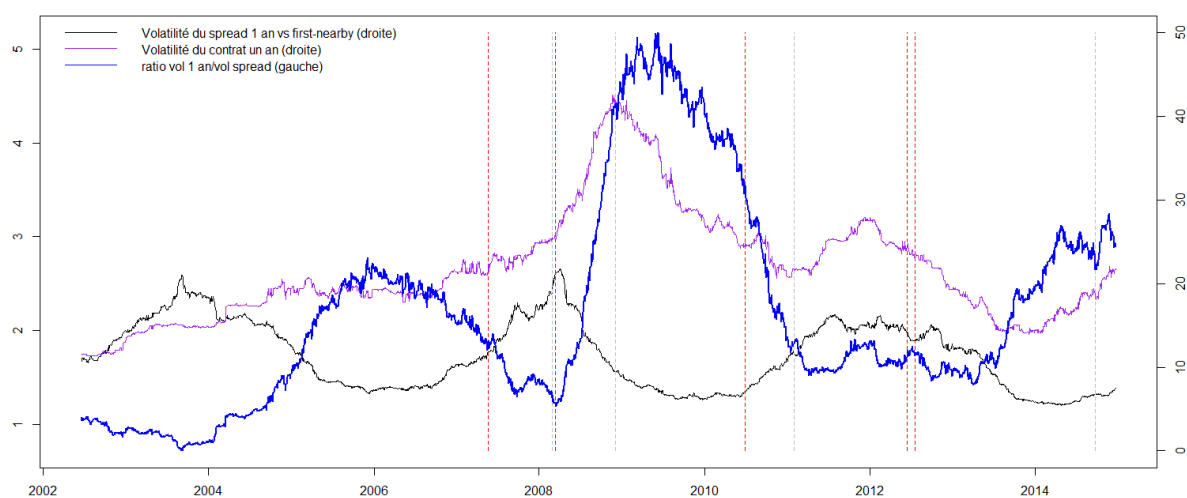


Figure 5.2.3 : Volatilité du spread first-nearby vs 1 an et du contrat un an sur une fenêtre glissante de 250 jours (en % par an). Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

Nous allons maintenant utiliser un dernier indicateur de volatilité plus pertinent que la volatilité historique (celle des 250 derniers jours) pour anticiper les événements extrêmes. Il s'agit de la

volatilité « implicite », découlant de l'observation du prix des options cotées à Chicago³¹. L'intérêt de cette mesure est multiple :

- Premièrement, elle est « forward looking », c'est-à-dire qu'elle renseigne sur l'anticipation par les intervenants des mouvements à venir plutôt que sur l'amplitude des mouvements passés. C'est un prix de marché instantané qui réagit à l'information quotidienne, plutôt qu'une mesure des mouvements passés, nécessairement retardée dans la prise en compte de l'information nouvelle.
- Deuxièmement, elle inclut des informations sur les mouvements extrêmes anticipés par les intervenants. En effet, elle repose sur des prix d'options à la fois à la monnaie (prix d'exercice proche du prix actuel) et en dehors de la monnaie (prix d'exercice éloigné du prix actuel), les prix en dehors de la monnaie étant particulièrement sensibles aux risques de mouvements extrêmes perçus par les intervenants du marché. Ces mouvements extrêmes peuvent être à l'échelle de la journée (l'échelle de temps sur laquelle repose la mesure de volatilité historique) mais aussi à l'échelle de temps correspondant à la maturité des options servant au calcul de la volatilité implicite (quelques mois).

Cependant, elle reste symétrique, c'est-à-dire sensible à la fois aux risques de hausse et de baisse. D'autre part, elle est très fortement bruitée et n'est disponible que depuis 2011 pour le maïs et le soja et 2012 seulement pour le blé, du fait de la mise en place tardive des marchés d'options au CBOT. D'autre part, sur la Figure 5.2.4, on voit que le problème de la stationnarité se pose à nouveau : le range de valeurs de la volatilité implicite fluctue au cours du temps. Sur la Figure 5.1.12, on représente la série de volatilité implicite stationnarisée par calcul du « z-score » :

$$z\text{-score}(t) = [\text{signal}(t) - \text{MA}(t,h)]/\text{sd}(t,h)$$

où MA(t,h) représente la moyenne mobile du signal calculée sur une fenêtre de h jours et sd(t,h) son écart-type glissant. Le z-score donne la position du signal prix à la date t par rapport à l'historique récent, exprimée en nombre d'écart-type. On prend ici h = 100 car une valeur plus grande réduirait davantage le nombre de données déjà très réduit.

On voit bien Figure 5.2.5 le caractère anticipatif de la volatilité implicite lors de la flambée de 2012 : la montée de la volatilité implicite précède la montée des prix. Plus précisément, le seuil de 2 écart-type est franchi le 25 mai 2015, soit 20 jours avant le début de l'épisode extrême de l'été 2012 (15

³¹ Le modèle de Black-Scholes relie la volatilité historique au prix des options d'achat (calls) et de vente (puts). Quand les options sont négociées de façon liquide et les prix des options directement observés sur les marchés, on peut alors inverser la formule de Black-Scholes pour en déduire une volatilité « implicite » des prix. La volatilité implicite est donc la volatilité historique qui devrait être rentrée comme paramètre dans le modèle de Black-Scholes pour expliquer les prix d'options observés sur les marchés. La volatilité implicite peut être calculée option par option. Dans notre cas, nous considérons une volatilité implicite « globale », qui peut être considérée comme une moyenne pondérée des volatilités implicites calculées sur un ensemble de calls et de puts de maturité courte (quelques mois au plus) et de prix d'exercice variés. Cette volatilité diffère en général de la volatilité historique constatée du fait des limitations du modèle de Black-Scholes, en particulier des hypothèses irréalistes de ce modèle sur le comportement des prix (volatilité future parfaitement prédictible, rendements gaussiens...). En particulier, la volatilité implicite intègre les anticipations des acteurs quant à la volatilité future et aux mouvements extrêmes futurs des prix sur une échelle de temps correspondant à la maturité des options considérées (de un à plusieurs mois).

juin-20 juillet 2012). Mais on voit aussi que le z-score franchit le seuil de 2 écarts-type à trois reprises lors de la baisse de 2012-2014 (une première fois en mai 2013 avant la chute de l'été, une seconde fois très brièvement fin 2013 et une troisième fois plus longuement avant la chute de l'été 2014). Cette observation renvoie au caractère symétrique de cette mesure, déjà évoqué plus haut. Pour savoir si la hausse de la volatilité implicite traduit un risque de hausse ou de baisse, il faut regarder la corrélation entre rendements de prix et variations de volatilité : une corrélation positive entre prix et volatilité traduit la perception d'un risque de hausse extrême tandis qu'une corrélation négative entre prix et volatilité traduit la perception d'un risque de baisse. Nous allons étudier ce problème dans la section V.4 (corrélations).

D'autre part, on observe que le signal de volatilité est souvent anticipatif et bruité. Par exemple, le mouvement extrême de hausse commence 20 jours après le franchissement du seuil de 2 écart-types dans le cas de la hausse de 2012. Dans le cas des baisses des étés 2013 et 2014, non seulement le signal précède de plusieurs semaines (voire plusieurs mois) le début de la baisse, mais il rebaisse en outre fortement avant le début du mouvement extrême. Ainsi, une fois le seuil de 2 franchi, il convient de maintenir le signal d'alerte tant que le z score ne refranchit pas durablement le seuil de 0 (une règle simple d'usage serait de maintenir le signal d'alerte tant que le z score ne refranchit pas le seuil de -1).

Synthèse de la partie V.2

Cette étude de la volatilité historique et implicite a deux implications importantes en termes de prédiction des mouvements extrêmes :

- La volatilité historique du spread calendaire entre contrats séparés d'une période de un an augmente lors des épisodes de hausse (avec un faux signal en 2003) ; le ratio volatilité long terme/volatilité du spread augmente lors des baisses.
- Les volatilités implicites (déduites des marchés d'options) ont été prédictives de la hausse de l'été 2012 et des baisses successives des étés 2013 et 2014. Leur corrélation avec les prix indique s'il y a un risque extrême à la hausse (comme en 2012) ou à la baisse (comme en 2013-2014). Leur utilisation en tant que signal d'anticipation de mouvements extrêmes à la hausse ou à la baisse nécessite néanmoins un traitement préalable (stationnarisation par calcul du z-score) et une mise en garde quant au caractère anticipatif et bruité du signal.

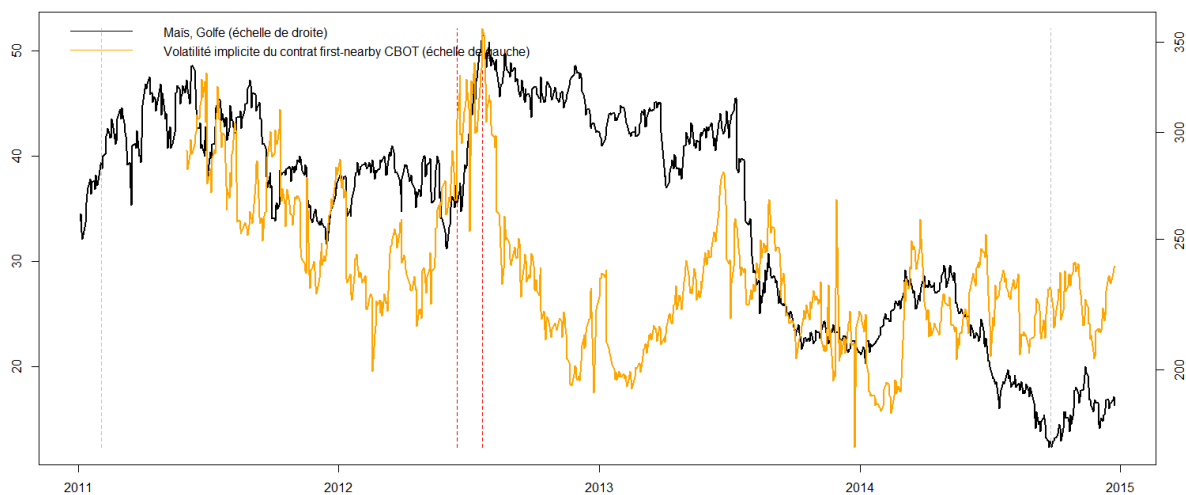


Figure 5.2.4 : Prix spot du maïs (Golfe) et volatilité implicite du contrat maïs CBOT (en % par an). Les trois périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

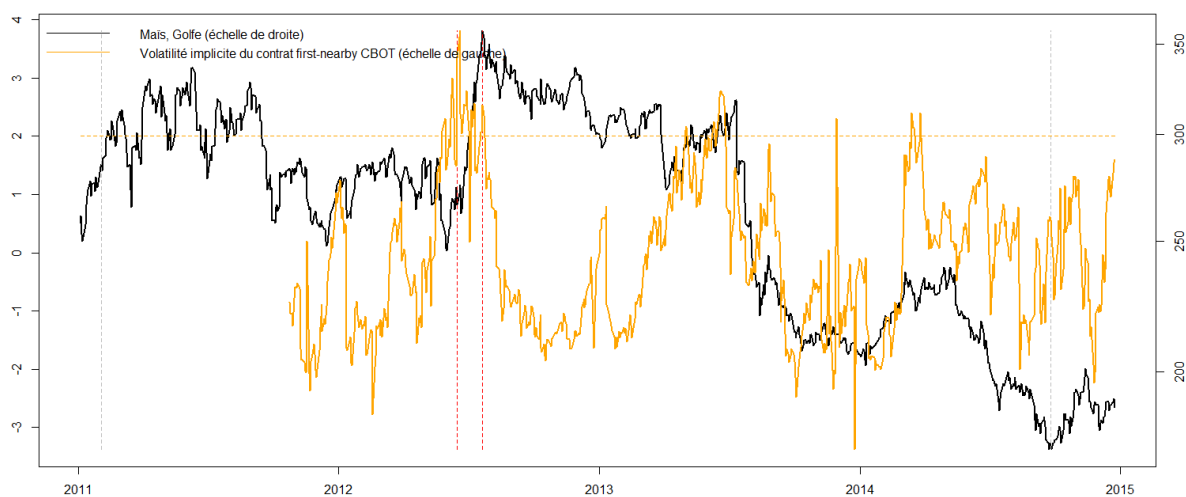


Figure 5.2.5 : Prix spot du maïs (Golfe) et volatilité implicite du contrat maïs CBOT stationnarisée (z-score). Les cinq périodes extrêmes identifiées au chapitre IV sont représentées par des barres verticales (les barres rouges indiquent les débuts de période et les barres grises les fins de période).

3) Mouvements extrêmes d'horizon plus court

La détection en temps réels mouvements extrêmes d'horizon « court » (de un jour à un semestre) a une grande importance pour trois raisons :

- Elle apporte de l'objectivité dans l'identification des variations extrêmes : le « caractère extrême » d'une variation donnée sera quantifié en mesurant cette variation en nombre d'écart-type sur l'horizon de temps en question.
- Elle peut être révélatrice d'informations fondamentales difficiles à obtenir pour le public mais déjà partiellement contenues dans le signal prix (et pouvant mener à une amplification du mouvement extrême détecté une fois les informations portées à la connaissance des investisseurs moins bien informés).
- Même si les mouvements de prix extrêmes observés ne sont pas guidés par l'information fondamentale, ils signalent dans tous les cas des flux d'investissements entrants (en cas de hausse) ou sortants (en cas de baisse) de la part des spéculateurs. En effet, comme nous l'avons vu dans la première partie de ce rapport, ceux-ci ont un comportement agrégé qui consiste à suivre les tendances de prix passées. Une forte hausse signale ainsi des prises de positions acheteuses significatives de la part des spéculateurs. Mais ces prises de position acheteuses tendent mécaniquement à renforcer les hausses passées, conduisant à la possibilité de mouvements extrêmes sur des horizons de temps plus longs et donc de nouvelles positions acheteuses par des suiveurs de tendance de plus long terme. Les mouvements extrêmes d'horizon de temps court informent donc sur la probabilité d'occurrence de spirales de hausse ou de baisse auto-entretenues des prix.

La détection des mouvements extrêmes d'horizon court se fonde sur le même principe général que celui détaillé dans la section précédente : l'événement extrême se caractérise par un ratio rendement/écart-type « élevé » en valeur absolue sur l'horizon de temps considéré.

Afin de permettre la détection en temps réel de ces événements extrêmes, les écart-types seront évalués sur une échelle glissante de 100 jours antérieure à l'observation des mouvements.

Les événements extrêmes seront caractérisés par un ratio rendement/écart-type supérieur à un certain seuil (nous essaierons dans ce rapport les seuils de 2 et 3). Les échelles de temps considérées seront le jour, la semaine (5 jours ouvrés), le demi-mois (10 jours ouvrés), le mois (20 jours ouvrés), le trimestre (approximé par un horizon de 50 jours ouvrés, souvent utilisé par les praticiens) et le semestre (approximé par l'horizon de 100 jours ouvrés également très utilisé dans la pratique). Dans chaque cas, les mouvements sont calculés quotidiennement sur des horizons de 1, 5, 10, 20, 50 et 100 jours ouvrés. On calcule ensuite quotidiennement l'écart-type sur les 100 derniers jours : par exemple, dans le cas de l'horizon de 20 jours, on calcule l'écart-type des 100 derniers rendements mensuels calculés quotidiennement. Enfin, on calcule le ratio rendement/écart-type et un « événement extrême » est identifié quand le ratio rendement/écart-type est supérieur au seuil de 2 ou 3 en valeur absolue.

On peut ensuite calculer le nombre de hausses ou de baisses extrêmes sur une fenêtre glissante de 100 ou 200 jours. Cela permet de savoir combien d'événements extrêmes (tous horizons confondus) se sont produits dans un passé proche. Le choix de la fenêtre glissante, qui détermine la mémoire que l'on désire retenir des événements extrêmes passés pour prédire les suivants, s'avère assez critique, comme va le montrer l'analyse qui suit.

Les résultats obtenus sur le prix spot du blé « soft red winter » au Golfe du Mexique³² sont représentés Figures 5.3.1 et 5.3.2, avec un seuil de 3 et des mémoires de 100 et 200 jours. Le seuil de 10 événements extrêmes semble dans chaque cas approprié pour sélectionner les 5 épisodes extrêmes retenus précédemment. Ce critère conduit cependant à caractériser également la hausse de 2002 et la baisse de début 2005 comme des événements extrêmes. On remarque que l'épisode haussier de 2006-2008 est identifiée précocement dès le milieu de l'année 2006. Une mémoire de 200 jours identifie la hausse de 2006-2008 comme un seul bloc de hausses extrêmes. L'indicateur détecte également un contexte d'instabilité dès le tout début de l'épisode de hausse en 2010. La baisse de 2012-2014 est détectée dès le début de l'année 2013. Cependant, la mémoire de 100 ou 200 jours est trop courte par rapport à la durée de la baisse : le signal baissier est donc interrompu de façon prématurée avant le dernier épisode de baisse. Dans le cas de la flambée de 2012, l'indicateur est assez efficace, détectant la crise dès début juillet 2012, soit exactement au milieu de l'épisode (Figure 5.3.4). Dans le cas de la chute de 2008, il l'est beaucoup moins : le mouvement extrême n'est identifié que début novembre, une fois la chute déjà quasiment achevée (Figure 5.3.5). Cependant, une identification précoce du risque d'effondrement est possible avec un seuil moins exigeant (seuil de 5 événements extrêmes au lieu de 10) et une mémoire des événements extrêmes de 200 jours. Le coût de ce seuil moins exigeant est un nouveau « faux signal » à l'occasion de la baisse de 2004 (Figure 5.3.2).

L'utilisation du seuil de 2 écart-types, associée à un seuil plus exigeant sur le nombre d'événements extrêmes (75 événements) est illustrée Figure 5.3.3. On remarque que le critère de 2 écart-types permet de moins bien discriminer les cinq mouvements extrêmes identifiés dans la partie IV par rapport à d'autres événements moins violents. Ainsi, la hausse de 2002 et les baisses de 2004 et 2005 ont été accompagnées d'un nombre d'événements à 2 écart-types comparable aux hausses de 2007, 2010 et 2012 et aux baisses de 2008 et 2012-2014. Le seuil de 75 événements est nécessaire pour filtrer la hausse de 2003 mais s'avère trop exigeant pour détecter de façon suffisamment précoce la hausse de 2012. Ce seuil est également trop exigeant pour détecter suffisamment tôt la baisse de 2008. Un seuil de 50 événements permet d'identifier un comportement extrême dès avril 2008 mais conduit à des faux signaux lors des baisses de 2004 et 2005.

Synthèse de la partie V.3

Les mouvements extrêmes sur des échelles de temps allant de un jour à 100 jours ouverts permettent de prédire des comportements extrêmes pouvant se dérouler sur des échelles plus grandes, y compris lors de flambées de prix brèves et brutales comme la hausse de 2012. Le choix des seuils de définition des événements extrêmes et de la mémoire des événements extrêmes passés est cependant critique pour minimiser les « faux signaux » tout en parvenant à une identification précoce des phases de turbulence.

³² Nous avons illustré la méthode sur l'exemple du blé pour deux raisons principales : d'une part, il est préférable de détecter les mouvements extrêmes sur des marchés de grains plutôt que sur un panier de produits agricoles car les événements extrêmes sont gommés par l'opération de moyenne qui préside à la construction d'un indice de prix agricoles ; d'autre part, comme nous le verrons par la suite, le blé joue le rôle de leader dans le complexe des grains, à la fois au niveau global et dans la plupart des mouvements extrêmes identifiés plus haut.

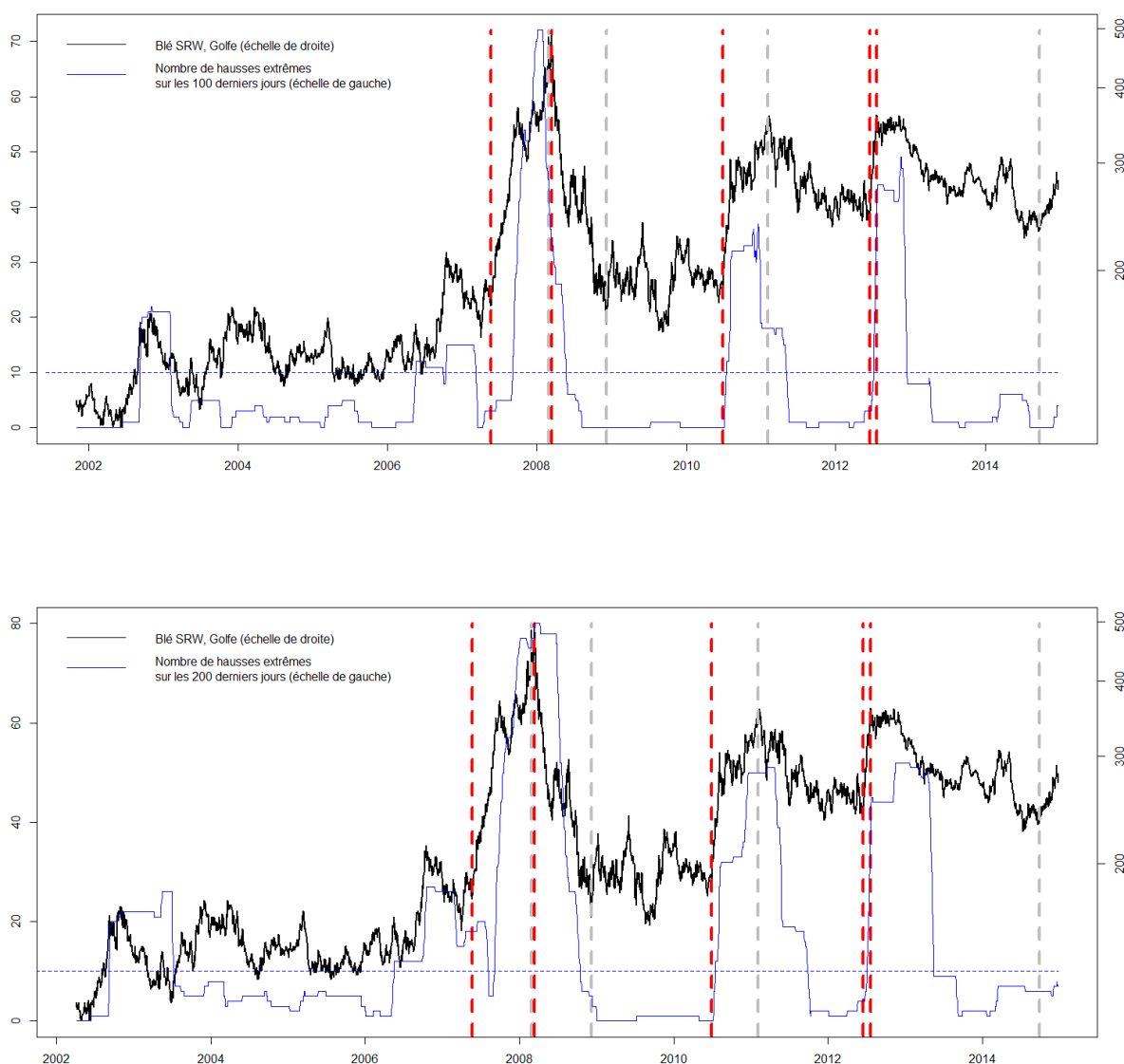


Figure 5.3.1 : Blé Soft Red Winter au Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) et nombre de hausses extrêmes observées sur une fenêtre glissante de 100 jours (graphe du haut) ou 200 jours (graphe du bas). Les 5 mouvements extrêmes identifiés plus haut sont indiqués par les barres verticales (les barres rouges indiquent le début et les barres grises indiquent la fin de l'épisode). Le seuil retenu pour sélectionner les événements extrêmes est de trois écart-types.

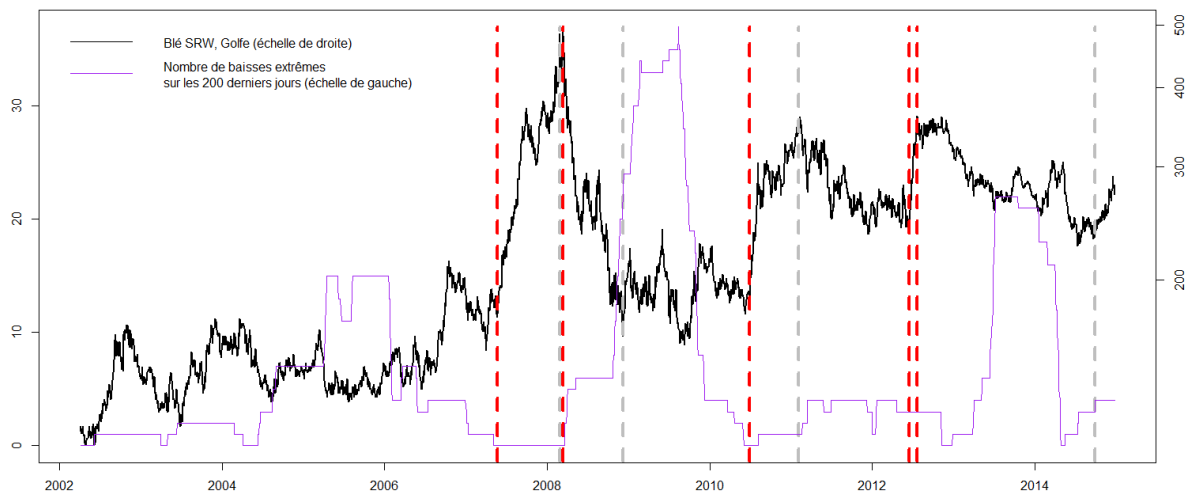
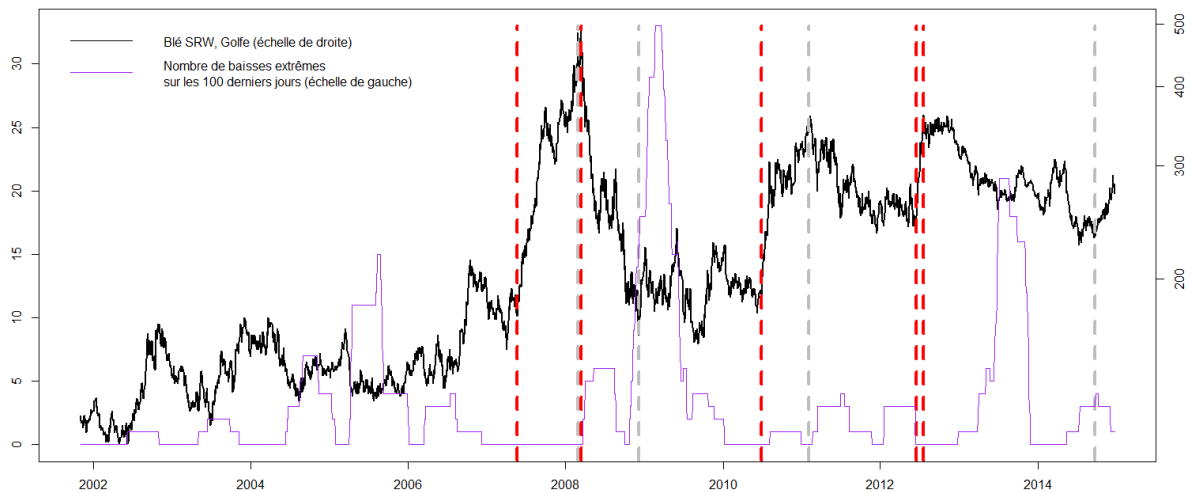


Figure 5.3.2 : Blé Soft Red Winter au Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) et nombre de baisses extrêmes observées sur une fenêtre glissante de 100 jours (graphe du haut) ou 200 jours (graphe du bas). Les 5 mouvements extrêmes identifiés plus haut sont indiqués par les barres verticales (les barres rouges indiquent le début et les barres grises indiquent la fin de l'épisode). Le seuil retenu pour sélectionner les événements extrêmes est de **trois écart-types**.

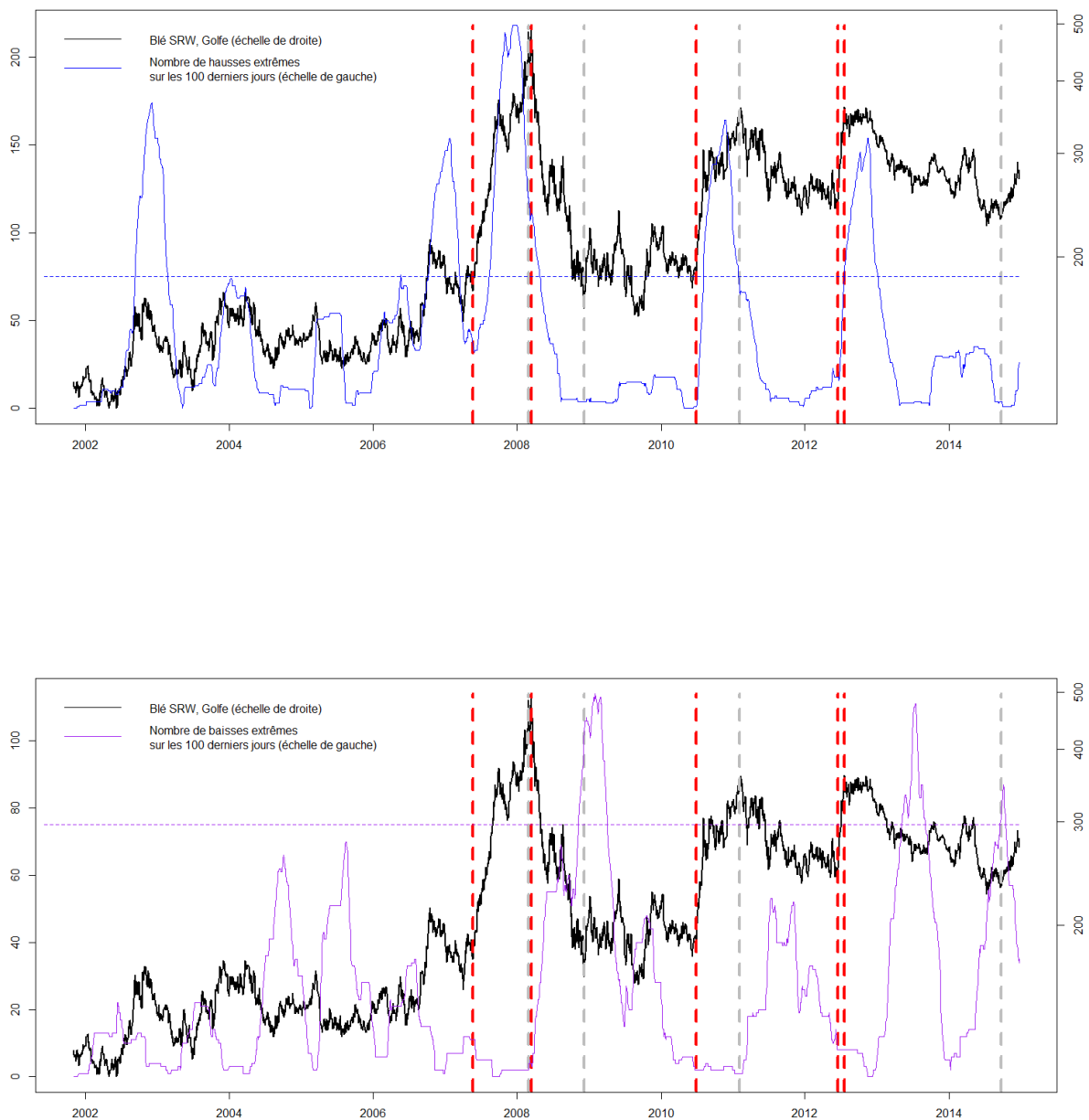


Figure 5.3.3 : Blé Soft Red Winter au Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) et nombre de hausses extrêmes (graphe du haut) et baisses extrêmes (graphe du bas) observées sur une fenêtre glissante de 100 jours. Les 5 mouvements extrêmes identifiés plus haut sont indiqués par les barres verticales (les barres rouges indiquent le début et les barres grises indiquent la fin de l'épisode). Le seuil retenu pour sélectionner les événements extrêmes est de **deux écart-types**.

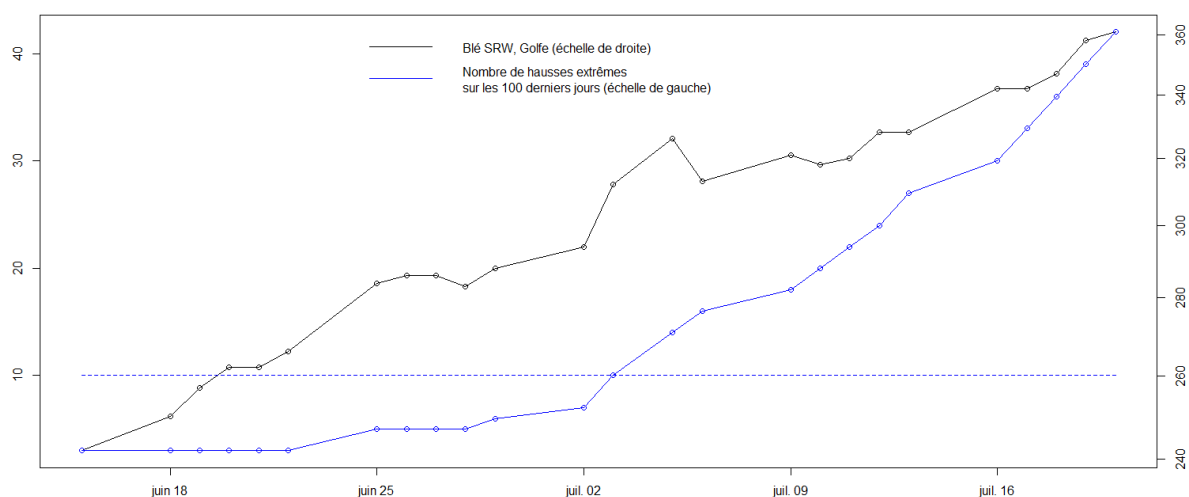


Figure 5.3.4 : Blé Soft Red Winter au Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) et nombre de hausses extrêmes observées sur une fenêtre glissante de 100 jours pendant la flambée de 2012. Le seuil retenu pour sélectionner les événements extrêmes est de **trois écart-types**. Le mouvement extrême est identifié dès le 3 juillet en utilisant le seuil de 10 hausses extrêmes sur les 100 derniers jours.



Figure 5.3.5 : Blé Soft Red Winter au Golfe du Mexique en \$/ton (échelle logarithmique) et nombre de baisses extrêmes observées sur une fenêtre glissante de 100 jours (graphe du haut) ou de 200 jours (graphe du bas) pendant la chute de 2008. Le seuil retenu pour sélectionner les événements extrêmes est de **trois écart-types**. Le mouvement extrême est identifié seulement début novembre en utilisant le seuil de 10 baisses extrêmes sur les 100 ou 200 derniers jours. Par contre, il est identifié dès le mois d'avril en utilisant le seuil de 5 baisses extrêmes sur les 200 derniers jours.

4) Corrélations

Les dynamiques de corrélation entre différentes séries de prix peuvent également informer sur la présence de changements de régime dans le comportement des prix.

Les Figures 5.4.1 et 5.4.2 font ainsi apparaître une croissance forte de l'ensemble des corrélations (inter-grains et grains vs autres classes d'actifs) à partir du second semestre de l'année 2008. Ce type de comportements signale une forte hausse du risque systémique et une vulnérabilité forte de la classe d'actifs « matières premières » aux contagions financières venant d'autres sources de risque (en particulier le risque de contrepartie bancaire). La grande chute des prix des matières premières observée en 2008 est d'ailleurs contemporaine de cette envolée des corrélations.

Le risque systémique liant les matières premières entre elles ainsi qu'aux autres classes d'actifs s'est dissipé à partir de l'année 2012, avec une baisse de l'ensemble des corrélations, déjà signalée dans la première partie de ce rapport.

On remarque une baisse significative des corrélations inter-grains au cours des flambées de 2007 et 2010. Cette observation sera confirmée par une analyse des écarts de valorisation entre marchés de grains, qui révélera une déconnexion provisoire du blé par rapport aux autres grains lors de ces deux épisodes.

Cependant, en dehors de leur mouvement de hausse lorsque le risque systémique s'élève, les corrélations glissantes ne présentent pas de comportement systématique permettant de prédire ou d'identifier précocement les mouvements extrêmes des mouvements des grains.

La corrélation entre prix et volatilité implicite est éclairante sur la perception par les intervenants du marché de la nature des risques extrêmes (Figures 5.4.3 et 5.4.4). Une corrélation positive entre prix et volatilité implicite révèle la perception d'un risque de hausse extrême tandis qu'une corrélation négative signale un risque perçu de chute violente des cours. Ainsi, avant et pendant la flambée de 2012, les intervenants du marché se focalisaient clairement sur le risque extrême à la hausse. Mais dès la fin de la hausse, la corrélation prix/volatilité s'effondre, révélant un nouveau risque extrême à la baisse identifié par les intervenants du marché. Cependant, cette mesure est par sa définition même retardée par rapport la perception sous-jacente des risques extrêmes. Par exemple, dans le cas du maïs comme dans celui du soja, la mesure de corrélation glissante prix/volatilité implicite atteint son pic après la fin de la flambée de 2012, alors que la corrélation sous-jacente entre volatilité implicite et prix spot a probablement atteint son niveau maximal au cœur de la hausse.

Synthèse de la partie V.4

Les corrélations glissantes inter-grains et inter-classes d'actifs ne présentent pas de comportement systématique exploitable pour l'anticipation des mouvements extrêmes. Une envolée des corrélations inter-grains et inter-classes d'actifs telle que celle observée au second semestre 2008 informait cependant sur la vulnérabilité des matières premières agricoles au risque systémique.

La corrélation glissante prix/volatilité implicite est informative sur la direction des risques extrêmes perçue par les intervenants du marché.

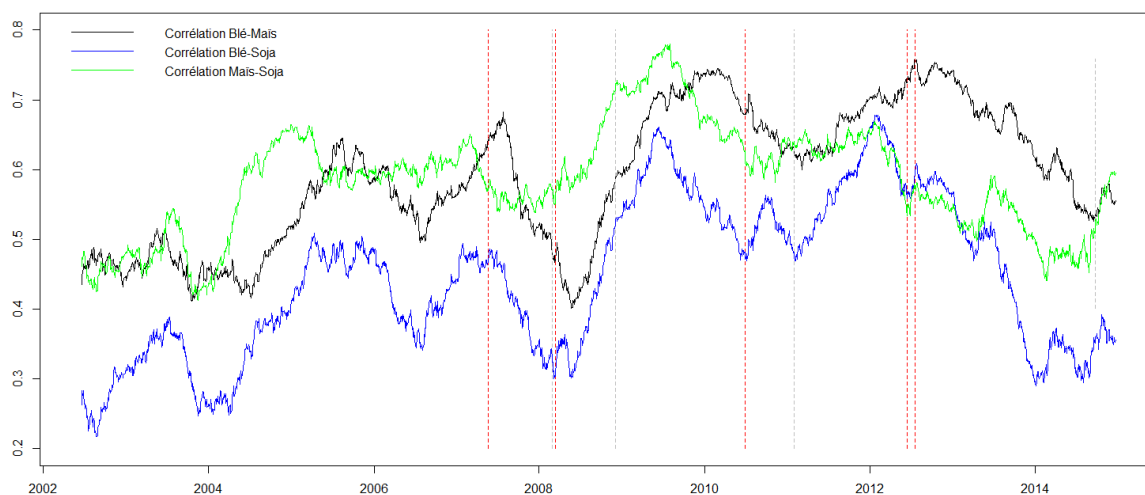


Figure 5.4.1 : Corrélations entre rendements quotidiens des contrats de grains first-nearby CBOT (fenêtre de 250 jours). Les corrélations sont calculées sur les séries de prix « roulées » (Annexe 1).

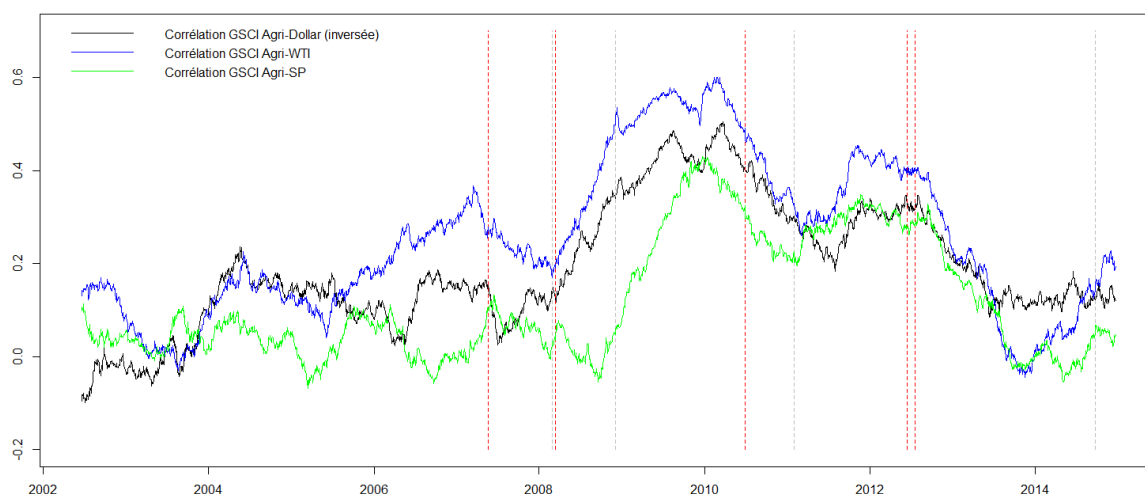


Figure 5.4.2 : Corrélations entre rendements quotidiens blé-dollar et blé-pétrole (WTI) (fenêtre de 250 jours). Le prix du dollar est donné par le Dollar Index (dollar contre un panier de devises internationales avec des poids proportionnels aux échanges commerciaux). La corrélation blé-dollar représentée est l'opposée du coefficient de corrélation entre les deux séries (qui est de signe le plus souvent négatif).

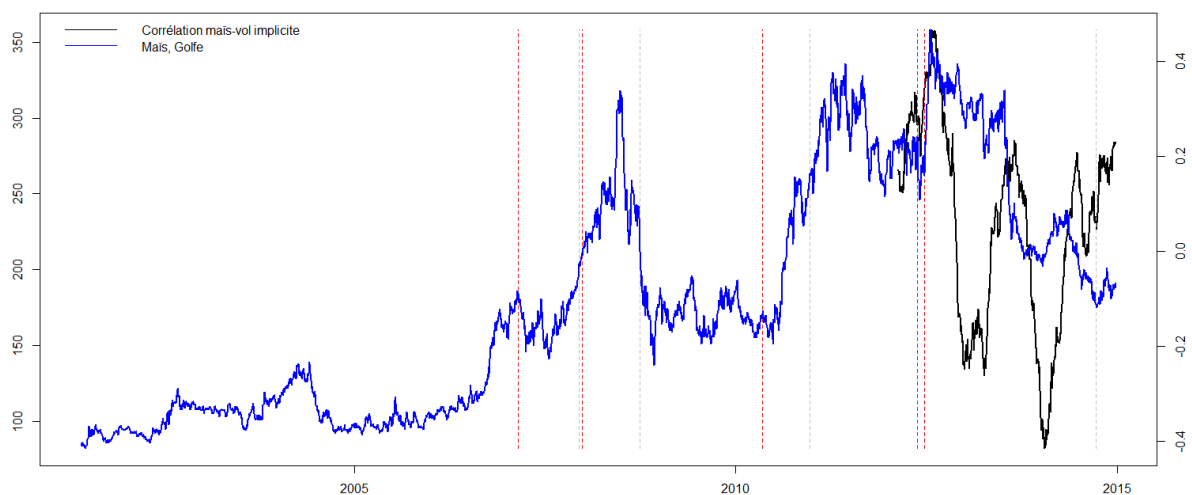


Figure 5.4.3 : Prix spot du maïs au Golfe du Mexique (échelle de gauche) et corrélation maïs CBOT/ volatilité implicite (fenêtre de 100 jours). Les corrélations glissantes sont calculées entre les rendements du contrat maïs first-nearby CBOT et ceux de la volatilité implicite du contrat maïs first-nearby CBOT.



Figure 5.4.4 : Prix spot du soja au Golfe du Mexique (échelle de gauche) et corrélation soja CBOT/ volatilité implicite (fenêtre de 100 jours). Les corrélations glissantes sont calculées entre les rendements du contrat soja first-nearby CBOT et ceux de la volatilité implicite du contrat soja first-nearby CBOT.

5) Ecarts entre marchés de grains

Dans cette section, nous allons nous intéresser en détail aux écarts de valorisation entre les trois principaux marchés de grains américains et entre marchés de blé français et américain.

Des écarts de valorisation signalent en effet des tensions sur certains marchés qui ont du mal à être proprement arbitrées (congestion du transport entre zones, problèmes de substituabilité entre produits etc.). Ces tensions pourront se résorber à l'occasion de grands mouvements de marché ultérieurs (soit par une baisse de la tension sur le marché stressé, soit par une contagion vers un autre marché).

L'observation des Figures 5.5.1 à 5.5.5 conduit aux conclusions suivantes :

- Lors de la hausse de 2007, le blé a été leader par rapport au maïs et au soja ; parmi les trois marchés de blé considérés, c'est le blé à Kansas City qui a clairement gouverné la hausse à partir de l'automne 2007 (Figure 5.5.1).
- Lors de la baisse de 2008, c'est également le blé qui a été le leader au sein du complexe des grains, le blé à Chicago (négocié de la façon la plus liquide donc probablement liquidé en premier par les investisseurs en besoin de liquidité) étant leader au sein des trois marchés de blé (Figure 5.5.2).
- Lors de la hausse de 2010, c'est le blé qui a été leader pendant l'été (probablement des suites de la sécheresse en Russie) puis le blé a été rattrapé par les deux autres grains (Figure 5.5.3a); c'est cette fois le blé Euronext qui a été leader au sein du complexe des marchés de blé, le blé à Chicago se montrant très en retard par rapport aux deux autres marchés (Figure 5.5.3b). Ceci peut s'expliquer par le fait que le choc d'offre, venu d'Europe, s'est d'abord propagé au marché de blé américain le plus proche géographiquement de l'export vers le reste du monde.
- La hausse de 2012 a été guidée par le blé américain, suite aux problèmes de sécheresse dans le Midwest américain (Figure 5.5.4)
- La baisse de 2012-2014 a été guidée par le maïs et, dans le cas du complexe des trois marchés de blé, par le blé à Chicago (Figure 5.5.5).

Ainsi, le blé est souvent leader des hausses et baisses extrêmes. Ce fut le cas de tous les épisodes extrêmes considérés dans ce rapport sauf la baisse de 2012-2014 (drivée par le maïs).

La Figure 5.5.7 révèle une relation stable entre les prix spot du blé et du maïs aux Etats-Unis. Cette relation est plus forte et plus stable quand les prix sont exprimés en logarithme. Des relations de même nature unissent le blé au soja et le soja au maïs.

Sur la Figure 5.5.8, on peut observer les écarts aux relations de long terme entre les trois paires de marchés de grains et sur la Figure 5.5.9 l'écart relatif entre blé américain (Golfe) et blé français (Rouen).

On observe ainsi que les écarts relatifs entre grains et entre zones sont souvent résorbés à l'occasion de gros mouvements de prix ultérieurs :

- Une survalorisation du maïs par rapport au soja et au blé a précédé la hausse extrême de 2007 (drivée par le blé).

- La hausse de 2007 (drivée par le blé américain) a également été précédée d'une nette survalorisation du blé français par rapport au blé américain.
- Une survalorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé le mouvement de baisse de 2008 (drivé par le blé).
- La baisse de 2008 (drivée par le blé américain) et la hausse de 2010 (drivée par le blé français) ont suivi une nette survalorisation du blé américain par rapport au blé français.
- Une sous-valorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé la hausse extrême de 2012 (drivée par le blé).
- Une nette survalorisation du maïs a précédé la baisse des trois grains tirée par le maïs en 2013.

En observant la Table 5.5.1, on conclut que le blé joue un rôle leader dans le complexe des grains, une observation en phase avec les comportements observés lors des épisodes extrêmes. En effet, le prix du maïs et du soja sont prédits par l'écart de valorisation par rapport au blé tandis que le blé y est insensible. Nous avons tenté de quantifier la force de cet effet lors de la hausse de 2007, où l'écart de valorisation entre blé et autres grains a atteint des valeurs historiquement très élevées (Figure 5.5.8). Les résultats sont représentés Figures 5.5.10a et 5.5.10b : les effets de correction inter-grains sont susceptibles d'expliquer une grande partie des hausses du soja et du maïs en 2007.

En ce qui concerne la relation blé américain/blé français, le modèle à correction d'erreur identifie le blé français comme leader des variations à long terme (Table 5.5.2).

Synthèse de la partie V.5

Le blé est souvent leader des hausses et baisses extrêmes. Ce fut le cas de tous les épisodes extrêmes considérés dans ce rapport sauf la baisse de 2012-2014 (drivée par le maïs). Le blé est également leader au niveau statistique global au sein du complexe des trois grains. Au niveau géographique, le blé français est identifié comme leader au niveau statistique bien que tous les épisodes extrêmes (hormis la hausse de 2010) aient été drivés par le blé américain.

Les mouvements de prix extrêmes ont été systématiquement précédés d'écarts relatifs importants entre grains et entre zones :

- Une survalorisation du maïs par rapport au soja et au blé a précédé la hausse extrême de 2007 (drivée par le blé).
- La hausse de 2007 (drivée par le blé américain) a également été précédée d'une nette survalorisation du blé français par rapport au blé américain.
- Une survalorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé le mouvement de baisse de 2008 (drivé par le blé).
- La baisse de 2008 (drivée par le blé américain) et la hausse de 2010 (drivée par le blé français) ont suivi une nette survalorisation du blé américain par rapport au blé français.
- Une sous-valorisation du blé par rapport au soja et au maïs a précédé la hausse extrême de 2012 (drivée par le blé).
- Une nette survalorisation du maïs a précédé la baisse des trois grains tirée par le maïs en 2013.

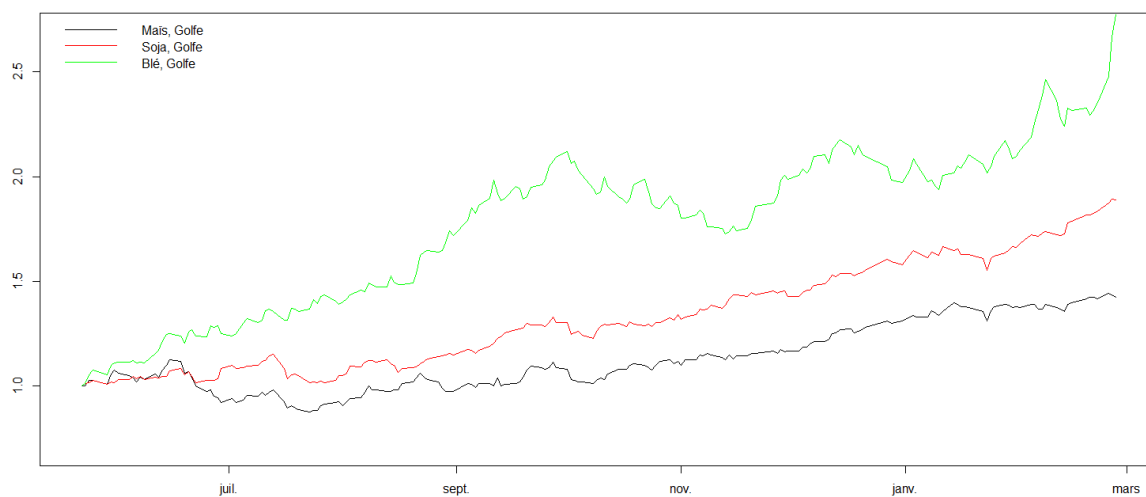


Figure 5.5.1a : Prix spot des trois grains normalisés à 1 au début de la hausse de 2007.

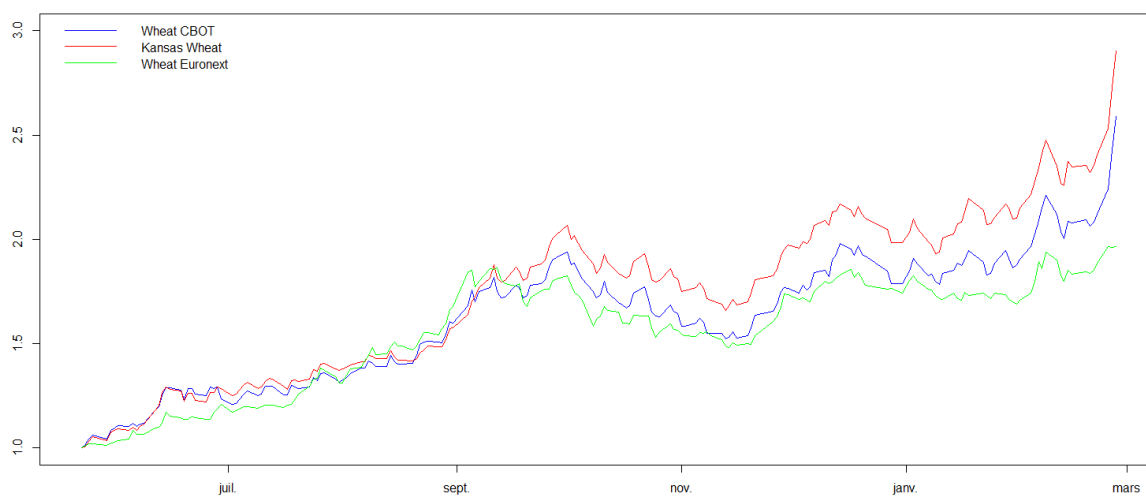


Figure 5.5.1b : Prix first-nearby des trois marchés de blé (« roulés ») normalisés à 1 au début de la hausse de 2007.



Figure 5.5.2a : Prix spot des trois grains normalisés à 1 au début de la baisse de 2008.

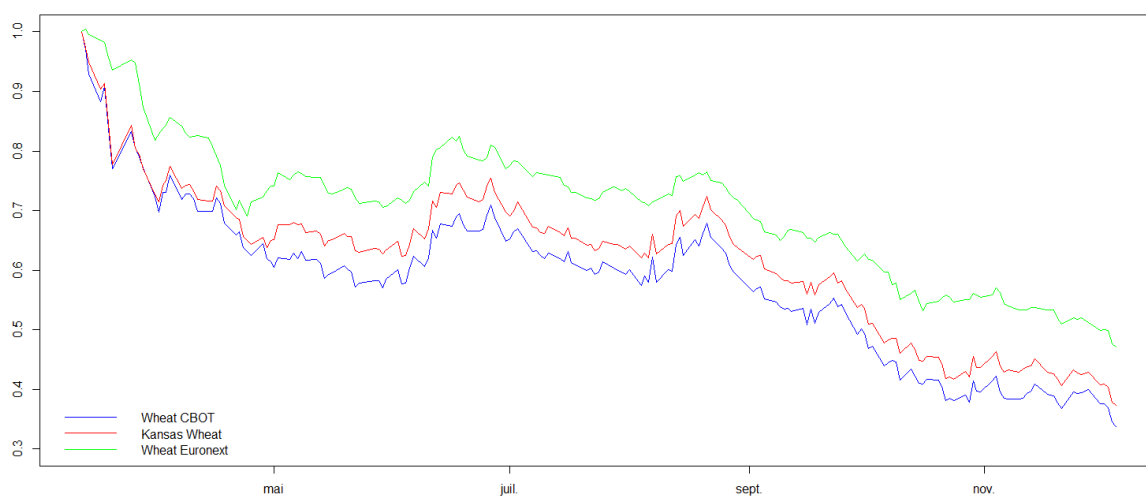


Figure 5.5.2b : Prix des trois marchés du blé (« roulés ») normalisés à 1 au début de la baisse de 2008.



Figure 5.5.3a : Prix spot des trois grains normalisés à 1 au début de la hausse de 2010.

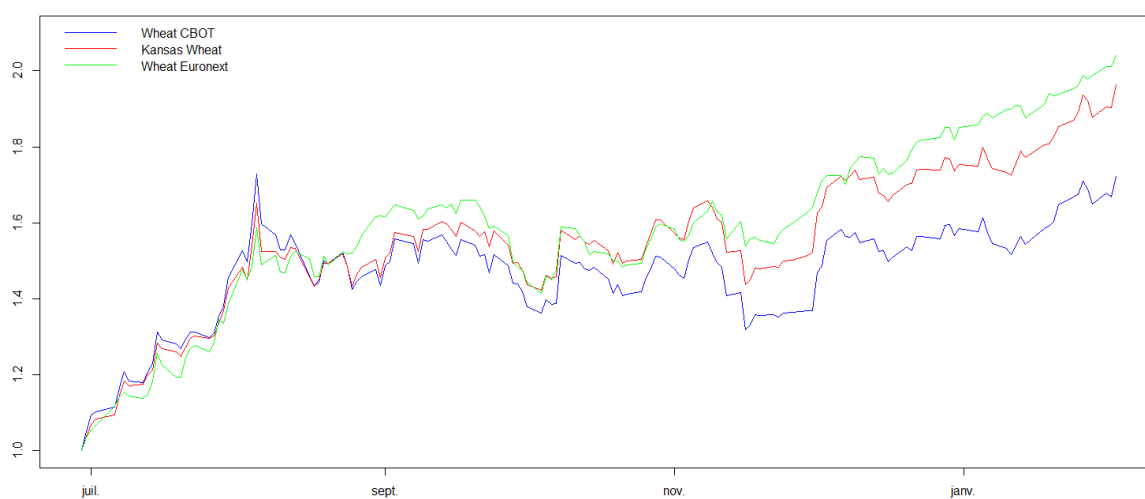


Figure 5.5.3b : Prix des trois marchés de blé (« roulés ») normalisés à 1 au début de la hausse de 2010.

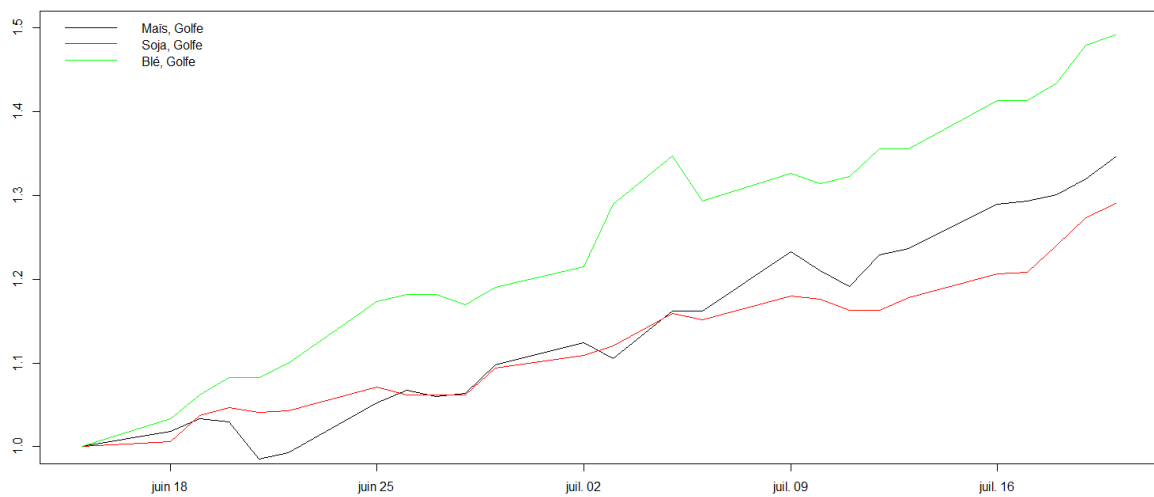


Figure 5.5.4a : Prix spot des trois marchés de grains normalisés à 1 lors de la hausse de 2012.

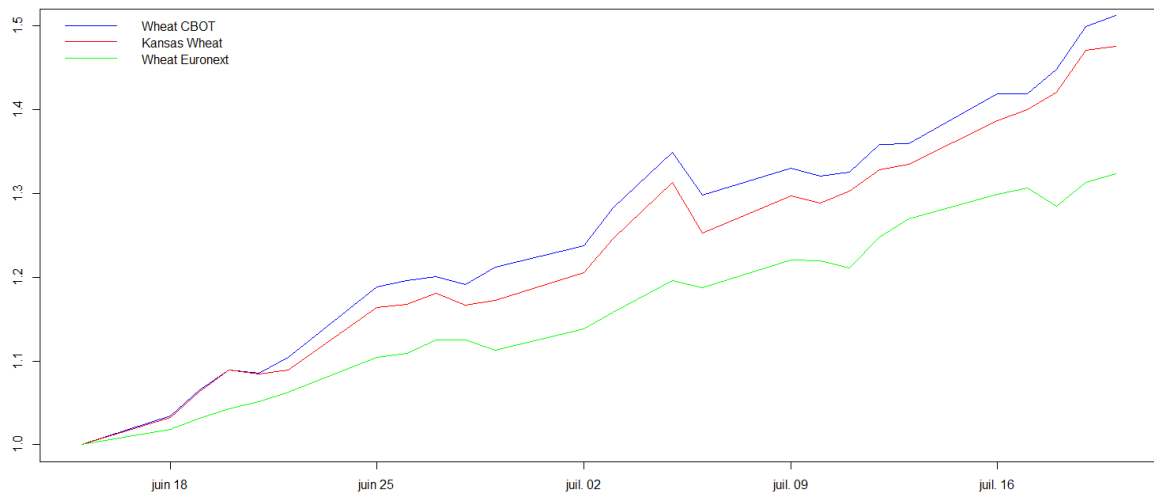


Figure 5.5.4b : Prix first-nearby des trois marchés de blé normalisés à 1 lors de la hausse de 2012.

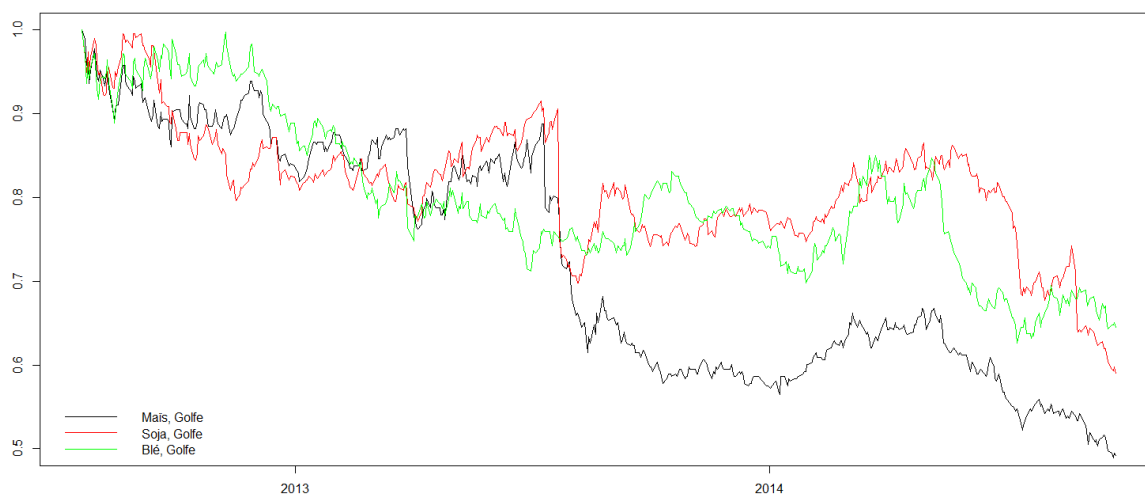


Figure 5.5.5a : Prix des trois marchés de grains normalisés à 1 lors de la baisse de 2012-2014.

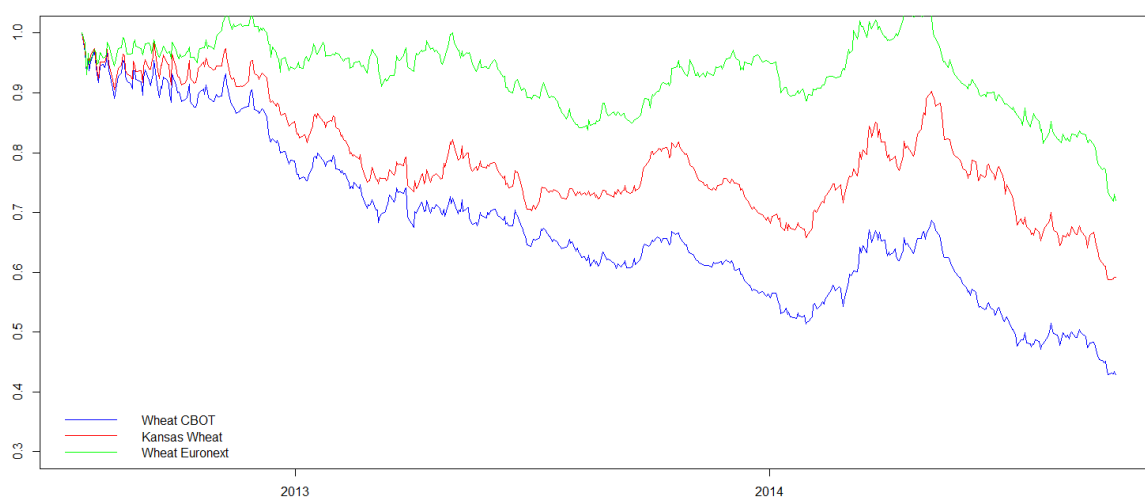


Figure 5.5.5b : Prix first-nearby « roulés » des trois marchés de blé normalisés à 1 lors de la baisse de 2012-2014.

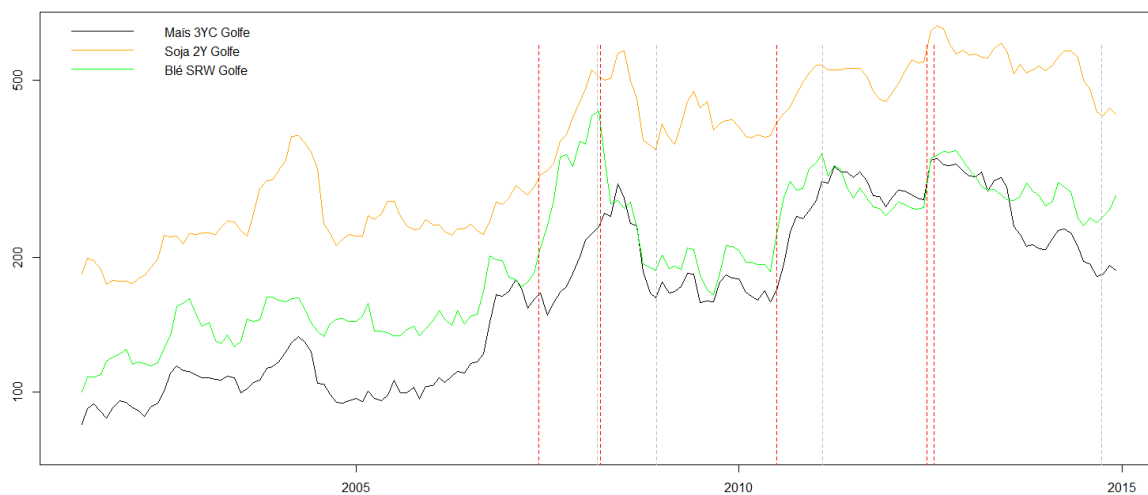
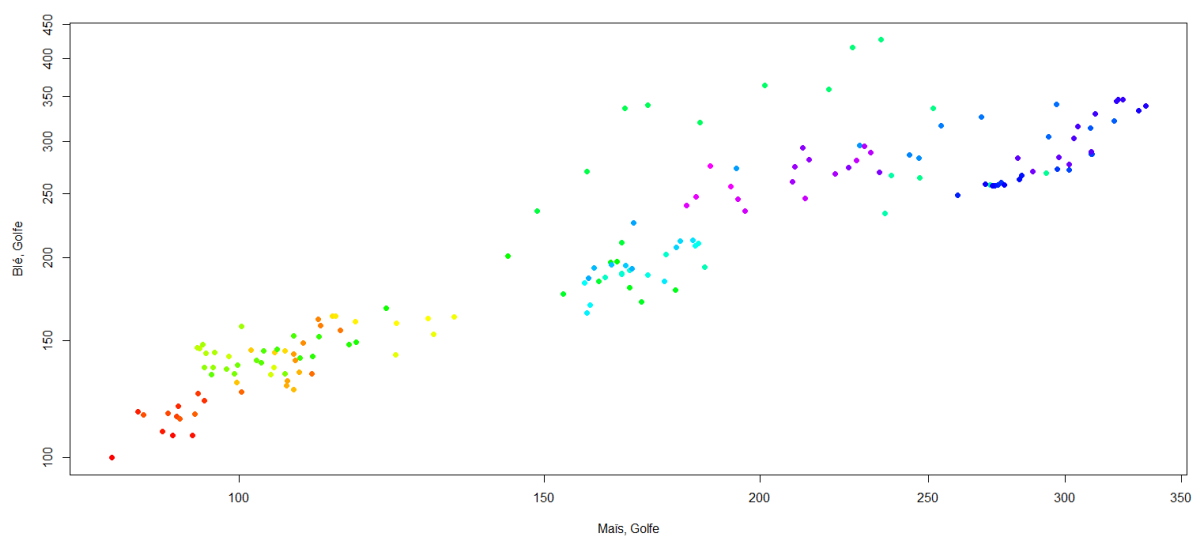


Figure 5.5.6 : Prix du blé (prix spot SRW Golfe), prix du maïs (spot 3YC Golfe) et prix du soja (spot 2Y Golfe) en dollars par tonne (échelle logarithmique). Les prix spot mensuels sont calculés en faisant la moyenne des prix spot journaliers.



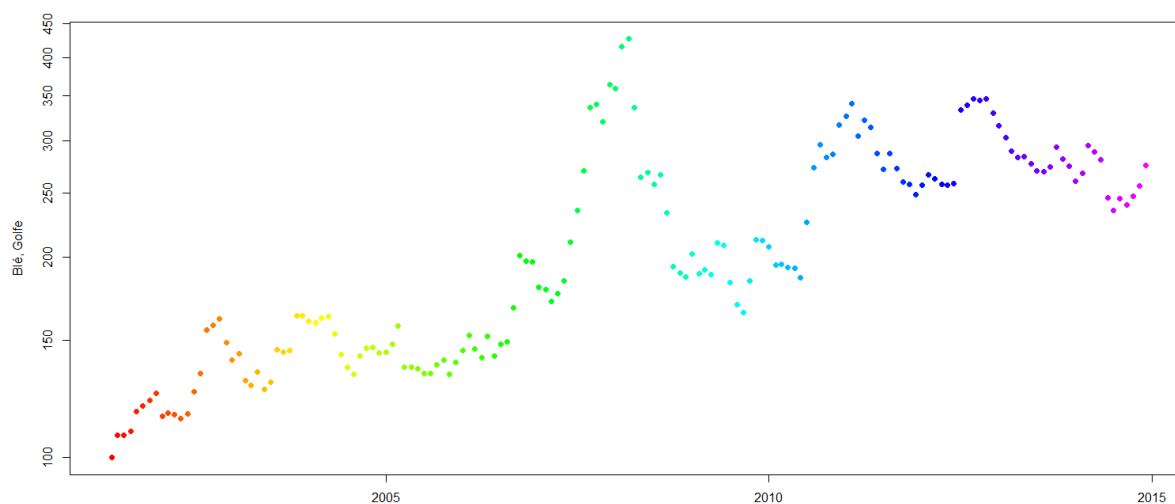


Figure 5.5.7 : Prix spot du blé SRW, Golfe du Mexique en \$/ton contre prix du maïs, Golfe du Mexique (graphique du haut). Les deux axes sont en échelle logarithmique. Le code couleur est représenté sur le graphique du bas.

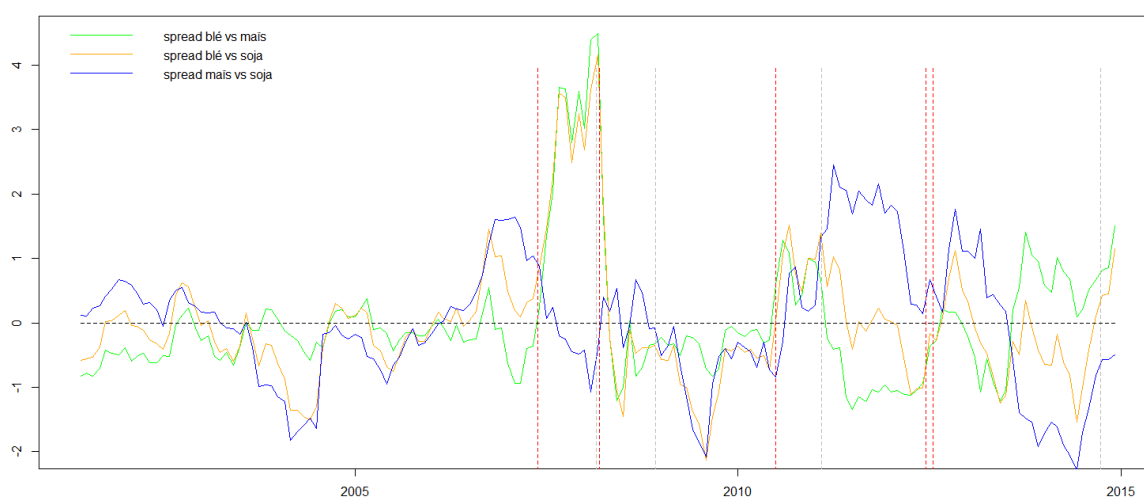


Figure 5.5.8 : Résidus de la régression des prix du blé (prix spot SRW Golfe) en log sur les prix du maïs (spot 3YC Golfe) en log. Les résidus sont normalisés en variable centrée réduite. Les résidus des régressions du blé sur le soja (spot 2Y Golfe) et du maïs sur le soja sont également représentés. Les lignes verticales indiquent les cinq mouvements extrêmes introduits précédemment. Le pas de temps utilisé pour les régressions et le graphe est mensuel (les prix spot sont calculés chaque mois en faisant la moyenne des prix spot journaliers).

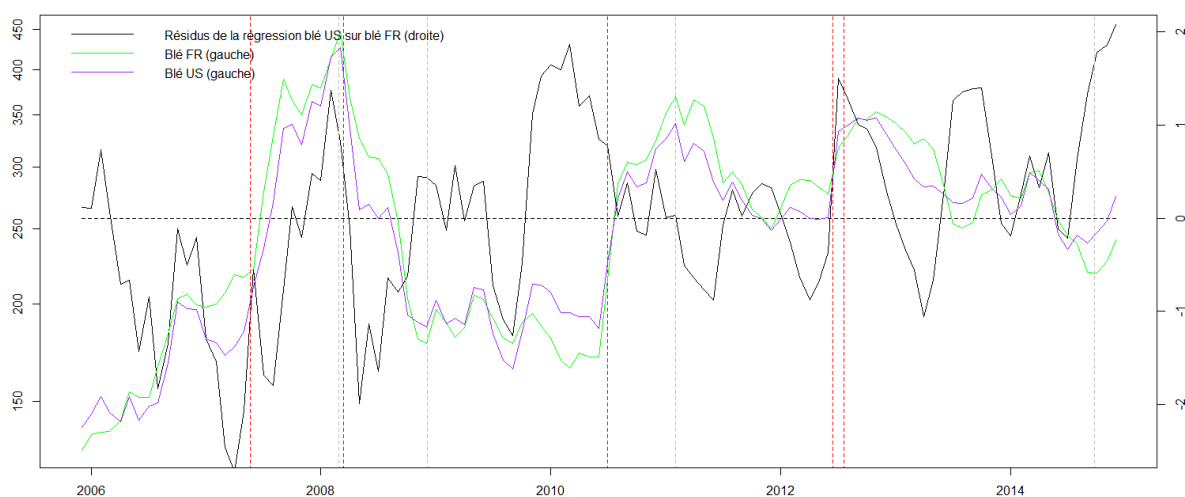


Figure 5.5.9: Résidus de la régression des prix du blé américain (prix spot SRW Golfe) en log sur les prix du blé français (prix spot Rouen) en log. Les résidus sont normalisés en variable centrée réduite. Les lignes verticales indiquent les cinq mouvements extrêmes introduits précédemment. Le pas de temps utilisé est mensuel.

Blé vs Maïs				Blé vs Soja			
		Delta Blé	Delta Maïs			Delta Blé	Delta Soja
Delta Blé t-1	Coeff	0.35***	0.091	Delta Blé t-1	Coeff	0.30***	-0.031
	Std	0.091	0.0075		Std	0.087	0.069
Delta Maïs t-1	Coeff	-0.11	0.13	Delta Soja t-1	Coeff	-0.00067	0.29
	Std	0.10	0.084		Std	0.099	0.078
Résidus	Coeff	-0.0088	0.016***	Résidus	Coeff	-0.0083	0.018***
	Std	0.0060	0.0050		Std	0.0060	0.0048
Obs.		161	161	Obs.		161	161
Adj.R ²		7.1%	11.4%	Adj.R ²		6.3%	16.5%

Maïs vs Soja			
		Delta Maïs	Delta Soja
Delta Maïs t-1	Coeff	0.14	0.074
	Std	0.10	0.10
Delta Soja t-1	Coeff	0.14	0.27
	Std	0.10	0.098
Résidus	Coeff	-0.0015	0.0090**
	Std	0.0049	0.0047
Obs.		161	161
Adj.R ²		4.5%	11.6%

Table 5.5.1 : Modèles à correction d'erreur (VECM) sur les trois paires de prix spot de grains (Golfe) avec un pas mensuel (voir Annexe 4). Les données vont de juin 2001 à décembre 2014. Code de significativité: "*" significatif à 10%, "**" significatif à 5%, "***" significatif à 1%.

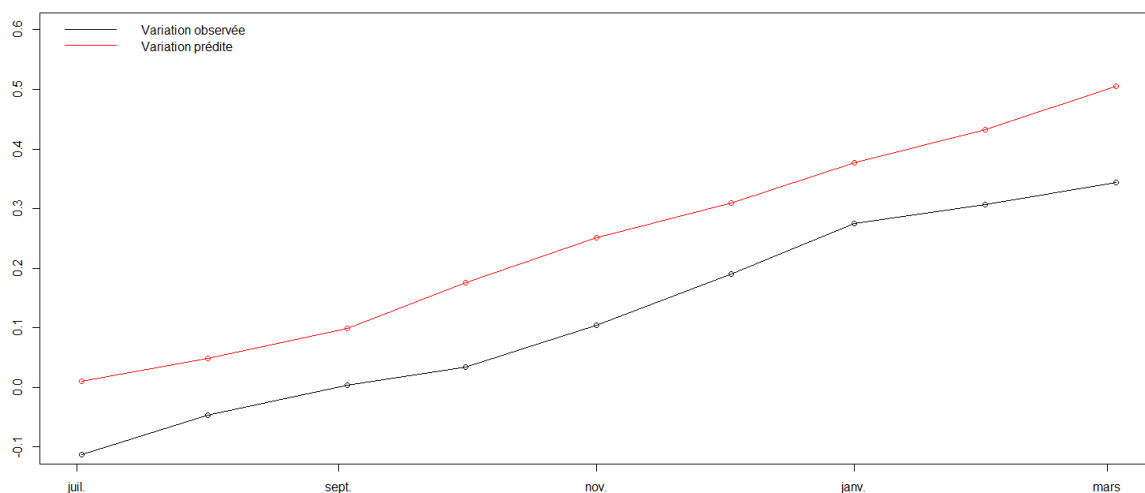


Figure 5.5.10a : Prédiction des mouvements (log variations) du maïs lors de la hausse de 2007 à partir du modèle à correction d'erreur de la Table 5.5.1 (en ne retenant que la variable de résidu, qui est la seule explicative). Les variations du maïs sont prédites pour le mois suivant à partir de l'observation des prix du maïs et du blé le mois passé.

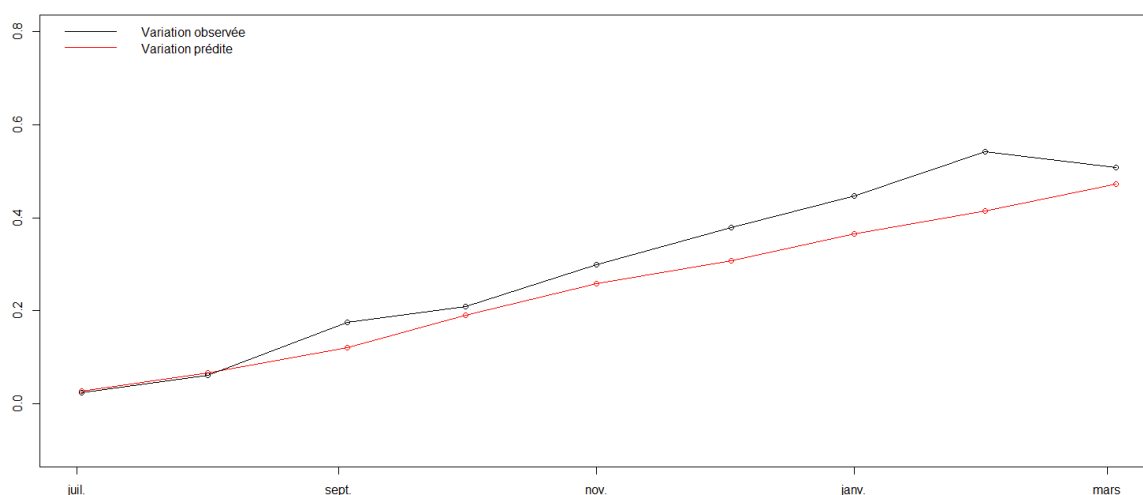


Figure 5.5.10b : Prédiction des mouvements (log variations) du soja lors de la hausse de 2007 à partir du modèle à correction d'erreur de la Table 5.5.1 (en ne retenant que la variable de résidu, qui est la seule explicative). Les variations du soja sont prédites pour le mois suivant à partir de l'observation des prix du maïs et du blé le mois passé.

Delta Blé US Delta Blé FR			
Delta Blé US t-1	Coeff	0.15	-0.00076
	Std	0.17	0.16
Delta Blé FR t-1	Coeff	0.24	0.46***
	Std	0.17	0.16
Résidus	Coeff	-0.016*	0.00084
	Std	0.0081	0.0074
Obs.		107	107
Adj.R ²		12.66%	19.02%

Table 5.5.2 : Modèles à correction d'erreur sur la paire Blé US vs Blé Rouen (voir Annexe 4). Les prix du blé français sont convertis en dollars/tonne. Le pas de temps est mensuel. Les données vont de janvier 2006 à décembre 2014. Code de significativité: "*" significatif à 10%, "***" significatif à 5%, "****" significatif à 1%.

VI) Analyse détaillée des épisodes extrêmes à travers l'information apportée par les stocks

La première variable clé intervenant dans la formation des prix est l'information relative à l'offre et la demande de grains, et en particulier aux stocks de fin de campagne.

Vers le 12 de chaque mois, l'USDA fournit, pour chaque type de grain, les anticipations de production, de demande et de stocks physiques de fin de campagne (voir Annexe 5). Ces données nous permettent de suivre mois par mois la perception par le marché de l'équilibre à moyen terme entre l'offre et la demande physiques.

Le stock-to-use sera défini comme le ratio de la prévision de stocks de fin de campagne sur la prévision de consommation totale (incluant les exports quand il s'agit de données au niveau des Etats-Unis uniquement). Nous utilisons les prévisions relatives aux campagnes $n/n+1$ publiées entre les mois de mai de l'année n et avril de l'année $n+1$ (voir Annexe 5). La série des stock-to-use présente donc une discontinuité chaque mois de mai : au mois de mai de l'année $n+1$, on passe de prévisions se rapportant à la campagne $n/n+1$ à des prévisions se rapportant à la campagne $n+1/n+2$.

Le modèle Vector AutoRegressive (VAR), présenté en Annexe 3 et estimé Table 6.3 avec un pas de temps mensuel (correspondant aux publications de l'USDA), identifie un pouvoir prédictif des variations de prix³³ sur les révisions de stocks futures de l'USDA, mais pas de pouvoir prédictif des révisions de stocks de l'USDA sur les variations de prix futures.

On peut tirer deux conclusions de cette analyse:

- l'information publique fournie par l'USDA est en retard par rapport à l'information privée dont disposent certains intervenants du marché et qui est donc intégrée précocement dans les prix de marché
- les prix de marché incorporent immédiatement l'information fournie par l'USDA, une observation en ligne avec la littérature récente³⁴

Analysons maintenant la façon dont les cinq épisodes extrêmes identifiés précédemment peuvent être expliqués et prédits par les révisions des niveaux de stocks.

Nous constatons que, dans la plupart des cas, les mouvements extrêmes se sont bien accompagnés d'anticipations de stocks de fin de campagne de direction opposée (Figures 6.1 à 6.5). Ainsi, dans le cas de la hausse de 2010, le stock-to-use de fin de campagne moyen des trois grains (maïs, blé, soja) a été revu à la baisse de 24% à 14% aux Etats-Unis et de 24% à 21% au niveau mondial. La hausse de 2007 se caractérise par le fait qu'elle s'est déroulée dans un contexte de niveaux de stocks bas aux niveaux américain et mondial³⁵. En effet, la hausse de 2010 s'est déroulée dans un contexte de stocks élevés (aussi bien au niveau mondial qu'aux Etats-Unis) et la flambée de 2012 a suivi des stocks proches de leur moyenne historique aux Etats-Unis mais relativement élevés au niveau mondial. On remarque néanmoins le niveau faible des stocks de soja avant la hausse de 2012. Quant aux baisses de 2008 et 2012-2014, elles se sont paradoxalement déroulées dans un contexte de stocks bas (ayant immédiatement suivi des épisodes de montées des prix accompagnées de forte contraction des stocks). Enfin, on note la forte corrélation entre les niveaux de stocks des trois grains (Figure 6.1), une

³³ Les variations de prix mensuelles sont calculées entre les jours ouvrés suivant immédiatement la publication du rapport USDA.

³⁴ Lehecka, G. V., Wang, X., & Garcia, P. (2014). Gone in Ten Minutes: Intraday Evidence of Announcement Effects in the Electronic Corn Futures Market. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 36(3), 504-526.

³⁵ Le soja fait figure d'exception, affichant un niveau de stock-to-use proche de 30% au niveau mondial avant la flambée de 2012.

observation qui confirme la corrélation positive observée entre les spreads calendaires sur les trois marchés (voir section V.1).

Sur la Table 6.1, on observe que les mouvements de prix des trois grains individuels sont presque toujours mieux expliqués par les données de stock-to-use aux Etats-Unis que par celles au niveau mondial. Par exemple, le R^2 de la régression des variations de prix du maïs à Chicago sur variations de stock-to-use baisse de 29% à 18% quand on utilise comme variable explicative les stocks mondiaux au lieu des stocks américains de maïs. La seule exception est le soja, où les stocks mondiaux sont les plus explicatifs.

Dans ce qui suit, nous nous concentrerons sur les données de stock-to-use américains. Choisisant les données de stocks américaines, l'horizon semestriel est celui où variations de stocks et de prix se comportent de la façon la plus corrélée (Table 6.2).

Examinons à présent le pouvoir explicatif des variations des prévisions de stocks sur les variations de prix lors des cinq épisodes extrêmes identifiés précédemment (Figures 6.6 à 6.20), en utilisant un modèle linéaire à paramètres constants pour représenter la réaction des prix à l'information sur les stocks :

- Bien que la révision négative du stock-to-use ait été effectivement importante en 2007 (mouvement de 1.4 écart-type), elle n'explique qu'environ 40% de la hausse des prix agricoles sur la période considérée (la variation observée est de 55%, et la variation prédite par la régression linéaire est de 23% seulement).
- La variation du stock-to-use de 2008 n'explique que 30% de la baisse des prix agricoles observée (baisse prédite de 16% contre baisse observée de 54%). Cet événement est celui où l'écart à la droite de régression est le plus important depuis 1995.
- La hausse de 2010 est expliquée à environ 60% par les révisions de stocks, ceux-ci prédisant une hausse de 33% contre une hausse réalisée de 56%. Il est à noter que la révision de stocks de 2010 est particulièrement violente, représentant un mouvement de 2.6 écart-types (de loin la plus forte révision négative observée depuis 1995).
- La hausse de 2012 n'est expliquée que pour 25% par les révisions de stocks (5% expliquée contre 20% de hausse observée).
- La baisse de 2014 est expliquée à environ 50% par les révisions de stocks (mais à environ 75% si l'on fait intervenir les stocks mondiaux ou ceux des grands pays exportateurs). On note que la baisse du maïs est parfaitement expliquée par les révisions de stocks du maïs tandis que celle du blé l'est nettement moins bien. Quant au soja, sa hausse sur la période s'est produite dans un sens contraire à celui prédit par les révisions de stocks.

Pour mieux comprendre la façon dont l'information sur les stocks a été incorporée au cours des cinq périodes, nous avons représenté Figures 6.12 à 6.20 les mouvements de prix qui auraient été prédits par les révisions de stocks mensuelles successives au sein des cinq périodes. Nous utilisons toujours un modèle linéaire à coefficients constants pour représenter la réponse des prix aux révisions mensuelles de stocks.

En ce qui concerne la hausse de 2007, on observe une plus grande sensibilité des prix à l'information sur les stocks de novembre 2007 à février 2008 par rapport au modèle linéaire simple. La hausse du prix du soja peut bien s'expliquer par l'information relative aux stocks américains. La hausse des prix du maïs est totalement inexplicable par les anticipations de stocks.

La baisse de 2008, quant à elle, voit une hypersensibilité des prix aux révisions de stocks en septembre et octobre 2008, précisément au paroxysme de la crise financière.

Concernant la hausse de 2010, les prix ont été globalement assez fidèles à l'évolution des stocks, avec une sensibilité extrême lors de la révision à la baisse des stocks intervenue en novembre 2010. Concernant les marchés de grains individuels, on observe bien une réponse très forte des prix à l'information sur les stocks, notamment sur le maïs.

La hausse de 2012 a été marquée également par une hypersensibilité des prix par rapport à l'information sur les stocks.

Enfin, la déconnexion prix/stocks est également très nette lors de la baisse de 2012-2014, en particulier lors de l'été 2013. Lors de l'été 2014, les révisions de stocks se déroulent bien de façon symétrique aux variations de prix avec une sensibilité prix/stocks importante.

Les déviations à la relation linéaire prix/stocks (à coefficients constants) sont présentées à la Table 6.4, qui appelle plusieurs commentaires :

- La seule déviation notable observée au cours de la décennie 1995-2005 est celle de mai-novembre 96 (-2 écarts-types).
- Les principaux épisodes de décrochage prix/stocks observés sont les suivants :
 - o Année 2006 (déviation de 2 écart-types), et plus spécifiquement premier semestre 2006 (2.2 écart-types): les prix montent (+30%) alors que les stocks ne bougent pas
 - o Second semestre 2007-début 2008 (déviation de 2.5 écart-types) : les prix montent de 40%, le ratio stock-to-use ne baissant que de 3%
 - o Second semestre 2008 (déviation de -3 écart-types) : les prix baissent de 50%, les stocks ne montant que de 4% ; le mois de septembre-octobre 2008 se distingue avec une déviation de -4.2 écart-types, marquée par une baisse des prix de 26% et une hausse des stocks de seulement 2%
 - o Année 2009 (2.7 écart-types), et plus spécifiquement premier semestre 2009 (déviation de 2.1 écart-types) : montée simultanée des stocks (+8%) et des prix (+21%).
 - o Second semestre 2010 (déviation de 2 écart-types) : les prix montent de 50%, les stocks ne baissant que de 8%
 - o Été 2012 (déviation de 2.8 écart-types) : les prix montent de 20%, les stocks ne baissant que de 2%
 - o Année 2013 (déviation de -2.65 écart-types), et plus spécifiquement second semestre 2013 (déviation de -2.3 écart-types) : les prix baissent (-30%) en même temps que les stocks (-4%)
 - o Mai-Juin 2014 (déviation de -2.2 écart-types) : les prix baissent de 13%, les stocks augmentant peu (+1%)

Pour détecter en temps réel les ruptures dans la relation prix/stocks, nous avons réappliqué le canevas expliqué en V.1, cette fois dans le contexte de la relation prix/stocks. Comme la variable de « stock-to-use » utilisée dans ce rapport présente une discontinuité au passage du mois de mai de chaque année, nous construisons une variable « d'information de stocks » continue, calculée comme le cumul des révisions mensuelles depuis la date de départ (en supposant les révisions nulles au mois de mai). Puis, nous menons des régressions des prix (en logarithmes) sur la variable de stocks sur des fenêtres glissantes 24 mois et calculons la somme cumulative des carrés du dernier résidu de la régression. Si la

relation prix/stocks est stable, la somme des carrés du dernier résidu devrait évoluer linéairement avec le temps. Si, au contraire, une rupture intervient dans la relation, les résidus vont subitement devenir plus importants en valeur absolue et la somme des carrés des résidus va soudainement diverger de sa trajectoire linéaire précédente. La relation globale entre prix et stocks est illustrée Figure 6.22, où sont également représentés les principaux mouvements de prix importants depuis 2006. On observe visuellement la grande instabilité de cette relation au cours du temps. Les hausses de 2007, 2010 et 2012 ainsi que la baisse de 2008 se sont déroulées de façon opposée aux stocks (avec des sensibilités variables selon les cas). En revanche, la hausse de 2006, la hausse des stocks de 2009 et la baisse de 2013 ont vu une décorrélation prix/stocks.

Sur la Figure 6.23, on observe 4 ruptures dans la relation prix/stocks, qui correspondent bien aux déconnexions observées précédemment dans la relation entre variations de prix et de stocks :

- La première à partir de février 2006, se prolongeant jusqu'à octobre 2007
- Une seconde à partir d'octobre 2008, jusqu'à la fin 2008
- Une troisième en 2009, jusqu'en février 2010
- Une quatrième en août 2010, jusqu'en avril 2011
- Une cinquième qui se déroule en deux phases : première déconnexion modeste en juillet 2013, jusqu'en janvier 2014, puis une déconnexion plus marquée à partir de juillet 2014

Les approches décrites à travers la Table 6.4 et la Figure 6.23 sont efficaces pour détecter des ruptures dans la relation prix/stocks. Mais elles ne nous informent pas sur l'origine de ces ruptures, qui peuvent provenir de deux phénomènes distincts :

- une augmentation locale de la sensibilité des variations de prix aux révisions de stocks
- de façon opposée, une décorrélation locale entre variations de prix et révisions de stocks

Pour éclairer les causes des ruptures mises en évidence plus haut, nous analysons donc comment la sensibilité des variations de prix aux variations de stocks s'est déformée au cours des dix dernières années.

Les Figures 6.24 à 6.26 permettent de mettre en lumière une augmentation du « beta »³⁶ des variations de prix par rapport aux variations de stocks à partir de 2006 et de comprendre son origine: la corrélation entre variations de prix et de stocks n'a pas globalement augmenté en valeur absolue depuis 2005, c'est le ratio volatilité des prix/volatilité des révisions de stocks qui s'est fortement élevé³⁷. Ce ratio s'est cependant normalisé à la fin de l'année 2014, le beta retrouvant ainsi un niveau plus proche de celui d'avant 2006.

On observe un effondrement de la corrélation prix/stock à partir de 2005 jusqu'au début de la hausse de 2007, puis une nouvelle fois avant la hausse de 2010 et une troisième fois lors de la baisse de l'été

³⁶ Le « beta » se réfère au coefficient de régression des variations de prix sur les variations de stocks.

³⁷ On rappelle que le beta (coefficient de régression) d'une série 1 par rapport à une série 2 se calcule par $\text{beta} = \text{corrélation}(1/2) * \text{écart-type}(1)/\text{écart-type}(2)$.

2013. Ces épisodes de décorrélation entre variations de prix et variations de stocks ont donc précédé trois mouvements extrêmes de prix (2006-2007, 2010, 2014).

Ainsi, les cinq mouvements extrêmes précédents peuvent être analysés de la façon suivante :

- les hausses de 2007 et 2010 et la baisse de 2014 ont suivi une période de décorrélation statistique entre variations de prix et révisions de stocks. Dans les trois cas, le mouvement extrême a été accompagné d'une recorrélation forte entre variations de prix et révisions de stocks.
- la baisse de 2008 et la hausse de 2012 se sont déroulées au contraire au sein d'une période de sensibilité forte des prix aux stocks, les mouvements de septembre-octobre 2008 et de l'été 2012 s'interprétant comme des mouvements moins « anormaux » dans ce contexte particulier (Figure 6.22). La baisse de 2013 a également suivi un épisode de corrélation prix/stock élevée, amenant toutefois une rupture brutale de cette corrélation.

Synthèse de la partie VI

Les hausses de 2010 et 2012 se sont déroulées dans un contexte de stocks normaux ou même élevés. Seule celle de 2007 a suivi des stocks plus bas que leur moyenne historique.

Les révisions de stocks expliquent entre 25% et 50% des mouvements extrêmes des prix agricoles, dans le cadre d'un modèle d'impact linéaire à coefficients constants.

Les « ruptures » dans la relation prix/stocks peuvent être détectées en temps réel par une analyse des résidus de la régression des prix sur les stocks menée sur des fenêtres glissantes. On observe 4 ruptures dans la relation prix/stocks: la première à partir de février 2006, se prolongeant jusqu'à octobre 2007, une seconde à partir de octobre 2008, jusqu'à février 2010, une troisième en août 2010, jusqu'en avril 2011, une quatrième qui se déroule en deux phases : première déconnexion modeste en juillet 2013, jusqu'en janvier 2014, puis une déconnexion plus marquée à partir de juillet 2014.

Une analyse des corrélations glissantes entre variations de prix et révisions de stocks montre que les mouvements de 2007, 2010 et 2014 ont suivi des épisodes de décorrélation entre prix et révisions de stocks (et dans chaque cas, une recorrélation des prix aux stocks s'est opérée lors du mouvement extrême). Les baisses de 2008-2013 et la hausse de 2012 se sont au contraire déroulées au sein d'épisodes de sensibilité accrue des prix aux révisions de stocks.

La sensibilité des prix aux stocks a nettement augmenté à partir de fin 2007 sans retrouver son niveau d'avant 2007.

		Delta Prix Grains	Delta Prix Blé	Delta Prix Maïs	Delta Prix Soja
Delta Stocks Monde	Coeff	-3.85***	-3.90***	-4.40***	-2.49***
	Std	0.58	0.70	0.60	0.37
	Obs.	239	239	239	239
	Adj.R ²	15.5%	11.1%	18.1%	15.9%
Delta Stocks Export	Coeff	-1.46***	-2.70***	-0.21	-1.59***
	Std	0.39	0.62	0.35	0.32
	Obs.	239	239	239	239
	Adj.R ²	5.3%	7.0%	0%	9.2%
Delta Stocks US	Coeff	-2.19***	-1.51***	-3.11***	-1.41***
	Std	0.29	0.24	0.31	0.27
	Obs.	239	239	239	239
	Adj.R ²	18.9%	14.1%	29.1%	9.7%

Table 6.1 : Régressions linéaires des rendements mensuels de différents prix sur les révisions mensuelles USDA de stock-to-use. Les données vont de janvier 1995 à décembre 2014. Les variations de stocks « grains » sont calculées à partir de la moyenne des stock-to-use du maïs, du blé et du soja estimés par l'USDA. On considère successivement les stocks monde, les stocks dans les principaux exportateurs et les stocks aux Etats-Unis. Dans le cas de la régression globale sur les trois grains, on prend la moyenne des trois variations de stocks-to-use individuelles. Les variations de prix correspondent aux log rendements mensuels des contrats first-nearby CBOT « roulés » (Annexe 1) entre les jours ouvrés suivant immédiatement la publication du rapport USDA., sauf le Delta Prix Grains, qui est calculé à partir de l'indice GSCI Agriculture. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

			Delta Prix Grains	Delta Prix Blé	Delta Prix Maïs	Delta Prix Soja
3 mois	Delta Stocks US	Coeff	-3.06***	-2.25***	-4.16***	-2.16***
		Std	0.48	0.38	0.57	0.49
	Obs.		79	79	79	79
	Adj.R²		33.4%	30.2%	40.5%	19.4%
6 mois	Delta Stocks US	Coeff	-2.95***	-2.25***	-4.52***	-2.52***
		Std	0.64	0.50	0.79	0.65
	Obs.		39	39	39	39
	Adj.R²		34.7%	33.6%	45.6%	27.0%
1 an	Delta Stocks US	Coeff	-2.54**	-2.49***	-3.42***	-2.60***
		Std	0.96	0.79	0.90	1.00
	Obs.		19	19	19	19
	Adj.R²		25.0%	33.2%	42.9%	24.3%

Table 6.2 : Régressions linéaires des rendements de différents prix sur les révisions USDA de stock-to-use. Les données vont de janvier 1995 à décembre 2014. Les variations de stocks sont calculées à partir de la moyenne des stock-to-use du maïs, du blé et du soja estimés par l'USDA. On considère ici seulement les stocks aux Etats-Unis. Dans le cas de la régression globale sur les trois grains, on prend la moyenne des trois variations de stocks-to-use individuelles. Les variations de prix correspondent

aux log rendements des contrats first-nearby roulés entre les jours ouvrés suivant immédiatement la publication du rapport USDA., sauf le Delta Prix Grains, qui est calculé à partir de l'indice GSCI Agriculture. On considère successivement des horizons de temps trimestriel, semestriel et annuel pour les régressions. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

		Delta Stocks	Delta Prix
Delta Stocks t-1	Coeff	-0.00086	-0.15
	Std	0.069	0.28
Delta Prix t-1	Coeff	-0.042**	0.049
	Std	0.017	0.070
Obs.		239	239
Adj.R ²		1.91%	0%

Table 6.3 : Calibration du modèle VAR (voir Annexe 3) sur le couple (variation de stocks, variation de prix) avec un pas de temps mensuel. Les données vont de janvier 1995 à décembre 2014. Les variations de stocks sont calculées à partir de la moyenne des stock-to-use du maïs, du blé et du soja aux Etats-Unis estimés par l'USDA. Les variations de prix correspondent aux log rendements mensuels de l'indice GSCI Agriculture entre les jours ouvrés suivant immédiatement la publication du rapport USDA. Le modèle à correction d'erreur (VECM) n'est pas indiqué ici car les séries prix et stocks ne sont pas cointégrées (la série de prix est non stationnaire alors que la série de stock est stationnaire). Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

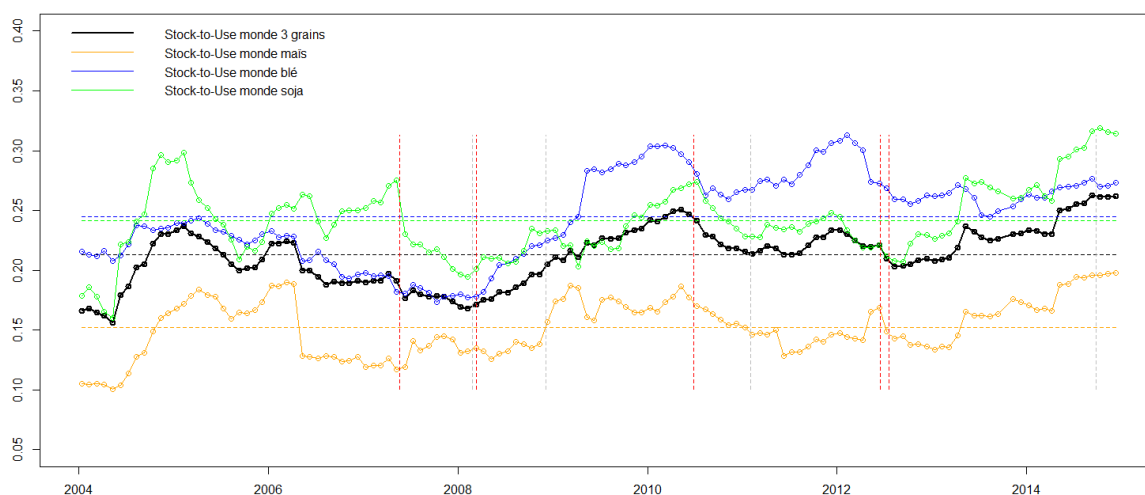


Figure 6.1 : Stock-to-use moyen des trois grains au niveau monde (issu du rapport mensuel USDA). Le stock-to-use « moyen » est calculé comme la moyenne des stock-to-use du maïs, du soja et du blé. Les trois lignes horizontales en pointillé correspondent aux moyennes des trois séries de stock-to-use sur toute la période. Les lignes verticales marquent les débuts (en rouge) et fins (en gris) des cinq mouvements extrêmes identifiés plus haut.

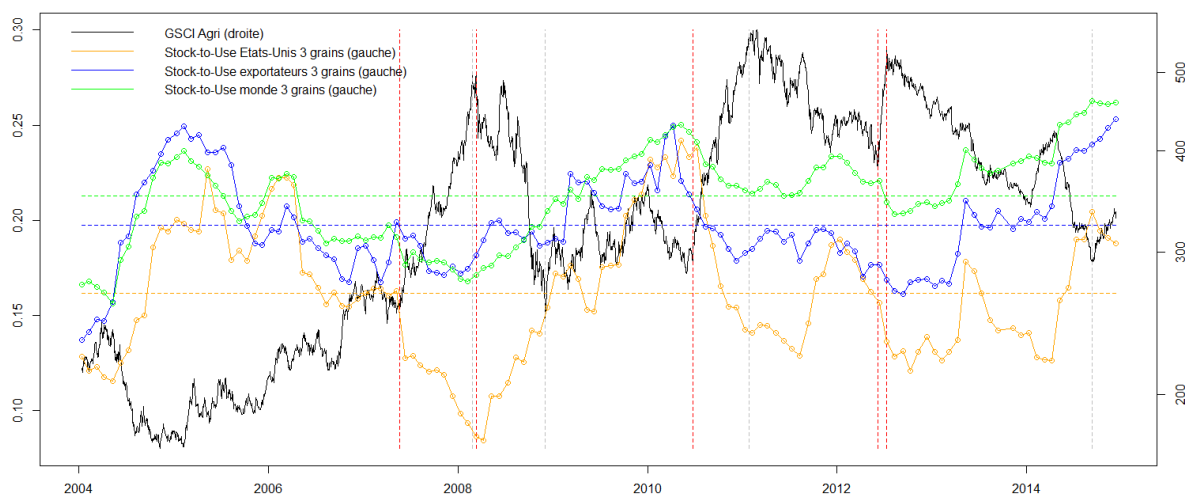


Figure 6.2 : Stock-to-use moyen des trois grains aux niveaux Etats-Unis, principaux exportateurs et monde (issu du rapport mensuel USDA). Le stock-to-use « moyen » est calculé comme la moyenne des stock-to-use du maïs, du soja et du blé. Les trois lignes horizontales en pointillé correspondent aux moyennes des trois séries de stock-to-use sur toute la période.

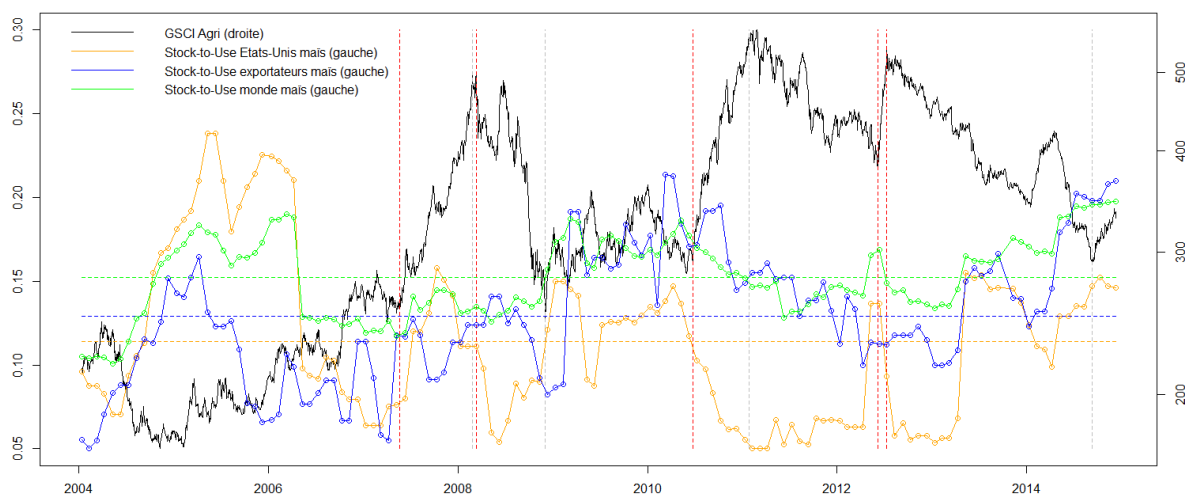


Figure 6.3 : Stock-to-use du maïs aux niveaux Etats-Unis, principaux exportateurs et monde (issu du rapport mensuel USDA). Les trois lignes horizontales en pointillé correspondent aux moyennes des trois séries de stock-to-use sur toute la période.



Figure 6.4 : Stock-to-use du blé aux niveaux Etats-Unis, principaux exportateurs et monde (issu du rapport mensuel USDA). Les trois lignes horizontales en pointillé correspondent aux moyennes des trois séries de stock-to-use sur toute la période.

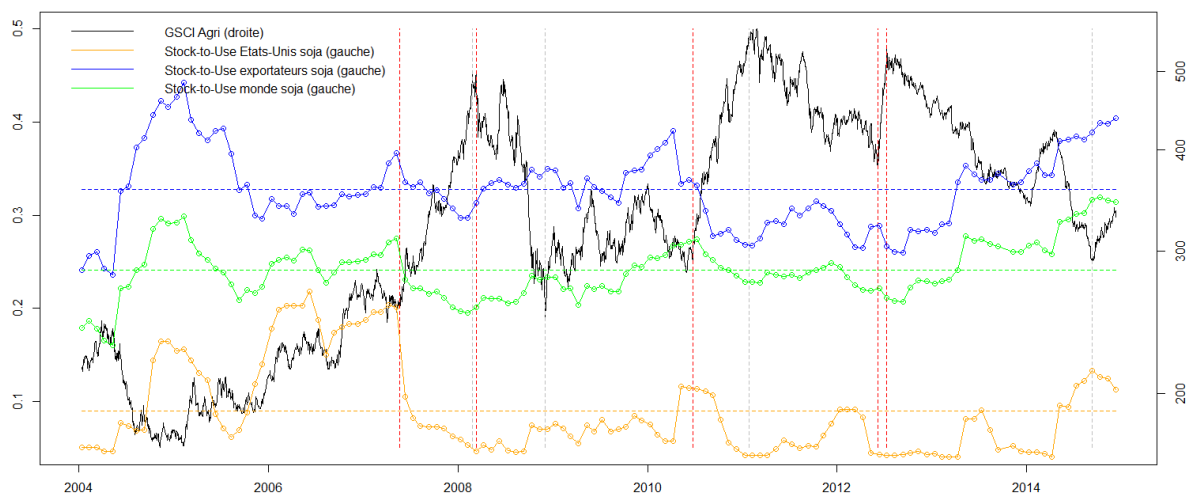


Figure 6.5 : Stock-to-use du soja aux niveaux Etats-Unis, principaux exportateurs et monde (issu du rapport mensuel USDA). Les trois lignes horizontales en pointillé correspondent aux moyennes des trois séries de stock-to-use sur toute la période.

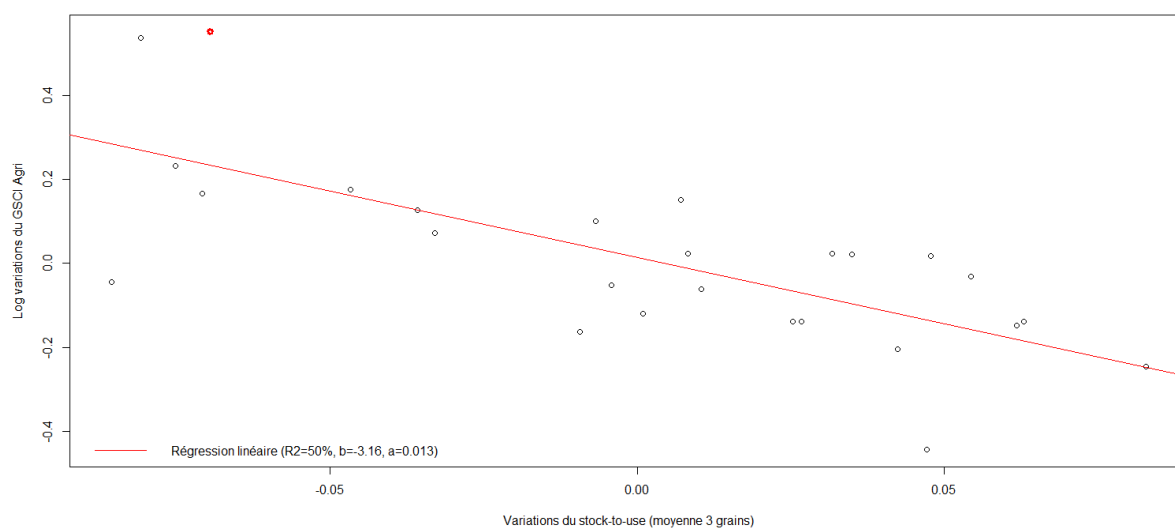


Figure 6.6 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (Etats-Unis) sur une fenêtre de temps égale à celle de la hausse de 2007. Le point rouge en haut à gauche correspond à la hausse de 2007.

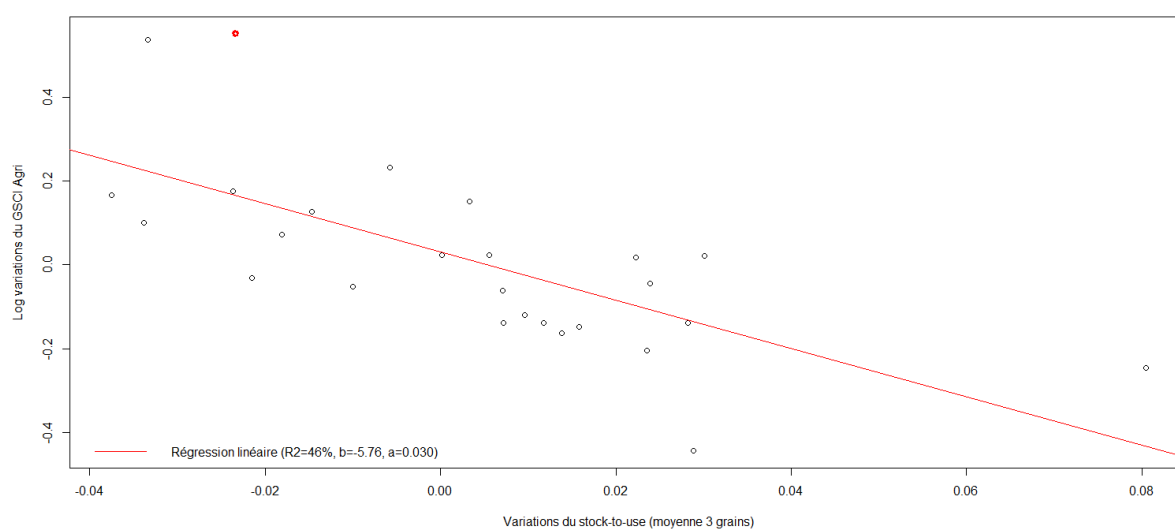


Figure 6.7 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (monde) sur une fenêtre de temps égale à celle de la hausse de 2007. Le point rouge en haut à gauche correspond à la hausse de 2007.

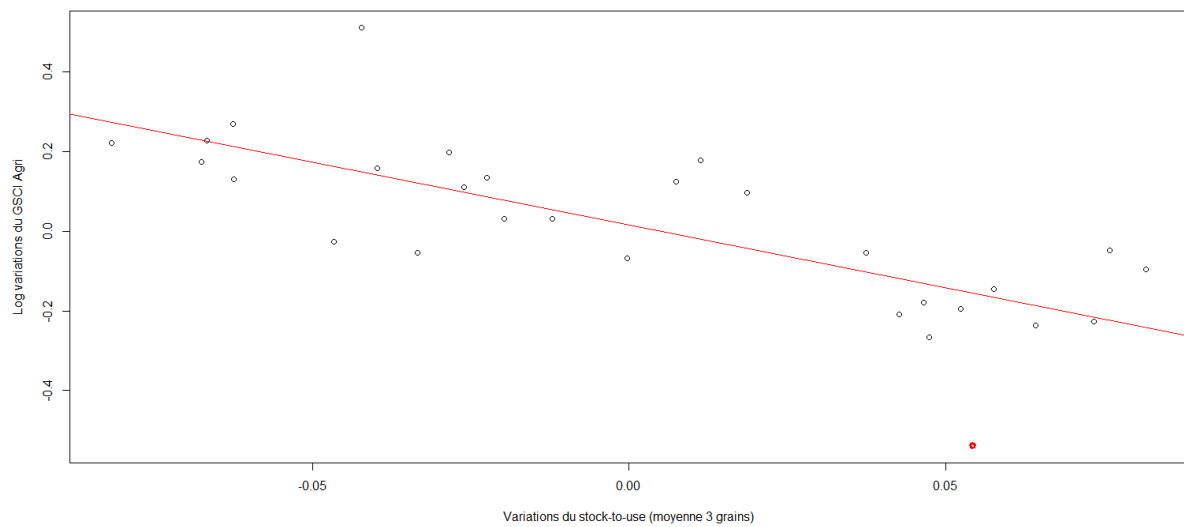


Figure 6.8 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (Etats-Unis) sur une fenêtre de temps égale à celle de la baisse de 2008. Le point rouge en bas à droite correspond à la baisse de 2008.

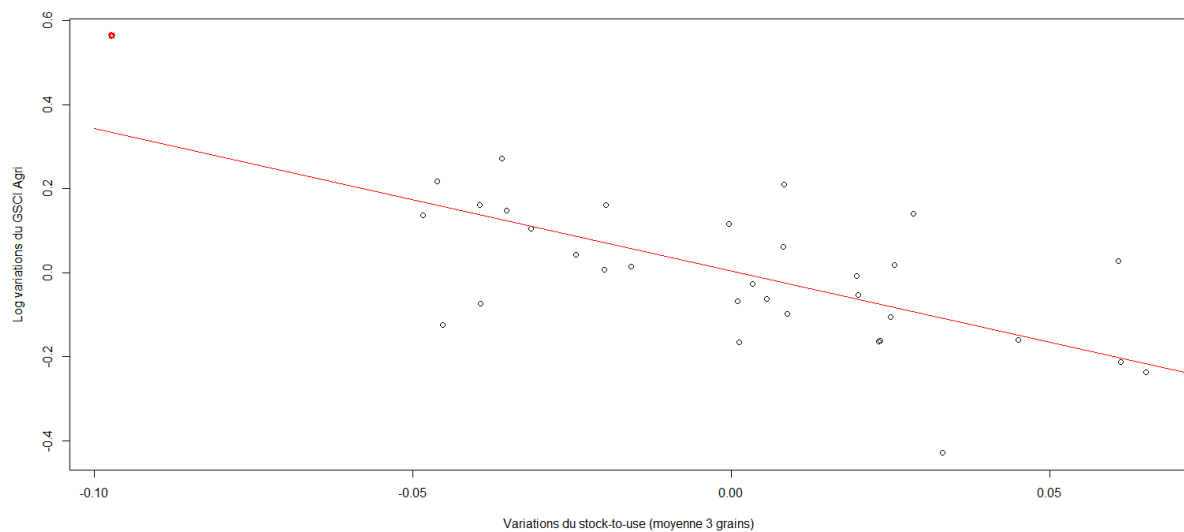


Figure 6.9 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (Etats-Unis) sur une fenêtre de temps égale à celle de la hausse de 2010. Le point rouge en haut à gauche correspond à la hausse de 2010.

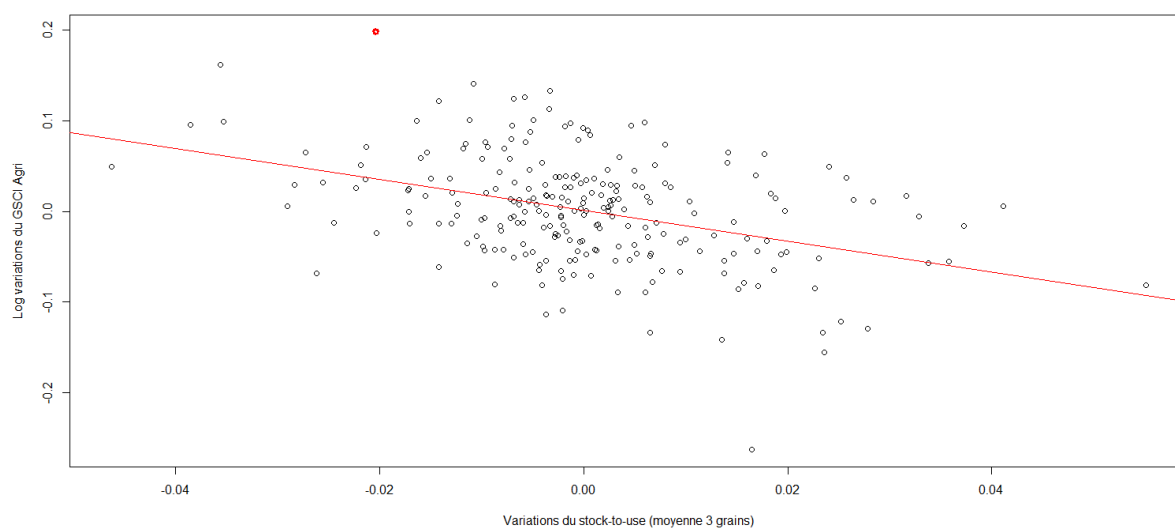


Figure 6.10 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (Etats-Unis) sur une fenêtre de temps égale à celle de la hausse de 2012. Le point rouge en haut à gauche correspond à la hausse de 2012.

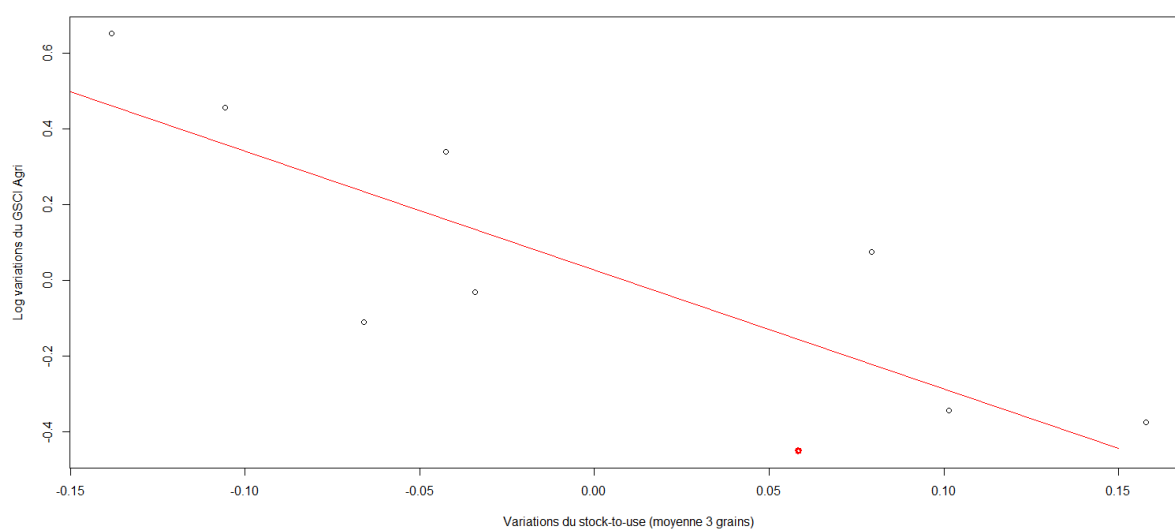


Figure 6.11 : Log variations du GSCI Agriculture contre variations de stock-to-use (Etats-Unis) sur une fenêtre de temps égale à celle de la baisse de 2014. Le point rouge en haut à gauche correspond à la baisse de 2014.

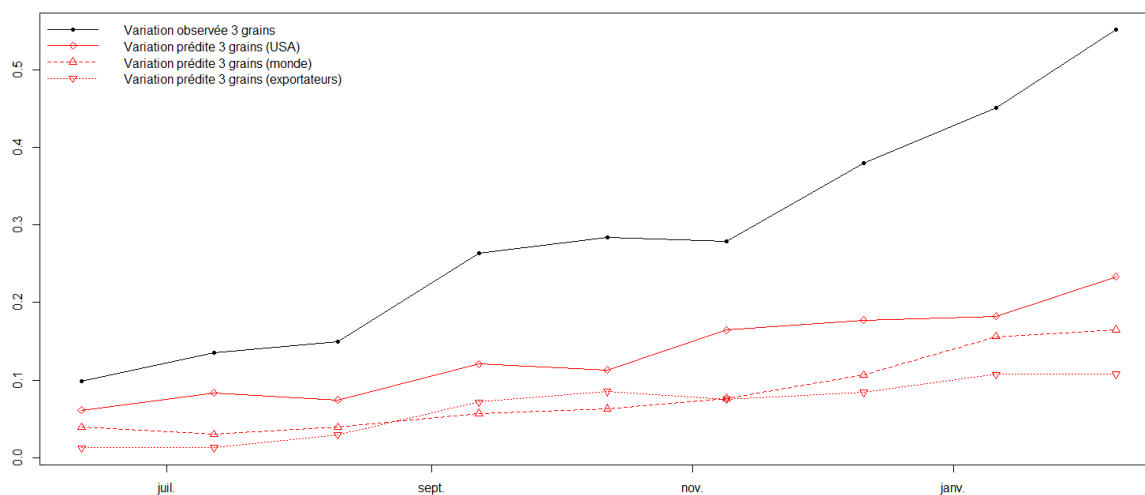


Figure 6.12 : Log variations observée et prédite du GSCI Agriculture par l'information sur les stocks américains lors de la hausse de 2007. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

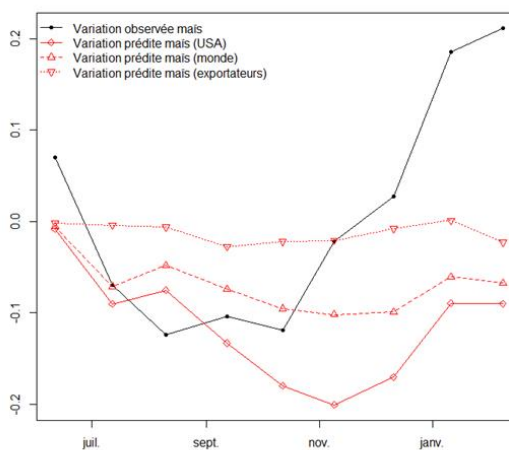
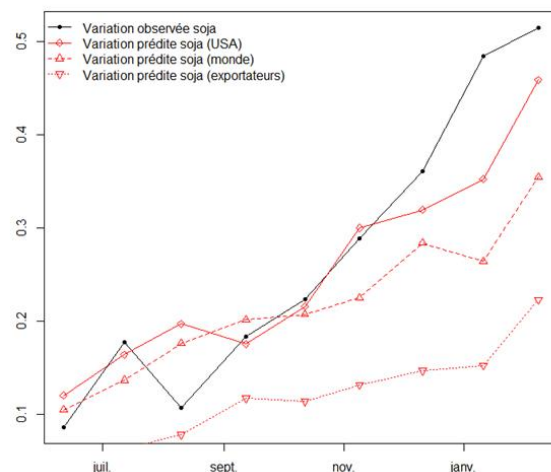
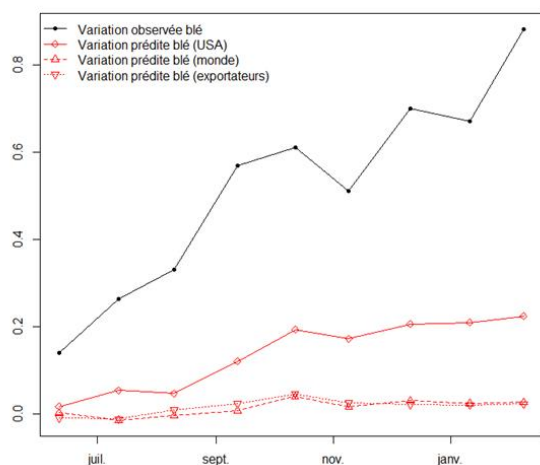


Figure 6.13 : Log variations observée et prédite des prix des trois grains par l'information sur les stocks américains lors de la hausse de 2007. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

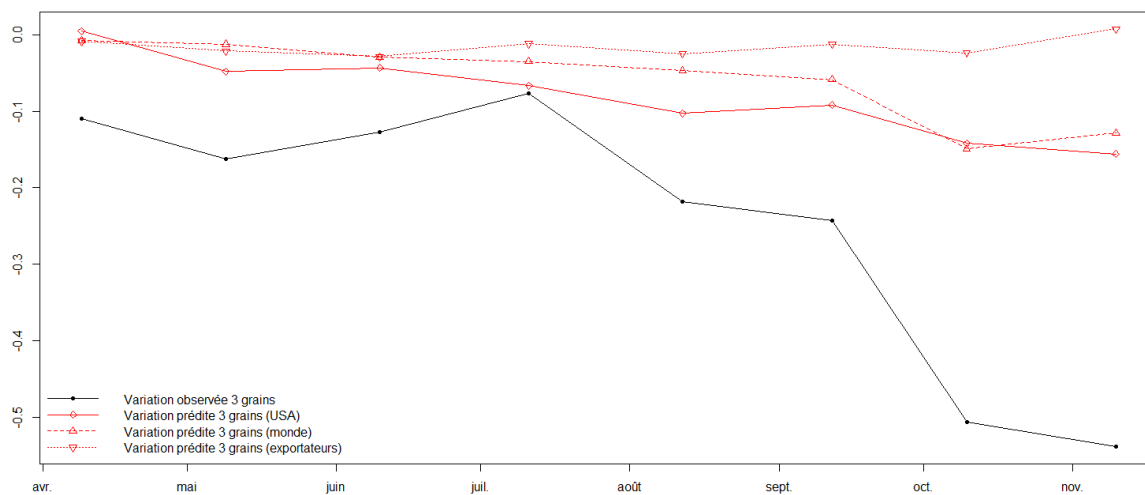


Figure 6.14 : Log variations observée et prédite du GSCI Agriculture par l'information sur les stocks américains lors de la baisse de 2008. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

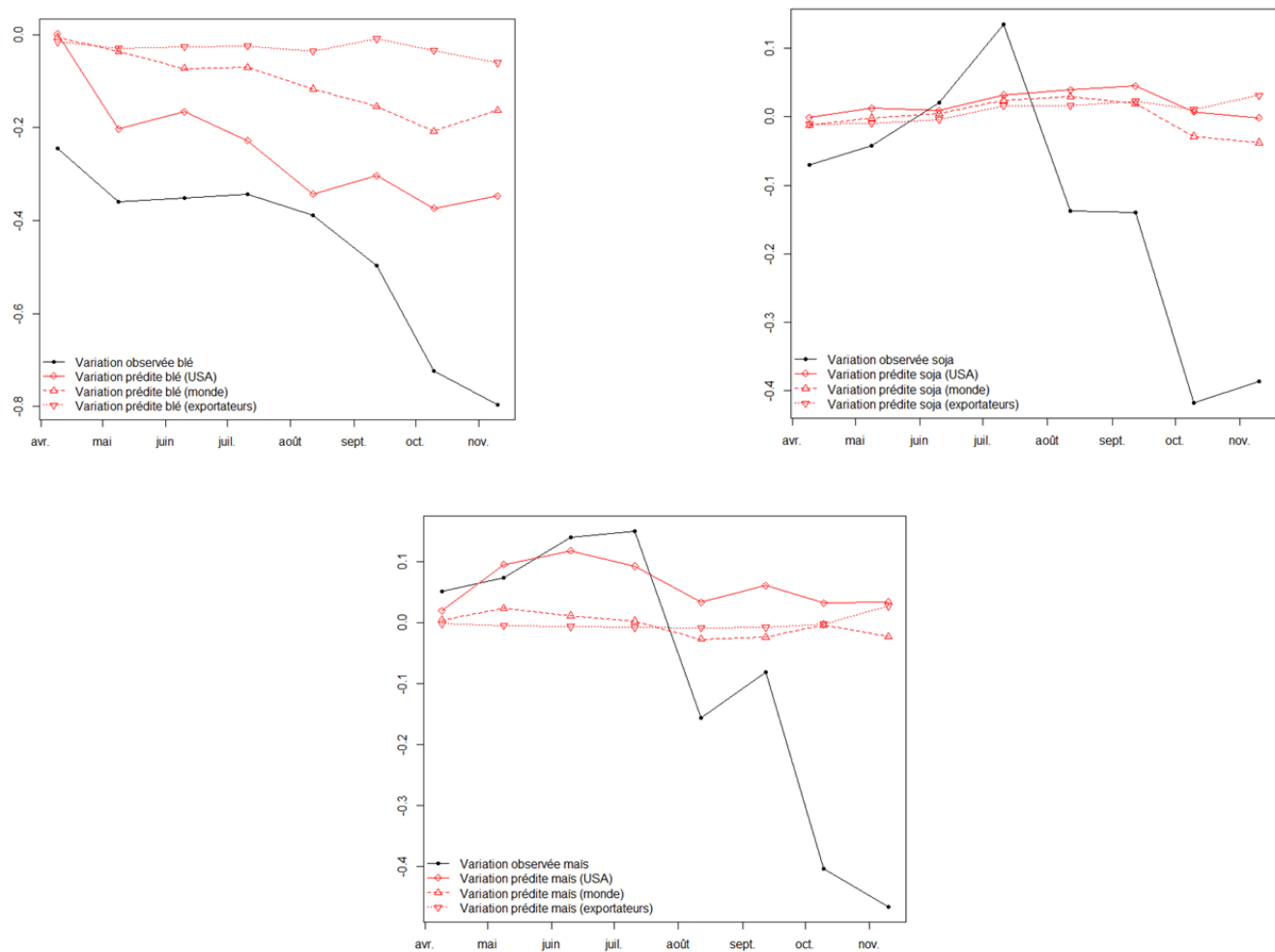


Figure 6.15 : Log variations observée et prédite des prix des trois grains par l'information sur les stocks américains lors de la baisse de 2008. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

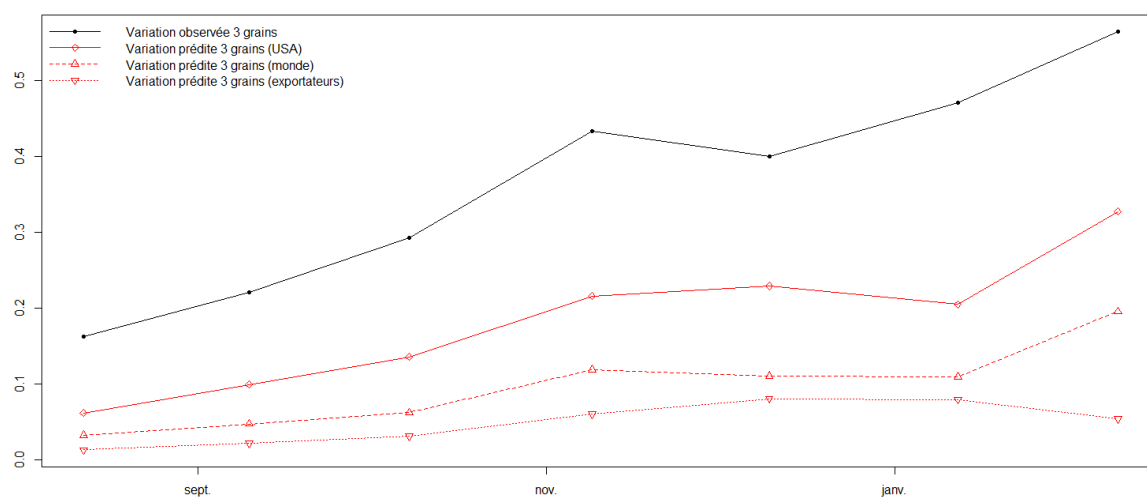


Figure 6.16 : Log variations observée et prédite du GSCI Agriculture par l'information sur les stocks américains lors de la hausse de 2010. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

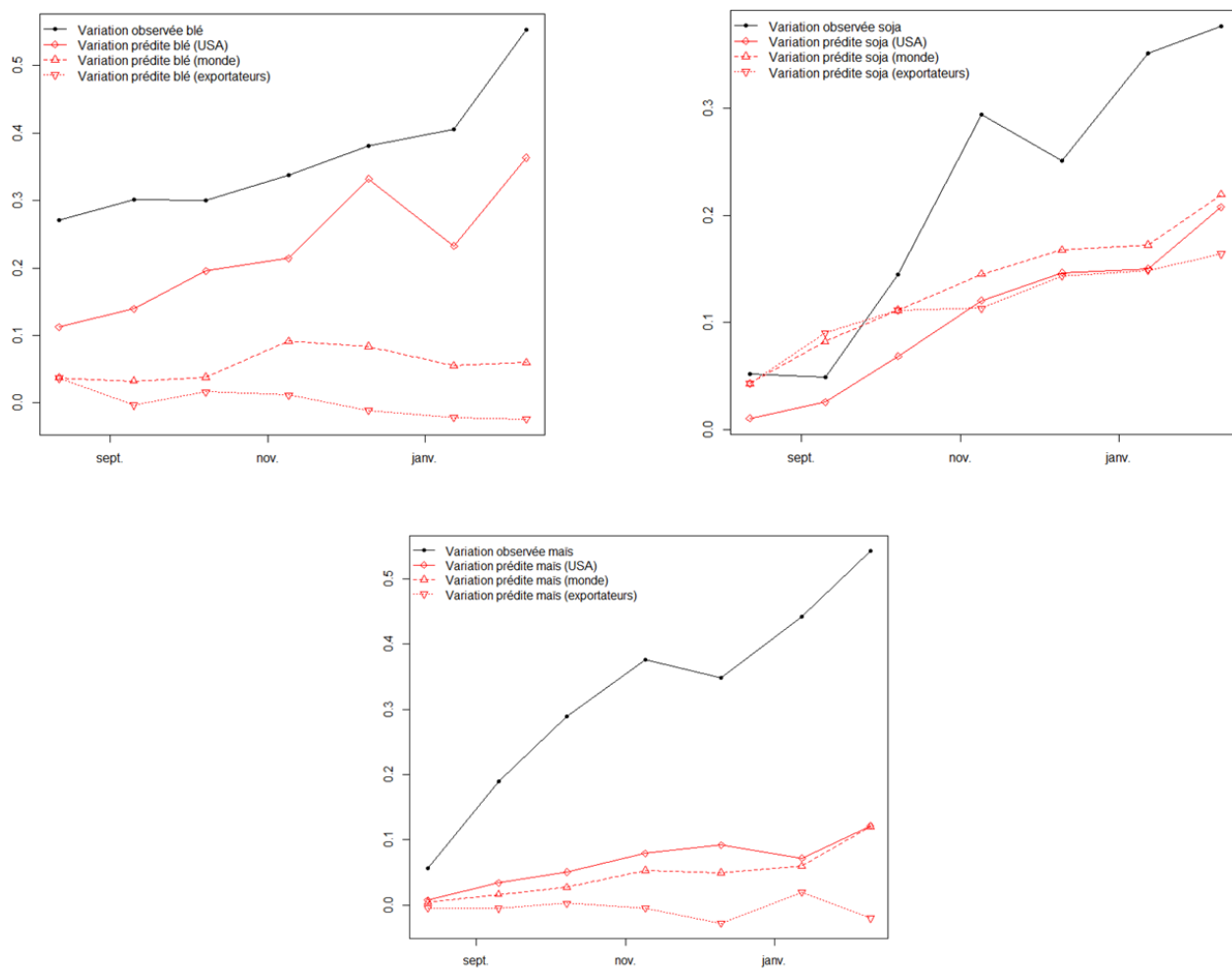


Figure 6.17 : Log variations observée et prédite des prix des trois grains par l'information sur les stocks américains lors de la hausse de 2010. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

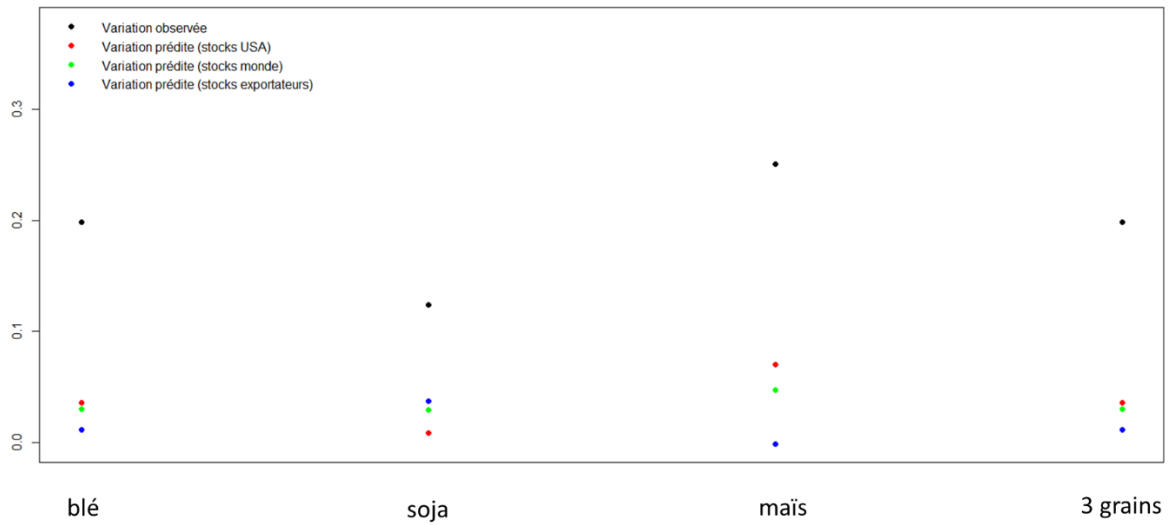


Figure 6.18 : Log variations observée et prédite du GSCI Agriculture par l'information sur les stocks américains lors de la hausse de 2012. Un modèle linéaire est calibré sur un horizon mensuel pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

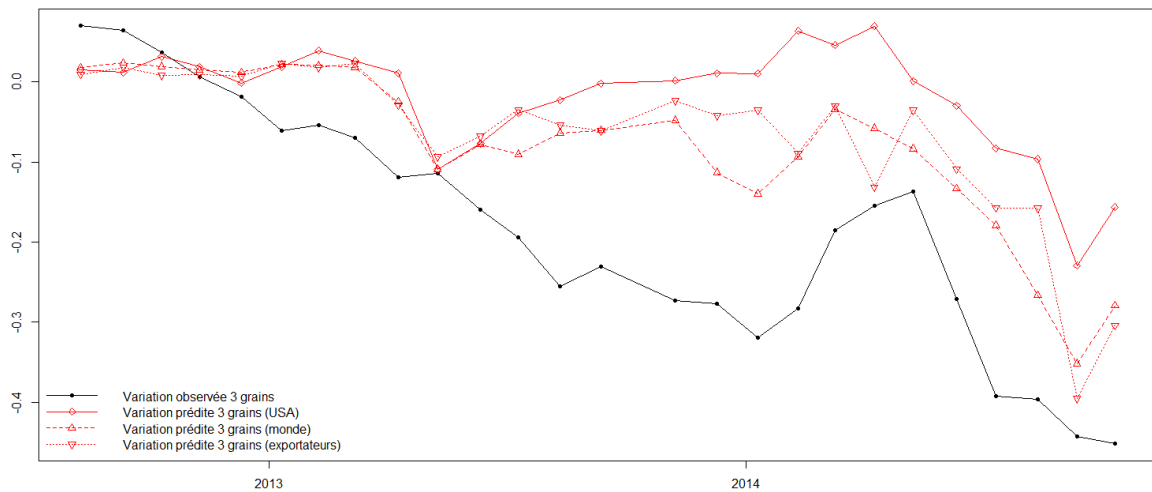


Figure 6.19 : Log variations observée et prédite du GSCI Agriculture par l'information sur les stocks américains lors de la baisse de 2012-2014. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.

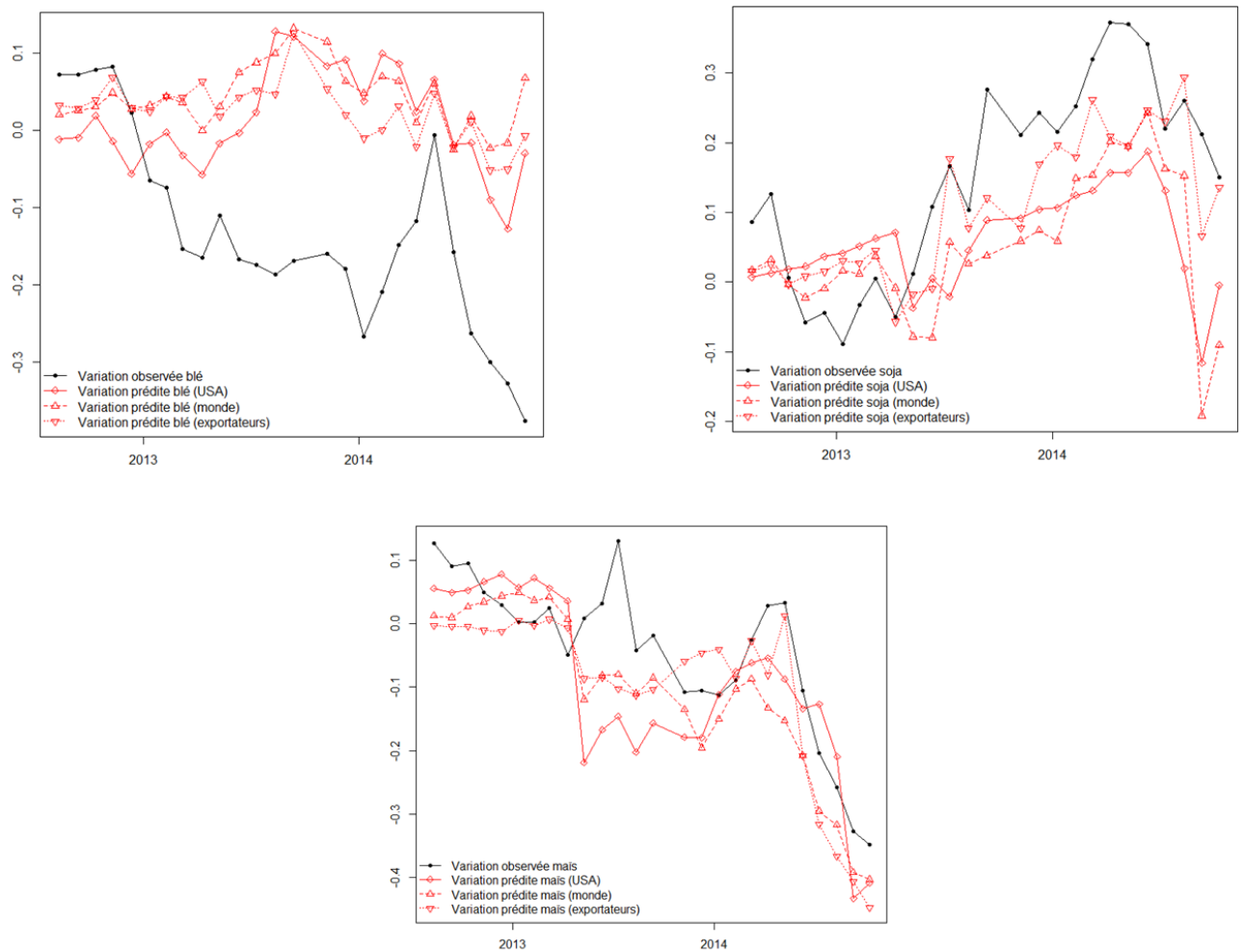


Figure 6.20 : Log variations observée et prédite des prix des trois grains par l'information sur les stocks américains lors de la baisse de 2012-2014. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de stocks.



Figure 6.21 : la variable « info stocks USDA » correspond à la somme cumulative des révisions mensuelles de stocks américains de fin de campagne fournies par l'USDA. Cette variable est initialisée à 0 à la première date de notre base (janvier 1995). Au mois de mai de chaque année (où l'estimation du stock de fin de campagne suivante devient pour la première fois disponible), on fait l'hypothèse que la révision est nulle. On utilise comme estimation du « stock » la moyenne des Stock-to-Use ratios des trois grains.

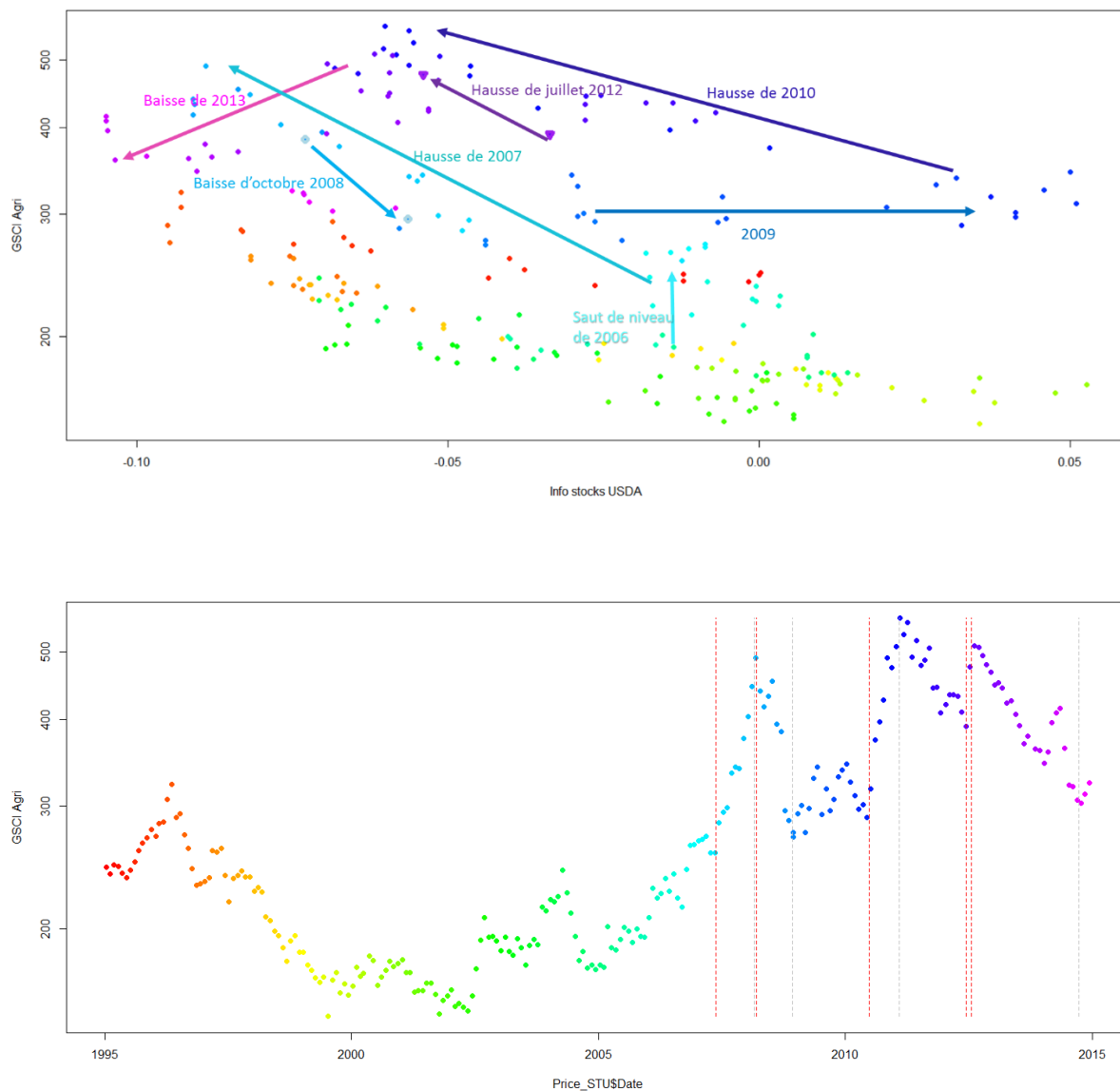


Figure 6.22 : l'indice GSCI Agri (échelle logarithmique) est représenté sur l'échelle des ordonnées contre la variable « info stocks USDA » sur l'échelle des abscisses. Les principaux mouvements de prix sont représentés par les flèches, qui indiquent grossièrement la sensibilité prix/stocks lors de ces épisodes. Le code couleur est représenté sur le graphique du bas.

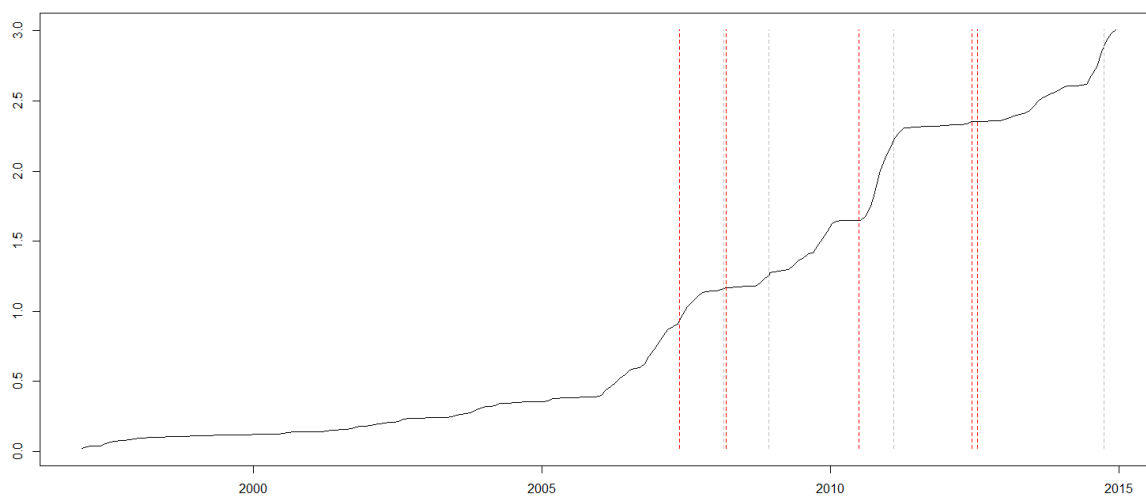


Figure 6.23 : Somme des carrés du dernier résidu de la régression de l'indice GSCI Agri (en log) sur la variable Info Stocks USDA (fenêtres glissantes de 24 mois).

horizon annuel	résidus	var. prix	var. stock-to-use
Dec 08 - Dec 09	2,71	21%	8%
Jan 13 - Jan 14	-2,65	-30%	-4%
Mar 07- Mar 08	1,99	59%	-8%
Nov 05 -Nov 06	1,98	30%	1%
horizon semestriel	résidus	var. prix	var. stock-to-use
Jun 08 - Dec 08	-3,07	-50%	4%
Jul 09 - Jan 10	2,71	17%	6%
Aug 07 - Feb 08	2,46	40%	-3%
Jun 13 - Dec 13	-2,27	-16%	-4%
Nov 05 - May 06	2,20	19%	3%
Dec 08 - Jun 09	2,07	22%	1%
Jun 10 - Dec 10	2,02	49%	-8%
May 96 - Nov 96	-2,00	-33%	3%
Sep 06 - Mar 07	1,91	23%	0%
horizon mensuel	résidus	var. prix	var. stock-to-use
Sept - Oct 08	-4,20	-26%	2%
Jun - Jul 12	2,82	20%	-2%
Jul - Aug 96	-2,34	-7%	-3%
Feb - Mar 05	2,31	13%	0%
May - Jun 14	-2,21	-13%	1%
Oct - Nov 10	2,15	14%	-1%
May - Jun 96	-2,12	-11%	0%
Mar - Apr 08	-2,12	-11%	0%
Apr - May 11	-2,11	-11%	0%
Oct - Nov 11	2,09	13%	-1%
Jul - Aug 08	-2,08	-14%	1%
Jan - Feb 06	2,04	10%	1%
Sept - Oct 06	2,01	12%	-1%
Aug - Sept 07	1,94	11%	0%
Jun - Jul 09	-1,93	-16%	2%
Jun - Jul 10	1,93	9%	0%

Table 6.4 : Résidus extrêmes (exprimés en nombres d'écart-type) de la régression des log variations des prix sur les révisions USDA de stocks de fin campagne. La régression est effectuée successivement sur des horizons annuel, semestriel et mensuel. Les données vont de janvier 1995 à décembre 2014.

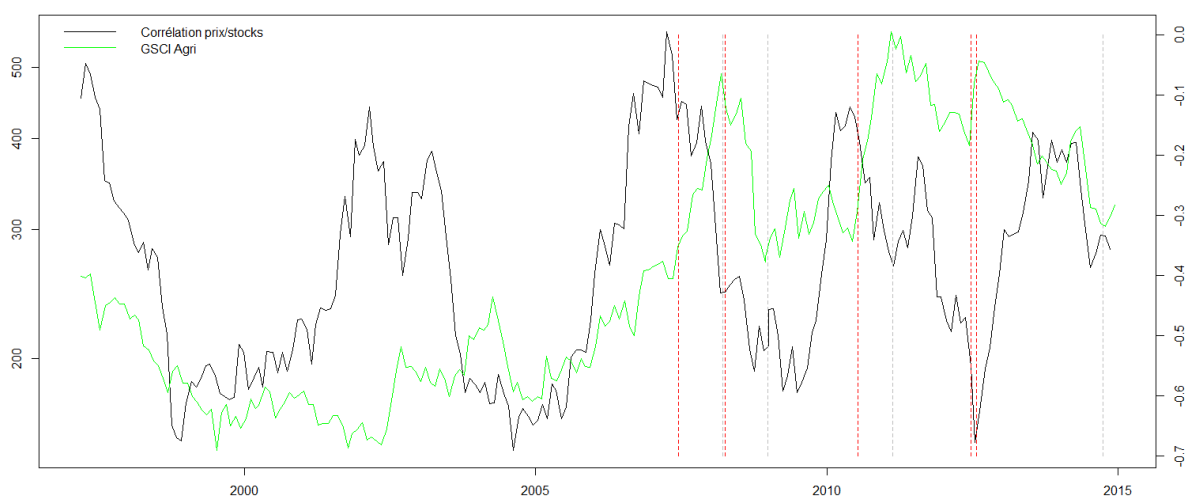


Figure 6.24 : Corrélation entre révisions mensuelles du stock-to-use des trois grains aux Etats-Unis et rendements mensuels de l'indice GSCI Agriculture sur une fenêtre glissante de deux ans.

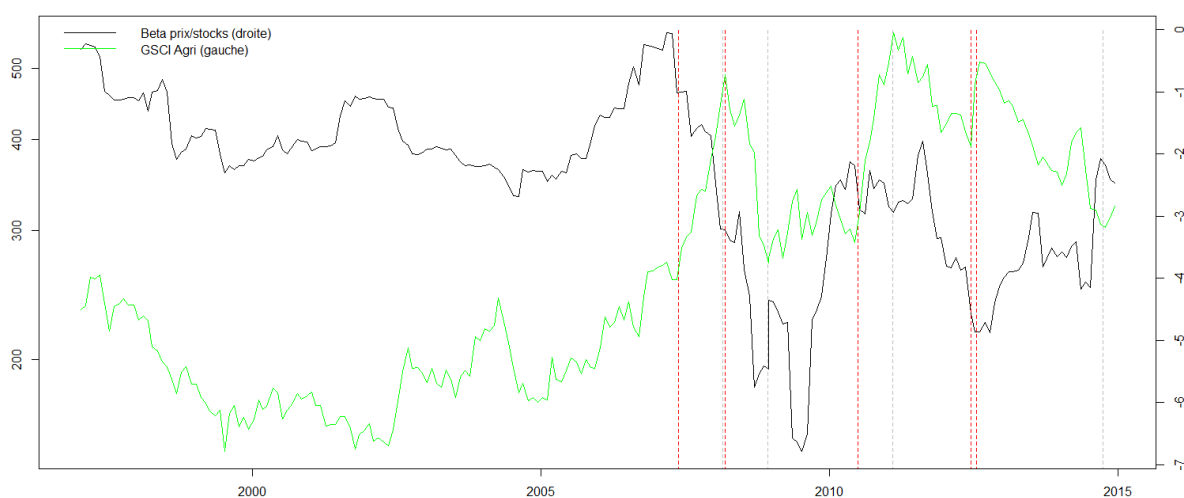


Figure 6.25 : Coefficient de régression des variations mensuelles de l'indice GSCI Agriculture sur les révisions mensuelles du stock-to-use des trois grains aux Etats-Unis et sur une fenêtre glissante de deux ans.

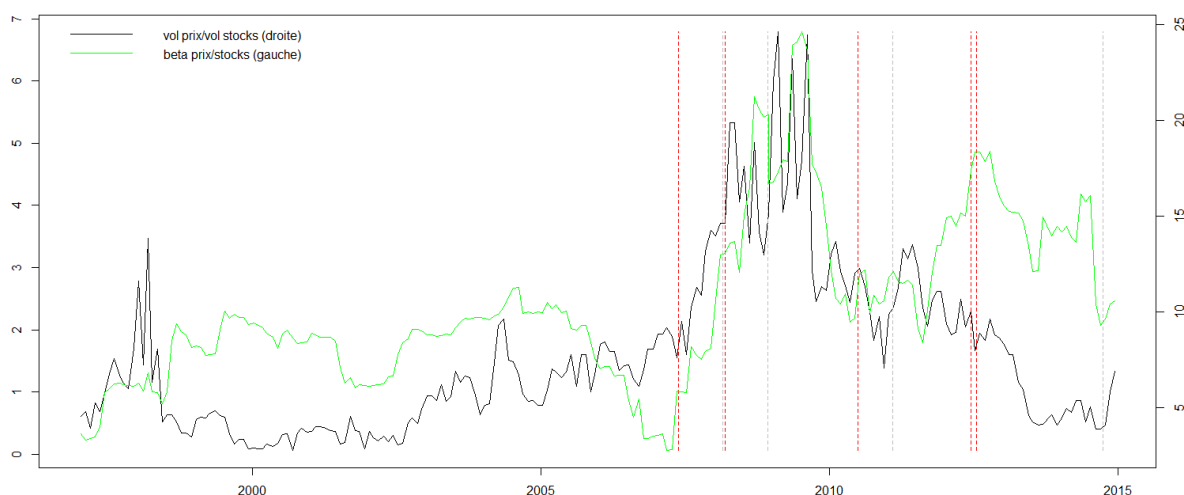


Figure 6.26 : Coefficient de régression des variations mensuelles de l'indice GSCI Agriculture sur les révisions mensuelles du stock-to-use des trois grains aux Etats-Unis et ratio volatilité de l'indice GSCI/volatilité des variations de stock-to-use. Toutes les séries sont calculées sur une fenêtre glissante de deux ans. On représente ici la valeur absolue du coefficient de régression.

VII) Analyse détaillée des épisodes extrêmes à travers l'information apportée par les flux d'investissement et les volumes

L'activité spéculative sur les marchés financiers (flux d'investissement, positions ouvertes, volumes...) est susceptible également de nous éclairer sur l'évolution future des prix. En effet, de nombreux articles académiques ont documenté l'association positive entre volumes et prix sur les marchés d'actions.

La causalité positive identifiée des volumes vers les prix³⁸ est interprétée alternativement :

- comme le résultat de l'activité des « insiders » (traders disposant d'informations privées), susceptibles d'acheter une action avant la diffusion d'une information publique positive la concernant³⁹ ; cette hypothèse est particulièrement pertinente dans le cas des marchés de matières premières, du fait des niveaux d'information contrastés entre intervenants (producteurs/acheteurs/transformateurs, traders physiques très proches des acteurs physiques, hedge funds spécialisés, investisseurs indiciels peu spécialisés...).

³⁸ Gervais, S., Kaniel, R., & Mingelgrin, D. H. (2001). The high-volume return premium. *The Journal of Finance*, 56(3), 877-919.

³⁹ Hong, H., & Stein, J. C. (2007). Disagreement and the stock market. *Journal of Economic perspectives*, 21(2), 109-128.

- comme le résultat de l'intérêt plus important des investisseurs pour les actions qui ont bénéficié d'une activité de trading et donc d'une visibilité accrue au cours des dernières semaines⁴⁰ ; cette seconde hypothèse est également susceptible de rendre compte de la causalité positive inverse bien documentée allant des prix vers les volumes⁴¹.

L'association positive volume/prix sur les marchés actions pourrait résulter d'une asymétrie entre les prises de positions vendeuses et acheteuses : tous les investisseurs peuvent potentiellement se porter acquéreurs d'une action qu'ils n'ont pas encore en portefeuille (et comme le choix est immense, ils se porteront spontanément vers des actions « qui font le buzz ») tandis que la plupart des vendeurs sont ceux qui détiennent déjà l'action. Ainsi, une augmentation des volumes traduit le plus souvent de nouveaux intérêts acheteurs de la part d'investisseurs qui n'étaient pas encore actionnaires.

Les marchés futures de matières premières se distinguent des marchés actions par le fait que le nombre de choix de paris potentiels y est beaucoup plus limité ainsi que par le fait qu'intérêts acheteurs et vendeurs ont des rôles plus symétriques, les positions « short » des producteurs tenant une place essentielle (voir partie II). L'association volume/prix peut donc être atténuée par rapport aux marchés actions et se faire potentiellement dans un sens positif ou négatif.

Les Tables 7.1 à 7.3 révèlent que l'évolution future des prix est peu prédite par l'information passée relative aux flux et aux volumes.

Deux exceptions sont à noter:

- une causalité positive va des variations de volumes sur les variations de prix avec un pas de temps hebdomadaire, une observation en ligne avec la littérature présentée plus haut sur les marchés actions⁴².
- une causalité négative va des variations de positions commerciales (le plus souvent liées aux variations des positions courtes des producteurs) sur les variations de prix futures. Cette observation peut découler d'une pression à la baisse exercée par les opérations de couverture des producteurs (suivie d'un retour des prix à leur valeur initiale) ou de la tendance (déjà identifiée dans la partie II) des producteurs à vendre à terme (et des spéculateurs à acheter à terme) quand les cours sont dans une phase haussière. On remarque d'ailleurs que le pouvoir prédictif des flux spéculatifs hebdomadaires retardés et des résidus de la relation de long terme positions⁴³/prix sur les prix futurs est presque significatif au seuil de 10%.

⁴⁰ Barber, B. M., & Odean, T. (2008). All that glitters: The effect of attention and news on the buying behavior of individual and institutional investors. *Review of Financial Studies*, 21(2), 785-818.

⁴¹ Statman, M., Thorley, S., & Vorkink, K. (2006). Investor overconfidence and trading volume. *Review of Financial Studies*, 19(4), 1531-1565.

⁴² Le pouvoir prédictif positif des résidus volumes/prix sur les prix futurs n'est pas non plus très loin de la significativité à 10%.

⁴³ Les résidus de la relation positions/prix ont un pouvoir prédictif presque significatif au seuil de 10% sur les prix futurs aussi bien dans le cas des positions spéculatives que dans celui des positions commerciales. Cependant, l'évolution prédite change de sens suivant le type d'acteurs considéré : elle est positive dans le cas

De manière générale, ce sont les volumes et les flux qui peuvent être prédits par leurs propres variations passées ou par la déviation à la relation de long terme prix/volume ou prix/positions. Ainsi, hormis la causalité identifiée au niveau hebdomadaire des volumes vers les prix, les causalités identifiées statistiquement vont davantage des prix vers les volumes/positions et se déroulent sur des horizons de temps plus longs (quelques mois). Cependant, nous allons voir plus bas que les volumes s'avèrent ponctuellement de bons prédicteurs des mouvements extrêmes de prix.

Les positions spéculatives nettes sont positivement reliées aux prix sur le long terme tandis que les positions commerciales nettes sont négativement reliées aux prix sur le long terme (Figure 7.26). Cette observation fait écho aux remarques de la section II.1, où le jeu de miroir entre positions spéculatives et positions commerciales avait été déjà mis en évidence : les spéculateurs augmentent leurs positions longues et les producteurs leurs positions courtes (conduisant à une augmentation des positions ouvertes) quand les prix montent puis ces deux types d'acteurs débouclent leurs positions quand les prix baissent (conduisant à une diminution des positions ouvertes)⁴⁴.

Nous avons repris le canevas d'analyse introduit dans la section précédente pour cette fois étudier le rôle éventuel de l'investissement indiciel et des spéculateurs traditionnels dans les cinq mouvements de prix extrêmes introduits précédemment. Les résultats sont représentés sur les Figures 7.1 à 7.17.

Nous tirons les conclusions suivantes de notre analyse :

- La hausse de 2007 et la baisse de 2008 ont été accompagnées par des flux indiciels dans le même sens que les prix (Figures 7.1 et 7.4). Ce sont dans les deux cas des flux indiciels d'amplitude très importante au regard de la distribution globale (Figures 7.2 et 7.5).
- La hausse de 2007 peut être expliquée à un peu moins de 50% par les flux indiciels dans le cadre d'un modèle linéaire à coefficients constants (Figure 7.3). Cependant, l'impact pourrait être plus important si l'on envisageait un impact non linéaire des flux indiciels, augmentant si les flux dépassent un certain seuil, s'ils se produisent concomitamment avec des flux spéculatifs de même sens (ce qui fut le cas en 2007, voir Figure 7.2b), ou s'ils se produisent dans un contexte de liquidité dégradée sur les marchés (c'était le cas à partir de l'éclosion de la crise des subprimes à l'été 2007). Les Figures 7.17a et 7.17b confirment que la sensibilité des prix aux flux indiciels est très variable au cours du temps.
- La baisse de 2008 s'explique remarquablement bien par les sorties indicielles sur la période (Figure 7.6). Cependant, les sorties indicielles semblent avoir un retard temporel de quelques semaines par rapport au prix tout au long de la baisse de 2008, ce qui pourrait laisser penser qu'une causalité inverse des prix vers les flux était à l'œuvre. Une autre explication possible est un retard dans la prise en compte par la CFTC des retraits indiciels (ce qui est plausible compte tenu du caractère particulièrement brutal des retraits de 2008). D'autre part, le désinvestissement des

d'un excès de positions spéculatives longues (par rapport aux prix) comme dans le cas d'un excès de positions commerciales courtes.

⁴⁴ Depuis 2012, comme expliqué dans la partie II, ce sont les positions courtes des spéculateurs qui prennent la place des positions courtes des producteurs dans les phases de baisse (et l'inverse dans les phases de hausse), ce qui permet de maintenir inchangées les positions ouvertes.

spéculateurs traditionnels (Figure 7.4b) peut également être un facteur explicatif. De façon générale, l'impact des spéculateurs traditionnels sur les prix est beaucoup plus difficile à mesurer que l'impact des indiciels en raison de son endogénéité par rapport aux prix : les hedge funds sont sensibles à l'information fondamentale et se comportent comme des « suiveurs de tendance » de façon agrégée. Ainsi, la très forte concomitance des dynamiques de prix et de flux spéculatifs (Figures 7.1b, 7.4b, 7.7b, 7.10b et 7.13b) et la corrélation positive entre flux spéculatifs et prix, qui s'établit à plus de 60% en moyenne (voir Figure 7.19), peuvent être attribuées à une troisième variable traduisant l'information fondamentale sur l'offre et la demande ou à une causalité inverse allant des prix vers les flux spéculatifs. Cependant, dans le cas précis de la baisse de 2008, les retraits des hedge funds peuvent s'expliquer non seulement de façon endogène par la baisse des prix mais également de façon exogène par la détérioration forte des conditions de liquidité et la forte hausse de la volatilité sur l'ensemble des marchés financiers qui commandaient une réduction du risque via la diminution des positions « longues » (sur la Figure 2.1.3, on observe bien que ce sont les positions longues des hedge funds qui ont diminué et non les positions courtes qui ont augmenté). La corrélation entre positions spéculatives et variations de prix atteint d'ailleurs un pic à 0.8 lors de la baisse de 2008 (Figure 7.19), ce qui peut révéler soit un impact plus fort des mouvements spéculatifs sur les prix, soit un comportement suiveur encore plus marqué qu'à l'accoutumée, soit une combinaison de ces deux facteurs. Au même moment, la corrélation entre positions indicielles et spéculatives et la corrélation entre positions indicielles et prix (qui est cette fois une mesure plus directe d'impact des indiciels sur les prix⁴⁵) atteignent également un pic (Figure 7.16). De plus, l'indicateur de « Risk Aversion », qui reflète le prix agrégé du risque sur les marchés d'actions, de crédit, de devises et de matières premières, se rapproche également lors de cette période de son pic historique (Figure 7.16). L'ensemble de ces indicateurs constituent un signal de vulnérabilité forte des marchés agricoles aux conditions globales de liquidité durant cette période.

- Les flux indiciels n'expliquent rien de la hausse de 2010 (Figures 7.7 à 7.9) ni de celle de 2012 (Figures 7.10 à 7.12).
- La baisse de 2014 s'explique mal par la variation des positions indicielles, qui est d'une ampleur beaucoup trop faible pour rendre compte de la baisse des prix observée (Figures 7.13 et 7.14). A partir du début de l'année 2014, on observe une baisse

⁴⁵ Les flux vers les trois principaux ETF de matières premières généralistes constituent un indicateur encore plus exogène des flux indiciels. En effet, ces flux sont peu susceptibles d'être gouvernés par l'information fondamentale sur les produits agricoles ou par les prix agricoles. Ils sont davantage déterminés par les prix du pétrole et par les conditions globales d'aversion au risque et de liquidité sur les marchés financiers. En revanche, les ETF ne représentent que 15% environ de l'investissement indiciel global sur les matières premières, qui prend souvent des formes beaucoup moins liquides (contrats de gré à gré avec des banques d'investissement). On constate que les indicateurs d'impact indiciels -> prix sont convergents jusqu'au premier semestre 2012, période après laquelle l'impact des flux indiciels mesurés par la CFTC sur les prix s'effondre brutalement alors que l'impact des flux ETF se maintient (Figures 7.17a et 7.17b). La corrélation flux ETF/flux indiciels CFTC est un indicateur également important pour mesurer le degré d'« exogénéité » des flux indiciels agricoles. On déduit de la Figure 7.18 que les flux vers les contrats agricoles étaient très exogènes fin 2008 et fin 2014 et plus endogènes fin 2013 (la faible corrélation observée fin 2006 peut s'expliquer par les faibles volumes négociés sur les trois ETF de matières premières à cette époque).

importante de la corrélation entre positions indicielles et positions spéculatives (Figure 7.16) en même temps qu'une corrélation forte entre positions spéculatives et prix (Figure 7.18). Ainsi, prix et flux spéculatifs se corrélaient entre eux et se déconnectent des flux indiciels. Ce comportement révèle une déconnexion des marchés agricoles des conditions globales de liquidité et d'aversion au risque sur les marchés financiers, mais également un comportement suiveur de tendance amplifié des spéculateurs. Ce comportement s'observe bien sur la Figure 7.15, qui fait apparaître des mouvements synchronisés de hausse, puis de baisse des prix et des positions spéculatives à partir du début de l'année 2014.

Étudions maintenant la capacité des volumes et des positions ouvertes à prédire les cinq mouvements extrêmes de prix considérés précédemment.

La déviation à la relation globale volume/prix a constitué un bon indicateur avancé des hausses de 2007, 2010 et 2012 : dans les trois cas, les résidus de la régression des volumes sur les prix avaient dépassé la valeur de 1 écart-type juste avant la phase de montée (Figure 7.23)⁴⁶. A chaque fois, la divergence volume/prix s'est produite car les volumes montaient pendant que les prix baissaient. Le franchissement du seuil de 1 écart-type semble également un signal prédictif de violentes baisses ultérieures, comme ce fut le cas en 2011, en 2013 et en 2014. Le pouvoir prédictif des volumes est d'autant plus remarquable que la variable de volume retenue est lissée (moyenne mobile trimestrielle), donc nécessairement retardée par rapport aux volumes présents.

La Figure 7.21 met en lumière une déconnexion volumes/positions ouvertes à l'amorce des hausses de 2007-2010-2012. Dans chacun des cas, les volumes augmentent à l'aube de la hausse tandis que les positions ouvertes s'affaiblissent. La Figure 7.26 éclaire l'origine de cette déconnexion : les positions spéculatives longues et commerciales courtes se dénouent de concert, conduisant à une diminution des positions ouvertes. Cette situation contraste avec celle qui prévaut au milieu des trois épisodes de hausse, où les positions spéculatives longues, drivées par la tendance haussière des prix, augmentent de concert avec les positions commerciales courtes, menant à une montée simultanée des volumes, des prix et des positions ouvertes. Elle contraste également avec celle qui prévaut au milieu des baisses de 2008 et de 2012, où les positions spéculatives longues se dénouent également (sous l'impulsion de la tendance baissière de prix) mais où volumes et positions ouvertes baissent de concert. Ainsi, l'augmentation des volumes qui a précédé les hausses de 2007-2010-2012 est tout à fait singulière : elle se réalise concomitamment avec une baisse locale des prix et des positions ouvertes. La CFTC fournit une décomposition des positions ouvertes par catégories (indiciels, spéculateurs, commerciaux) mais ne fournit pas les mêmes données pour les volumes. Il est donc impossible de retracer avec certitude l'origine de l'augmentation des volumes antérieure aux hausses de 2007-2010-2012. Il est peu plausible que ces échanges s'effectuent entre traders de catégories différentes car cela se manifesterait par une variation des positions courtes/longues des différents acteurs⁴⁷. Une première hypothèse est que des spéculateurs informés aient profité du léger fléchissement des prix antérieur aux hausses pour prendre des positions longues (à la place d'autres spéculateurs longs moins informés), anticipant

⁴⁶ De façon intéressante, le pouvoir prédictif du résidu de la régression volume/prix sur l'évolution future des prix est proche du seuil de significativité à 10% (Table 7.3).

⁴⁷ Quand on sépare les positions nettes en positions longues/courtes, on n'observe pas non plus de mouvements particuliers.

les grands mouvements haussiers qui allaient suivre. Une autre possibilité est que des producteurs bien informés dénouent leur couverture, cédant leurs positions à d'autres producteurs moins bien informés. Ainsi, une augmentation des volumes associée à une baisse des prix et des positions ouvertes peut traduire des divergences d'opinions entre acteurs de mêmes catégories résultant d'informations privées non encore traduites dans les prix.

On voit que le signal de volumes élevé par rapport aux prix peut également annoncer des baisses brutales (comme avant les étés 2013 et 2014) : ainsi, contrairement aux marchés d'actions, une hausse des volumes n'est pas nécessairement associée à une augmentation des intérêts acheteurs mais semble ici être plutôt provenir d'une prise de position vendeuse par des « insiders ».

Le résidu de la relation positions ouvertes/prix semble porter moins d'information en ce qui concerne la possibilité d'un mouvement de prix extrême à la hausse (Figure 7.25).

Synthèse de la partie VII

L'impact des flux indiciels sur les prix est fortement non stationnaire, évoluant notamment avec les conditions de liquidité globales sur les marchés et la corrélation flux indiciels/flux spéculatifs. Les flux indiciels peuvent expliquer une part significative des mouvements de prix observés en 2007 et 2008. Cependant, dans le cas de la baisse de 2008, ils présentent un retard de quelques semaines par rapport aux prix : ceci peut être attribué à une causalité inverse des prix vers les flux ou à un retard dans la prise en compte des retraits indiciels par la CFTC. Les flux indiciels ne sont pas du tout susceptibles d'expliquer les hausses de 2010 et 2012 ni la baisse de 2012-2014.

Les flux spéculatifs sont très fortement corrélés aux variations de prix mais le sens de la causalité est très incertain (comportement suiveur de tendance des spéculateurs).

Les corrélations flux indiciels/flux spéculatifs et flux indiciels/prix sont à surveiller. Leur augmentation révèle une vulnérabilité des marchés agricoles aux conditions globales d'aversion au risque sur les marchés (2007-2008). Une augmentation de la corrélation flux spéculatifs/prix révèle une vulnérabilité à des spirales de hausse ou de baisse auto-entretenues (2014).

Les déviations à la relation de long terme volume/prix sont informatives sur la possibilité de mouvements extrêmes ultérieurs. Les hausses de 2007, 2010 et 2012 ainsi que les baisses de 2013 et 2014 ont suivi des déviations supérieures à un écart-type des volumes par rapport aux prix.

Spéculateurs vs Prix				Commerciaux vs Prix			
		Delta Pos	Delta Prix			Delta Pos	Delta Prix
Delta Pos t-1	Coeff	0.32***	0.048	Delta Pos t-1	Coeff	0.34***	-0.049*
	Std	0.056	0.034		Std	0.062	0.029
Delta Prix t-1	Coeff	0.13	-0.031	Delta Prix t-1	Coeff	0.0038	-0.053
	Std	0.099	0.060		Std	0.14	0.066
Résidus	Coeff	-0.0076***	0.0023	Résidus	Coeff	-0.0067**	-0.0023
	Std	0.0025	0.0015		Std	0.0033	0.0015
Obs.		468	468	Obs.		468	468
Adj.R ²		13.68%	0%	Adj.R ²		11.01%	0.60%

Table 7.1 : Calibration du modèle VECM (voir Annexe 4) sur le couple positions spéculatives/GSCI Agriculture (gauche) et sur le couple positions commerciales nettes/GSCI Agriculture (droite) Le pas de temps est hebdomadaire. Les données vont de janvier 2006 à décembre 2014. La relation de long terme entre positions commerciales et prix (non reportée ici) est négative. Le modèle VECM est calibré sur le couple positions/logarithme des prix. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

		Delta Pos	Delta Prix
Delta Pos t-1	Coeff	0.30***	0.019
	Std	0.045	0.082
Delta Prix t-1	Coeff	0.038	0.033
	Std	0.026	0.048
Obs.		466	466
Adj.R ²		9.80%	0%

Table 7.2 : Calibration du modèle VAR (voir Annexe 3) sur le couple positions indicielles/GSCI Agriculture (log). Le pas de temps est hebdomadaire. Les données vont de janvier 2006 à décembre 2014. Un test de cointégration conclut à l’absence de combinaisons linéaire stationnaire des positions indicielles et des prix. Ainsi, le modèle VECM n’est pas retenu dans ce cas. Le modèle VAR est calibré sur le couple positions/logarithme des prix. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

Volumes vs Prix				OI vs Prix			
		Delta Volume	Delta Prix			Delta OI	Delta Prix
Delta Volume t-1	Coeff	0.46***	0.039*	Delta OI t-1	Coeff	0.083*	0.0046
	Std	0.042	0.022		Std	0.047	0.013
Delta Prix t-1	Coeff	0.12	0.028	Delta Prix t-1	Coeff	0.098	0.031
	Std	0.091	0.048		Std	0.18	0.047
Résidus	Coeff	-0.011***	0.0025	Résidus	Coeff	-0.021***	0.0022
	Std	0.0031	0.0017		Std	0.0060	0.0016
Obs.		451	451	Obs.		462	462
Adj.R ²		22.2%	0.90%	Adj.R ²		2.57%	0%

Table 7.3 : Modèles VECM (voir Annexe 4) sur les couples volume/prix et positions ouvertes/prix. Le pas de temps est hebdomadaire dans les deux cas. Les données vont de janvier 2006 à décembre 2014. Les volumes considérés sont les volumes agrégés hebdomadaires sur les trois marchés de grains CBOT, lissé par une moyenne mobile trimestrielle. Les prix sont ceux du GSCI Agriculture. Le modèle VECM est calibré sur le couple volume/logarithme des prix. Code de significativité: “*” significatif à 10%, “**” significatif à 5%, “***” significatif à 1%.

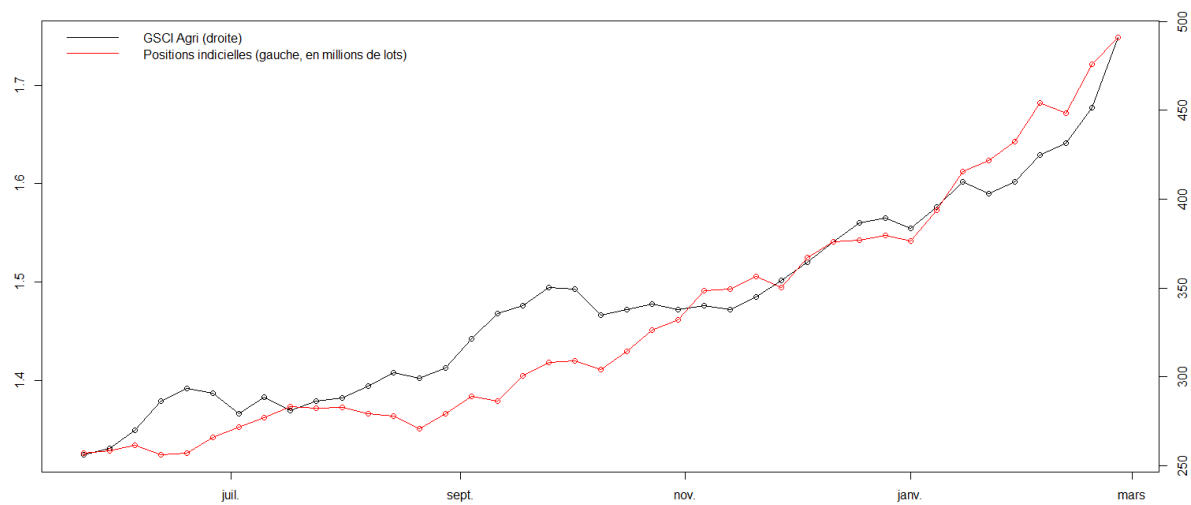


Figure 7.1a : Indice GSCI Agriculture et positions indicielles hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2007.

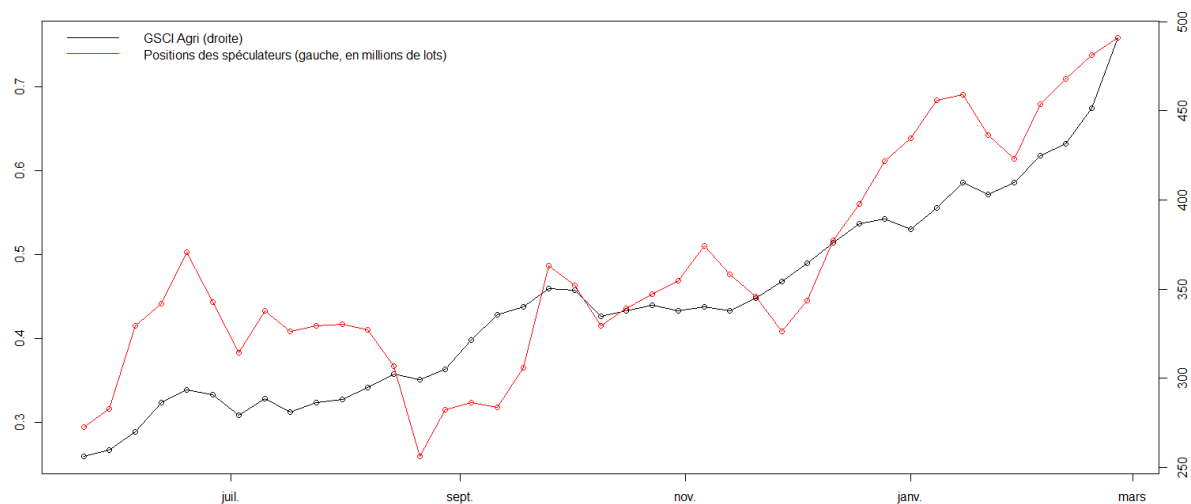


Figure 7.1b : Indice GSCI Agriculture et positions spéculatives hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2007.

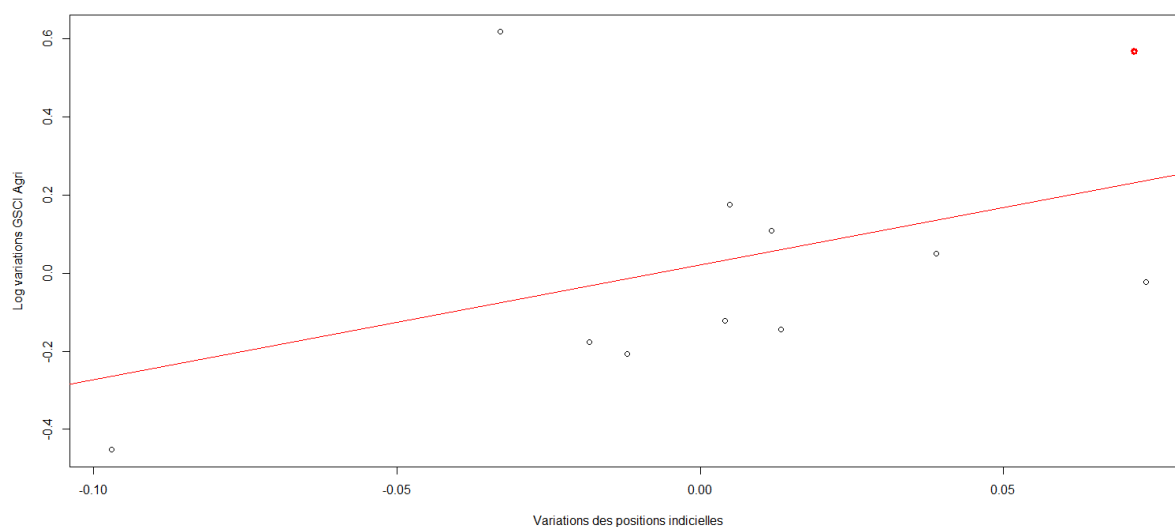


Figure 7.2 : Log variations de l'indice GSCI Agriculture contre variations des positions indicielles (CFTC) en % des positions ouvertes précédentes sur un horizon temporel égal à celui de la hausse de 2007. Le point en haut à droite correspond à la hausse de 2007.

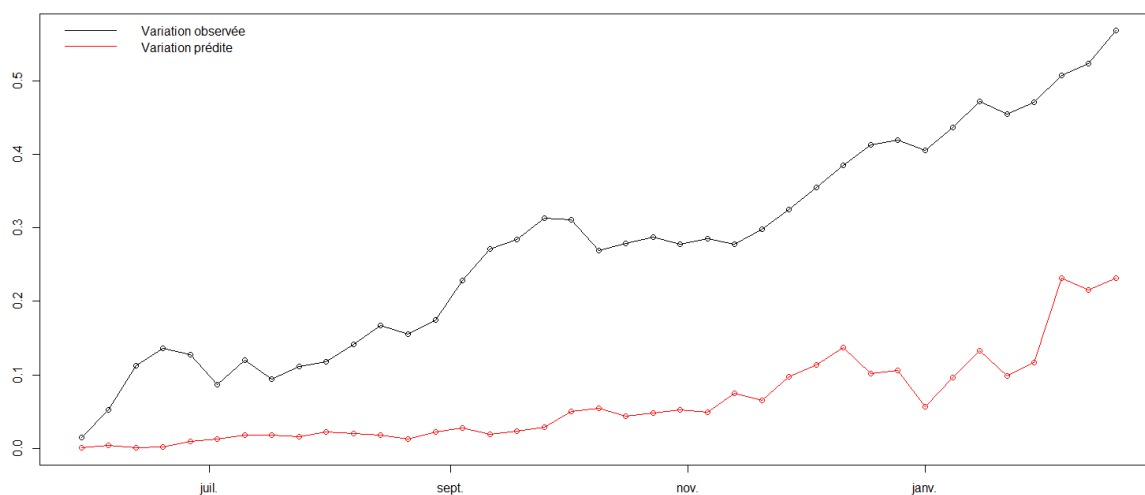


Figure 7.3 : Log variations observée et prédite de l'indice GSCI Agriculture par les variations de positions indicielles CFTC (en % des positions ouvertes) lors de la hausse de 2007. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de positions indicielles. L'instabilité du coefficient de régression selon les horizons de temps (données de positions indicielles disponibles depuis 2006 seulement) est responsable de la baisse de la courbe des mouvements prédits en décembre 2007.

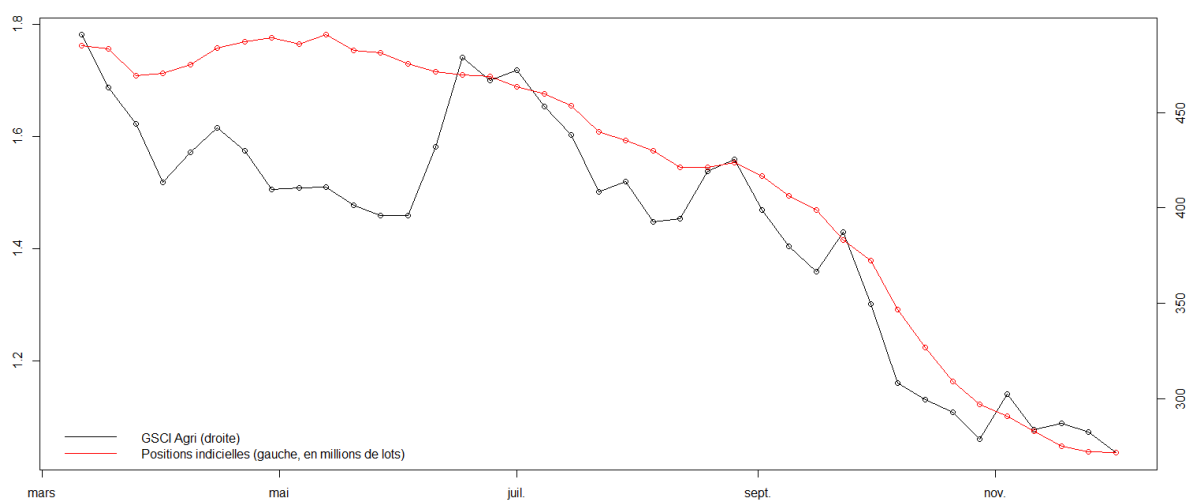


Figure 7.4a: Indice GSCI Agriculture et positions indicielles hebdomadaires (CFTC) lors de la baisse de 2008.

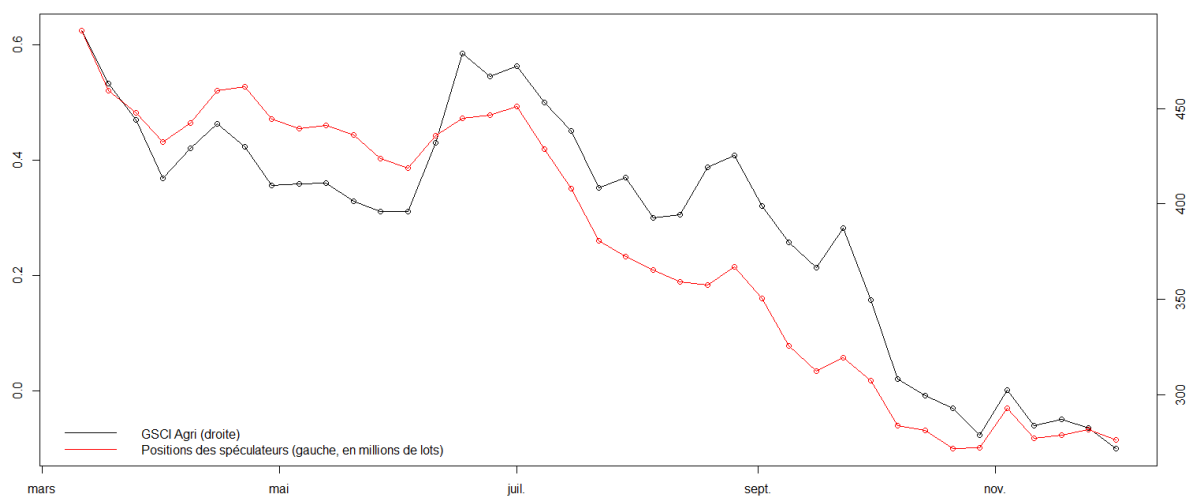


Figure 7.4b: Indice GSCI Agriculture et positions spéculatives hebdomadaires (CFTC) lors de la baisse de 2008.

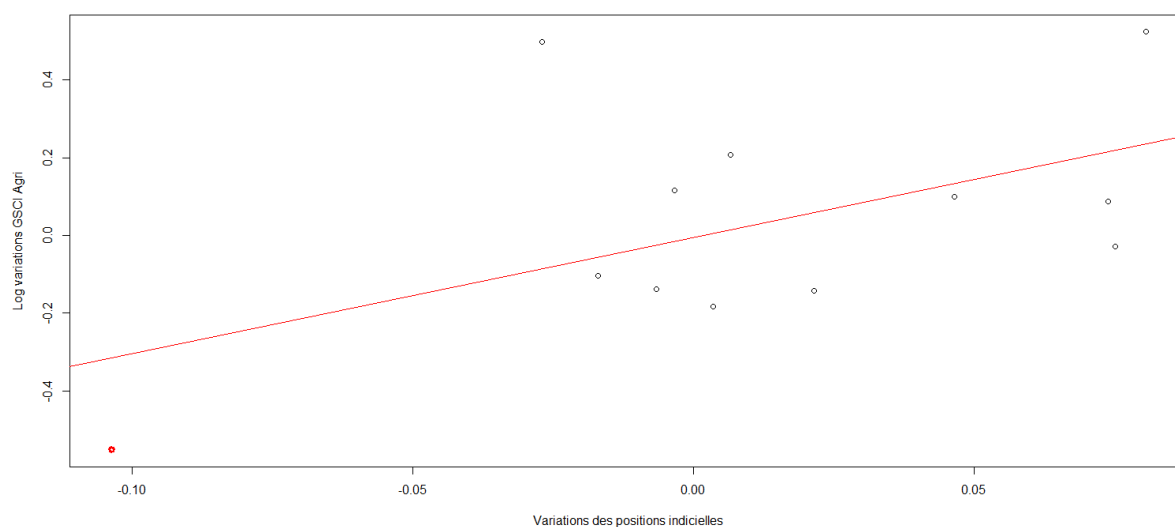


Figure 7.5 : Log variations de l'indice GSCI Agriculture contre variations des positions indicielles (CFTC) en % des positions ouvertes précédentes sur un horizon temporel égal à celui de la baisse de 2008. Le point en bas à gauche correspond à la baisse de 2008.

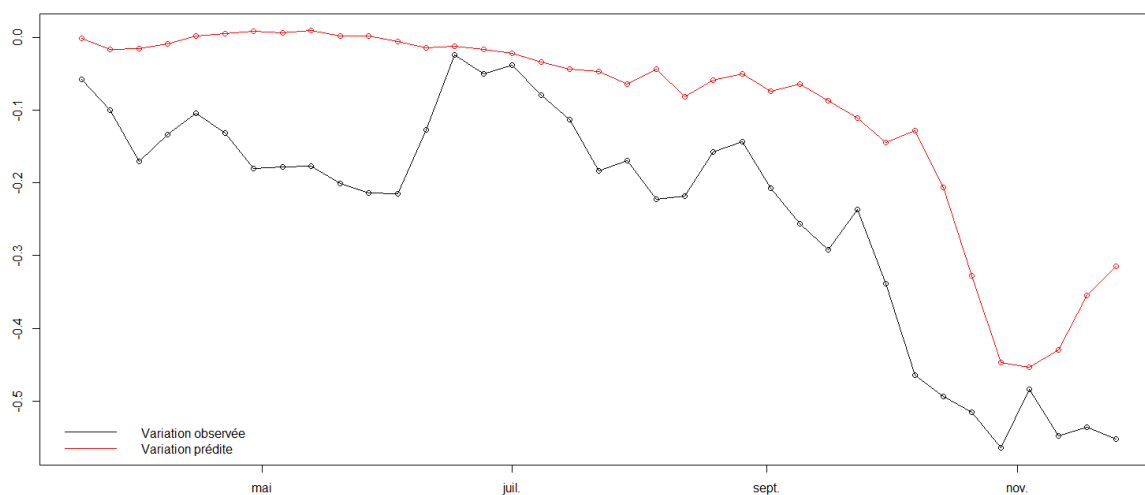


Figure 7.6 : Log variations observée et prédite de l'indice GSCI Agriculture par les variations de positions indicielles CFTC (en % des positions ouvertes) lors de la baisse de 2008. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de positions indicielles. L'instabilité du coefficient de régression selon les horizons de temps (données de positions indicielles disponibles depuis 2006 seulement) est responsable de la hausse de la courbe des mouvements prédits en novembre 2008.

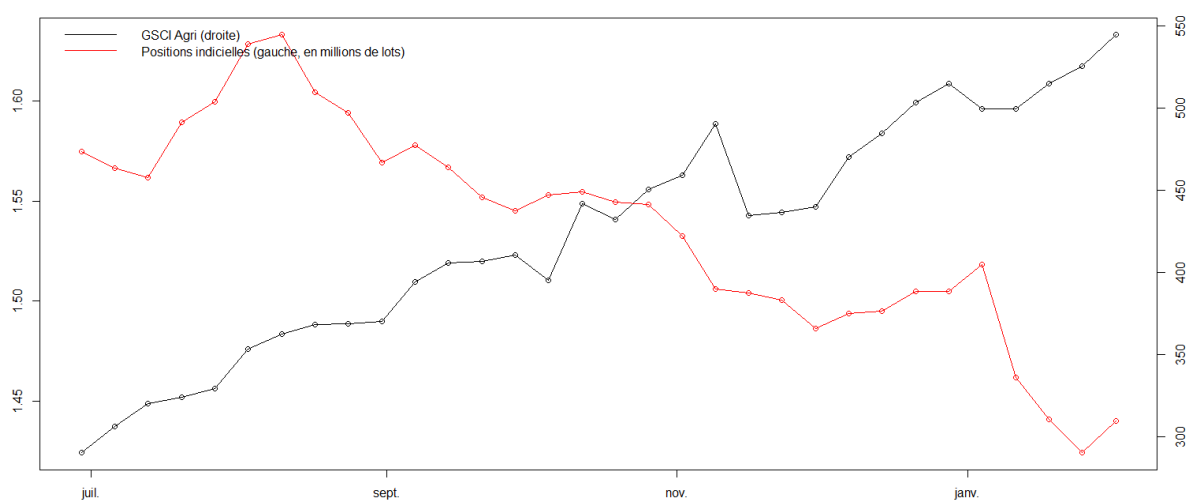


Figure 7.7a : Indice GSCI Agriculture et positions indicielles hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2010.

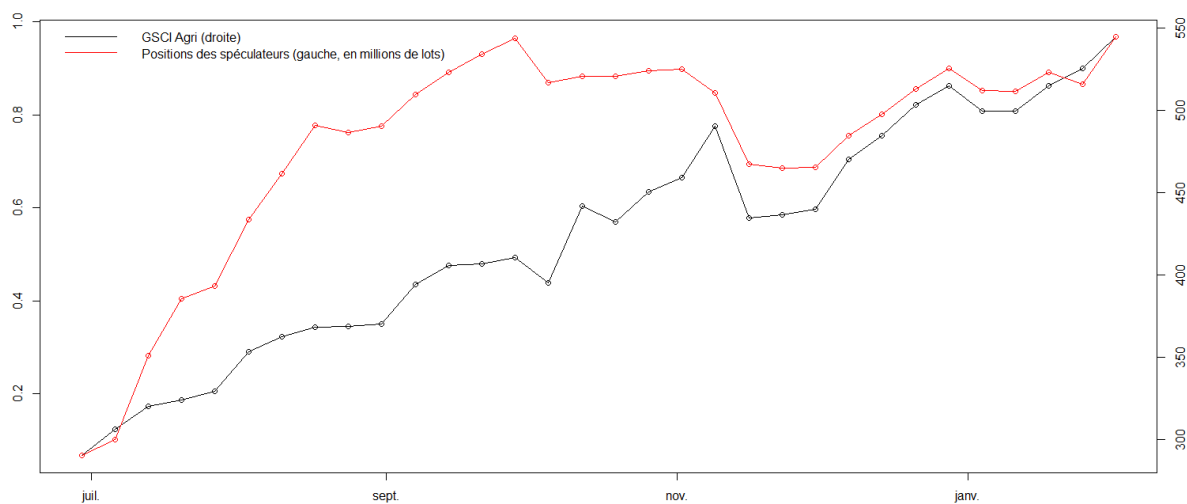


Figure 7.7b : Indice GSCI Agriculture et positions spéculatives hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2010.

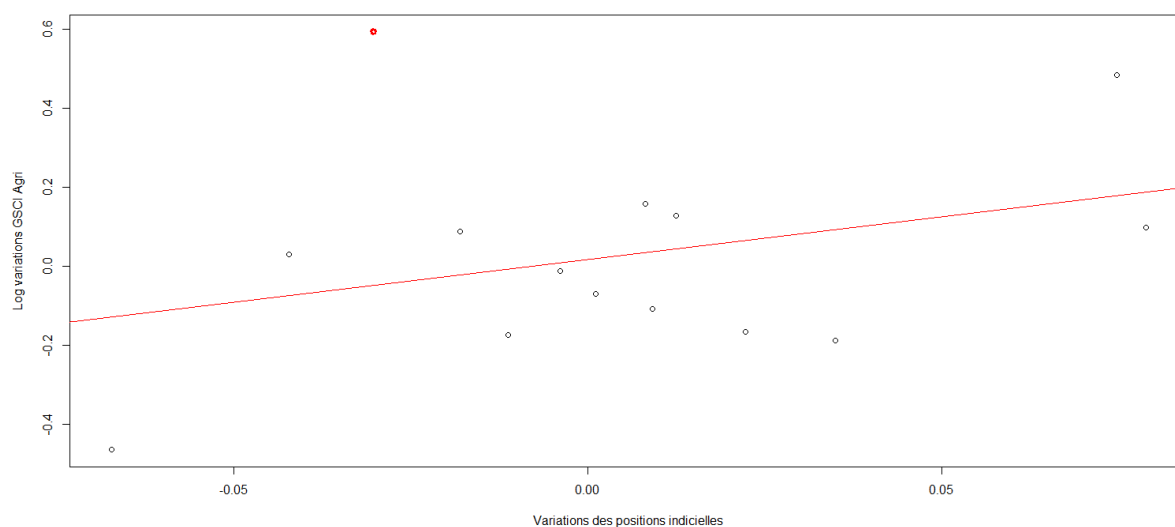


Figure 7.8 : Log variations de l'indice GSCI Agriculture contre variations des positions indicielles (CFTC) en % des positions ouvertes précédentes sur un horizon temporel égal à celui de la hausse de 2010. Le point en haut à gauche correspond à la hausse de 2010.

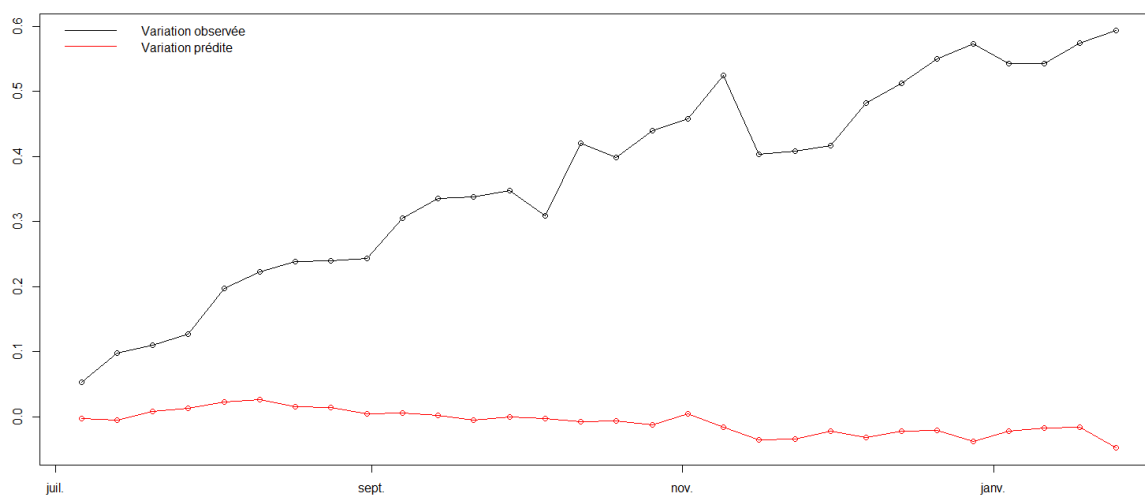


Figure 7.9 : Log variations observée et prédite de l'indice GSCI Agriculture par les variations de positions indicielles CFTC (en % des positions ouvertes) lors de la hausse de 2010. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de positions indicielles.

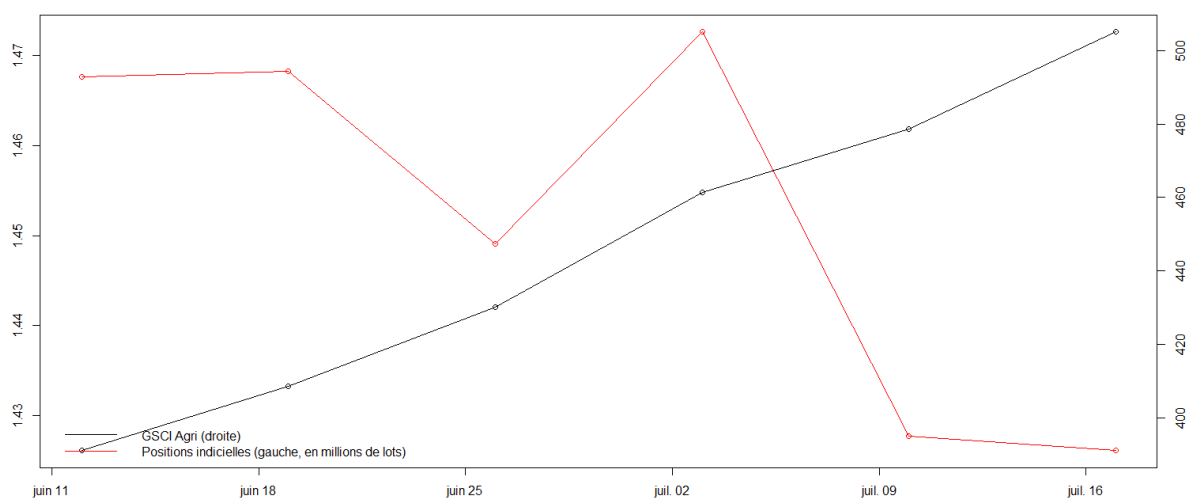


Figure 7.10a : Indice GSCI Agriculture et positions indicielles hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2012.

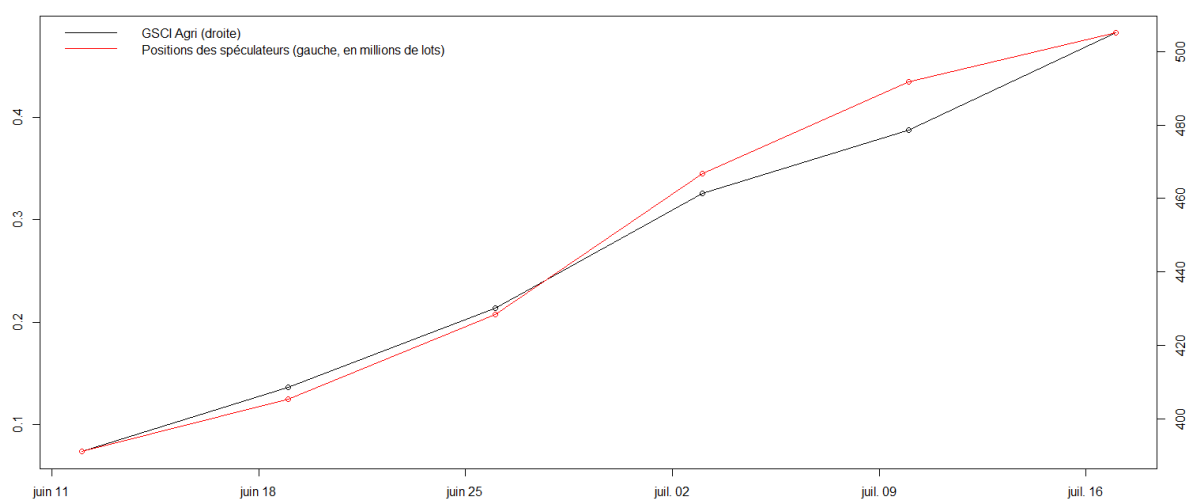


Figure 7.10b : Indice GSCI Agriculture et positions spéculatives hebdomadaires (CFTC) lors de la hausse de 2012.

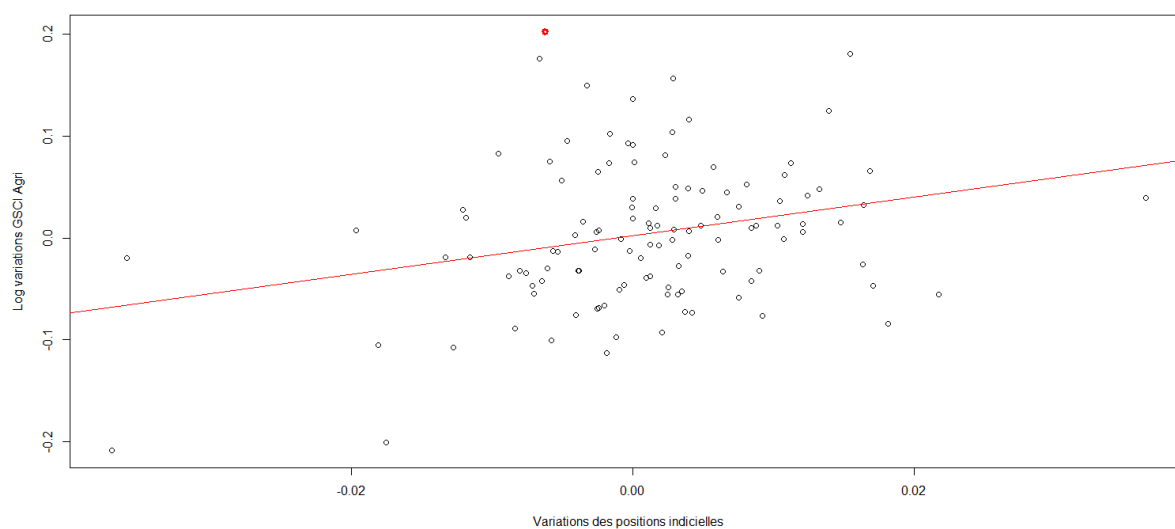


Figure 7.11 : Log variations de l'indice GSCI Agriculture contre variations des positions indicielles (CFTC) en % des positions ouvertes précédentes sur un horizon temporel égal à celui de la hausse de 2012. Le point en haut à gauche correspond à la hausse de 2012.

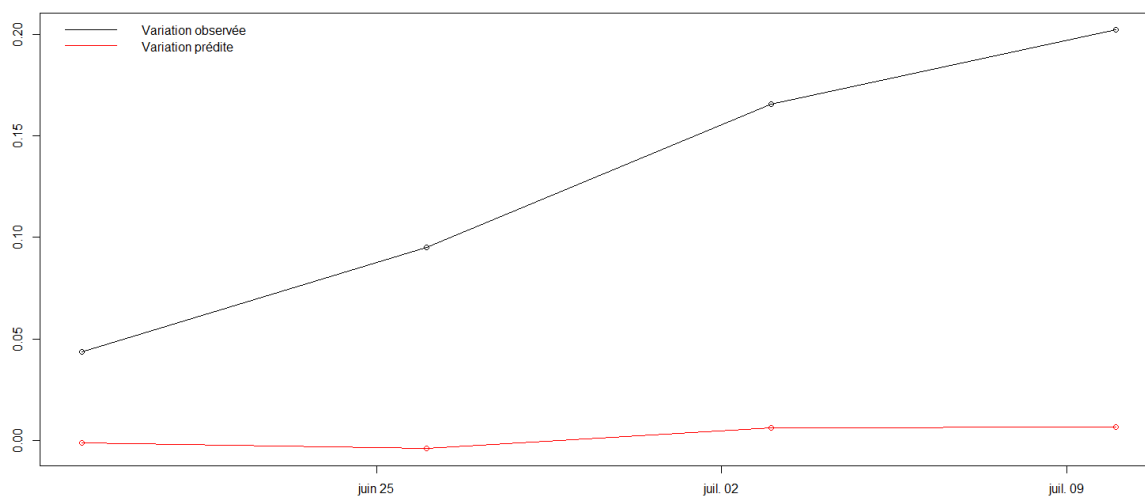


Figure 7.12 : Log variations observée et prédite de l'indice GSCI Agriculture par les variations de positions indicielles CFTC (en % des positions ouvertes) lors de la hausse de 2012. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de positions indicielles.

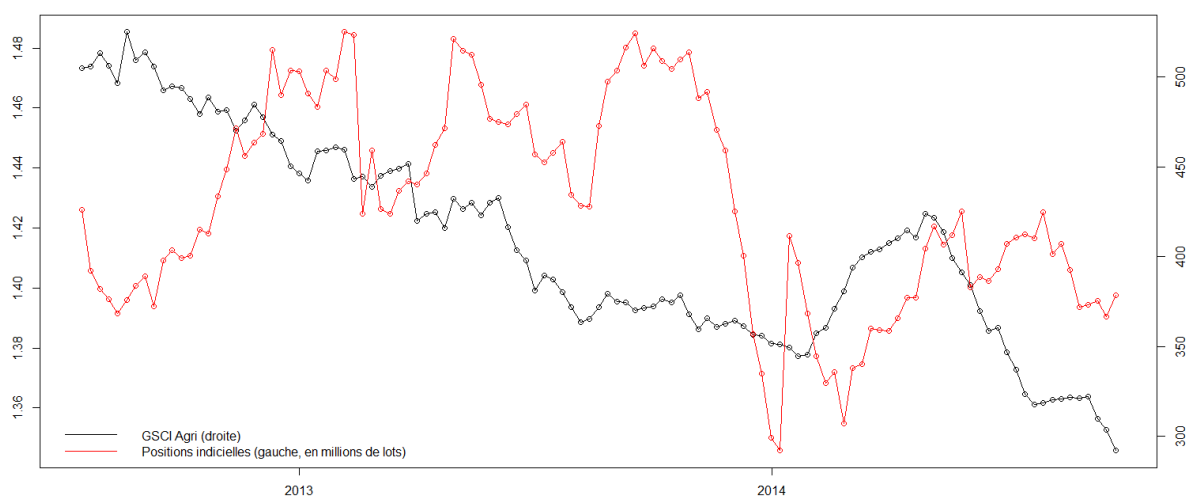


Figure 7.13a : Indice GSCI Agriculture et positions indicielles hebdomadaires (CFTC) lors de la baisse de 2014.

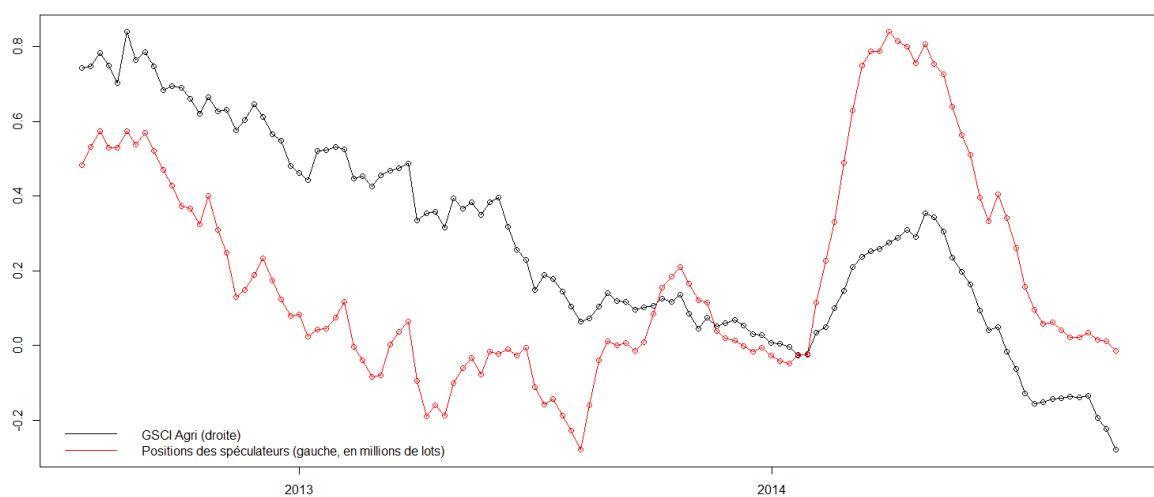


Figure 7.13b : Indice GSCI Agriculture et positions spéculatives hebdomadaires (CFTC) lors de la baisse de 2014.

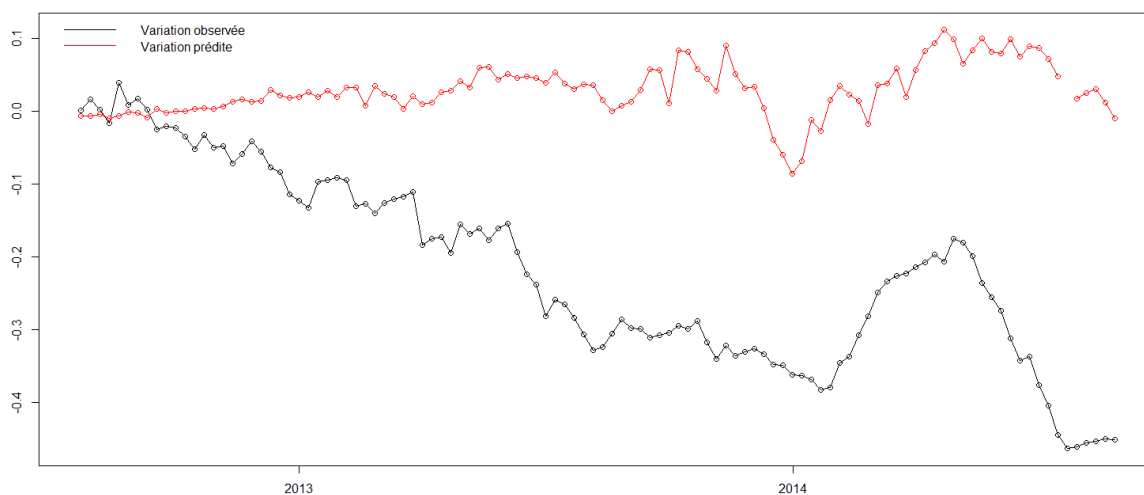


Figure 7.14 : Log variations observée et prédite de l'indice GSCI Agriculture par les variations de positions indicielles CFTC (en % des positions ouvertes) lors de la baisse de 2014. Un modèle linéaire est calibré sur chaque horizon de temps pour calculer le mouvement prédit par la variation de positions indicielles.

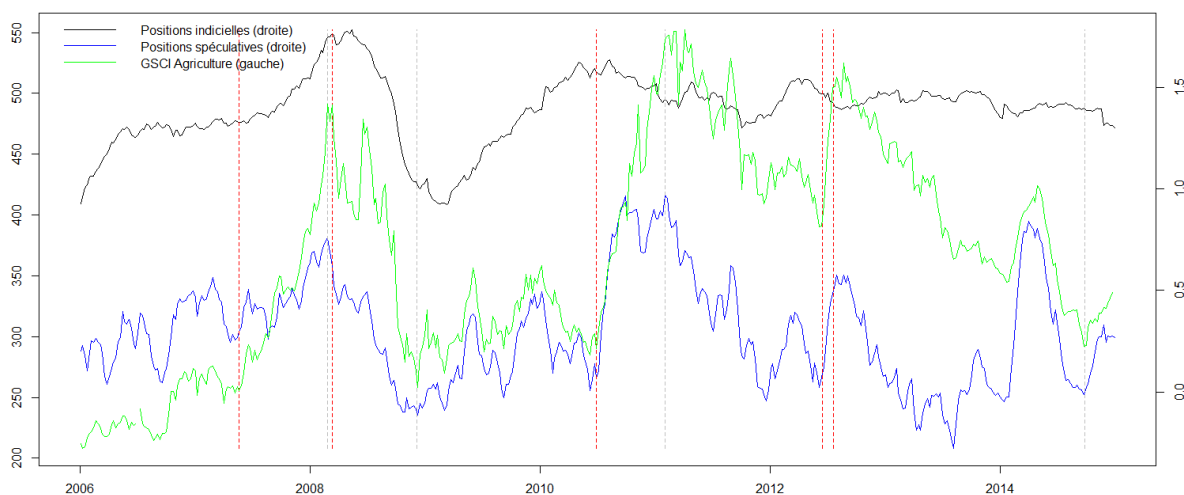


Figure 7.15 : Positions indicielles et spéculatives nettes sur l'ensemble des 12 marchés agricoles suivis par la CFTC (millions de lots).

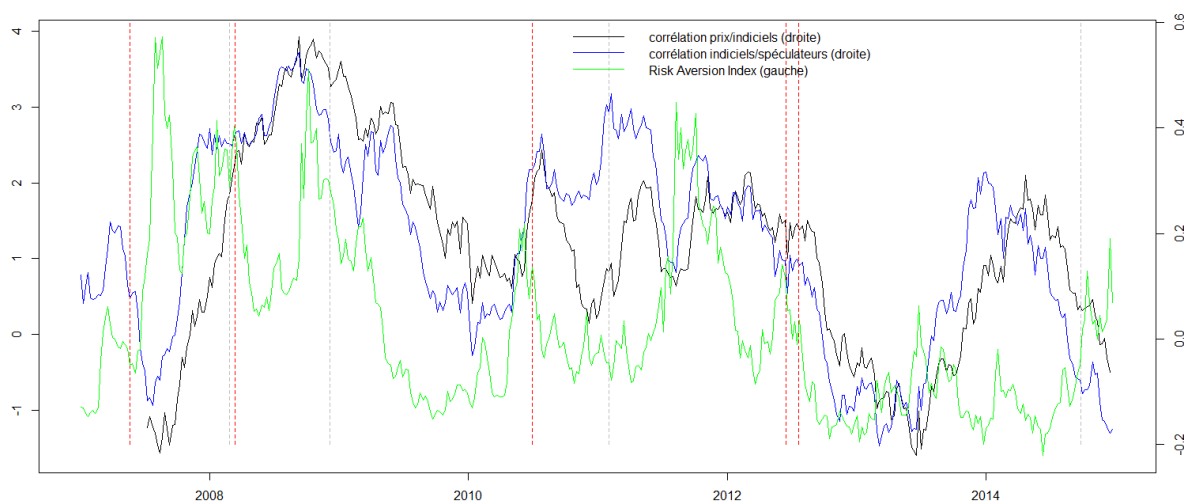


Figure 7.16 : Corrélation entre variation des positions indicielles et rendements hebdomadaires du GSCI Agriculture, corrélation entre variation des positions indicielles et variation des positions spéculatives, et indice d'aversion au risque global (fenêtre de un an glissant).

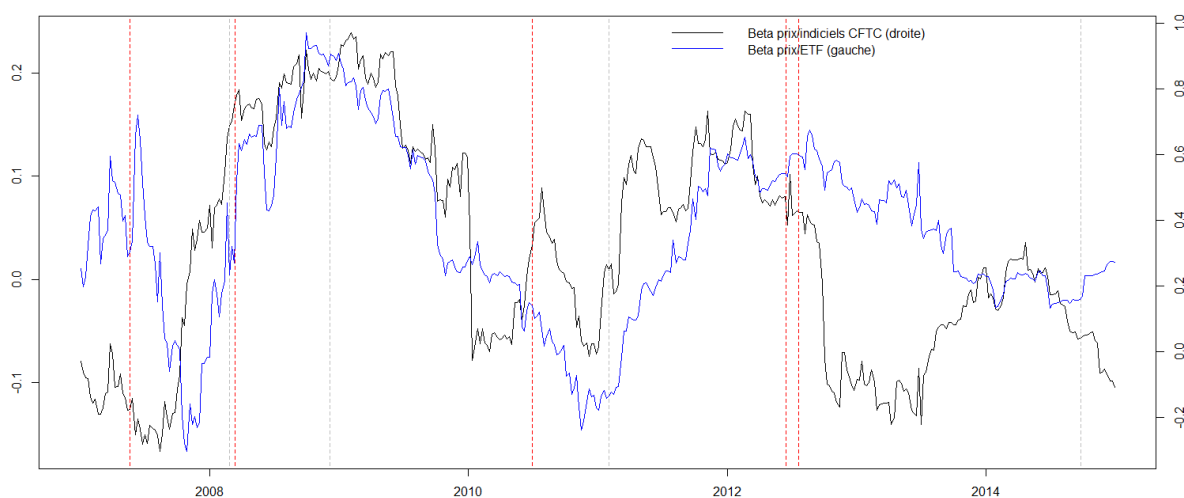


Figure 7.17a : Coefficient de régression des rendements hebdomadaires du GSCI Agriculture sur les variations hebdomadaires de positions indicielles nettes sur les 12 contrats agricoles surveillés par la CFTC et coefficient de régression des rendements hebdomadaires du GSCI Agriculture sur les flux vers les trois principaux ETF généralistes de matières premières principaux (fenêtre de un an glissant). Les variations de positions sont exprimées en millions de lots dans le cas des données CFTC et en milliards de dollars dans le cas des flux ETF.

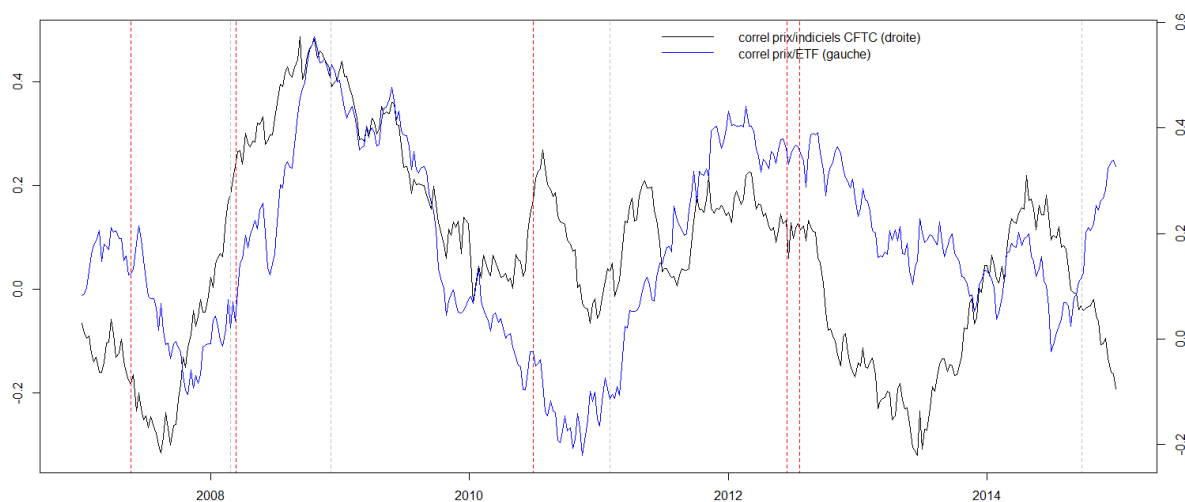


Figure 7.17b : Coefficient de corrélation entre les rendements hebdomadaires du GSCI Agriculture et les variations hebdomadaires de positions indicielles nettes sur les 12 contrats agricoles surveillés par la CFTC et coefficient de corrélation entre les rendements hebdomadaires du GSCI Agriculture et les flux vers les trois principaux ETF généralistes de matières premières principaux (fenêtre de un an glissant).

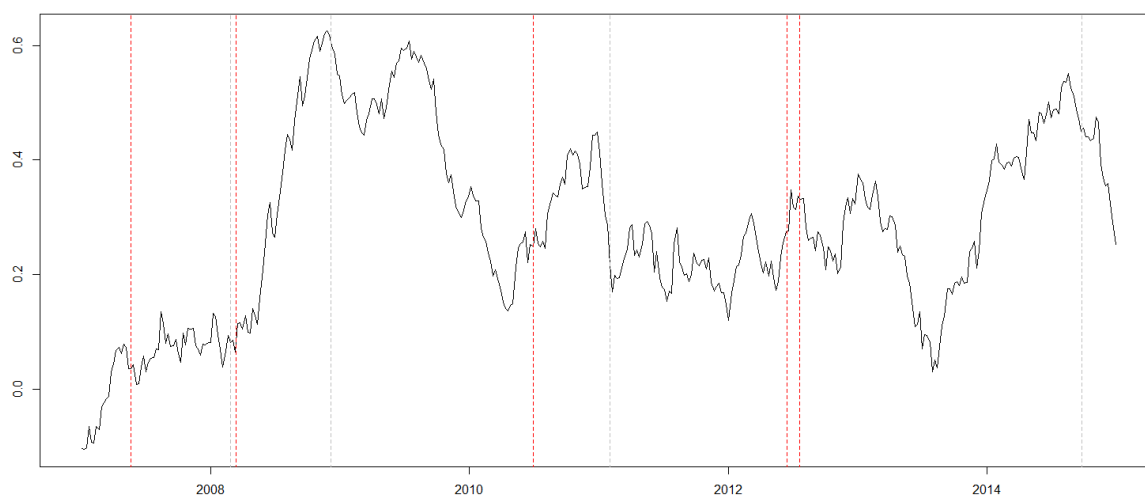


Figure 7.18 : Corrélation glissante entre les variations hebdomadaires de positions indicielles nettes sur les 12 contrats agricoles surveillés par la CFTC et les flux vers les trois principaux ETF généralistes de matières premières.

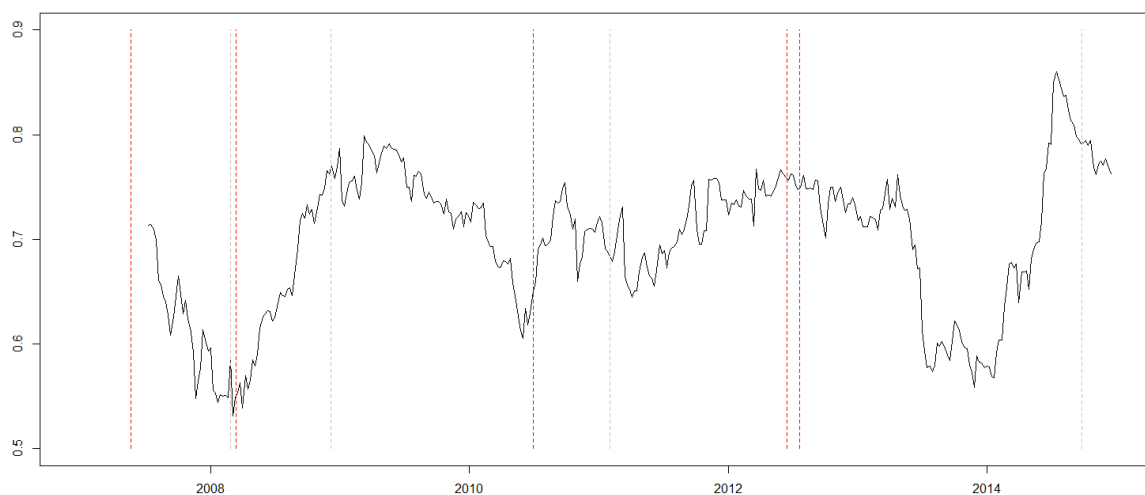


Figure 7.19 : Corrélation glissante entre variations hebdomadaires des positions spéculatives et rendements de l'indice GSCI Agriculture.

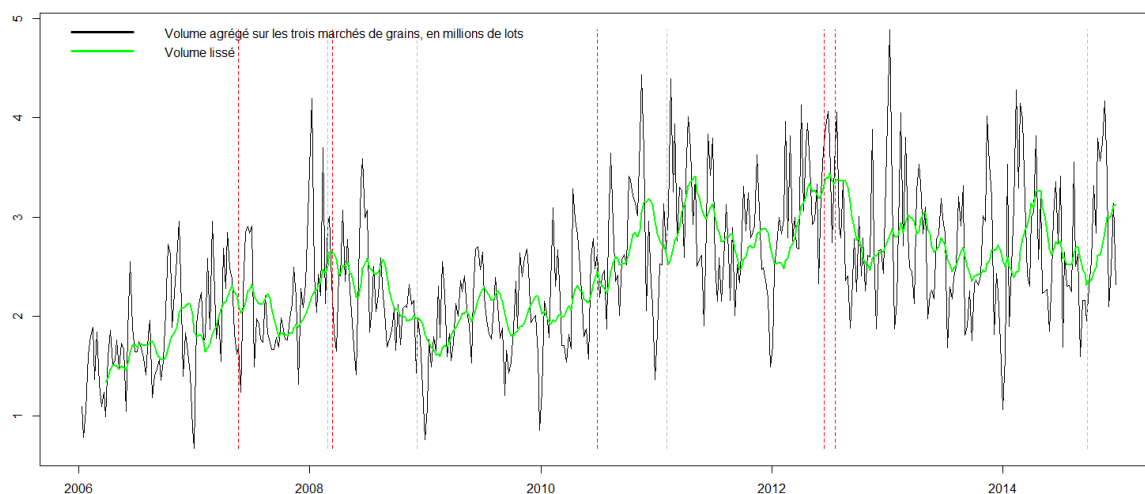


Figure 7.20 : Volume hebdomadaire agrégé sur les trois marchés de grains CBOT (toutes maturités) et volume lissé par moyenne mobile trimestrielle.



Figure 7.21 : Volume hebdomadaire agrégé sur les trois marchés de grains (toutes maturités confondues) lissé par moyenne mobile trimestrielle et positions ouvertes sur les trois marchés de grains CBOT.

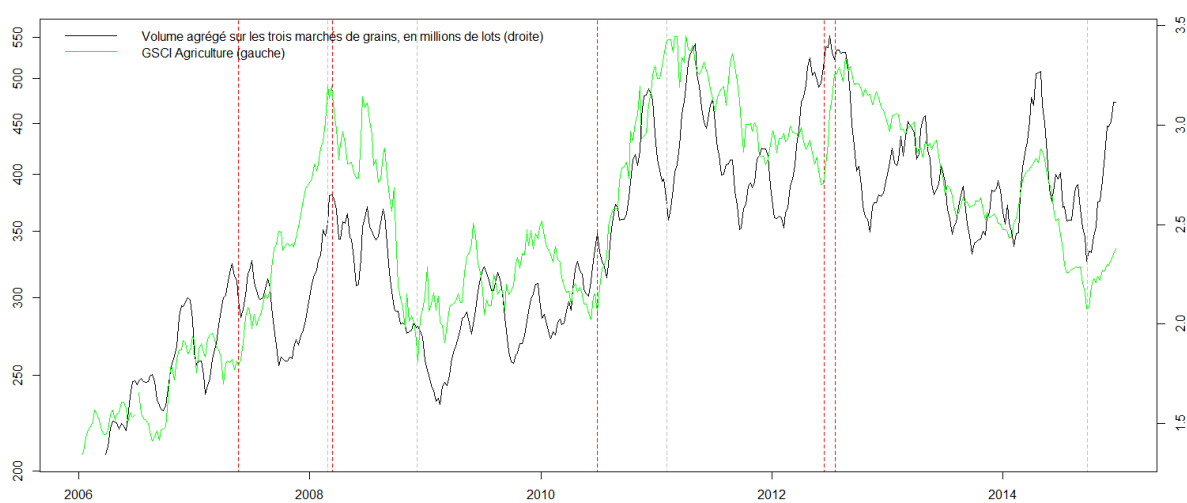


Figure 7.22 : Volume hebdomadaire sur les trois marchés de grains CBOT (toutes maturités confondues) lissé par moyenne mobile trimestrielle et indice GSCI Agriculture.

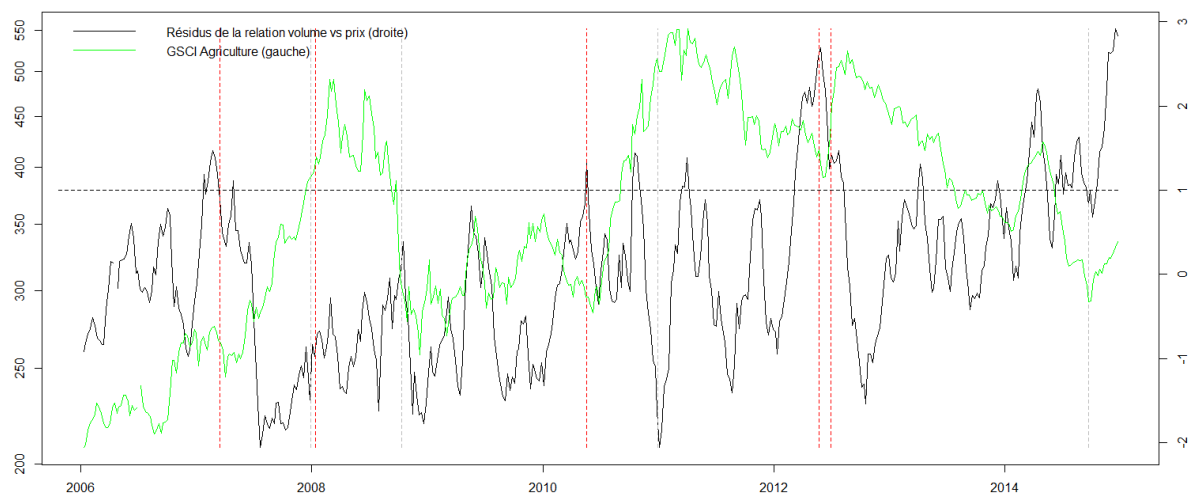


Figure 7.23 : Résidus de la relation linéaire volume/prix (exprimés en écart-types) et indice GSCI Agriculture (en échelle logarithmique).

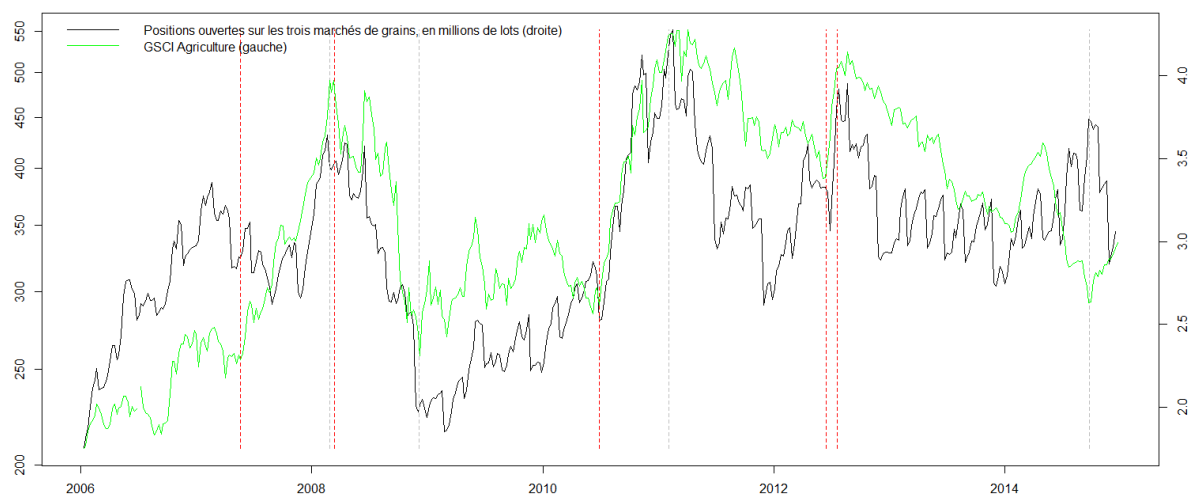


Figure 7.24 : Positions ouvertes sur les trois marchés de grains et indice GSCI Agriculture.

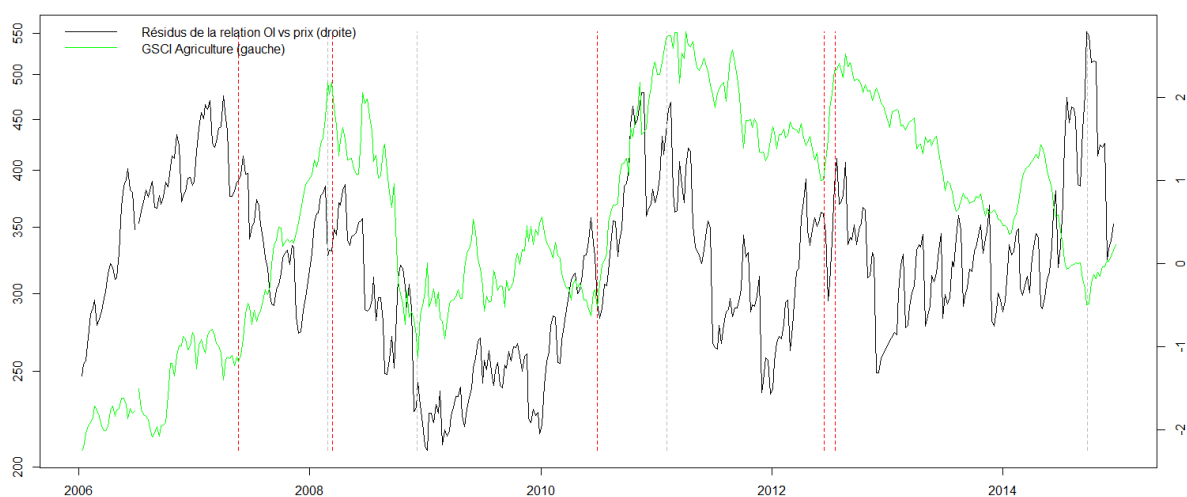


Figure 7.25 : Résidus de la relation linéaire positions ouvertes/prix (exprimés en écart-type) et indice GSCI Agriculture (échelle logarithmique).

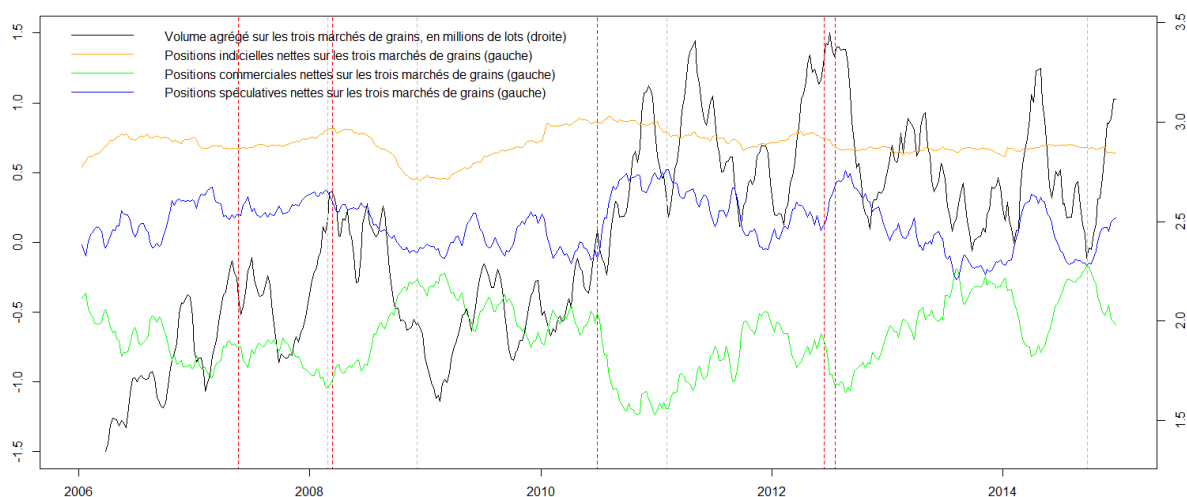


Figure 7.26 : Volumes, positions indicielles, commerciales et spéculatives nettes sur les trois marchés de grains à Chicago (en millions de lots).

Conclusion

La première partie du rapport a mis en évidence l'existence de cycles de corrélation dans les marchés de matières premières : la période de corrélation intense 2008-2012 a fait place à une période de décorrélation de 2012 à 2015. Nous avons également mis en lumière un saut structurel dans les prix agricoles survenu en 2006/2007, que nous avons attribué à l'explosion de la demande pour les biocarburants dans les années 2000.

Notre objectif dans la seconde partie du rapport était de mieux comprendre les causes et les signaux prédictifs des mouvements extrêmes des prix agricoles survenus depuis 2007.

En particulier, nous nous sommes attachés à :

- fournir une méthode d'identification de ces mouvements extrêmes
- éclairer leurs causes
- identifier des signaux anticipatifs de ces mouvements extrêmes.

L'analyse a permis d'identifier cinq mouvements extrêmes, définis comme des variations de prix se détachant nettement du reste de la distribution des variations sur l'horizon de temps où elles se sont déroulées :

- la hausse de fin mai 2007-février 2008
- la baisse de mars-décembre 2008
- la hausse de fin juin 2010- début février 2011
- la hausse de juin-juillet 2012
- la baisse de fin juillet 2012- fin septembre 2014

Nous avons examiné le rôle explicatif et le pouvoir prédictif de trois types de variables :

- variables liées aux prix seuls
- variables liées à l'information délivrée mensuellement par l'USDA sur les stocks de fin de campagne
- variables liées aux volumes, et à l'information délivrée chaque semaine par la CFTC sur les positions des différents types d'intervenants sur 12 marchés dérivés agricoles américains

Nos résultats sont résumés dans le tableau C.1 ci-dessous :

- en ce qui concerne les variables de prix, les variables prédictives suivantes ont été identifiées :
 - un spot sous-valorisé par rapport au first-nearby (précurseur des hausses de 2007-2010 et la baisse de 2008)
 - écarts de valorisation blé américain/blé français (précurseur des hausses de 2007-2010 et des baisses de 2008-2013)
 - écarts de valorisation inter-grains aux Etats-Unis (précurseur de tous les mouvements hormis la hausse de 2010)
 - volatilité historique du spread calendaire (augmente lors des hausses de 2007-2010) et ratio volatilité long terme/volatilité du spread (augmente lors des baisses de 2008 et 2012-2014)

- volatilité implicite (la corrélation volatilité/prix permet de savoir si le risque est identifié à la hausse ou à la baisse) : précurseur de la hausse de 2012 et de la baisse de 2012-2014 (indisponible avant 2012)
 - mouvements extrêmes sur des horizons courts (identification précoce de tous les mouvements extrêmes)
 - ruptures dans la relation prix spot/spreads calendaires (précurseur de la hausse de 2007, contemporaine de la hausse de 2010)
- en ce qui concerne les variables de stocks, le pouvoir explicatif varie énormément (de 0% à 100%) d'un épisode et d'un marché de grain à l'autre et les ruptures dans la relation spot/stocks ont été identifiées comme prédictives (précurseur de la hausse de 2007, contemporaine de la hausse de 2010 et des baisses de 2013 et 2014)
 - en ce qui concerne les variables de volumes et de positions, le pouvoir explicatif des flux indiciels est potentiellement important pour les épisodes de 2007-2008 et une déviation positive à la relation de long terme volume/prix a été identifiée comme prédictive (supérieure à un écart-type avant chacun des mouvements extrêmes)

En conclusion, les indicateurs prédictifs les plus fiables à considérer sont :

- les volatilités implicites (associées à la corrélation volatilité/prix pour prédire le sens)
- les écarts de valorisation spot/first-nearby, inter-grains et géographiques (plusieurs écarts de valorisation simultanés renforcent la confiance de la prédiction), qui ne prédisent pas en général le sens du mouvement futur potentiel
- les mouvements extrêmes d'horizons plus courts (qui prédisent le sens du mouvement extrême)
- les ruptures dans la relation prix/stocks (et prix/spreads calendaires), qui peuvent prédire des mouvements de hausse ou de baisse extrême
- les déviations volume/prix, qui prédisent hausses et baisses extrêmes

Chacune des variables présentées plus haut donne lieu également à des signaux en dehors des épisodes extrêmes, qui sont décrits dans le tableau récapitulatif C.1 ci-dessous. L'observation d'une conjonction des signaux précédents peut réduire la probabilité de prédire à tort un mouvement extrême imminent.

Une analyse « out-of-sample » (examinant le pouvoir prédictif des indicateurs précédents sur les mouvements extrêmes post-2014) viendrait utilement compléter l'analyse « in-sample » conduite dans ce rapport. Celle-ci pourra faire l'objet de travaux ultérieurs.

Une question de régulation importante consiste à savoir ce que doit faire le régulateur face à des signaux prédictifs de futurs mouvements extrêmes.

Une première approche consisterait à tenter de prévenir ou d'amortir le futur mouvement extrême par l'intermédiaire d'un "fonds de régulation" pouvant intervenir sur les marchés physiques ou à terme de façon contra-cyclique (acheteur dans les périodes de forte baisse, vendeur dans les épisodes de forte hausse). Une seconde approche, moins interventionniste, pourrait consister à simplement alerter de façon transparente les opérateurs physiques (producteurs, éleveurs, transformateurs etc.) et les gouvernements sur la possibilité d'occurrence d'un mouvement extrême de prix pour leur permettre d'atténuer ses effets par des couvertures adaptées.

Informations sur les prix	Hausse de 2007 fin mai 2007 - fin février 2008	Baisse de 2008 mi mars 2008 - début décembre 2008	Hausse de 2010 fin juin 2010 - début février 2011	Hausse de 2012 mi juin 2012 - mi juillet 2012	Baisse de 2012-2014 fin juillet 2012 - fin septembre 2014	Signaux en dehors des épisodes extrêmes
spreads calendaires solo spot vs first-neaby ruptures relation spot vs spread calendaire CT ruptures relation spot vs spread calendaire LT	spot sous-valorisé 3 grains (dive la hausse) rupture en 2006 rupture au milieu de la hausse	first-neaby survalorisé maïs/soja (dive la baisse) rupture à la fin de la baisse rupture à la fin de la baisse	spot sous-valorisé blé (dive la hausse) rupture au début de la hausse rupture au milieu de la hausse	spot sous-valorisé blé (dive la hausse) rupture au début de la hausse rupture au milieu de la hausse	blé américain survalorisé (dive la baisse de 2013) maïs survalorisé (dive la baisse)	signaux sur le blé avant la hausse de début 2004, sur le maïs/soja avant la baisse de 2004, faux signal sur le maïs/soja en 2003
spreads géographiques spreads inter-grains	blé américain sous-valorisé (dive la hausse) maïs survalorisé (blé dive la hausse)	blé américain survalorisé (dive la baisse) blé survalorisé (dive la baisse)	blé français sous-valorisé début 2010 (dive la hausse)	blé sous-valorisé (dive la hausse)	blé américain survalorisé (dive la baisse de 2013) maïs survalorisé (dive la baisse)	blé américain survalorisé fin 2013 (faux signal) et fin 2014; blé français survalorisé avant la baisse de 2006 (dérivé par le blé US) soja survalorisé en 2004/2011 avant les chutes de 2004/2011
volatilité historique (blé) implicite (maïs/soja)	vol du spread calendaire augmente pendant la hausse NA	vol long terme/vol spread augmente pendant la hausse NA	vol du spread calendaire augmente pendant la hausse NA	prédictive (corrélée positivement aux prix)	vol long terme/vol spread augmente pendant la baisse prédictive (corrélée négativement aux prix)	volatilité du spread augmente début 2003 (contexte de baisse des prix)
corrélations		hausse des corrélations inter-grains et grains/autres classes d'actifs signale une montée du risque systémique				
mouvements extrêmes horizon court (blé)	instabilité à la hausse détectée une première fois mi-2006 puis une seconde fois début septembre 2007	instabilité à la baisse détectée en mai 2008	instabilité à la hausse détectée mi-juillet 2010	instabilité à la hausse détectée début juillet 2012	instabilité à la baisse détectée à la fin de la baisse de l'été 2013 puis une seconde fois à la fin de la baisse de l'été 2014	instabilité détectée vers la fin de la hausse de 2002 et la fin de la baisse de 2005
Informations sur les stocks USDA						
pouvoir explicatif des révisions de stocks (modèle linéaire stationnaire sur toute la période)	environ 50% (100% pour soja, 25% pour blé, 0% pour maïs)	environ 25% (50% pour blé, 0% pour soja et maïs)	environ 50% (75% pour blé, 50% pour soja, 25% pour maïs)	environ 25% (idem 3 grains)	environ 75% (100% pour maïs/soja, 0% pour blé)	
stock-to-use initial (moyenne 3 grains monde)	nettement inférieur à la moyenne	nettement inférieur à la moyenne	nettement supérieur à la moyenne	légèrement supérieur à la moyenne	légèrement inférieur à la moyenne	
sensibilité locale Delta prix/Delta stocks	décorrélation deux ans avant la hausse; recorrélation pendant la hausse	forte sensibilité avant et pendant la baisse	décorrélation avant la hausse et recorrélation pendant la hausse	forte sensibilité avant et pendant la hausse	forte sensibilité avant la baisse de 2013; décorrélation pendant la baisse; recorrélation pendant la baisse de 2014	décorrélation avant la hausse de 2002
ruptures relation prix/stocks	rupture en 2006 (décorrélation)	rupture en octobre 2008 (sauf de prix ponctuel déconnecté de l'information sur les stocks)	rupture au début de la hausse (très forte recorrélation)	pas de rupture	ruptures pendant les étés 2013 (décorrélation) et 2014 (recorrélation)	rupture en 2009 (jusqu'en février 2010)
Informations sur les flux/volumes						
pouvoir explicatif des flux indicels (modèle linéaire stationnaire sur toute la période)	environ 40%	potentiellement 100% (maïs les flux sont en retard sur les prix)	nul	nul	nul	
sensibilité locale Delta prix/flux indicels	faible au début de la hausse; forte à la fin	forte sensibilité en hausse	intermédiaire	intermédiaire	faible en 2013; intermédiaire en 2014	
sensibilité locale Delta prix/flux spécialisés	en baisse		stable	stable	baisse en 2013; augmente fortement en 2014	
déviation volume/prix	forte avant la hausse	forte avant la hausse	forte avant la hausse; nouveau signal au milieu de la hausse	forte avant la hausse	forte avant les baisses des étés 2013 et 2014	forte avant la baisse de 2011; forte toute la fin 2014

Table C.1 : Pouvoir prédictif des différents indicateurs considérés dans ce rapport sur les cinq mouvements extrêmes identifiés dans la partie II. La dernière colonne a pour objectif de présenter les « faux signaux » éventuels transmis par ces indicateurs.

Références bibliographiques

Barber, B. M., & Odean, T. (2008). All that glitters: The effect of attention and news on the buying behavior of individual and institutional investors. *Review of Financial Studies*, 21(2), 785-818.

Capelle-Blancard, G., Coulibaly, D. (2011). Index Trading and Agricultural Commodity Prices: A Panel Granger Causality Analysis, *International Economics* 126-127, pp. 51-72

Gervais, S., Kaniel, R., & Mingelgrin, D. H. (2001). The high-volume return premium. *The Journal of Finance*, 56(3), 877-919.

Gilbert, C. L. (2010). How to understand high food prices. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 398-425.

Gilbert, C. L. (2010). Speculative Influences on Commodity Futures Prices 2006-2008. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Discussion Papers No. 197

Guilleminot B, Ohana JJ, Ohana S, 2012, Les nouveaux modes d'investissement sur les marchés dérivés de matières premières agricoles : décryptage et impacts, *Riskelia*, <http://agriculture.gouv.fr/ministere/les-nouveaux-modes-dinvestissement-sur-les-marches-derives-de-matieres-premieres-agricole>

Guilleminot, B., Ohana, J. J., & Ohana, S. (2014). The interaction of speculators and index investors in agricultural derivatives markets. *Agricultural Economics*, 45(6), 767-792.

Headey, D., & Fan, S. (2008). Anatomy of a crisis: the causes and consequences of surging food prices. *Agricultural Economics*, 39(s1), 375-391.

Hochman, G., Rajagopal, D., Timilsina, G., & Zilberman, D. (2014). Quantifying the causes of the global food commodity price crisis. *Biomass and bioenergy*, 68, 106-114.

Hong, H., & Stein, J. C. (2007). Disagreement and the stock market. *Journal of Economic perspectives*, 21(2), 109-128.

Hotelling H. (1931), The Economics of Exhaustible Resources, *Journal of Political Economy* 39 (2), 137-175

Irwin, S., Sanders, D. (2010). A Speculative Bubble in Commodity Futures Prices? Cross-Sectional Evidence. *Agricultural Economics*, Vol. 41.

Irwin, S., Sanders, D. (2011). Index funds, financialization, and commodity futures markets. *Applied Economic Perspectives and Policy*, Vol. 33, 1-31.

Irwin, S., Sanders, D. (2012). Testing the Masters Hypothesis in Commodity Futures Markets. *Energy Economics* 34, 256-269.

Kaldor, N., 1939. Speculation and Economic Stability, *The Review of Economic Studies* 7, 1–27 ;

Lehecka, G. V., Wang, X., & Garcia, P. (2014). Gone in Ten Minutes: Intraday Evidence of Announcement Effects in the Electronic Corn Futures Market. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 36(3), 504-526.

Moskowitz, T., Ooi, Y., Pedersen, L. 2012. Time series momentum, *Journal of Financial Economics* 104, 228–250

Piesse, J., & Thirtle, C. (2009). Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events. *Food policy*, 34(2), 119-129.

Singleton, Kenneth J. (2013). Investor flows and the 2008 boom/bust in oil prices. *Management Science* 60.2, 300-318.

Statman, M., Thorley, S., & Vorkink, K. (2006). Investor overconfidence and trading volume. *Review of Financial Studies*, 19(4), 1531-1565.

Working, H., 1949. The theory of the price of storage. *American Economic Review* 39, 1254–1262

Wright, B. (2014). Global biofuels: key to the puzzle of grain market behavior. *The Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 73-97.

Annexe 1 : Estimation de séries de prix et de courbes « roulées »

Les séries de prix futures brutes (« first-nearby », « second-nearby ») présentent une discontinuité au moment du passage des dates de roulement des contrats. Par exemple, le contrat qui était le « second-nearby » avant la date de roulement devient le « first-nearby » après cette date.

Nous expliquons ici comment construire une série de prix continue au moment du passage des dates de roulement et restant fidèle à l'évolution des prix first-nearby entre différentes dates.

Nous définissons, pour chaque commodité, une « série de prix futures roulée », représentant la performance d'une stratégie φ_t investissant un montant notionnel de \$1 dans le contrat « first-nearby » et roulant la position (i.e. vend le premier contrat, achète le second) le jour précédant le dernier jour de trading du premier contrat. Le jour t , le nombre de contrats détenus est tel que le montant notionnel de la position à la date t est égal à la performance cumulée de la stratégie jusqu'à la date t (ce qui signifie que les gains associés à la stratégie sont réinvestis).

Ainsi, le rendement de la stratégie φ_t entre t et $t + 1$ est toujours égal au rendement du contrat à terme détenu entre les deux dates.

De façon cumulée :

$$\varphi_t = \prod_{\tau \leq t - \Delta t} \left(1 + \frac{\Delta F1_\tau}{F1_\tau} \right) = \prod_{\tau \leq t - \Delta t} \left(\frac{F1_{\tau + \Delta t}}{F1_\tau} \right)$$

où $\Delta F1_\tau = F1_{\tau + \Delta t} - F1_\tau$ représente les variations quotidiennes du contrat à terme détenu à la date τ (le contrat de maturité la plus courte ou de maturité immédiatement supérieure selon les cas). On note que φ_t diverge de la série des prix first-nearby à chaque date de roulement des positions. En effet, la série des first-nearby est discontinue au passage des dates de roulement tandis que φ_t est continue.

Le rendement de prix « roulé » entre deux dates $t1$ et $t2$ est alors défini par:

$$\Delta \text{PrixRoulé}_{[t1:t2]} = \ln \left(\frac{\varphi_{t2}}{\varphi_{t1}} \right)$$

Nous faisons de même pour la variable représentant la variation de la forme de la courbe entre deux dates. Cette fois, nous évaluons la performance d'une stratégie de courbe ω_t , vendant le premier contrat traité (noté $F1$), et achetant le contrat livrant exactement un an après $F1$ ($F2$)⁴⁸:

$$\omega_t = \prod_{\tau \leq t - \Delta t} \left(1 + \frac{\Delta F2_\tau}{F2_\tau} - \frac{\Delta F1_\tau}{F1_\tau} \right)$$

où $\Delta F_\tau = F_{\tau + \Delta t} - F_\tau$ représente la variation du prix du contrat à terme entre les dates τ et $\tau + \Delta t$. La variable approximant la variation de « stock » entre les dates $t1$ and $t2$ est alors définie par:

$$\Delta \text{StockProxy}_{[t1:t2]} = \ln \left(\frac{\omega_{t2}}{\omega_{t1}} \right)$$

⁴⁸ Nous nous intéressons à la dynamique de la forme de la courbe décrite par l'écart entre des maturités distantes d'un an de façon à filtrer autant que possible les effets saisonniers.

Annexe 2 : L'estimation de l'impact des flux indiciels sur les prix

De façon générale, il est difficile d'estimer l'impact des flux d'investissement sur les prix, les premiers étant endogènes par rapport aux seconds : la corrélation peut provenir d'une causalité inverse des prix vers les flux, ou encore d'une troisième variable gouvernant prix et flux. Le problème d'endogénéité est moins important pour les flux indiciels sur les marchés dérivés agricoles car la plupart de ces flux sont de nature exogène par rapport à ces marchés (la plus grande partie des investisseurs indiciels passent par des indices généralistes regroupant plus d'une vingtaine de contrats et corrélés à plus de 90% au pétrole). On peut donc considérer ces flux comme gouvernés par des facteurs largement indépendants des marchés agricoles.

L'impact des flux indiciels sur les prix est estimé à l'aide du modèle linéaire suivant :

$$\frac{P_t^i - P_{t-1}^i}{P_{t-1}^i} = \alpha + \beta_1 \frac{CIT_t^i - CIT_{t-1}^i}{OI_{t-1}^i} + \gamma_1 InvProxy_t^i + \gamma_2 CyclInvProxy_t + \gamma_3 \Delta RA_t + \gamma_4 \frac{\Delta Dollar_t}{Dollar_{t-1}} + \varepsilon_t^i$$

où $\frac{P_t^i - P_{t-1}^i}{P_{t-1}^i}$ représente le rendement des prix rollés entre les semaines t-1 et t et où $\frac{CIT_t^i - CIT_{t-1}^i}{OI_{t-1}^i}$ se réfère aux flux indiciels nets la semaine t divisés par les positions ouvertes de la semaine t-1.

On utilise les flux vers les trois ETF généralistes principaux de matières premières pour mesurer les « flux indiciels ».

La variation du Dollar Index, de l'indice d'aversion au risque, du proxy de variation de stocks de la matière première i et de l'ensemble des matières premières cycliques sont incluses comme variables de contrôle dans la régression.

ΔRA_t est la variation de l'indice d'aversion au risque de la semaine t, $\frac{\Delta Dollar_t}{Dollar_{t-1}}$ est le rendement du dollar index. $InvProxy_t^i$ est la variation du proxy de niveau de stock de la matière i la semaine t, calculée comme expliqué à l'annexe 1. $CyclInvProxy_t$ représente la variation du proxy de niveau de stocks de sept matières premières cycliques approximé par le ratio F13/F1.

Toutes les variables sont normalisées pour avoir une moyenne nulle et une variance de 1.

Annexe 3 : Analyse de la causalité au sens de Granger

Considérons deux séries temporelles stationnaires et corrélées dont la dynamique est décrite par l'équation suivante (modèle Vector AutoRegressive ou VAR):

$$X_t = \begin{pmatrix} X_t^1 \\ X_t^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix} X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Où X_t désigne le vecteur des deux séries temporelles et ε_{t+1} un vecteur de « bruits blancs » (sans corrélation temporelle).

La matrice $\begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix}$ caractérise la réaction des observations au temps t aux observations au temps $t-1$.

$\begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix}$ peut être calibré par une régression linéaire de $X_t = \begin{pmatrix} X_t^1 \\ X_t^2 \end{pmatrix}$ sur X_{t-1}

On dit que X_t^2 cause X_t^1 au sens de Granger si le coefficient β_{12} , décrivant l'impact de X_{t-1}^2 sur X_t^1 , est significativement différent de 0.

De même, X_t^1 cause X_t^2 au sens de Granger si le coefficient β_{21} , décrivant l'impact de X_{t-1}^1 sur X_t^2 , est significativement différent de 0.

La causalité au sens de Granger caractérise donc une situation où l'information apportée par une variable à la date $t-1$ est utile à la prédiction d'une autre variable au temps t .

Annexe 4 : Modèle «VECM » (Vector Error Correction Model) pour deux séries temporelles non stationnaires « cointégrées » (i.e. présentant une relation de long terme)

Lorsque deux séries temporelles non stationnaires présentent une forte relation de long terme, la méthodologie standard consiste à estimer un modèle dit « à correction d'erreur » sur les deux séries de prix :

$$\Delta X_t = X_{t+1} - X_t = \begin{pmatrix} \Delta X_t^1 \\ \Delta X_t^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix} \Delta X_{t-1} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} (X_t^1 - \beta X_t^2) + \varepsilon_{t+1}$$

Où X_t désigne le vecteur des deux séries et ε_{t+1} un vecteur de « bruits blancs » (sans corrélation temporelle).

La matrice $\begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix}$ caractérise l'impact des mouvements de prix passés sur les mouvements de prix futurs.

La série $(X_t^1 - \beta X_t^2)$ correspond à l'erreur ou l'écart à la relation de long terme entre les deux séries de prix. En première approximation, celle-ci peut être calibrée par une régression linéaire directe de X_t^1 sur X_t^2 .

Le vecteur $\begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix}$ décrit le mécanisme de retour à l'équilibre de long terme entre les deux séries (on attend un signe négatif pour δ_1 et positif pour δ_2). Si δ_1 est significativement négatif et δ_2 n'est pas significativement positif, un écart à la relation de long terme prédit une variation de X_t^1 mais pas de X_t^2 . Ainsi, on en déduit que X_t^2 est leader dans la relation de long terme par rapport à X_t^1 .

$\begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{pmatrix}$ et $\begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix}$ peuvent être aisément calibrés par une régression linéaire de $\begin{pmatrix} \Delta X_t^1 \\ \Delta X_t^2 \end{pmatrix}$ sur ΔX_{t-1} et $(X_t^1 - \beta X_t^2)$.

Dans tout le rapport, X_t se réfère au vecteur des logarithmes de deux séries de prix et la série $(X_t^1 - \beta X_t^2)$ correspondra aux résidus de la régression linéaire de X_1 sur X_2 . La seule exception est le modèle à correction d'erreur sur le couple prix/coût, où le vecteur X_t désigne le vecteur prix/coût (sans logarithme) et où les résidus correspondent à la différence Prix - Coûts. La raison de ce choix est que les résidus peuvent dans ce cas être interprétés aisément comme la rentabilité associée à la production des grains.

Annexe 5 : Prévisions mensuelles de stocks USDA

Autour du 10 de chaque mois, l'USDA publie un rapport (WASDE ou World Agricultural Supply and Demand Estimates) fournissant les prévisions de stocks d'un grand nombre de matières premières agricoles (blé, maïs, soja etc.), en début et fin de campagne, aux niveaux pays et mondial. Ces prévisions de stocks découlent notamment des prévisions de récolte (surfaces plantées et rendements) et de consommation (bétail, exports, usage domestique, éthanol...) remises à jour tous les mois, en fonction de modèles de prévision propriétaires à l'USDA.

Les campagnes du maïs et du soja se déroulent d'un mois de septembre au mois d'août suivant dans l'hémisphère Nord, celles du blé du mois de juin au mois de mai suivant.

Chaque rapport USDA publie des prévisions de stocks de début et de fin de campagne relatives à trois campagnes successives, avec une discontinuité dans le rapport de mai.

Ainsi, dans le cas du maïs et du soja, dont la récolte se déroule de septembre à décembre aux Etats-Unis, les informations publiées par l'USDA se déroulent selon le calendrier suivant :

- 1) Les rapports de mai à août de l'année n fournissent des informations sur la campagne en cours (de début septembre de l'année $n-1$ à fin août de l'année n), sur la campagne précédente (de début septembre de l'année $n-2$ à fin août de l'année $n-1$) ainsi que sur la campagne suivante (de début septembre de l'année n à fin août de l'année $n+1$).
- 2) Les rapports de septembre de l'année n à avril de l'année $n+1$ fournissent des informations sur les campagnes $n-2/n-1$ et $n-1/n$ ainsi que sur la campagne en cours ($n/n+1$).
- 3) En mai de l'année $n+1$, le rapport USDA publie pour la première fois des prévisions relatives à la campagne suivante ($n+1/n+2$) mais cesse de publier des informations relatives à la campagne $n-2/n-1$ et ainsi de suite...

Dans le cas du blé, les campagnes débutent en juin au lieu de septembre mais la discontinuité dans les rapports USDA continue à se situer au mois de mai.

Par conséquent, pour tous les grains, les prévisions relatives à la campagne $n/n+1$ deviennent pour la première fois disponibles en mai de l'année n et sont remises à jour pour la dernière fois en avril de l'année $n+3$.

Dans tout le rapport, nous nous intéressons uniquement aux prévisions relatives à la campagne $n/n+1$ de mai de l'année n à avril de l'année $n+1$ (première année de disponibilité des prévisions). En effet, en dehors de cette période, la volatilité des prévisions -et donc leur contenu informationnel- est très faible (voir Figure A5.1). Ainsi, nous ne pourrions donc pas définir une « révision mensuelle » lors des rapports publiés en mai.

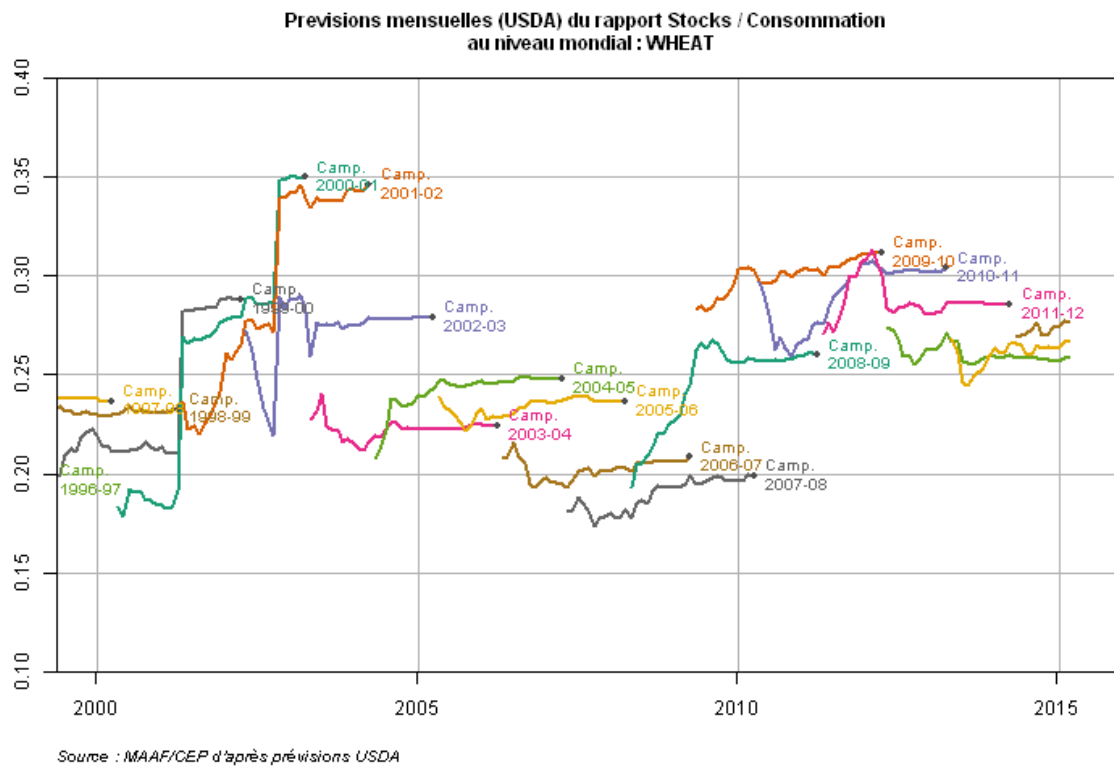


Figure A5.1 : Prévisions mensuelles de Stock-to-Use ratio du blé au niveau monde publiées par le rapport USDA (WASDE). Les prévisions relatives à la campagne $n/n+1$ commencent à être publiées en mai de l'année n et cessent d'être publiées en mai de l'année $n+2$.

Annexe 6 : relation entre spreads calendaires et perception des niveaux de stocks

Les différences ou « spreads » calendaires entre contrats de différentes maturités sont, pour les commodités stockables, attachées au prix de la capacité libre de stockage ou au prix d'accès à la matière première entre ces deux dates.

En effet, l'opération consistant en l'achat d'un contrat de maturité courte et la vente simultanée d'un contrat de maturité plus longue (arbitrage « cash and carry ») peut être assimilée à la mise en location d'une capacité de stockage pendant une certaine période de temps. De même, l'opération consistant en la vente d'un contrat de maturité courte et l'achat simultané d'un contrat de maturité plus longue (arbitrage « reverse cash and carry ») peut être vue comme le prêt d'une matière première pendant une certaine période de temps. Dans le premier cas, l'opérateur empochera la différence entre les prix du contrat long et du contrat court (si celle-ci est positive) et paiera coûts de stockage et coûts du capital entre les deux dates, le bénéfice résiduel éventuel pouvant être interprétée comme le « prix de marché du stockage », c'est-à-dire le loyer de la capacité de stockage entre les deux dates. Dans le second cas, l'opérateur recevra la différence entre les prix du contrat court et du contrat long (si celle-ci est positive), économisera le coût du stockage et percevra en outre des intérêts sur le fruit de la vente à la première date de livraison : le bénéfice financier, s'il est positif, peut dans ce cas être interprété comme le « prix de l'accès à la matière première », ou encore comme le coût associé à l'emprunt de cette matière première entre les deux dates.

De façon générale, on peut écrire :

Spread calendaire $F2 - F1$ ⁴⁹

= coût du capital + coût du stockage physique + prix du stockage – prix de l'accès (A6.1)

Les deux derniers termes (prix de marché du stockage et prix de l'accès) sont ceux à l'origine de l'essentiel de la volatilité du spread calendaire et de son fort lien avec les niveaux de stocks⁵⁰ :

- Quand les stocks sont pleins, la capacité libre tend vers 0 et le prix du stockage, donc les spreads calendaires, s'élèvent (situation de « contango », c'est-à-dire de prix à terme augmentant avec la maturité). Le prix d'accès à la matière première est nul. Dans cette situation, l'arbitrage cash and carry (achat $F1$ et vente $F2$) est fortement récompensé pour le détenteur d'une capacité libre de stockage car il n'est pas facile de trouver une capacité de stockage disponible.
- Quand les stocks sont vides, la capacité libre est abondante et le prix du stockage devient nul. Non seulement il n'y a pas de coût supplémentaire associé à la détention de la matière première entre 0 et T , mais il y a même un bénéfice financier pour le détenteur de la matière première entre ces deux dates. Ce bénéfice est notamment lié

⁴⁹ Ici, $F1$ et $F2$ correspondent aux prix à terme de deux contrats livrant à deux dates $T1$ et $T2$ telles que $T1 < T2$.

⁵⁰ La corrélation spread calendaire vs stocks est connue sous le nom de « théorie du stockage », élaborée par Kaldor et Working dans les années 30-40. Voir Kaldor, N., 1939. Speculation and Economic Stability, The Review of Economic Studies 7, 1–27 et Working, H., 1949. The theory of the price of storage. American Economic Review 39, 1254–1262

au fait qu'en situation de pénurie, le détenteur d'une matière première est immunisé contre le risque de rupture de ses opérations. Dans ce cas, « le prix de l'accès » à la matière première entre les deux dates (ou encore le coût d'emprunter la matière première entre les deux dates) devient positif. Les spreads calendaires baissent et peuvent même devenir négatifs quand le prix de l'accès devient supérieur aux coûts du capital et du stockage (situation dite de « backwardation »). Dans cette situation, l'arbitrage reverse cash and carry (vente F1 et achat F2) est fortement récompensé pour le détenteur d'un stock de matière première car il n'est pas facile de trouver des stocks disponibles.

L'égalité (1) est vérifiée à tout moment du fait de la possibilité des arbitrages physiques entre marché spot et marché à terme. Ainsi, les spreads calendaires fournissent des informations précieuses en temps réel sur le prix du stockage et le prix de l'accès, qui reflètent la perception du niveau de stock par les intervenants du marché. Il peut s'agir d'une perception relative au stock actuel (dans le cas de spreads calendaires entre marché physique et marché à terme de maturité courte) ou d'une perception relative aux niveaux de stocks futurs (dans le cas de spreads calendaires entre deux contrats à terme livrant dans le futur).

Annexe 7 : le calcul des spreads calendaires pour les marchés de grains

Dans le cas des matières premières agricoles, nous prendrons systématiquement un écart d'un an entre les contrats considérés, du fait de la saisonnalité annuelle due à la récolte. Le spread calendaire sera défini par :

$$\text{Spread} = F1_1Y/F1 - 1$$

Où F1 désigne le prix du contrat à terme de maturité la plus proche⁵¹ (ou « first-nearby ») et F1_1Y celui du contrat livrant exactement un an après F1.

Si cette mesure filtre la saisonnalité annuelle présente dans la courbe à terme des matières premières agricoles, elle présente l'inconvénient d'être discontinue au moment où le contrat F1 cesse d'être négocié sur le marché. En effet, après la date de « roulement » de F1 (la dernière date où ce contrat est négocié), les contrats F1 et F1_1Y ne correspondent plus aux mêmes maturités que le jour précédent. F1 et F1_1Y sont donc susceptibles de « sauter » violemment aux dates de roulement, particulièrement pour les matières premières dont les courbes à terme présentent une forte saisonnalité comme c'est le cas des grains. Ce problème vient du fait que les séries de prix à terme F1 et F1_1Y sont associés à une date de livraison fixe et ont donc un terme (un écart à la date de livraison) qui diminue à mesure qu'on s'approche de la date de livraison. Quand on passe une date de roulement (cela se déroule au milieu du mois de livraison pour les grains à Chicago), le terme du contrat F1 saute brutalement de 0 à plusieurs mois.

Pour contourner ce problème, nous construisons des prix à terme fictifs de termes constants calculés comme une moyenne pondérée des contrats first et second nearby (respectivement F1 et F2) avec un poids $\alpha(t)$ qui dépend de l'écart à la prochaine date de roulement:

$$F1_CM(t) = \alpha(t) * F1 + (1 - \alpha(t)) * F2 \quad ^{52}$$

$\alpha(t) = (\text{prochaine date de roulement} - t) / (\text{prochaine date de roulement} - \text{précédente date de roulement})$

$\alpha(t)$ vaut 1 quand t est juste après la date de roulement du précédent contrat first-nearby (et dans ce cas F1_CM vaut F1) et 0 juste avant la prochaine date de roulement (dans ce cas F1_CM vaut F2). On remarque que F1_CM ne présente pas de discontinuité au moment de la date de roulement car le contrat qui était le second-nearby « F2 » avant la date de roulement devient le first-nearby « F1 » juste après la date de roulement.

De même, on définit le prix de maturité constante F1Y_CM(t) à partir des prix des contrats F1_1Y et F2_1Y livrant respectivement un an après F1 et F2 :

⁵¹ Dans le cas des maïs et du blé à Chicago, les contrats à terme négociés livrent en mars, mai, juillet, septembre et décembre. La maturité du contrat « first-nearby » varie donc entre un jour et trois mois (juste après l'échéance du contrat septembre ou du contrat décembre). Dans le cas du soja à Chicago, il y a 7 échéances traitées, donc la maturité du contrat « first-nearby » est en générale plus courte que dans le cas du maïs et du blé.

⁵² En pratique, nous utilisons des moyennes géométriques, plus adaptées dans le cas de variables positives.

$$F1Y_CM(t) = \alpha(t) * F1_1Y + (1 - \alpha(t)) * F2_1Y$$

Où $\alpha(t)$ est défini de la même façon que précédemment