Quand les cercles vicieux deviennent vertueux : une expérience de marché cobweb circulaire

Angela Sutan et Marc Willinger

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rei/434>

DOI : 10.4000/rei.434

ISSN : 1773-0198

Éditeur

De Boeck Supérieur

Édition imprimée

Date de publication : 15 septembre 2006

Pagination : 267-289

ISSN : 0154-3229

Référence électronique

Angela Sutan et Marc Willinger, « Quand les cercles vicieux deviennent vertueux : une expérience de marché cobweb circulaire », *Revue d'économie industrielle* [En ligne], 114-115 | 2e-3e trimestre 2006, mis en ligne le 03 décembre 2007, consulté le 05 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rei/434> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rei.434>

QUAND LES CERCLES VICIEUX DEVIENNENT VERTUEUX : UNE EXPÉRIENCE DE MARCHÉ COBWEB CIRCULAIRE

Mots-clés : Marché cobweb, raisonnement divinatoire, circularité, preneur de prix.

Key words : Cobweb Market, Eductive Reasoning, Circularity, Price-taker

I. — INTRODUCTION

L'hypothèse des anticipations rationnelles est principalement basée sur la capacité des agents à *anticiper les anticipations des autres*. Une telle capacité est le résultat d'inférences logiques impliquant un raisonnement complexe, construit à base de connaissance commune (1), sophistication et introspection, en *étapes*, et appelé, depuis Binmore (1987) et Guesnerie (1992, 2005), éducation. Lorsque le nombre d'étapes de raisonnement éductif est infini, l'éducation pourrait constituer une des justifications de l'équilibre d'anticipations rationnelles ; cependant, la capacité des agents à mettre en œuvre un nombre infini d'étapes de raisonnement est improbable. Malgré ces difficultés, liées principalement aux contraintes cognitives des agents, Guesnerie (1992, 2005), a suggéré que le raisonnement éductif pourrait mieux réussir dans des situations stabilisatrices (il pourrait être poussé plus loin dans la chaîne des étapes).

(1) Voir également le texte de Ménager, dans ce même numéro.

Dans des environnements stabilisateurs, les processus dynamiques sont soumis à des forces qui modèrent leurs déviations et les ramènent à leur sentier d'équilibre. Ainsi, dans de tels environnements, le raisonnement éductif est *protégé* par des signaux de signes contraires qui aident à mieux localiser l'équilibre. Les effets stabilisateurs sont dus au fait que toute déviation dans un sens sera partiellement contrebalancée par une déviation de sens contraire. Une illustration est celle des marchés de blé : si tous les producteurs anticipent une augmentation du prix de vente et augmentent leur production, le prix va s'effondrer *ex post* du fait d'un excès d'offre. C'est une situation typique de feedback négatif (Arthur, 1990 ; Van de Velden, 2001), dont rend compte le modèle cobweb. Ce modèle suppose un retard d'ajustement de l'offre, qui correspond au temps qui s'écoule entre le moment où les producteurs décident de leur production et le moment où l'offre est vraiment rendue disponible sur le marché. Une fois que l'offre est disponible sur le marché, le prix s'ajuste immédiatement à la demande existante.

Ce modèle décrit typiquement des marchés de produits périssables, dans lesquels les plans de production doivent être déterminés avant que le prix qui va prévaloir sur le marché ne soit connu. Ainsi, les producteurs doivent former des anticipations sur les prix futurs et doivent baser leurs décisions de production sur ces anticipations : puisque la production du bien prend une période, les décisions des producteurs dépendent de leur anticipation du prix futur. De cette façon, le prix de vente est principalement influencé par les prévisions de prix et les décisions de production qui en résultent, et, pour reprendre une remarque de Hicks à propos de l'équilibre temporaire, par la demande future anticipée (qui participe à l'évaluation des prévisions de prix) plutôt que par la demande courante. Dans ce modèle, un raisonnement itératif en étapes conduit à l'équilibre d'anticipations rationnelles en fonction des pentes relatives des fonctions d'offre et de demande.

Depuis les travaux théoriques de Guesnerie (1992, 2005), la mise en place du raisonnement éductif a été testée expérimentalement par Nagel (1995) et Ho *et al.* (1998), entre autres. Des travaux expérimentaux plus récents se sont focalisés sur les environnements simples de feedback négatif et les marchés de type cobweb (Sutan et Willinger, 2002, 2003, 2005, 2006 ; Hommes *et al.*, 2000). Les expériences ont montré que les environnements à feedback négatif favorisent le raisonnement éductif et que les environnements à feedback négatif se modélisent de la manière la plus simple sous la forme de concours de beauté à feedback négatif (Sutan et Willinger, 2005 ; Sutan, 2005). Cependant, dans un concours de beauté à feedback négatif, les participants doivent seulement s'attacher à une tâche de prévision du nombre gagnant. Au contraire, dans les marchés de type cobweb, les participants doivent généralement entreprendre deux tâches : prendre une décision de production et faire une prévision de prix. Dans un marché de type cobweb, les deux décisions sont liées, puisque la décision de production est déterminée par l'anticipation de prix. Toutefois, puisque le prix est aussi affecté par les décisions de production, il est possible

que les participants se comportent de manière stratégique (Sutan et Willinger, 2002).

Dans Sutan et Willinger (2002), les sujets expérimentaux participaient à des traitements dans lesquels ils devaient prendre de manière simultanée deux décisions, de manière répétée : une décision de production et une prévision de prix, qui étaient rémunérées respectivement selon les règles de calcul du profit ou selon leur qualité. Les participants faisaient partie de groupes fixes de taille variable (petite ou grande). Le marché était basé sur des fonctions d'offre et de demande linéaires transformées en fonctions en escalier. Selon les pentes relatives des fonctions d'offre et de demande, la convergence vers l'équilibre d'anticipations rationnelles (EAR) était plus ou moins rapide ou le marché était divergent. Nos résultats nous ont permis de conclure que : *i)* avec le temps, les participants se coordonnent et font des prévisions de qualité ; *ii)* l'hypothèse de mise en place d'un raisonnement de type éductif est vérifiée dans les traitements convergents ; *iii)* les prix sont stationnaires ; *iv)* des règles de prévision simples ne peuvent pas être déduites des séries de prix ; *v)* les participants sous-produisent ; *vi)* les décisions de production et les prévisions de prix ne sont pas connectées par une relation de meilleure réponse. Dans Sutan et Willinger (2003), nous avons cherché à savoir si l'élicitation des croyances pouvait améliorer la convergence vers l'EAR, mais nous ne trouvons pas d'évidence sur ce point : l'élicitation n'améliore pas la convergence, ni le niveau des profits.

Nos résultats précédents ont révélé deux problèmes : *i)* les groupes de grande taille sont plus proches de l'EAR, et *ii)* la multiplicité des tâches décroît l'habileté de sophistication de la réflexion préalable à la prise de décision sur chaque tâche particulière. Ces observations suggèrent que les participants se sont rendus compte que leur décision de production pourrait avoir une influence sur le prix, dont la significativité dépend de manière cruciale de la taille du groupe. Plus précisément, le comportement des participants est un mélange de comportement stratégique et du biais égocentrique (2) exploré par Kaplan et Ruffle (2000).

Dans un petit marché, les participants sont victimes du syndrome de *market-maker* : ils se rendent compte de leur pouvoir du marché et tendent à prendre des décisions de production afin de préserver le prix confirmant leurs espérances. Ce faisant, ils supposent que les autres ne changeront pas leurs productions et n'influenceront pas le prix du marché. Mais puisque tous les sujets appliquent un raisonnement semblable, le prix du marché est projeté dans la direction opposée. Par conséquent, ils font tous des erreurs dans la même

(2) Sous l'influence de ce « self-serving bias » les participants ont tendance à évaluer des actions futures incertaines dans leur meilleur intérêt.

direction. Dans de grands groupes, les participants négligent les possibilités stratégiques des autres participants impliqués dans le même groupe et ils ne prévoient pas exactement « la prévision des autres », c'est-à-dire ils ne semblent pas se rendre compte de l'appartenance à un groupe (ils atteignent plus facilement l'EAR, mais sont plus dispersés autour de la moyenne du groupe). La deuxième observation citée plus haut est liée à la multiplicité des tâches. Au lieu de faciliter la coordination des croyances, la tâche supplémentaire de prévision augmente la complexité de l'expérience sans améliorer la convergence vers l'EAR. Van de Velden *et al.* (2000) avaient conçu un marché dans lequel le prix était complètement déterminé par les anticipations des participants. Par conséquent nous devons : *i)* introduire des connexions plus fortes dans un groupe et transformer les price-makers en preneurs de prix et *ii)* reconnecter les décisions multiples entre elles. Ainsi, dans ce travail nous essayons de surmonter ces problèmes en introduisant un nouveau design expérimental qui élimine l'influence des sujets sur le prix du marché et qui réintroduit la cohérence entre les tâches multiples.

Dans ce papier nous éliminons les comportements stratégiques, mais nous maintenons la multiplicité des tâches. Nous faisons l'hypothèse que, tout en maintenant cette multiplicité, le nouveau design expérimental va connecter les tâches et donc introduire une cohérence interne qui va simplifier la prise de décision. Les participants à notre expérience doivent deviner le prix qui va prévaloir sur le marché et faire un choix de production. La décision de production d'un participant n'a aucune influence sur le prix auquel il sera confronté, mais sur les prix qui vont prévaloir sur les marchés des autres. Le choix d'une quantité à produire a un rôle dual : premièrement, cette production est vendue à un prix imposé. Ceci implique que le sujet doit prévoir ce prix et sur cette base décider de son niveau de production. En second lieu, la production individuelle est agrégée dans les autres marchés et détermine le prix qui va prévaloir pour les autres participants. Par conséquent, la décision de production génère un réseau d'interdépendances dans l'économie, c'est-à-dire l'opérateur de circularité.

Notre économie peut être décrite comme suit. Il y a une population de N agents impliqués dans une série d'interactions, qui font partie d'un réseau. Le réseau est défini, à n'importe quel point t du temps, par une population des nœuds (ou d'agents) et par un ensemble de liens. Deux types d'interactions relient l'agent i à l'agent j à travers le lien ij : un lien de production et un lien de surveillance. Le lien de surveillance caractérise une interaction locale asymétrique dans un marché spécifique, parce que le surveillant et les producteurs ne jouent pas le même rôle. Le lien de production reconstitue la symétrie dans l'économie (dans tous les marchés co-existants) parce que par la décision de production de chaque agent a un double rôle (dans un marché il est preneur de prix et sur tous les autres marchés faiseur de prix).

Par conséquent, tous les $N-1$ agents sont reliés par des liens de production dans la mesure où ils participent à un marché dans lequel ils agissent en tant

que producteurs. Le prix déterminé par les décisions de production des $N-1$ agents est imposé au N ième agent, dont la tâche est de prévoir ce prix. Nous appelons le lien qui est établi entre le N ième agent et le groupe de $N-1$ agents un (double) lien de surveillance (dans le sens que le N ième agent doit surveiller le marché afin de faire la bonne prévision et le groupe des $N-1$ agents surveille le N ième agent en lui imposant le prix). Par conséquent l'agent i est relié aux agents restants par un lien de production et par un lien de surveillance. N marchés simultanés et N différents prix existent à tout moment t sur le marché, chaque prix faisant l'objet de la prévision d'un seul agent.

Nous appellerons un tel réseau, avec des interdépendances circulaires, un « cercle vicieux » (3). De la définition originale (4) nous adaptons l'opérateur de circularité comme suit : par définition, nous allons assimiler un environnement de marché à un cercle vicieux lorsqu'une action est interconnectée par une chaîne de circonstances circulaires aux autres actions dans un processus de révisions itérées infini et orienté. Par exemple, dans une économie circulaire, comme un agent participe à $N-1$ marchés, ses décisions peuvent pousser les $N-1$ marchés dans la même direction et, par exemple, une décision de sur-production peut conduire à l'établissement d'un prix nul sur tous les marchés (d'où le caractère vicieux des interdépendances). La définition fondamentale d'un cercle vicieux n'admet apparemment aucune tendance vers un état d'équilibre : le feedback du système renforce, à chaque itération, la direction de son *moment*, tant qu'un facteur externe n'intervient pas pour l'arrêter. Nous suivons ici l'analyse d'Antonelli (1998), qui démontre que, dans un tel système, l'opérateur circulaire mène à un point fixe (résultant d'une itération du genre $f(x) = x$) à travers un processus de révision particulier (le cercle vicieux devient vertueux). Par exemple, dans un marché circulaire, les participants réalisent qu'ils sont interconnectés (*interdépendants*) et apprennent comment connecter les prévisions d'un prix imposé et les décisions propres de production afin de perpétuer l'équilibre (le cercle est vertueux). Dans Sutan et Willinger (2005) nous avons montré qu'un environnement de feedback négatif favorise le raisonnement éductif ; comme ce type de raisonnement a lieu en étapes, nous mettons en œuvre dans cet article une caractéristique additionnelle de l'environnement, la circularité, et nous testons si elle favorise l'occurrence d'étapes supplémentaires de sophistication conduisant au point (fixe) de l'EAR.

- (3) Un cercle vicieux et un cercle vertueux diffèrent seulement par le fait qu'un cercle vertueux implique des résultats favorables et un cercle vicieux des résultats défavorables.
- (4) À l'origine, un cercle vicieux se définit soit comme une situation dans laquelle la solution apparente d'un problème dans une chaîne de circonstances crée un nouveau problème et accroît la difficulté de résoudre le problème originel, soit une condition dans laquelle un désordre en fait apparaître un autre qui par la suite influence le premier, soit finalement un défaut de raisonnement dans lequel la prémisse est utilisée pour démontrer la conclusion, et la conclusion utilisée pour prouver la prémisse.

Ainsi, la principale question à laquelle nous tentons de répondre dans cet article est : *en présence d'interdépendances circulaires, qui garantissent la dynamique du processus de raisonnement, les participants améliorent-ils leur capacité à mettre en pratique un raisonnement éductif ?*

Le reste du papier est organisé comme suit : la section II décrit le processus de raisonnement éductif et introduit le protocole expérimental. La section III présente les principaux résultats de notre expérience et une discussion. Nous concluons dans la section IV.

II. — RAISONNEMENT ÉDUCTIF ET PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

2.1. Le processus du raisonnement éductif

Nous commençons par une description du processus d'ajustement du prix vers le prix d'équilibre $\bar{p}$, à travers un raisonnement de type éductif, dans un marché cobweb. Le processus est illustré dans la figure 1 (avec les notations habituelles) (5). La fonction de demande est donnée par $D(p_t) = A - B p_t$, et la fonction d'offre par $S(p_t^e) = C p_t^e + D$.

i) *Étape 1* : au temps notionnel $t = 0$, chaque producteur sait que le prix maximum possible est $p_o = \frac{A}{B}$. Pour des prix supérieurs, la demande agrégée est nulle. Ainsi, l'offre agrégée ne dépassera pas Q_o (obtenu par réflexion sur le graphique), afin d'être vendue à un prix strictement positif. Ceci conduit à l'élimination de tout niveau de production agrégée supérieur à Q_o .

ii) *Étape 2* : pour un niveau de production agrégée Q_o , puisque toute la production est vendue sur le marché, il est connaissance commune que le prix minimum de vente sera égal à $p_1 = \frac{A-D}{B} - \frac{C}{B} p_o$. Mais pour un prix égal au moins à p_1 l'offre totale est d'au moins Q_1 . Ainsi toute production totale inférieure à Q_1 peut être éliminée.

iii) *Étape 3* : si la production totale venait à être égale à Q_1 , il serait connaissance commune qu'elle serait vendue à un prix unitaire de $p_2 = \frac{A-D}{B} \left[1 - \frac{C}{B} + \left(\frac{C}{B} \right)^2 p_o \right]$. Mais à ce prix les producteurs voudraient offrir une production totale inférieure à Q_2 . Ainsi tout niveau de production qui dépasse Q_2 peut être éliminé.

(5) A , B , C et D sont des paramètres, p_t est le prix, p_t^e le prix anticipé, Q_t des quantités agrégées.

iv) *Étape 4* : les niveaux de production inférieurs à Q_3 sont éliminés.

.....

Le processus d'élimination des intervalles de production réduit les possibilités de production convenables jusqu'à ce que le prix d'équilibre soit atteint :

$$p_n = \frac{A-D}{B} \times \frac{1 - (-1)^n \left(\frac{C}{B}\right)^n}{1 + \frac{C}{B}} + \frac{A-D}{B} + (-1)^n \left(\frac{C}{B}\right)^n p_0 \text{ et } \lim_{n \rightarrow \infty} p_n = \frac{A-D}{B+C} = \bar{p}$$

avec $B > C$. Au prix $\bar{p}$ correspond seulement un niveau de production et, puisque tous les producteurs sont identiques, ils produisent tous la même fraction de la production agrégée.

Figure 1 - Convergence dans le modèle cobweb quand $B > C$

2.2. Protocole expérimental

À travers ce protocole nous envisageons d'éliminer tout pouvoir de marché qui pourrait être utilisé par les producteurs afin d'influencer le prix. Contrairement à la prédiction théorique, basée sur l'hypothèse d'une infinité de petits producteurs, les expériences impliquent typiquement seulement des petits groupes de sujets qui jouent le rôle de producteurs. La conséquence en est une possible influence individuelle sur le marché à travers le choix d'une stratégie de production appropriée. Par exemple, si les sujets se coordonnent

sur une production faible, ils peuvent imposer un prix supérieur au prix compétitif et faire des profits substantiels à chaque période. Notre protocole évite de tels comportements en introduisant dans chaque session autant de marchés que de sujets impliqués dans la session.

Formellement, l'économie est composée de N marchés parallèles, un par sujet. Le prix de vente pour la production du sujet i ($i = 1, \dots, N$) est déterminé par la mise sur le marché de la production totale des $N - \{i\}$ autres sujets. Chaque participant i dans l'expérience agit ainsi comme un preneur de prix qui doit prévoir le prix sur son marché. Nous considérons une économie simple avec un produit périssable produit au début d'une période et vendu à la fin de la période. On demande à chaque période au participant i de prévoir le prix qui va prévaloir sur le marché et de prendre une décision de production. Sa prévision n'affecte pas le prix de marché. La production du sujet i est agrégée dans chacun des $N - 1$ marchés restants, correspondant à chacun des autres $N - 1$ sujets. Ainsi, chaque groupe de $N - 1$ sujets détermine un prix. À chaque période un participant est preneur de prix et prévoit un prix dans son marché et participe en tant que producteur dans tous les autres $N - 1$ marchés adjacents. Sa production dans les marchés de voisinage, agrégée avec la production des autres offreurs, sert uniquement à déterminer le prix. Le seul marché dans lequel sa production est effectivement vendue est son propre marché.

Les participants sont en situation de connaissance commune sur leurs coûts de production, la fonction de demande, leur homogénéité et la structure particulière de l'économie. Toute l'information sur ces fonctions est fournie sous forme de tableau (6). La structure de l'économie et la composition des groupes restent fixes pendant l'expérience. L'expérience dure 40 périodes. À chaque période, chaque participant doit prendre deux décisions, une décision de production et une prévision de prix. Les participants sont rémunérés pour leurs décisions de production et pour la qualité de leurs prévisions. Avec les notations habituelles (7), les gains du participant i à la période t sont donnés par la somme du profit de vente ($q_{it} p_{-it} - CT(q_{it})$) et du gain de prévision ($1000 - 0.8(p_{-it} - p_{it}^e)^2$) :

$$\pi_{it} = q_{it} p_{-it} - CT(q_{it}) + 1000 - 0.8(p_{-it} - p_{it}^e)^2$$

Le prix p_{-it} est calculé comme $\frac{A - \Sigma q_{-it}}{B}$ (en fonction de la production *réelle* des autres sujets) et le coût total de production est donné par $CT(q_{it}) = \frac{q_{it}^2}{2c}$, avec $c = C/N$, $d = D/C$ et Σq_{-it} la production totale agrégée dans un marché, notée Qt sur la figure 1).

(6) Les instructions sont disponibles à la demande.

(7) q_{it} est la production individuelle du sujet i à la période t , q_{-it} est la production annoncée d'un autre sujet en période t , p_{-it} est le prix auquel est confronté l'agent i à la période t (prix imposé par les autres $N - 1$ sujets), $CT(q_{it})$ est son coût de production, p_{it}^e sa prévision de prix.

L'expérience a été informatisée à travers une interface Visual Basic (Bounmy, 2003) et a eu lieu dans le laboratoire d'économie expérimentale de Strasbourg (LEES) en août 2003. Nous avons mis en place trois sessions, avec trois cohortes de 18 participants (une cohorte par session), avec un total de 48 sujets inexpérimentés recrutés dans les différentes universités de Strasbourg. Au début de l'expérience, les sujets recevaient des instructions écrites, devaient les lire et écouter l'expérimentateur les lire à haute voix, afin de s'assurer de la connaissance commune parmi les participants. Les participants étaient séparés et ne pouvaient pas communiquer entre eux. Chaque cohorte de 18 sujets était divisée en trois groupes totalement indépendants, qui étaient soumis aux mêmes conditions paramétriques, et qui restaient fixes pendant les 40 périodes de l'expérience. Les valeurs des paramètres différaient entre les cohortes : nous avons testé un marché cobweb de convergence *rapide*, un marché *lent* et un marché *divergent*. Ces traitements (*rapide*, *lent*, *divergent*) diffèrent principalement par les pentes relatives des courbes d'offre et de demande, comme nous allons l'expliquer par la suite. Du fait de la structure particulière de l'économie, chaque traitement a été concrétisé en dix-huit marchés, un marché par sujet (six marchés par groupe).

Afin de familiariser les sujets avec l'interface graphique et l'environnement de l'expérience, chaque session commençait avec deux périodes d'essai. La compréhension des instructions et procédures était vérifiée par un questionnaire informatisé avant le début de l'expérience. Au début de l'expérience, chaque sujet avait une dotation en points qui correspondait à une valeur de 10 euros. Les gains (pertes) de chaque période étaient ajoutés (retranchés de) de la dotation initiale. À la fin de chaque période, chaque sujet était informé du prix de marché, de la quantité totale produite par les autres, de son coût de production, de son gain (sa perte) et du capital restant. Les données personnelles relatives aux périodes précédentes étaient disponibles à tout moment en cliquant sur un bouton *historique*. Chaque sujet dans un marché (un groupe) était indexé par une lettre : A, B, C, D, E ou F. Au moment où la décision de production et l'anticipation de prix étaient annoncées, le prix de marché n'était pas connu.

Les fonctions d'offre et de demande étaient définies en unités discrètes (entières), afin de permettre aux producteurs de choisir des niveaux de production entiers. De cette manière, les fonctions d'offre et de demande sont des fonctions en escalier. L'implication en est que le raisonnement éductif mène à l'équilibre à travers un nombre fini d'itérations au lieu d'un nombre infini comme présenté plus haut. De plus, nous pouvons manipuler le nombre d'étapes simplement en changeant la pente de la fonction d'offre ou de demande.

Notre intuition est qu'avec un nombre plus petit d'étapes de raisonnement les sujets pourraient trouver l'équilibre plus facilement. Un protocole similaire a été utilisé par Ho *et al.* (1998) dans le jeu du concours de beauté afin de tester l'hypothèse que les croyances d'équilibre pourraient être plus facilement

atteintes lorsque le nombre d'étapes théoriques est réduit. Ils ont démontré que les participants aux jeux du concours de beauté à nombre d'étapes fini sont plus proches de l'équilibre que les participants aux jeux à un nombre infini d'étapes.

Dans le modèle cobweb, l'élimination itérée des stratégies dominées conduit à l'équilibre lorsque la condition $B > C$ est remplie. Nous considérons deux traitements sous une telle condition. B , la pente de la fonction de demande est fixée, et nous faisons varier C , la pente de la fonction d'offre. Plus C augmente et devient proche de B , plus le nombre d'itérations augmente. Pour une différence $B - C$ importante, le nombre d'itérations va être réduit, et pour des différences faibles le nombre d'itérations va être grand. Ainsi nous prenons en considération une valeur faible et une valeur grande pour C . Puisque pour une valeur faible de C le nombre d'étapes de dominance itérée est aussi faible, nous formulons l'hypothèse que les sujets vont avoir moins de difficultés à se coordonner sur les croyances d'équilibre. Avec la répétition du marché, notre conjecture est que si le prix converge vers l'équilibre avec le temps, la convergence sera plus rapide pour une valeur faible de C que pour une grande valeur de C .

Puisque B est fixé dans notre protocole expérimental, le traitement correspondant à un C faible (une différence importante $B - C$) sera appelé le traitement de convergence *rapide* et le traitement qui correspond à un C grand (faible différence $B - C$) sera appelé le traitement de convergence *lente*. Nous testons aussi un traitement pour lequel $B - C < 0$. Théoriquement, sous cette condition, l'équilibre n'est jamais atteint, puisque le raisonnement éductif conduirait à la divergence. Ainsi, nous appelons ce traitement le traitement de *divergence*. Le tableau 1 présente les valeurs de paramètres qui correspondent aux différents traitements.

Tableau 1 - Paramètres du protocole expérimental

Paramètres	Convergence rapide	Convergence lente	Cas divergent
A	900	900	900
B	9	9	9
c	1/10	8/5	21/5
C	5/10	8	21
d	-660	15	300/7
N	6	6	6
Nombre de sujets	18	18	18
Nombre d'observations	720	720	720

La fonction de demande était identique pour tous les traitements et définie sur $\{0,1,...900\}$. Dans les instructions il était clairement expliqué au participant i que la production prise en compte pour l'établissement de son prix était la somme des productions des autres membres du groupe, i exclu. Les possi-

bilités de production totale étaient divisées en 21 intervalles homogènes d'amplitude 45 unités. Chaque intervalle de quantité déterminait un prix (ainsi les prix pouvaient être 0, 5, 10, 15, ..., etc.). Le prix maximum était obtenu pour une demande nulle et était égal à 100. La capacité du marché (prix nul) était de 900 unités.

La durée moyenne d'une session était d'une heure et demie et le paiement moyen pour un sujet a été de 20 euros.

III. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

L'activité fondamentale des participants dans ce marché est la prévision. Le rôle dual de l'activité de production crée des interdépendances et ainsi l'activité de production est la base de l'opérateur circulaire. Par la suite, nous concentrons notre analyse sur les prix et les prévisions dans cette section. Nous présentons des observations basées sur nos résultats expérimentaux, que nous commentons.

Observation 1 : les prix sont stationnaires autour de l'EAR et ont une faible volatilité

Dans la figure 2 (a,b,c) nous reportons le prix de marché observé et la valeur de l'EAR (60) dans une économie *rapide*, une économie *lente* et une économie *divergente* (8). Tous les prix oscillent autour de l'EAR. Les résultats des tests de racine unitaire (qui confirment la stationnarité) sont donnés en annexe. Cette configuration des prix témoigne de l'effet stabilisateur de la circularité sur ce type de marché et de l'absence de comportement stratégique, comme cela va être confirmé par les observations suivantes.

Observation 2 : aucun effet stratégique n'est détecté, même au début de l'expérience

Dans les marchés *rapides* et *lents*, la volatilité des prix est très faible (des résultats numériques additionnels sont donnés dans le tableau 2.(b)). Dans les marchés *divergents*, la volatilité des prix est plus importante, mais les prix restent dans le voisinage de l'EAR. Dans le tableau 2.(a) nous rappelons des résultats que nous avons obtenus dans Sutan et Willinger (2002) dans des marchés cobweb traditionnels (la différence avec le protocole courant réside dans le fait que dans un marché traditionnel le prix est déterminé par la production totale du marché, qui inclut *tous* les participants). La volatilité des prix avait été plus importante en moyenne dans tous les traitements. Nous mesurons cette volatilité par l'écart-type. Nous notons SD_{basic} les écart-types reportés dans le

(8) Des graphiques additionnels sont disponibles, la même tendance s'en dégage.

Figure 2.(a) - Évolution des prix pour une économie rapide
(un graphique reporte un prix dans un marché)

tableau 2.(a) (cobweb traditionnel). Nous notons SD_{circular} les écart-types reportés dans le tableau 2.(b) (cobweb circulaire). Nous testons l'hypothèse $SD_{\text{basic}} - SD_{\text{circular}} > 0$ et nous trouvons que nous ne pouvons la rejeter à un seuil de 10 %. Nous interprétons l'évolution des prix comme de bonnes nouvelles sur l'effet de ce nouveau protocole, qui a plus de succès à approcher l'EAR que ceux de nos expériences précédentes.

Les séries de prix sont stationnaires et ceci est vérifié sur toute la période (incluant les premières périodes), ce qui implique l'élimination de tout comportement stratégique: les prix ne convergent pas, comme dans Sutan et

Figure 2. (b) - Évolution des prix pour une économie lente

Willinger (2003, cobweb traditionnel), *par le haut*, vers l'EAR (pas de sous-production). Cette observation est renforcée par le calcul du nombre de *renversements* (9) dans les séries de prix pour les dix premières périodes. La convergence par le haut n'est pas détectée lorsqu'une séquence de type $p_1 > p_2 > \dots > p_{10}$ est incomplète (p_i est le prix de marché pour la période i), c'est-à-dire qu'elle contient au moins un renversement. Chaque série de prix contient dans les dix premières périodes au moins deux renversements.

(9) Un renversement est une situation pour laquelle par exemple $p_1 > p_2$ et $p_3 > p_2$.

Figure 2.(c) - Évolution des prix pour une économie divergente

Observation 3 : Les séries de prix sont très similaires et ont des coefficients de corrélation élevés

Comme prévu, l'apparence des séries des prix est très similaire à l'intérieur d'une même économie. Par exemple, dans les marchés *rapides*, nous observons une légère baisse des prix en période cinq dans presque tous les marchés ; dans les marchés *lents* les mêmes oscillations (même moment, même amplitude) sont observées dans tous les groupes ; dans le cas *divergent* le prix s'effondre à la même période dans tous les marchés et nous observons la même tendance jusqu'à la fin de l'expérience. Ces observations indiquent le fait que l'opérateur de circularité a été effectif : lorsque nous calculons les corrélations de prix dans une économie, nous trouvons des valeurs entre 0,64 et 0,76 sous la condition

Tableau 2.(a) - Statistiques des prix (moyenne-m, écart-type- s)
dans Sutan et Willinger (2002)

Groupe			1	2	3	4	5	6
Petit	rapide	m	68,8	70,3	65,3	63,8	61,3	61,8
		s	15,8	4,4	5,8	3,7	3,8	2,9
	lent	m	60,6	69,6	59,6	66,8	68,3	69,8
		s	2,5	3,3	9,2	6,8	4,4	2,5
	divergent	m	70,5	68,6	63,6	71,2	67,8	64,1
		s	3,8	6,6	12,2	19,7	4,1	4,1
Grand	rapide	m	61,6	59,37				
		s	8,7	6,5				
	lent	m	68,3	59,6				
		s	4,6	9,1				
	divergent	m	61	66,1				
		s	9,3	8,5				

Tableau 2.(b) - Statistiques descriptives pour les prix et les prévisions

prix	rapide		lent		divergent		prévision	rapide		lent		divergent	
	m	σ	m	σ	m	σ		m	σ	m	σ	m	σ
1	65,3	2,8	63,3	5,9	60,6	7,7	1	65,5	5,9	63,3	4,5	54,3	6,8
2	66,3	3,7	62,5	5,3	59,1	7,4	2	61	5,6	62,6	6,8	60,9	5,0
3	67,0	4,6	62,3	5,8	64,8	7,1	3	67	3,0	63,6	6,1	58,9	16,3
4	65,1	1,8	62,0	4,6	60,8	8,2	4	65	2,8	62,1	6,0	61,0	7,9
5	66,1	4,2	65,9	5,6	60,9	8,0	5	65,7	3,1	65,3	4,4	61,4	8,4
6	66,3	3,7	60,3	11,2	61,3	8,1	6	64,5	4,9	58,3	2,9	59,6	6,9
7	61,3	3,2	63,4	6,0	65,6	6,1	7	61,7	2,4	60,0	7,7	66,6	5,6
8	60,9	2,7	62,1	11,3	62,1	6,2	8	62,6	3,0	62,6	7,2	61,9	4,9
9	61,1	3,1	62,4	11,3	62,6	5,4	9	60,2	3,9	63,1	5,8	63,1	7,0
10	64,1	2,7	57,4	11,2	59,8	7,2	10	63,6	3,2	59,3	5,6	60,3	5,8
11	61,0	2,3	63,0	10,9	67,3	7,1	11	61,6	6,4	60,6	10,3	59,9	6,8
12	60,8	2,7	66,3	4,6	59,6	6,3	12	61,7	2,4	65,1	3,5	61,5	8,2
13	63,0	3,2	57,4	5,4	67,1	12,4	13	61,3	7,1	59,6	7,1	62,3	9,1
14	64,0	3,0	66,0	4,3	63,1	11,9	14	64,3	3,0	64,9	3,1	65,1	6,7
15	63,3	3,1	64,3	5,0	69,1	7,0	15	63,1	3,3	64,3	3,5	71,4	11,8
16	63,3	3,3	66,9	5,0	61,8	11,9	16	63	3,4	64,9	8,0	68,8	7,7
17	63,0	3,5	62,5	5,8	64,0	12,2	17	62,7	6,3	61,5	4,4	68,6	12,6
18	63,3	3,1	64,4	5,1	68,9	13,0	18	62,1	4,1	65,3	3,7	70,5	7,1

rapide ; 0,58-0,66 dans le traitement *lent* ; 0,59-0,82 dans le cas *divergent* (les corrélations supérieures à 0,7 représentent 57 % des corrélations).

Observation 4: les prévisions de prix sont (presque) confondues avec les séries de prix.

Dans le tableau 2 des statistiques sur les prix et les prévisions sont présentées. Pour un seuil de 5 %, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse d'égalité (en moyenne) entre les prix et les prévisions. Afin d'avoir un meilleur indicateur, nous nous intéressons aux gains de prévision des participants, qui nous informent sur la qualité exacte des prévisions. Les résultats sont donnés dans le tableau 3.(a).

Le gain de prévision maximum est de 1000, et il est atteint pour une prévision parfaite. La première ligne dans le tableau 3.(a) reporte la moyenne des gains de prévision dans chaque traitement sur les 20 premières périodes (première partie de l'expérience) et la deuxième ligne sur les 20 dernières périodes (deuxième partie de l'expérience). Les gains de prévision moyens dans cette expérience sont significativement plus élevés (à un seuil de 5 %) que les valeurs correspondantes de l'expérience de cobweb traditionnel (Sutan et Willinger (2002)), présentées dans le tableau 3.(b). Ils augmentent entre la première et la deuxième partie de l'expérience et une diminution importante des écart-types est observée entre ces deux parties. Cela démontre que, dans cette expérience, les participants font de très bonnes prévisions ; leur qualité augmente alors qu'ils rapprochent leurs types. Dans plus de 90 %, dans la deuxième partie de l'expérience, la prévision est confondue avec le prix et cela correspond à un comportement commun (coordination, σ étant très faible).

Tableau 3.(a)

Gains de prévision moyens dans les marchés cobweb circulaires

		<i>rapide</i>	<i>lent</i>	<i>divergent</i>
Périodes 1 à 20	<i>m</i>	960	955	790
	σ	84	66	465
Périodes 20 à 40	<i>m</i>	997	985	978
	σ	6,1	26	26,3

Tableau 3.(b)

Gains de prévision moyens dans les marchés cobweb traditionnels

		<i>rapide</i>	<i>lent</i>	<i>divergent</i>
Périodes 1 à 20	<i>m</i>	914	927	784
	σ	294	259	653
Périodes 20 à 40	<i>m</i>	973	984	962
	σ	100	21	129

Le comportement chaotique que nous devons théoriquement observer du fait de la divergence du raisonnement éductif n'est pas détecté dans le traitement divergent, même si les prix ont une évolution plus oscillatoire que dans les traitements convergents. Comme indiqué plus haut, l'opérateur de circularité que nous testons est censé renforcer les interdépendances entre sujets et perpétuer le *moment* du raisonnement courant. Ainsi, *si* le raisonnement éductif est mis en place, il est renforcé. Lorsque les participants ne le mettent pas en place, afin de se prémunir contre les déviations du marché, il est remplacé par un autre type de raisonnement et la circularité stabilise ce dernier type de raisonnement.

Observation 5 : les participants prennent en compte les prix et la production individuelle lorsqu'ils forment leurs prévisions de prix, en fonction de leur capacité de sophistication

Les participants font des prévisions de bonne qualité. Nous nous sommes intéressés à la manière dont ils font les prévisions dans un tel environnement. Dans un marché cobweb traditionnel nous avons testé l'hypothèse de maximisation du profit de production et nous avons observé que les participants ne choisissent pas une production de meilleure réponse à leur prévision de prix (Sutan et Willinger, 2002). Les décisions de production et les prévisions de prix étaient seulement faiblement connectées. Cela était principalement dû à la déconnexion des tâches du fait de leur multiplicité. Comme souligné dans l'introduction, dans le protocole courant, nous essayons de restaurer cette connexion entre les deux décisions à travers la circularité. L'opérateur circulaire que nous introduisons à travers la décision de production fonctionne de la manière suivante : au début de l'expérience (première période), la prévision devrait être basée sur un calcul d'utilisation *a priori* des instructions, les participants prenant en compte uniquement leurs situations asymétriques (sans relier les prévisions qu'ils doivent fournir à leur production individuelle, se comportant comme des preneurs de prix) et annonçant des prévisions qui ne sont pas impliquées par leur décision de production ; l'étape suivante est de prendre en compte l'évolution des prix du marché, à travers l'observation ; mais au fur et à mesure que l'expérience avance, l'opérateur circulaire renforce les connexions entre membres d'un groupe et induit la coordination. Ainsi, les participants vont aussi prendre en compte leur production individuelle lorsqu'ils vont former leurs prévisions.

Nous faisons l'hypothèse que ces étapes seront suivies par les participants et que l'opérateur circulaire les aidera à intégrer l'évolution des prix mais aussi leur production individuelle dans leurs prévisions. Afin de tester cette hypothèse, nous faisons les analyses suivantes : tout d'abord nous calculons les coefficients de corrélation entre les deux décisions que les participants prennent et le prix de marché et par la suite nous calculons quelle partie des variations dans les prévisions est expliquée par chaque type de corrélation.

Nous trouvons des corrélations significatives entre le prix et les prévisions et le prix et les décisions individuelles de quantité: en valeur absolue et en moyenne, les coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,5, mais des différences existent entre les participants. Ainsi nous reportons dans le tableau 4 les catégories de signe du coefficient de corrélation entre le prix et la prévision et la prévision et la production individuelle. Nous lisons ce tableau comme suit: les signes + et – dans la première ligne correspondent à des corrélations positives ou négatives respectivement. Le premier signe dans chaque paire correspond au signe de la corrélation entre le prix et la prévision et le deuxième au signe de la corrélation entre la prévision et la production individuelle. Par exemple +/+ signifie que les corrélations entre prix et prévision et entre prévision et production individuelle sont toutes les deux positives. Les chiffres dans les cellules représentent le nombre de participants de chaque type.

Les participants ont des profils de corrélations différents. Cela constitue une information sur le processus de raisonnement qu'ils utilisent lorsqu'ils forment leurs prévisions et, plus précisément, sur sa profondeur. S'ils mettent en œuvre un raisonnement éductif, il est possible qu'ils s'arrêtent à différents niveaux, selon leur capacité de sophistication. En fonction de l'étape à laquelle un participant s'est arrêté dans le processus de sophistication, la corrélation peut, par exemple, être négative ou positive (alternativement, comme expliqué dans la description des étapes de raisonnement éductif).

Nous renforçons cette observation par un résultat additionnel sur la décomposition de la variance de la prévision de chaque participant. Comme dans cette expérience les variables sont, de par le protocole, co-intégrées, nous décomposons la variance à travers la mise en place d'un vecteur autorégressif à trois variables (prix, prévision, production individuelle) et un retard. La décomposition de la variance calcule les écarts pour la prévision de prix à différents horizons et donne le pourcentage de ces écarts dus à des perturbations spécifiques. À titre d'exemple, nous présentons dans le tableau 5 la décomposition de la variance pour un participant du traitement *rapide* (10).

Tableau 4 - Signes de corrélation entre prix et prévision et prévision et production individuelle (nombre de sujets sur 18)

prix-prévision/forecast-production	+/+	+/-	-/+	-/-
<i>fast</i>	5	7	6	0
<i>slow</i>	8	8	0	2
<i>divergent</i>	10	3	2	2

(10) Les autres décompositions sont disponibles à la demande.

Tableau 5 - Décomposition de la variance
pour le sujet numéro 5 dans le traitement rapide

Variance Decomposition of PREV5				
Period	S.E.	PRIX5	PREV5	PROD5
1	2.37	17.58	82.41	0.00
2	2.57	19.83	78.47	1.69
3	2.72	25.76	70.32	3.91
4	2.83	29.42	65.10	5.46
5	2.90	31.19	62.46	6.34
6	2.93	31.96	61.24	6.78
7	2.95	32.29	60.71	6.99
8	2.96	32.41	60.50	7.07
9	2.96	32.46	60.42	7.11
10	2.96	32.47	60.38	7.13

La décomposition de la variance est appliquée sur les prévisions de prix (PREV dans ce tableau). La première colonne donne l'erreur standard pour un horizon temporel de dix périodes (ce qui correspond à la stabilisation de la décomposition); la deuxième colonne donne le pourcentage de variance expliqué par des variations dans le prix (PRIX); dans la troisième et la quatrième colonnes sont reportés les pourcentages expliqués par les variations dans la prévision (PREV) et la production (PROD). Pour ce participant, entre 60 % et 82 % des variations sont expliquées par un processus lié à la prévision même. Avec le temps, la production commence à expliquer les variations des prévisions, mais seulement à une hauteur de 7 % maximum. Les changements dans le prix expliquent entre 17 % et 32 % des changements dans les prévisions. Dans le traitement *rapide*, pour des horizons de temps courts, les variations dans les prévisions sont uniquement expliquées par des variations propres (calculs spécifiques, qui représentent entre 90 % et 99 % des erreurs). Pour des horizons longs, les prix causent au plus 58 % des déviations des prévisions (et au moins 4 %), la production individuelle au plus 15 % et au moins 1 % et les prévisions elles-mêmes expliquent entre 41 % et 96 % de la variance. Ce résultat témoigne d'une intensification de la sophistication du raisonnement et de la coordination (la circularité fonctionne et les participants réalisent que tout est interconnecté).

Dans le traitement *lent*, les statistiques relatives à des horizons courts révèlent 88 % de variations des prévisions expliquées par des variations internes et 7 % expliquées par des variations de prix. Pour des horizons longs, les décisions de production influencent à 15 % au plus les prévisions, les prix à 67 % et les prévisions entre 32 % et 86 %. Les chiffres sont similaires pour le cas *divergent*, cependant les pourcentages d'influence des variations de production

sur les prévisions sont plus faibles. Nous concluons que les participants utilisent donc la circularité de l'environnement, en intégrant graduellement dans leurs prévisions la dimension de coordination, dans les limites de leurs capacités de sophistication. Ainsi, ils restaurent graduellement un comportement de maximisation du profit, qui n'était pas prévu dans ce protocole, contrairement au cobweb traditionnel, dans lequel il est prévu théoriquement mais n'est pas mis en application.

IV. — CONCLUSION

Dans cet article nous avons mis en œuvre un nouvel environnement expérimental afin de tester si, dans un marché cobweb dans lequel le *moment* (au sens physique du terme) du raisonnement éductif est perpétué, les participants sont capables de mieux prévoir les prix, de se coordonner, d'être cohérents (au sens de la maximisation du profit) et d'éviter les comportements stratégiques. Nous avons construit l'économie en introduisant dans le design traditionnel d'un marché de type cobweb un opérateur de circularité. Cet opérateur donne au marché l'apparence d'un cercle vicieux (parce que chaque déviation importante est répercutée sur tous les marchés). Tous les participants devaient prédire leur prix de marché, en tant que preneurs de prix parfaits (afin d'éliminer tout comportement stratégique), et la circularité était introduite à travers les décisions de production : chaque production individuelle était agrégée dans tous les marchés adjacents afin d'établir les prix dans ces marchés. Nous trouvons que les participants font des prévisions de très bonne qualité, et atteignent l'EAR. Aucun comportement stratégique n'est détecté sur ces marchés, contrairement aux marchés classiques de ce type. Finalement, nous trouvons qu'avec le temps, les participants comprennent que toutes les décisions sont interconnectées implicitement à travers la circularité et agissent en conséquence. Ainsi, ils se coordonnent de manière tacite et coordonnent leurs croyances, ce qui transforme le cercle vicieux en un cercle vertueux. La circularité est donc un élément stabilisateur des croyances et du processus de raisonnement, et son introduction est un moyen facile qui suffit à éliminer les comportements stratégiques habituellement présents dans ce type de marchés expérimentaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTONELLI G.-A. (1998), « Virtuous circles », numéro special du *Journal of the Indian Council of Philosophical Research* sur « Circularity, Definition, and Truth », édité par A. Chapuis and A. Gupta.
- ARTHUR B. (1990), « Positive feedback in the Economy », *Scientific American*, 262, 92-99, repris aussi dans l'édition française.
- BINMORE K. (1987), « Modelling rational players : Part I », *Economics and Philosophy*, 3, 17-214.

- BINMORE K. (1988), « Modeling rational players: Part II », *Economics and Philosophy*, 4, pp. 9-55.
- BOUNMY K. (1998), « A VB tool for market experiments », BETA, Strasbourg.
- CAMERER C.-F., HO T.-H. and CHONG J.-K., « A Cognitive Hierarchy Theory of One-Shot Games », *Quarterly Journal of Economics*, août 2004, 119(3), 861-898.
- CAMERER COLIN F. (1995), « Individual Decision Making ». In Kagel and Roth (eds.), *Handbook of Experimental Economics* 589-703.
- CAMERER COLIN F. and Keith WEIGELT (1988), « Experimental Tests of a Sequential Equilibrium Reputation Model », *Econometrica*, 56, 1-36.
- CARLSON J. (1967), « The stability of an experimental market with a supply response lag », *Southern Economic Journal*, 23, 308-321.
- DAVIS D., HOLT C. (1993), « Experimental Economics », Princeton University Press.
- GUESNERIE R. (1992), « An exploration of the eductive justifications of the rational expectations hypothesis », *American Economic Review*, 82, 1254-1278.
- GUESNERIE R. (2004), « Strategic substitutabilities versus strategic complementarities: Towards a general theory of expectational coordination? », *PSE Working Papers* 2005-07, PSE (École normale supérieure).
- HEEMEIJER P., HOMMES C.-H., SONNEMANS J.-H., TUINSTRA J. (2004), « Price expectations formation in positive and negative feedback systems », *CeNDEF Working Paper WP-04-15*, Universiteit van Amsterdam.
- HO T.-H., CAMERER C., WEIGELT K. (1998/9), « Iterated dominance and iterated best response in p-beauty contests », *American Economic Review*, 88-4, pp. 947-967.
- HOMMES C.-H., SONNEMANS J., Van de VELDEN H. (2000), « Expectation formation in an experimental cobweb economy », in « Interaction and Market Structure », Essays on Heterogeneity in Economics, Berlin/Heidelberg (eds D. Delli Gatti, M. Gallegati and A. Kirman), Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 884, 253-266, Springer Verlag.
- HOMMES C.-H., SONNEMANS J., TUINSTRA J., Van de VELDEN H. (2002), « Coordination of expectations in asset pricing experiments », *CeNDEF Working Paper Series*, 02-07, Universiteit van Amsterdam.
- HOMMES C. (1994), « Dynamics of the cobweb model with adaptive expectations and non-linear supply and demand », *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, 24, 315-335.
- HOMMES C. (2000), « Cobweb dynamics under bounded rationality », in « Optimization, Dynamics, and Economic Analysis » – Essays in honor of Gustav Feichtinger (eds. E.J. Dockner, R.F. Hartl, M. Luptacik and G. Sorger), Physica Verlag.
- KAPLAN T., RUFFLE (2000), « The self-serving bias and beliefs about rationality », mimeo, juin 2000, Ben Gurion University.
- MUTH J.-F. (1961), « Rational Expectations and the Theory of Price Movements », *Econometrica* 29, pp. 315-335.
- NAGEL R. (1995), « Unraveling in Guessing Games: An Experimental Study », *American Economic Review* 85(5), 1313-1326.
- SUTAN A., WILLINGER M. (2002), « Prévisions de prix et coordination par les croyances » in « Integrare europea in contextul globalizarii economice », vol. I, Éditions AGIR, 2003, pp. 43-76.
- SUTAN A., WILLINGER M. (2003), « Coordination in cobweb experiments with(out) elicited beliefs », mimeo, BETA et LAMETA.
- SUTAN A., WILLINGER M. (2005), « Why do we guess better in negative feedback situations? An experiment on beauty contest games with negative feedback », SSRN Working Papers Series n° 664401, déc. 2005.
- SUTAN A. (2005), « Une investigation expérimentale des capacités éductives des agents dans des situations de feedback négatif », thèse de doctorat, ULP, nov. 2005.
- SUTAN A., WILLINGER M. (2006), « Raisonnement divinatoire à feedback négatif: une investigation expérimentale », *Revue économique*, vol. 57, n° 2, mars 2006.
- Van de VELDEN H. (2001), « An experimental approach to expectations formation in dynamic economic systems », thèse de doctorat, Research Series, Tinbergen Institute.

Annexe
Tests de racine unitaire
Valeurs critiques: 5 % = -2.938 1 % = -3.607 ; Constante incluse

rapide					
	t-adf	beta Y_1	\sigma	lag	AIC
prix1	-5.3748**	0.16379	2.6832	0	2.0239
prix2	-4.9778**	0.27751	3.3600	0	2.4738
prix3	-3.8547**	0.55828	3.3131	0	2.4457
prix4	-8.3597**	-0.20103	1.6021	0	0.9926
prix5	-4.5441**	0.34857	3.7192	0	2.6770
prix6	-4.9778**	0.27751	3.3600	0	2.4738
prix7	-6.3952**	0.061462	2.8829	0	2.1675
prix8	-6.8682**	-0.091703	2.7235	0	2.0538
prix9	-7.1474**	-0.041237	2.8138	0	2.1190
prix10	-4.7944**	0.23362	2.7389	0	2.0651
prix11	-5.2545**	0.45092	1.5106	0	0.8749
prix12	-6.7442**	-0.069444	2.6388	0	1.9906
prix13	-4.2524**	0.34343	3.0128	0	2.2557
prix14	-4.1708**	0.39179	2.7030	0	2.0387
prix15	-6.2046**	0.068182	2.8758	0	2.1625
prix16	-5.3362**	0.21752	3.0207	0	2.2609
prix17	-5.3333**	0.36400	2.6148	0	1.9723
prix18	-4.3747**	0.31818	2.9844	0	
lent					
	t-adf	beta Y_1	\sigma	lag	AIC
prix1	-4.8831**	0.47561	3.9700	0	2.8075
prix2	-4.7473**	0.42966	3.9729	0	2.8089
prix3	-5.1330**	0.52232	3.3454	0	2.4651
prix4	-5.0558**	0.51074	2.7979	0	2.1077
prix5	-4.7414**	0.45155	4.0792	0	2.8617
prix6	-6.1270**	0.071429	5.1766	0	3.3382
prix7	-7.2490**	-0.12353	5.8336	0	3.5772
prix8	-6.0911**	0.040603	6.4129	0	3.7665
prix9	-4.9166**	0.30196	5.6311	0	3.5065
prix10	-6.9590**	-0.090909	6.1179	0	3.6723
prix11	-6.7923**	-0.059915	5.4258	0	3.4322
prix12	-3.6693**	0.63420	2.8823	0	2.1671
prix13	-5.9691**	0.37556	3.5377	0	2.5769
prix14	-6.6115**	0.30000	2.7468	0	2.0708
prix15	-5.8713**	0.39567	3.2172	0	2.3869
prix16	-5.0404**	0.42745	3.5574	0	2.5880
prix17	-3.7520**	0.62240	3.6197	0	2.6227
prix18	-6.3174**	0.26874	3.6768	0	

divergent					
	t-adf	beta Y_1	\sigma	lag	AIC
prix1	-5.2339**	0.16907	7.6286	0	4.1137
prix2	-5.6117**	0.10945	7.3474	0	4.0386
prix3	-3.8999**	0.43888	6.3033	0	3.7321
prix4	-4.0660**	0.36901	7.8209	0	4.1635
prix5	-4.5071**	0.30512	7.6730	0	4.1253
prix6	-4.5633**	0.29525	7.7772	0	4.1523
prix7	-3.1181*	0.60512	4.7838	0	3.1804
prix8	-4.0522**	0.52582	4.5166	0	3.0654
prix9	-3.9509**	0.45529	4.5512	0	3.0807
prix10	-3.5372*	0.62793	4.7327	0	3.1589
prix11	-3.7618**	0.53047	5.4314	0	3.4343
prix12	-3.6269**	0.56048	4.7670	0	3.1734
prix13	-5.6526**	0.087222	12.497	0	5.1010
prix14	-5.8077**	0.073333	11.813	0	4.9882
prix15	-4.7141**	0.39037	5.6026	0	3.4964
prix16	-6.0160**	0.042974	11.770	0	4.9810
prix17	-8.2291**	-0.27174	11.763	0	4.9798
prix18	-5.1111**	0.17584	13.044	0	5.1865