

**DANS LES COULISSES DU CONFINEMENT :
MODELISATION DE CHOCS SIMULTANES
D'OFFRE ET DE DEMANDE**

**Une application au confinement du mois d'avril
2020 en France**

Magali Dauvin

Raul Sampognaro

EDITORIAL BOARD

Chair: Xavier Ragot (Sciences Po, OFCE)

Members: Jérôme Creel (Sciences Po, OFCE), **Eric Heyer** (Sciences Po, OFCE), **Sarah Guillou** (Sciences Po, OFCE), **Xavier Timbeau** (Sciences Po, OFCE)

CONTACT US

OFCE
10 place de Catalogne | 75014 Paris | France
Tél. +33 1 44 18 54 24

www.ofce.fr

WORKING PAPER CITATION

This Working Paper:

Magali Dauvin et Raul Sampognaro,

**Dans les coulisses du confinement : modélisation de chocs simultanés d'offre et de demande,
Une application au confinement du mois d'avril 2020 en France**

Sciences Po OFCE Working Paper, n° 05/2021.

Downloaded from URL: www.ofce.sciences-po.fr/pdf/dtravail/WP2021-05.pdf

DOI - ISSN

ABOUT THE AUTHORS

Magali Dauvin, Sciences Po-OFCE,
Email Address: magali.dauvin@sciencespo.fr
Raul Sampognaro, Sciences Po-OFCE,
Email Address: raul.sampognaro@sciencespo.fr

RÉSUMÉ

L'épidémie de la Covid-19 et les mesures mises en œuvre pour enrayer la circulation du virus ont abouti à une crise économique d'une ampleur et d'une nature inédites. Mise à mal par des chocs touchant tant les capacités productives des entreprises mais également les comportements des consommateurs, l'activité économique a chuté de près de 31 % au mois d'avril 2020. Afin d'évaluer les effets économiques du choc Covid-19 au mois d'avril, nous avons recours à une version modifiée du modèle ouvert de Leontief (1944) permettant d'étudier de la diffusion de chocs simultanés d'offre et de demande à travers le tissu productif, c'est ce que nous appelons le modèle « mixte ». En fixant des contraintes au niveau de la production, et non pas exclusivement au niveau de la demande finale, il permet de déterminer la taille des chocs compatibles avec la baisse de l'activité observée. Selon notre évaluation, les fermetures administratives expliqueraient à elles seules 12 points de la baisse d'activité, les fermetures des écoles et les autres problèmes d'offre (incluant notamment les problèmes d'approvisionnement) expliqueraient chacun 5 points de la baisse de la valeur ajoutée au pire moment de la crise. Le choc de demande finale expliquerait 11 points de la baisse du PIB observée pendant le plus dur du confinement. Enfin, l'interaction entre les différents chocs permet d'atténuer légèrement l'impact des chocs et contribue favorablement à l'activité de 2 points.

MOTS CLES

Pandémie Covid-19, tableaux des entrées et sorties, choc de demande, choc d'offre, modèle mixte

Codes JEL

C67, D57, E1.

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic and the first lockdown measures to stem its diffusion have resulted in an economic crisis of an unprecedented scale and nature. Undermined by shocks affecting both productive capacities and consumer behaviour, economic activity slumped by nearly 31% in April 2020 in France. In order to assess the effects of the Covid-19 shock, we rely on a modified version of Leontief's (1944) open model that allows us to study the diffusion of simultaneous supply and demand shocks through the productive fabric. We refer to it as a "mixed" model. Hence, by setting constraints on the production and not exclusively on final demand, we are able to determine the size of the shocks compatible with the economic downturn witnessed in April. We find that administrative closures alone explain 12 points of the decline, while school closures and other supply difficulties each explain 5 points. The decline final demand is responsible for 11 points of the drop in activity. Finally, the way shocks interact with one another mitigates the overall economic impact by 2 points.

KEYWORDS

Covid-19 pandemic, input-output tables, supply shock, demand shock, mixed model.

JEL

C67, D57, E1.

DANS LES COULISSES DU CONFINEMENT : MODÉLISATION DE CHOCs SIMULTANÉS D’OFFRE ET DE DEMANDE*

Une application au confinement du mois d’avril 2020 en France

Magali Dauvin^{1†} Raul Sampognaro^{1‡}

¹OFCE, Sciences Po

10 février 2021

Résumé

L’épidémie de la Covid-19 et les mesures mises en œuvre pour enrayer la circulation du virus ont abouti à une crise économique d’une ampleur et d’une nature inédites. Mise à mal par des chocs touchant tant les capacités productivités des entreprises mais également les comportements des consommateurs, l’activité économique a chuté de près de 31 % au mois d’avril 2020. Afin d’évaluer les effets économiques du chocs Covid-19 au mois d’avril, nous avons recours à une version modifiée du modèle ouvert de Leontief (1944) permettant d’étudier de la diffusion de chocs simultanés d’offre et de demande à travers le tissu productif, c’est ce que nous appelons le modèle « mixte ». En fixant des contraintes au niveau de la production, et non pas exclusivement au niveau de la demande finale, il permet de déterminer la taille des chocs compatibles avec la baisse de l’activité observée. Selon notre évaluation, les fermetures administratives expliqueraient à elles seules 12 points de la baisse d’activité, les fermetures des écoles et les autres problèmes d’offre (incluant notamment les problèmes d’approvisionnement) expliqueraient chacun 5 points de la baisse de la valeur ajoutée au pire moment de la crise. Le choc de demande finale expliquerait 11 points de la baisse du PIB observée pendant le plus dur du confinement. Enfin, l’interaction entre les différents chocs permet d’atténuer légèrement l’impact des chocs et contribue favorablement à l’activité de 2 points.

Mots clefs : pandémie Covid-19, tableaux des entrées et sorties, choc de demande, choc d’offre, modèle mixte

Codes JEL : C67, D57, E1

*Nous remercions Elliot Aurissergues, Bruno Ducoudré, Eric Heyer et Paul Hubert pour leurs commentaires et suggestions très utiles à l’aboutissement et l’amélioration continue de ce travail. Toute imprécision et/ou erreur restante nous est imputable.

†magali.dauvin@sciencespo.fr

‡raul.sampognaro@sciencespo.fr

Abstract

The Covid-19 pandemic and the first lockdown measures to stem its diffusion have resulted in an economic crisis of an unprecedented scale and nature. Undermined by shocks affecting both productive capacities and consumer behaviour, economic activity slumped by nearly 31% in April 2020 in France. In order to assess the effects of the Covid-19 shock, we rely on a modified version of Leontief's (1944) open model that allows us to study the diffusion of simultaneous supply and demand shocks through the productive fabric. We refer to it as a "mixed" model. Hence, by setting constraints on the production and not exclusively on final demand, we are able to determine the size of the shocks compatible with the economic downturn witnessed in April. We find that administrative closures alone explain 12 points of the decline, while school closures and other supply difficulties each explain 5 points. The decline final demand is responsible for 11 points of the drop in activity. Finally, the way shocks interact with one another mitigates the overall economic impact by 2 points.

Key words: Covid-19 pandemic, input-output tables, supply shock, demand shock, mixed model

JEL codes: C67, D57, E1

1 Introduction

L'épidémie de la Covid-19 et les mesures mises en œuvre pour enrayer la circulation du virus ont abouti à une crise économique d'une ampleur et d'une nature inédites. Au mois d'avril, soit un mois plein de confinement strict, des pans entiers de l'économie ont été fermés par décision administrative afin d'assurer la moindre circulation des personnes. Par ailleurs, avec la fermeture des structures d'accueil éducatives (crèches, écoles, ...), nombreux sont les salariés qui ont dû rester à domicile pour garder leurs enfants et ont été empêchés de se rendre sur leur lieu de travail. Certaines branches ont souffert de ruptures dans les chaînes d'approvisionnement. Enfin, la demande des acteurs privés a chuté fortement – soit par l'impossibilité de réaliser certains achats, soit par une baisse de la demande globale. On pourrait ajouter un choc de productivité lié à la déstructuration des processus productifs, notamment du fait d'un recours massif, non anticipé, au télétravail. Toutefois, peu de travaux empiriques ont réussi à montrer un tel effet à ce jour¹, il sera donc négligé par la suite. Dans ce contexte, l'activité a chuté de près de 31 % au mois d'avril selon Insee (2020). En plus d'être massive, cette baisse de l'activité présente des une forte hétérogénéité entre les différentes branches. La baisse de la valeur ajoutée allant de -2 % dans l'agriculture à -70 % dans l'hébergement et la restauration.

Les outils traditionnels de prévision s'avèrent inadaptés pour mesurer l'impact de chocs simultanés, portant à la fois sur l'offre et la demande. Ce détail sectoriel est d'autant plus important compte tenu de l'hétérogénéité dans l'exposition aux chocs. Afin de palier à ce problème nous avons construit un modèle à 17 branches² qui permet d'évaluer le comportement de l'économie française lorsque certaines d'entre-elles sont affectées simultanément par des chocs de demande et d'offre.

Bien évidemment ce papier n'est pas le premier à essayer de modéliser les spécificités de la crise de la covid-19 et notamment de l'effet des chocs simultanés d'offre et demande. Une recherche rapide montre que le NBER a publié, au 3 février 2021, 579 *Working Paper* comportant le mot «*covid*» dans le titre, et ceci est loin d'être un compte exhaustif de la contribution des économistes. Il est impossible de citer toute la littérature liée avec notre article et qui a servi d'inspiration à notre modèle théorique. Il faut néanmoins mentionner les articles fondamentaux de Baqaee et Fahri (2020a), Baqaee et Fahri (2021a) et Baqaee and Fahri (2021b) et Guerrieri *et al.* (2020). Tous ces papiers montrent l'importance de la structure de relations entre branches dans la diffusion simultanée de chocs d'offre et de demande. Par ailleurs, la modélisation concrète du choc de la covid-19 s'inspire largement de Gourinchas *et al.* (2020).

Le cadre théorique repose sur un modèle de concurrence parfaite où la fonction de production de chaque branche est une CES imbriquée. Il est supposé que les branches n'ont pas été en mesure d'ajuster leur prix immédiatement après la décision du premier confinement strict. Il sera montré que dans ce cadre que la

1. Batut et Tabet, 2020, « Que savons-nous aujourd'hui des effets économiques du télétravail? », Trésor-Eco, n° 270, novembre.

2. Au sens de l'Insee, une branche regroupe des unités de production homogènes, c'est-à-dire qui fabriquent des produits qui appartiennent au même item de la nomenclature d'activité économique. Un secteur regroupe des unités statistiques classées selon leur activité principale.

structure des relations entre branches est inchangé, résultat cohérent avec Baqaee et Fahri (2021b), et que chaque branche est contrainte par le choc négatif de plus forte ampleur en valeur absolue. Cette économie peut être facilement simulée à l'aide d'un modèle de Leontief, modifié à la marge, et qui sera appelé « mixte » car il combine des restrictions sur l'offre dans certaines branches et des restrictions sur la demande pour le reste de l'économie.

Le modèle présenté ci-dessous a été mobilisé dans DAP (2020a), DAP (2020b), et Dauvin et al. (2020) afin de prévoir l'évolution macro-sectorielle de l'économie française au cours de l'année 2020. Afin de mettre en œuvre cet exercice, cela suppose de désigner le choc dominant par branche et faire une prévision de ce choc à un niveau fin. L'exercice qui sera réalisé dans la suite est d'une autre nature.

L'évolution de la valeur ajoutée par branche est désormais connue. A partir de cette observation, nous allons essayer de déduire la taille des chocs qui sont compatibles avec cette observation de la production sectorielle. Avant cela, il sera nécessaire de décrire le modèle sectoriel qui a été utilisée pour le faire et le cadre théorique de comportement qui lui est associé.

Nous allons décomposer, l'impact sur l'évolution de la valeur ajoutée du mois d'avril 2020 des quatre chocs suivants : (i) fermetures administratives ; (ii) indisponibilité de la main-d'œuvre (notamment liée à la fermeture des écoles, aux personnes vulnérables, aux malades de la Covid-19, . . .) ; (iii) autres chocs d'offre y compris des problèmes d'approvisionnement ; (iv) modification des comportements de demande (substitution et épargne de précaution).

L'intérêt de cet exercice est double. D'une part, il permet de présenter le fonctionnement de cet outil et de justifier sa pertinence théorique. D'autre part, avoir une méthode permettant d'identifier les différents chocs et de leurs effets sur la valeur ajoutée peut permettre de reproduire cet exercice³ et d'avoir une évaluation de la différente réaction des agents privés à un nouvel ensemble de chocs d'offre.

Selon nos simulations, les fermetures administratives expliqueraient à elles seules 12 points de la baisse d'activité. L'indisponibilité de la main d'œuvre aurait eu un impact de 5 points sur la valeur ajoutée agrégée et les autres chocs d'offre ont un impact similaire de 5 points. Le choc de demande finale contribue à une perte d'activité de 11 points de valeur ajoutée. Enfin, l'interaction entre les différents chocs contribue favorablement à l'activité de 2 points. Ce terme d'interaction, quoique difficilement interprétable, suggère que certaines branches contraintes par l'offre mais dont la demande finale a relativement bien résisté ont pu orienter les ventes vers les consommateurs finaux car les branches qui leur demandaient des biens intermédiaires étaient à l'arrêt.

La suite du document se présente comme suit. Dans un premier temps, nous présentons le modèle mixte d'un

3. Par exemple, pour le confinement du mois de novembre 2020.

point de vue théorique - en y intégrant les spécificités liées au choc de la Covid-19, ainsi que dans sa dimension matricielle. Ainsi, nous espérons rendre la méthode utilisée la plus reproductible possible. L'identification des chocs à l'œuvre au mois d'avril est abordée dans une deuxième partie. Enfin, dans un troisième et dernier temps, nous présentons les résultats ainsi qu'une analyse de sensibilité.

2 Modélisation

2.1 L'économie de la covid-19 : des multiples chocs simultanés

La simultanéité des chocs pose des questions sur l'interaction entre eux. Imaginons une économie composée d'une branche unique afin de rendre explicite le problème. À titre illustratif, supposons que cette économie reçoive un choc de demande exogène négatif – par exemple, du reste du monde – correspondant à 5 % de sa demande finale et en parallèle un choc d'offre qui ampute ses capacités productives de façon temporaire de 10 %. Faut-il supposer que ces chocs s'additionnent ? Ou qu'au final cette économie diminuera sa production de 10 % « seulement » ? Cet exemple – élémentaire à dessein – permet d'illustrer le problème de l'additivité de deux chocs simultanés, l'un affectant l'offre, l'autre la demande. Nous posons l'hypothèse simplificatrice selon laquelle chaque branche est composée d'une entreprise représentative produisant un unique produit. Dans ce contexte, celle-ci est *in fine* affectée exclusivement par le choc le plus fort quantitativement. Par exemple, si une entreprise subit une baisse de la demande de 5 % et un absentéisme de 10 %, la baisse de sa production constatée sera de 10 %. Pour voir plus clairement le fonctionnement d'une telle économie, nous allons complexifier le modèle et détailler le comportement des producteurs en cas d'arrivée de chocs d'offre et de demande simultanés.

2.2 Modèle de comportement sectoriel

L'économie modélisée est composée de J branches avec une entreprise représentative. Chacune produit un bien unique combinant du travail et des biens intermédiaires à travers la fonction de production CES-imbriquée à rendements d'échelle constants suivante :

$$Q_i = A_i[\beta_i L_i^\rho + (1 - \beta_i)M_i^\rho]^{\frac{1}{\rho}}$$

Où A_i est la productivité globale des facteurs, L_i l'emploi alloué à la branche i , M_i l'agrégat des consommations intermédiaires utilisées par la branche i et $\beta_i \in [0, 1]$ détermine la part de la valeur ajoutée générée par la branche.

L'agrégat des consommations intermédiaires est défini lui-même comme une fonction CES :

$$M_i = \left[\sum_{j=1}^J \iota_{ij} Q_{ij}^{\frac{\theta}{1+\theta}} \right]^{\frac{1+\theta}{\theta}}$$

Les paramètres fondamentaux sont ρ qui détermine l'élasticité de substitution entre consommations intermédiaires et le travail (égale à $\frac{1}{1-\rho}$), et θ qui détermine la substituabilité entre différentes consommations intermédiaires. ι_{ij} représente l'importance relative de l'input j dans la production de i .

Cette fonction CES-imbriquée autorise des schémas de substituabilité très différents comme une fonction de production de Leontief ($\rho = -\infty$ and $\theta = 0$) ou une fonction de production Cobb-Douglas ($\rho = 0$ and $\theta = 1$).

Dans un équilibre concurrentiel le prix unitaire du bien i est donné par son coût marginal de production (mc_i)⁴ :

$$mc_i = \frac{1}{A_i} \left[\beta_i^{\frac{1}{1-\rho}} w_i^{\frac{-\rho}{1-\rho}} + (1 - \beta_i)^{\frac{1}{1-\rho}} P_i^M \frac{-\rho}{1-\rho} \right]^{1-\frac{1}{\rho}}$$

où w_i est le salaire moyen dans la branche i et P_i^M représente l'indice des prix des consommations intermédiaires utilisées par la branche i . Dans le cadre CES-imbriqué, l'indice des prix est défini par :

$$P_i^{M-\theta} = \left[\sum_{j=1}^J \iota_{ij}^{1+\theta} mc_j^{-\theta} \right]$$

Compte tenu de la structure CES posée, la part des dépenses en biens intermédiaires (ω_M) et la part de la masse salariale (ω_L) dans la production sont égales à :

$$\omega_L = \frac{w_i L_i}{p_i Q_i} = \frac{\beta_i^{\frac{1}{1-\rho}} w_i^{\frac{-\rho}{1-\rho}}}{\beta_i^{\frac{1}{1-\rho}} w_i^{\frac{-\rho}{1-\rho}} + (1 - \beta_i)^{\frac{1}{1-\rho}} P_i^M \frac{-\rho}{1-\rho}}$$

$$\omega_M = \frac{P_i^M M_i}{p_i Q_i} = \frac{(1 - \beta_i)^{\frac{1}{1-\rho}} P_i^M \frac{-\rho}{1-\rho}}{\beta_i^{\frac{1}{1-\rho}} w_i^{\frac{-\rho}{1-\rho}} + (1 - \beta_i)^{\frac{1}{1-\rho}} P_i^M \frac{-\rho}{1-\rho}}$$

Dans ce contexte :

$$\frac{L_i}{M_i} = \left(\frac{\beta_i}{1 - \beta_i} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left(\frac{w_i}{P_i^M} \right)^{\frac{-1}{1-\rho}} \quad (1)$$

La part des dépenses en bien j dans le total des consommations intermédiaires de la branche i , notée γ_{ij} est égale à :

$$\gamma_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{h=1}^J X_{ih}}$$

où X_{ij} est la dépense de la branche i en produits j . γ_{ij} peut être directement observée dans les tables *input-output* disponibles⁵.

4. Cela peut être étendu sans difficulté à un cadre de concurrence monopolistique où le prix sera alors égal au coût marginal majoré d'un *mark-up* : constant si la fonction d'utilité des consommateurs finaux est elle-même CES.

5. Le tableau d'entrées-sorties ou *input-output* est un des tableaux des comptes nationaux. Il analyse chacun des produits de la nomenclature selon l'origine et son emploi (comme bien intermédiaire ou bien final). Pour chaque produit, le TES établit l'équilibre comptable ressources-emploi. Pour chaque branche, le TES permet d'établir la valeur ajoutée et ses relations avec les autres branches avec la demande mutuelle pour des biens intermédiaires.

Dans le cadre CES-imbriqué, Caliendo *et al.* (2017) montrent qu'à l'équilibre :

$$\gamma_{ij} = \frac{mc_j^{-\theta} l_{ij}^{1+\theta}}{\sum_{h=1}^J l_{ih}^{1+\theta} mc_{ih}^{-\theta}} = \left(\frac{mc_j}{P_i^M} \right)^{-\theta} l_{ij}^{1+\theta}$$

À l'équilibre, γ_{ij} dépend du prix relatif de l'input j et du poids relatif de l'input dans le processus de production (l_{ij}), paramètre purement technologique.

Un travail de réécriture permet de faire apparaître le coefficient technique (a_{ij}), qui mesure le poids d'une consommation intermédiaire dans la valeur de la production⁶ comme étant égal à :

$$a_{ij} = \omega_M \times \gamma_{ij} = (1 - \omega_L) \times \gamma_{ij}$$

Ainsi, le coefficient technique de l'input j dans la production de i dépend du poids des consommations intermédiaires dans la production (ou de façon équivalente du taux de valeur ajoutée) et de la part du bien intermédiaire j dans la demande de biens intermédiaires totale de la branche i . L'ensemble de ces coefficients est directement observable dans une table de données *input-output* fournie par les instituts statistiques nationaux et internationaux.

2.3 Intégration du choc de la covid-19

La modélisation des chocs liés à la Covid-19 est inspirée de celle proposée par Gourinchas *et al.* (2020). Nous considérons pour la suite la notation suivante \hat{x} pour exprimer le changement de la variable x entre la période pré-covid (x) et sa valeur lors du choc de la covid-19 (x') tel que $\hat{x} = \frac{x'}{x}$.

Avec l'arrivée de l'épidémie, les entreprises font face à des chocs de demande. Nous supposons que le choc de demande finale est spécifique à chaque branche. Nous considérons la demande adressée à la branche i comme purement exogène (notée \hat{d}_i ⁷).

La crise économique liée à l'épidémie de la Covid-19 ne peut pas être vue exclusivement comme un choc de demande. En effet, les entreprises sont également contraintes par des facteurs d'offre. Les entreprises souffrent d'un choc d'offre de travail dans la mesure où certains salariés ne peuvent pas se rendre sur le lieu de travail (garde d'enfants, confinement des salariés dans les branches non essentielles, protection des salariés vulnérables, ...). En fonction de la structure démographique des salariés de la branche seulement une proportion $\nu_i \in [0; 1]$ des salariés est en mesure de travailler pendant le choc de la Covid-19. En parallèle, la rupture des chaînes d'approvisionnement peut limiter la production d'une branche en raison de l'impossibilité d'avoir recours à des consommations intermédiaires nécessaires dans le processus productif. Nous supposons qu'une part $\eta_j \in [0; 1]$ des commandes de biens intermédiaires ne peut pas être assurée (*e.g.* par une rupture

6. La matrice regroupant l'ensemble des coefficients techniques est directement observable dans n'importe quel TES et celle-ci est généralement fournie par les instituts statistiques nationaux publiant des TES.

7. À titre d'information, la demande finale est rendue endogène dans un travail connexe mais n'est pas nécessaire pour établir les résultats présentés dans cet article.

de la chaîne logistique)⁸. Enfin, les entreprises peuvent subir un choc de productivité lié au recours non-choisi au télétravail. Ce dernier n'est pas pris en compte ici car peu d'évidence empirique suggère que ce choc soit significatif à ce stade de la crise ($\widehat{A}_j = 1$)⁹.

Nous supposons que chaque entreprise représentative prend ces décisions de prix avant l'arrivée des chocs liés à l'épidémie de la covid-19. Sous l'hypothèse que tous les prix et les salaires sont rigides et restent identiques à leur niveau pré-covid, nous avons donc :

$$\widehat{m}c_i = 1 \quad \forall i \implies \widehat{\gamma}_{ij} = 1$$

De même et avec des rendements d'échelle constants, ceci implique que $\widehat{\omega}_L = \widehat{\omega}_M = 1$ quelle que soit la valeur de ρ et θ .

Si l'entreprise subit un choc d'absentéisme ν_i , alors pendant la période où les chocs de la covid-19 sont à l'œuvre, la branche peut au maximum mobiliser $\nu_i L_i$ pour produire. De façon analogue, le choc d'approvisionnement oblige la branche à mobiliser au maximum $\eta_i M_i$ pour produire¹⁰.

Ainsi, le problème de l'entreprise représentative de la branche i est :

$$\min_{L'_i, M'_i} w_i L'_i + P_i^M M'_i \quad (2)$$

$$s.c. \quad A_i [\beta_i L_i'^{\rho} + (1 - \beta_i) M_i'^{\rho}]^{\frac{1}{\rho}} \geq d'_i \quad (3)$$

$$L'_i \leq \nu_i L_i \quad (4)$$

$$M'_i \leq \eta_i M_i \quad (5)$$

Trois cas théoriques sont envisageables :

- ◊ Si la production est contrainte par le choc d'offre de travail alors $L'_i = \nu_i L_i \implies \widehat{L}_i = \nu_i$.
Avec des prix d'intrants fixes, l'équation (1) montre que le ratio L_i/M_i est lui-même constant.
Par conséquent $\widehat{M}_i = \widehat{L}_i = \nu_i \implies \widehat{Q}_i = \nu_i$.
- ◊ Si la production est contrainte par le choc d'approvisionnement alors $M'_i = \eta_i M_i \implies \widehat{M}_i = \eta_i$.
Comme pour le cas précédent, comme le ratio L_i/M_i est lui-même constant.
Par conséquent $\widehat{M}_i = \widehat{L}_i = \eta_i \implies \widehat{Q}_i = \eta_i$.
- ◊ Si la production est contrainte par la demande $Q'_i = d'_i \implies \widehat{Q}_i = \widehat{d}_i$.

8. Pour simplifier la notation on suppose dans l'écriture du modèle théorique que le choc d'approvisionnement dépend exclusivement de la branche consommatrice du bien intermédiaire. On pourrait supposer que le choc dépende du secteur produisant le bien intermédiaire, voire du couple consommateur-producteur. Ceci ne change pas la logique de réponse face à un tel choc et alourdi inutilement la notation.

9. Voir Batut et Tabet (2020).

10. Nous supposons que si elle a besoin d'un moindre nombre de salariés, alors elle choisit son emploi optimal et le coût du travail des employés non productifs est absorbé par un mécanisme de type activité partielle. De la même façon, nous supposons que l'entreprise peut annuler les livraisons non utiles de biens intermédiaires.

Pour une branche non contrainte par le choc d'offre la demande de travail optimale implique :

$$L'_i = \left(\frac{\beta_i}{w_i}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} \times \frac{Q'_i}{A_i \left[\left(\frac{\beta_i}{w_i}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} + \left(\frac{1-\beta_i}{P_i M_i^\rho}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} \right]^{\frac{1}{\rho}}} = \left(\frac{\beta_i}{w_i}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} \times \frac{\hat{d}_i Q_i}{A_i \left[\left(\frac{\beta_i}{w_i}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} + \left(\frac{1-\beta_i}{P_i M_i^\rho}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} \right]^{\frac{1}{\rho}}} = \hat{d}_i L_i$$

De la même façon, $M'_i = \hat{d}_i M_i$.

Il peut être montré que le seuil séparant les branches contraintes par l'offre et celles contraintes par la demande est donné par $\hat{d}_i = \min(\nu_i, \eta_i)$. Plus précisément, si $\hat{d}_i < \min(\nu_i, \eta_i)$, la branche est contrainte par ses débouchés (cas 3), si $\hat{d}_i > \min(\nu_i, \eta_i)$, c'est un choc d'offre et le minimum entre ν_i et η_i détermine si les contraintes reposent sur la main d'œuvre ($\min(\nu_i, \eta_i) = \nu_i$ (cas 1)) ou les intrants ($\min(\nu_i, \eta_i) = \eta_i$ (cas 2)).

Avec prix et salaires fixes, $\widehat{\gamma}_{ij} = \widehat{\omega}_L = \widehat{\omega}_M = 1$, la structure input-output de l'économie est inchangée par le choc de la covid-19. Dans ce contexte, notre modèle se comporte d'une façon très proche au modèle original de Leontief (1936), même si on accepte une certaine forme de substituabilité dans les processus productifs. La principale différence avec le modèle de Leontief vient du fait que la production de certaines branches sont contraintes par des choc exogènes d'offre (ν_i, η_i) tandis que d'autres branches sont contraintes par le choc exogène de demande (\hat{d}_i).

2.4 Ecriture matricielle du modèle avec choc d'offre et de demande

Une fois identifiés les branches contraintes par l'offre, il est possible de réécrire le modèle de Leontief ouvert (1944) -modèle uniquement déterminé par la demande où il n'est pas question de contraintes sur les capacités de production- pour tenir compte de ses limitations. Nous partons de l'équilibre comptable emplois-ressources de chaque produit :

$$p_i Q_i = EI_i + DF_i$$

Où Q_i représente la production du produit i , EI_i les emplois intermédiaires du produit i et DF_i les emplois finaux du produit. Comme dans le modèle de Leontief, les emplois intermédiaires sont déterminés par les coefficients techniques fixes. Les emplois sont définis en valeur.

Cette relation comptable portant sur l'équilibre sur le marché des biens fait apparaître explicitement que la demande adressée à une branche émane de deux types de clients : d'un part, la demande pour emploi intermédiaire et d'autre part celle pour emploi final. Ainsi, pour les secteurs contraints par la demande une partie du choc s'explique par la diffusion des chocs subis par les autres branches et d'autre part par le choix des utilisateurs finaux du produit. Le choc sur la demande finale du produit i est noté (\widehat{d}_i^F).

Pour chacun de J produits de notre économie, nous avons les J relations comptables d'équilibre de marché

suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 Q_1 = a_{11} \times p_1 Q_1 + a_{12} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{1J} \times p_J Q_J + DF_1 \\ p_2 Q_2 = a_{21} \times p_1 Q_1 + a_{22} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{2J} \times p_J Q_J + DF_2 \\ \vdots \\ p_J Q_J = a_{J1} \times p_1 Q_1 + a_{J2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{JJ} \times p_J Q_J + DF_J \end{array} \right.$$

Supposons que les k premières branches sont contraintes par la demande finale exogène (notée $\overline{DF} = \hat{d}^F DF$) et les $J - k$ dernières branches le sont par la production exogène (notée $\overline{Q} = \min(v, \eta)Q$). Alors, les relations comptables d'équilibre de cette économie peuvent être réécrites de la façon suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 Q_1 = a_{1,1} \times p_1 Q_1 + a_{1,2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{1,k} \times p_k Q_k + a_{1,k+1} \times p_{k+1} \overline{Q_{k+1}} + \dots + a_{1,J} \times p_J \overline{Q_J} + \overline{DF}_1 \\ p_2 Q_2 = a_{2,1} \times p_1 Q_1 + a_{2,2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{2,k} \times p_k Q_k + a_{2,k+1} \times p_{k+1} \overline{Q_{k+1}} + \dots + a_{2,J} \times p_J \overline{Q_J} + \overline{DF}_2 \\ \vdots \\ Q_k = a_{k,1} \times p_1 Q_1 + a_{k,2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{k,k} \times p_k Q_k + a_{k,k+1} \times p_{k+1} \overline{Q_{k+1}} + \dots + a_{k,J} \times p_J \overline{Q_J} + \overline{DF}_k \\ \overline{Q_{k+1}} = a_{k+1,1} \times p_1 Q_1 + a_{k+1,2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{k+1,k} \times p_k Q_k + a_{k+1,k+1} \times p_{k+1} \overline{Q_{k+1}} + \dots + a_{k+1,J} \times p_J \overline{Q_J} + DF_{k+1} \\ \vdots \\ p_J \overline{Q_J} = a_{J,1} \times p_1 Q_1 + a_{J,2} \times p_2 Q_2 + \dots + a_{J,k} \times p_k Q_k + a_{J,k+1} \times p_{k+1} \overline{Q_{k+1}} + \dots + a_{J,J} \times p_J \overline{Q_J} + DF_J \end{array} \right.$$

Sous forme matricielle et en réarrangeant les termes de façon à avoir les variables endogènes (k productions et $J - k$ demandes finales) exprimées en fonction des variables exogènes, nous avons :

$$X_{mixte} = M^{-1} \times N \times \overline{Y}_{mixte}$$

Avec :

$$X_{mixte} = \begin{pmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_k \\ DF_{k+1} \\ \vdots \\ DF_J \end{pmatrix}, \overline{Y}_{mixte} = \begin{pmatrix} \overline{DF}_1 \\ \overline{DF}_2 \\ \vdots \\ \overline{DF}_k \\ \overline{Q_{k+1}} \\ \vdots \\ \overline{Q_J} \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} (1 - a_{1,1}) & \dots & -a_{1,k} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{k,1} & \dots & (1 - a_{k,k}) & 0 & \dots & 0 \\ -a_{k+1,1} & \dots & -a_{k+1,k} & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{J,1} & \dots & -a_{J,k} & 0 & \dots & -1 \end{pmatrix}$$

et

$$N = \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 & a_{1,k+1} & \dots & a_{1,J} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & a_{k,k+1} & \dots & a_{k,J} \\ 0 & \dots & 0 & -(1 - a_{k+1,k+1}) & \dots & a_{k+1,J} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & a_{J,k+1} & \dots & -(1 - a_{J,J}) \end{pmatrix}$$

Ainsi, un réarrangement du modèle de Leontief, en fixant des contraintes au niveau de la production et non pas exclusivement au niveau de la demande, permet d’exploiter le tableau des entrées et sorties symétrique afin d’analyser la diffusion simultanée des chocs de demande et d’offre ¹¹.

3 Identification des chocs d’offre et de demande du 1er confinement

Le modèle présenté ci-dessus a été mobilisé dans DAP (2020a), DAP (2020b) et Dauvin *et al.* (2020) afin de prévoir l’évolution macro-sectorielle de l’économie française au cours de l’année 2020. En prévision cela suppose de désigner le choc dominant par branche et faire une prévision de ce choc à un niveau fin. L’exercice qui sera réalisé dans la suite de cet article est différent. Nous connaissons désormais l’évolution de la valeur ajoutée par branche et nous allons essayer de déduire la taille des chocs qui sont compatibles avec cette observation de la production sectorielle. Nous allons décrire la procédure utilisée dans cette section.

3.1 Identification des chocs du confinement d’avril 2020 : problèmes d’identification

Il est très simple à montrer que la seule observation de la production par branche ne permet pas d’identifier l’ensemble des chocs d’offre et de demande finale qui ont été définis : nous disposons 17 observations et 68 chocs (4 chocs par branche). Par ailleurs, selon notre cadre théorique la production observée dépend exclusivement du choc plus fort quantitativement. Implicitement, le modèle inclut une fonction minimum qui le rend non linéaire aux chocs et non inversible. Strictement parlant, l’observation de la production dans une branche nous donne de l’information sur le choc dominant, mais sans nous laisser identifier quel est précisément ce choc dominant.

La structure du modèle présenté dans la section antérieure implique que l’évolution observée de la production dans chaque branche est dépendante du choc prédominant et de la diffusion des chocs prédominants dans le reste de l’économie (à structure *input-output* inchangée). *In fine*, il y a 17 observations et 17 chocs actifs.

11. À cet égard, le lecteur·trice peut se référer à Hambye (2012) pour plus de détails sur la méthodologie.

Le modèle mixte développé incluant l'impact simultané de chocs d'offre et de chocs de demande est relativement simple à manipuler lorsque les branches contraintes par chaque type de choc sont identifiées. Lorsqu'une branche est contrainte par l'offre, l'identification du choc prédominant est immédiate : il est égal à la baisse de la production observée. Une fois les chocs d'offre effectivement opérationnels calibrés, il est nécessaire de trouver les chocs de demande restants, compatibles avec l'évolution de la production observée au mois d'avril.

Pour pouvoir mener à terme cet exercice, il faut commencer par distinguer les branches qui sont contraintes par l'offre et celles qui le sont par la demande. Comme dit précédemment, l'observation de la production n'est pas suffisante, Il est nécessaire de fournir des informations extérieures au modèle. Nous allons par conséquent approximer les chocs d'offre par des mesures indirectes externes et évaluer lesquels ont pu être effectivement contraignants. Ainsi, tous les résultats ultérieurs sont dépendants de ce partage initial entre les secteurs contraints par l'offre et ceux contraints par la demande¹². La méthodologie employée sera détaillée dans la suite.

3.2 Données utilisées

Les données du tableau des entrées et sorties international WIOD¹³ France ont été utilisées à cette fin. L'avantage de cette source réside notamment dans la capacité à décomposer le Tableau des Entrées Intermédiaires de façon à distinguer les consommations intermédiaires d'origine domestique et celles qui sont importées¹⁴. L'analyse est faite sur la nomenclature agrégée de la comptabilité nationale à 17 branches.

Afin d'avoir une première approximation des chocs d'offre qui ont fait suite au confinement du mois d'avril, nous avons utilisé les dernières Enquête Emploi en continu disponibles afin d'avoir un niveau de détail très fin sur les caractéristiques démographiques de l'emploi par branche (structure familiale, catégories socio-professionnelle, type de poste occupé, ...).

La publication de la note de conjoncture de l'Insee du 2 décembre 2020 fournit une évaluation précise de l'évolution de la valeur ajoutée par branche lors du mois d'avril 2020, au moment où les mesures sanitaires étaient les plus strictes.

Enfin, pour vérifier la robustesse de certaines de nos hypothèses nous mobiliserons les réponses des entreprises dans l'enquête Acemo-covid¹⁵ sur leur perception sur les chocs subis au cours du mois d'avril 2020.

12. Afin de nous assurer que nos résultats ne sont pas trop dépendants des sources externes utilisées dans l'évaluation des branches contraintes par l'offre nous réalisons des tests de robustesse dans la dernière section de cet article.

13. Pour "World Input-Output Database", les données sont disponibles en ligne (<http://www.wiod.org/home>). Pour plus d'informations sur la construction de la base de données, voir Timmer *et al.* (2015).

14. Ceci aurait pu être fait à travers le TES symétrique publié par l'Insee pour la France. L'avantage de l'utilisation du TES international est qu'il permettra à terme de simuler différents chocs au niveau global, comme la pandémie en cours. L'exploitation de la dimension internationale de la base de données a été faite dans d'autres travaux publiés par l'OFCE, comme par exemple Dauvin *et al.* (2020a).

15. La Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares), direction du ministère du travail a conduit une enquête flash mensuelle à partir d'avril 2020 afin d'apprécier la façon dont les entreprises se sont adaptées à la crise de la covid-19. Cette enquête interroge les entreprises sur l'évolution de leur activité, de leurs effectifs, sur la répartition de ces effectifs entre le télétravail, l'activité partielle, le travail sur site, etc., ainsi que sur les mesures de prévention mises en place.

3.3 Une approximation des chocs d’offre à partir de données externes

Le choc de main d’oeuvre

Au cours du mois d’avril 2020, les mesures sanitaires ont empêché certains salariés et indépendants de se déplacer vers leur lieu de travail et par conséquent de participer à la production. Dans DAP (2020a), le choc lié aux *fermetures administratives* est approché par le volume d’emploi concerné par les décrets. À partir des données du quatrième trimestre 2018 de l’Enquête Emploi en continu de l’Insee, DAP (2020a) a estimé que 3,1 millions d’emplois ont été impactés par ces fermetures. Ces emplois ont constitué une première évaluation du choc direct lié aux fermetures administratives ou à l’arrêt de certains services publics.

À partir de la mi-mars, l’ensemble des crèches et des établissements scolaires de France ont été fermées. Près de 12 millions d’élèves et d’enfants en crèche n’ont pas pu être accueillis. Dès lors, les parents pouvant travailler à distance étaient invités à privilégier cette option ¹⁶. Dans le cas contraire, leur employeur a pu enclencher une démarche visant à les faire bénéficier d’un « arrêt de travail pour garde d’enfants ». DAP (2020a) présente la méthodologie employée pour tenter de quantifier le recours potentiel à ce dispositif toujours à partir de l’Enquête Emploi en continu 2018 de l’Insee. Selon nos calculs, tenant compte de la composition démographique des ménages (famille monoparentale, âge des enfants, présence d’au moins un adulte non affecté par les fermetures administratives, possibilité de télétravailler), près de 1,6 million d’emplois ont pu être impactés par la fermeture des écoles.

L’addition de ces deux chocs, décliné par branche, constitue une première évaluation de l’ampleur du choc de main d’oeuvre subi. Les résultats de nos calculs sont présentés dans le Tableau 1.

Les fermetures administratives devraient concerner 11% de l’emploi et comme cela était prévisible, elles devraient avoir un impact massif dans l’*hébergement-restauration* (IZ) (73% de l’emploi concerné), dans le *commerce* (GZ) et dans *les services liés aux loisirs* (RU) et l’*administration publique* (OQ). De leur côté, les gardes d’enfants expliqueraient l’absentéisme de 5,7% de l’emploi, avec un impact moins marqué par branche mais pouvant aller jusqu’à 10,8% dans l’*industrie agroalimentaire* (C1).

Au total, 16,7% des emplois seraient concernés par les fermetures administratives ou l’absentéisme pour motif de garde d’enfants. Une fois contrôlé de la possibilité de télétravailler, notre évaluation ex ante du choc d’absentéisme de la main d’oeuvre s’étale entre 2% et 77%, signe de la forte hétérogénéité prégnante dans les contraintes d’offre au cours du confinement du mois d’avril 2020.

Tous les secteurs sont couverts, à l’exception de l’agriculture, des services extraterritoriaux et des services aux ménages (les deux étant regroupés dans le secteur *RU*), et des administrations publiques et organismes de sécurité sociale.

16. Dans DAP (2020a), nous avons estimé que 8,4 millions d’emplois étaient potentiellement concernés par la mise en place du télétravail généralisé. Ce calcul est réalisé à partir de l’enquête Emploi en continu de l’Insee, où nous avons tenté d’identifier au sein des 528 professions décrites dans l’enquête, celles pouvant faire l’objet d’une mise en place du télétravail. Les impacts sont différenciés selon les branches dans la mesure où sa généralisation n’est pas homogène à l’ensemble des métiers. Les cadres peuvent y recourir aisément (60% le font déjà régulièrement selon la Dares), il est clair que les ouvriers ont le beaucoup plus de difficulté à le faire.

TABLEAU 1 – Evolution ex-ante du choc de main d’oeuvre

CODE	SECTEURS INTITULÉ	POURCENTAGE DE L’EMPLOI CONCERNÉ...		Total
		... par les fermetures obligatoires	...par les gardes d’enfants	
AZ	Agriculture		7,2	7,2
BE	Energie, eau, déchets		0,0	0,0
C1	Industrie agro-alimentaire		10,8	10,8
C2	Cokéfaction et raffinage		1,7	1,7
C3	Biens d’équipements		4,8	4,8
C4	Matériels de transport		4,3	4,3
C5	Autres produits industriels		6,2	6,2
FZ	Construction		2,8	2,8
GZ	Commerce	19,0	7,7	26,7
HZ	Transports et entreposage	1,3	5,4	6,6
IZ	Hébergement et restauration	73,0	3,8	76,8
JZ	Information et communication	1,0	1,2	2,2
KZ	Activités financières		2,2	2,2
LZ	Activités immobilières		0,0	0,0
MN	Services aux entreprises		5,9	5,9
OQ	Services non marchands	11,3	5,2	16,4
RU	Autres activités de services	29,0	10,0	39,0
	Total		5,7	16,7

Source : calculs OFCE sur la base de l’enquête emploi en continu.

Ainsi, en gardant la notation du modèle théorique présenté ci-dessus, nous avons :

$$\nu_i = \nu_i^1 + \nu_i^2$$

Où ν_i est le choc de main d’œuvre subi par la branche i . Celle-ci se décompose entre une composante d’impossibilité de produire pour cause de fermetures administratives (ν_i^1) et une composante d’absentéisme expliquée par la garde d’enfants qui s’explique par les fermetures des écoles (ν_i^2).

Or, pour l’instant nous n’avons pas observé les chocs effectifs (ν_i^1, ν_i^2) mais plutôt une approximation :

$$\nu_i^c = \nu_i^{c*} + \epsilon_i^c \text{ pour } c \in \{1, 2\}$$

Où ν_i^{c*} est le choc déduit de l’enquête emploi en continu et ϵ_i une erreur de mesure. Cette erreur de mesure peut s’expliquer par d’autres facteurs absentéisme non pris en compte dans notre première évaluation tirée des données de l’enquête emploi en continu (présence d’employés vulnérables, employés effectivement malades, ...).

Le choc d’approvisionnement et les autres chocs d’offre

Nous ne disposons pas de mesure précise *ex ante* sur l’ampleur des problèmes d’approvisionnement. Dans ce contexte, nous allons mesurer le choc subi par chaque branche comme étant le produit de l’effet immédiat de la diffusion des chocs de main-d’œuvre dans la branche des transports. Dans le Tableau 1, nous pouvons observer que 6,6% des emplois dans la branche du « transport » (HZ) n’a pas pu être mobilisés. Nous supposons, que cet absentéisme aurait empêché de réaliser un montant équivalent de livraisons et que ces problèmes de

livraison seraient aléatoires entre branches productrices et consommatrices de biens intermédiaires. Sous ces hypothèses, 6,6% des livraisons de biens intermédiaires auraient été empêchées pour chaque branche. Ainsi, pour toutes les branches hormis pour la construction, les services financiers et les services immobiliers nous supposons que notre approximation du choc d’approvisionnement (η_i) est égale à :

$$\eta_i^* = \nu_{HZ}^* = \eta^* \quad \forall i \neq \{FZ, KZ, LZ\}$$

Nous supposons que la branche de la construction a subi un choc spécifique, qui est modélisé comme un choc d’offre dans notre spécification centrale. Il paraît difficile d’identifier s’il s’explique par les décisions administratives, le manque de personnel ou les difficultés d’approvisionnement ou des problèmes de débouchés¹⁷

3.4 Détermination des branches contraintes par l’offre et identification des chocs de demande

A ce stade de l’analyse nous disposons d’une approximation des chocs d’offre modélisés (obtenue à partir de données externes) et de l’observation de la production par branche du mois d’avril 2020. Comme indiqué dans la section 3.1, la structure du modèle développé fait que l’évolution observée de la production dans ces branches est identique au choc d’offre prédominant. Ce trait particulier du modèle facilite grandement l’identification des chocs d’offre.

Ainsi, nous avons comparé η_i^* et ν_i^* avec la réalisation effective de la production. Si le choc dominant est celui de main d’œuvre, alors nous aurons :

$$\nu_i = \hat{Q}_i^{observe}$$

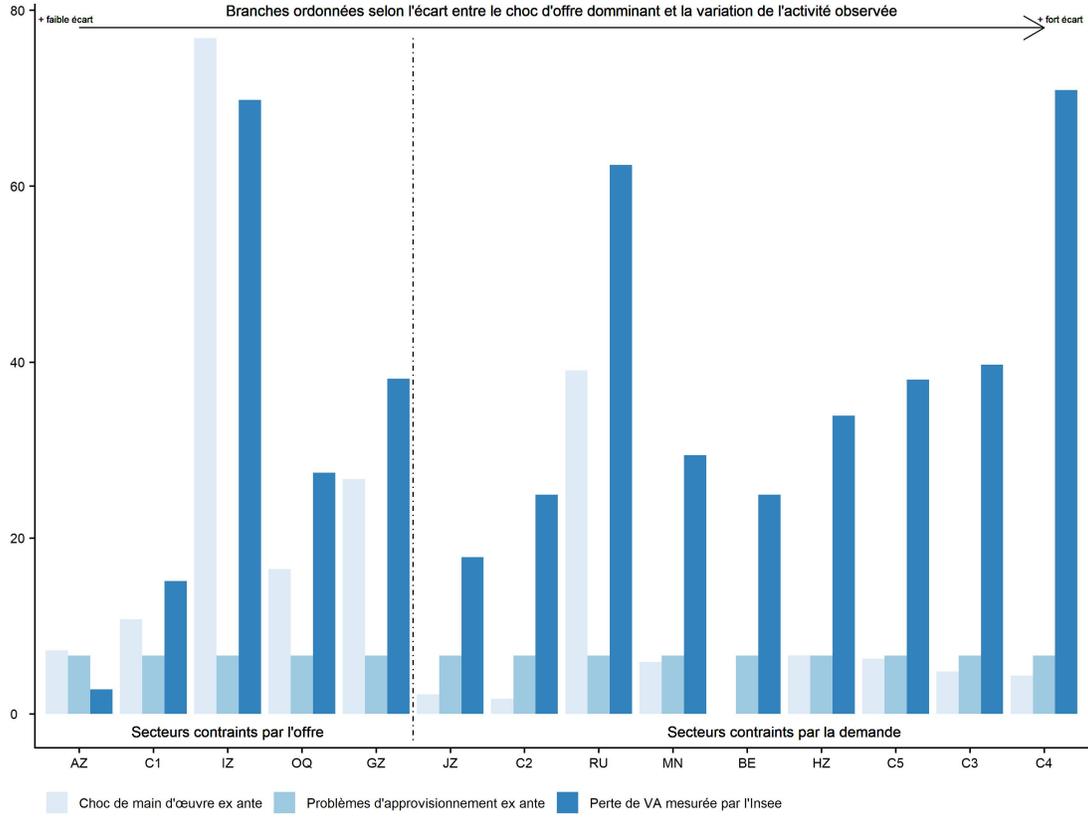
Le graphique 1 montre les différentes approximations des chocs d’offre obtenues à l’aide des enquêtes emploi en continu 2018 de l’Insee et les observations de la production par branche. Il est utile de rappeler que ces chocs d’offre sont approximés et que l’on ne peut pas exclure des erreurs de mesure (ampleur du télétravail, absentéisme dépendant seulement des gardes d’enfants prévues...).

Les différents chocs d’offre expliqueraient les évolutions de l’activité dans l’*agriculture* (AZ), les *industries agroalimentaires* (C1), la *construction* (FZ), le *commerce et la réparation automobile* (GZ), l’*hébergement-restauration* (IZ), l’*administration publique* (OQ). Il est intéressant de noter que les branches identifiées comme subissant des contraintes d’offre correspondent à celles qui ont été identifiées dans le débat public (Graphique 1). Dans ces branches, l’écart entre le choc d’offre et la production observée est au maximum de 15 points.

Une fois que les branches contraintes par l’offre sont identifiées et que le niveau du choc est fixé par l’observation de la variation de la production observée en avril, nous pouvons calibrer le choc de demande finale dans le reste de l’économie. Pour faire cela, nous procédant par une procédure itérative. Cette procédure consiste :

17. Il faut noter que selon l’enquête Acemo, les entrepreneurs du secteur jugent largement avoir été contraints par des problèmes d’approvisionnement (33%), la baisse des débouchés (24%) vient après et elle est suivie par les fermetures administratives (24%) alors même que la branche n’était pas concernée par les décrets.

GRAPHIQUE 1 – Comparaison des chocs d'offre ex ante et production au mois d'avril 2020



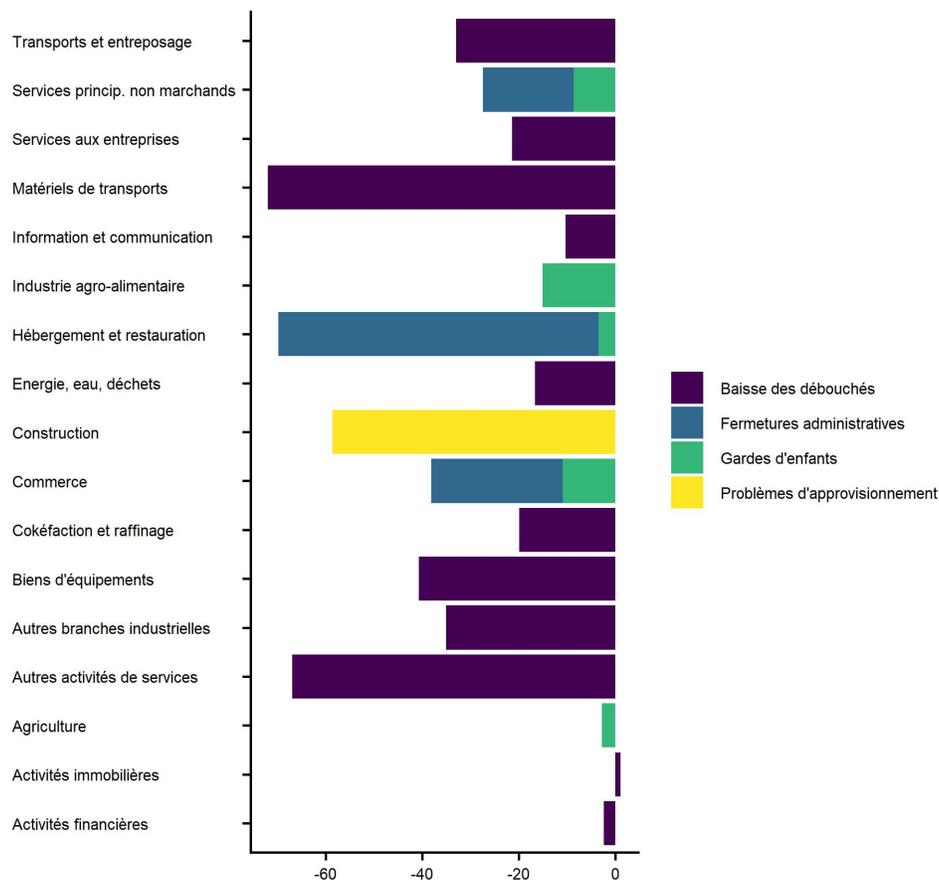
Source : calculs OFCE sur la base de l'enquête emploi en continu, note de conjoncture de l'Insee du 02/12/20.

1. Pour chaque branche non contrainte par l'offre¹⁸, fixer \widehat{d}_j^S pour lancer la simulation avec le vecteur de chocs dominants : $(\min(\eta, \nu), \widehat{d}^S)$
2. Comparer les vecteurs de productions simulées Q^S et observées $Q^{observe}$
 $\forall j \in \{1 \dots J\} |Q^S - Q^{observe}| > 0.5\%$ et $|\sum Q^S - \hat{Q}_i^{observe}| > 0.1\%$
3. Si les seuils ne sont pas respectés, alors changer le vecteur \widehat{d}^S et réitérer la procédure jusqu'à que l'écart entre la valeur simulée et la publication de l'Insee soit inférieure aux seuils définis dans l'étape 2

Une fois cette procédure réalisée, nous obtenons les chocs de demande finale qui, conjointement aux chocs d'offre identifiés permettent (Graphique 2) permettent de reproduire la baisse sectorielle de la production observée en avril telle que publiée par l'Insee dans son point conjoncturel du 2 décembre 2020. La moyenne des erreurs en valeur absolue entre la production de la branche simulée et la branche observée est de 0,07 %.

18. Autrement dit, celles pour lesquelles $|\min(\nu_i, \eta_i) - \sum Q^{observe}| > 15\%$.

GRAPHIQUE 2 – Décomposition des chocs prédominants en avril



Source: calculs des auteurs.

4 Contribution des différents chocs à la chute du PIB en avril 2020

4.1 Résultats obtenus à l'aide du modèle mixte

Une fois les différents chocs d'offre et de demande identifiés, il est possible de simuler leur impact sur la production des différentes branches. Par exemple, les fermetures administratives des restaurants peuvent avoir un effet sur la production de l'industrie agro-alimentaire à travers la baisse de la demande en consommations intermédiaires. L'impact de chaque choc est d'abord simulé de façon autonome puis tous les chocs sont finalement simulés conjointement ¹⁹. Les résultats de la simulation des chocs d'avril est visible dans le Tableau 2.

Les fermetures administratives expliqueraient à elles seules 12 points de la baisse d'activité. Ces pertes d'activité sont particulièrement fortes dans les services, même si elles génèrent des effets induits non négligeables dans l'agriculture et l'énergie. Les gardes d'enfants ont un impact de 5 points sur la valeur ajoutée agrégée, c'est relativement homogène entre les grandes branches. Les autres chocs d'offre ont un impact similaire de 5 points mais cette valeur reflète essentiellement le choc spécifique observé dans la *construction*.

19. Faisant apparaître un terme d'interaction entre les chocs, difficilement interprétable de façon structurelle.

TABLEAU 2 – Décomposition de l'effet des chocs d'offre et de demande sur la valeur ajoutée en avril 2020

	Fermetures administratives	Garde d'enfants	Autres chocs d'offre	Choc de demande finale	Terme d'interaction	Evolution simulée de la VA
Agriculture	-7	-3	-1	-2	9	-3
Industrie manufacturière	-3	-4	-4	-29	3	-37
Industrie agro-alimentaire	-9	-15	-1	-2	12	-15
Cokéfaction et raffinage	-3	-1	-2	-19	1	-25
Biens d'équipements	-1	-1	-1	-37	0	-40
Matériels de transports	-1	0	0	-70	0	-71
Autres branches industrielles	-2	-1	-7	-29	1	-38
Énergie, eau et déchets	-5	-2	-2	-17	1	-25
Construction	-1	0	-59	-1	2	-59
Services marchands	-12	-4	-3	-12	3	-28
Commerce	-27	-11	-3	-5	8	-38
Transports et entreposage	-8	-3	-3	-23	2	-34
Hébergement et restauration	-66	-3	-1	-4	5	-70
Information et communication	-4	-2	-2	-11	1	-18
Activités financières	-6	-2	-3	-7	2	-17
Activités immobilières	-3	-1	-1	-2	1	-6
Services aux entreprises	-7	-3	-5	-17	2	-29
Autres activités de services	-2	-1	-1	-60	0	-62
Services non marchands	-19	-9	0	-1	1	-27
Ensemble de l'économie	-12	-5	-5	-11	2	-31
<i>Part de la baisse de la VA expliquée selon le modèle mixte</i>	<i>38%</i>	<i>15%</i>	<i>17%</i>	<i>35%</i>	<i>-5%</i>	<i>100%</i>
<i>Part de l'emploi concerné par le choc covid-19 selon l'enquête Acemo</i>	<i>31%</i>	<i>14%</i>	<i>12%</i>	<i>43%</i>	<i>-</i>	<i>100%</i>

Source : Insee, calculs des auteurs.

Le choc de demande finale contribue à une perte d'activité de 11 points de valeur ajoutée. Il est particulièrement fort dans les branches manufacturières. Enfin, l'interaction entre les différents chocs contribue favorablement à l'activité de 2 points. S'il est difficile à interpréter, cette interaction joue plus fortement dans l'agriculture, branche qui a pu bénéficier d'une demande finale plus importante, au moins de la part des ménages, mais qui a été contraint par des facteurs d'offre. Si la fermeture administrative des restaurants diminue la demande de biens agricoles et agro-industriels en tant qu'emplois intermédiaires, cette baisse de demande intermédiaire « libère » des capacités productives pour servir la hausse de la demande finale des ménages en biens alimentaires. Ainsi, l'impact du choc d'offre subi par ces branches sur le PIB est quelque peu atténué par l'interaction des différents chocs modélisés.

Selon nos simulations, l'essentiel des pertes d'activité serait en lien avec les chocs d'offre : 38% de la baisse de la production s'expliquerait par les fermetures administratives, 15% par l'absentéisme de la main-d'œuvre, 17% par les autres problèmes d'offre (y compris le choc spécifique dans la *construction*).

4.2 Analyses de sensibilité

4.2.1 Exploitation de l'enquête Acemo

Les résultats présentés ci-dessus, qui constituent notre scénario central, peuvent être jugés trop dépendants des données issues de l'enquête emploi – donc bien avant le choc de la covid-19. À présent nous réalisons la même analyse en partant des résultats de l'enquête Acemo-covid de la Dares pour le mois d'avril²⁰. Ceci devrait nous permettre de confronter notre évaluation *ex ante* des chocs avec l'opinion des chefs d'entreprise exprimée au cœur même de la crise.

Nous exploitons les réponses des entreprises interrogées sur la question suivante : « *Si votre activité a diminué (en % de salariés), diriez-vous plutôt que : la crise sanitaire a réduit directement votre activité du fait i) d'une perte de débouchés ; ii) de fermetures administratives ; iii) de difficultés d'approvisionnement ; ou encore iv) d'un manque de personnel pouvant travailler ?* ».

Au niveau macroéconomique, la réduction d'activité a principalement été causée par une perte de débouchés (43%²¹), suivie des fermetures administratives (31%). Pour 14% des entreprises interrogées, le manque de personnel est la principale raison invoquée sur l'empêchement d'activité, soit un peu plus que les problèmes d'approvisionnement (12%). Ce constat masque toutefois une forte hétérogénéité au niveau sectoriel, que nous analysons dans ce qui suit²².

A) Choc dominant généré par une contrainte de débouchés ou une contrainte d'offre ?

Dans ce premier cas, nous considérons le choc dominant par branche comme celui ayant touché le plus d'entreprises en discriminant selon qu'il ait été causé par une baisse des débouchés ou bien par une contrainte pesant du côté des entreprises, que celle-ci ait été engendrée par un empêchement de la main d'œuvre à participer à l'activité productive ou bien par des problèmes d'approvisionnement. Au niveau de l'économie dans son ensemble, cette distinction entre offre et demande suggère le premier confinement s'est principalement traduit par un choc d'offre (57% des entreprises ayant répondu en ce sens).

Seules cinq branches auraient été affectées majoritairement pas une baisse de la demande, l'industrie en première ligne et en particulier l'*industrie agro-alimentaire* (C1), les *autres produits industriels* (C5) et la branche *énergie, de l'eau et des déchets* (DE) Dans les services, seule la branche *information et de la communication* (JZ) aurait été empêchée par un manque de débouchés.

Bien qu'une part non négligeable des entreprises dans l'industrie ait pourtant noté des ruptures dans leur

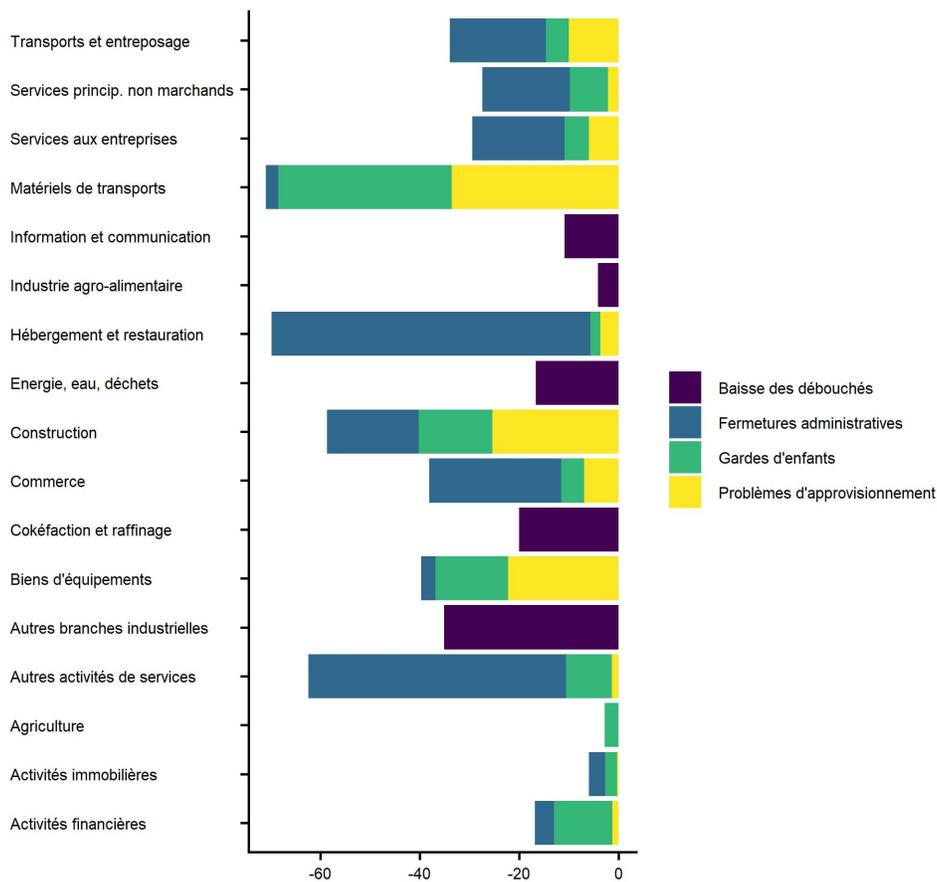
20. « Activité et conditions d'emploi de la main-d'œuvre pendant la crise sanitaire Covid-19 ». Les données utilisées sont téléchargeables [ici](#).

21. Les réponses sont pondérées en fonction de l'emploi des entreprises répondant à l'enquête.

22. L'enquête Acemo-covid ne concerne que le secteur privé non agricole si bien qu'il n'y a pas de résultats pour la branche *agriculture* (AZ). Par ailleurs, les résultats pour la branche *cokéfaction et du raffinage* (C2) ne sont pas exploitables. Dans cette partie, nous posons des hypothèses similaires à notre analyse sur le choc dominant, les résultats sont donc à interpréter en conséquence.

chaîne de production, c'est dans les *biens d'équipements* (C3) et la *construction* (FZ) qu'elles sont le plus mises en cause dans la chute d'activité estimée au mois d'avril (resp. - 40% et -59%) (Graphique 3). Pour les autres branches, les services ont été contraints par les fermetures administratives.

GRAPHIQUE 3 – Décomposition des chocs prédominants identifiés en avril identifiés (Données Acemo-covid, A))



Source : : Enquête Acemo-covid, Insee et calculs des auteurs

Les résultats de la simulation du modèle mixte sont illustrés dans le Tableau 3. Les fermetures administratives expliquent un peu plus de la moitié du choc au mois d'avril, sans surprise dans les branches à fortes interactions sociales, ie. les services et dans la construction. La garde d'enfants et les problèmes d'approvisionnement expliquent quant à eux chacun près de 20% de la baisse d'activité. Sur l'ensemble de l'économie, le terme d'interaction ne contribue quasiment pas ($<0,5$) à l'activité, autrement dit, les chocs d'offre jouent pleinement sur la baisse du PIB (90%). Comme précédemment, l'interaction entre les chocs d'offre et de demande est la plus important dans la branche *agriculture* (10%). A ce titre, on rappelle que dans cette analyse de sensibilité, pour les branches *agriculture* et *cokefaction et raffinage*, les chocs ont été calibrés exactement de la même façon que dans notre analyse.

TABLEAU 3 – Décomposition de l’effet à l’oeuvre sur la valeur ajoutée en avril 2020 (Données Acemo-covid, A)

	Fermetures administratives	Garde d’enfants	Autres chocs d’offre	Choc de demande finale	Terme d’interaction	Evolution simulée de la VA
Agriculture et énergie	-7	-3	-2	-9	4	-16
Industrie manufacturière	-5	-9	-11	-13	1	-37
Construction	-18	-15	-25	0	0	-59
Services marchands	-18	-5	-4	-2	2	-28
Services non marchands	-18	-8	-2	0	0	-27
Ensemble de l’économie	-16	-6	-5	-3	0	-31
<i>Part de la baisse de la VA expliquée selon le modèle mixte</i>	<i>53%</i>	<i>21%</i>	<i>18%</i>	<i>10%</i>	<i>-1%</i>	<i>100%</i>

Source : Enquête Acemo-covid, Insee, calculs des auteurs.

B) Quel choc dominant entre débouchés, main d’œuvre et problèmes d’approvisionnement ?

Dans l’analyse de sensibilité précédente, nous discriminions les chocs selon qu’ils émanaient de la demande ou bien de l’offre. Dans le cas présent, nous considérons les chocs de main d’œuvre et d’approvisionnement à part. Ainsi, des branches précédemment classées comme subissant un choc d’offre peuvent maintenant être considérée comme touchée de façon prédominante par une baisse de leurs débouchés. Bien que le choc au niveau macroéconomique est toujours considéré comme un choc d’offre (prédominance des fermetures administratives), il y a davantage de branches déclarant ayant subi une perte de débouchés que de branches dans lesquelles les entreprises indiquent avoir manqué de main d’œuvre ou d’intrants (Graphique 4). C’est le cas des branches industrielles tandis que dans les services, on l’observe dans les branches suivantes : *information et communication* (JZ), *services aux entreprises* (MN), *commerce* (GZ) et *transports et entreposage* (HZ).

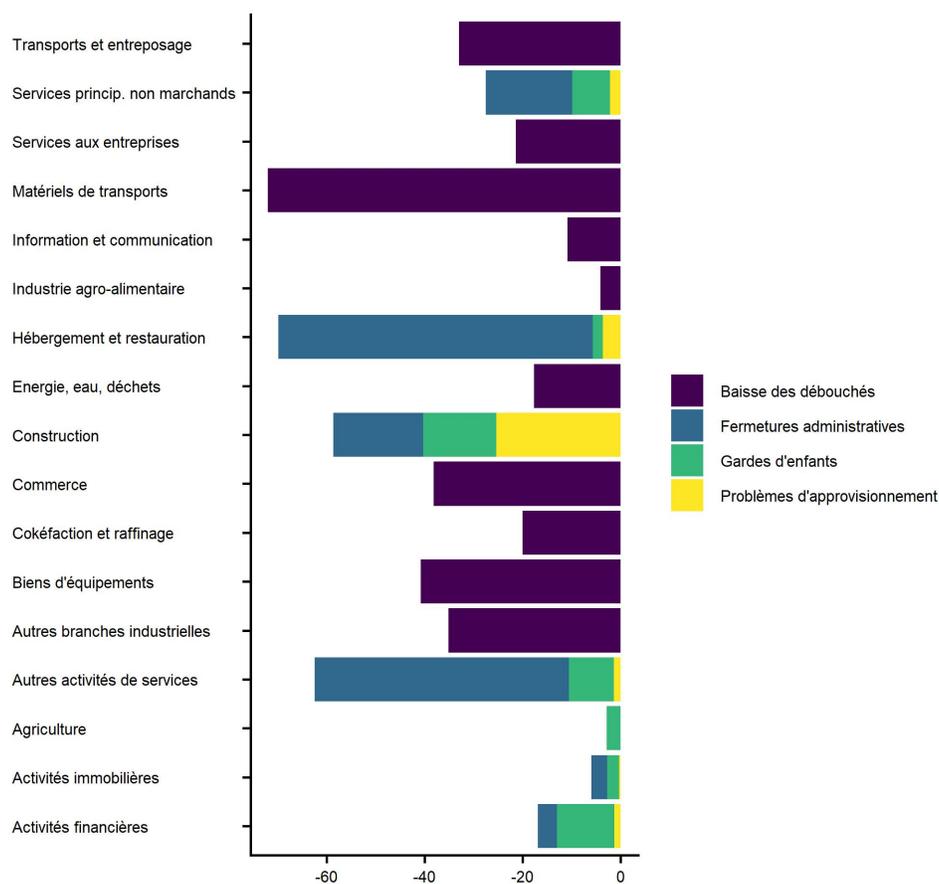
Les résultats sont illustrés dans le Tableau 4. Si l’on compare la part de la baisse de la VA expliquée selon l’enquête Acemo avec les résultats issus du modèle mixte avec la décomposition présente, on remarque que c’est cette dernière qui se rapproche le plus de la première par rapport à l’analyse que nous faisons, ou encore la décomposition de la sous-partie précédente, moyennant le terme d’interaction.

Finalement, nos résultats issus de la décomposition des chocs de la covid-19 en avril, résultant de l’enquête Emploi en continu 2018 se situent ainsi dans la fourchette de ceux résultant de l’exploitation des données de l’enquête Acemo-covid.

4.2.2 Utilisation du tableau des entrées et sorties pour l’année 2017

Outre les données utilisées pour distinguer les chocs d’offre de ceux de demande, les résultats pourraient être dépendants de la structure de l’économie que nous décrivons. Dans l’analyse centrale (section 4.1), nous utilisons les données du tableau des entrées et sorties international WIOD basé sur l’année 2014. Afin de s’assurer que nos résultats sont robustes à une représentation plus récente de l’économie française, nous reproduisons la même analyse que précédemment avec le tableau des entrées et sorties symétrique fourni par l’Insee pour l’année 2017.

GRAPHIQUE 4 – Décomposition de l'effet à l'oeuvre sur la valeur ajoutée en avril 2020 (Données Acemo-covid, B)



Source: : Enquête Acemo-covid, Insee et calculs des auteurs

TABLEAU 4 – Décomposition de l'effet à l'oeuvre sur la valeur ajoutée en avril 2020 (Données Acemo-covid, B))

	Fermetures administratives	Garde d'enfants	Autres chocs d'offre	Choc de demande finale	Terme d'interaction	Evolution simulée de la VA
Agriculture et énergie	-5	-2	-1	-13	5	-16
Industrie manufacturière	-4	-1	-2	-31	1	-37
Construction	-18	-15	-25	-1	1	-59
Services marchands	-10	-3	-1	-16	3	-28
Services non marchands	-18	-8	-2	-1	1	-27
Ensemble de l'économie	-11	-5	-3	-13	1	-31
<i>Part de la baisse de la VA expliquée selon le modèle mixte</i>	<i>36%</i>	<i>15%</i>	<i>10%</i>	<i>43%</i>	<i>-4%</i>	<i>100%</i>
<i>Part de la baisse de la VA expliquée selon l'enquête Acemo</i>	<i>31%</i>	<i>14%</i>	<i>12%</i>	<i>43%</i>	<i>-</i>	<i>100%</i>

Source : Enquête Acemo-covid, Insee, calculs des auteurs.

Les chocs d'offre intégrés sont précisément les mêmes que ceux du Graphique 2 au niveau sectoriel, tandis

qu'il y a de très légères différences constatées pour le choc de demande déduit ²³.

Les résultats sont illustrés dans le Tableau 5 et ne changent pas les conclusions générales de notre précédente analyse.

TABLEAU 5 – Décomposition de l'effet des chocs d'offre et de demande sur la valeur ajoutée en avril 2020 (TES Insee 2017)

	Fermetures administratives	Garde d'enfants	Autres chocs d'offre	Choc de demande finale	Terme d'interaction	Evolution simulée de la VA
Agriculture et énergie	-6	-2	-2	-11	5	-16
Industrie manufacturière	-3	-4	-4	-29	3	-37
Construction	-1	-0	-59	-1	2	-59
Services marchands	-12	-4	-3	-12	3	-28
Services non marchands	-19	-9	0	-1	1	-27
Ensemble de l'économie	-12	-5	-3	-11	2	-31
<i>Part de la baisse de la VA expliquée selon le modèle mixte</i>	<i>37%</i>	<i>15%</i>	<i>17%</i>	<i>36%</i>	<i>-5%</i>	<i>100%</i>

Source : Enquête Acemo-covid, Insee, TES 2017, calculs des auteurs.

5 Conclusion

La crise déclenchée par l'épidémie de la covid-19 est unique dans l'histoire économique récente par la forme qu'elle a prise et par son ampleur. La simultanéité des chocs d'offre (salariés empêchés d'accéder à leur emploi ou ruptures des chaînes d'approvisionnement) et de demande finale (épargne de précaution, achats retardés pour éviter les interactions sociales) perturbent les outils d'analyse traditionnels. Afin de répondre à une crise si spéciale, nous avons développé des nouveaux outils permettant de prendre en compte les effets de chocs simultanés d'offre et de demande, qui peuvent être très hétérogènes entre branches à travers un modèle de Leontief modifié à la marge, et qui est appelé mixte car il combine des restrictions sur l'offre dans certaines branches et des restrictions sur la demande pour le reste de l'économie.

L'exploitation de cet outil et des données disponibles pour le mois d'avril nous a permis d'évaluer la contribution des différents chocs identifiés sur la valeur ajoutée au niveau sectoriel et macroéconomique. Pour rappel, le PIB a chuté de 31 points pendant le mois d'avril 2020, une valeur jamais observée depuis la Seconde Guerre Mondiale.

Selon notre évaluation centrale, les fermetures administratives expliqueraient à elles seules 12 points de la baisse d'activité, les fermetures des écoles et les autres problèmes d'offre (incluant notamment les problèmes d'approvisionnement) expliqueraient chacun 5 points de la baisse de la valeur ajoutée au pire moment de la crise. Enfin le choc de demande finale expliquerait 11 points de la baisse du PIB observée pendant le plus

23. Dans les branches *cokéfaction et raffinage* (C2) et *biens d'équipements* (C3), le choc déduit est moins important (on passe de -20% et -41% à respectivement -19% et -40%). En revanche, la demande finale en *matériels de transports* (C4) et en services *information et communication* (JZ) est plus dégradée (respectivement -1 point et -1.5 point pourcentage).

dur du confinement. Il faut noter que l'interaction entre les différents chocs permet d'atténuer la baisse du PIB de 2 points. Ce terme d'interaction est difficilement interprétable mais suggère que certaines branches contraintes par l'offre ont pu orienter les ventes vers les consommateurs finaux car les branches qui leur demandaient des biens intermédiaires étaient à l'arrêt. Ce type de comportement peut être observé notamment dans l'agriculture et dans l'industrie agroalimentaire et dans une moindre mesure dans le commerce.

Toutefois, avec une crise qui dure des nouvelles marges d'ajustement peuvent émerger, on pense notamment aux prix des différents biens et services. Baqaee et Fahri (2021) montrent qu'en présence de chocs de productivité et de demande sectoriels, la structure du réseau d'entreprises est importante, lorsque les prix sont variables. Cela signifie qu'en présence de ces deux types de chocs, la réaction des prix relatifs abouti à une modification de la structure input-output de l'économie, en ligne avec notre cadre théorique. L'intégration de ces réactions à nos exercices de prévision et de simulation semble importante avec une crise qui dure et compte tenu des importants effets qu'elle fait peser sur les bilans des acteurs privés. Enfin, une meilleure intégration des chocs de demande et d'offre étrangers peut constituer une autre piste d'enrichissement de notre analyse.

6 Références

1. Baqaee David et Emmanunel Fahri (2020), "Nonlinear Production Networks with an Application to the Covid-19 Crisis," NBER WP27281
2. Baqaee David et Emmanunel Fahri (2021a), "Keynesian Production Networks and the Covid-19 Crisis : a Simple Benchmark", NBER WP 28346, Janvier 2021.
3. Baqaee David et Emmanunel Fahri (2021b) "Keynesian Production Networks and the Covid-19 Crisis : A Simple Benchmark," NBER WP28346
4. Batut Cyrien et Youri Tabet (2020), "Que savons-nous aujourd'hui des effets économiques du télétravail ?", Trésor-Eco, n° 270, novembre.
5. Caliendo, Lorenzo, Fernando Parro, Aleh Tsyvisnki (2017). "Distortions and the Structure of the World Economy" NBER WP 23332
6. Département Analyse et Prévision (2020a), "Évaluation au 20 avril 2020 de l'impact économique de la pandémie de COVID-19 et des mesures de confinement en France : comptes d'agents et de branches", OFCE Policy brief 66, 20 avril.
7. Département Analyse et Prévision (2020b), "France : Croissance Vulnérable : Perspectives 2020-2021 Pour l'Économie Française ", Revue de l'OFCE, 168 (2020/4).
8. Dauvin Magali, Bruno Ducoudré, Eric Heyer, Pierre Madec, Mathieu Plane et Raul Sampognaro (2020b), "Évaluation au 11 décembre 2020 de l'impact économique de la pandémie de COVID-19 en France et perspectives pour 2021", OFCE Policy brief 81, 11 décembre 2020.

9. Guerrieri Veronica, Guido Lorenzoni, Ludwig Straub et Iván Werning, 2020. "Macroeconomic Implications of COVID-19 : Can Negative Supply Shocks Cause Demand Shortages?," NBER Working Papers 26918
10. Gourinchas, Kalemli-Ozcan, Penciakova et Sander (2020), "COVID-19 and SME Failures", NBER WP 27877, Septembre 2020.
11. Hambÿe, Caroline (2012), "Analyse entrées-sorties. Modèles, Multiplicateurs, Linkages", Working Paper 12-12, Bureau Fédéral du Plan.
12. Insee (2020), Note de conjoncture, 02/12/2020
13. Leontief, Wassily (1936), "Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States", Review of Economics and Statistics, vol. 18, pp. 105-125.
14. Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. et de Vries, G. J. (2015), "An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database : the Case of Global Automotive Production", Review of International Economics, 23, pp. 575–605.



ABOUT OFCE

The Paris-based Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE), or French Economic Observatory is an independent and publicly-funded centre whose activities focus on economic research, forecasting and the evaluation of public policy.

Its 1981 founding charter established it as part of the French Fondation nationale des sciences politiques (Sciences Po), and gave it the mission is to “ensure that the fruits of scientific rigour and academic independence serve the public debate about the economy”. The OFCE fulfils this mission by conducting theoretical and empirical studies, taking part in international scientific networks, and assuring a regular presence in the media through close cooperation with the French and European public authorities. The work of the OFCE covers most fields of economic analysis, from macroeconomics, growth, social welfare programmes, taxation and employment policy to sustainable development, competition, innovation and regulatory affairs.

ABOUT SCIENCES PO

Sciences Po is an institution of higher education and research in the humanities and social sciences. Its work in law, economics, history, political science and sociology is pursued through [ten research units](#) and several crosscutting programmes.

Its research community includes over [two hundred twenty members](#) and [three hundred fifty PhD candidates](#). Recognized internationally, their work covers [a wide range of topics](#) including education, democracies, urban development, globalization and public health.

One of Sciences Po's key objectives is to make a significant contribution to methodological, epistemological and theoretical advances in the humanities and social sciences. Sciences Po's mission is also to share the results of its research with the international research community, students, and more broadly, society as a whole.

PARTNERSHIP
