Calculatrice économique
Guide de l'utilisateur

Sylvain Weber* Valentin Favre-Bulle*

12 juin 2024

*Haute école de gestion de Genève (HEG, HES-SO). Contacts: sylvain.weber@hesge.ch et valentin.favre-bulle@hesge.ch.

Table des matières

Remerciements **1**

1 Introduction **1**

2 Comment accéder à la calculatrice économique ? **2**

3 Thématiques couvertes **3**

3.1 Demande 4

3.1.1 Exemple : La demande de lait de Rachel 8

3.1.2 Astuce pour illustrer les déplacements de la courbe de demande . . 14

3.2 Demandes individuelles et demande de marché 16

3.2.1 Exemple : Les demandes de lait de Rachel et d'Arthur 18

3.2.2 Que faire si les demandes individuelles comprennent plusieurs déterminants ? 19

3.3 Offre 19

3.3.1 Exemple : l'offre de lait de Richard 23

3.3.2 Astuce pour illustrer les déplacements le long de l'offre 26

3.4 Équilibre du marché concurrentiel 27

3.4.1 Exemple : Équilibre sur le marché du lait 29

3.5 Équilibre du marché après intervention de l'État 31

3.5.1 Exemple : Interventions de l'État sur le marché du lait 33

4 Mises à jour et extensions envisageables **35**

Références **35**

Remerciements

La “Calculatrice économique” a pu être développée grâce au soutien financier du Guichet permanent sur l’expérimentation digitale du Centre de compétences numériques (CCN) de la HES-SO.

De nombreux collègues nous ont aidé en testant des versions préliminaires et en proposant des améliorations. Nous tenons en particulier à remercier Joëlle Latina (HEG), Nicolas Borzykowski (OCT et HEG), Nicolas Maystre (UNCTAD et UNIGE) et Cristian Ugarte (EFTA) pour leurs retours constructifs.

1 Introduction

L’objectif premier de la “Calculatrice économique” (ci-après “la calculatrice”) est de faciliter l’apprentissage de l’économie en permettant aux étudiants de s’affranchir d’éventuelles difficultés mathématiques. Il s’agit d’un outil simple et pratique qui permet de traiter de manière automatisée et interactive certaines situations typiques en économie : représentation graphique de courbes de demande et d’offre, détermination de l’équilibre d’un marché, calcul des surplus du consommateur et du producteur, élasticités de la demande et de l’offre, ...

La vocation de la calculatrice n’est pas d’éliminer le travail personnel et “manuel” par lequel chacun doit absolument passer afin d’assimiler et comprendre des concepts nouveaux, mais il s’agit d’un outil numérique permettant notamment aux étudiants de s’auto-évaluer. C’est donc un outil complémentaire au travail personnel fourni par les étudiants et visant à favoriser et renforcer leur indépendance et leur compréhension de la matière économique.

La calculatrice est également destinée aux enseignants des cours d’économie, et ce pour deux raisons. D’une part, il est possible d’utiliser la calculatrice durant un cours, afin de faire des représentations graphiques sur mesure et de démontrer dynamiquement l’impact

de différents événements. Les représentations graphiques peuvent également être produites en avance et extraites de la calculatrice afin d'être exportées dans des slides. Il suffit en effet de faire un clic droit sur un graphique de la calculatrice puis de choisir "Copier l'image" pour pouvoir ensuite le coller dans un autre document. D'autre part, la calculatrice s'avère extrêmement précieuse lors de la conception d'exercices originaux, notamment pour la préparation d'examens. À l'aide de ce nouvel outil, cette activité hautement chronophage s'effectue de manière rapide et efficace étant donné qu'il est possible de faire des essais en modifiant l'énoncé sans effort.

L'objectif de ce "guide de l'utilisateur" est de fournir toutes les informations utiles et pertinentes à l'utilisateur de la calculatrice. Il est structuré de manière cohérente à la calculatrice, qui comprend différents onglets, chacun étant dédié à une thématique spécifique. Chacun des onglets est donc décrit séparément dans la Section 3, avec en préambule une brève introduction théorique de la thématique en question. L'utilisateur intéressé par plus de détails sur les théories économiques sous-jacentes aux concepts traités dans la calculatrice pourra par exemple se référer aux manuels de Mankiw et Taylor (2022) ou de Stevenson et Wolfers (2023).

La calculatrice est un outil évolutif et qui sera mis à jour ponctuellement. De même, le guide de l'utilisateur sera également révisé et la version la plus à jour sera systématiquement mise à disposition via un bouton de téléchargement placé en haut à droite de la calculatrice.

2 Comment accéder à la calculatrice économique ?

La calculatrice est codée à l'aide du logiciel `R` (`https://www.r-project.org/`) et disponible sous la forme d'une app `Shiny` (`https://shiny.posit.co/`). Elle est accessible de manière totalement libre à l'adresse suivante :

`https://www.hesge.ch/heg/econcalculator`

L'utilisation ne nécessite aucun logiciel spécifique ni aucune compétence numérique particulière.

Bien qu'il soit possible d'accéder à la calculatrice via un smartphone, son utilisation sur un écran de petite taille n'est pas optimale. Il est donc conseillé d'utiliser un ordinateur ou une tablette disposant d'un écran relativement grand pour une expérience d'utilisation satisfaisante.

3 Thématiques couvertes

La calculatrice est organisée en différents onglets, qui correspondent chacun à une thématique spécifique. L'ordre dans lequel ces onglets sont présentés correspond à ce qui est effectué dans les manuels traditionnels d'économie. On commence ainsi avec la demande (Section 3.1), c'est-à-dire le comportement des consommateurs, puis on considère la construction de la demande de marche à partir de demandes individuelles (Section 3.2). L'offre, c'est-à-dire le comportement des producteurs, est traitée dans un troisième onglet (Section 3.3). Le quatrième (et pour l'instant dernier) onglet concerne l'équilibre du marché, non seulement en situation de concurrence parfaite (Section 3.4) mais également avec certaines interventions (contrôles de prix, impôts, subventions) de la part de l'État (Section 3.5).

Chaque onglet est structuré en trois bandeaux. Le bandeau de gauche (sur fond noir) indique la forme des fonctions utilisées. C'est ici que l'utilisateur doit fournir les paramètres des fonctions qu'il souhaite représenter. Le bandeau central (sur fond clair) présente les résultats, à la fois sous forme numérique et sous forme graphique. L'ajustement des résultats s'effectue de manière dynamique : à chaque fois que l'utilisateur entre ou modifie un paramètre, les résultats numériques et graphiques s'ajustent instantanément (avec parfois un petit temps de latence d'une fraction de seconde, durant laquelle un message d'erreur peut éventuellement devenir visible sans qu'il faille s'en inquiéter). Finalement, le

bandeau de droite (sur fond noir) fournit des options permettant d'afficher ou masquer certains éléments, soit dans le tableau contenant les résultats numériques soit dans les représentations graphiques.

La calculatrice empêche en principe l'introduction de valeurs incompatibles avec la théorie économique, mais l'utilisateur reste malgré tout responsable des valeurs introduites. Un minimum de connaissances économiques sont par conséquent nécessaires pour une utilisation adéquate de la calculatrice et pour une interprétation correcte des résultats obtenus. Ainsi, au même titre qu'une calculatrice numérique ne remplace pas l'apprentissage des mathématiques, la calculatrice économique soutient mais ne remplace en aucun cas l'étude de l'économie.

Les sections suivantes expliquent de manière plus spécifique comment utiliser chacun des différents onglets. Des exemples et astuces sont également fournis ci-après, accompagnés de captures d'écran. Ces captures d'écran n'ont pas pour objectif d'être parfaitement lisibles, mais visent uniquement à guider efficacement l'utilisateur dans la calculatrice. L'utilisateur est invité à manipuler lui-même la calculatrice en parallèle à la lecture de ce document pour mieux se rendre compte de son fonctionnement.

3.1 Demande

Pour modéliser les préférences et les réactions des consommateurs, les économistes utilisent une fonction de demande, qui permet de connaître la quantité demandée (c'est-à-dire la quantité que les consommateurs souhaitent et sont capables d'acheter) à partir de déterminants que sont le prix, le revenu des consommateurs, le prix d'autres biens (complémentaires ou substituables), ou encore la météo, la publicité, les anticipations, ... Dans la calculatrice, seuls les trois premiers sont retenus car ils constituent ce qu'on pourrait appeler des déterminants "universels", dans le sens où ils se retrouvent dans la demande de virtuellement n'importe quel bien ou service. Ainsi, la fonction de demande disponible

dans la calculatrice est de la forme (linéaire) suivante (voir aussi la Figure 1) :

$$Q^D(P, R, P_c, P_s) = a - b \cdot P + c \cdot R - d \cdot P_c + e \cdot P_s$$

avec les notations suivantes :

— Q^D la quantité demandée

— P le prix

— R le revenu des consommateurs

— P_c le prix d'un bien complémentaire

— P_s le prix d'un bien substituable

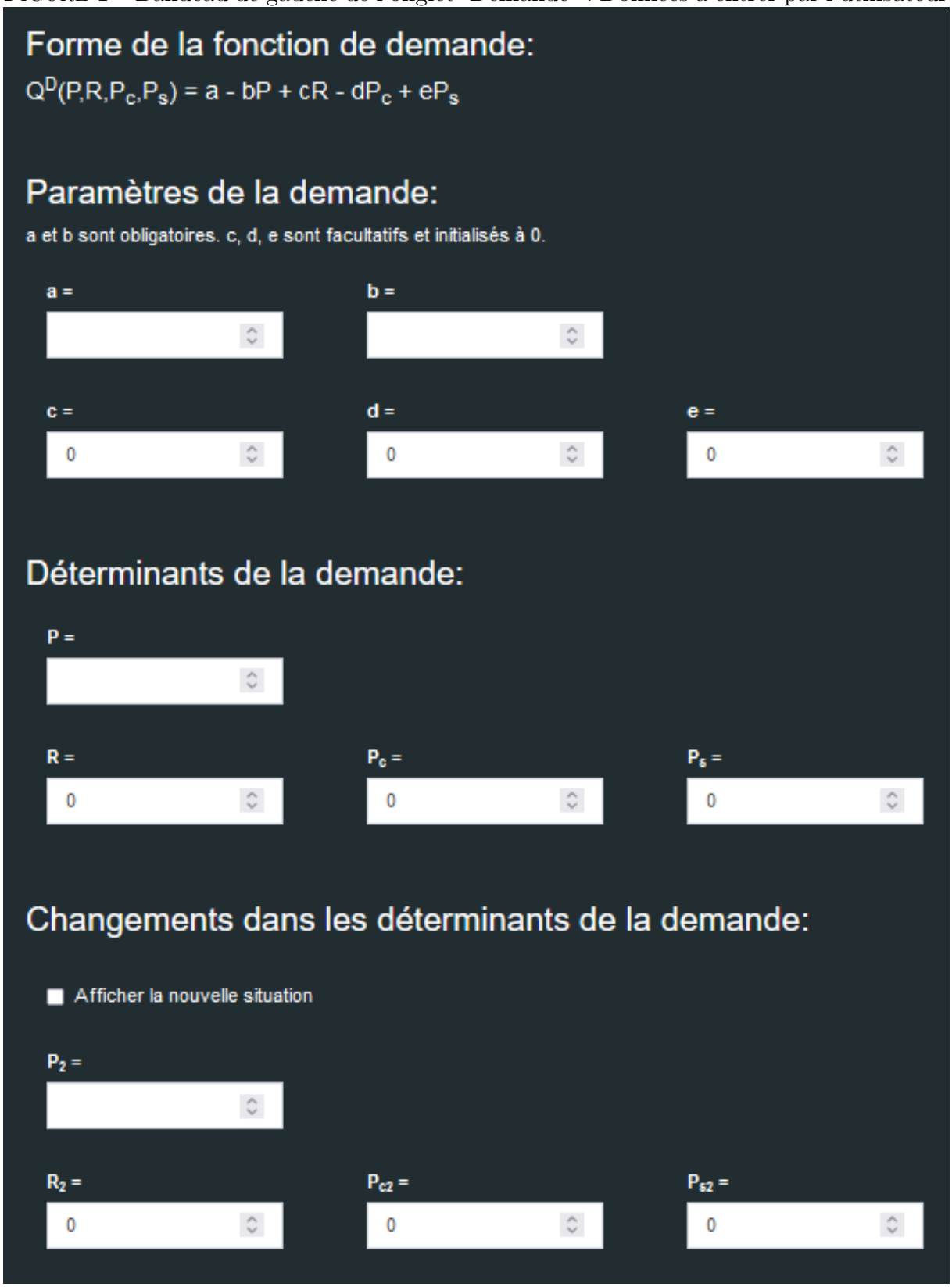
L'utilisateur est invité à entrer les paramètres a, b, c, d et e dans le bandeau de gauche (Figure 1). Les valeurs admissibles pour ces paramètres sont déterminées par des raisonnements économiques :

a > 0 Le paramètre a représente la quantité que les consommateurs souhaiteraient "acheter" si tous les déterminants (y compris le prix du bien) étaient nuls (égaux à zéro). En laissant de côté les déterminants autres que le prix, on peut dire que c'est la quantité qui serait demandée si le bien était gratuit. Ce paramètre doit donc forcément être positif.

b ≥ 0 Le paramètre b représente l'effet du prix sur la quantité demandée. La loi de la demande stipule que lorsque le prix d'un bien augmente, la quantité demandée diminue. Inversement, lorsque le prix diminue, la quantité demandée augmente. L'effet du prix sur la quantité demandée doit par conséquent être négatif, de sorte que le paramètre b doit forcément être positif (car le signe "$-$" se trouve déjà dans la fonction de demande). À l'extrême, le paramètre b peut être nul, ce qui signifie alors que la demande est parfaitement inélastique.

Comme indiqué dans la calculatrice (voir Figure 1), les paramètres a et b sont obligatoires. La constante (a) et l'impact du prix (b) sont en effet incontournables pour pouvoir

FIGURE 1 – Bandeau de gauche de l'onglet "Demande" : Données à entrer par l'utilisateur



commencer l'analyse de la demande et en particulier pour pouvoir la représenter graphiquement.

Les paramètres c, d et e sont facultatifs et sont initialisés à 0 (de même que les variables correspondantes R, P_c et P_s). Les valeurs admissibles de ces paramètres sont également déterminées par les raisonnements économiques :

c $\lesseqgtr$ 0 Le paramètre c représente l'effet du revenu sur la quantité demandée. Pour la majorité des biens (dits "normaux"), une augmentation de revenu s'accompagne d'une augmentation de la quantité demandée et on a alors $c > 0$. Il existe cependant des biens (dits "inférieurs") pour lesquels une augmentation de revenu s'accompagne d'une diminution de la quantité demandée et on a alors $c < 0$. Ainsi, des valeurs positives ou négatives sont envisageables pour le paramètre c, même si, dans la majorité des cas, sa valeur devrait être positive.

d $\geq$ 0 Le paramètre d représente l'impact du prix d'un bien complémentaire sur la quantité demandée du premier bien. Puisque les biens complémentaires sont consommés (dans certaines proportions) ensemble, une augmentation du prix d'un tel bien engendre une réduction de la quantité demandée du premier bien, et inversement. Ainsi, le paramètre d doit être positif (car le signe "$-$" se trouve déjà dans la fonction de demande).

e $\geq$ 0 Le paramètre e représente l'impact du prix d'un bien substituable sur la quantité demandée du premier bien. Puisque les biens substituables sont (dans une certaine mesure) interchangeables, une augmentation du prix d'un tel bien engendre une augmentation de la quantité demandée du premier bien. Ainsi, le paramètre e doit être positif.

Une deuxième section dans le bandeau de gauche (Figure 1) concerne les variables explicatives. Afin de pouvoir déterminer la quantité demandée (et non seulement la fonction de demande), il est en effet nécessaire de connaître l'ensemble des déterminants de la demande. L'utilisateur peut ainsi fournir des valeurs pour le prix du bien (P), le re-

venu des consommateurs (R), le prix d'un bien complémentaire (P_c) ou le prix d'un bien substituable (P_s). Le prix est initialement laissé vide alors que les autres variables sont initialisées à 0.

Dans la version actuelle de la calculatrice, le nombre de déterminants et les labels de ces déterminants ne peuvent pas être modifiés. Cependant, l'utilisateur qui aurait des déterminants différents pourra évidemment faire la conversion de lui-même. Par exemple, considérons une application dans laquelle la demande de glaces est déterminée par le prix des glaces et par la température extérieure. Bien que la température ne soit pas un déterminant prévu dans la calculatrice, on pourra simplement "recycler" l'emplacement prévu pour le revenu (ou pour un autre déterminant non-utilisé). Ainsi, bien que les déterminants traditionnels prévus dans la calculatrice prennent tous des valeurs (en principe) strictement positives, il est malgré tout possible d'introduire des valeurs négatives dans chacun d'entre eux. C'est également pour cette raison que les contraintes sur les paramètres a, b, c, d et e ne sont pas appliquées strictement et qu'il est possible – lorsque cela s'avère nécessaire pour les besoins d'une application spécifique – de passer outre les prescriptions indiquées ci-dessus.

Plus bas dans le bandeau de gauche (Figure 1), l'utilisateur peut entrer un deuxième set de valeurs pour les déterminants de la demande. Cela permet d'analyser comment la demande se modifie lorsqu'un ou plusieurs déterminants changent. Pour que ces changements deviennent visibles, il est nécessaire de cocher la case "Afficher la nouvelle situation".

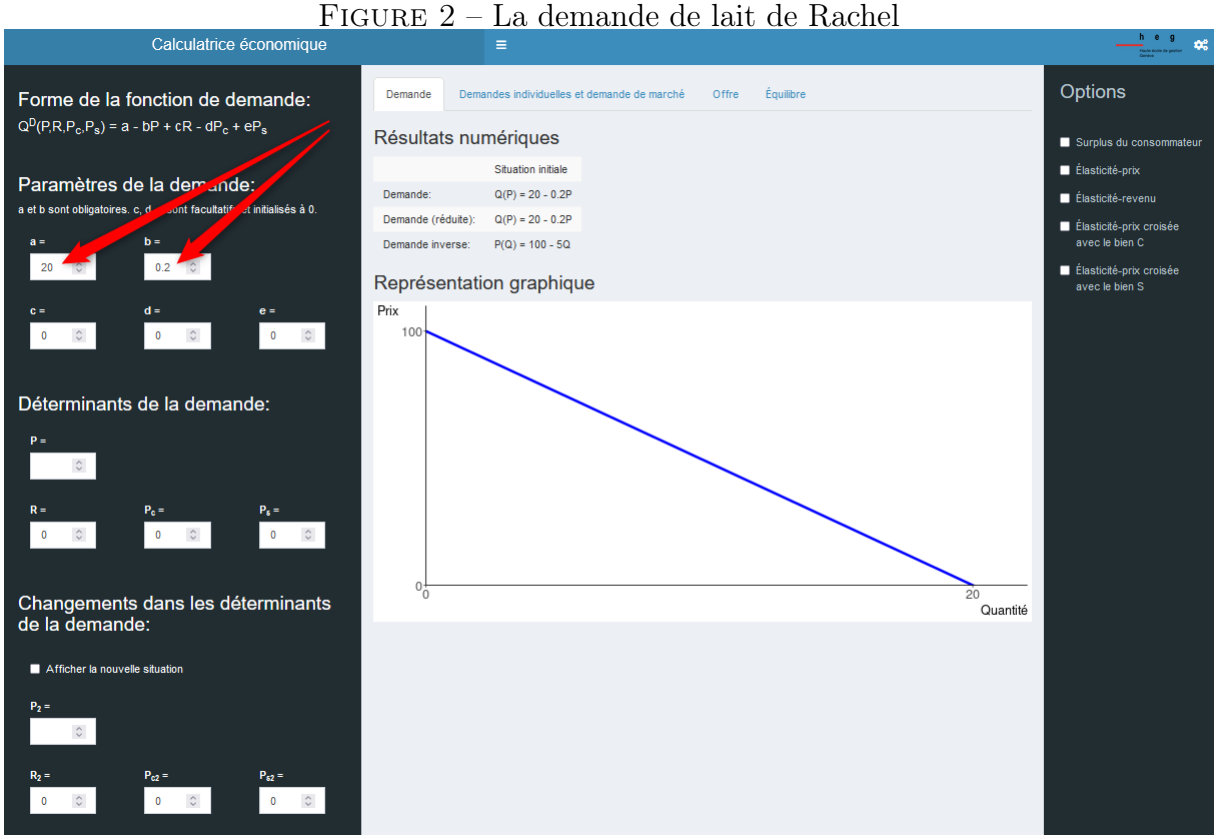
3.1.1 Exemple : La demande de lait de Rachel

Pour démontrer les fonctionnalités offertes par l'onglet "Demande" de la calculatrice, nous utilisons la demande de lait de Rachel provenant de l'exemple de Mankiw et Taylor (2022, p. 51) : "Si le lait était gratuit, Rachel serait disposée à en 'acheter' 20 litre par mois. À 0.10 CHF le litre, Rachel serait prête à en acheter 18 litre. [...] Lorsque le prix atteint

1 CHF le litre, Rachel n'est plus du tout disposée à en acheter." (Nous avons pris la liberté de remplacer les € de l'exemple original par des CHF.)

Dans cette demande, le paramètre a vaut 20, puisque la quantité demandée est de 20 lorsque le bien est gratuit. En exprimant le prix en centimes, on peut également déduire que le paramètre b vaut $\frac{\Delta Q^D}{\Delta P} = \frac{2}{10} = 0.2$, puisqu'à chaque augmentation de prix de 10 centimes, la quantité demandée diminue de 2 unités. En entrant ces valeurs dans la calculatrice, on obtient les résultats reproduits dans la Figure 2.

FIGURE 2 – La demande de lait de Rachel



Les résultats numériques résument les informations essentielles. Mathématiquement, cette demande est donnée par la fonction :

$$Q^D(P) = 20 - 0.2 \cdot P$$

Dans le cas où le seul déterminant de la demande est le prix, la fonction de demande dite “réduite” correspond simplement à la fonction de demande elle-même. Une différence entre les deux apparaîtra cependant dans le cas où d’autres déterminants sont inclus. La demande (1ère ligne) fera alors apparaître explicitement chacun des déterminants tandis que ces déterminants seront incorporés à la “constante” dans la demande réduite (2ème ligne), qui correspond donc à un raisonnement *toutes choses égales par ailleurs*.

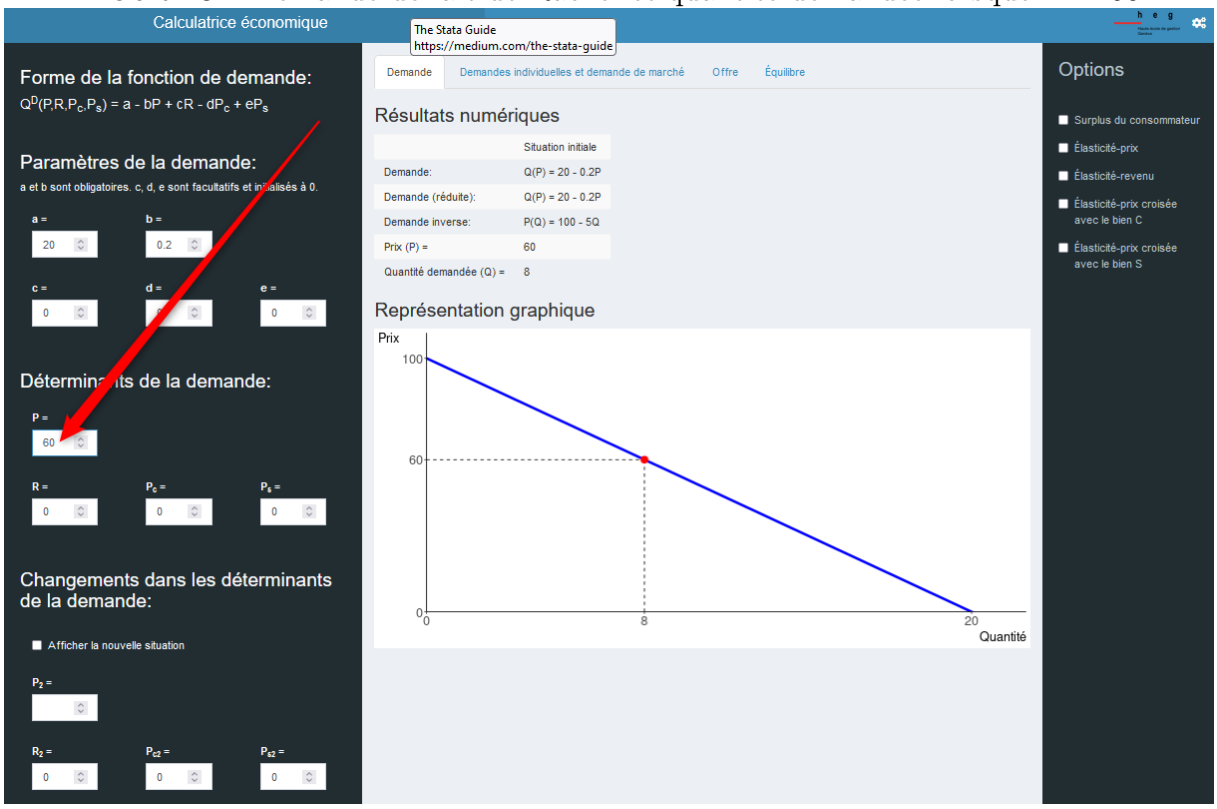
La demande inverse, c’est-à-dire avec le prix exprimé comme une fonction de la quantité, est donnée par :

$$P(Q) = \frac{20}{0.2} - \frac{1}{0.2} \cdot Q = 100 - 5 \cdot Q$$

Cette dernière fonction est utile puisque lorsqu’on représente graphiquement une fonction de demande (ou une offre), le prix doit être placé sur l’axe vertical et la quantité sur l’axe horizontal. La courbe de demande est représentée graphiquement en-dessous des résultats numériques.

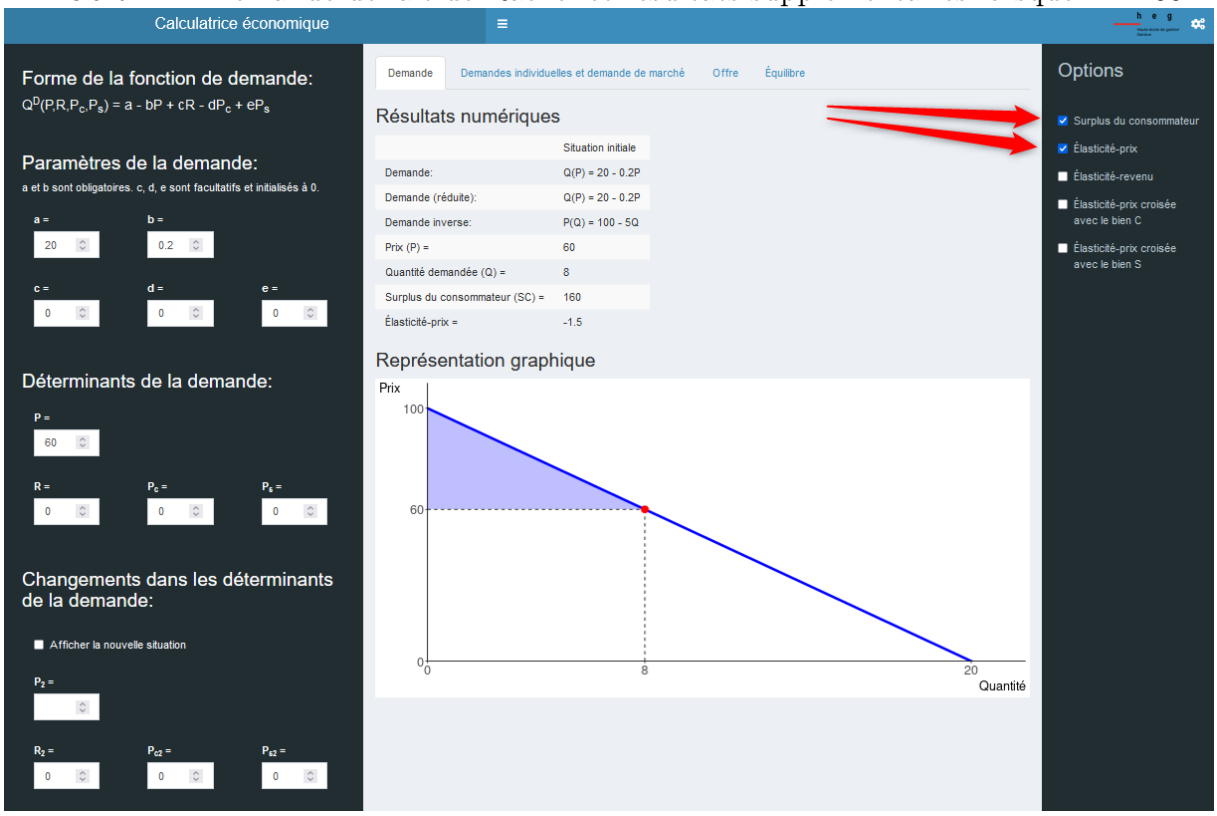
Avec les paramètres a et b seuls, il n’est pas possible d’analyser la demande plus précisément. Pour savoir quelle quantité est effectivement demandée par le consommateur, il est nécessaire de connaître le prix. Supposons que le prix du lait soit de 60 centimes par litre. En entrant cette information supplémentaire dans le bandeau de gauche, la quantité demandée est alors calculée et la représentation graphique adaptée comme illustré dans la Figure 3.

FIGURE 3 – Demande de lait de Rachel et quantité demandée lorsque $P = 60$



Il est encore possible d'obtenir des informations supplémentaires grâce aux options proposées dans le bandeau de droite. Par exemple, il pourrait être intéressant de connaître le surplus du consommateur ainsi que son élasticité-prix. En cochant ces deux cases, on obtient alors les résultats reproduits dans la Figure 4.

FIGURE 4 – Demande de lait de Rachel et résultats supplémentaires lorsque $P = 60$



La calculatrice offre différentes possibilités pour illustrer comment les déterminants influencent la demande. Premièrement, il est possible de modifier chacun des paramètres et des déterminants dynamiquement, soit en ajustant manuellement les valeurs soit en utilisant les flèches vers le haut et le bas qui se trouvent à droite des champs prévus pour entrer les valeurs. Chaque clic sur une flèche fait augmenter ou diminuer les paramètres ou les variables explicatives par incrément d'une unité. Cette manière de faire est notamment intéressante pour illustrer l'impact du changement du prix car on visualise alors parfaitement le déplacement le long de la courbe de demande.

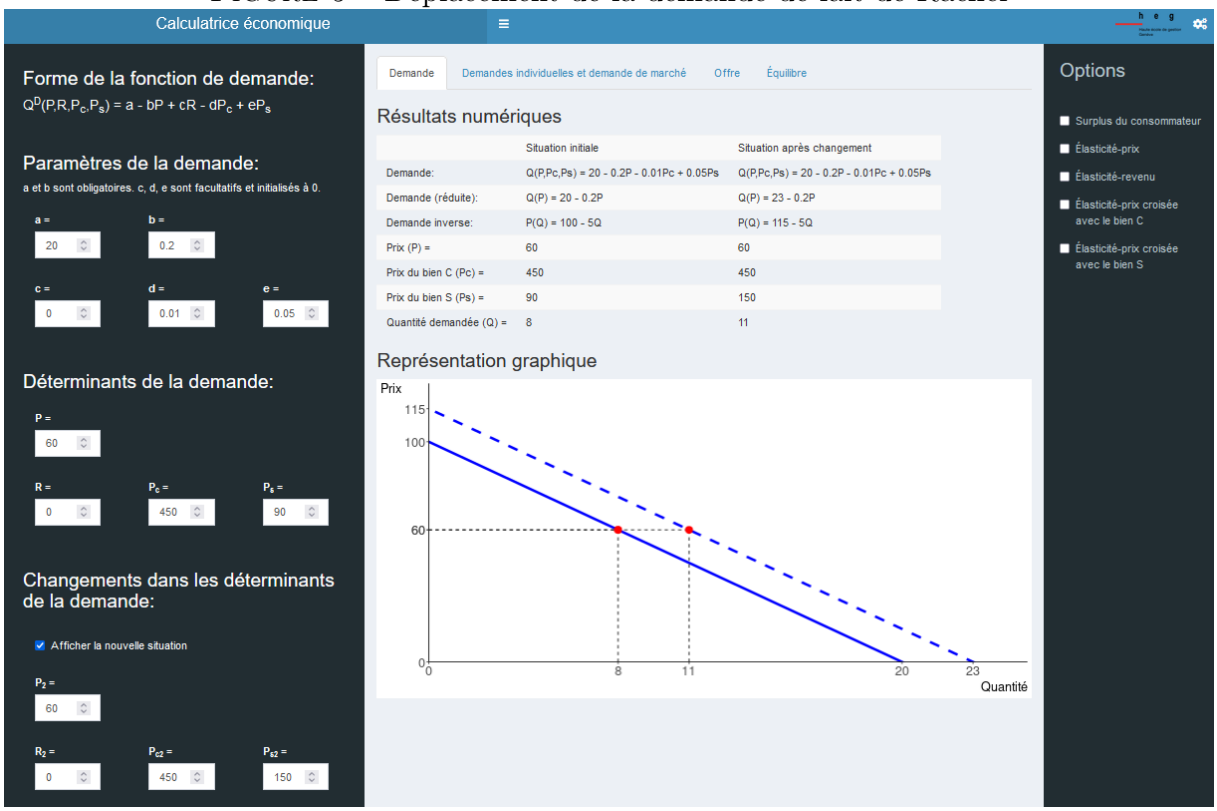
Deuxièmement, il est également possible d'entrer simultanément deux séries de valeurs pour les déterminants. Ceci aura pour conséquence d'afficher deux situations différentes, non seulement dans les résultats numériques mais aussi dans le graphique, permettant ainsi de faire de la *statique comparative*. Pour illustrer cette fonctionnalité, prolongeons l'exemple de la demande de lait, en introduisant dans les déterminants un bien complé-

mentaire (les céréales pour le petit-déjeuner) et un bien substituable (le jus d'orange) :

$$Q^D(P, P_c, P_s) = 20 - 0.2 \cdot P - 0.01 \cdot P_c + 0.05 \cdot P_s$$

Le prix du lait est (comme avant) de 0.60 CHF par litre ($P = 60$ centimes), le prix d'un paquet de céréales pour le déjeuner est de 4.50 CHF par paquet ($P_c = 450$ centimes) et le prix du jus d'orange est de 0.90 CHF par litre ($P_s = 90$ centimes). Supposons ensuite que, en raison d'une très mauvaise récolte, le prix du jus d'orange augmente de façon importante jusqu'à atteindre 1.50 CHF par litre ($P_{s2} = 150$ centimes). Ces deux situations pourront être analysées et comparées en entrant toutes ces informations dans la calculatrice comme dans la Figure 5.

FIGURE 5 – Déplacement de la demande de lait de Rachel



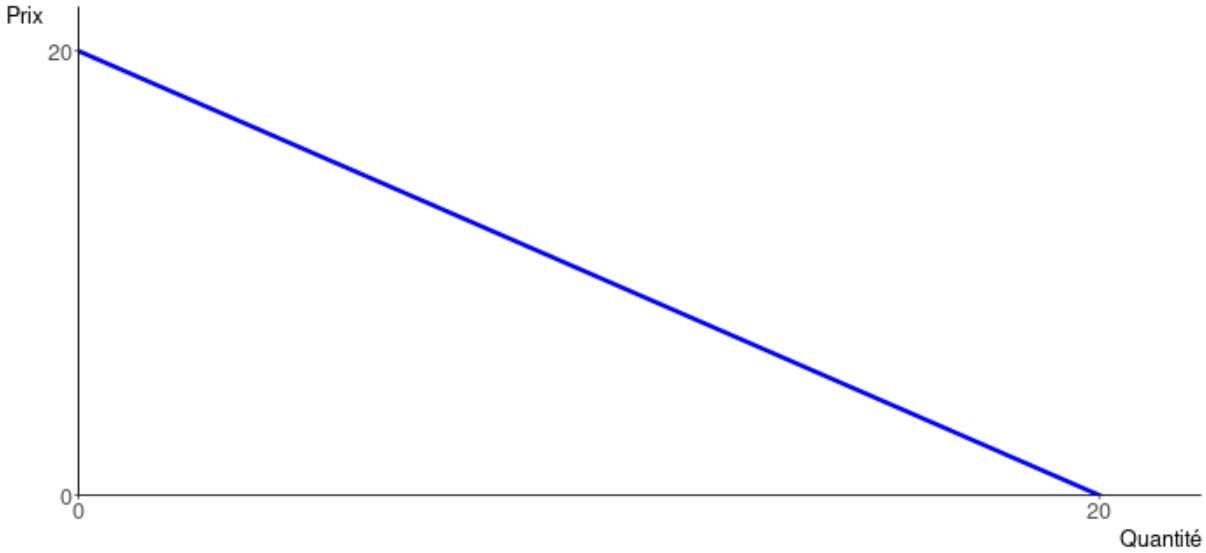
La situation après changement est présentée dans une deuxième colonne dans les résultats numériques, tandis que la courbe de demande après changement est dessinée en pointillés. Dans ce cas, on observe un déplacement de la demande vers la droite, c'est-à-dire une

augmentation de la quantité demandée pour tout niveau de prix. La calculatrice permet de cumuler plusieurs changements en même temps.

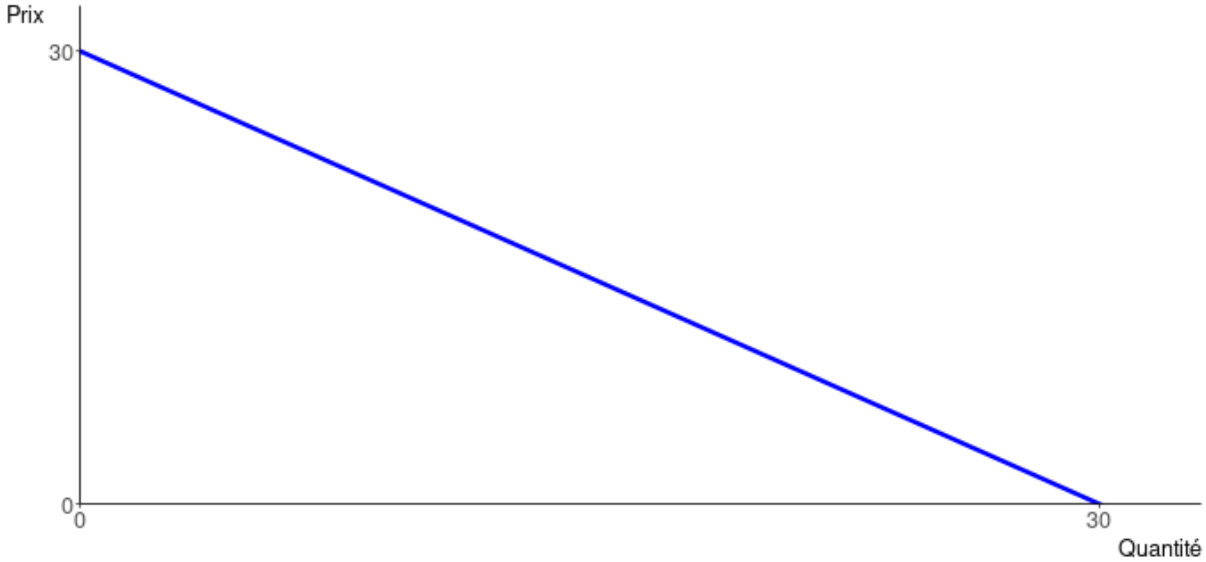
3.1.2 Astuce pour illustrer les déplacements de la courbe de demande

Nous avons indiqué que la calculatrice permet d'illustrer dynamiquement les changements des déterminants de la demande. Cependant, lorsque l'utilisateur modifie les paramètres de la demande, l'échelle de la représentation graphique s'ajuste automatiquement de sorte à utiliser au mieux l'espace disponible. Ainsi, les effets d'un changement dans les paramètres ne sont pas toujours évidents à visualiser car les valeurs sur les axes se modifient sans forcément qu'on puisse remarquer le moindre changement dans la courbe de demande. Ce sera notamment le cas avec la demande $Q^D(P, R) = 10 - P + R$.

Avec un revenu $R = 10$, on obtiendrait le graphique suivant :



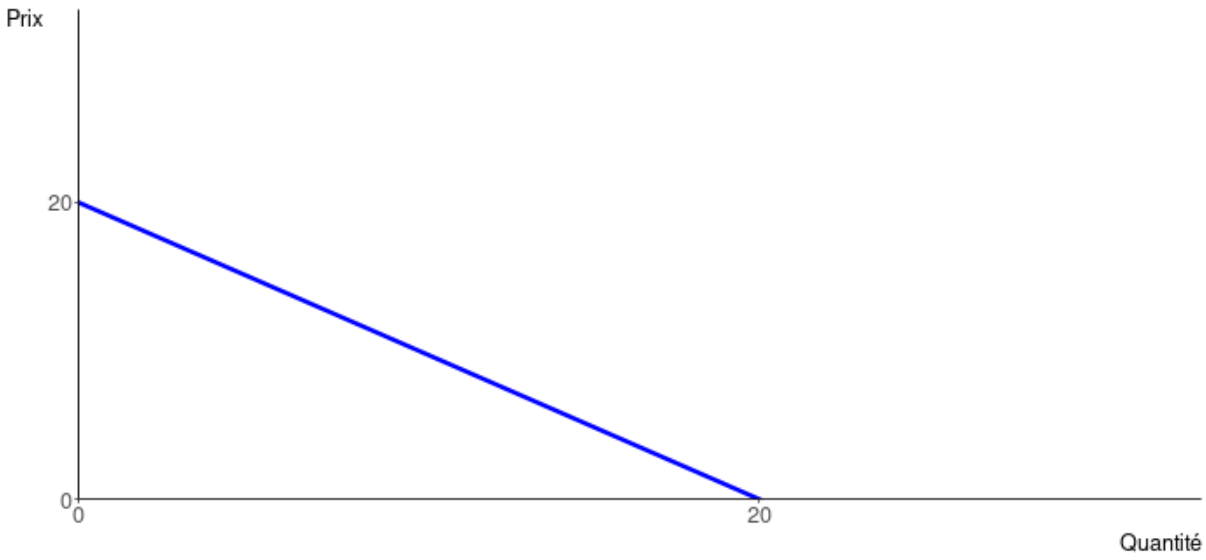
Tandis qu'avec un revenu $R = 20$, on obtiendrait :



Seul le lecteur attentif (et avec de bons yeux !) pourra remarquer une différence entre les deux. En effet, la seule différence provient du fait que l'ordonnée et l'abscisse à l'origine sont passées de 20 à 30 entre le premier et le deuxième graphique. Étant donné que l'échelle s'est ajustée, aucune différence ne peut être détectée au niveau de l'emplacement de la courbe de demande ou de la taille du graphique.

L'astuce permettant d'illustrer efficacement ce genre de déplacement consiste à indiquer un changement dans les déterminants de la demande mais *sans cocher la case "Afficher la nouvelle situation"*. La nouvelle situation est alors prise en compte uniquement en arrière plan, de sorte que cette stratégie permet de figer l'échelle du graphique.

Dans le cas proposé ci-dessus, on pourrait par exemple entrer une valeur $R_2 = 20$. Le graphique avec un revenu $R = 10$ deviendrait alors :



Tandis que celui avec un revenu $R = 20$ ne serait pas affecté. On pourrait alors visualiser clairement que chaque augmentation de revenu déplace graduellement la courbe de demande vers l'extérieur en cliquant sur la flèche en haut du champ dédié au revenu.

3.2 Demandes individuelles et demande de marché

Les outils et éléments théoriques présentés dans la Section 3.1 peuvent s'appliquer soit à une demande individuelle, soit à une demande de marché (agrégée). Il est cependant utile de distinguer les deux et de comprendre le passage des demandes individuelles à la demande de marché. En effet, la demande de marché n'est autre que la somme des demandes individuelles de tous les consommateurs présents sur le marché d'un bien ou d'un service. Graphiquement, cela revient à faire la somme horizontale des fonctions de demandes (c'est-à-dire des quantités qui sont placées sur l'axe horizontal du graphique). En connaissant les demandes individuelles des différents consommateurs, on est donc en mesure de reconstruire la demande du marché, et c'est précisément l'objectif de l'onglet "Demande individuelles et demande de marché".

La calculatrice permet d'entrer deux demandes linéaires de la forme :

$$q_i = a_i - b_i \cdot P \qquad \text{avec } i = 1, 2 \text{ et } a_i, b_i > 0$$

Au niveau de la notation, on utilise ici un q minuscule afin d'attirer l'attention sur le fait qu'il s'agit d'une quantité individuelle. Le prix P est quant à lui identique pour tous les consommateurs et correspond au prix du marché. Pour les raisons évoquées dans la Section 3.1, les paramètres a_i et b_i doivent tous deux être positifs.

Construire la demande de marché à partir des deux demandes individuelles est un exercice simple en apparence. Il suffit en effet d'additionner des quantités pour tout niveau de prix. Il est cependant nécessaire de rester attentif au point suivant : chaque consommateur possède un prix maximal (c'est-à-dire le dernier prix auquel il est d'accord d'acheter au moins une unité) qui lui est spécifique. Ce prix maximal correspond à $\frac{a_i}{b_i}$. Au-dessus de ce prix maximal, le consommateur quitte le marché et ne consomme plus rien ($q_i = 0$). Pourtant, si l'on utilisait la fonction de demande individuelle, on obtiendrait une valeur négative, qui n'a évidemment aucun sens puisque la quantité demandée ne peut pas devenir négative.

Ce raisonnement peut sembler évident voir naïf, mais il est nécessaire de le considérer avant de se lancer dans l'addition des deux fonctions de demandes. La nouvelle fonction ainsi obtenue rendrait en effet le problème évoqué ci-dessus difficilement détectable. Avant d'additionner les demandes, il convient donc de délimiter soigneusement jusqu'à quel prix chaque consommateur demande une quantité non-nulle. Mathématiquement, la demande de marché s'écrira alors comme une fonction par parties se modifiant suivant le niveau du prix. Graphiquement, cette demande de marché ne sera pas représentée par une seule droite mais par plusieurs segments de droite, et ce même si les demandes individuelles à additionner au départ sont linéaires.

3.2.1 Exemple : Les demandes de lait de Rachel et d'Arthur

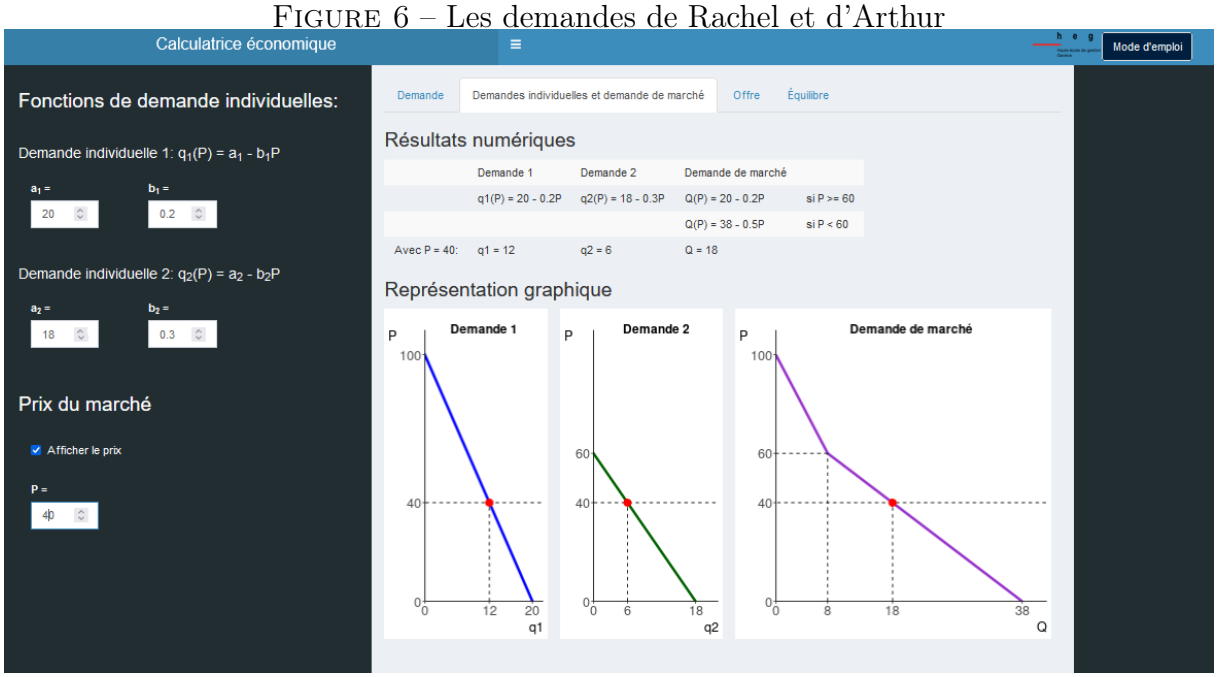
Dans la Section 3.1, nous avons utilisé la demande de lait de Rachel. Nous considérons maintenant en plus la demande de lait d'Arthur : [1]

$$\text{Demande de Rachel :} \qquad q_1 = 20 - 0.2 \cdot P$$

$$\text{Demande d'Arthur :} \qquad q_2 = 18 - 0.3 \cdot P$$

En entrant les valeurs de cet exercice dans la calculatrice, on obtient les résultats reproduits dans la Figure 6.

FIGURE 6 – Les demandes de Rachel et d'Arthur



Dans cet exemple, le prix maximal de Rachel est de 100 alors que le prix maximal d'Arthur est de 60. Ainsi, si le prix est au-dessus de 60 (et en-dessous de 100) seule Rachel demande du lait. Pour cet intervalle de prix, la demande de marché correspond tout simplement à

1. Les prénoms utilisés ici (Rachel et Arthur) proviennent directement de l'exemple de Mankiw et Taylor (2022), mais nous prenons la liberté de modifier la demande d'Arthur afin de faire ressortir le point intéressant de l'exercice. En effet, dans l'exemple de Mankiw et Taylor (2022), le prix maximal de Rachel et celui d'Arthur sont identiques, ce qui réduit la complexité de l'exercice mais le rend nettement moins généralisable.

la demande de Rachel. Pour un niveau de prix inférieur à 60, alors les deux consommateurs demandent du lait et il faut effectivement sommer les deux demandes. Nous avons également introduit un prix de 40, ce qui permet de montrer comment la quantité totale demandée pour ce prix ($Q = 18$) est répartie entre Rachel ($q_1 = 12$) et Arthur ($q_2 = 6$). Les changements peuvent être illustrés de façon commode en cliquant sur les flèches en haut et en bas du champ prévu pour introduire le prix.

3.2.2 Que faire si les demandes individuelles comprennent plusieurs déterminants ?

Dans l'onglet "Demandes individuelles et demande de marché", tout déterminant autre que le prix est exclu. Une justification pour cette limite est que seul le prix sera commun aux différents consommateurs, tandis que les autres déterminants seront spécifiques à chacun d'entre eux. Cependant, que faire si les demandes individuelles avec lesquelles on souhaite travailler comprennent (par exemple) le revenu des consommateurs ?

Une solution serait d'utiliser successivement les différents onglets de la calculatrice. Dans ce cas, il serait en effet possible de commencer par utiliser l'onglet "Demande" pour ensuite en extraire la "demande réduite" qui ne contient que le prix tandis que tous les autres déterminants sont alors considérés comme constants. Les demandes réduites peuvent ainsi être introduites dans l'onglet "Demandes individuelles et demande de marché" afin de construire la demande de marché, tout en gardant en tête le fait qu'il s'agit alors d'une demande *toutes choses égales par ailleurs*.

3.3 Offre

La fonction d'offre met en relation la quantité offerte avec ses déterminants. Elle sert à modéliser le comportement des offreurs, que l'on appelle également des vendeurs ou des producteurs sur le marché d'un bien ou d'un service. Dans l'onglet "Offre" de la

calculatrice, la fonction d'offre est de la forme (linéaire) suivante (voir aussi la Figure 7) :

$$Q^O(P, F, T) = a + b \cdot P - c \cdot F + d \cdot T$$

avec les notations suivantes :

— Q^O la quantité offerte

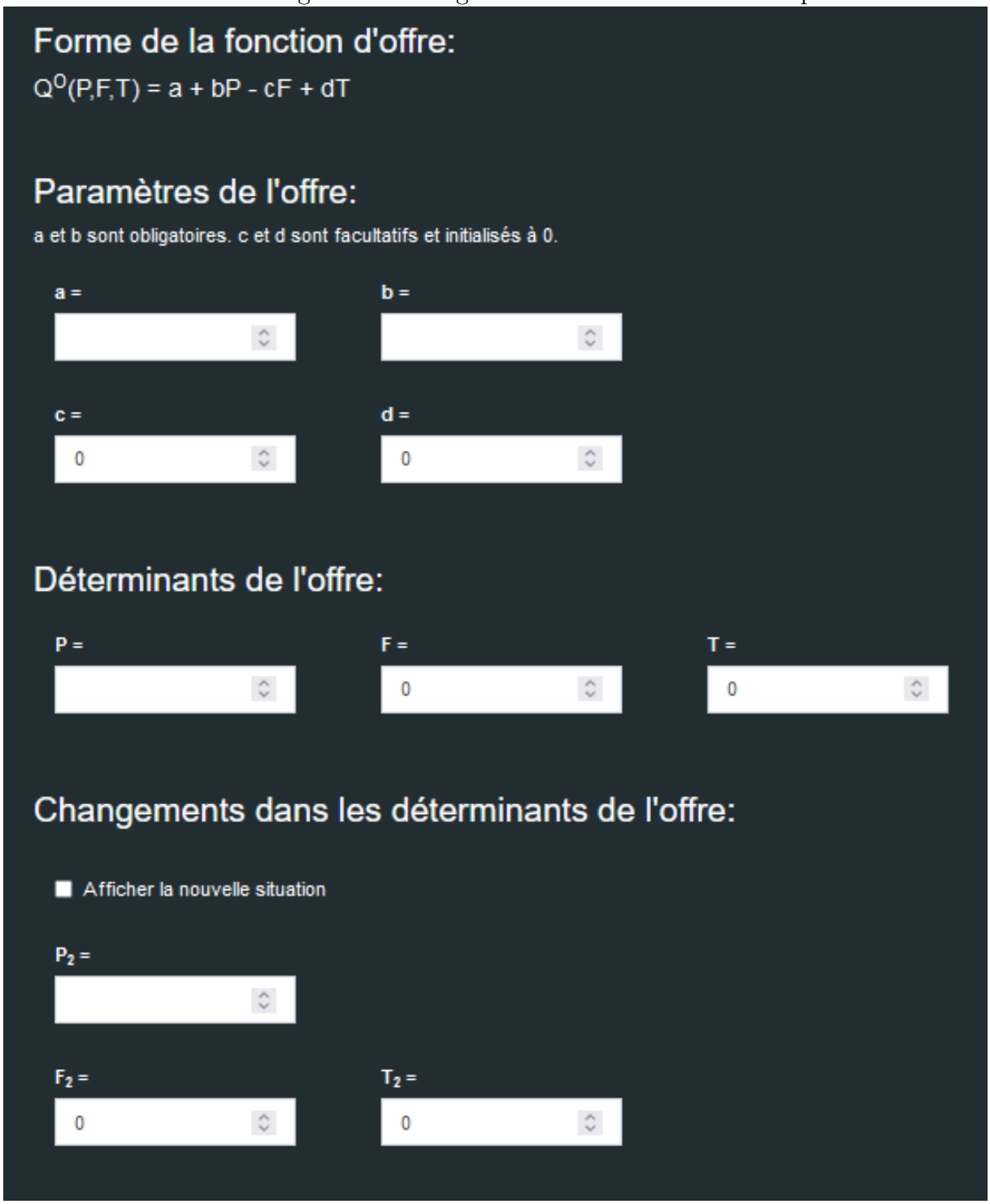
— P le prix

— F le coût d'un facteur de production

— T le niveau de la technologie

La calculatrice permet à l'utilisateur d'entrer librement les paramètres a, b, c et d de la fonction d'offre. Économiquement parlant, les valeurs admissibles pour ces paramètres

FIGURE 7 – Bandeau de gauche de l'onglet "Offre" : Données à entrer par l'utilisateur



sont les suivantes :

a $\lesseqgtr$ 0 Le paramètre a représente la quantité que les vendeurs souhaiteraient "vendre" si tous les déterminants de l'offre (en particulier le prix) étaient nuls (égaux à zéro). Ceci n'est généralement pas une situation réaliste, mais cela permet de déterminer que le paramètre a devrait en principe être négatif. En particulier, si l'offre ne comprend pas d'autre déterminant que le prix, le paramètre a représentera la quantité offerte pour un prix de vente égal à zéro. Forcément, aucun vendeur ne serait prêt à subir des coûts de production pour ensuite distribuer son bien gratuitement. Et même un prix positif (non-nul) mais proche de zéro ne sera pas suffisant pour attirer des vendeurs. Ainsi, pour pouvoir modéliser ce comportement, il faut que le paramètre a soit négatif. Dans le cas où d'autres déterminants sont inclus dans la fonction d'offre, certaines combinaisons des paramètres et des déterminants pourraient cependant aboutir à une situation où le paramètre a peut légitimement devenir positif.

b > 0 Le paramètre b représente l'effet du prix sur la quantité offerte. Lorsque le prix augmente, les vendeurs seront incités à faire plus d'efforts pour fournir des quantités plus élevées, et inversement. L'effet du prix sur la quantité offerte doit par conséquent être positif, de sorte que le paramètre b doit forcément être positif. À l'extrême, le paramètre b peut être nul, ce qui signifie alors que l'offre est parfaitement inélastique.

Comme indiqué dans la calculatrice (voir Figure 7), les paramètres a et b sont obligatoires. La constante (a) et l'impact du prix (b) sont en effet incontournables pour pouvoir commencer l'analyse de l'offre et en particulier pour pouvoir la représenter graphiquement.

Les paramètres c et d sont facultatifs et sont initialisés à 0 (de même que les variables correspondantes F et T). Les valeurs admissibles de ces paramètres sont également dé-

terminées sur la base des raisonnements suivants :

$c > 0$ Le paramètre c représente l'effet du coût d'un facteur de production (par exemple le travail, le capital, ...) sur la quantité offerte. Logiquement, une hausse des coûts de production n'est pas une bonne nouvelle pour un vendeur, de sorte qu'une augmentation s'accompagne d'une diminution de la quantité offerte et on a alors $c > 0$ (car le signe "$-$" se trouve déjà dans la fonction de demande).

$d \geq 0$ Le paramètre d représente l'impact de la technologie sur la quantité offerte. Étant donné qu'un progrès technologique permet d'améliorer la productivité, une augmentation de ce déterminant engendre une augmentation de la quantité offerte. Ainsi, le paramètre d doit être positif.

Dans la deuxième section du bandeau de gauche (Figure 7), l'utilisateur peut spécifier les valeurs prises par les déterminants. L'utilisateur peut ainsi fournir des valeurs pour le prix du bien (P), le coût du facteur de production (F) et le niveau de la technologie (T). Le prix est initialement laissé vide tandis que les autres variables sont initialisées à 0.

Finalement, l'utilisateur peut entrer un deuxième set de valeurs pour les déterminants de l'offre. Cela permet d'analyser comment l'offre se modifie lorsqu'un ou plusieurs déterminants changent. Pour que ces changements deviennent visibles, il est nécessaire de cocher la case "Afficher la nouvelle situation".

3.3.1 Exemple : l'offre de lait de Richard

Nous empruntons ici l'exemple de Mankiw et Taylor (2022, p. 56) et considérons la quantité que Richard, un producteur de lait, est prêt à fournir pour différents prix : "'Pour un prix inférieur à 0.10 CHF par litre, Richard ne produit pas du tout de lait. Au fur et à mesure que le prix augmente, il est disposé à mettre sur le marché de plus en plus de lait." Plus précisément, pour chaque augmentation de 0.10 CHF, la quantité offerte

par Richard augmente de 2 milliers de litres par mois. (Nous avons remplacé les € de l'exemple original par des CHF.)

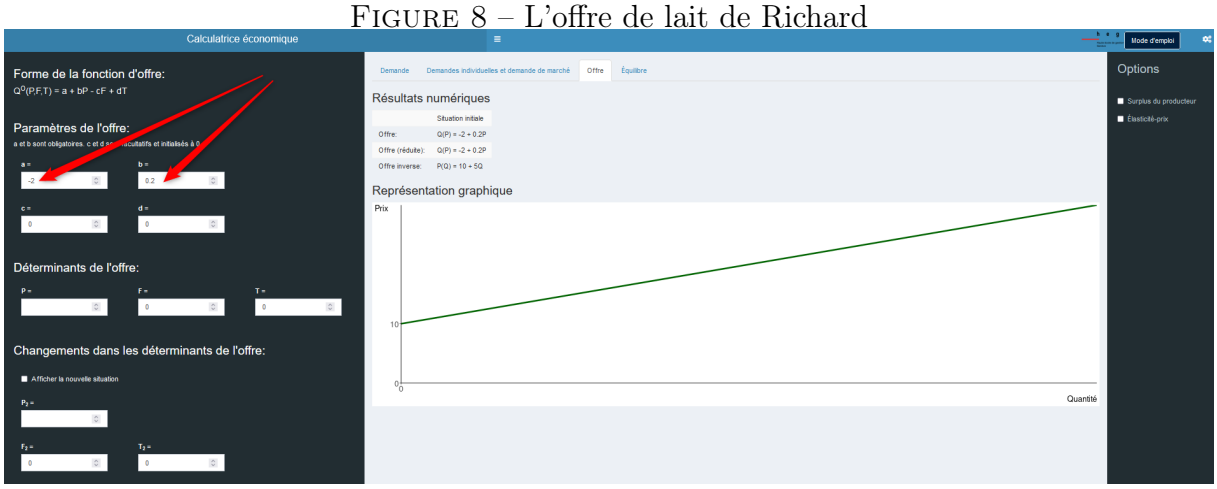
Sur la base de cette description et en sachant qu'elle est linéaire, nous pouvons déduire les paramètres a et b de l'offre de Richard. En exprimant le prix en centimes, on trouve que le paramètre b vaut $\frac{\Delta Q^O}{\Delta P} = \frac{2}{10} = 0.2$, puisqu'à chaque augmentation de prix de 10 centimes, la quantité offerte augmente de 2 unités (milliers de litres). Pour obtenir le paramètre a, on doit appliquer un raisonnement hypothétique : si le prix est de 10 centimes et qu'il diminue jusqu'à 0, on devrait observer une diminution de la quantité offerte de 2 unités. On trouve ainsi que $a = -2$, ce qui est valable mathématiquement même si cela n'a pas d'interprétation économique particulière. Finalement, on peut ainsi écrire l'offre de lait de Richard comme suit :

$$Q^O(P) = -2 + 0.2 \cdot P$$

avec Q^O la quantité de lait en milliers de litres et P le prix du lait en centimes.

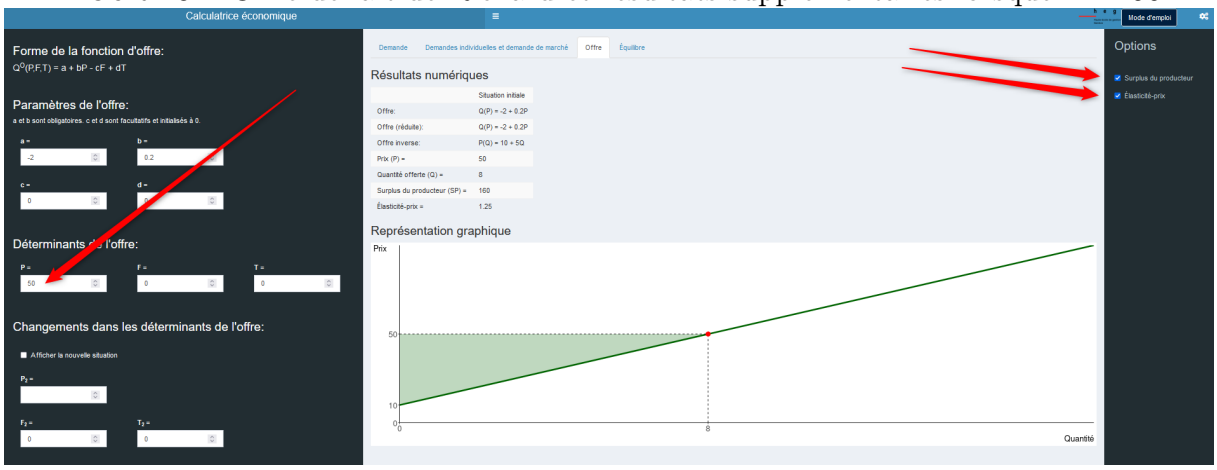
En entrant ces valeurs dans la calculatrice, on obtient les résultats de la Figure 8.

FIGURE 8 – L'offre de lait de Richard



Pour aller plus loin, on peut ensuite ajouter un prix et cocher les options permettant de calculer et d'afficher le surplus du consommateur et l'élasticité-prix. Par exemple, avec un prix de 50 centimes par litres de lait, on obtient les résultats reproduits dans la Figure 9.

FIGURE 9 – Offre de lait de Richard et résultats supplémentaires lorsque $P = 50$

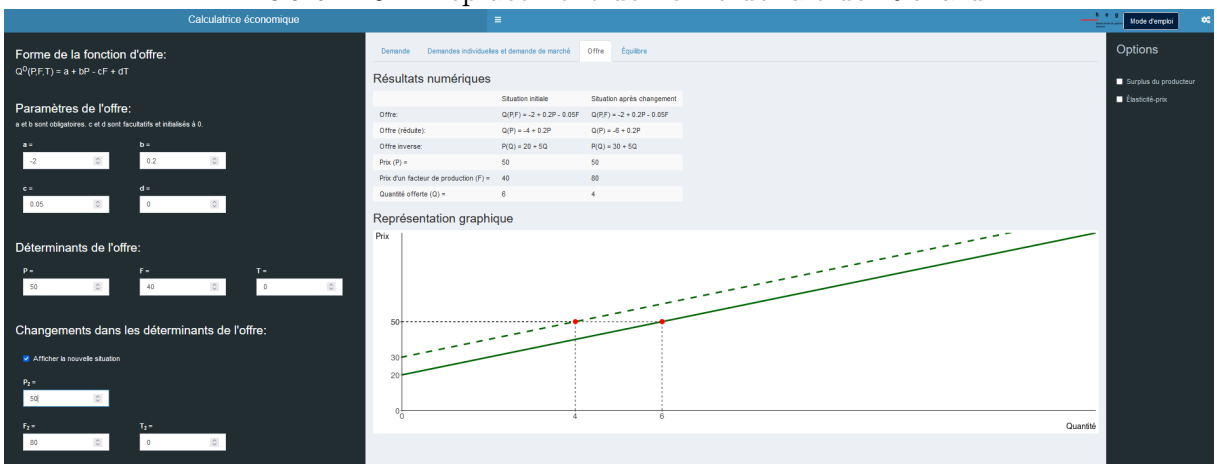


Pour démontrer l'impact des autres déterminants de l'offre, introduisons le prix des aliments pour bétail (F) dans la fonction d'offre de Richard, que l'on modifie alors comme suit :

$$Q^O(P, F) = -2 + 0.2 \cdot P - 0.05 \cdot F$$

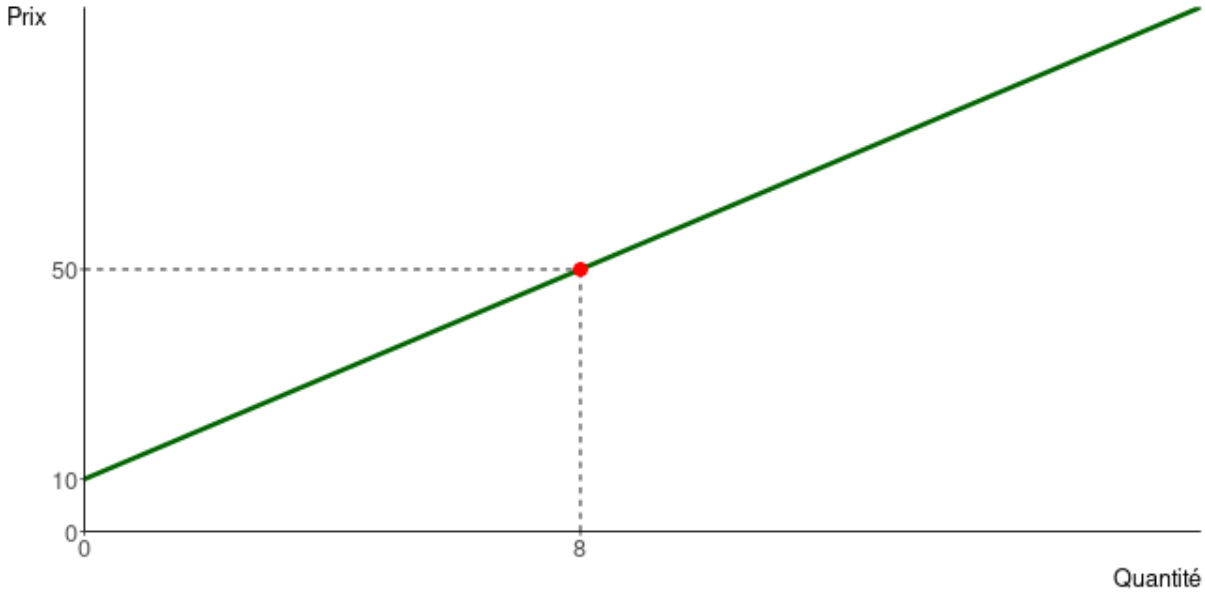
Supposons également que F vaut initialement 40 centimes par kilo d'aliment pour bétail, mais qu'en raison d'un souci d'approvisionnement F augmente ensuite jusqu'à 80 centimes. Comme le montre la Figure 10, cette augmentation du coût de production entraînerait un déplacement de l'offre de Richard vers la gauche. Pour tout niveau de prix, sa quantité offerte serait réduite de 2 unités. Par exemple, pour un prix de 50 centimes par litre de lait, la quantité offerte passerait de 6 à 4.

FIGURE 10 – Déplacement de l'offre de lait de Richard

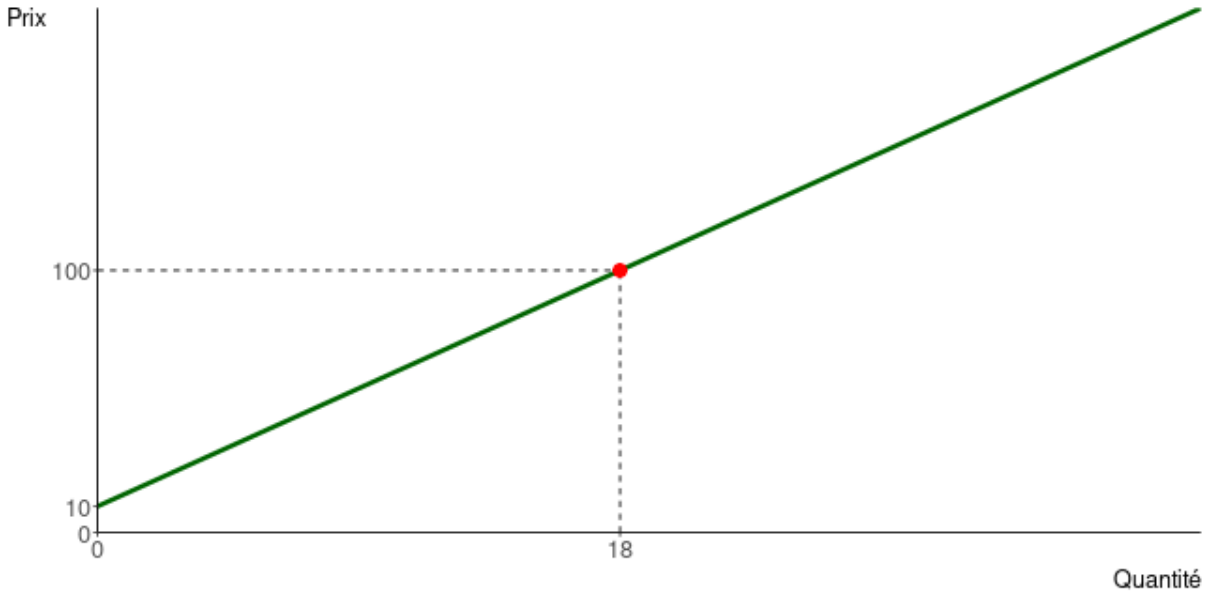


3.3.2 Astuce pour illustrer les déplacements le long de l'offre

L'utilisateur qui souhaiterait étudier l'impact d'un changement de prix sur l'offre serait peut être surpris de ne pas voir de grande différence lorsqu'il modifie le prix. Par exemple, en reprenant la fonction d'offre de Richard $Q^O(P) = -2 + 0.2 \cdot P$, on obtiendra la représentation graphique suivante avec $P = 50$:



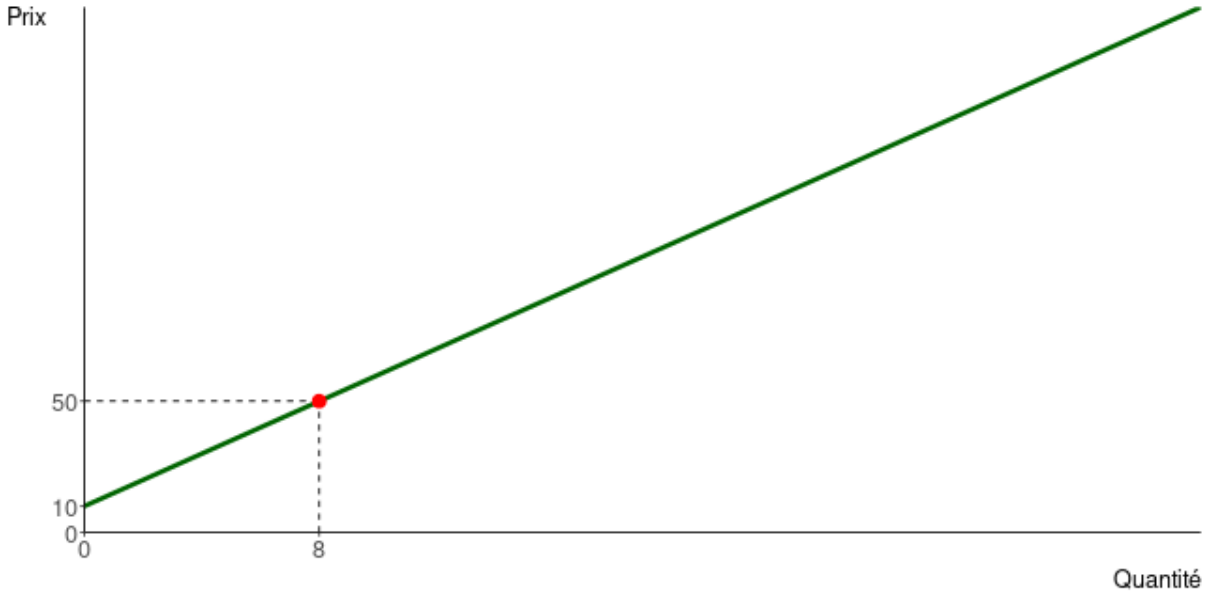
Et avec $P = 100$, on obtiendrait :



Les deux graphiques ci-dessus sont d'aspect visuel quasiment identiques. De fait, seules les valeurs sur les axes changent, mais comme la calculatrice ajuste automatiquement

l'échelle de telle sorte à ce que le point représentant la situation actuelle se trouve plus ou moins au centre, l'aspect global est inchangé.

Afin de mieux saisir les changements entre les deux situations, il est nécessaire de forcer la calculatrice à ne pas ajuster l'échelle. Ceci est faisable en introduisant un prix dans le champ P_2 et sans cocher la case "Afficher la nouvelle situation". Avec $P = 50$ et $P_2 = 100$, on obtiendra la représentation suivante :



À partir de là, on pourra effectivement déplacer le point de long de la courbe d'offre en utilisant les flèches vers le haut ou vers le bas à droite du champ prévu pour entrer le prix.

3.4 Équilibre du marché concurrentiel

L'onglet "Équilibre" réunit la demande et l'offre respectivement étudiées dans les Sections 3.1 et 3.3. L'objectif est ici de déterminer le prix d'équilibre du marché ainsi que la quantité qui sera échangée pour ce prix.

Dans la situation de base, le marché est considéré être en concurrence parfaite. Les fonctions de demande et d'offre autorisées dans l'onglet "Équilibre" sont de la forme la plus

simple possible :

$$\begin{array}{lll} \text{Demande :} & Q^D(P) = a - b \cdot P & a, b > 0 \\ \text{Offre :} & Q^O(P) = c + d \cdot P & c < 0, d > 0 \end{array}$$

Comme discuté dans la Section 3.2.2, pour effectuer un exercice avec des fonctions plus complexes contenant d'autres déterminants, on peut utiliser en préambule les onglets "Demande" et "Offre" pour en extraire les fonctions de demande et d'offre réduites. L'analyse réalisée dans l'onglet "Équilibre" est ainsi valable tant que rien ne change parmi les autres déterminants de l'offre et de la demande. Autrement dit, il s'agit d'une analyse *toutes choses égales par ailleurs*.

Par défaut, lorsque l'utilisateur entre les quatre paramètres définissant la demande (a et b) et l'offre (c et d) dans le bandeau de gauche, la calculatrice détermine le prix et la quantité d'équilibre. En option (dans le bandeau de droite), on peut en plus calculer et afficher sur le graphique le surplus du consommateur, le surplus du producteur et le surplus total.

Il est ensuite possible de générer des déplacements de la demande et/ou de l'offre. Afin de pouvoir comparer les situations avant et après changements, la calculatrice accepte un deuxième set de paramètres (a_2, b_2, c_2 et d_2), qui sont automatiquement initialisés au niveau des paramètres de départ. Pour que la situation après changements s'affiche, il faut cocher la case "Afficher la nouvelle situation". Une deuxième colonne apparaît alors dans les résultats numériques et les nouvelles courbes de demande et/ou d'offre s'impriment en traits pointillés dans le graphique. En option (dans le bandeau de droite), on peut demander le calcul et l'affichage des surplus. La différence entre les options "Surplus" et "Surplus après modifications" concerne uniquement le graphique : avec la première, ce sont les surplus initiaux qui s'affichent, tandis qu'avec la deuxième, ce sont les surplus après changements. Pour des raisons de lisibilité du graphique, les deux options ne peuvent pas être utilisées en même temps.

3.4.1 Exemple : Équilibre sur le marché du lait

Pour démontrer le fonctionnement de l'onglet "Équilibre", nous reprenons la demande de lait de Rachel (Section 3.1) et l'offre de lait de Richard (Section 3.3). On rappelle que le prix est exprimé en centimes dans les deux cas, mais la quantité demandée par Rachel était exprimée en litres de lait tandis que la quantité offerte par Richard était exprimée en milliers de litres de lait. Afin que l'exercice ait un sens, nous allons faire l'hypothèse que Rachel est une consommatrice représentative et que la demande de marché est composée par 1 000 consommateurs différents. Pour tout niveau de prix, il suffit ainsi de multiplier la demande de Rachel par 1 000 pour obtenir la demande de marché. On a ainsi :

Demande de marché pour le lait :	$Q^D(P) = 20 - 0.2 \cdot P$
Offre de marché pour le lait :	$Q^O(P) = -2 + 0.2 \cdot P$

avec Q^D et Q^O les quantités de lait, respectivement demandées et offertes, en milliers de litres et P le prix du lait exprimé en centimes par litre.

L'équilibre du marché est atteint lorsque la quantité demandée correspond à la quantité offerte. Mathématiquement, on obtient ainsi le prix d'équilibre en égalisant les fonctions de demande et d'offre :

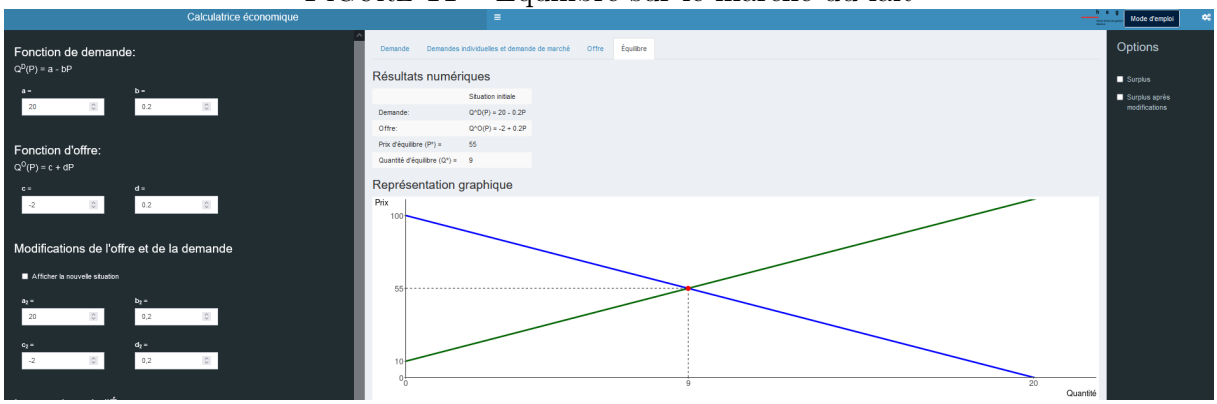
$$
\begin{aligned}
Q^D(P) &= Q^O(P) \\
20 - 0.2 \cdot P &= -2 + 0.2 \cdot P \\
22 &= 0.4 \cdot P \\
P^\star &= \frac{22}{0.4} = 55
\end{aligned}
$$

La quantité d'équilibre correspond à la quantité demandée et/ou à la quantité offerte pour ce prix :

$$Q^D(P^\star) = 20 - 0.2 \cdot 55 = 9$$
$$Q^O(P^\star) = -2 + 0.2 \cdot 55 = 9$$

C'est ce processus qui est automatisé par la calculatrice. En entrant les valeurs de l'exercice ci-dessus ($a = 20$, $b = 0.2$, $c = -2$ et $d = 0.2$), on obtient en effet instantanément les résultats développés ci-dessus ainsi que la représentation graphique montrée dans la Figure 11.

FIGURE 11 – Équilibre sur le marché du lait

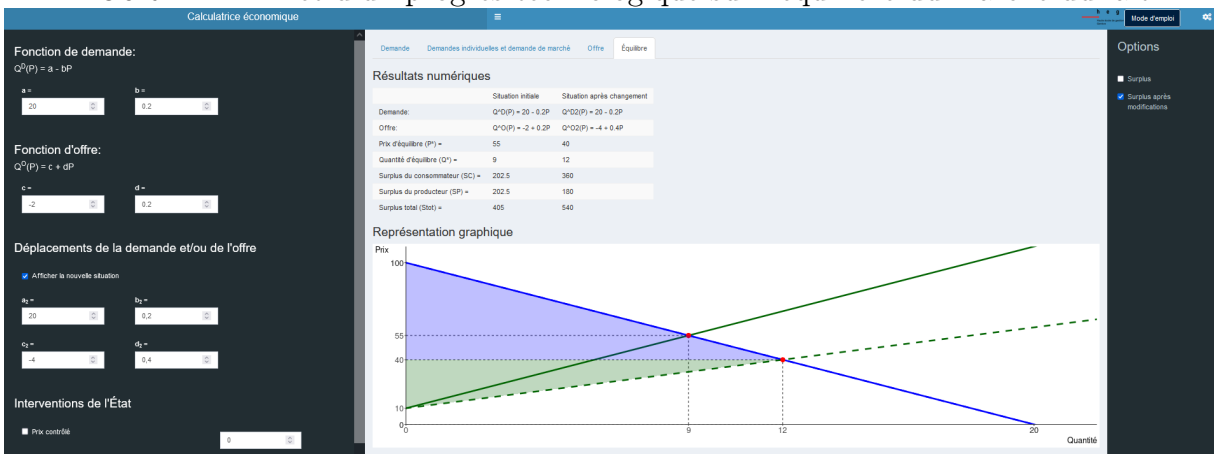


Si Richard décide ensuite d'investir dans une nouvelle technologie lui permettant de doubler sa quantité produite pour tout niveau de coût (marginal), son offre deviendra :

$$Q_2^O(P) = 2 \cdot Q^O(P) = 2 \cdot (-2 + 0.2 \cdot P) = -4 + 0.4 \cdot P$$

Pour analyser les effets de ce changement de l'offre sur l'équilibre du marché, on entre les nouveaux paramètres $c_2 = -4$ et $d_2 = 0.4$ pour obtenir les résultats de la Figure 12.

FIGURE 12 – Effet d'un progrès technologique sur l'équilibre du marché du lait



La nouvelle offre est alors représentée en traits pointillés. On constate que l'augmentation de l'offre a fait augmenter la quantité échangée (de 9 à 12) et baisser le prix d'équilibre (de 55 à 40). Nous avons également coché l'option "Surplus après modifications", de sorte que les régions définissant les surplus du consommateur et du producteur après l'investissement dans la nouvelle technologie sont apparues dans le graphique, respectivement en bleu et en vert.

3.5 Équilibre du marché après intervention de l'État

En plus de l'équilibre du marché concurrentiel, l'onglet "Équilibre" permet (en bas du bandeau de gauche) de considérer différentes interventions de la part de l'État :

— Contrôle de prix : prix plancher ou prix plafond ;

— Impôt (unitaire) sur l'offre et/ou la demande ; [2]

— Subvention (unitaire) sur l'offre et/ou la demande.

2. Dans les manuels d'économie, on fait souvent l'amalgame entre "taxe" et "impôt", probablement parce que les deux se traduisent par le seul et même mot *tax* en anglais. Il existe cependant une distinction entre les deux. Celui qui paie une taxe reçoit en principe une prestation ou un contrepartie de la part de l'État et le produit de la taxe est en général destiné à couvrir les dépenses liées à cette prestation. En revanche, un impôt ne donne droit à aucune contrepartie spécifique de la part de l'État pour le contribuable et les recettes fiscales prélevées par ce biais servent à financer les dépenses publiques de manière générale.

Lorsque l'utilisateur indique un prix contrôlé, la calculatrice décide de façon autonome s'il s'agit d'un prix plancher ou d'un prix plafond suivant que le prix contrôlé se trouve respectivement au-dessus ou au-dessous du prix d'équilibre.

Dans la situation normale avec un prix plancher, la quantité échangée correspond à la quantité demandée et on observe une surproduction équivalente à la différence entre la quantité offerte et la quantité demandée. Pour éviter la surproduction, l'État pourrait imposer des quotas de production de telle sort à limiter la quantité produite à celle qui est demandée pour le prix plancher. Une variante de cette politique consiste pour l'État à s'engager à acheter toute la surproduction provoquée par le prix plancher. Dans la calculatrice, on peut spécifier cette politique en cochant la case "Surproduction achetée par l'État".

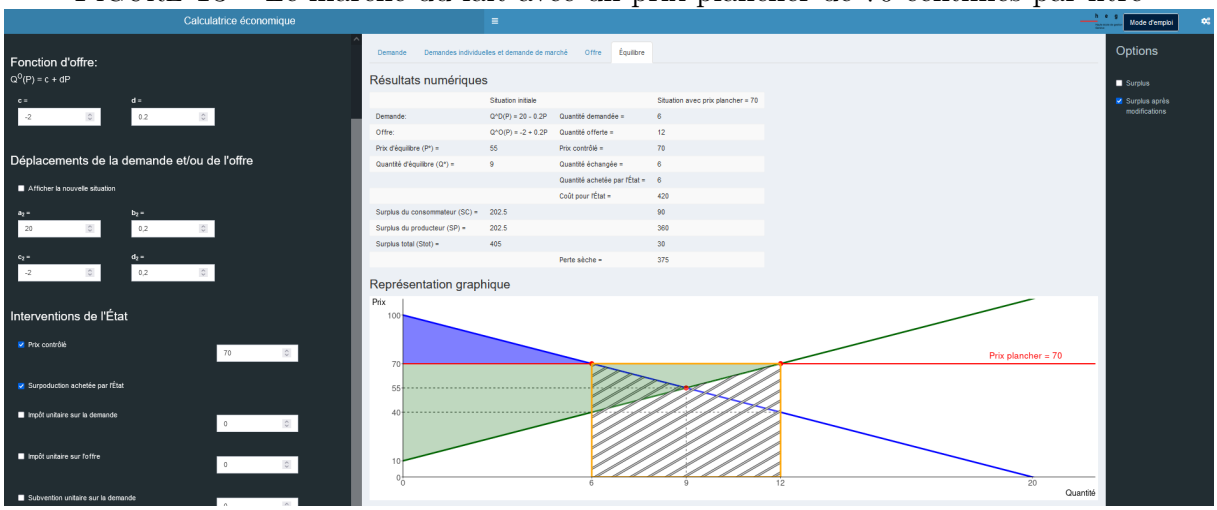
Une autre manière d'influencer l'équilibre d'un marché consiste à introduire des impôts (si on souhaite décourager les échanges) ou des subventions (si on souhaite favoriser les échanges). Dans la calculatrice, on peut indiquer un impôt ou une subvention, dans les deux cas sur la demande ou sur l'offre. Il s'agit d'impôts et de subventions *unitaires*, c'est-à-dire exprimés en unités monétaires par unité physique du bien (par exemple en centimes par litre). Dans la version actuelle de la calculatrice, les impôts et subventions *ad valorem*, c'est-à-dire exprimés en pourcentage de la valeur (par exemple 8.1% dans le cas de la TVA suisse actuelle), ne sont pas pris en compte.

Dans la calculatrice, pour obtenir les résultats d'une situation avec intervention de l'État, l'utilisateur doit introduire un montant (prix contrôlé, impôt, subvention) et cocher la case correspondante pour effectivement activer la mesure. Il n'est pas possible de considérer plusieurs interventions simultanément. À chaque fois que l'utilisateur coche une nouvelle intervention, cela annule automatiquement la précédente.

3.5.1 Exemple : Interventions de l'État sur le marché du lait

Supposons que l'équilibre obtenu sur le marché du lait décrit dans l'exemple de la Section 3.4.1 soit jugé inéquitable pour les producteurs. L'État pourrait alors introduire un prix plancher afin de faire monter le prix sur le marché et donc défendre ces derniers. Si l'État décide d'introduire un prix plancher de 70 centimes par litre de lait et qu'il s'engage à acheter toute surproduction éventuelle, on obtient la situation représentée dans la Figure 13.

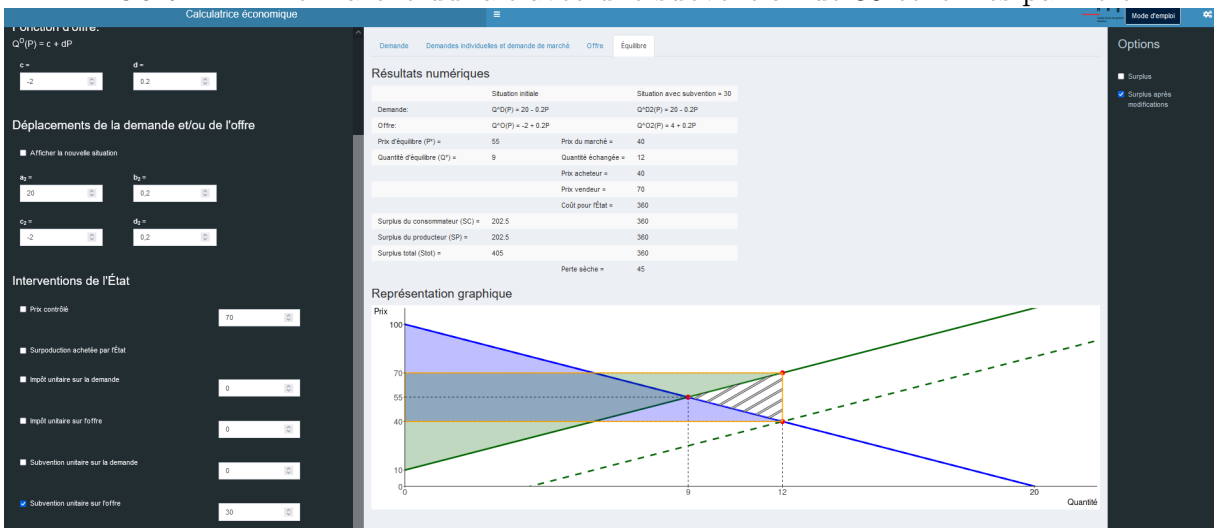
FIGURE 13 – Le marché du lait avec un prix plancher de 70 centimes par litre



En sélectionnant l'option "Surplus après modifications", on obtient les résultats numériques relatifs au surplus avant et après introduction du prix plancher, ainsi que les régions définissant les surplus avec prix plancher dans la représentation graphique. On constate que par rapport à la situation de concurrence parfaite (sans prix plancher), le surplus du consommateur diminue tandis que le surplus du producteur augmente. Cependant, l'État doit acheter 6 unités produites en plus que ce qui est demandé par le marché au prix de 70, ce qui lui coûte 420 (aire encadrée en jaune dans la Figure 13) et engendre finalement une réduction du surplus total. La réduction du surplus total correspond à ce qu'on appelle une perte sèche (zone hachurée dans la Figure 13).

Une solution alternative pour défendre les producteurs de ce marché serait de mettre en place une subvention. Avec une subvention de 30 centimes par litre de lait versée aux producteurs, on obtient la situation représentée dans la Figure 14.

FIGURE 14 – Le marché du lait avec une subvention de 30 centimes par litre



L'introduction de la subvention a pour effet de réduire les coûts de production d'un montant correspondant à la subvention. Graphiquement parlant, ceci revient à déplacer la courbe d'offre de 30 centimes vers le bas (courbe en traits pointillés dans la Figure 14). Par rapport à la situation de concurrence parfaite, les conséquences de cette politique sont ainsi les suivantes. Le prix payé par les acheteurs baisse tandis que le prix reçu par les vendeurs augmente, la différence entre les deux correspondant à la subvention. La quantité échangée augmente par rapport à la situation sans subvention. Pour l'État, le coût de la politique se calcule comme la subvention unitaire multipliée par le nombre d'unités échangées, soit dans cet exemple $30 \cdot 12 = 360$ (aire encadrée en jaune dans la Figure 14).

On constate également que le surplus du consommateur et le surplus du producteur augmentent. Cependant, en raison du coût supporté par l'État, le surplus total diminue. La réduction du surplus total correspond à ce qu'on appelle une perte sèche (zone hachurée dans la Figure 14).

L'utilisateur pourra encore tester par lui-même qu'introduire une subvention d'un montant identique (30 centimes par litre) sur la demande plutôt que sur l'offre aurait exactement les mêmes conséquences sur le prix payé par les acheteurs, le prix reçu par les vendeurs, les quantités échangées et les surplus. En effet, que les acheteurs ou les vendeurs soient légalement désignés comme bénéficiaires de la subvention ne change rien : acheteurs et vendeurs se partagent toujours la subvention en fonction de leur sensibilité au prix. La subvention profite plus au côté du marché qui est le moins élastique au prix.

Ce raisonnement s'applique de manière symétrique aux impôts. L'incidence fiscale est indépendante du contribuable légal et ne dépend que des élasticité-prix de la demande et de l'offre. La charge fiscale pèse plus lourdement sur le côté du marché qui est le moins élastique au prix.

4 Mises à jour et extensions envisageables

La calculatrice est mise à jour régulièrement. Toute personne détectant un défaut est invitée à l'indiquer aux auteurs. Les fonctionnalités suivantes constitueraient des extensions naturelles et parfaitement envisageables :

- Flexibilité des fonctions de demande et d'offre. On pourrait notamment permettre à l'utilisateur de spécifier lui-même le nombre de déterminants à considérer et comment il souhaite les nommer, ou encore considérer des fonctions non-linéaires ;
- Maximisation du profit d'une entreprise concurrentielle à partir des fonctions de coûts de production ;
- Équilibre des marchés monopolistique et monopsonistique ;
- Diverses applications macroéconomiques, telles que le modèle revenu-dépenses ou le modèle $IS - LM$.

Toute suggestion d'extension (voire de collaboration) de la part d'utilisateurs intéressés est bienvenue.

Références

Mankiw, N. G. et Taylor, M. P. (2022). *Principes de l'économie.* De Boeck Supérieur, 6e édition.

Stevenson, B. et Wolfers, J. (2023). *Principles of economics.* MacMillan Learning, 2nd édition.