

# MOSIMA – Modélisation du marché du travail

Jules BROCHARD, Yann ROPPAUL

Novembre 2015

## Contents

<b>1</b>	<b>Modèle de base</b>	<b>2</b>
1.1	Etudier le modèle de base proposé (sans tenir compte pour le moment de l'annexe A).	2
1.1.1	Quels sont les agents ? Leurs attributs ? Leurs comportements ?	2
1.1.2	Ecrivez toutes les formules ou les algorithmes (en pseudo-code) permettant de calculer l'ensemble du modèle. On décrira (en pseudo code) notamment la boucle principale ("tick") de la simulation.	2
1.2	Programmer le modèle en Netlogo, en pensant également à l'utilisation de votre programme pour la simulation, i.e. la conception de l'interface.	4
1.2.1	Quels sont les paramètres de la simulation ?	4
1.2.2	On souhaite visualiser en temps réels les agents et leurs interactions. Que proposez-vous ?	4
1.2.3	Comment reproduire la courbe de Beveridge de l'article (e.g. Fig. 2) directement à partir de l'interface en cliquant sur un bouton (sans passer par des fichiers extérieurs par exemple) ?	5
1.3	Faites tourner votre simulation pour reproduire les résultats de la Figure 2, en indiquant la valeur des paramètres utilisés et une copie d'écran du résultat. Décrivez en particulier votre procédure d'initialisation de la simulation.	6
1.4	Afficher l'évolution dans le temps de la courbe de chômage. Est-elle stable à partir d'un certain temps ? Pourquoi ? Quelles autres mesures économiques proposez-vous pour évaluer l'efficacité du marché ? Calculez et affichez les. Discutez les résultats.	7
1.5	Effectuez la sensibilité aux paramètres de votre simulation. Faites varier chaque paramètre (les autres fixés) et observez l'évolution des résultats (Beveridge, chômage, indicateurs proposés en 1.4). Expliquez les résultats.	8
<b>2</b>	<b>Extensions du modèle</b>	<b>11</b>
2.1	Proposez et ajoutez d'autres critères (au moins 2) pour l'appariement par similarité (décrit p.4 dans l'article). Quelle influence sur les résultats ? Simulez, montrez, et discutez les résultats.	11
2.2	L'appendice A décrit un processus très couramment employé dans les modèles microéconomiques du marché du travail : l'utilisation d'une fonction (globale) d'appariement. Il s'agit d'un extrait de l'article Looking into the black box: a survey of the matching function de Petrongolo et Pissarides. Remplacez dans le modèle le processus d'appariement par similarités en utilisant la fonction d'appariement donnée par l'équation 6 de l'appendice A. Quels sont les paramètres nouveaux de ce modèle ? Comparez avec le modèle de base et et discutez les résultats. Quelle est la meilleure approche selon vous ici ?	13
2.3	On souhaite introduire un processus de démission des employés.	15
2.3.1	Dans un premier temps, proposez un mécanisme totalement aléatoire (type "boîte noire", le plus simple possible). Décrivez les nouveaux algorithmes en pseudo code, puis simulez et discutez les résultats obtenus.	15
2.3.2	Afin d'augmenter le réalisme, proposez un mécanisme de décision de la démission, en introduisant une variable de satisfaction au travail de l'employé qui devra évoluer dans le temps selon des règles stochastiques simples que vous définirez.. Donner l'algorithme en pseudo code, implémentez, simulez et discutez les résultats.	16
2.4	Perspectives	19
2.4.1	Quelles sont les limites du modèle final obtenu ? Que suggérez-vous pour l'améliorer ?	19
2.4.2	Parmi les améliorations suggérées, en choisir une, implémentez et testez en discutant les résultats. NB : La note de cette question sera proportionnelle à la pertinence et au degré de sophistication de la variante !	20
<b>3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>21</b>

# 1 Modèle de base

## 1.1 Etudier le modèle de base proposé (sans tenir compte pour le moment de l'annexe A).

### 1.1.1 Quels sont les agents ? Leurs attributs ? Leurs comportements ?

Comme décrit dans la section 3.1 de l'article, nous pouvons définir 3 type d'agent (PERSON, COMPANY et MATCHING) possédant les attributs suivants :

#### Attributs des agents PERSON :

1. Employed/unemployed (statut de l'agent)
2. skills (ses compétences)
3. location (sa position dans le monde)
4. salary (le salaire qu'il recherche)

#### Attributs des agents COMPANY :

1. Job Filled/Vacant (statut de l'unique travail proposé)
2. skills (compétences requises par le travail)
3. location (sa position dans le monde)
4. salary (le salaire qu'il propose)

#### Attributs des agents MATCHING :

1. UnemploymentPeople (un recensement des demandeurs d'emplois)
2. vacancyJobs (un recensement des proposeurs d'emplois)

Nous rapportons ici les différents comportements tels qu'ils sont définis dans les parties 3.2 et 3.3 de l'article. L'évolution des agents va se baser sur la comparaison de chacun d'entre eux et sur de potentiels appariements en couple employeur-employé. Cependant, l'appariement n'aura lieu que lorsque les deux parties se jugeront respectivement suffisamment similaires. En effet les mesures de similarités entre un agent PERSON et un agent COMPANY et entre un agent COMPANY et un agent PERSON ne sont pas symétriques.

À chaque tour de la simulation :

- les agents PERSON sans emplois se déclareront auprès de l'agent MATCHING.
- les agents COMPANY sans employés se déclareront auprès de l'agent MATCHING, autrement ils vérifieront la productivité de leur employé et le licensiera si besoin.
- L'agent MATCHING générera un certain nombre de couple chomeur-recruteur, vérifiera la qualité du couple et validera l'appariement s'il passe les critères.

### 1.1.2 Ecrivez toutes les formules ou les algorithmes (en pseudo-code) permettant de calculer l'ensemble du modèle. On décrira (en pseudo code) notamment la boucle principale ("tick") de la simulation.

Comme définie dans la question 1.1.1, voici les différents algorithmes en pseudo-code modélisant les comportement des différents agents :

---

**Algorithm 1** Boucle principale de la simulation

---

- 1: **procedure** GO
  - 2:   ask all the agents PERSON to execute GO\_PERSON()
  - 3:   ask all the agents COMPANY to execute GO\_COMPANY()
  - 4:   ask the agent MATCHING to execute GO\_MATCHING()
- 

---

**Algorithm 2** Comportement des agents PERSON

---

- 1: **procedure** GO\_PERSON
  - 2:   **if** not employed **then**
  - 3:     add the agent to the unemployed list of the agent MATCHING
-

---

**Algorithm 3** Comportement des agents COMPANY

---

```
1: procedure GO_COMPANY
2:   if no employee then
3:     add the agent to the recruiter list of the agent MATCHING
4:   else
5:     bad_productivity = productivity(employee's skill, job's skill) < firing quality treshold
6:     bad_luck = draw random number < unexpected firing
7:     if bad_productivity or bad_luck then
8:       fire the employee
```

---

---

**Algorithm 4** Productivité d'un agent PERSON pour un travail

---

```
1: procedure PRODUCTIVITY(skill_person, skills_job)
2:   basic_productivity = skillSimilarity(skill_person, skill_job)
3:   luck = draw randomly in  $[-(max\ productivity\ fluctuation); (max.\ productivity\ fluctuation)]$ 
4:   return basic_productivity + luck
```

---

---

**Algorithm 5** Similarité entre deux tuples de compétences

---

```
1: procedure SKILLSIMILARITY(skill1, skills2)
2:   accumulateur = 0
3:    $n\_skills = \text{lenght}(\text{skill1})$ 
4:   for all  $i \in [1; n\_skills]$  do
5:     if  $skills1(i) == skills2(i)$  then
6:       accumulateur = accumulateur + 1
7:   return  $\frac{\text{accumulateur}}{n\_skills}$ 
```

---

---

**Algorithm 6** Comportement de l'agent MATCHING

---

```
1: procedure GO_MATHING
2:    $unemployed_{treated} = \text{draw randomly } n_{MATCH} \text{ unemployed}$ 
3:    $recruiters_{treated} = \text{draw randomly } n_{MATCH} \text{ recruiters}$ 
4:   for all  $i \in [1; n_{MATCH}]$  do
5:      $i\_person = unemployed_{treated}(i)$ 
6:      $i\_company = recruiters_{treated}(i)$ 
7:      $simi_{person} = \text{similarity\_person\_to\_company}(i\_person, i\_company)$ 
8:      $simi_{company} = \text{similarity\_company\_to\_person}(i\_company, i\_person)$ 
9:     close_enough =  $(|simi_{person} - simi_{company}| \leq \text{exceptional matching})$ 
10:    good_enough =  $\left(\frac{simi_{person} + simi_{company}}{2} \geq \text{matching quality threshold}\right)$ 
11:    if close_enough and good_enough then
12:      associate the job of  $i\_company$  to  $i\_person$ 
```

---

---

**Algorithm 7** Similarité d'un agent COMPANY pour un agent PERSON

---

```
1: procedure SIMILIRATY_PERSON_TO_COMPANY(a_person, a_company)
2:   accu = 0
3:   accu = accu + skillSimilarity(a_person.skill, a_company.skills)
4:   accu = accu + localisationSimilarity(a_person.localisation, a_company.location)
5:   accu = accu + salarySimilarity(a_person.salary, a_company.salary)
6:   motivation = draw randomly in  $[0; (unexpected\ worker\ motivation)]$ 
7:   return  $\frac{\text{accu} + \text{motivation}}{3 + (unexpected\ worker\ motivation)}$ 
```

---

---

**Algorithm 8** Similarité d'un agent PERSON pour un agent COMPANY

---

```
1: procedure SIMILIRATY_COMPANY_TO_PERSON(i_company,i_person)
2:   accu = 0
3:   accu = accu + skillSimilarity(a_person.skill,a_company.skills)
4:   accu = accu + localisationSimilarity(a_person.localisation,a_company.location)
5:   accu = accu + salarySimilarity(a_company.salary,a_person.salary)
6:   motivation = draw randomly in [0; (unexpected company motivation)]
7:   return  $\frac{accu + motivation}{3 + (unexpected\ company\ motivation)}$ 
```

---

---

**Algorithm 9** Similarité entre deux localisations

---

```
1: procedure LOCALISATIONSIMILARITY(loc1,loc2)
2:    $(x_1, y_1) = loc1$ 
3:    $(x_2, y_2) = loc2$ 
4:    $dist = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ 
5:   return  $1 - \frac{dist}{dist_{max}}$ 
```

---

---

**Algorithm 10** Similarité entre deux salaires

---

```
1: procedure SALARYSIMILARITY(salary1,salary2)
2:    $salary_{diff} = salary1 - salary2$ 
3:   return  $\left(1 + \frac{salary_{diff}}{salary_{max}}\right) / 2$ 
```

---

## 1.2 Programmer le modèle en Netlogo, en pensant également à l'utilisation de votre programme pour la simulation, i.e. la conception de l'interface.

Nous avons programmé le modèle en Netlogo comme décrit dans l'article dans le fichier "basic<sub>modelé</sub>.netlogo". Les différentes parties du code sont fragmentées dans le dossier codes sous la forme de fichiers ".nls".

### 1.2.1 Quels sont les paramètres de la simulation ?

Certains paramètres sont clairement explicites dans l'article. Ces paramètres sont décrits dans la section 2 et 2.1:

- matching quality treshold : variable servant à savoir quel est le seuil que doit atteindre la moyenne des similarités d'une PERSON et d'une COMPANYY
- firing quality treshold : le seuil de productivité en deça duquel un employé est licencié
- unexpected firing : pourcentage de se faire licencié "par hasard"
- max. productivity fluctuation : le taux de fluctuation maximum de la productivité
- unexpected company motivation : variation aléatoire maximum d'une similarité d'agent COMPANYY
- unexpected worker motivation : variation aléatoire maximum d'une similarité d'agent PERSON
- exceptional matching : différence maximale entre les similarité pour qu'elles soit considérées viables.

D'autres paramètres doivent être présent pour pouvoir appliquer les algorithmes expliqués dans l'article et présentés plus haut:

- Person Number : le nombre d'agents PERSON dans la simulation
- Companies Number : le nombre d'agents COMPANYY dans la simulation
- n\_match : le nombre de couples testé aléatoirement par l'agent MATCHING.
- salary max fluctuation : la fluctuation maximal de salaire lors de la répartition initiale de l'attribut "salary" chez les agents PERSON et COMPANYY.

### 1.2.2 On souhaite visualiser en temps réels les agents et leurs interactions. Que proposez-vous ?

Ayant répartis aléatoirement nos agents (sauf l'agent MATCHING) dans le monde de notre simulation, nous proposons :

- d'afficher les agents PERSON et COMPANYY dans l'interface sous forme (respectivement) de personnages et de maisons.

- de mettre un lien<sup>1</sup> entre les agents PERSON et COMPANY qui sont liées par un contrat.
- De changer la couleur<sup>2</sup> des agents lorsqu'ils sont en recherche (blanc) ou non (bleu). Reciproquement, les COMPANIES qui emploient sont affichées différemment si elle ont un employé (vert) ou non (gris).

Nous représentons également l'agent MATCHING au centre du monde par une cible orange. Un exemple de notre visualisation est fourni en Figure 1 :

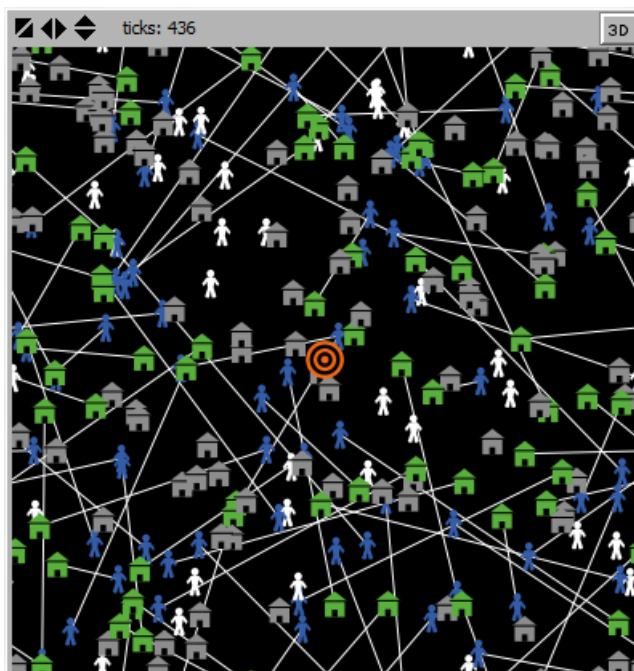


Figure 1: L'interface graphique du monde de la simulation.

### 1.2.3 Comment reproduire la courbe de Beveridge de l'article (e.g. Fig. 2) directement à partir de l'interface en cliquant sur un bouton (sans passer par des fichiers extérieurs par exemple) ?

Nous pouvons reproduire la courbe de Beveridge de l'article directement via l'interface en faisant tourner successivement plusieurs simulations de marché du travail. En faisant varier les paramètres de ces simulations (typiquement le nombre d'agents PERSON et COMPANY), on obtient ainsi plusieurs couple de valeurs "vacancy rate" et "unemployment rate". Afficher ces points dans un graphique nous donne alors la courbe de Beveridge.

Pour arrêter une simulation nous utilisons un critère de convergence consistant à ne pas trop s'écarter de la valeur d'une moyenne mobile. Comme explicité dans les algorithmes ci dessous, une simulation sera arrêtée dès lors que ses valeurs de "vacancy rate" et "unemployment rate" ne s'écarteront plus (à un epsilon donné) de la valeur de leur moyenne dans une fenêtre de temps restreinte.

<sup>1</sup>il sera possible d'activer/désactiver cette option graphique.

<sup>2</sup>il sera possible d'activer/désactiver cette option graphique.

---

**Algorithm 11** calcul pour la courbe de Beveridge

---

```
1: procedure BEVERIDGECALCUL(numberTicksMax, step, range_companies, range_person, epsilon,
   time_windows, simulation_params)
2:   tabVacancyRate = [ ]
3:   tabUnemploymentRate = [ ]
4:   for all  $n_{companies} \in range\_Companies$  do
5:     for all  $n_{persons} \in range\_persons$  do
6:       initialize the simulation with simulation_params
7:       tick_count = 0
8:       hasConverged = False
9:       while tick_count < numberTicksMax or not hasConverged do
10:        run one tick of the simulation
11:        hasConverged = CHECK_CONVERGENCE(epsilon, time_windows)
12:        tick_count = tick_count + 1
13:        add VacancyRate of the simulation to tabVacancyRate
14:        add UnemploymentRate of the simulation to tabUnemploymentRate
15:   plotxy (tabVacancyRate, tabUnemploymentRate)
```

---

---

**Algorithm 12** calcul de convergence d'une simulation

---

```
1: procedure CHECK_CONVERGENCE(epsilon, time_windows)
2:   if current_time > time_windows then
3:     Vacancy_rate_mean = compute the mean Vacancy rate over the time windows [current_time -
   time_windows, current_time]
4:     Unemployment_rate_mean = compute the mean Unemployment rate over the time windows
   [current_time - time_windows, current_time]
5:     CanConverge = True
6:     index = 0
7:     while CanConverged and index <= time_windows do
8:       time_to_check = current_time - index
9:       conv_Vacancy = |Vacancy_rate_at_time(time_to_check) - Vacancy_rate_mean| < epsilon
10:      conv_Unemployment = |Unemployment_rate_at_time(time_to_check) -
   UnEmployement_rate_mean| < epsilon
11:      CanConverge = conv_Vacancy and conv_Unemployment
12:      index = index + 1
13:   return CanConverge
14: else
15:   return False
```

---

### 1.3 Faites tourner votre simulation pour reproduire les résultats de la Figure 2, en indiquant la valeur des paramètres utilisés et une copie d'écran du résultat. Décrivez en particulier votre procédure d'initialisation de la simulation.

Pour la reproduction de la courbe de Beveridge tel que montré dans la figure 2 de l'article , nous avons utilisé les mêmes paramètres que ce dernier. C'est à dire :

- matching quality threshold = 0.5
- firing quality threshold = 0.5
- unexpected firing = 0.1
- max productivity fluctuation = 0.3
- unexpected worker motivation = 0.1
- comme "exceptionnal matching" n'était pas défini , nous l'avons mis à 1 pour qu'il n'ait pas d'incidence sur la simulation.

Nous avons fait la simulation avec :

- le nombre d'agents PERSON allant de 100 à 400 avec un pas de 100.

- le nombre d'agents COMPANY allant de 100 à 400 avec un pas de 100.

Pour diminuer l'impact de l'utilisation de générateur de nombre *pseudo*-aléatoire, les simulations sont répétées plusieurs fois pour chaque ensemble de paramètres, et seuls les points moyens sont reportés sur la courbe de Beveridge. Ce moyennage nous permet ainsi d'éliminer beaucoup de bruit de nos simulations<sup>3</sup>.

Voici les points obtenus grâce à notre simulation (Figure 2).

Pour simplifier la lecture de la courbe, nous affichons également une approximation de nos points par une exponentielle<sup>4</sup>

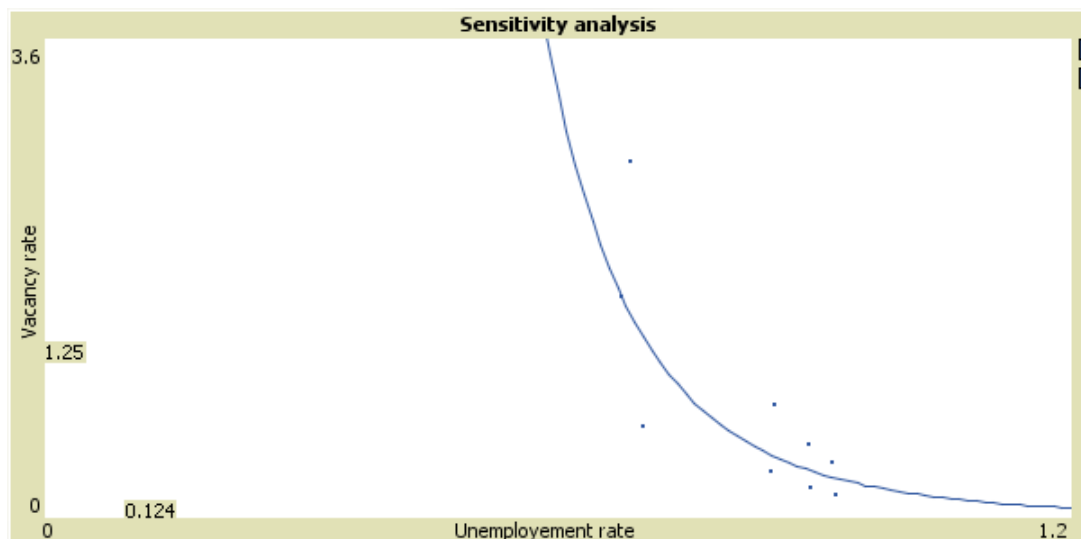


Figure 2: Notre reproduction de la courbe de Beveridge de l'article.

#### 1.4 Afficher l'évolution dans le temps de la courbe de chômage. Est-elle stable à partir d'un certain temps ? Pourquoi ? Quelles autres mesures économiques proposez-vous pour évaluer l'efficacité du marché ? Calculez et affichez les. Discutez les résultats.

Dans nos simulations le taux de chômage est calculé en divisant le nombre de personne sans emploi par le nombre de personnes en activité (c'est à dire recherchant ou ayant un emploi). Nous présentons en Figure 3, un exemple d'évolution des courbes du chômage dans nos simulations.

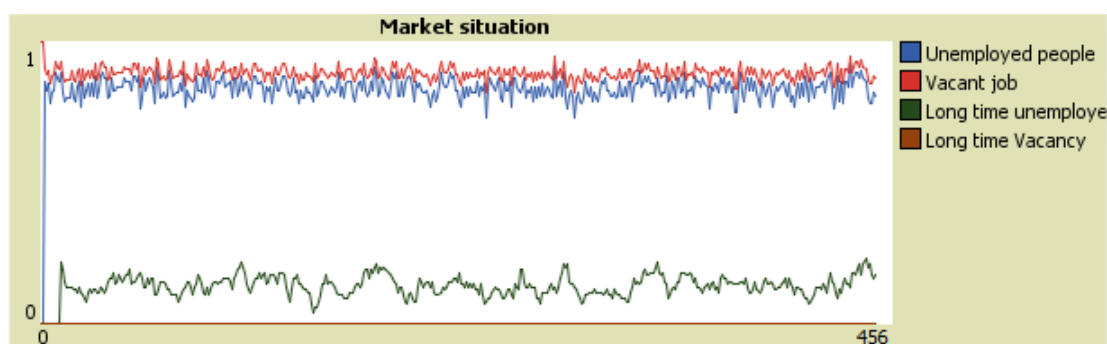


Figure 3: Un exemple d'évolution du marché du travail.

Dans nos simulations la courbe du chômage se stabilise systématiquement après un certain temps, oscillant autour d'une moyenne fixe. C'est ce qui nous a permis dans la question précédente d'utiliser un critère de convergence aussi simple pour arrêter nos simulations. Cependant certains paramètres de la simulation influent tout particulièrement la valeur où cette courbe converge. En particulier :

<sup>3</sup>le lecteur pourra regarder la différence en mettant le paramètre "n\_sub\_simu" à 1 dans notre interface et constater les différences.

<sup>4</sup>obtenue à partir d'une régression linéaire par la méthode des moindres carrés dans un espace logarithmique

- si seul le nombre d'agents PERSON et COMPANY varie, alors le taux de chômage varie continuellement, en semblant suivre une exponentielle décroissante comme présenté en Figure 2
- si l'on fait varier "firing quality treshold" on obtient une corrélation positive avec le taux de chômage : plus il est bas et plus le taux de chômage est bas. Cela s'explique par le fait que plus les entreprises attendent des résultats haut, plus leur employé est susceptible d'être licencié (dans le cas où la fluctuation de sa productivité lui donne une "chance" de passer en dessous du seuil)
- si l'on fait varier "unexpeted firing" on obtient également une corrélation positive avec le taux de chômage: plus ce paramètre est haut et plus le chômage augmente. Cela s'explique par le fait qu'un nombre d'agent PERSON se faisant licencier au hasard est de plus en plus grand.

On peut proposer d'autre mesures économiques pour évaluer l'efficacité du marché:

- le taux de chômage longue durée [3] :  
un marché du travail est efficace si les chômeurs cherchant du travail trouvent facilement du travail. Il se peut que pour certains paramètres telle qu'une mauvaise répartition des compétences ou d'une demande trop forte de seuil minimale de similarité, certains chômeurs ont du mal , voir ne retrouvent jamais de travail. Il serait intéressant de voir le taux de chômeurs longue durée en fonction du temps.  
Nous pouvons calculer cet indicateur dans notre modèle en ajoutant le paramètre "long time unemployed" qui définit quand une PERSON sans emploi est sans emploi depuis longtemps. Nous le mettrons par défaut égal à 10 ticks.  
Nous pouvons remarquer que les résultats de cette indicateur est directement lié au paramètre "long time unemployed" et que la définition de l'indicateur diffère complètement selon ce paramètre.
- le taux de satisfaction [2]:  
lors du matching, il y a des agents PERSON et des agents COMPANY qui s'acceptent l'un l'autre alors que le matching peut être à la limite de l'acceptable. Il y a alors un taux de bonheur de la part des agents PERSON et des agents COMPANY par rapport à leur emploi ou à leur employé. Nous pouvons prendre comme taux de bonheur la valeur de similarité que calculent les agents PERSON et les agents COMPANY lors du matching. Il serait alors intéressant de voir le taux de bonheur pour les PERSONS ainsi que pour que pour les COMPANIES en fonction du temps.  
Nous pouvons calculer cette indicateur dans notre modèle en prenant compte qu'une PERSON sans emploi n'est pas heureuse (bonheur = 0 ) et qu'une PERSON avec un emploi est heureux proportionnellement à sa compatibilité avec son travail plus sa productivité<sup>5</sup>. Nous pouvons remarquer qu'un tel taux dans notre simulation qu'avec une variation de productivité à 0, est d'une part borné par le "matching quality Treshold" et d'autre part que la différence entre les agents PERSONS et les agents COMPANY est borné par "Exceptional Matching". En effet, la moyenne des valeurs de similarité est au moins supérieure à "matching Quality Treshold"<sup>6</sup> et la déviation à cette moyenne est inférieure à "Exceptional Matching".

Nous proposons aux lecteurs de manipuler ces courbes dans le fichier netologo "basic\_model\_more\_measures.nlogo". Il est à noter que tous nos nouveaux indicateurs se stabilisent dans le temps (voir Figure 4 pour un exemple) et peuvent donc également être étudié lors d'une analyse de sensibilité.

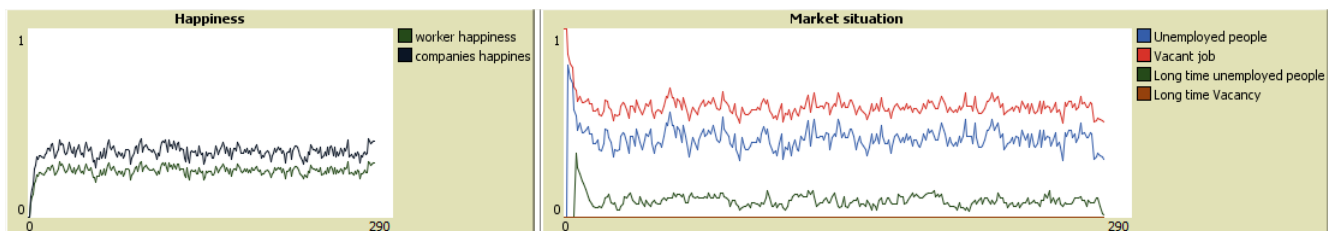


Figure 4: les différents indicateurs en fonction du temps

### 1.5 Effectuez la sensibilité aux paramètres de votre simulation. Faites varier chaque paramètre (les autres fixés) et observez l'évolution des résultats (Beveridge, chômage, indicateurs proposés en 1.4). Expliquez les résultats.

Pour effectuer cette sensibilité, nous prendrons comme paramètre par défaut les paramètres de la courbe de Beveridge. Nous ferons ensuite évoluer les paramètres par groupe de 3. Par exemple la Figure 6 illustrent plusieurs courbes de Beveridge obtenues en faisant varier (comme précédemment) les nombres d'agents mais également un troisième paramètre appelé "param

<sup>5</sup>normaliser à un nombre entre 0 et 1

<sup>6</sup>moins les valeurs "unexpected motivation".



3" et qui correspond ici au "matching quality threshold". De même, la Figure 5 propose elle d'observer directement l'évolution de nos nouvelles mesures avec le troisième paramètre<sup>7</sup> (ici toujours avec "matching quality threshold").

Le lecteur peut se référer au fichier netlogo "sensitivity\_analysis.nlogo" pour pouvoir choisir lui même les 3 paramètres à faire varier.

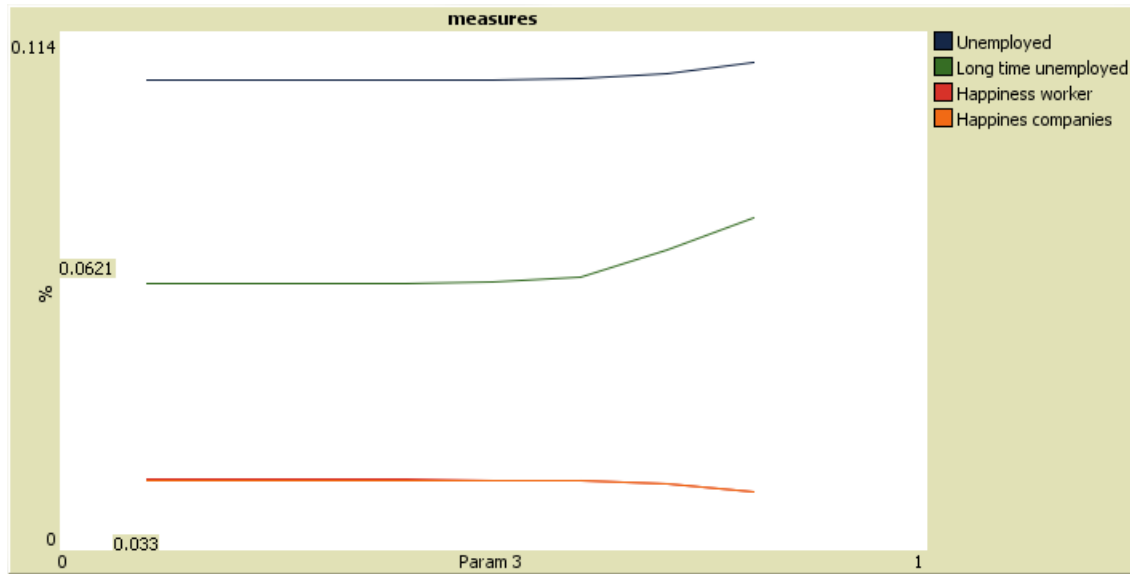


Figure 5: Les différents indicateurs en fonction du "matching quaity threshold".

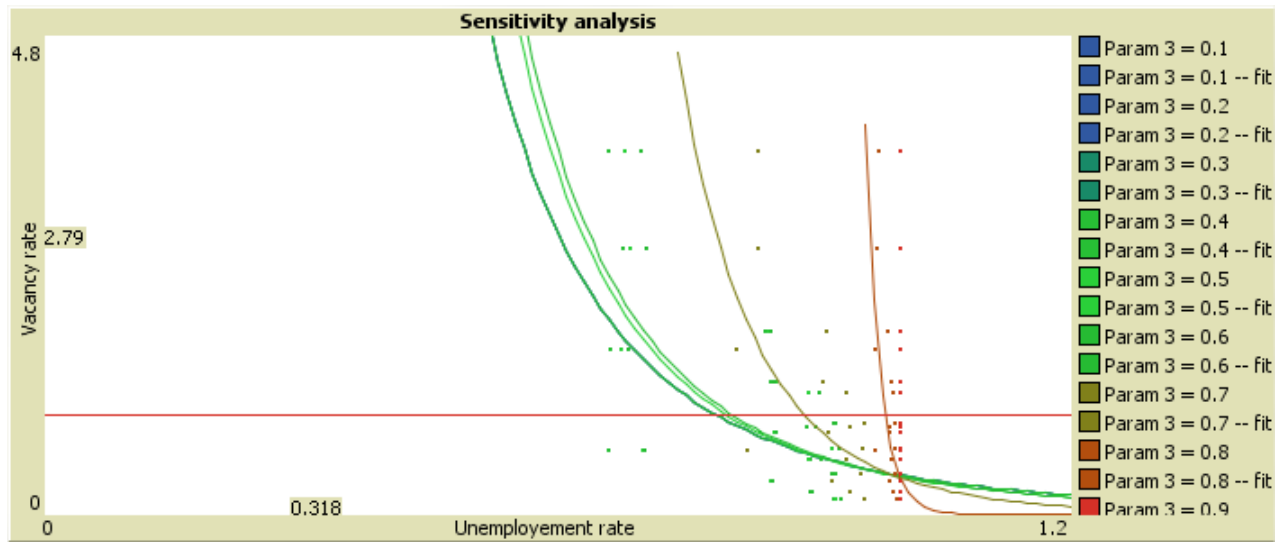


Figure 6: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du "matching quaity threshold".

Dans les Figures 6 et 5 on peut observer que plus le "matching quality threshold" est élevé, plus la courbe de beverige est "distante" des axes X et Y . Cela veut donc dire que le taux entre les personnes au chômage et la quantité de postes vacant est élevé. Cela n'améliore pas le marché.

On peut voir aussi que le chômage augmente, ainsi que le chômage à long terme, ce qui rejoint l'analyse des coubres de Beveridge. De plus , comme il ya plus de personnes au chômage, cela réduit le bonheur à la fois des agents PERSON et des agents COMPANYY.

Dans les Figures 7 et 8 on peut observer que, comme on peut s'y attendre, licencier des gens au hasard n'est pas une bonne idée. Cela augmente le chômage, le manque de personnel , fait baisser le bonheur. C'est un paramètre qui ne fait que nuire au marché.

<sup>7</sup>les points présentés étant des moyennes sur les variations des deux premiers paramètres choisis.

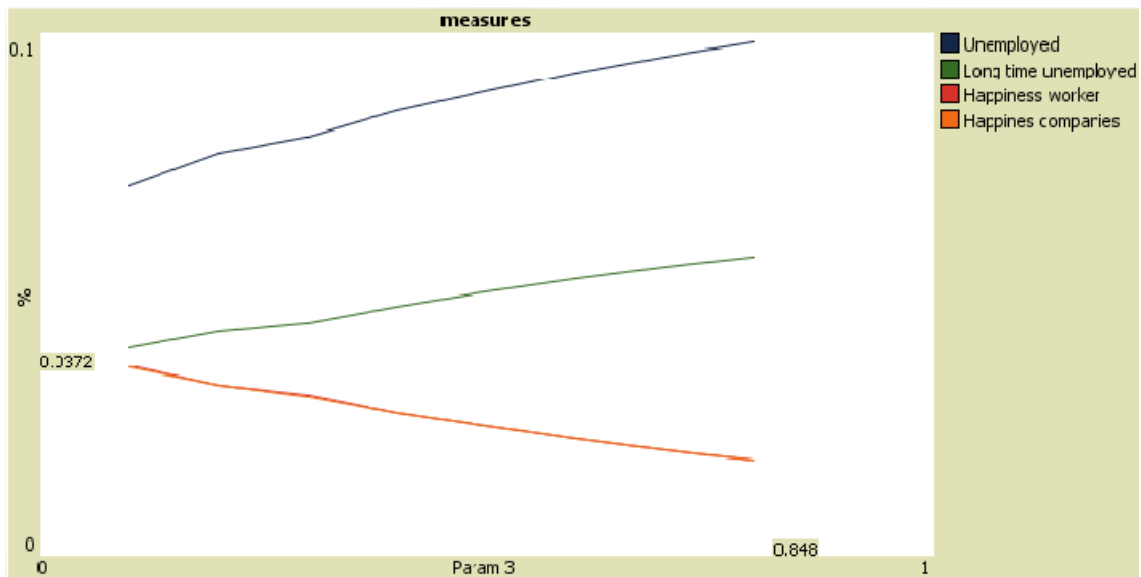


Figure 7: Les différents indicateurs en fonction du "firing quality threshold".

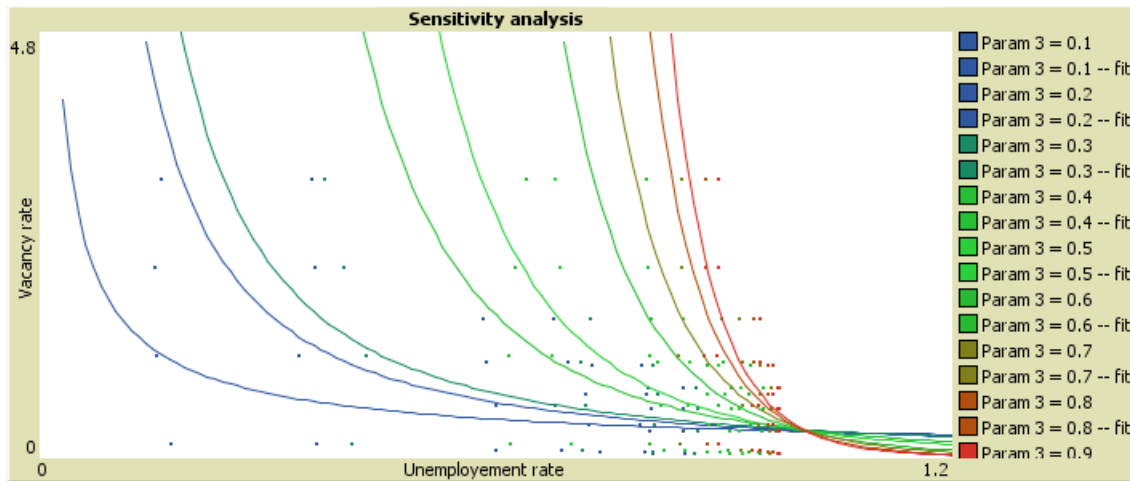


Figure 8: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du "firing quality threshold".

Néanmoins, on peut observer que pour un fort "firing quality threshold", lorsque l'unemployment rate est très haut, le vacancy rate baisse. Cela signifie que pour un très grand nombre de PERSONS cherchant du travail, les COMPANIES sont plus avantageuses.

Dans les Figures 9 et 10 on peut observer qu'en faisant varier "max productivity fluctuation", la productivité est plus fluctuante et il y a forcément plus de personnes se faisant licencier pour manque de productivité. On peut alors tirer les mêmes conclusion que pour "l'unexpected firing quality".

Dans les Figures 11 et 12 on peut observer les évaluations de nos mesures en fonction du paramètre "unexpected worker motivation". Une première hypothèse serait que plus ce paramètre est grand, plus les agents PERSON se font engager et moins il y a de chômage. Néanmoins, ce paramètre a sensiblement peu d'impact sur le modèle. Cela peut s'expliquer par le fait que les agents PERSON extrêmement motivés s'avèrent incompetentes et sont donc automatiquement licenciées. Le modèle rejete donc la bonne motivation au profit de l'efficacité.

Dans les Figures 13 et 14 on peut observer que le nombre de compétence (n.skills) n' a pas d'effets sur les différents indicateurs calculés, bien qu'on aurai pu pensé qu'il induise un grain d'analyse plus fin pour les matching. Pour cette raison, nous resterons a 5 skills par la suite.

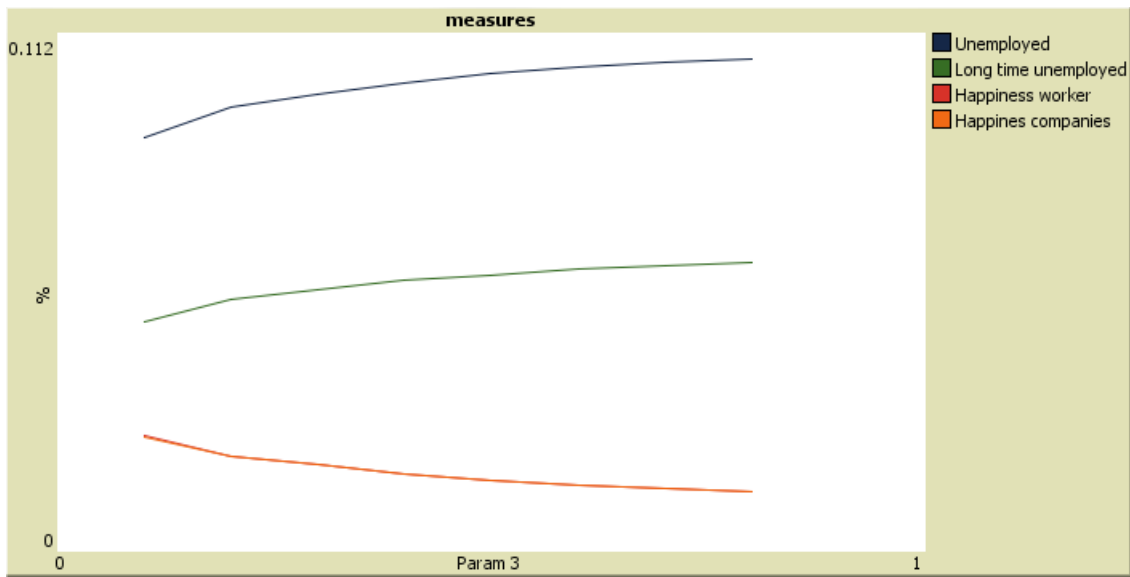


Figure 9: Les différents indicateurs en fonction du "max productivity fluctuation".

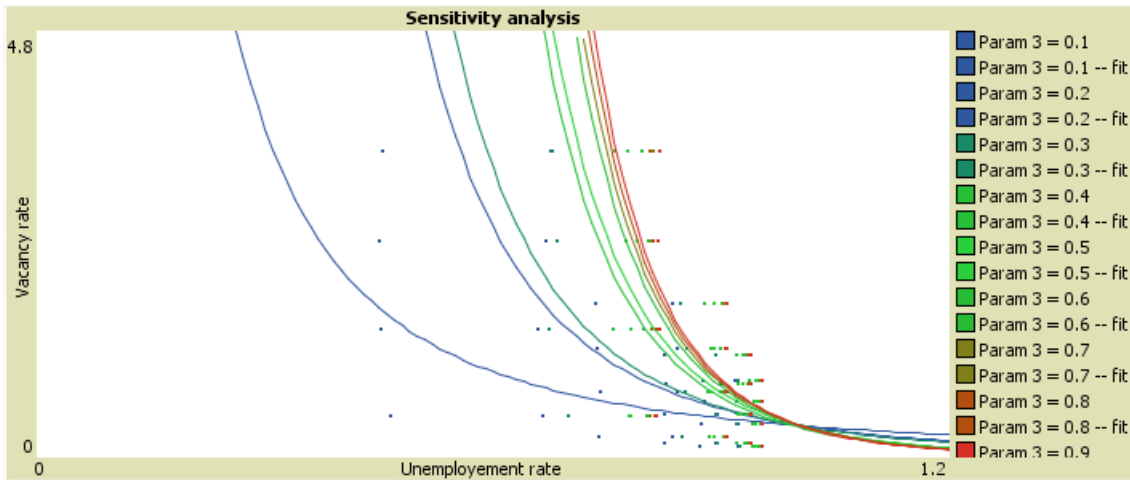


Figure 10: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du "max productivity fluctuation".

Dans les Figures 15 et 16 on peut observer que le nombre de couple fait par tour ne semble pas changer le modèle. En effet, un nombre très petit de "match" est suffisant pour permettre aux couples de se former. Avoir un plus grand nombre devient alors inutile. Cependant on peut observer un très fort ralentissement du modèle pour un nombre de "match" très grand.

## 2 Extensions du modèle

Les différentes extensions au modèles sont dans le fichier Netlogo "extend<sub>m</sub>odele.netlogo". Comme pour les autres fichiers, il utilise des extensions.

### 2.1 Proposez et ajoutez d'autres critères (au moins 2) pour l'appariement par similarité (décrit p.4 dans l'article). Quelle influence sur les résultats ? Simulez, montrez, et discutez les résultats.

Pour pouvoir affiner l'appariement par similarité, nous proposons 2 nouveaux critères :

- Préférence des critères:  
Jusqu'à maintenant nous calculons pour chaque critère une valeur comprise entre 0 et 1 et nous normalisons cette

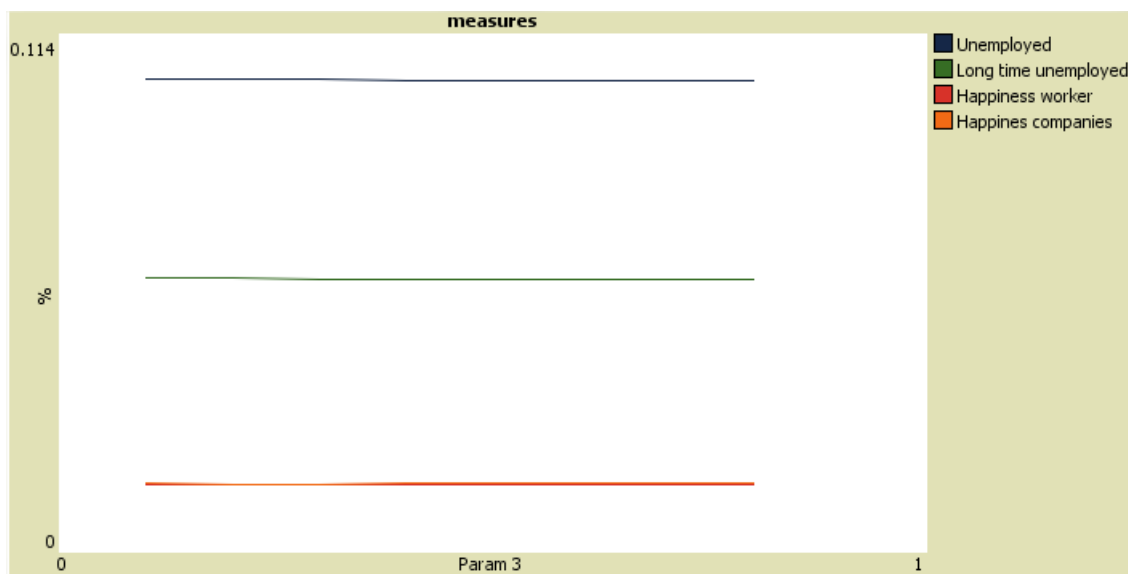


Figure 11: Les différents indicateurs en fonction du "unexpected worker motivation".

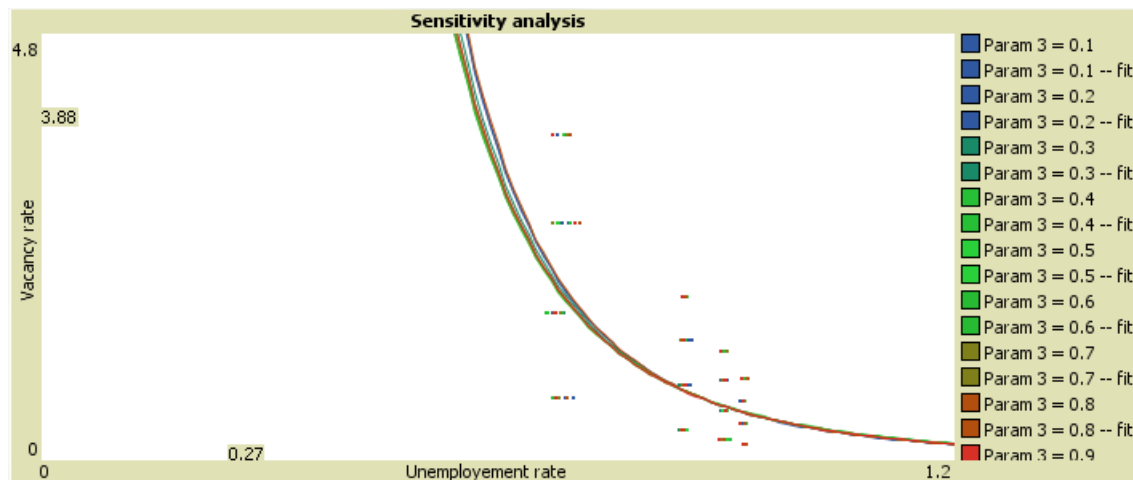


Figure 12: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du "unexpected worker motivation".

valeur équitabemet entre les 3 paramètres ( compétences, salaire, distance). Néanmoins dans la réalité, les individus ont des préférences non équivalentes. Par exemple certains préfèrent demander plus, même si leurs compétences ne conviennent pas au travail proposer.

Nous proposons donc de pondérer les différents critères afin de donner plus ou moins d'importance à un critère plutôt qu'un autre.

- Calcul de coût d'utilité : Jusqu'à présent, nous ne faisons que de calculer un valeur évoluant linéairement pour mesurer la satisfaction d'un agent PERSON ou d'un agent COMPANYY. Néanmoins, les agents réelles du marché du travail n'ont que rarement un comportement aussi mesurer et ne laissant aucune place à l'affect et l'exagération. Nous proposons donc d'appliquer une fonction d'utilité aux différents critères afin d'affiner le calcul de valeur de similarité. La fonction que nous utiliserons donc ici est une sigmoïde classique de théorie neuro-économique de la décision :

$$f(x) = \frac{1}{1 - e^{\frac{(0.5-x)}{0.1}}}$$

Visuellement, nous pouvons voir dans la figure18 que si on privilégie la distance comme critère au dépend des autres, alors les agents préféreraient travailler exclusivement avec leurs voisins. Ainsi seul de court liens sont présent dans la visualisation du monde, donnant lieu à une simulation que nous jugeons plus plausible.

En figure 17 nous pouvons voir que la courbe de Beveridge lorsqu'est appliqué la fonction d'utilité, la courbe est bien meilleur que celle sans. Cela illustre le fait que notre fonction d'utilité permet à l'agent MATCHING de composer des couples

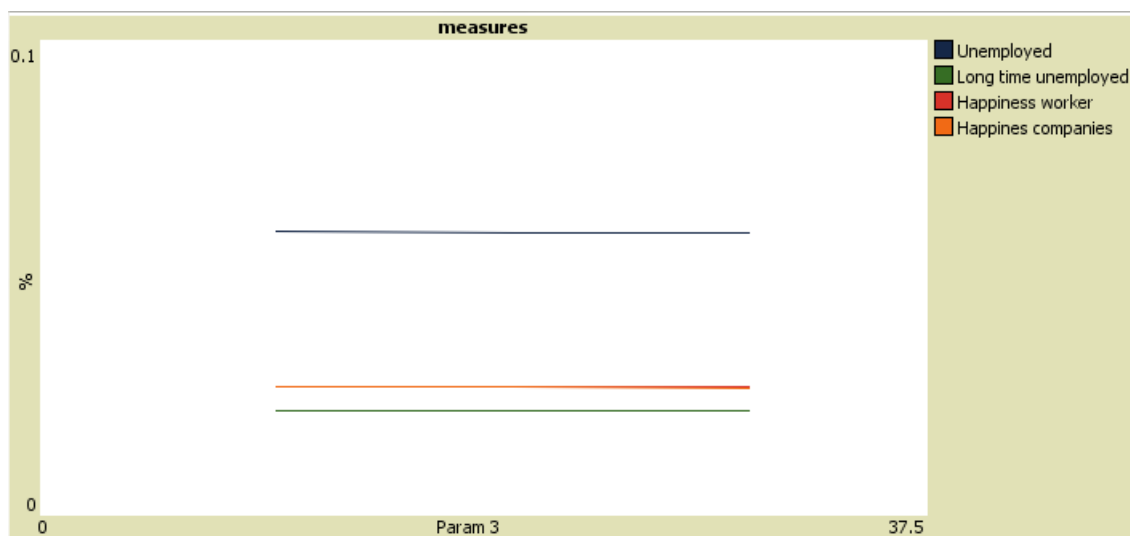


Figure 13: Les différents indicateurs en fonction du nombre de compétences.

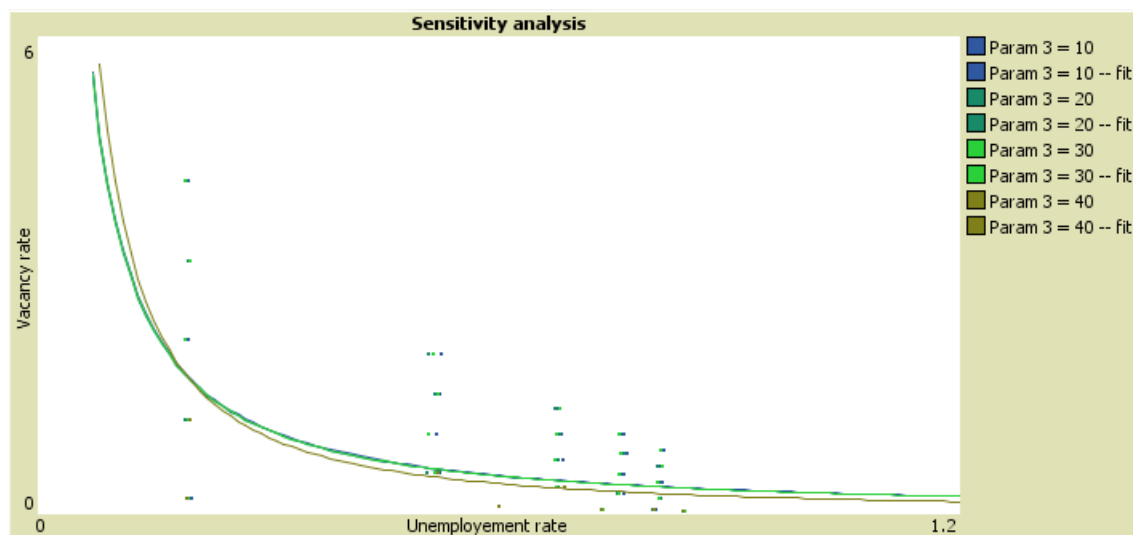


Figure 14: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du nombre de compétences.

plus solides qu'une fonction linéaire.

## 2.2 L'appendice A décrit un processus très couramment employé dans les modèles microéconomiques du marché du travail : l'utilisation d'une fonction (globale) d'appariement. Il s'agit d'un extrait de l'article Looking into the black box: a survey of the matching function de Petrongolo et Pissarides. Remplacez dans le modèle le processus d'appariement par similarités en utilisant la fonction d'appariement donnée par l'équation 6 de l'appendice A. Quels sont les paramètres nouveaux de ce modèle ? Comparez avec le modèle de base et et discutez les résultats. Quelle est la meilleure approche selon vous ici ?

Dans l'appendice A, il nous est montré une nouvelle méthode d'appariement , c'est à dire un moyen de savoir combien de paire le matching est supposé faire à chaque tour afin de simuler parfaitement le marché du travail (des employés cherchant longuement des métiers spécifiques , méconnaissance de toutes les offres , etc).

On nous y donne un nouveau paramètre :

1 - s : la proportion de personne ne cherchant plus un emploi à chaque tour. Comme cette fonction tourne, à chaque tour

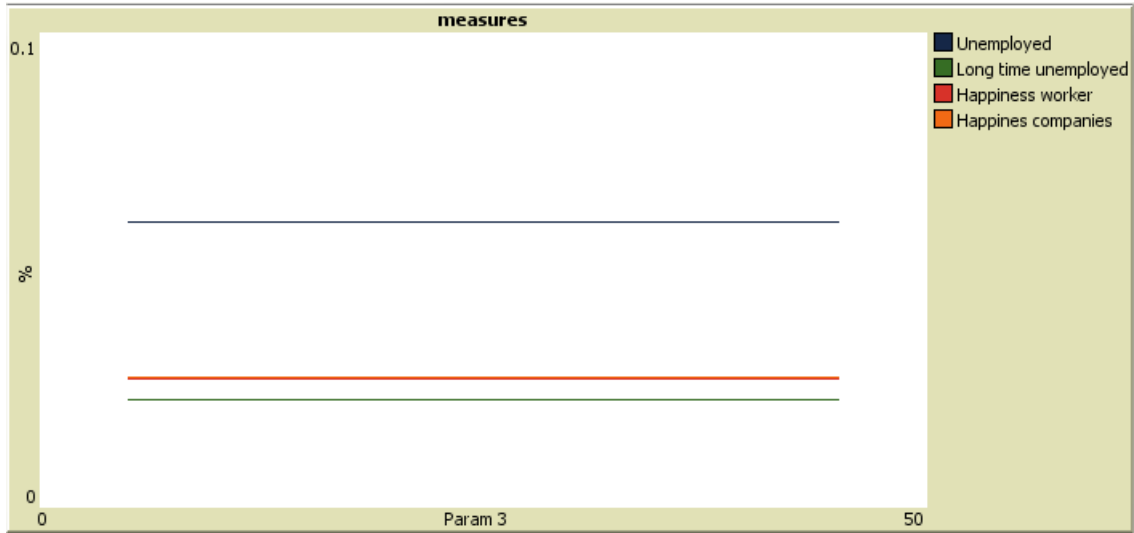


Figure 15: Les différents indicateurs en fonction du nombre d'appariements.

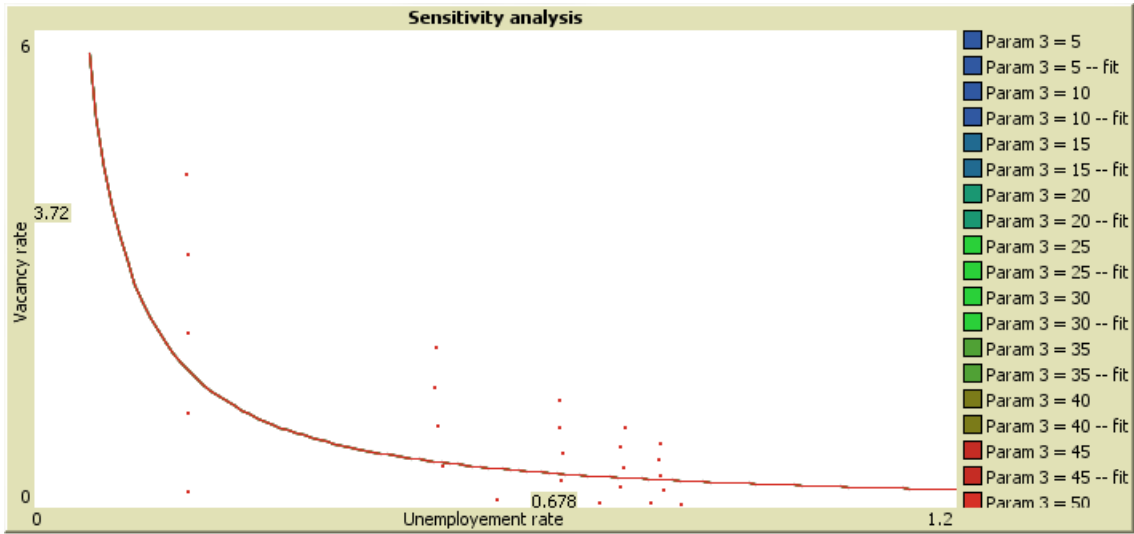


Figure 16: Les différentes courbes de Beveridge en fonction du nombre d'appariements

une PERSON à une chance de  $\frac{1}{1-s}$  de ne pas chercher un travail.

Le nombre M de match par job sera alors  $M = V(1 - e^{\frac{sU}{V}})$

Avec :

- V : le nombre vacant de job
- U : le nombre de personne cherchant un emploi

Nous avons donc tester le modèle avec l'extension de l'appendice A et un paramètre s variant de 0 à 1.0 avec un pas de 0.2 Les résultats sont présentés dans les Figures 19 et 20.

Nous pouvons y voir que le marché est de plus en plus performant au fur et à mesure que la valeur de s augmente. Ce qui illustre que plus les acteurs du marché participent plus le marché est dynamique. Cela permet également de rejeter l'idée qu'une participation moindre des demandeurs d'emplois mal qualifiés "libérerai" des places pour les autres mieux qualifiés.

Ainsi, bien que plus "réaliste" le modèle de l'appendice A ne semble que dégrader la qualité du marché du travail.

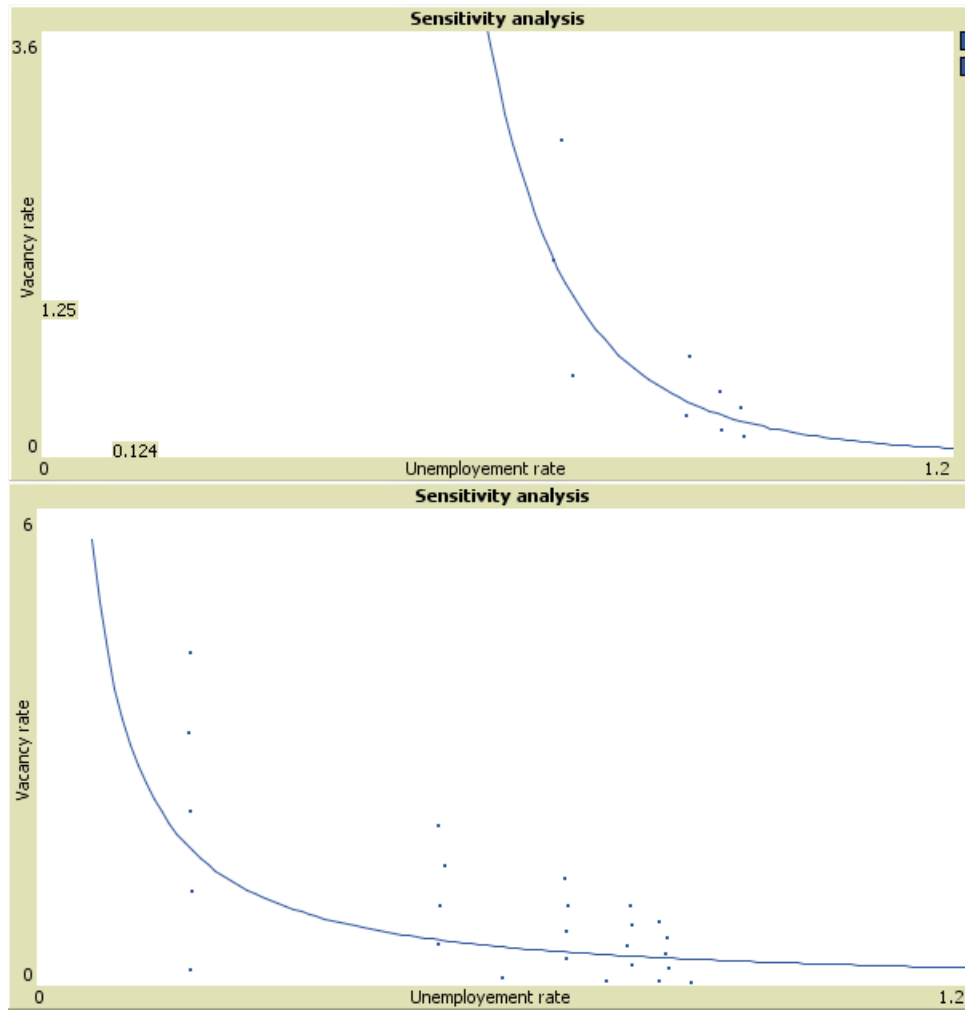


Figure 17: En haut : courbe de bevrige sans fonction d'utilité, en bas avec fonction d'utilité.

## 2.3 On souhaite introduire un processus de démission des employés.

### 2.3.1 Dans un premier temps, proposez un mécanisme totalement aléatoire (type "boîte noire", le plus simple possible). Décrivez les nouveaux algorithmes en pseudo code, puis simulez et discutez les résultats obtenus.

Pour introduire un processus de démission, nous pouvons tout simplement utiliser le même mécanisme que pour "unexpected Firing", c'est à dire des démissions au hasard avec un taux de démission *UnexpectedResignation* qui déterminera, comme pour le "Unexpected Firing" la probabilité de démissionner.

---

#### Algorithm 13 Algorithme de démissions simple

---

```

1: procedure RESIGNATION
2:   for all PERSON do
3:     resign? = random (0,1)
4:     if resign?  $\leq$  UnexpetedResignation then
5:       resign

```

---

Les Figures 21 et 22 montre nos résultats pour des simulations où nous avons fait varier "UnexpetedResignation" 0.1 à 0.9 par pas de 0.1.

Comme pour le paramètre "unexpeted firing", "unexpeted resignation" entraine une dégradation du marché. En effet, cette méthode simple de démission est l'exacte analogue du renvoiement aléatoire gérer par "unexpeted firing". Il en partage donc les effets négatifs et l'analyse de son influence sur la simulation est la même.

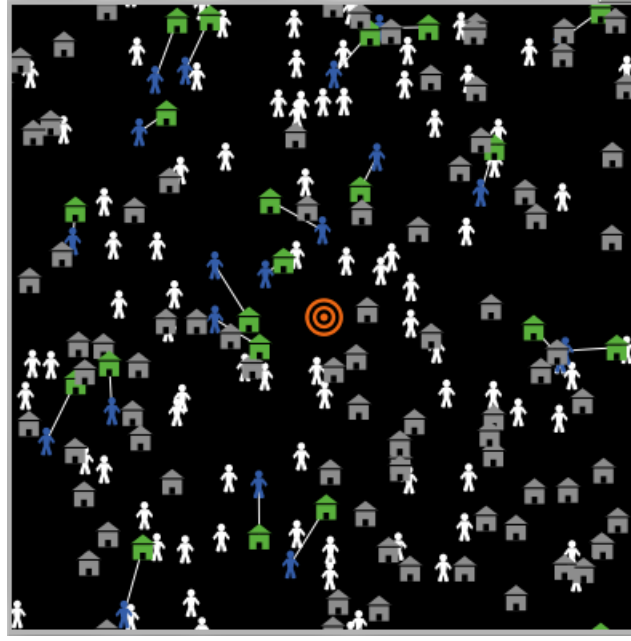


Figure 18: Un exemple de simulation où le poids du critère de localisation est important.

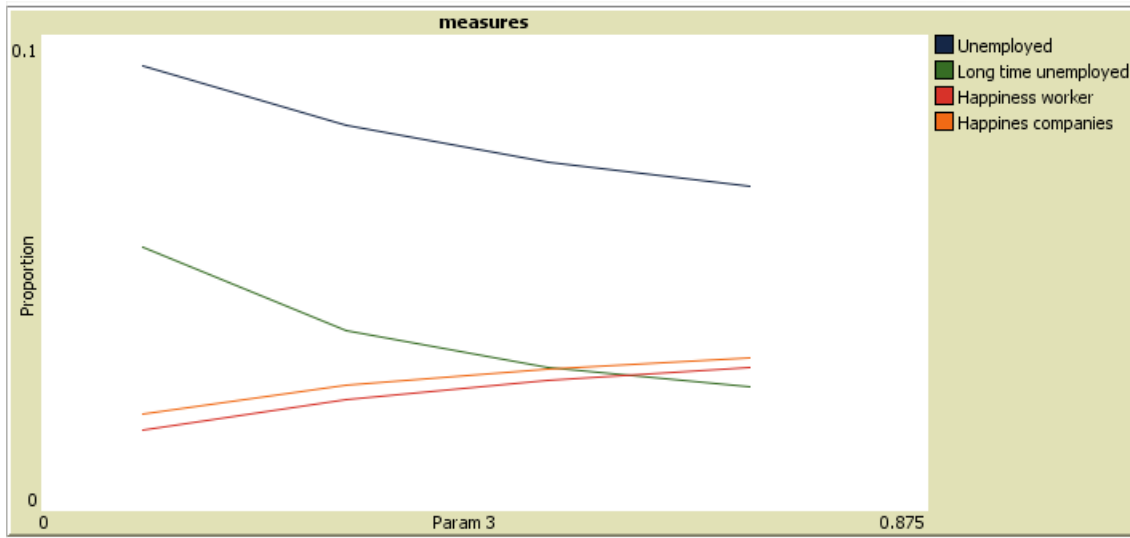


Figure 19: Resultat du modèle de l'appendice A avec  $s$  variant de 0.1 à 1 avec un pas de 0.2.

**2.3.2** Afin d'augmenter le réalisme, proposez un mécanisme de décision de la démission, en introduisant une variable de satisfaction au travail de l'employé qui devra évoluer dans le temps selon des règles stochastiques simples que vous définirez.. Donner l'algorithme en pseudo code, implémentez, simulez et discutez les résultats.

On va maintenant affiner le système de démissions des agents PERSON.

Nous proposons de se baser sur le "bonheur" d'un agent PERSON pour moduler ses envies de démission. Pour cela, le paramètre UnexpetedResignation est remplacé par "HappinessTreshold" qui sera la limite maximale de bonheur qui poussera un agent PERSON à démissionner.

Le bonheur sera ici calculé comme pour l'indicateur éponyme, c'est à dire à partir de la valeur de matching d'un agent PERSON couplé avec sa productivité. Sa productivité fluctuant dans le temps, le bonheur d'un agent PERSON l'est tout également.



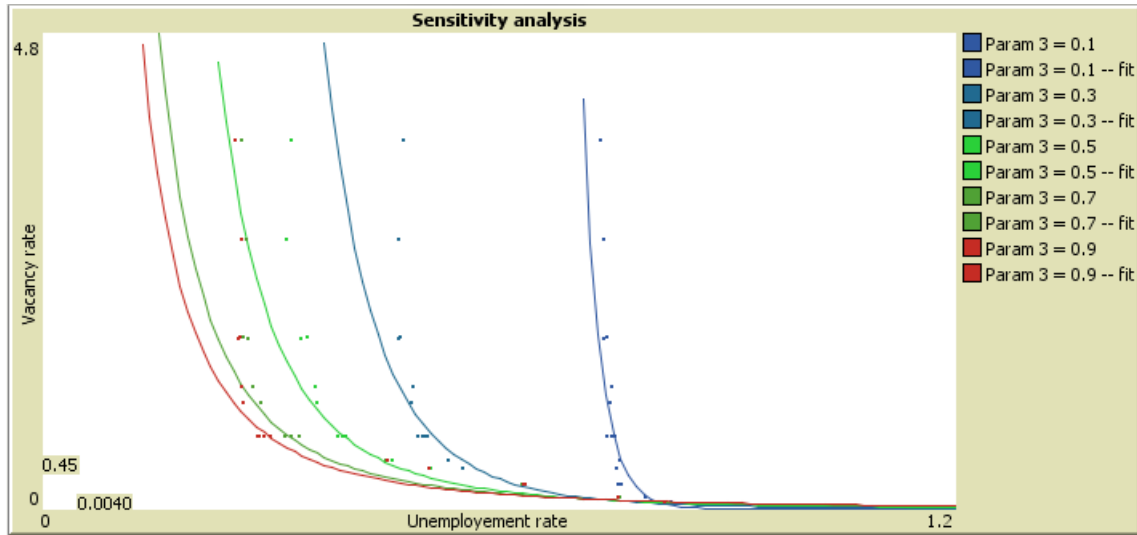


Figure 20: Resultat du modèle de l'appendice A avec  $s$  variant de 0.1 à 1 avec un pas de 0.2.

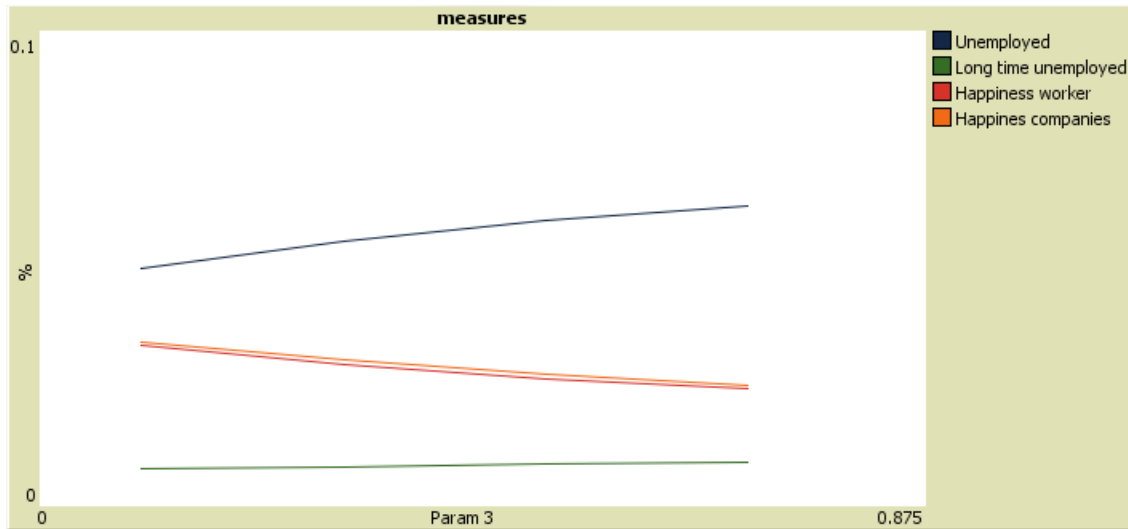


Figure 21: Courbes de Beveridge obtenues en faisant varier "UnexpetedResignation".

---

#### Algorithm 14 Optimized Resignation

---

```

1: procedure RESIGN
2:   for all PERSONS do
3:     resign? = SIMILARITY_PERSON_TO_COMPANY (himself, his_company ) + PRODUCTIVITY(skill,
       company.skill)
4:     if resign?  $\leq$  hapinessTreshold then
5:       resign

```

---

Nous avons tester les modèles avec et sans démission optimisée. Ici le paramètre3 n'est pas pertinent (puisque'il correspond au "UnexpetedResignation" qui n'a plus d'influence dans la version optimisé). Les Figures 23 et 24 sont générées pour pouvoir comparer la méthode avec et sans la démission optimisé.

Nous pouvons observé une grande similitude entre les deux résultats, bien que la démission optimisée ajoute du bruit. On peut en effet remarquer que les points utilisés par la courbe de Beveridge sont marginalement plus dispersés. Cela peut s'expliquer par le fait que lorsque les agents PERSON se voient affiliés un travail les "contentant" ils ne démissionnent pas. Les paires convergent ainsi rapidement vers des paires solides qui ne sont brisées que sous l'effet du paramètre "unexpeted firing".

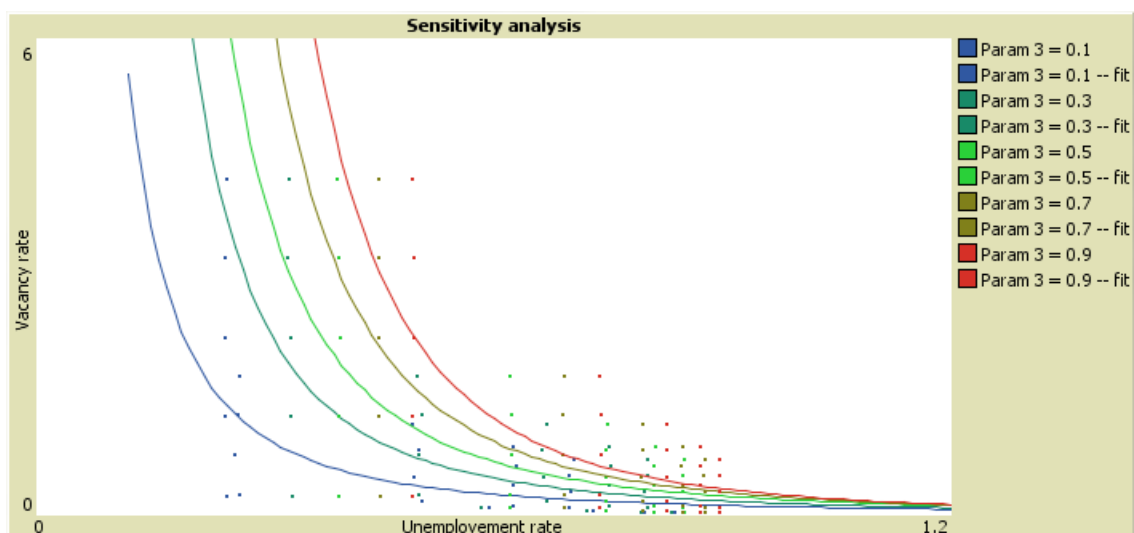


Figure 22: Nos différents autres indicateurs en fonction de "UnexpetedResignation".



Figure 23: En haut : les indicateur sans optimisation de la démission , en bas : avec.

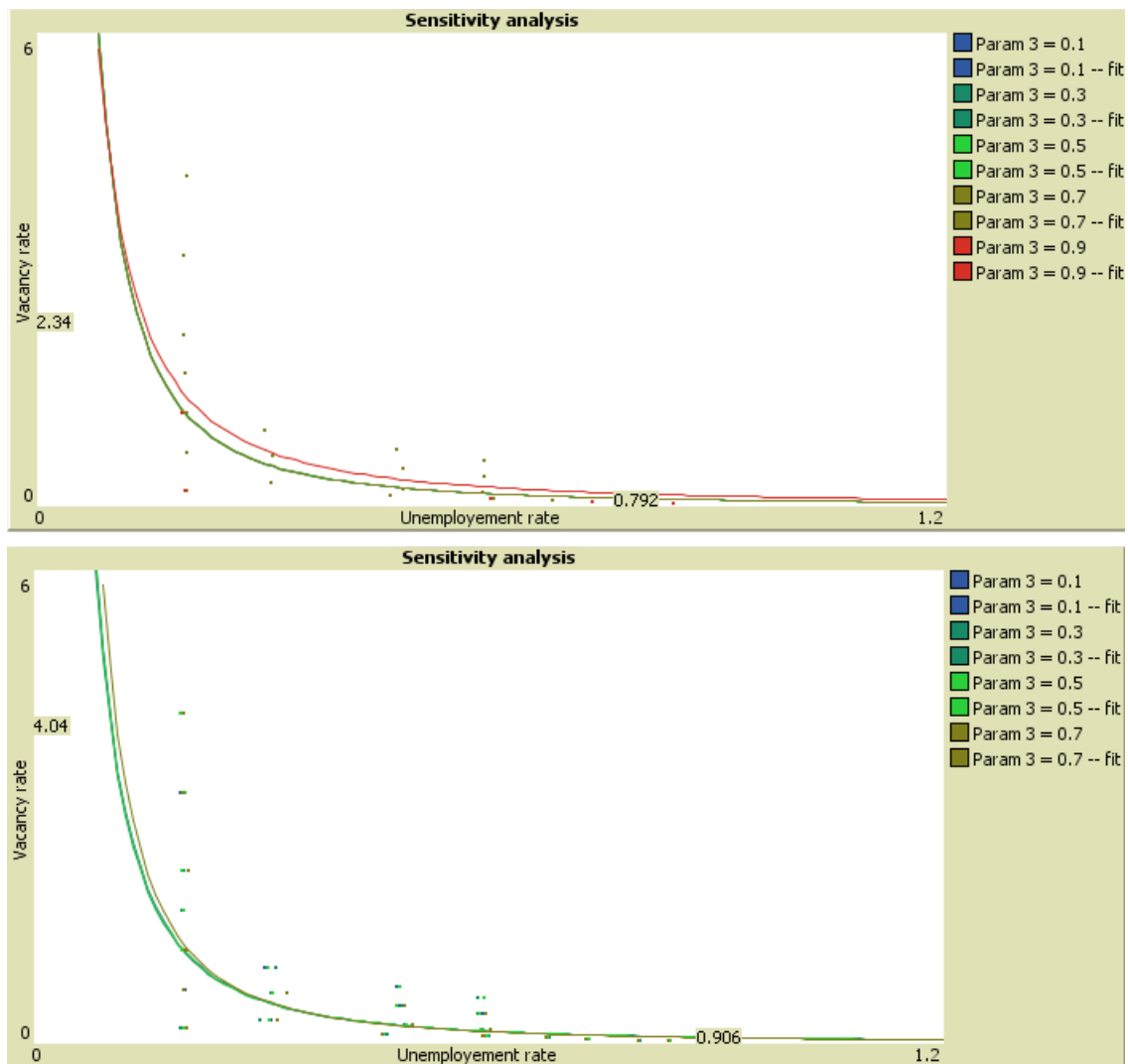


Figure 24: En haut : courbes de beverides sans démission optimisée, en bas : avec.

## 2.4 Perspectives

### 2.4.1 Quelles sont les limites du modèle final obtenu ? Que suggérez-vous pour l'améliorer ?

Les limites sont nombreuses dans cette simulation :

- Il ne représente pas le marché du travail correctement. C'est à dire que les entreprises ont pour la grosse majorité plusieurs employés, qu'il existe plusieurs forme de contracts , etc.
- Les comportements des différents agents sont très pauvres et ne représentent pas le comportement de vrai personnes sur le marché du travail. Certains chercheront à changer de travail pour en avoir un qui le satisfera plus, d'autre auront des priorités changeantes (la distance parcouru devenant plus importante que le salaire si l'agent à des enfants , par exemple).  
Pour contrer cela, il faudrait avoir des agents ayant une intelligence plus grande et plus complexe, plus de paramètres à mettre en place.
- la compréhension des résultats:  
Plus on complexifie le modèle et plus les combinaisons de paramètres auront une signification forte. Les résultats sont alors de plus en plus dure a interpréter plus le modèle est complexe. Simuler alors parfaitement le monde du travail n'aura alors aucun qu'un intérêt limité car la simulation serait complexe à interpréter.
- Aucune donnée réelle n'a été utilisé pour ajuster le moindre paramètre, et l'exploration du champs des possibles ne fut guidée que par notre fantaisie et notre expérience de la simulation, sans aucun appuis scientifique ou économique.

On peut suggérer pour améliorer la simulation plusieurs propositions :

- **Système d'avancement du temps :**  
Il serait intéressant de mettre en place le fait que certaines personnes vont à la retraite et que d'autres entrent sur le marché du travail. De plus, nous pourrions jouer sur les paramètres des nouveaux venus en faisant intervenir des "modes" vis à vis des compétences.
- **Des modes :**  
Il y a dans le marché du travail des compétences qui deviennent "à la mode" dans certaines périodes. On peut citer en exemple les développeur web avec l'apparition de la bulle internet [1]. On peut aussi citer la baisse incroyable d'ouvriers à la chaîne durant le dernier siècle. De là, il est facile d'hypothétiser l'existence de mode dans les compétences recherchées par les entreprises de notre simulation. Il serait alors intéressant de simuler l'évolution de ces modes au fil des générations.
- **Racisme et sexisme:**  
Nous pourrions catégoriser nos PERSONS en terme de sexe et d'ethnie. Pour chaque catégorie, il y aurait alors une probabilité différente de se faire engager. Nous pourrions affiner encore ce paramètre en ajoutant des probabilité différentes à chaque compétences recherchées.
- **Grosse entreprise :** Nous pourrions avoir de grosses entreprise qui ont plusieurs emplois. Dans ce cas, au lieu de licencier les employés selon leur productivité individuel, les agents COMPANYY pourraient alors regarder la productivité global de ses employés. Si leur productivité moyenne est mauvaise, elles procéderaient a un "plan de licenciement" et refaieraient leurs équipes entièrement ou n'en licensieraient que les moins bons éléments.
- **Entraînement et manque d'entraînement :**  
A force de s'exercer, nous développons nos compétences. De même, si nous ne pratiquons pas dans un domaine , nous perdons peu à peu nos capacités dans ce domaine. Il serait alors intéressant d'appliquer le même système à nos agents PERSON. Ils deviendraient donc plus fort dans les compétences nécessaire à leur emploi et plus faible dans les compétences non utilisés.
- **Mimétisme :** Nous sommes tous capable d'apprentissage par mimétisme [4]. Nous pouvons donc améliorer nos compétences rien qu'en observant les actions de nos voisins. Il serait alors intéressant d'observer la même choses chez les agents PERSON. C'est à dire qu'ils pourraient apprendre les compétences de leurs voisins si elles améliorent leur productivité.  
Néanmoins nous verrions un lissage centré vers le haut des compétences des différentes PERSON par rapport aux compétences requises par leur emploi. Pour limiter cela, nous pouvons faire intervenir ici le manque d'entraînement.
- **La reconversion :** Au cours du temps, tout le monde apprend et oublie certaines compétences. Certaines personnes veulent changer de voie professionnel et dans ce but veulent apprendre de nouvelles compétences.  
De même du coté des entreprises, certaines compétences peuvent devenir obsolètes tandis que d'autre deviennent cruciales. Ces évolutions pourraient facilement être intégrées dans la simulation.

## 2.4.2 Parmi les améliorations suggérées, en choisir une, implémentez et testez en discutant les résultats. NB : La note de cette question sera proportionnelle à la pertinence et au degré de sophistication de la variante !

En addition des extensions proposées tout au long de notre rapport (analyse dynamique de sensibilité selon 3 critères arbitraires, pondération des similarités, ou encore utilisation d'une fonction d'utilité) nous implémentons ajoutons ici une dernière modification. Nous avons choisi d'implémenter la reconversion évoquée précédement.

Ci dessous est présenté l'algorithme utilisé dans la reconversion des agents PERSON (pouvant aussi être appliqué aux agents COMPANYY)

---

### Algorithm 15 reconversion

---

```

1: procedure PERSON_RECONVERSION(reconversion_rate)
2:   for all PERSONS do
3:     reversion? = random_float(0,1)
4:     if reversion? ≤ reversion_rate then
5:       ask employer ( fire the employee)

```

---

Nous avons enfin tester ce modèle avec la reconversion pour les agents PERSON. En faisant varier "reconversion\_rate" de 0.1 à 0.9 par pas de 0.1, nous obtenons les Figures 25 et 26 .

Nous pouvons contraster que la reconversion déséquilibre le marché. En effet, les agents PERSONS ne conviennent plus au poste où ils sont et les postes où ils correspondent ne leur sont pas nécessairement proposés. Il y a donc une augmentation temporaire du chômage. Cependant, on doit constater que ces agents PERSON ne restent pas longtemps au chômage, puisque la courbe du chômage à long terme semblent insensible aux variations de "reconversion\_rate".

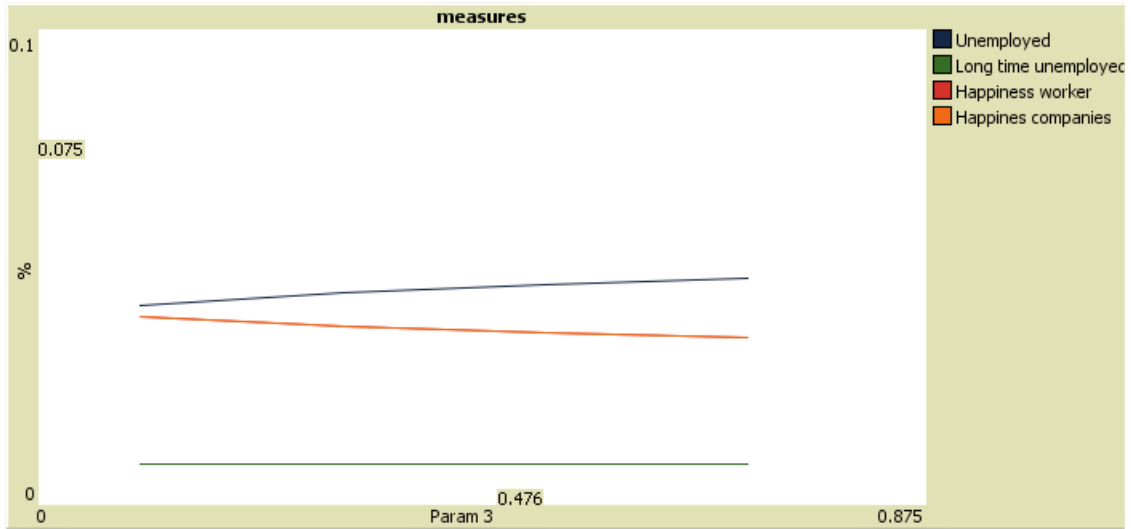


Figure 25: Indicateurs pour "reconversion\_rate" variant de 0.1 à 0.9.

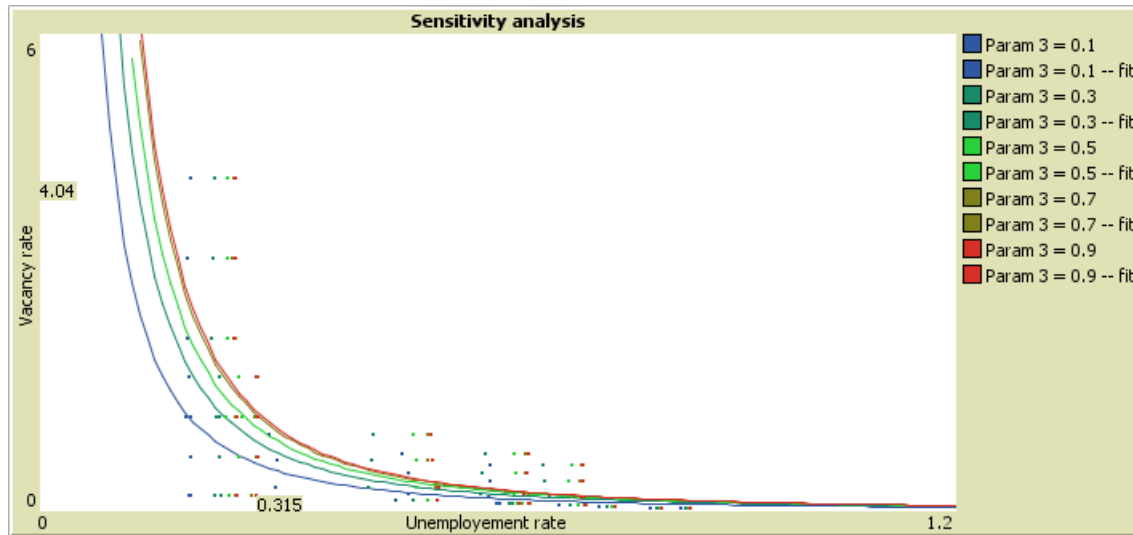


Figure 26: Courbes de Beveridge pour "reconversion\_rate" variant de 0.1 à 0.9.

### 3 Conclusion

Nous avons vu qu'un modèle simple peut capturer une première approximation de la réalité. Les comportements généraux du marché du travail peuvent être reproduit à partir de règles simples, dès lors qu'elles s'expriment dans un système multi-agents permettant à des propriétés complexes d'émerger.

À partir de ce constat, la tentation est forte d'ajouter de nouveaux comportements et de complexifier le modèle, guidé par notre intuition. Cependant, comme les travaux présentés dans ce rapport l'illustre, il est délicat de saisir la règle minimale qui permettra de reproduire un comportement intéressant du monde réel. Néanmoins, nous espérons avoir, au prix d'une complexité réduite, introduit de nouvelles règles et les paramètres adéquats pour étendre la portée du modèle qui nous était proposé.

## References

- [1] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bulle\\_Internet](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bulle_Internet).
- [2] [http://whitedinner.lu/sites/default/files/webfm/publications/docdetravail/80-economie\\_bonheur\\_bien\\_etre.pdf](http://whitedinner.lu/sites/default/files/webfm/publications/docdetravail/80-economie_bonheur_bien_etre.pdf).
- [3] [http://www.jstor.org/stable/3322491?seq=1page\\_scan\\_tabccontents](http://www.jstor.org/stable/3322491?seq=1page_scan_tabccontents).
- [4] [http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/semaine-du-cerveau-nous-sommes-tous-capables-d-apprendre-en-imitant\\_499032.html](http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/semaine-du-cerveau-nous-sommes-tous-capables-d-apprendre-en-imitant_499032.html).