

**Programme Changements Environnementaux et Sociétés
Agence Nationale de la Recherche (ANR 11 CEPL 005 04)**

**Projet EPURE
Composante « Processus Sociétaux »
UMR 8586 « PRODIG »**

**Modèle simplifié d'estimation de l'impact d'un aléa sur la vulnérabilité
de branches d'activité localisées constitutives d'une filière**

Le cas de la filière sardinière marocaine

**Mohamed KHALADI (Université Cadi Ayyad, Marrakech-UMMISCO),
Jean Yves WEIGEL (IRD-PRODIG), Mohamed MALOULI IDRISSE (INRH)**

Document de travail n°3

Avril 2015

Ce rapport présente un modèle simplifié d'estimation de l'impact d'un aléa sur la vulnérabilité de branches d'activité localisées constitutives d'une filière, une branche d'activité localisée étant définie par le croisement d'une branche d'activité et d'une entité géographique (par exemple, la mise en conserve dans la région d'Agadir).

Le modèle, en estimant l'impact de l'aléa, permet une hiérarchisation des branches d'activité localisées selon leur vulnérabilité. L'applicabilité de cette estimation a été testée sur la filière sardinière marocaine et l'aléa de la contamination de la chaîne alimentaire marine par des éléments traces métalliques (ETM).

1. Méthode

Le modèle proposé vise à estimer l'impact d'un aléa sur les principales branches d'activité localisées d'une filière de production en imaginant des scénarii de cet impact. L'aléa considéré est une contamination de la chaîne alimentaire marine par des ETM qui entraînerait des restrictions locales de pêche imposées par les autorités nationales ou internationales ; l'impact de l'aléa est une baisse des quantités disponibles de matière première (sardine) ; les scénarii sont des baisses localisées des quantités disponibles. Ce modèle simplifié permet en définitive une hiérarchisation des branches d'activité localisées de la filière selon leur vulnérabilité à une baisse localisée des quantités disponibles de matière première.

Dans un premier temps, un état de référence de la filière (pré-aléa) doit être préalablement défini (dans le modèle, les variables de référence sont notées avec un astérisque). On utilise les données relatives à l'année de référence pour les quantités disponibles de matière première sur chacun des lieux de production et pour la répartition entre les quatre principales branches d'activité de la filière et les entités géographiques concernées.

Dans un deuxième temps, les hypothèses générales suivantes ont été retenues :

- la compétition sur la matière première disponible ne se fait qu'entre les branches d'activité concernées ;
- à l'équilibre, c'est-à-dire à prix moyen de référence constant (année de référence), les branches d'activité se partagent la matière première selon des proportions connues : les parts de référence des quantités destinées à chaque branche d'activité dans la quantité totale disponible en chaque lieu de production sont calculées ;
- en cas de perturbation de l'équilibre, les parts de chaque branche d'activité sont recalculées selon la réactivité de chaque branche d'activité à une variation de prix de la matière première. Une baisse de la matière première est supposée profiter aux branches d'activité pouvant réajuster leurs prix rapidement et qui voient leur part augmenter au détriment des autres ;
- la répartition des quantités d'une branche d'activité entre entités géographiques n'est pas liée aux variations des quantités disponibles.

Dans un troisième temps, la répartition de la matière première en provenance des différents lieux de production entre les différentes branches d'activité est exprimée par la formule suivante :

$$a_{ik} = a_{ik}^* + b_k a_{ik}^* (1 - a_{ik}^*) \frac{e^{2-2\frac{D_i}{D_i^*}} - 1}{e^{2-2\frac{D_i}{D_i^*}} + 1} \quad (1)$$

Cette formule donne la part de la quantité destinée à la branche d'activité k dans la quantité totale de matière première disponible au lieu de production i ; elle permet donc d'identifier

l'utilisation qui est faite de la matière première disponible dans chaque lieu de production¹. Une fois les effets de la baisse des débarquements sur la part de la quantité destinée à la branche d'activité k dans la quantité totale disponible au lieu de production i estimés, des conclusions en terme de variation de la part des quantités destinées à chaque branche d'activité localisée pourront être tirées grâce à la quatrième hypothèse générale du modèle.

Les termes de cette équation peuvent être définis de la manière suivante :

- a_{ik}^* est la part de la quantité destinée à la branche d'activité k dans la quantité totale de matière première disponible au lieu de production i l'année de référence (part de référence) ;
- b_k est un coefficient qui traduit le degré de réactivité de la branche d'activité k face aux variations de prix de la matière première : il est positif si la branche d'activité peut facilement réajuster ses prix de vente, et négatif sinon, et sa valeur absolue traduit l'amplitude du réajustement ;
- $a_{ik}^*(1 - a_{ik}^*)$ traduit les hypothèses complémentaires suivantes : une branche d'activité qui utilise une part nulle de la quantité débarquée dans un lieu de production i ne verra pas sa part augmenter suite à une variation de prix de la matière première ; et symétriquement, une branche d'activité qui utilise la totalité de la quantité disponible dans un lieu de production i ne verra pas sa part diminuer suite à une variation de prix de la matière première ;

- $\frac{e^{2-2\frac{D_i}{D_i-1}}}{e^{2-2\frac{D_i}{D_i+1}}}$ reflète le fait qu'une diminution des quantités disponibles de matière première augmente le prix de la matière première ; qu'il existe un niveau de prix plafond qui ne peut être dépassé, même lorsque la matière première devient très rare ; et que le prix ne s'annule jamais, même lorsque la matière première est très abondante. Finalement, elle confirme le fait qu'une diminution de la quantité de matière première entraîne une hausse de la part des branches d'activité qui peuvent réajuster leurs prix rapidement, et une baisse de la part des branches d'activité qui ne le peuvent pas.

Ainsi, la première implication de cette formule est que la part de la quantité destinée à la branche d'activité k dans la quantité totale de matière première disponible au lieu de production i s'éloigne positivement ou négativement de la part de référence en fonction, non seulement de l'écart entre quantités disponibles et quantités disponibles de référence (année de référence), mais aussi du degré de réactivité en termes de prix de vente de la branche d'activité k face aux variations de prix de la matière première.

L'application du modèle simplifié d'estimation de l'impact de l'aléa sur la vulnérabilité des branches d'activité localisées de la filière sardinière marocaine a conduit à considérer que la « matière première » est la sardine, que les « lieux de production » sont les dix sept principaux ports de pêche sardinières², et que « les quantités disponibles de matière première » sont les quantités débarquées de sardine par port de pêche. On considère également que les principales branches d'activité sont au nombre de quatre³, que les entités géographiques sont au nombre

¹ Pour connaître le détail du calcul de la formule, on se reportera à l'annexe relative au modèle mathématique simplifié de l'impact d'un aléa sur la vulnérabilité des branches d'activité localisées et appliqué à la filière sardinière marocaine.

² Du sud au nord et de l'ouest à l'est : Dakhla, Laayoune, Tan Tan (El Ouatia), Sidi Ifni, Agadir, Essaouira, Safi, Jorf Lafsar, El Jadida, Casablanca, Mohammedia, Mehdiya, Larache Tanger, Mdiq, Al Hoceima, Nador.

³ La commercialisation en gros de sardines pour la consommation en frais, la congélation de sardines, la fabrication de farine et d'huile de sardines et leur mise en conserve. La branche d'activité « pêche sardinière » a

de vingt quatre⁴ et que les branches d'activité localisées sont au nombre de trente et un⁵, que l'aléa retenu est la contamination de la chaîne alimentaire marine par des ETM et que son impact est une baisse localisée des débarquements de sardine, que l'état de référence de la filière (pré-aléa) est celui de l'année 2012, et que les scénarii sont une baisse de 20% des quantités débarquées de sardine consécutivement à Dakhla, à Laayoune, à Agadir, à Safi, toutes choses égales par ailleurs.

2. Modèle simplifié de l'impact d'un aléa sur la vulnérabilité des branches d'activités localisées appliqué à la filière sardinière marocaine

Plusieurs hypothèses ont été retenues pour l'élaboration du modèle (cf. paragraphe 3.2).

- Les variables sont indexées par trois indices : i, j et k :
 - l'indice i désigne les ports, $i = 1, \dots, 17$
 - l'indice j désigne les entités géographiques, $j = 1, \dots, 24$
 - l'indice k désigne le branche d'activité : $k = 1, 2, 3$ ou 4 (1 : commercialisation en gros pour la consommation en frais de sardines, 2 : congélation de sardines, 3 : fabrication de farine et d'huile de sardine, 4 : mise en conserve de sardines).
- Les variables sont définies de la manière suivante :
 - q_{ijk} : la quantité provenant du port i et destinée à une branche d'activité k localisée dans l'entité géographique j
 - Q_{ik} : la quantité provenant du port i et destinée à la branche d'activité k

$$Q_{ik} = \sum_{j=1}^{24} q_{ijk}$$

- D_i : la quantité totale débarquée au port i

été exclue du modèle, car l'objectif est d'étudier la répartition des quantités débarquées entre les différentes utilisations possibles de la sardine, et l'activité pêche n'en constitue pas une.

⁴ Région de Dakhla ; région de Laayoune ; région de Guelmin – Es Semara ; région de Souss – Massa – Draa (Agadir) ; région de Marrakech – Tensift – Al Haouz ; région de Doukkala – Abda (Safi) ; région de Chaoula – Ouardigha (Settat) ; région du Grand Casablanca ; région de Rabat – Salé – Zemmour – Zaer ; région de Gharb – Chrarda – Beni Hssen (Kénitra) ; région de Tanger – Tétouan ; région de Taza – Al Hoceima – Taouzate ; région de l'Oriental (Nador, Oujda) ; région de Tadla – Azilal (Beni Mellal) ; région de Meknès – Tafilalet ; région de Fès – Boulemane ; Union Européenne ; autres pays européens (hors UE) ; Union Douanière (Russie, Biélorussie, Kazakhstan) ; Afrique Sub-saharienne ; Maghreb, Egypte, Moyen-Orient, Turquie ; Asie Océanie ; Amérique du Nord et Amérique du Sud.

⁵ La branche commercialisation en gros pour la consommation en frais localisée dans les régions de Dakhla, Laayoune, Guelmin – Es Semara, Souss – Massa – Draa, Marrakech – Tensift – Al Haouz, Doukkala – Abda, Chaoula – Ouardigh, Grand Casablanca, Rabat – Salé – Zemmour – Zaer, Gharb – Chrarda – Beni Hssen, Tanger – Tétouan, Taza – Al Hoceima – Taouzate, l'Oriental, Tadla – Azilal, Meknès – Tafilalet et Fès – Boulemane ; la branche congélation localisée dans les régions de Dakhla, Laayoune, Guelmin – Es Semara, Souss – Massa – Draa et Doukkala – Abda ; la branche fabrication de farine et huile localisée dans les régions de Laayoune, Guelmin – Es Samara, Souss – Massa – Draa et Doukkala – Abda ; et la branche mise en conserve localisée dans les régions de Dakhla, Laayoune, Guelmin – Es Semara, Souss – Massa – Draa, Doukkala – Abda et Grand Casablanca.

$$D_i = \sum_{j=1}^{24} \sum_{k=1}^4 q_{ijk}$$

- a_{ik} : la part de la quantité destinée à la branche d'activité k qui provient du port i , avec :

$$Q_{ik} = a_{ik} D_i, \quad a_{ik} \geq 0 \text{ et } \sum_{k=1}^4 a_i = 1$$

Pour calculer a_{ik} , nous commençons par exprimer le prix p_{ik} de la ressource (sardine) débarquée au point i destinée à la branche d'activité k en fonction de la quantité débarquée au point i . Le prix de référence p_{ik}^* étant calculé à partir des données de l'enquête de 2012, si on note D_i^* la quantité de référence, on a :

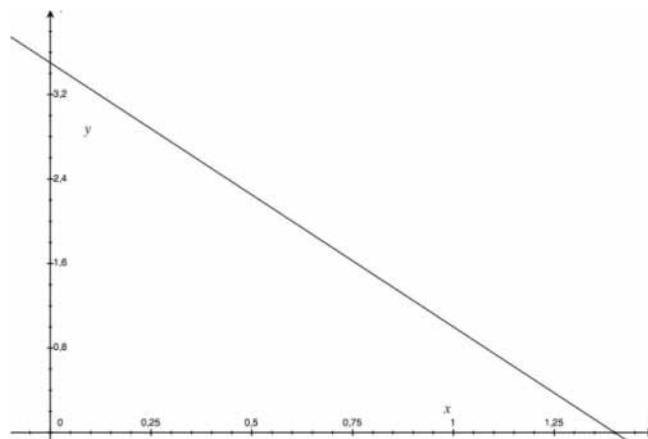
$$p_{ik} = p_{ik}^* f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right)$$

où f est une fonction décroissante. Cela traduit le fait que lorsque les quantités débarquées diminuent (i.e. $D_i < D_i^*$), les prix augmentent (i.e. $p_{ik} > p_{ik}^*$). De plus, $f(1) = 1$, ce qui traduit le fait que lorsque les quantités débarquées restent constantes, les prix ne varient pas.

- Trois fonctions satisfaisant les conditions ci-dessus sont proposées. Au regard des enquêtes menées auprès des acteurs de la filière, la condition supplémentaire suivante a été introduite : une baisse de 20% des débarquements induit une multiplication du prix de référence par un coefficient 1,5.

Premier type de fonction :

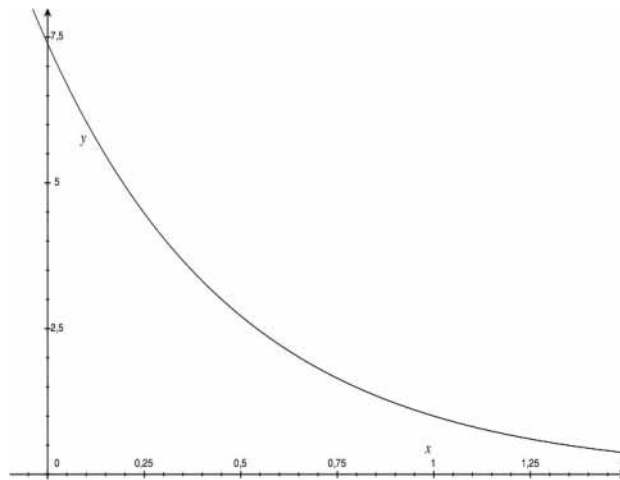
$f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right) = -2,5 \frac{D_i}{D_i^*} + 3,5$, dont la représentation graphique est :



Ce type de fonction suppose qu'il existe un niveau de prix plafond qui ne peut être dépassé, même lorsque la ressource devient très rare, et que le prix est nul à partir d'un certain niveau d'abondance de la ressource.

Deuxième type de fonction :

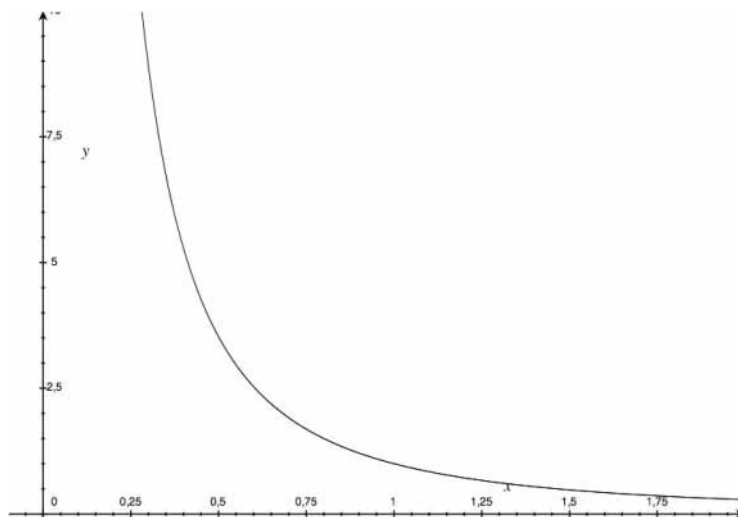
$f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right) = e^{2-2\frac{D_i}{D_i^*}}$, dont la représentation graphique est :



Comme la fonction précédente, celle-ci suppose qu'il existe un niveau de prix plafond (plus élevé que le précédent) qui ne peut être dépassé, même lorsque la ressource devient très rare, mais que le prix ne devient jamais nul, même lorsque la ressource est très abondante.

Troisième type de fonction :

$f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right) = \left(\frac{D_i}{D_i^*}\right)^{1,817}$, dont la représentation graphique est :



Cette fonction suppose que le prix augmente fortement à mesure que la ressource se raréfie et qu'il ne devient jamais nul, même quand la ressource est très abondante.

- Mode de calcul de la formule donnant la part de la quantité destinée à la branche d'activité k provenant du port i :

La répartition de référence (2012) a_{ik}^* étant connue, on calcule a_{ik} à l'aide de la formule :

$$a_{ik} = a_{ik}^* + b_k a_{ik}^* (1 - a_{ik}^*) g\left(\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*}\right) \quad (2)$$

Avec :

$$-1 \leq b_k a_{ik}^* (1 - a_{ik}^*) g\left(\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*}\right) \leq 1, \quad a_{ik} \geq 0 \text{ et } \sum_{k=1}^4 a_{ik} = 1$$

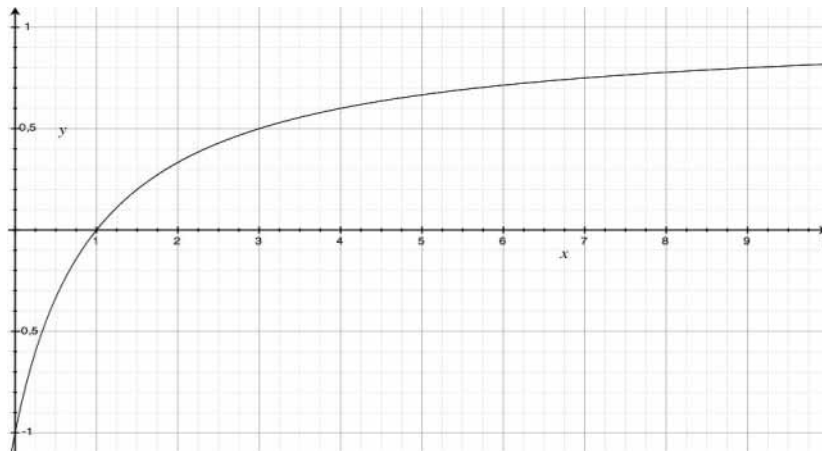
où b_k est un coefficient qui traduit la réactivité de la branche d'activité k face aux variations de prix. b_k est positif si la branche d'activité peut facilement réajuster ses prix et négatif sinon. La valeur absolue de b_k traduit l'amplitude du réajustement.

La fonction g peut être définie de la façon suivante :

$$g(x) = \frac{x - 1}{x + 1}$$

pour exprimer le fait que $-1 < g\left(\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*}\right) < 1$ et que $g\left(\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*}\right) > 0$ si $p_{ik} > p_{ik}^*$ ce qui, avec le signe de b_k , signifie qu'une branche d'activité qui peut réajuster facilement ses prix augmentera sa part si le prix p_{ik} est supérieur au prix de référence p_{ik}^* et qu'au contraire, des branches d'activité comme la fabrication de farine et d'huile ou la mise en conserve, soumis à des contraintes extérieures, augmenteront leurs parts quand $p_{ik} < p_{ik}^*$.

La représentation graphique de la fonction g est :



D'après l'expression du prix p_{ik} de la ressource débarquée au point i destinée à la branche d'activité k utilisée auparavant, on sait que : $\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*} = f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right)$. Ainsi, $\left(\frac{p_{ik}}{p_{ik}^*}\right) = g\left(f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right)\right)$, d'où l'équivalence de l'équation (2) et de :

$$a_{ik} = a_{ik}^* + b_k a_{ik}^* (1 - a_{ik}^*) g\left(f\left(\frac{D_i}{D_i^*}\right)\right)$$

En prenant le deuxième type de fonction pour la fonction f , la formule suivante est obtenue :

$$a_{ik} = a_{ik}^* + b_k a_{ik}^* (1 - a_{ik}^*) \frac{e^{\left(2 - 2 \frac{D_i}{D_i^*}\right)} - 1}{e^{\left(2 - 2 \frac{D_i}{D_i^*}\right)} + 1}$$

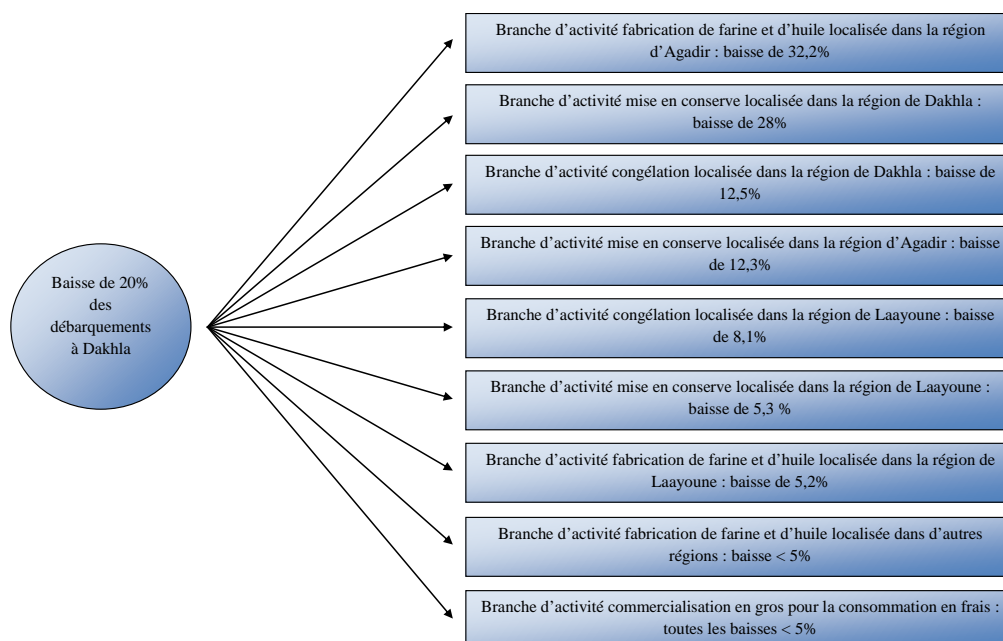
Au regard des enquêtes menées auprès des acteurs de la filière, l'estimation des coefficients b_k est la suivante :

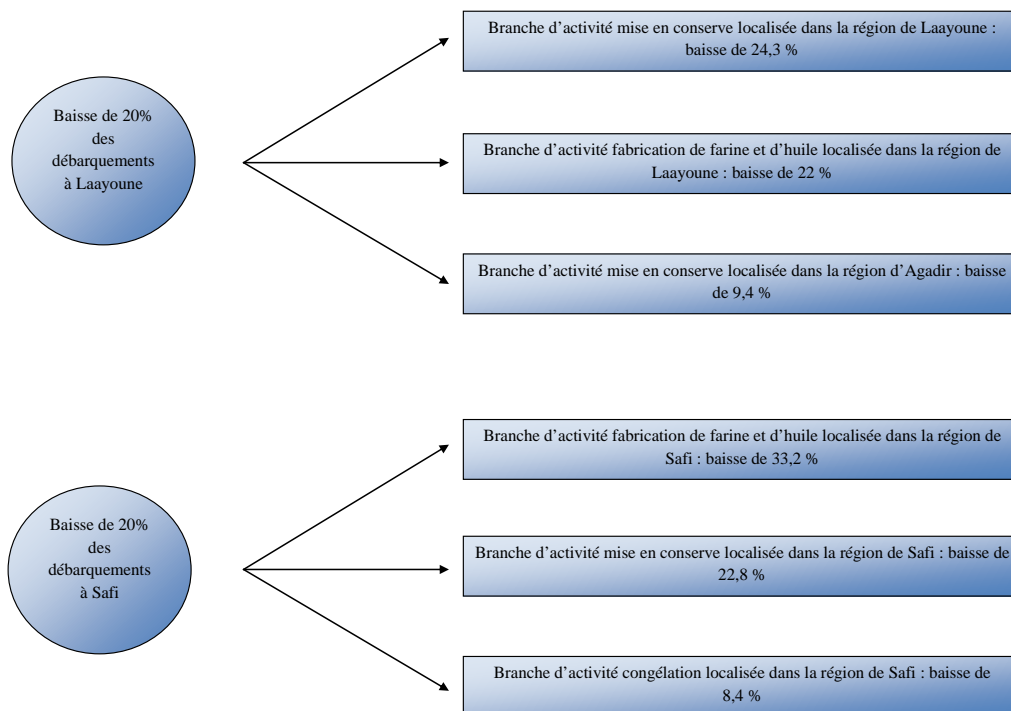
- $b_1 = 1$ pour la commercialisation en gros pour la consommation en frais, activité supposé à forte réactivité ;
- $b_2 = 0,8$ pour la congélation ;
- $b_3 = -1$ pour la fabrication de farine et huile ;
- $b_4 = -0,8$ pour la mise en conserve.

3. Résultats

L'impact de l'aléa considéré étant une baisse des débarquements, quatre simulations d'une baisse de 20% ont été faites. Une baisse à Dakhla, les quantités débarquées dans les seize autres ports restant stables ; une baisse à Laayoune, les quantités débarquées dans les seize autres ports restant stables ; une baisse à Agadir, les quantités débarquées dans les seize autres ports restant stables ; une baisse à Safi, les quantités débarquées dans les seize autres ports restant stables. Les conséquences sur la répartition des quantités disponibles entre les différentes branches d'activité ont été identifiées (d'après la situation de référence de 2012) de façon à mettre en exergue la vulnérabilité de chaque branche d'activité localisée.

Figure 1. Hiérarchisation des branches d'activité localisées de la filière marocaine sardinière selon leur vulnérabilité face à une baisse des débarquements





Les branches d'activité localisées peuvent être hiérarchisées selon leur vulnérabilité face à une baisse des débarquements (Figure 5). En pourcentage de leur activité, les branches d'activité localisées les plus vulnérables (baisse de la production de l'ordre de 30%) à une baisse des débarquements sont : la fabrication de farine et d'huile dans la région de Safi lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements de la région de Safi, la fabrication de farine et huile dans la région d'Agadir lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements de la région de Safi, et la mise en conserve à Dakhla lorsqu'il y a une baisse des débarquements de 20% à Dakhla. Les branches d'activité localisées moyennement vulnérables (baisse de la production de l'ordre de 20%) sont : la mise en conserve et la fabrication de farine et d'huile dans la région de Laayoune lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements dans la région de Laayoune, la mise en conserve dans la région de Safi lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements dans la région de Safi. Les branches d'activité localisées peu vulnérables (baisse de la production de l'ordre de 10%) sont : la mise en conserve dans la région d'Agadir ainsi que la congélation à Dakhla et dans la région de Laayoune lorsqu'il y a une baisse des débarquements de 20% à Dakhla, la mise en conserve dans la région d'Agadir lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements de la région de Laayoune, la congélation dans la région de Safi lorsqu'il y a une baisse de 20% des débarquements dans la région de Safi. Enfin les branches d'activité localisées très peu vulnérables (baisse de la production de l'ordre de 5%) à une baisse des débarquements de 20% sont d'une manière générale la commercialisation en gros pour la consommation en frais ; il est également à noter qu'une baisse de 20% des débarquements à Agadir n'a qu'un très faible impact sur l'activité de l'ensemble des branches d'activité localisées.