



CE PROJET EST
CO-FINANCÉ PAR
L'UNION EUROPÉENNE



RAPPORT

F

2017

NOURRIR L'HUMANITÉ À L'HORIZON 2050

Quel impact des pêcheries marines sur la sécurité alimentaire mondiale ?

Avertissement : la présente publication a été réalisée avec le concours financier de l'Union Européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité du WWF et ne peut en aucun cas être interprété comme reflétant le point de vue de l'Union Européenne.

Éditeur : WWF Allemagne ; Centre international du WWF pour la conservation marine (Hambourg)

Date : février 2017

Auteurs : Prof. Martin Quaas, Dr. Julia Hoffmann, Katrin Kamin (Université de Kiel, Groupe de travail sur l'économie des ressources), Dr. Linda Kleemann (Institut de Kiel pour l'économie mondiale, GFA Consulting Group, Hambourg), Karoline Schacht (WWF Allemagne)

Traduction : Imré Beaufort

Rédaction : Karoline Schacht (WWF)

Coordination : Karoline Schacht (WWF), Thomas Koeberich (WWF)

Maquette : Wolfram Egert (www.atelier-egert.de)

Production : Maro Ballach (WWF)

Crédits photographiques : F. Larrey

Relecture : Selim Azzi (WWF France), Sidonie Malegeant (WWF France) et Mathilde Valingot (WWF France)

Mise en page version française : Laura François (WWF France)

Sommaire

Méthodologie	4
Résumé	5
Contexte	5
Résultats	11
Premiers constats	13
Conclusion	15
1 La consommation de poisson	16
1.1 La consommation de poisson dans les pays étudiés	18
1.2 Le poisson, principale source de protéines dans le monde	22
1.3 Le poisson et la sécurité alimentaire	25
1.4 La dépendance vis-à-vis du poisson	27
1.5 L'indice de dépendance au poisson	28
1.6 L'offre et la demande de poisson	32
2 Le modèle bioéconomique	34
2.1 Notre approche	34
2.2 Données et paramètres pris en compte	35
2.3 La demande mondiale et la demande régionale	37
2.4 Scénarios socioéconomiques et de gestion des pêches	40
3 Résultats et discussion	43
Annexes	50
Modélisation de l'offre	50
Modélisation de la demande	51
Liste des Grands Écosystèmes Marins (GEM)	54
Liste des produits de substitution au poisson riches en protéines (base de données FAOSTAT 2016)	54
Liste des figures et des tableaux	55
Notes	56
Bibliographie	57
Remerciements	59

Méthodologie

Dans un premier temps, nous décrirons l'évolution suivie par la consommation de poissons ces dernières années et présenterons des données factuelles sur la matière première, la sécurité alimentaire et l'offre de poisson, en nous appuyant sur un indice de dépendance récemment mis au point. Au-delà d'une vision strictement globale, l'analyse sera menée à l'échelon des régions et d'une sélection de pays représentatifs.

Par la suite, nous calculerons les prises de poissons sauvages pouvant être effectuées en 2050 dans le monde et dans une sélection de régions. Pour les besoins de la modélisation, nous établirons plusieurs scénarios économiques et postulerons divers degrés de qualité de gestion, puis comparerons les résultats obtenus à la demande future de poisson en adoptant là encore une double perspective mondiale et régionale au niveau des grands écosystèmes marins.

Après avoir déterminé la demande future à partir de Scénarios Socioéconomiques Partagés (SSP¹) et de l'offre régionale de sources protéiques alternatives, nous générerons une approche prévisionnelle de la demande absolument inédite. Le calcul de la production potentielle de poisson sera effectué en appliquant un modèle proies-prédateurs à l'échelle mondiale, dont l'intérêt est de prendre également en considération les interactions biologiques et de perfectionner ainsi le modèle existant en l'enrichissant d'une dimension de « réalisme écologique ».

Pour terminer, nous comparerons la production régionale de poisson des Grands Écosystèmes Marins (GEM) avec la demande régionale et globale. Dans le dernier chapitre, nous présenterons les conclusions tirées par notre modèle au sujet de l'avenir de la pêche océanique et de ses effets sur la consommation de poissons et évoquerons les enjeux liés à la répartition des ressources et aux défis commerciaux.

Tous les calculs et modèles reposent sur les données provenant de :

- Sea Around Us (<http://www.seaaroundus.org/>), pour les débarquements et les cours du poisson dans les Grands Écosystèmes Marins (GEM) ;
- la FAO (<http://faostat3.fao.org/home/E>), pour les niveaux de consommation et les prix à l'importation et à l'exportation des aliments riches en protéines ;
- la littérature scientifique consacrée aux estimations des paramètres de préférence;
- les Scénarios Socioéconomiques Partagés (SSP), pour les scénarios d'évolution des revenus et de la population.

Changement climatique

La présente étude s'intéresse avant tout aux impacts biologiques et économiques et aux effets de la gestion halieutique sur les niveaux respectifs des captures et de la consommation de poisson. Parallèlement, le changement climatique devrait lui aussi jouer un rôle non négligeable dans l'avenir de la pêche (Cheung *et coll.*, 2010 ; Lam *et coll.*, 2012 ; Merino *et coll.*, 2012). S'il est vrai que le réchauffement océanique est susceptible d'accroître la productivité de certains stocks (Kjesbu *et coll.*, 2014 ; Voss *et coll.*, 2011), l'acidification et le réchauffement océaniques (Voss *et coll.*, 2015 ; Blanchard *et coll.*, 2012) entraînent néanmoins le plus souvent une baisse de cette variable. Dans un contexte où le changement climatique agit surtout négativement sur les pêcheries, il n'est pas impossible que les estimations des prises de poissons à venir paraissent quelque peu optimistes.

Résumé

Contexte

En raison de la croissance démographique mondiale, la Terre est soumise à des pressions de plus en plus fortes pour satisfaire les besoins alimentaires. Dès lors, la question de la sécurité alimentaire devient centrale : comment nourrir les neuf milliards d'individus que notre planète est appelée à compter sous peu ? Comment faire évoluer les pratiques de pêche et d'agriculture pour nourrir l'humanité, sans porter pour autant atteinte à l'environnement ? Serons-nous à même de résoudre pacifiquement et équitablement les problèmes de répartition qui se profilent à l'horizon 2050 ?

Selon les estimations, les besoins alimentaires mondiaux devraient doubler au cours des 35 prochaines années. Certes, d'un point de vue technologique, il semble possible de produire assez de nourriture pour 10 milliards de personnes (Evans, 1998). En termes de calories, les agriculteurs du globe récoltent en effet environ un tiers d'aliments de plus que nécessaire afin de nourrir la population planétaire (BMEL, 2015). Pourtant, un milliard d'êtres humains souffre encore de la faim au quotidien à cause de la pauvreté qui est liée à une problématique de répartition des denrées et non de pénurie.

D'autant que les ressources, qui manquent cruellement dans certaines régions, se trouvent inutilement gaspillées dans d'autres : à l'échelle mondiale, entre 30 et 40 % de la nourriture produite finit ainsi à la poubelle (WWF, 2015). Il est très improbable que la superficie des terres cultivées pour la production de denrées de base augmente : dans nombre de régions, il ne reste déjà plus de terres disponibles. Si à l'heure actuelle, nos systèmes agricoles génèrent d'énormes récoltes de maïs, de riz, de céréales ou encore de viande, c'est au prix de la dégradation des sols et de l'eau.

Pour garantir la sécurité alimentaire du globe, le poisson a un rôle prépondérant à jouer. Au-delà de fournir 20 % des « protéines animales² » essentielles à l'équilibre du régime alimentaire de plus de 3,1 milliards d'habitants, il constitue une source notable d'acides gras et de micronutriments (Thilstedt *et coll.*, 2016 ; FAO, 2016 ; Béné *et coll.*, 2015). Si le poisson représente déjà 17 % de l'ensemble des protéines consommées à travers le monde, ce pourcentage est appelé à s'accroître dans la mesure où la progression du revenu des consommateurs s'accompagne d'une augmentation de la demande de poisson de qualité supérieure (Banque mondiale, 2013). Au-delà de sa fonction nourricière, le poisson génère une activité économique non négligeable : au total, ce sont approximativement 500 millions d'individus qui tirent leurs moyens de subsistance de l'industrie halieutique sous une forme ou une autre (FAO, 2014).

Or l'état des stocks mondiaux de poissons a de quoi inquiéter. Sur la totalité des stocks soumis à une évaluation scientifique, 31 % sont considérés comme victimes de surpêche et 58 % comme pleinement exploités (FAO, 2016 ; Costello *et coll.*, 2016). Dans ce contexte, on comprend que toute intensification de l'effort halieutique puisse mettre gravement en péril la santé des stocks déjà pleinement exploités (FAO, 2016).

Pour le WWF, la nécessité d'un apport en protéines de bonne qualité pour tous vient occulter l'interdépendance des deux systèmes de production alimentaire (la pêche et l'agriculture). Pourtant, on ne peut dissocier leurs limites naturelles. A titre d'exemple, le soja, riche en protéines, sert à l'alimentation piscicole, tandis que la farine et l'huile de poisson entrent pour leur part dans le régime des porcs et de la volaille. Le taux des prises marines ne peut, en outre, plus augmenter et stagne même depuis près de 30 ans. Conséquence, la demande actuelle de poisson est très supérieure aux capacités productives des océans. Sa satisfaction dépend déjà pour moitié de l'élevage et de l'aquaculture réunis. Or, cette branche de l'industrie alimentaire, en plein essor ces 40 dernières années, entretient tout autant de relations avec la mer qu'avec la terre (voir à ce propos l'encadré « Aquaculture »).

Destinée à protéger les ressources halieutiques et à permettre une exploitation soutenable (viable à long terme aussi bien sur le plan écologique qu'économique), la gestion des pêcheries incombe aux décideurs politiques. Un certain nombre de chercheurs sont toutefois convaincus de la nécessité de l'améliorer, que ce soit pour asseoir la sécurité alimentaire mondiale ou pour prévenir l'effondrement imminent des stocks de poissons (Pauly *et coll.*, 2005 ; Worm *et coll.*, 2006, 2009 ; Branch, 2008 ; Branch *et coll.*, 2010 ; Allison *et coll.*, 2012 ; Quaas *et coll.*, 2016). Bien que les réformes envisagées risquent de se révéler très coûteuses à court terme, elles s'imposent pour restaurer les stocks à un niveau raisonnable (Quaas *et coll.*, 2012 ; Sumaila *et coll.*, 2012). Ainsi, une gestion des pêches alliant cohérence et efficacité grâce à la prise en considération de plusieurs critères essentiels (adoption d'une approche écosystémique, garantie de la bonne application des règles, fermeté dans la lutte contre la pêche illégale, intégration du concept de gestion durable dans toutes les pêcheries) permettrait d'augmenter à nouveau l'offre mondiale de poisson. Cet impératif est vital, non seulement pour accompagner la croissance continue de la demande de poisson, mais aussi pour sauvegarder les fonctions de la biodiversité et des écosystèmes marins (Worm *et coll.*, 2009 ; Froese et Proelss, 2010), puisqu'en définitive, le bon état des stocks halieutiques dépend de la préservation de la santé des océans.

Dans cette étude, nous nous attachons à répondre à trois questions :

- **Quelle quantité maximale de poissons peut être prélevée dans des conditions viables pour les écosystèmes marins ?**
- **Comment la filière pêche va-t-elle évoluer à l'échelle globale et régionale d'ici 2050 ?**
- **Comment ces prévisions vont-elles impacter la consommation de poissons ? Devons-nous redouter une pénurie de protéines de poissons ?**

Aquaculture

De plus de plus de gens mangent davantage de poissons. Afin de faire face à l'augmentation de la demande mondiale, les poissons d'élevage se développent. En réalité, sans l'expansion rapide de l'aquaculture observée ces dernières décennies, la demande de poisson n'aurait tout simplement pas pu être satisfaite car les rendements de la pêche marine mondiale stagnent depuis une trentaine d'années. Avec une croissance annuelle moyenne de 9 % depuis 1970, l'aquaculture est la branche de l'industrie alimentaire internationale ayant enregistré le développement le plus soutenu. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a ainsi calculé que la production aquacole totale avait dépassé 90 millions de tonnes en 2014. Aujourd'hui, plus de la moitié du poisson comestible consommé dans le monde provient de l'élevage.

Ce formidable essor du secteur est problématique : d'une part, l'aquaculture est en très grande majorité pratiquée dans des pays où les cadres légaux régissant l'activité et la protection de l'environnement sont, sinon absents, du moins insuffisants ; d'autre part, il engendre une pollution marine de grande ampleur à cause des substances chimiques, des restes alimentaires, des excréments et des médicaments issus des cages ouvertes qui se déversent dans les fleuves et les mers.

Si le régime alimentaire des poissons prédateurs d'élevage se compose avant tout de poissons sauvages, celui des poissons herbivores, lui, comporte davantage de protéines agricoles. Par le passé, la construction d'exploitations aquacoles de crevettes dans les régions côtières de pays tropicaux et subtropicaux s'est soldée par la destruction d'habitats précieux, tels les forêts de mangrove, dont la disparition a eu des répercussions considérables sur le fonctionnement des écosystèmes littoraux, la protection des côtes et la pêche.

Dans cette étude, nous nous intéresserons au poisson venant de la mer, celui de l'aquaculture étant traité dans un rapport distinct.

Le poisson, principale source de protéines dans le monde

Si le poisson est si précieux, c'est parce qu'il est le seul aliment à associer protéines de grande qualité et nutriments essentiels. Il constitue tout d'abord une source appréciable de protéines animales : 150 g de poisson couvrent approximativement 50 à 60 % des besoins journaliers chez l'adulte. Le poisson fournit également des acides gras, des vitamines et d'autres nutriments indispensables, comme l'iode et le sélénium, qui n'existent dans cette quantité ou variété chez aucune céréale ou viande (Beveridge *et coll.*, 2013 ; Kawarazuka et Béné, 2011 ; WOR2, 2013). Or, la diversité et la qualité alimentaire jouent un rôle majeur dans la lutte contre la faim et la malnutrition. La pauvreté est en effet corrélée à une consommation excessive de denrées de base comme le riz, le maïs et les céréales et à un apport insuffisant de protéines, de corps gras et de nutriments.

Dans de nombreuses régions côtières en développement, le poisson est la seule source de protéines animales à la fois disponible et abordable. Une comparaison internationale révèle que, si la consommation de poisson est relativement faible dans les pays pauvres (environ 10 kg/hab/an), elle avoisine tout de même 22 kg/hab/an en Asie, en Amérique du Nord et en Europe, soit un niveau supérieur à la moyenne planétaire (20 kg). Ces chiffres rendent compte des différents facteurs influant la consommation de poissons : sa disponibilité, son coût, l'existence éventuelle de traditions alimentaires spécifiques et le degré de développement du pays. En règle générale, plus le revenu est bas, plus la consommation de poisson est faible.

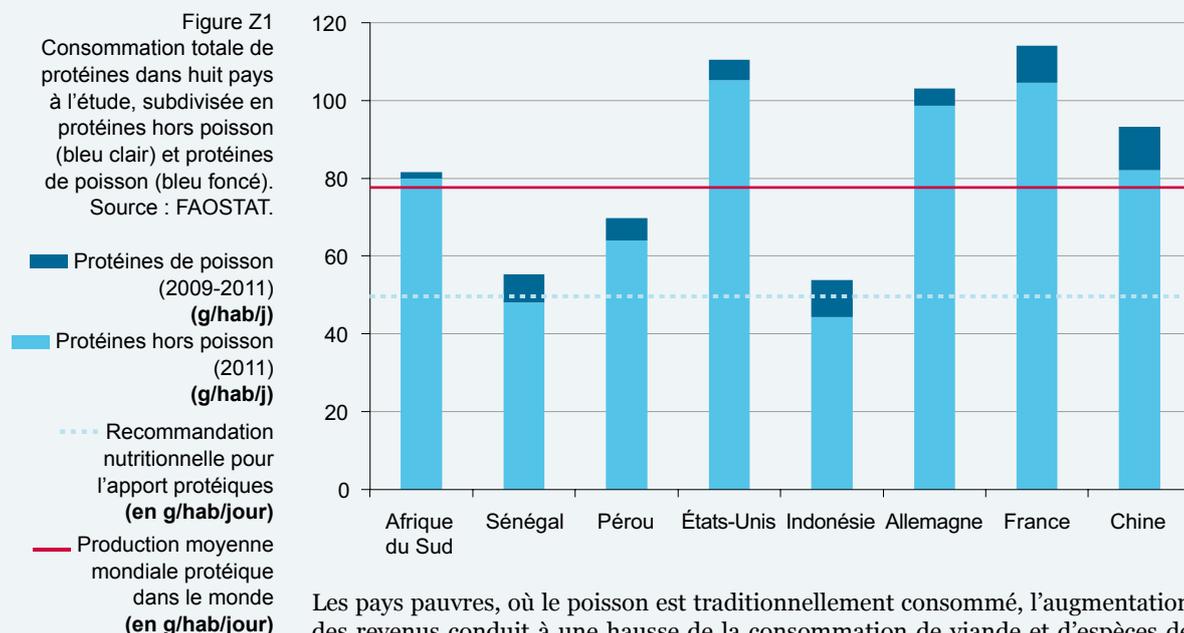
L'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande la consommation régulière de poisson, à raison d'une ou deux portions par semaine (OMS, 2002)³. Pour une portion moyenne de 150 g, cela représente une consommation annuelle de 11,7 kg de poissons par individu dans le monde. Quant aux préconisations des directives nutritionnelles nationales, également analysées pour les besoins de l'étude, elles se situent dans le même ordre de grandeur : 10,6 kg en moyenne (cf. tableau 6 de l'annexe).

Cependant, une telle préconisation ne s'applique qu'à l'Afrique et à l'Amérique latine car toutes les autres régions du monde consomment déjà beaucoup plus de poissons (figure Z1) : en moyenne, plus de 20 kg de poissons sont actuellement consommés par habitant et par an (FAO, 2016). Un français, par exemple, en mange environ 35 kg par an, soit plus que la consommation individuelle recommandée⁴. Au demeurant, de manière générale, les français mangent trop de protéines : suivant le groupe d'âge, ils consomment 178 % de la quantité recommandée (Westhoek *et coll.*, 2014). Cela signifie que nous mangeons plus de protéines et de poissons que nécessaires. Or, la population mondiale augmente et la densité démographique progresse constamment à proximité des littoraux. La question est de savoir si nous ne satisfaisons pas aujourd'hui notre demande de poissons au détriment de celles et de ceux qui en ont réellement besoin. Notons aussi que l'excès de consommation de poissons par habitant dans l'hémisphère Nord s'ajoute à une autre inégalité, celle de la répartition du poisson au niveau planétaire.

Les denrées de base (maïs, riz et autres céréales) pesant pour beaucoup dans le régime alimentaire des personnes démunies, la consommation de poissons présente l'intérêt de corriger sensiblement le déséquilibre entre calories et protéines. En plus d'être moins cher que les autres sources de protéines animales, le poisson forme souvent la base des recettes locales et/ou traditionnelles. Dans des pays comme le Sénégal ou l'Indonésie, il constitue jusqu'à 40 % de l'apport total de protéines animales.

En valeur absolue, la consommation de protéines animales dans les pays en développement est inférieure à celle des pays développés. Mais la part des protéines animales dans le total des protéines augmente aujourd'hui très rapidement, principalement sous l'effet du développement économique dans les pays en développement d'Afrique et d'Asie. Si l'on effectue une distinction entre poisson et viande dans la consommation de protéines animales, il apparaît clairement que la contribution du poisson à l'offre de protéines animales a légèrement reculé depuis 1990, en grande partie au profit de la viande.

Figure Z1
 Consommation totale de protéines dans huit pays à l'étude, subdivisée en protéines hors poisson (bleu clair) et protéines de poisson (bleu foncé).
 Source : FAOSTAT.



Les pays pauvres, où le poisson est traditionnellement consommé, l'augmentation des revenus conduit à une hausse de la consommation de viande et d'espèces de poisson de qualité supérieure. Résultat, les petits poissons pélagiques (qui vivent en haute mer entre la surface de l'eau et le fond marin) se trouvent remplacés par de grandes espèces démersales.

Entre 1990 et 2012, la consommation de poisson sauvage pêché en mer est pratiquement restée constante, alors que celle de poisson élevé a été multipliée par cinq. En 2015, la moitié du volume de poisson produit pour la consommation humaine provenait ainsi de l'aquaculture, contre à peine 5 % en 1962 et 37 % en 2002 (FAO, 2015).

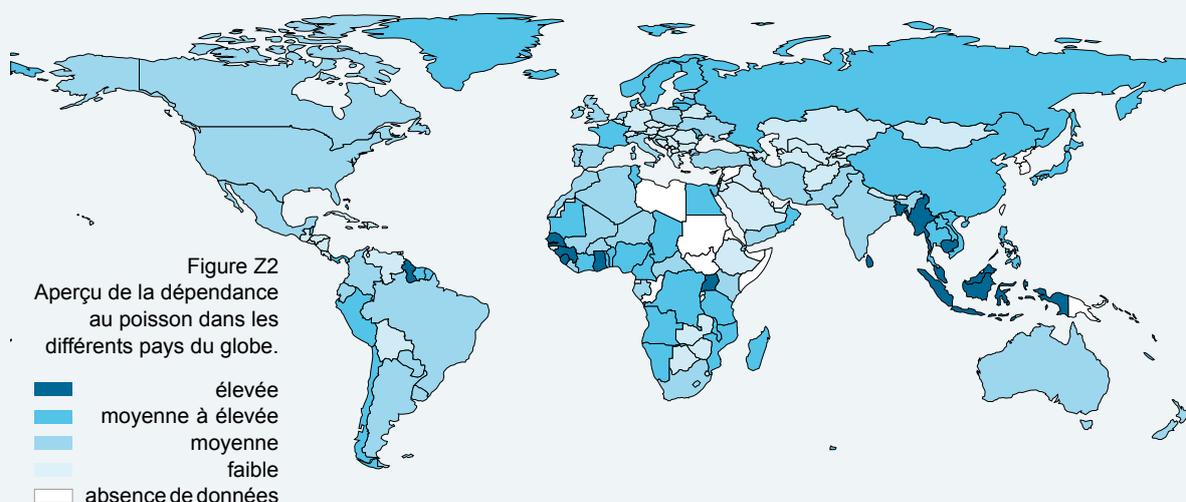
D'un point de vue global, il s'avère qu'il y a suffisamment d'aliments pour nourrir toute la planète ; de même, si nous considérons l'offre actuelle de protéines, aucune pénurie n'est à signaler. Le cœur du problème de la faim se situe en fait dans l'inégale répartition alimentaire.

En 2011, l'offre moyenne mondiale de protéines était de 79 g par habitant et par jour, alors que les besoins moyens ne sont que de 49,6 g par individu et par jour. Ce dernier chiffre a été calculé à partir de la recommandation de 0,8 g par kg et du poids moyen d'une personne en 2011 (62 kg). Comparée à l'apport recommandé par l'OMS, cette valeur de 79 g s'interprète comme un excédent d'offre de protéines voisin de 30 %.

La figure Z1 montre l'offre de protéines dans les pays pris pour exemple dans l'étude : l'Afrique du Sud et le Sénégal, le Pérou et les États-Unis, la Chine et l'Indonésie, l'Allemagne et la France. La hauteur de chaque barre représente l'offre totale de protéines, elle-même subdivisée en deux portions, l'une bleu foncé (protéines de poisson), l'autre bleu clair (autres protéines).

Le nouvel Indice de dépendance au poisson

Notre indice de dépendance au poisson mesure le niveau de dépendance au poisson en tant que source de revenus et de nutriments (protéines, notamment). Il repose sur la combinaison de plusieurs facteurs : a) sécurité alimentaire (incidence de la malnutrition en % de la population) ; b) consommation de poissons (part du poisson dans la consommation totale de protéines animales, en %) ; c) quantité des prises nationales par habitant ; et d) produit intérieur brut (PIB) (en USD ; exprime la capacité à remplacer le poisson par d'autres aliments riches en protéines). Voir la section 1.5 pour en savoir plus sur l'indice.



La figure Z2 fait le lien entre le degré de sécurité (ou d'insécurité) alimentaire, la situation sanitaire et de la faim des Etats, l'importance socio-économique du poisson et des pêcheries et les moyens de subsistance des citoyens. La dépendance aux poissons est alors déduite pour chaque pays.

Les pays où le poisson occupe une place centrale pour nourrir les populations sont particulièrement dépendants de la ressource. Or, de manière générale, ces États (figurés en bleu foncé) ont un secteur halieutique développé et ne sont pas les mieux classés en termes de richesse et de sécurité alimentaire.

Quoique l'indice le fasse apparaître très dépendant du poisson, la situation du Sénégal est particulièrement complexe. Selon les estimations basées sur les chiffres de la FAO, 1 million d'individus environ sont directement ou indirectement tributaires de la pêche dans le pays. Le poisson représente 44 % des apports protéiques animaux de ses habitants mais seulement 12 % du total des protéines de leur régime alimentaire. Si l'on s'en tient à la recommandation globale d'une ration de 11,7 kg/hab/an, la consommation moyenne annuelle de poissons par Sénégalais (24 kg) est excessive ; de même, à raison de 60 g/hab/j, l'offre protéique est elle aussi supérieure à la valeur recommandée (49 g). Si un déclin modéré de l'apport en poisson ne risque pas de provoquer de pénurie de protéines, il faut néanmoins signaler que 10 % de la population nationale est sous-alimentée et que la pêche forme la principale source de revenus dans les régions côtières rurales (Thiao *et coll.*, 2012). Par conséquent, même si l'offre de protéines est suffisante, tout déclin du secteur halieutique risque d'aggraver la pauvreté et la faim sur les littoraux (Lam *et coll.*, 2012) et de compromettre la stabilité politique du pays.

L'offre et la demande de poisson

Nous souhaitons savoir quelles régions du globe parvenaient à subvenir à leurs besoins grâce à leur propre production au présent et à l'avenir, et lesquelles devenaient de plus en plus dépendantes des importations pour satisfaire leur demande. Dans un premier temps, nous avons subdivisé les mers du globe en 64 Grands Ecosystèmes Marins (GEM), qui représentent 95 % des prises mondiales annuelles de poisson (Sherman *et coll.*, 2009) et posent des défis particuliers en matière de gestion régionale, et dans certains cas, multinationale. Dans un second temps, nous avons déterminé si les captures réalisées dans ces zones en 2010 étaient en mesure de couvrir la demande locale de poissons des habitants des pays limitrophes. À cette fin, nous avons exploité les données du projet Sea Around Us conduit par l'Université de Vancouver (base de données Sea Around Us).

La figure Z3 fait apparaître les GEM. Notons que la productivité varie sensiblement d'une région à l'autre : les disques rouges et jaunes indiquent que l'offre est

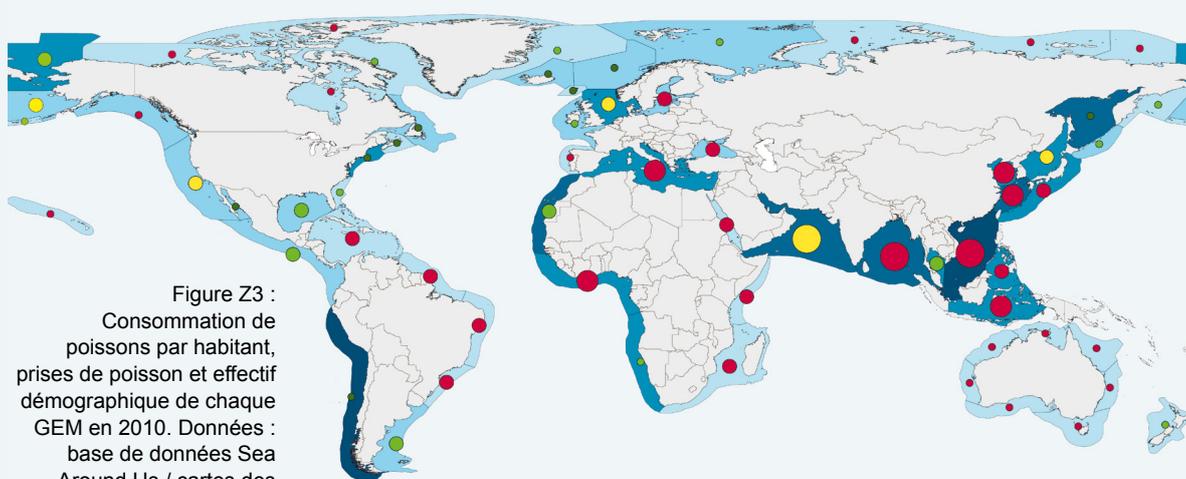
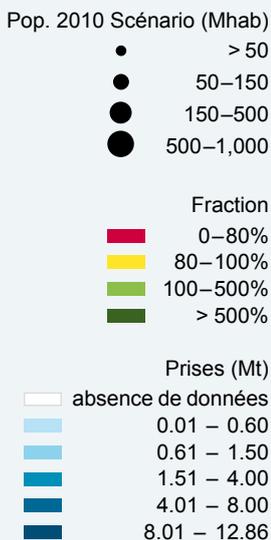


Figure Z3 :
Consommation de poissons par habitant, prises de poisson et effectif démographique de chaque GEM en 2010. Données : base de données Sea Around Us / cartes des auteurs.



insuffisante pour satisfaire la demande locale, ceux de couleur vert clair et vert, qu'elle est au contraire suffisante, voire supérieure à la demande locale.

Les GEM comptant plusieurs pays riverains (comme la Méditerranée, la mer des Caraïbes et la mer Baltique) semblent moins à même de couvrir la demande locale que ceux dont un seul ou un petit nombre d'États sont limitrophes. Cela dit, les GEM très productifs de l'Atlantique Nord et du Pacifique Est se montrent généralement aptes à satisfaire la demande locale, ce qui vaut aussi pour l'Europe, les côtes Est et Ouest des États-Unis et le littoral occidental de l'Amérique latine. En revanche, la production halieutique des GEM riverains de l'Afrique (sauf au Nord-Ouest du continent) et de ceux bordant les côtes asiatiques et australiennes est insuffisante au regard de la demande actuelle.

Le modèle bioéconomique

Afin d'anticiper les tendances futures, nous avons fait des projections sur les prises mondiales de poissons et les effets pouvant en découler sur la consommation à l'horizon 2050. Le volume des captures variant en général avec l'activité halieutique et la productivité des stocks, il nous a fallu appliquer un modèle bioéconomique pour déterminer les prises à venir. Celui retenu ici combine deux dimensions : la première, écologique, exprime la productivité des stocks de poissons, la seconde, économique, reflète les incitations économiques en faveur des activités halieutiques et la répartition des captures entre les marchés.

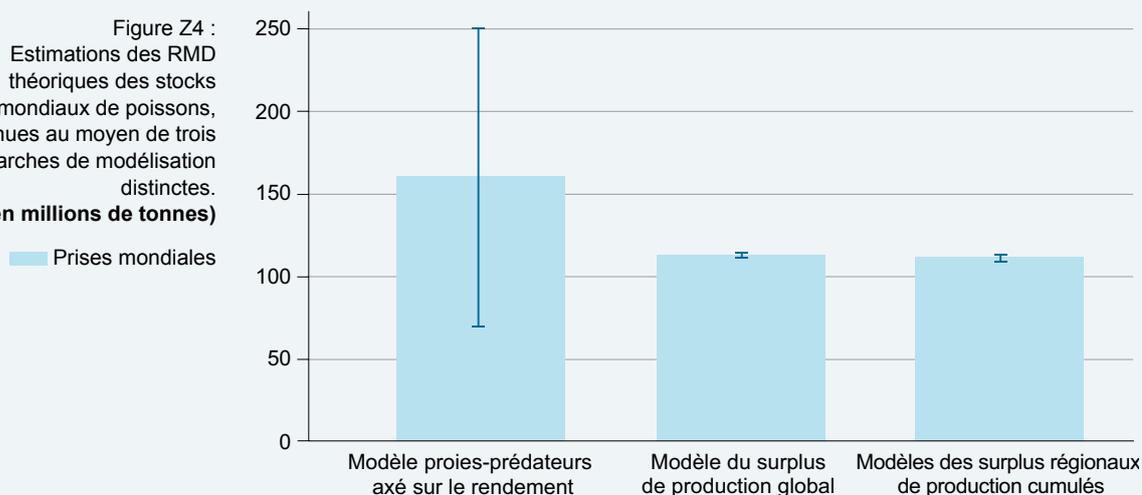
Le modèle a pour vocation d'expliquer la manière dont le volume total des prises de poisson fluctue au gré des évolutions affectant l'économie et la gestion des pêches mais aussi la manière dont les prises mondiales totales se répartissent et sont consommées au plan régional.

Cette modélisation repose sur différents systèmes de gestion des pêches actuellement en vigueur. La nouveauté de l'approche réside toutefois dans la prise en compte des interactions survenant dans le milieu marin : en effet, les poissons capturés se décomposent en espèces prédatrices et en espèces proies. Or les études antérieures fondées sur une méthode de recherche globale comparable font abstraction des interactions biologiques, soit parce qu'elles regroupent l'ensemble des espèces de poisson dans un même modèle (Banque mondiale, 2009), soit parce qu'elles considèrent des stocks qui sont biologiquement indépendants les uns des autres (Quaas *et coll.*, 2016 ; Costello *et coll.*, 2016).

Résultats

Pour effectuer nos projections, nous élaborons un scénario de gestion reposant sur le postulat d'un Rendement Maximal Durable (RMD) pour toutes les pêcheries. En calculant le RMD, nous obtenons une indication théorique de la contribution maximale des stocks mondiaux de poissons pour satisfaire les besoins en protéines de la population mondiale en 2050. Les RMD estimés pour les stocks halieutiques planétaires au moyen de trois types de modélisation distincts sont présentés ci-après.

Figure Z4 :
Estimations des RMD
théoriques des stocks
mondiaux de poissons,
obtenues au moyen de trois
démarches de modélisation
distinctes.
(en millions de tonnes)



La première colonne renseigne sur la quantité des prises mondiales obtenues dans un modèle proies-prédateurs purement axé sur le rendement. Le premier modèle détermine la productivité des stocks mondiaux de poissons sur la base des interactions existant entre poissons prédateurs et poissons proies : à ce titre, seule une diminution des stocks de grands poissons prédateurs est capable de conduire à un accroissement significatif des captures de leurs poissons proies, et par là même, à l'augmentation du volume total des captures. En conséquence, ce modèle a pour objectif de maximiser les quantités capturées : or un RMD de 160 millions de tonnes en 2050 ne peut en principe être atteint qu'au détriment de la biodiversité marine. De plus, la valeur du gain de prises est assortie d'un degré élevé d'incertitude (+/- 90 millions de tonnes), effet typique de la déstabilisation de l'équilibre entre prédateurs et proies. Enfin, si l'objectif d'une bonne santé marine indispensable au maintien de stocks de poissons en bonne santé est écarté (par exemple, intégrité des habitats ou réduction des prises accessoires), on peut envisager des prises plus abondantes sans que cela soit toutefois souhaitable ou viable d'un point de vue écologique.

Les deuxième et troisième colonnes, elles, expriment une prise maximale stable dans les modèles de surplus de Schaefer, selon lesquels le taux d'exploitation ne peut excéder la croissance naturelle des ressources renouvelables. Dans ce cas, nous commençons par calculer le modèle de surplus pour l'océan tout entier en prenant pour hypothèse un stock global (deuxième colonne), avant d'appliquer l'opération aux 64 GEM (troisième colonne) et d'en déduire un stock pour chacun d'eux. La somme effectuée, le résultat du troisième modèle rejoint celui du deuxième : les prévisions tournent aux alentours de 112 millions de tonnes de poisson en 2050. Le recours au modèle de surplus vise en fait à savoir dans quelle mesure les GEM peuvent contribuer à répondre à la demande mondiale et régionale de protéines de poisson.

Nous avons rétrospectivement calculé des prises globales totales de 101 millions de tonnes de poisson en 2010. En d'autres termes, les quantités actuellement capturées ne peuvent pas augmenter de plus de 10 % à l'avenir, ce qui signifie que les ressources marines semblent déjà presque totalement exploitées.

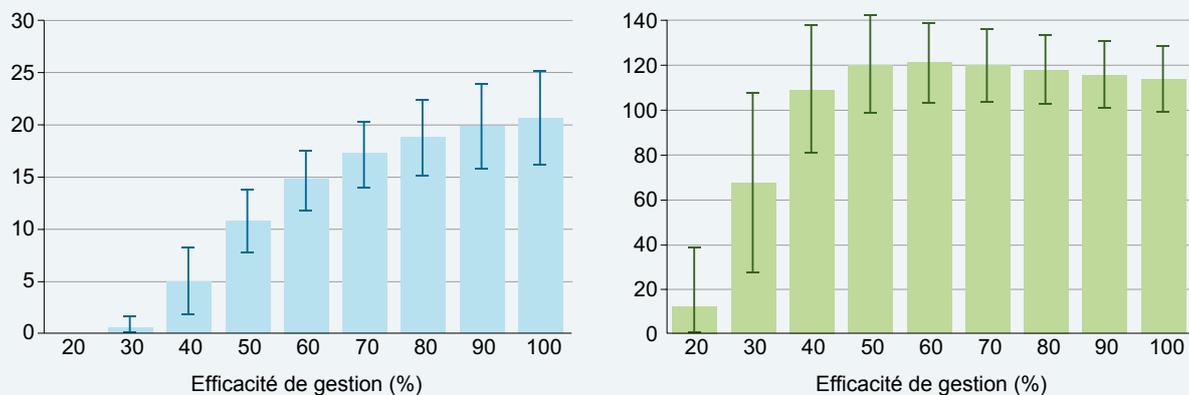


Figure Z5 : Prises mondiales de poissons en 2050 selon le modèle bioéconomique proies-prédateurs global. Le modèle envisage différents degrés d'efficacité de gestion et prend pour hypothèse la croissance du PIB postulée dans le scénario de référence SSP1 (cf. le chapitre 3 pour plus de précision à ce sujet). **(en millions de tonnes)**

■ Prises mondiales de poissons prédateurs
 ■ Prises mondiales de poissons proies

Nous avons par ailleurs étudié la façon dont le niveau d'efficacité de la gestion des pêcheries influait sur la quantité des prises. À ce sujet, notre analyse a conclu que si le taux d'efficacité atteignait 100 %, la biodiversité marine serait sauvegardée et les captures mondiales de poisson prédateur et de poisson proie atteindraient respectivement 21 et 116 millions de tonnes, ce qui signifie qu'au total, 137 millions de tonnes de poissons seraient capturées de façon responsable (figure 23).

Si la gestion prenait en considération la totalité des effets potentiels des activités halieutiques sur les perspectives futures de la pêche, une efficacité de 100 % serait obtenue. Au plan économique, toute gestion optimale stipulerait également un total admissible de captures pour chaque stock, de sorte que les activités de pêche correspondantes soient efficacement réglementées et restreintes.

Seul un mécanisme de gestion accordant une grande importance aux relations internes à l'écosystème permet d'assurer une industrie halieutique viable, à savoir, enregistrer des volumes élevés de prises tout en renforçant la résilience écosystémique grâce à la protection de la biodiversité et des habitats marins.

L'efficacité moyenne de la gestion halieutique étant actuellement estimée entre 50 et 60 % (Mora *et coll.*, 2009 ; Watson *et coll.*, 2009 ; Quaas *et coll.*, 2016), le potentiel d'amélioration est considérable. Certes, la quantité des prises actuelles peut très bien être maintenue à ce niveau d'efficacité, mais à la condition d'intensifier la pêche des grands poissons prédateurs de manière à alléger la pression subie par les petits poissons proies, ce qui ferait légèrement progresser la taille moyenne des prises. Bien qu'en réalité largement répandue dans les faits, cette pratique comporte toutefois un double risque par rapport au meilleur modèle de gestion possible : rupture de l'équilibre écosystémique et réorientation à terme de la consommation en direction des poissons de proie.

La chute de l'efficacité de gestion en-dessous du niveau actuel entraînerait une baisse prononcée des captures de poisson prédateur et de poisson proie. C'est pour cela qu'il est crucial d'assurer une gestion des pêches la plus efficace possible pour préserver les rendements dans un contexte d'élévation de la demande globale de poisson.

Dans la dernière étape, nous analysons comment les GEM contribuent à couvrir les besoins protéiques globaux. Pour cela, nous utilisons les estimations issues du troisième modèle (modèle de surplus appliqué aux 64 GEM) et les comparons aux projections régionales de la consommation de poisson. Les prévisions reposent elles-mêmes sur les estimations internationales du développement socioéconomique, à savoir la tendance démographique et la croissance économique (Scénarios Socioéconomiques Partagés, ou SSP ; voir à ce propos la note 3 page 56).

Dans le scénario SSP1, caractérisé par l'hypothèse de croissance démographique la plus faible, l'offre globale de poisson en 2050 est en mesure de satisfaire environ 81 % des besoins mondiaux d'une population qui avoisinera alors les 8,5 milliards d'habitants. Dans le scénario SSP3, où la croissance démographique est cette fois la plus forte, seuls 75 % des besoins sont couverts par les poissons capturés à l'état sauvage à la même date.

Ces 30 dernières années, la croissance soutenue de l'aquaculture a permis de satisfaire l'appétit mondial grandissant pour le poisson, la moitié du poisson consommé sur la planète provenant aujourd'hui de la production aquacole. Si les résultats de nos prévisions sont exacts et que le volume des prises de poisson à l'horizon 2050 parvient à couvrir 80 % des besoins mondiaux, il ne sera plus nécessaire que la production aquacole continue à croître, à condition toutefois que le poisson soit plus équitablement réparti.

Or les problèmes de répartition ne cessent de se renforcer, au point que la consommation de régions aussi dépendantes du poisson que celle bordant la côte de l'Asie orientale risque de décliner sensiblement d'ici 2050. En effet, le poisson étant échangé à l'échelle mondiale, son cours est fixé en fonction de la demande planétaire. Conséquence, si les cours du poisson augmentent sous l'effet de l'évolution de la demande, le poisson deviendra inabordable pour de larges pans de la population des GEM riverains de l'Asie de l'Est. Dans cette éventualité, les individus concernés seraient contraints de se tourner vers d'autres sources plus accessibles et le poisson serait exporté pour être vendu à un prix plus élevé.

Premiers constats

- 1 Selon nos projections, si la gestion des ressources halieutiques n'évolue pas, nous serons en capacité de pêcher près de 112 millions de tonnes de poisson dans le monde en 2050. Les ressources marines sont déjà proches de leur seuil de surexploitation (101 millions de tonnes de prises dans le monde en 2010), ce qui laisse peu de marge de manoeuvre pour augmenter le volume des prises à l'avenir.

Le seul moyen de faire augmenter les quantités capturées pour répondre à la demande croissante est d'améliorer la gestion des pêches à l'échelle planétaire en prenant en compte les interactions écologiques au sein de chaque décision. Un tel système de gestion, à la fois différencié et économiquement optimisé, permettrait de porter le niveau des captures mondiales à environ 137 millions de tonnes à l'horizon 2050.



Amélioration de la gestion des pêches

La pêche exerce actuellement une forte pression sur les stocks halieutiques et sur leurs habitats dans toutes les zones océaniques du globe. C'est la raison pour laquelle le WWF milite en faveur d'une gestion écosystémique des pêches, capable de sauvegarder l'avenir de l'écologie marine et de la population humaine. L'objectif est de préserver les stocks vitaux de grands poissons prédateurs tout en protégeant les habitats et les espèces menacées, en fixant notamment des limites totales admissibles de prises pour réguler efficacement l'industrie halieutique. Ce modèle de gestion s'impose de toute urgence pour garantir une pêche viable. Sa mise en œuvre permettrait d'accroître la production de poisson, qu'il ne resterait plus qu'à distribuer plus équitablement. La pêche illégale (30 % des prises mondiales) est l'une des conséquences de la mauvaise gestion actuelle. Elle s'explique par l'intensification de la concurrence et la progression de la demande mais surtout par la faiblesse des contrôles. Or, face à ce problème, l'Union Européenne a une responsabilité particulière. Premièrement, ses États Membres doivent se montrer plus cohérents dans l'application de la réglementation contre les importations de poisson issu de la pêche illégale. Deuxièmement, il leur incombe de veiller à ce que toute activité halieutique à laquelle ils se livrent dans les eaux extérieures à l'UE soit juste et viable. Enfin, les conventions conclues par l'UE avec les pays tiers doivent donner la priorité à la pêche régionale et garantir avant tout que les populations locales se voient proposer un poisson issu de la pêche locale.

- 2** Le volume de poissons sauvages pouvant être capturés en 2050 (112 millions de tonnes si la gestion des pêches n'évolue pas) devrait permettre de fournir 12 kg de poisson par an à chaque habitant du globe. Ce chiffre correspond approximativement à la quantité moyenne actuellement recommandée par l'OMS et par un grand nombre de pays.

Un poisson « plus équitable »

Pour le WWF, l'idée selon laquelle le poisson existe en quantité suffisante pour tout un chacun mérite un examen plus approfondi. Tout d'abord, un statu quo n'est tout simplement pas envisageable car les limites ont déjà été franchies : 31 % des stocks sont surexploités et 58% sont pleinement exploités (la limite d'exploitation maximale a été atteinte). D'autre part, aucun mécanisme équitable de répartition du poisson ne prend en compte les réels besoins nutritionnels. Ensuite, l'apport de poisson recommandé par l'OMS porte essentiellement sur les micronutriments précieux et non sur les protéines. Dans de nombreux pays, la demande actuelle de poisson est bien supérieure à la recommandation moyenne de l'OMS car peu d'alternatives protéiques existent pour leurs populations. Au Sénégal, consommé à hauteur de 24 kg par habitant et par an, le poisson fournit près de la moitié des protéines animales absorbées. En Allemagne et en France, la consommation par individu, respectivement égale à 14 et 32 kg, excède là aussi le niveau recommandé par l'OMS. Pourtant, dans ces deux pays, le poisson ne représente que 7 % des protéines animales consommées : autrement dit, même si nous devions nous passer complètement de poisson, nous ne souffririons d'aucun déficit protéique. La situation est naturellement très différente dans les régions pauvres affichant un haut niveau de consommation de poissons.

- 3** L'hypothèse que nous faisons est que les pays développés opteront pour l'importation de poisson plus cher lorsqu'ils se trouveront confrontés à une pénurie d'offre en l'an 2050. Les pays en développement disposant d'abondants stocks halieutiques préféreront pour leur part exporter leur poisson plutôt que de le manger. Les pays riches pourront ainsi toujours se procurer « leur » poisson à l'avenir, contrairement aux nations démunies. Au sein des pays côtiers, les moins riches, la pauvreté et la faim risquent de s'aggraver.

En 2050, les GEM d'Afrique et d'Amérique latine (sauf au Nord-Ouest de l'Afrique et au Pérou) et ceux bordant le continent asiatique ne pourront plus satisfaire la demande locale de poisson sauvage. Les pays limitrophes des GEM d'Asie orientale, d'Afrique de l'Ouest et de la façade occidentale de l'Amérique du Sud, eux, auront toutes les chances d'exporter leur poisson en raison de son cours élevé et de la faiblesse du coût des denrées de substitution. Au même moment, les pays développés à fort pouvoir d'achat, tels que l'Australie et les États-Unis, devraient voir leurs importations de poisson progresser. Quant à l'Allemagne, la France ou encore l'Afrique du Sud, elles risquent d'importer leur poisson en provenance d'autres régions marines pour compenser les épisodes de pénurie sévère qu'elles sont appelées à traverser.

Satisfaire les besoins du Nord au détriment du Sud

Aujourd'hui, l'Europe importe environ un quart du total des prises mondiales de poisson et représente le plus grand marché. Plus de la moitié du poisson importé par l'UE provient des pays en voie de développement. Chaque année, nous autres Européens avons déjà mangé l'ensemble du poisson pêché dans nos eaux avant la fin du premier semestre. Le reste de l'année, nous consommons du poisson importé au détriment d'autres régions du globe, où il forme une source de nutrition et/ou la clé de voûte des structures économiques locales. La forte demande de poisson importé diminuerait très probablement si les stocks halieutiques des eaux intérieures de l'Union européenne retrouvaient un niveau raisonnable.

La consommation de poisson dans l'hémisphère Nord va également avoir un impact négatif croissant sur les conditions de vie de ceux qui dépendent de la ressource pour subvenir à leurs besoins. En outre, notre analyse des flux de répartition montre clairement que les prises supplémentaires ne serviront pas à satisfaire la demande croissante des pays tributaires du poisson. De toute évidence, la résolution des problèmes de raréfaction des ressources et d'inégalité de répartition ne doit pas être laissée aux pays les plus démunis, sous peine d'exacerber les conflits et d'accroître l'instabilité, notamment si le secteur halieutique n'est pas mieux régulé.

Conclusion

Notre rapport décrypte les conditions à réunir pour mettre en place une offre durable de poisson. Il insiste, par ailleurs, sur les mutations à opérer dans l'industrie halieutique et dans son administration pour éradiquer la faim et la pauvreté qui menacent la planète. À défaut, les engagements exposés dans le plan d'action des Nations unies resteraient vains, l'éradication de la faim et de la pauvreté d'ici 2030 constituant deux des 17 Objectifs de Développement Durable (ODD). Pour les atteindre, la gestion des pêches, entre autres, doit progresser sensiblement sur l'ensemble de la planète. Les stocks de poissons pâtissent aussi des effets du changement climatique, ainsi que de la pollution et de la destruction de leurs habitats. Les efforts consentis pour améliorer la gestion des ressources halieutiques, mettre en œuvre une aquaculture responsable, protéger les habitats marins et favoriser un commerce équitable permettraient de restaurer la productivité de nos mers et procureraient des moyens de subsistance à des milliards d'individus dans les pays en voie de développement. La croissance démographique mondiale ne doit pas servir de prétexte à une exploitation toujours plus intensive des océans. La solution repose sur la mise en œuvre et la stricte application d'une gestion des pêches écosystémique et viable, garantissant des droits d'accès et des prix équitables. L'augmentation de l'offre de poisson issu de pratiques de pêche responsable et du commerce équitable n'a pas pour seul but de donner bonne conscience aux consommateurs européens : elle doit aussi bénéficier de manière tangible aux pêcheurs et aux aquaculteurs des pays en voie de développement.

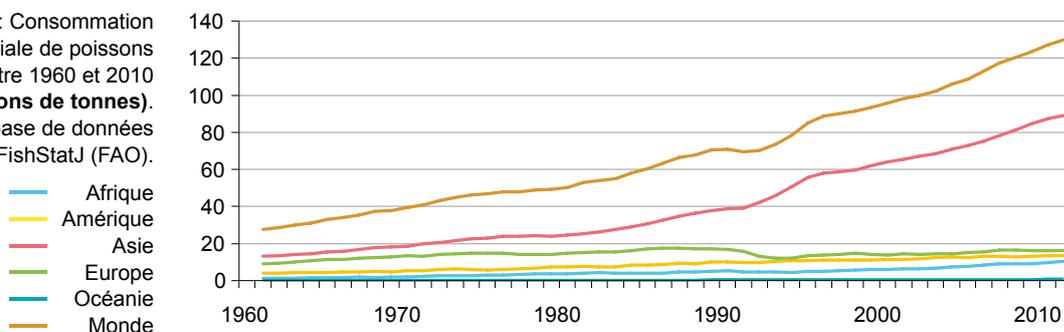
La responsabilité d'une telle évolution nous incombe à tous, pas seulement au plan politique, mais également en notre qualité de consommateur.

1. La consommation de poisson

Par « consommation de poisson », nous entendons dans cette étude la quantité de poisson disponible à la consommation dans un pays donné, à savoir, la production (hors usages non-alimentaires) majorée des importations, minorée des exportations, majorée ou minorée des variations de stocks⁵.

La consommation de poisson considérée ici englobe les poissons pélagiques, démersaux et autres poisson marins, les poissons d'eau douce, les mollusques, les crustacés et les céphalopodes issus de la production marine et aquacole. Les données exploitées couvrent le demi-siècle s'étalant de 1961 à 2011. La figure 1 met en relief la tendance à la hausse de la consommation mondiale de poissons, qui totalisait 130 millions de tonnes en 2011. Si l'Afrique, l'Amérique, l'Europe et l'Océanie n'ont connu qu'un léger accroissement de leur consommation au cours des 50 années étudiées, l'augmentation est en revanche nettement plus soutenue en Asie depuis la décennie 1980, en particulier en Chine, dont la production piscicole (notamment aquacole) a nettement progressé.

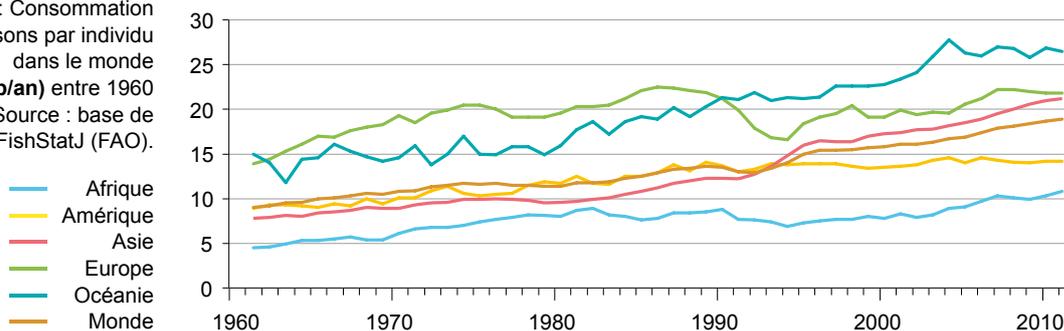
Figure 1 : Consommation mondiale de poissons entre 1960 et 2010 (en millions de tonnes).
Source : base de données FishStatJ (FAO).



L'évolution de la consommation de poisson par habitant dans le monde au cours de la même période est présentée sur la figure 2. En l'espace de 50 ans, sa valeur a plus que doublé, pour dépasser les 19 kg par individu en 2013. Bien que la consommation de poissons par individu ait progressé sur chaque continent, la quantité absolue de poisson mangée par une personne diffère d'une région à l'autre. L'Afrique est ainsi le continent affichant la plus faible consommation par personne, néanmoins passée de 4,5 kg en 1961 à 10,8 kg en 2011. L'Europe, qui se classait au premier rang de la consommation de poissons par individu (21,3 kg) jusqu'en 1990, a depuis cédé cette place à l'Océanie (26,5 kg en 2011). La hausse de consommation par habitant la plus prononcée a été observée en Asie, où elle est avant tout attribuable au rapide essor de la production aquacole chinoise (voir figure 2).

La figure 3 met en évidence les disparités de niveaux de consommation actuelle de poissons entre les différents pays. Les pays développés affichent la consommation par individu la plus élevée (moyenne de 26,8 kg en 2013), les Pays à Faible Revenu

Figure 2 : Consommation de poissons par individu dans le monde (kg/hab/an) entre 1960 et 2010. Source : base de données FishStatJ (FAO).



et à Déficit Vivrier (PFRDV), la plus basse (moyenne de 7,6 kg en 2013). Ces écarts de consommation tirent leur origine du prix et de la disponibilité du poisson et de ses substituts, du niveau de revenu et de facteurs socioéconomiques (FAO, 2016).

Pour ce qui concerne la consommation mondiale, remarquons que la part des poissons démersaux, pélagiques et des autres poissons marins a décliné au cours du temps, au profit des poissons d'eau douce (voir figure 4). Là aussi, la forte croissance de la production agricole, Chine en tête, rend compte de la dynamique à l'œuvre, marquée par la consommation accrue d'espèces comme le poisson-chat, le tilapia, le pangasius (poisson d'eau douce), les crevettes et les bivalves (fruits de mer tels que mollusques, crustacés et céphalopodes). La consommation d'espèces d'eau douce est ainsi passée de 1,5 à 6,5 kg par individu dans la période étudiée.

Les habitudes relevées au niveau continental ne font que refléter la tendance mondiale (voir figure 5). On notera toutefois que la proportion de poissons démersaux et pélagiques dans la consommation a diminué en Asie, en Amérique et en Europe, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les produits aquacoles servent d'alternative bon marché aux prises sauvages. La situation observée en Afrique est différente : sur ce continent, le profil de consommation demeure relativement constant dans le temps, à ceci près que la consommation d'espèces pélagiques progresse légèrement.

Si l'Europe du Nord et l'Amérique du Nord privilégient les poissons démersaux, les pays de la Méditerranée et d'Asie orientale préfèrent pour leur part les céphalopodes. Dans l'ensemble, 74 % des 19,7 kg de poisson ingérés en moyenne par chacun des habitants de la planète en 2010 se composaient de poissons à proprement parler, et 25 % (soit 4,9 kg par individu) de fruits de mer (FAO, 2016).

Figure 3 : Consommation de poisson par individu dans le monde (moyenne entre 2008 et 2010).
Source : FAO, 2014.

Offre moyenne de poisson par habitant (en équivalent poids vif)

- 0–2 kg/an
- 2–5 kg/an
- 5–10 kg/an
- 10–20 kg/an
- 20–30 kg/an
- 30–60 kg/an
- > 60 kg/an

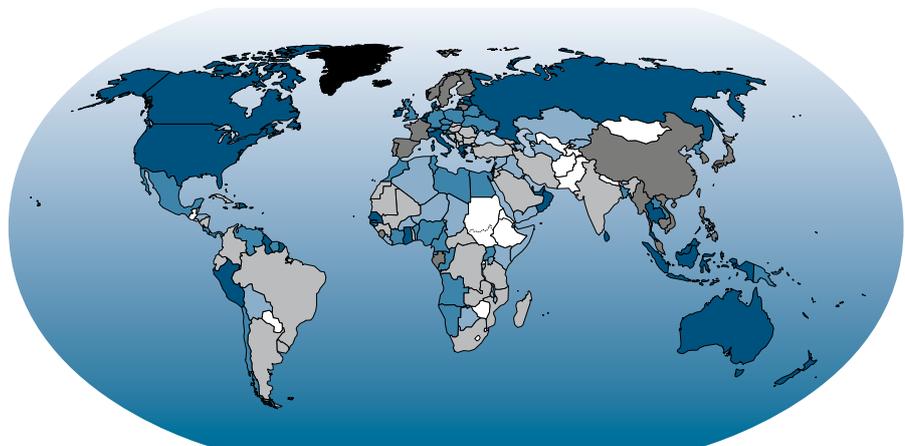
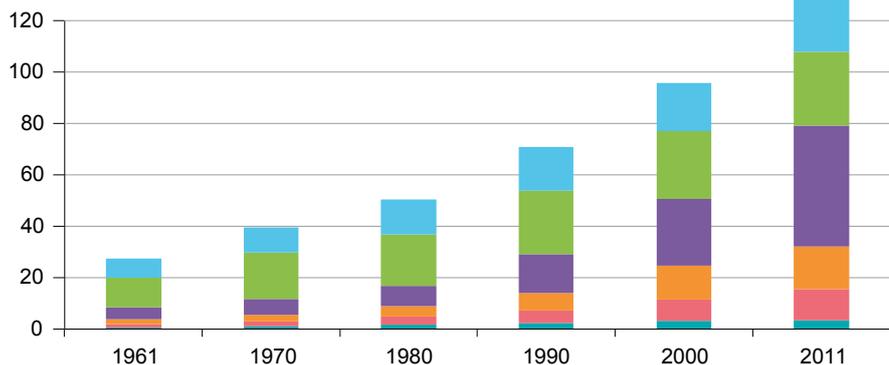


Figure 4 : Habitudes de consommation de poisson dans le monde (en millions de tonnes).
Source : base de données FishStatJ (FAO).

- Poissons pélagiques
- Poissons démersaux et autres poissons marins
- Poissons d'eau douce
- Mollusques et autres
- Crustacés
- Céphalopodes



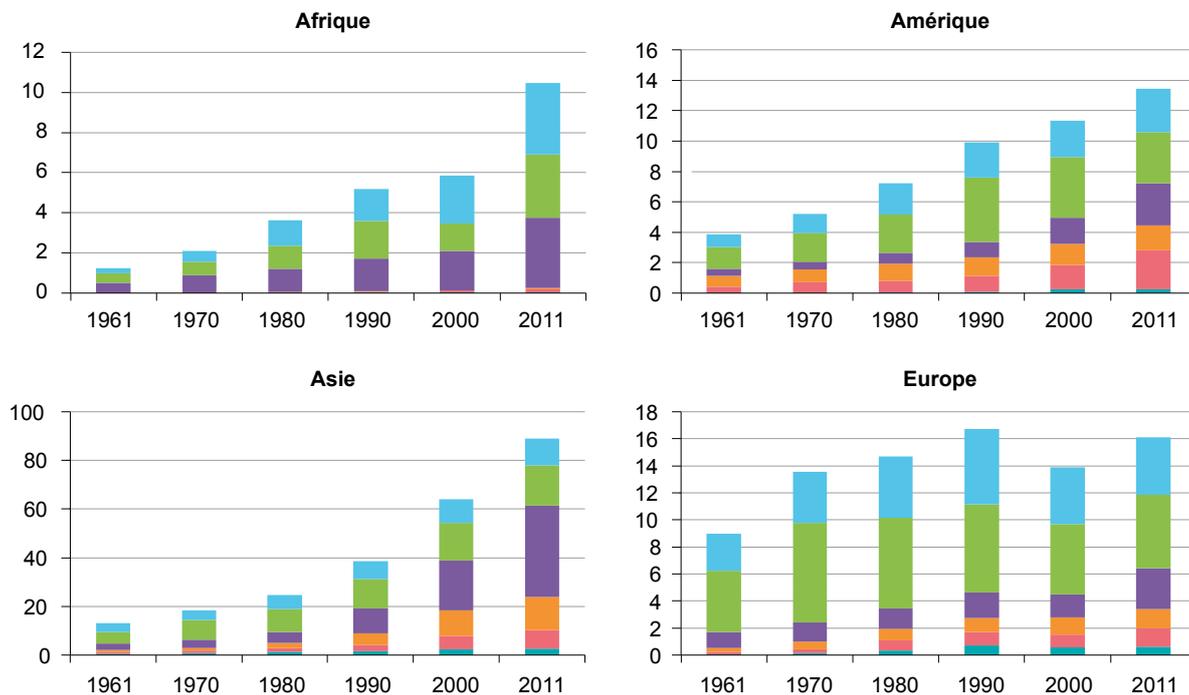


Figure 5 : Profil de consommation du poisson dans les continents à l'étude (en millions de tonnes). Source : base de données FishStatJ (FAO), 2016.

- Poissons pélagiques
- Poissons démersaux et autres poissons marins
- Poissons d'eau douce
- Mollusques et autres Crustacés
- Céphalopodes

1.1 La consommation de poisson dans les pays étudiés

Un aperçu général de la situation ayant été donné, nous nous penchons à présent sur huit pays particuliers afin d'en obtenir un examen plus détaillé. Les pays à l'étude sont les suivants :

- France et Allemagne (Europe),
- Pérou et États-Unis (Amérique),
- Chine et Indonésie (Asie),
- Sénégal et Afrique du Sud (Afrique).

Leur choix repose sur les critères suivants : (1) chaque continent (hors Océanie) doit être représenté ; (2) des pays développés et des pays en développement doivent être inclus ; (3) le poisson et la pêche doivent jouer un rôle important dans les pays sélectionnés.

De tous les pays, ceux retenus en Afrique, le **Sénégal** et **Afrique du Sud**, présentent la plus faible consommation de poissons, passée respectivement de 0,06 (Sénégal) et 0,1 million de tonnes (Afrique du Sud) à environ 0,3 million de tonnes dans les deux cas. La consommation du **Pérou**, elle, excède de peu les valeurs africaines, avec 0,14 et 0,65 million de tonnes en 1961 et 2011. À l'opposé, celle des **États-Unis** est partie de beaucoup plus haut en 1961 (2,5 millions de tonnes) et s'est hissée à 6,8 millions de tonnes en 2011. Du côté de l'**Indonésie**, alors que la consommation de poissons ait été inférieure à 1 million de tonnes au début des années 1960, elle a désormais atteint des valeurs comparables à celles des États-Unis ces dernières années, pour s'élever à 6,9 millions de tonnes en 2011. Le premier consommateur de poisson au monde n'en demeure pas moins la **Chine** : tout d'abord, le pays a d'abord vu sa consommation grimper de 3,4 à 6,9 millions de tonnes entre 1961 et 1984. À partir de la décennie 1980, la consommation de poissons en Chine a pris son envol pour s'établir à 46 millions de tonnes en 2011. À titre de comparaison, l'évolution de la consommation de poissons s'est révélée plutôt modérée dans les deux pays européens choisis : en **Allemagne**, le niveau est resté relativement constant au fil du temps (0,7 million de tonnes en 1961, 1,2 en 2011), en **France**, il a connu une hausse plus prononcée, passant de 0,7 à 2,2 million de tonnes durant la même période.

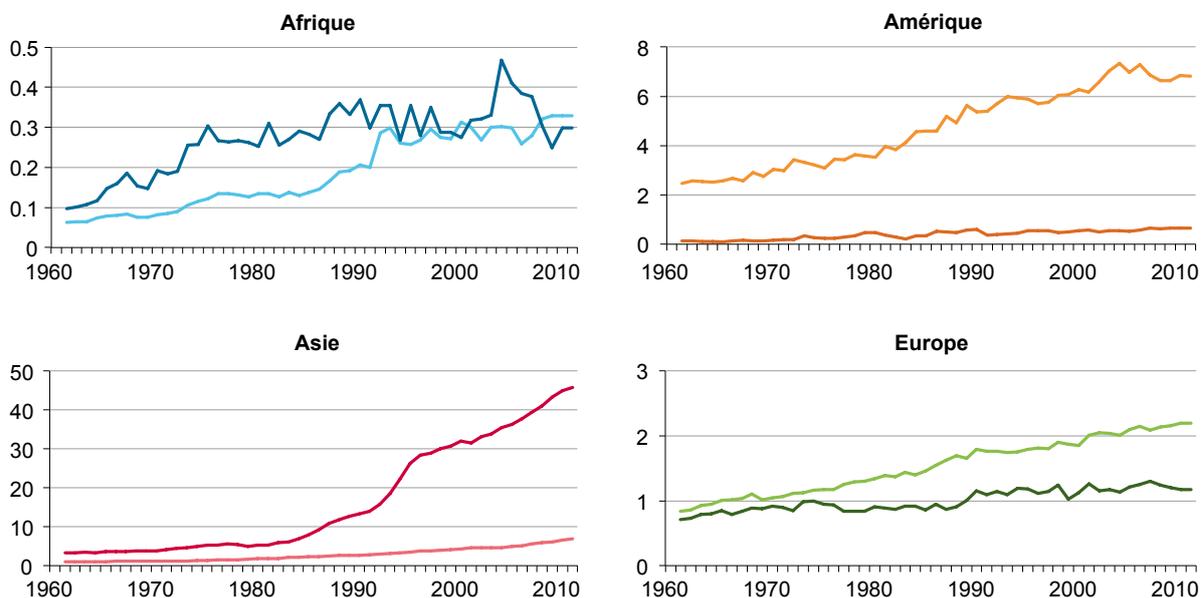


Figure 6 :
Consommation de poissons
dans les huit pays étudiés
(en millions de tonnes).
Source : base de données
FishStatJ (FAO).

- Sénégal
- Afrique du Sud
- Pérou
- États-Unis
- Indonésie
- Chine
- France
- Allemagne

Les écarts relevés entre les pays à l'étude se retrouvent au niveau de la consommation de poissons par individu au cours du temps (voir figure 7). Alors qu'un Sud-africain mange à peu près la même quantité de poissons qu'un Africain moyen, un Sénégalais en ingère quatre à cinq fois plus. Au Pérou et aux États-Unis, où la moyenne dépasse celle du continent, la consommation suit une dynamique analogue, bien que le Pérou connaisse de fortes fluctuations. Une telle variabilité se justifie pour l'essentiel par la dépendance étroite (jusqu'à 80 %) de la pêche péruvienne envers l'anchois péruvien (*Engraulis ringens*), comme en témoigne, au début des années 1980, l'épuisement dramatique des stocks de l'espèce de l'Ouest de l'Amérique du Sud sous l'effet principal du phénomène El Niño (FAO, 2016a), dont la trace est perceptible dans l'évolution de la consommation nationale par habitant.

Tout comme dans le reste de l'Asie, la Chine et l'Indonésie ont enregistré une forte progression de leur consommation par individu. Rien de tel, en revanche, en Europe, où la tendance apparaît relativement stable dans le temps : on observe néanmoins que si la consommation allemande se situe au-dessous de la moyenne européenne, la France la dépasse en termes d'apport de poissons par personne et a connu un accroissement relativement élevé de sa consommation, passée de 18 à 35 kg par habitant durant la période considérée.

La comparaison des habitudes de consommation à l'échelon national fait ressortir des différences entre pays en développement (Afrique du Sud, Sénégal, Indonésie, Pérou) et pays développés (Chine, France, Allemagne, États-Unis) (voir figure 8). Dans le premier groupe, le poisson de mer forme l'essentiel du poisson consommé, largement dominé par les espèces pélagiques, et, hors Indonésie, le poisson d'eau douce représente une très faible part du menu. En Indonésie, l'un des premiers producteurs aquacoles de la planète, les principales espèces d'eau douce produites sont la carpe, le tilapia et le gourami, auxquelles s'ajoute la crevette (FAO, 2016b). On peut pratiquement en dire de même pour le Pérou, où la consommation d'espèces d'eau douce et de mollusques progresse depuis la décennie 1990. Vers la fin des années 1980, le pays s'est engagé dans la production aquacole de truite, de tilapia, de crevette et de coquille Saint-Jacques, dont le développement s'est poursuivi avec succès (FAO, 2016c).

Parmi les pays développés analysés dans ce rapport, l'Allemagne et la France sont ceux présentant l'apport le plus élevé en poisson marin, bien que cette fraction ait tendance à diminuer en France en faveur des mollusques et des crustacés, et qu'en Allemagne, la consommation de poissons d'eau douce soit en progression.

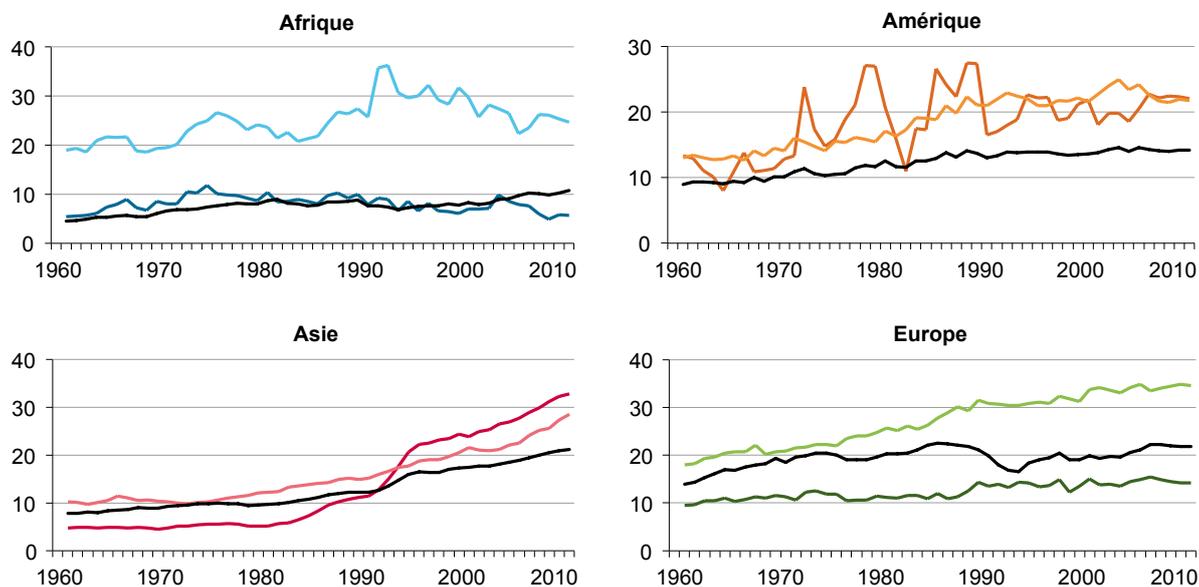


Figure 7 : Consommation de poissons par habitant (en kg/an) dans les huit pays à l'étude et sur le continent correspondant. Source : base de données FishStatJ (FAO).

De même, alors qu'aux États-Unis, la consommation totale demeure relativement stable, on constate, à l'instar de ce qui se passe en France et en Allemagne, un élargissement de la fraction représentée par le poisson d'eau douce et les crustacés au détriment du poisson marin. En règle générale, l'accroissement de la consommation d'espèces d'eau douce, de crustacés et de mollusques est à mettre en rapport avec les importations de produits aquacoles, plus accessibles que les poissons capturés à l'état sauvage.

- Sénégal
- Afrique du Sud
- Pérou
- États-Unis
- Indonésie
- Chine
- France
- Allemagne

Premier producteur aquacole au monde, la Chine est le pays où la consommation de poissons d'eau douce et de mollusques représente la part la plus élevée. À l'opposé, sa consommation de poissons pélagiques et démersaux est la plus faible par rapport à l'ensemble des huit pays étudiés.

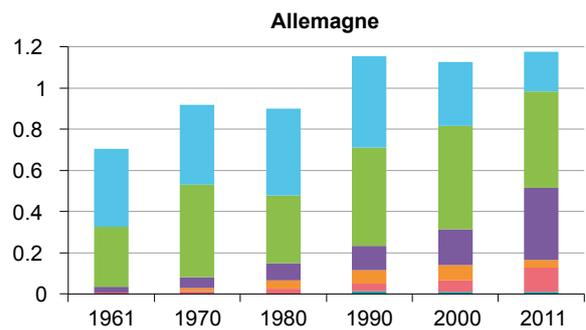
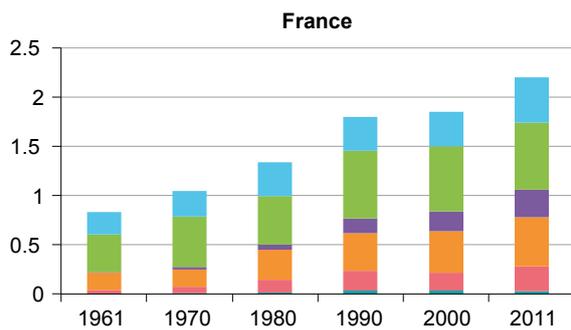
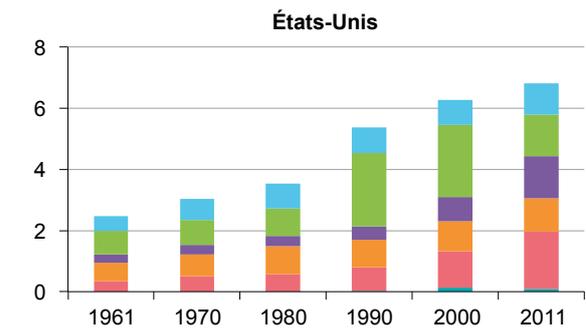
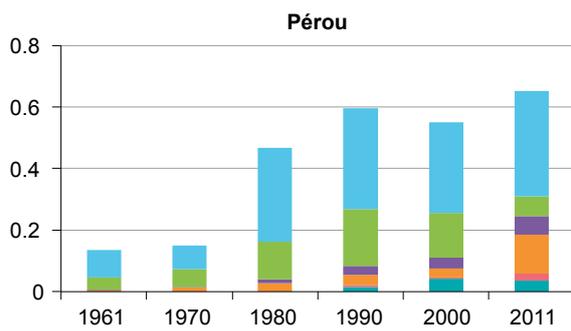
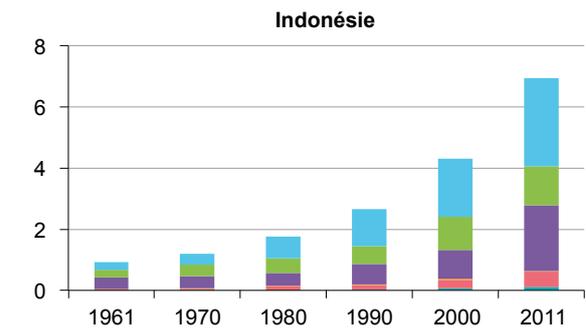
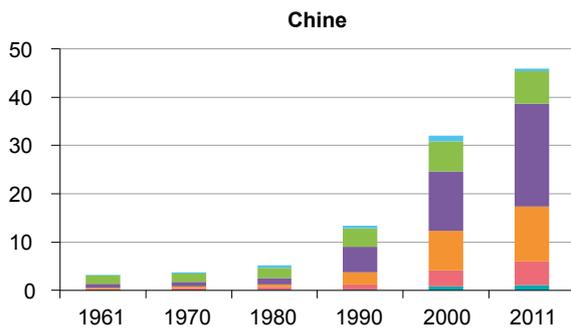
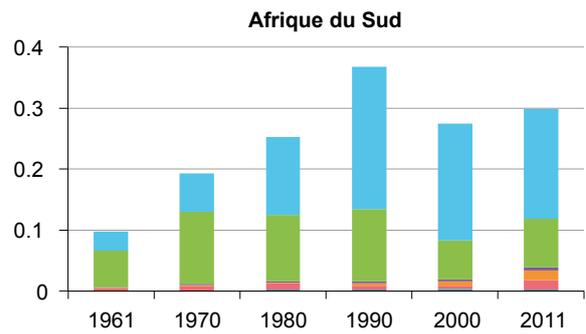
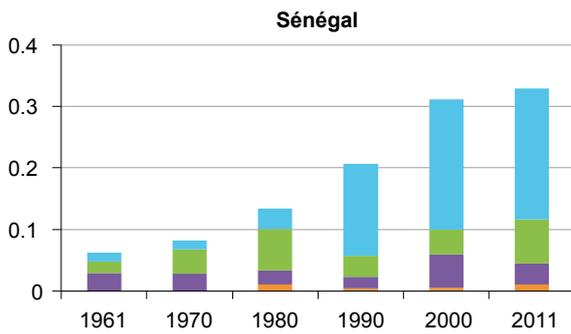
L'accroissement rapide de la consommation de poissons dans les économies en développement du continent asiatique s'explique par la corrélation existant entre la hausse de la consommation de poisson et l'élévation du niveau de vie : résultat, l'apport de poissons par individu enregistre la plus forte croissance là où richesse et urbanisation se combinent et où l'offre intérieure se développe (HLPE, 2014).

Dans l'ensemble, la part des poissons marins et des fruits de mer dans la consommation mondiale décline au cours du temps, tandis que celle des poissons d'eau douce suit l'évolution inverse. Il n'en demeure pas moins que le poisson de mer domine toujours la consommation de poissons sur la planète, et que certains pays, par exemple l'Afrique du Sud, dépendent presque exclusivement des prises sauvages. On soulignera néanmoins que, si elle pèse actuellement moins de 1 % dans la production aquacole mondiale, l'Afrique sub-saharienne est la région dans laquelle cette industrie connaît le plus fort taux de croissance du monde (Institut des ressources mondiales, 2013). De façon générale, il y a peu d'explications expliquant la très grande faiblesse de la production aquacole africaine. Une des raisons fait état de la situation économique contraignante et également de la domination des petites exploitations. Elle concourt certes à asseoir la sécurité alimentaire locale, mais compromet aussi l'objectif d'accroissement de la production de poisson au niveau national (Beveridge *et coll.*, 2010).

Le fait est qu'aujourd'hui, la monoculture de poisson remplace progressivement la pêche traditionnelle de petites espèces de poissons dans certains pays à bas revenu (FAO-COFI, 2014). Notons à ce propos que les petits poissons pélagiques se distinguent en particulier par leur composition nutritionnelle unique et sont

Figure 8 :
Habitudes de
consommation de poisson
dans les huit pays à l'étude
(en millions de tonnes).
Source : base de données
FishStatJ (FAO).

- Poissons pélagiques
- Poissons démersaux et autres poissons marins
- Poissons d'eau douce
- Mollusques et autres
- Crustacés
- Céphalopodes



donc primordiaux. Cela étant dit, la consommation des petites espèces piscicoles coûtant moins cher et étant plus facilement accessibles que les gros poissons, d'autres aliments d'origine animale et de végétaux (Kawarazuka et Bené, 2011), doit être encouragée. Par ailleurs, l'emploi de petits poissons pélagiques pour la production de farine et d'huile de poisson doit être reconsidéré (Tacon et Metian, 2013). Outre l'Allemagne, les poissons pélagiques jouent un rôle notable dans tous les pays en développement étudiés (voir figure 8). La disponibilité des poissons de mer s'annonce très importante à l'avenir, surtout dans les pays dont la production aquacole n'a pas décollé.

Conclusion

- La consommation totale de poissons progresse au fil du temps, mais la part occupée par les poissons marins et les fruits de mer a tendance à régresser.
- Les prises marines jouent toujours un rôle important dans la consommation de poissons, certains pays dépendent à 100 % des captures sauvages.
- La hausse de la consommation de poissons est avant tout induite par l'expansion de l'aquaculture chinoise.
- Les produits aquacoles ne constituent pas un substitut adéquat pour tous les pays.

1.2 Le poisson, principale source de protéines dans le monde

Par sa combinaison absolument unique de protéines de qualité supérieure et de nutriments vitaux, le poisson constitue un aliment irremplaçable. Au-delà d'être une source de protéines animales (150 g de poisson procurent entre 50 et 60 % des besoins protéiques journaliers d'un adulte), il fournit des acides gras, des vitamines et d'autres éléments essentiels comme l'iode et le sélénium, que l'on ne retrouve dans cette quantité et diversité ni dans les céréales ou les autres cultures, ni dans la viande (Beveridge *et coll.*, 2013 ; Kawarazuka et Béné, 2011 ; WOR2, 2013). Or la diversité et la qualité alimentaire figurent parmi les grandes priorités de l'agenda de lutte contre la faim et la malnutrition : la pauvreté est en effet largement corrélée à une consommation excessive de denrées de base et à un apport insuffisant de protéines, de corps gras et de nutriments.

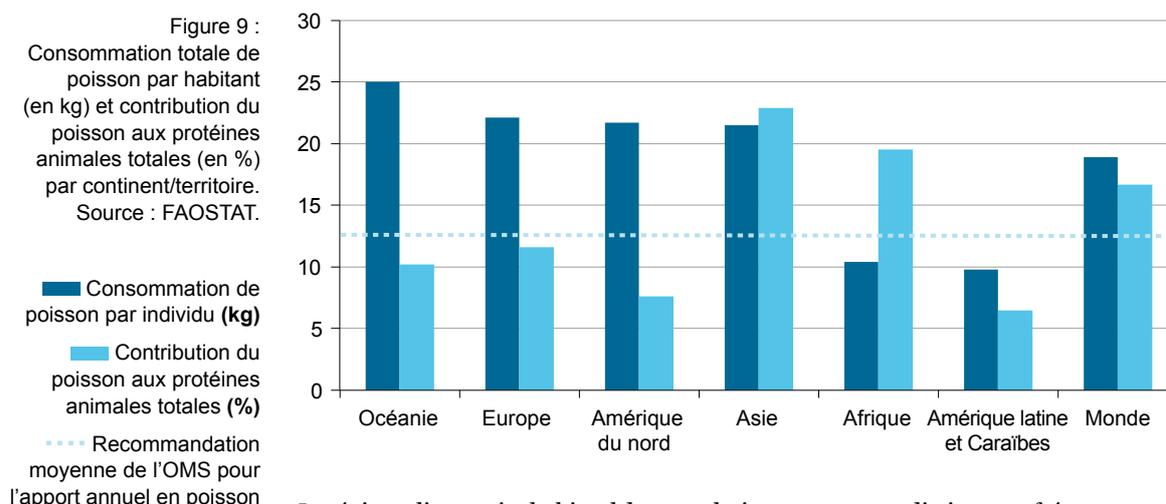
Dans les régions littorales des pays en développement, le poisson est souvent la seule source de protéines animales qui soit abordable et relativement disponible. Ainsi, en Sierra Leone, pays dont la sécurité alimentaire est globalement très précaire, la part du poisson dans les protéines animales dépasse le seuil de 50 %. On insistera par ailleurs sur l'amplitude des écarts entre pays et régions, mais aussi en leur sein, tant en ce qui concerne la quantité et la variété consommées par chaque habitant, que leur contribution aux apports nutritionnels. Une comparaison internationale révèle toutefois que, si la consommation de poissons est relativement faible en Afrique et en Amérique latine (environ 10 kg par individu et par an), elle dépasse en revanche la moyenne planétaire (20 kg) en Asie, en Amérique du Nord et en Europe, où elle s'établit à 22 kg⁶. Ces chiffres reflètent les différents facteurs influençant la consommation de poisson : sa disponibilité, son coût, l'existence éventuelle de traditions alimentaires spécifiques, et le degré de développement du pays. En règle générale, plus le revenu est bas, plus faible est la consommation de poissons. Par tradition alimentaire, on entend le fait que les pays dont l'étendue du littoral ou la richesse piscicole des fleuves ou des îles a favorisé l'enracinement d'une solide tradition halieutique tendent aujourd'hui encore à consommer davantage de poisson (FAO, 2016).

L'OMS recommande en moyenne un apport annuel de 11,7 kg de poisson par personne, soit l'équivalent d'environ 32 g par jour, ou 225 g par semaine. Une comparaison avec les moyennes de consommation des différentes régions du globe montre que seules l'Afrique et l'Amérique latine se rapprochent de cette valeur de référence. Rappelons cependant qu'à l'échelle mondiale, le poisson est inégalement réparti et que l'hémisphère Nord consomme trop de poisson par individu.

En 2013, le poisson comptait pour 6,7 % du total des protéines consommées et 17 % de l'apport de protéines animales chez l'homme. Dans les pays en développement, cette fraction s'élevait a fortiori à 19,6 %, et même à 24,7 % dans les Pays à Faible Revenu et à Déficit Vivrier (PFRDV) (voir figure 9). Chez 3,1 milliards de personnes, le poisson pèse pour 20 % des protéines animales, et chez 4,3 milliards, cette part atteint 15 % (FAO, 2016). Certains petits États insulaires comme les Kiribati, la Micronésie et les Maldives dépendent d'ailleurs presque exclusivement du poisson en tant que source de protéines (FAO, 2016). Au plan calorique, la contribution journalière moyenne du poisson au régime se monte à environ 34 calories par individu. Dans les pays caractérisés par l'absence d'aliment protéique de substitution et par une préférence traditionnelle pour le poisson (p. ex., le Sénégal), tout comme dans plusieurs petits États insulaires, tels ceux précédemment mentionnés, l'apport calorique quotidien du poisson passe à 130 calories par individu ou plus (FAO, 2016).

Ces données étant posées, nous ne pouvons pas sous-estimer l'importance du poisson comme pourvoyeur de protéines et de nutriments, en particulier dans les pays dont la sécurité alimentaire est fragile et/ou où la population est pauvre. Il existe plusieurs raisons à cela :

- On constate une variation considérable entre les pays et en leur sein, notamment dans les régions côtières des petits États insulaires, qui sont dans une large mesure tributaires du poisson pour leur apport en protéines animales. Lorsque ces territoires cumulent éloignement des grands marchés, relative inaccessibilité et forte prévalence de la pauvreté, les possibilités de substitution s'avèrent limitées. La consommation est alors couverte par l'offre intérieure ;
- Les données de consommation sont probablement sous-estimées pour cause de minoration de la contribution de la pêche de subsistance et de la pêche artisanale dans les statistiques officielles (FAO, 2014 ; Pauly, 2016). Conséquence, la consommation réelle de poissons dans les pays en développement dépasse probablement celle figurant dans les rapports officiels ;
- La dépendance économique vis-à-vis du poisson comme source de revenu mérite d'être soulignée dans les zones côtières des pays en développement et détermine pour partie leur sécurité alimentaire.



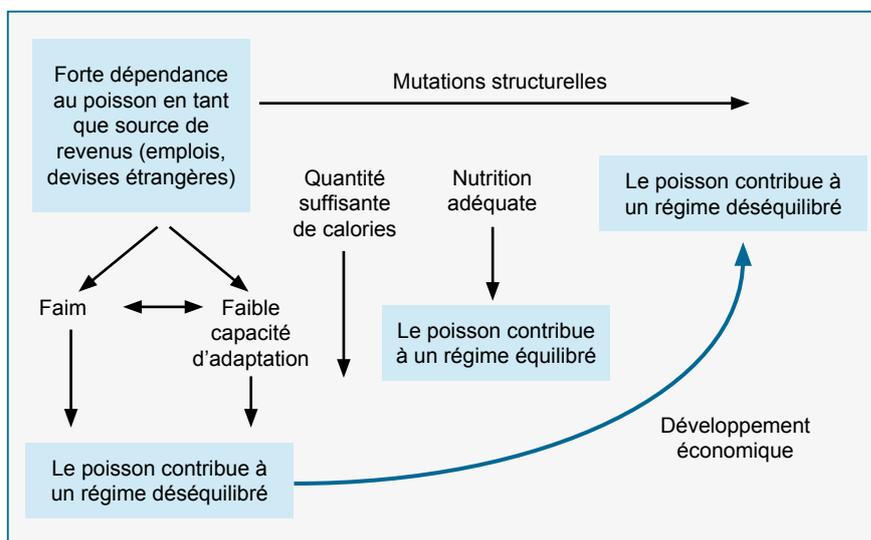
Le régime alimentaire habituel des populations pauvres, se distinguant fréquemment par une très forte proportion de denrées de base (en particulier le maïs, le riz et d'autres céréales), leur consommation de poisson, contribue pour beaucoup à corriger le déséquilibre du rapport calories/protéines. Le poisson représente la plupart du temps une source abordable de protéines animales, qui, en plus d'être moins onéreuse que les autres sources de protéines animales, forme la base des recettes locales et/ou traditionnelles. Dans les pays possédant un vaste littoral, tels le Sénégal, et les îles comme l'Indonésie, il atteint (voire excède) 40 % de l'apport total en protéines animales (voir tableau 1).

Tableau 1
Dépendance du régime alimentaire à l'égard du poisson dans les huit pays considérés dans l'étude.
Source : FAO

	Prévalence de la sous-alimentation (% de la population)	Consommation de poisson (kg/hab/an)	Contribution du poisson aux protéines animales totales (%)
	2013 – 2015	2011	2011
Chine	9.3	33.5	20.56
Indonésie	7.6	28.9	54.82
Sénégal	10.0	23.5	43.73
Afrique du Sud	< 5	5.7	5.2
Pérou	7.5	22.7	22.28
France	< 5	34.8	13.3
Allemagne	< 5	14.2	7.28
États-Unis	< 5	21.7	7.37

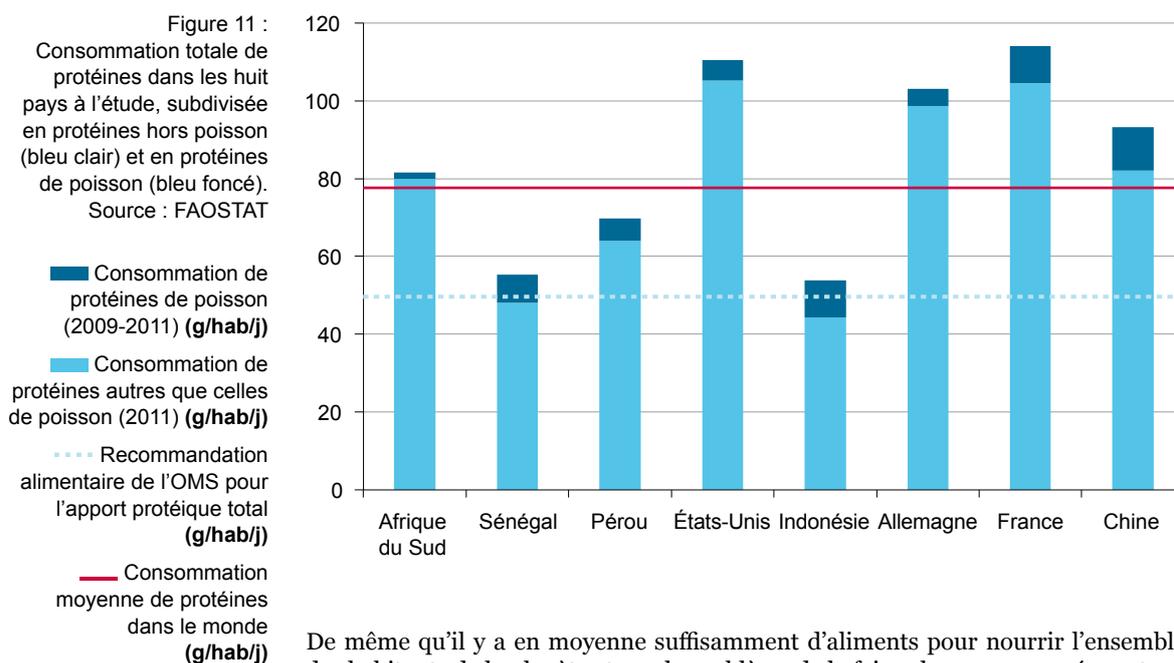
Sur la figure 10, nous représentons graphiquement les relations existant entre la place occupée par le poisson dans le régime alimentaire et le degré de développement économique. Alors qu'un très faible niveau de revenu est par principe associé à la faim, son élévation conduit dans un premier temps à une disponibilité suffisante de calories, puis à une qualité nutritionnelle adéquate. Pour de faibles niveaux de revenu (en bas à gauche), le poisson contribue à un régime déséquilibré, puisqu'il tend à être consommé en des quantités très faibles ou très élevées suivant sa disponibilité. Le même constat vaut lorsque le niveau de revenu est très élevé (en haut à droite), mais en l'occurrence, le régime devient trop riche en protéines. Le plus souvent, le développement économique entraîne des mutations structurelles dans la mesure où la proportion d'individus vivant de la pêche décline parallèlement.

Figure 10
Importance du poisson dans le régime alimentaire en fonction du développement économique d'un pays ou d'une population.



Bien qu'en valeur absolue, l'apport en protéines animales soit plus faible dans les pays en développement que dans les pays développés, la part grandissante des protéines animales dans le monde s'explique pour l'essentiel par le phénomène de rattrapage à l'œuvre dans les pays en développement, Afrique et Asie en tête. Plus précisément, la décomposition de l'apport total en protéines animales en poisson et en viande fait ressortir une légère diminution de la contribution du poisson depuis 1990, au profit des autres protéines animales.

Dans les pays pauvres où le poisson a rang d'aliment traditionnel, l'élévation du niveau de vie va de pair avec une hausse de la consommation de viande et d'espèces de poissons de valeur supérieure, comme les espèces démersales, au détriment des poissons pélagiques. Sans surprise, on constate une progression rapide de la consommation de poisson d'origine aquacole : ainsi, entre 1990 et 2012, la consommation de poisson issue de sources sauvages n'a pratiquement pas évolué, alors que celle de poisson provenant de l'aquaculture a été multipliée par cinq. En tout, la moitié du poisson destiné à la consommation humaine dérivait de l'aquaculture en 2012, contre à peine 5 % en 1962, et 37 % en 2002 (FAO, 2015).



De même qu'il y a en moyenne suffisamment d'aliments pour nourrir l'ensemble des habitants de la planète et que le problème de la faim plonge par conséquent ses racines dans l'inégalité de leur répartition, l'offre mondiale moyenne actuelle de protéines nous fait conclure à l'absence de toute pénurie protéique.

Globalement, l'offre moyenne de protéines s'élevait à 79 g/hab/j en 2011, tandis que les besoins protéiques moyens atteignaient 49,6 g/hab/j. Ce dernier chiffre a été calculé à partir de la recommandation de 0,8 g par kilogramme de poids corporel et du poids moyen d'une personne (62 kg) en 2011. La figure 11 montre la consommation de protéines dans chacun des huit pays envisagés dans l'étude. La hauteur de chaque barre indique la consommation totale de protéines, elle-même subdivisée en deux portions : l'une, bleu foncé, représente le poisson, l'autre, bleu clair, l'ensemble des autres protéines. Ces données permettent d'en tirer pour conclusion que tous les pays, à l'exception du Liberia, de la Guinée-Bissau, du Mozambique, d'Haïti et de Madagascar, disposaient de protéines en quantité suffisante en 2011. Leur répartition n'en reste pas moins très inégale entre les pays et au sein d'eux.

1.3 Le poisson et la sécurité alimentaire

Problème majeur à l'échelle mondiale, la sous-alimentation touche un être humain sur sept et explique pour plus d'un tiers la mortalité infantile. Elle affecte tout particulièrement de nombreux pays en développement, où la majorité des malnutris vivent en milieu rural (voir tableau 1). Au plan géographique, les victimes de la sous-alimentation sont principalement en Asie du Sud, mais l'Afrique sub-saharienne et l'Asie orientale sont aussi largement représentées.

En dehors de la prévalence de la sous-alimentation, les chercheurs recourent souvent à plusieurs autres indicateurs pour évaluer le degré de sécurité alimentaire d'un pays, comme le retard de croissance et la maigreur, respectivement mesurés par la taille-pour-âge et le poids-pour-taille. Autre variable d'intérêt, l'**Indice de la faim dans le monde** (IFM, voir tableau 2), qui reflète la nature multidimensionnelle de la faim en agrégeant quatre composantes (toutes normalisées par rapport à des seuils fixés légèrement plus haut que les valeurs nationales maximales observées dans le monde pour l'indicateur concerné entre 1988 et 2013)⁷ :

- Sous-alimentation (pondération : 1/3) : pourcentage de personnes sous-alimentées dans la population, exprimant la part de la population souffrant d'une insuffisance d'apports caloriques ;
- Maigreur des enfants (pondération : 1/6) : proportion d'enfants de moins de 5 ans souffrant de maigreur, à savoir d'un poids insuffisant pour leur taille, symptôme d'une malnutrition aiguë ;
- Retard de croissance des enfants (pondération : 1/6) : proportion d'enfants de moins de 5 ans souffrant d'un retard de croissance, à savoir d'une taille insuffisante pour leur âge, symptôme d'une sous-nutrition chronique ;
- Mortalité infantile (pondération : 1/3) : taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans, exprimant en partie la synergie fatale existant entre malnutrition et environnements insalubres.

Cet indicateur renseigne sur la situation nutritionnelle des enfants, sous-ensemble de la population pour lequel un déficit d'énergie alimentaire, de protéines ou de micronutriments (à savoir, de vitamines et de sels minéraux essentiels) induit un risque élevé de maladie, d'altération du développement physique et cognitif et de décès. Il présente par ailleurs l'intérêt de réduire les effets des erreurs de mesure aléatoires en combinant des indicateurs calculés indépendamment (IFM, 2015).

L'IFM classe les pays en plusieurs catégories suivant le degré de gravité de la faim : faible (< 10), modéré (10-20), grave (20-35), alarmant (35-50), et extrêmement alarmant (> 50). S'agissant des pays examinés, le **Sénégal** et l'**Indonésie** entrent dans la catégorie « grave », l'Afrique du Sud, dans la catégorie « modérée », et les autres, dans la catégorie « faible ». L'indice n'est pas calculé pour l'Allemagne, la France et les États-Unis, dont la sécurité alimentaire est considérée comme globalement satisfaisante.

Tableau 2
Evolution de l'Indice de la faim dans le monde (multidimensionnel) des pays à l'étude entre 1995 et 2015.
Source : Welthungerhilfe (WHH) ; Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IIRPA) ; et Concern Worldwide, 2015.

	1995	2005	2015
	Période temporelle des données		
	1993–1997	2003–2007	2010–2016
Chine	23.2	13.2	8.6
Indonésie	32.5	26.5	22.1
Sénégal	36.9	28.5	23.2
Afrique du Sud	16.5	21.0	12.4
Pérou	25.0	18.8	9.1

Conclusions :

- L'importance du poisson pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle apparaît dans la valeur qu'il présente en tant que source de protéines et de micronutriments.
- Les personnes pauvres consomment généralement trop peu de micronutriments et de protéines.
- À l'échelle mondiale, aucun déficit protéique n'est à signaler.

1.4 La dépendance vis-à-vis du poisson

Dans la présente section, nous combinons le degré de sécurité (ou d'insécurité) alimentaire et le niveau de santé et de faim de chaque pays à la valeur socioéconomique que possèdent le poisson et les pêches pour les moyens de subsistance de leurs citoyens afin d'en déduire la dépendance nationale au poisson.

Au plan alimentaire et nutritionnel, cette dépendance est déterminée par les facteurs suivants :

1. Poisson comme source d'aliments, à savoir de calories. Ce cas de figure s'applique à des pays comme le Sénégal, où l'insécurité alimentaire est forte et l'apport en poisson élevé.

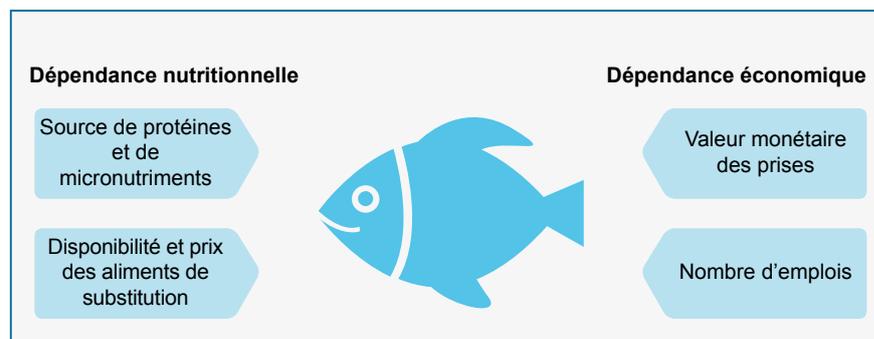
2. Poisson comme source de protéines et de micronutriments. Sont considérés ici les pays où la part des protéines de poisson dans le régime alimentaire est soit élevée, soit basse, mais aussi la quasi-totalité des pays pauvres dont les habitants présentent un régime déséquilibré parce qu'ils consomment trop de denrées de base et pas assez de micronutriments (par exemple, Sénégal, Indonésie). À ce titre, pêche et aquaculture jouent et peuvent continuer à jouer un rôle éminent dans les régimes diversifiés et équilibrés. Même à faible quantité, la consommation de poisson a un impact nutritionnel d'autant plus fort que le produit concentre des composants nutritionnels essentiels. Notons que le déficit en micronutriments⁸ touche en tout plusieurs centaines de millions de personnes, notamment les femmes et les enfants des pays en développement. Dans le monde, plus de 250 millions d'enfants sont exposés au risque de carence en vitamine A (cause de cécité), plus de 30 % de la population souffre d'une carence en fer, 200 millions de personnes ont un goitre (dont 20 millions souffrent de difficultés d'apprentissage du fait d'un déficit d'iode) et 800 000 enfants décèdent chaque année à cause d'une carence en zinc.

3. Dépendance économique vis-à-vis du poisson comme source de revenus permettant d'acheter des aliments (sains). Cette situation est celle des pays affichant un taux élevé de pauvreté et de ceux où les personnes travaillant dans le secteur de la pêche sont comparativement pauvres. Par principe, la perte d'emplois halieutiques se solde par une aggravation de la pauvreté, dont les effets sur les régimes alimentaires se manifestent via deux canaux distincts : la faim, et la qualité du régime. Le manque d'argent nécessaire à l'achat de nourriture conduit dans un premier temps à déséquilibrer le régime, puisqu'il fait baisser la consommation de poisson et de viande, réduisant ainsi l'ingestion de protéines et de micronutriments, voire, dans les cas plus graves, l'apport total de calories. La gravité de la situation dépend alors de la solidité des systèmes de sécurité sociale formels ou informels en place. À titre d'exemple, l'arrêt complet de la pêche au Sénégal serait lourd de conséquences pour les moyens d'existence de ceux qui la pratiquent et entraînerait probablement une famine généralisée, du moins à court terme. On retrouve là typiquement une question de répartition : les quantités disponibles sont suffisantes à l'échelle mondiale, mais réparties très inégalement⁹.

En définitive, le poisson concourt à plus d'un titre à la sécurité nutritionnelle des ménages pauvres des pays en développement. Par le canal de la consommation, tout d'abord, puisque la consommation directe de poisson accroît l'apport, non seulement de calories, mais aussi et surtout de protéines, de micronutriments et d'huiles oméga-3 ; mais également par le canal des revenus monétaires, car l'industrie halieutique crée des emplois et augmente la consommation totale d'aliments dans les pays pauvres (voir figure 12). A fortiori, la commercialisation, la transformation du poisson et l'aquaculture à petite échelle procurent d'importants moyens de subsistance, notamment aux femmes qui, dans les pays en développement, interviennent directement dans la production, le traitement et la vente du poisson. On comprend alors que les pays dans lesquels une large fraction de la population dépend de la pêche (comme le Sénégal) risquent de souffrir d'une aggravation de la faim et d'instabilité politique si le secteur halieutique décline.

D'après les estimations de la FAO, ce sont en tout entre 660 et 820 millions d'êtres humains qui sont directement ou indirectement tributaires de la pêche et de l'aquaculture. La FAO estime le seul nombre de pêcheurs à 54 millions, dont 87% vivent en Asie; la majorité de ceux habitant dans les pays en développement travaillent dans de petites pêcheries produisant peu de poisson par personne : 1,5 t par an en moyenne, contre 25 t par pêcheur en Europe (FAO, 2014).

Figure 12
Principales causes de la dépendance vis-à-vis du poisson.
Source : présentation des auteurs.



1.5 L'Indice de dépendance au poisson

Notre indice de dépendance aux poissons mesure le degré de dépendance aux poissons en tant que source de revenus et d'aliments (protéines, notamment). Il repose sur la combinaison de plusieurs facteurs :

- La sécurité alimentaire : prévalence de la sous-alimentation pendant la période 2011-2013, en % (données de la FAO) ;
- La consommation de poisson : part du poisson dans l'apport total en protéines animales en 2011, en % (données de la FAO) ;
- La quantité des prises par habitant en 2011 (données de FAO FishStat) ;
- Le produit intérieur brut (PIB) par habitant, choisi pour approcher la capacité de substitution en 2011 (données de la Banque mondiale)¹⁰.

L'indicateur ne mesure la dépendance qu'à court terme, puisqu'à plus longue échéance, doivent être prises en compte les possibilités de compensation offertes par la création de nouvelles industries (p. ex., l'aquaculture) et la mise à disposition de nouvelles sources de protéines (p. ex., végétales).

Proche à bien des égards de l'indicateur élaboré par Allison *et coll.* (2009a, 2009b) et utilisé dans Badjeck *et coll.* (2013), il s'en différencie avant tout par l'origine temporelle des données (moins anciennes dans cet indice) et la plus grande importance accordée au poisson vu sous l'angle alimentaire. L'emploi de données plus récentes (postérieures à 2011) n'est possible que parce que le nombre de composantes est inférieur. Toujours est-il que les résultats des deux indices sont, dans la plupart des cas, très similaires.

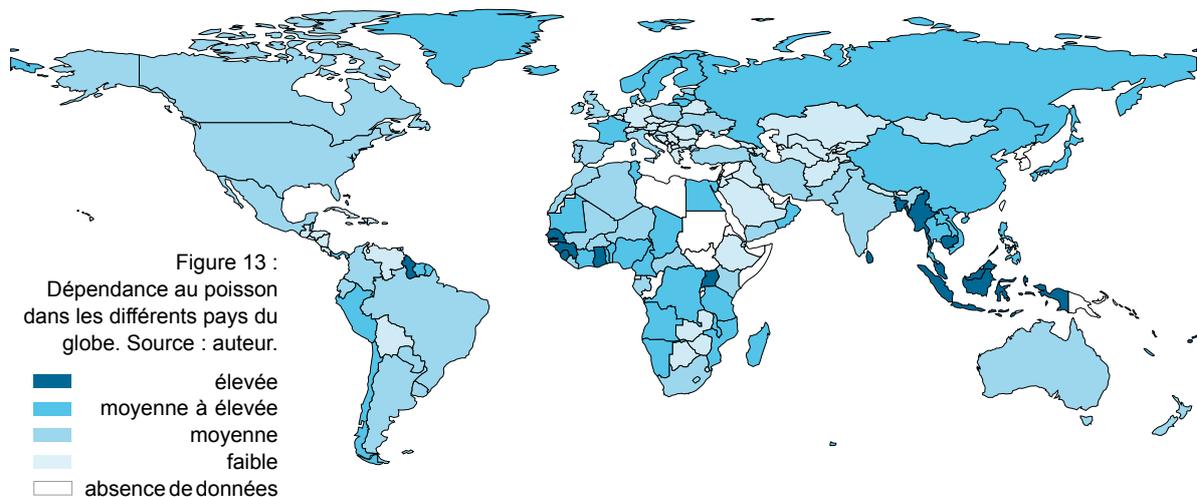
La part du poisson dans les protéines alimentaires d'origine animale et la quantité des prises (retenue pour valeur approchée de l'importance économique du poisson) constituent les deux principaux facteurs et se voient attribuer une pondération égale. Le PIB par habitant (en USD) et la sécurité alimentaire (prévalence de la sous-alimentation) forment quant à eux les facteurs modérateurs. Un revenu élevé a pour avantage de réduire la dépendance liée à la pondération des deux grands facteurs par suite d'effets de compensation : il contribue à élargir les possibilités de compensation d'une destruction d'emplois ou d'une perte de poisson comme source de nourriture, grâce, notamment, aux importations et à la sécurité sociale. Un niveau élevé de sécurité alimentaire atténue de son côté les répercussions potentiellement néfastes d'une perte de poisson comme source alimentaire.

La figure 13 met en relief les variations de la dépendance aux poissons d'un pays à l'autre. Contrairement aux États insulaires asiatiques et aux pays côtiers d'Afrique de

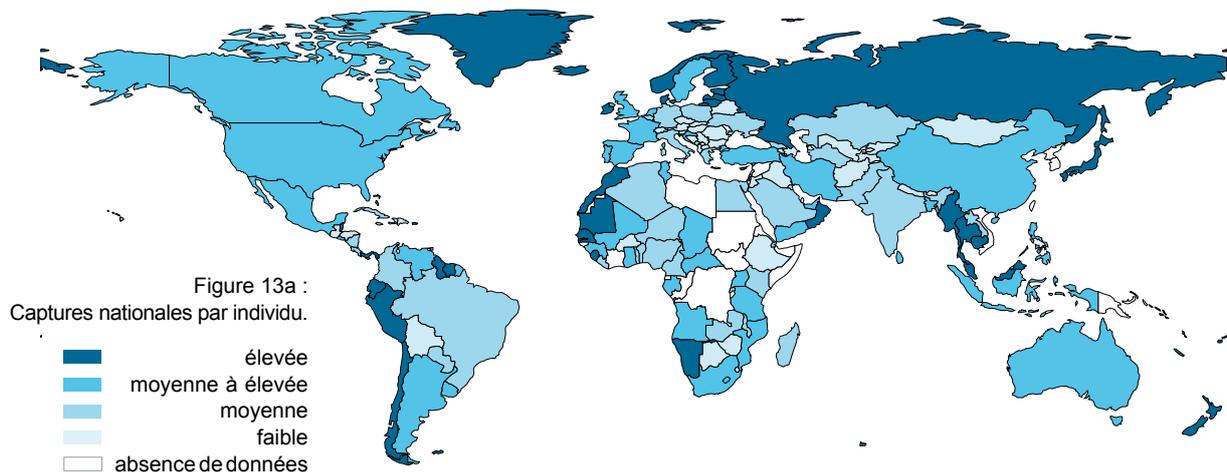
l'Ouest, les plus tributaires de la ressource, l'Europe en demeure comparativement peu dépendante. Les figures 13a à 13d révèlent les effets de l'utilisation indépendante de chacun des facteurs : a) volume des prises par habitant, b) part du poisson dans la consommation totale de protéines animales, c) PIB par individu, d) proportion de sous-alimentés.

L'indice révèle que, sans surprise, les pays où le poisson tient une très grande place dans le régime alimentaire en sont très dépendants (voir tableau 3, double colonne de droite). Un aspect important à souligner est que, dans l'ensemble, ces pays possèdent une industrie halieutique comparativement développée et sont assez mal classés en termes de richesse et de sécurité alimentaire. Dans le même temps, la consommation de protéines de poisson dans les pays à haut niveau de revenu et de sécurité alimentaire est, en moyenne, relativement faible. Ceci dit, pauvreté et dépendance aux poissons ne vont pas nécessairement de pair (voir tableau, double colonne de gauche). Parmi les pays les plus démunis, figurent ceux dépourvus de tout accès à l'océan (p. ex., Éthiopie, République centrafricaine).

L'Allemagne (faibles prises par personne, faible proportion de protéines de poisson, haut niveau de revenu et de sécurité alimentaire) se révèle très peu dépendante du poisson. De la même manière, on ne peut pas dire que l'Afrique du Sud et les États-Unis soient particulièrement dépendants du poisson, même si le niveau des prises absolues y est très élevé et la consommation basse (voir tableau 4). Dans les autres pays étudiés que sont le Sénégal et l'Indonésie, où la majorité des individus sont partie prenante de l'industrie halieutique, le poisson forme le socle du régime alimentaire et la sécurité alimentaire est relativement limitée.



L'indice présenté sur la carte précédente se lit comme l'agrégation des facteurs suivants :



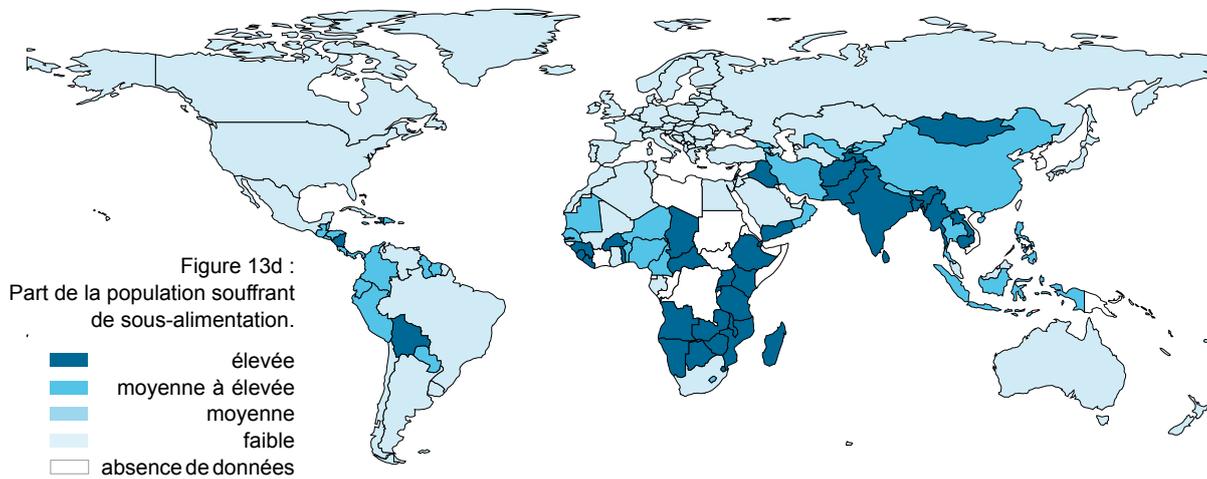
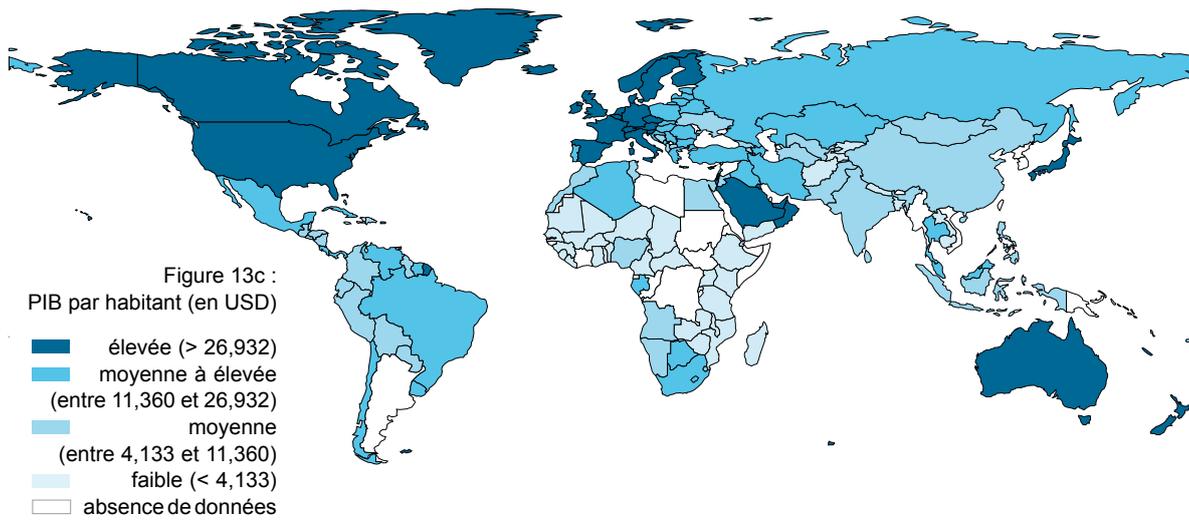
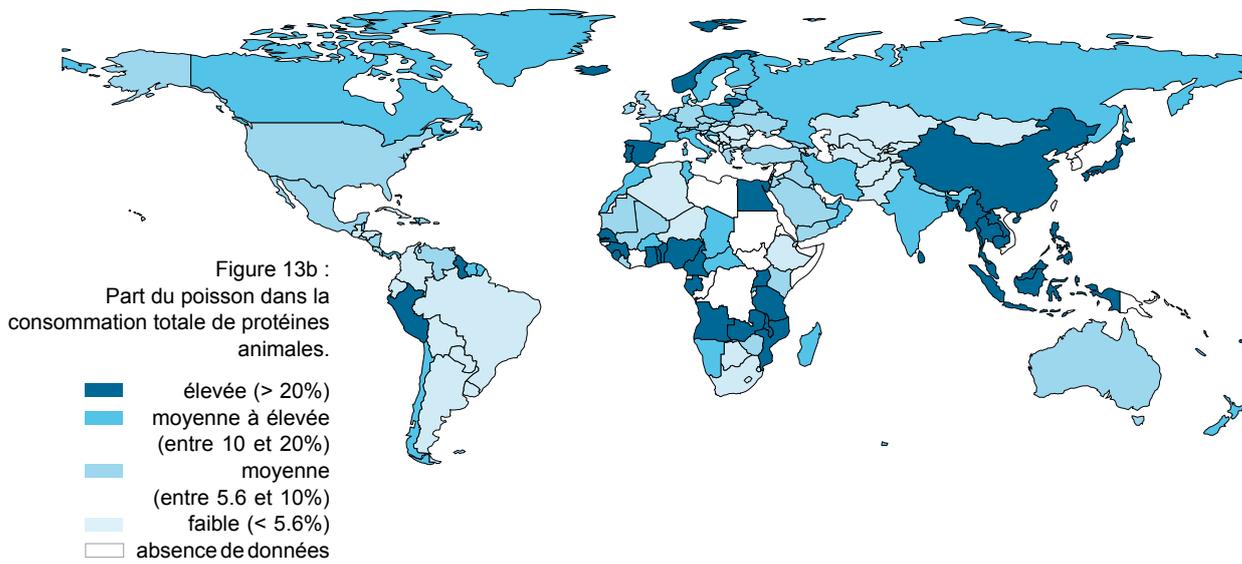


Tableau 3 :
Dépendance au poisson
des huit pays les plus
pauvres et des huit pays
enregistrant la plus forte
proportion de protéines
de poisson dans la
consommation alimentaire
(résultats des auteurs).

8 pays les plus pauvres	Dépendance au poisson
Liberia	moyenne
Malawi	élevée
Niger	faible
République centrafricaine	moyenne
Mozambique	élevée
Éthiopie	faible
Guinée	très élevée
Togo	élevée

8 pays présentant la part la plus élevée de poisson dans l'apport protéique animal total	Dépendance au poisson
Sri Lanka	très élevée
Bangladesh	très élevée
Îles Salomon	très élevée
Kiribati	très élevée
Micronésie	très élevée
Cambodge	très élevée
Sierra Leone	très élevée
Maldives	très élevée

Tableau 4 :
Dépendance à l'égard
du poisson dans les huit
pays à l'étude.

	PIB par habitant (USD)	Prévalence de la sous-alimentation (%)	Part du poisson dans les protéines animales	Prises par personne (t)	Niveau de dépendance
	2011	2011-13	2011	2011	
Afrique du Sud	12,291	5.0	5.02	0.01	moyen
Sénégal	2,163	12.3	43.73	0.03	très élevé
Pérou	10,429	9.6	22.28	0.28	élevé
États-Unis	49,804	5.0	7.37	0.02	moyen
Indonésie	8,438	9.3	54.82	0.02	très élevé
Allemagne	42,080	5.0	7.28	0.00	faible
France	37,325	5.0	13.30	0.01	élevé
Chine	10,286	11.0	20.56	0.01	élevé

S'il est un exemple de la complexité caractérisant la dépendance au poisson, c'est celui du Sénégal, considéré comme très dépendant du poisson¹¹. Selon les chiffres de la FAO, on estime à plus d'un million le nombre de personnes directement ou indirectement tributaires de la pêche dans le pays. Le poisson y pèse pour 44 % des apports protéiques animaux, mais seulement 12 % du total des protéines. En prenant pour référence la recommandation de l'OMS (11,7 kg), la consommation moyenne annuelle de poisson par Sénégalais (24 kg) semble excessive ; de même, à raison de 60 g/hab/j, la disponibilité en protéines est elle aussi supérieure à la valeur recommandée (49 g). Dans ces conditions, on en déduit qu'un déclin modéré de l'apport en poisson ne provoquerait pas de pénurie de protéines au Sénégal. Or il faut signaler que 10 % de la population nationale est sous-alimentée et que, dans les régions côtières rurales, la pêche forme de loin la première source de revenus (Thiao *et coll.*, 2012). Par conséquent, bien que l'offre de protéines soit suffisante, tout déclin du secteur halieutique risque d'aggraver la pauvreté et la faim à l'intérieur du pays (Lam *et coll.*, 2012).

Conclusions :

- Pauvreté et dépendance envers le poisson ne vont pas nécessairement de pair.
- Pour autant, les pays pauvres dont le secteur halieutique est comparativement développé sont exposés à un risque très élevé de voir leur sécurité alimentaire mise en péril par la perte du poisson comme source de revenus.

1.6 L'offre et la demande de poisson

La consommation et l'offre de poisson variant d'une région à l'autre, il est intéressant de savoir quels territoires parviennent à subvenir à leurs besoins au moyen de leur propre production, et lesquels dépendent des importations pour satisfaire leur demande. À partir des données de populations et de captures disponibles sur les 64 GEM, nous avons commencé par calculer dans quelle mesure les débarquements de poisson des différents GEM couvraient en 2010 la consommation locale des populations habitant les pays riverains respectifs¹². Ces zones représentant 95 % des prises mondiales annuelles de poisson, elles posent des défis particuliers en matière de gestion régionale, et dans certains cas, multinationale. Les calculs réalisés ici ont été effectués en exploitant les données du projet Sea Around Us mené par l'Université de Vancouver (base de données Sea Around Us).

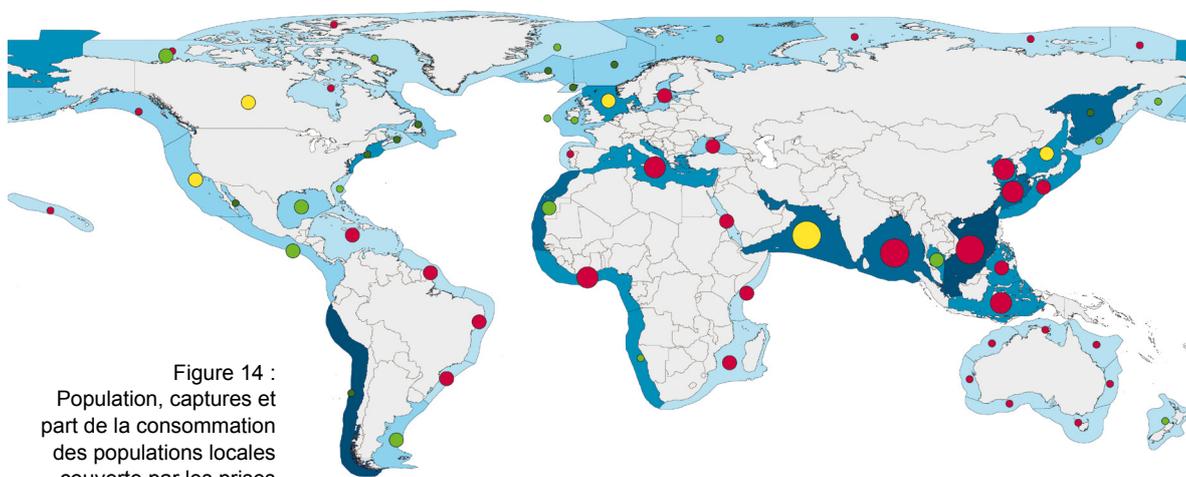
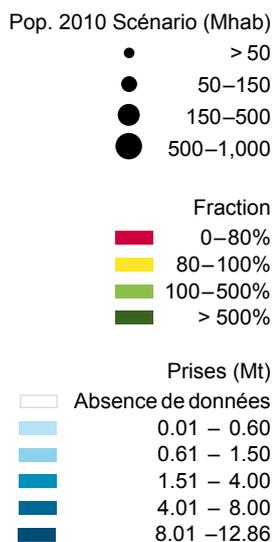


Figure 14 : Population, captures et part de la consommation des populations locales couverte par les prises réalisées dans les GEM (2010). (Source : base de données Sea Around Us / cartes des auteurs).



Les régions présentées dans la figure 14 correspondent aux GEM. Les prises réalisées dans chaque GEM en 2010 sont issues de la base de données Sea Around Us. Les données démographiques disponibles sur chaque pays en 2010 proviennent du scénario 1 des SSP (Scénarios Socioéconomiques Partagés) du GIEC. Les données de consommation de poisson par individu et par pays en 2010 sont quant à elles tirées de la base de données FAOSTAT. (Important : au sens de la FAO, la consommation de poisson englobe tous les types de poissons et de fruits de mer, produits de l'aquaculture et de la pêche intérieure compris, alors que, dans Sea Around Us, les captures comprennent uniquement les poissons et les fruits de mer des GEM, donc d'origine marine. Les prises réalisées en haute mer ne sont pas incluses dans notre modèle. Les pays enclavés ne sont pas non plus pris en compte.)

La figure 14 indique dans quelle mesure les débarquements locaux des différents GEM permettent de satisfaire les besoins locaux de consommation de poisson. Les GEM dans lesquels les débarquements ne suffisent pas à couvrir la demande locale de poisson apparaissent en rouge (couverture comprise entre 0 et 80 %) ou jaune (entre 80 et 100 %). Ceux dont les débarquements répondent à la demande locale de poisson figurent en vert clair (couverture entre 100 et 500 %). Enfin, les GEM dont l'offre dépasse de très loin la demande locale sont représentés en vert foncé (couverture supérieure à 500 %).

Les variations relevées sont frappantes : au cœur de l'Arctique, p. ex. dans le Haut Arctique canadien, le Nord du Groenland, la mer de Beaufort, mais aussi le GEM Pacifique insulaire / Hawaï, la production de poisson couvre moins de 1 % de la consommation locale, tandis que le plateau néo-écossais, le plateau de Terre-Neuve et du Labrador, le plateau islandais et la mer d'Islande, et le plateau des Féroé se distinguent par leur production massive, très supérieure aux besoins locaux puisqu'elle assure une couverture de plus de 1 000 %.

Pour résumer, les débarquements se déroulant dans 9 des 64 GEM excèdent de loin les besoins locaux. La côte Nord-Est de l'Amérique du Nord et la côte Nord-Ouest de l'Europe (dont font partie l'Islande et le plateau des Féroé) enregistrent d'énormes prises par rapport à la consommation de la population locale. Dans 16 autres GEM, les débarquements permettent là aussi de couvrir la consommation locale.

En revanche, les captures réalisées dans les 39 GEM restants sont insuffisantes : dans 34 d'entre eux, elles sont inférieures à 80 % de la consommation locale, dans 21 à 50 %. Les GEM les moins favorables se situent dans le Haut Arctique, le Nord du Canada et la Russie. Quant aux GEM bordant l'Australie, ils peinent à satisfaire ne serait-ce que la moitié de la demande locale.

Le ratio des débarquements aux besoins locaux de l'ensemble des GEM considérés s'élève à 82 % : en d'autres termes, la consommation totale de poisson des territoires rattachés aux GEM se trouve couverte à 82 % par les captures marines qui y sont effectuées. De toute évidence, ce niveau de prises ne suffit pas à satisfaire les besoins. Toutefois, comme nous l'avons précisé plus haut, les captures évoquées ici n'englobent les chiffres ni de l'aquaculture, ni de la pêche intérieure et hauturière. Il est fort probable que les prises issues de ces activités représentent la fraction de 18 % de la demande qui n'est pas couverte par les GEM.

Un calcul similaire, basé sur la recommandation de l'OMS (consommation de poisson de 11,7 kg/hab/j) et non sur le niveau effectif de la consommation de poisson en 2010, aboutit à un ratio débarquements / besoins locaux de 144 %, tous GEM compris. Ce résultat indique qu'en 2010, les captures des GEM suffisaient à satisfaire les besoins fondamentaux, si l'on prend pour référence la consommation de poisson recommandée par l'OMS. Il n'empêche qu'une répartition de la ressource s'impose puisque, dans le présent scénario, 39 GEM se trouvent dans une situation de déficit d'offre, tandis que 9 autres affichent un excédent colossal.

De façon générale, il apparaît que les GEM bordant un grand nombre d'États ont plus de mal à satisfaire la demande. Tel est notamment le cas de la Méditerranée, de la mer des Caraïbes et de la mer Baltique. À l'opposé, les GEM limitrophes d'un seul ou d'un petit nombre de pays se révèlent comparativement plus productifs, tout comme les GEM situés dans l'Atlantique Nord et le Pacifique Est. Cela vaut également pour l'Europe, les côtes Est et Ouest des États-Unis et le littoral occidental de l'Amérique latine. En revanche, les GEM entourant l'Afrique (à la seule exception du Nord-Ouest du continent) et ceux baignant les côtes asiatiques et australiennes comptabilisent un déficit de production de poisson marin par rapport à la demande locale.

Dans nos études de cas, seules l'Indonésie et la Chine font face à une nette pénurie d'offre en termes de prises marines. Cependant, les deux pays ont les moyens de tirer des substituts appropriés de leur production aquacole.

Conclusions

- Les captures varient fortement d'un GEM à l'autre.
- Dans deux tiers environ des GEM, la demande totale de poisson ne pouvait pas être couverte par les prises marines locales en 2010.
- Les captures marines satisfont seulement 82 % de la demande mondiale de poisson.
- Les excédents de prises concernent essentiellement les GEM de l'Atlantique Nord et du Pacifique Est.

2. Le modèle bioéconomique

Notre étude a pour objet de déterminer à l'avenir le volume des captures marines dans le monde et ses effets sur le niveau de consommation, en prenant pour horizon l'année 2050. Ce qu'il convient tout d'abord de souligner, c'est que les marchés du poisson ont, dans une très large mesure, une dimension planétaire (Smith *et coll.*, 2010 ; Asche *et coll.*, 2015). Par principe, les prises mondiales y sont allouées de manière à faire coïncider la demande totale, d'une part, la consommation humaine et l'alimentation animale, de l'autre. Les captures mondiales étant liées à l'effort halieutique et à la productivité des stocks de poissons, l'évaluation des prises potentielles futures exige une approche de modélisation bioéconomique combinant un aspect écologique (exprimant la productivité des stocks halieutiques) et un aspect économique (décrivant les incitations économiques à l'exercice de l'effort de pêche et la répartition des prises entre consommateurs sur les marchés). La littérature suggère que l'efficacité de la gestion des pêches joue un rôle central à cet égard (Costello *et coll.*, 2008 ; Quaas *et coll.*, 2016).

Le modèle est conçu de façon à savoir dans quelle proportion évolue le niveau global des prises de poisson dans plusieurs scénarios économiques et de gestion des pêches, et comment se décomposent les prises mondiales totales et la consommation au plan régional. Pour répondre à ces interrogations, nous recourons à une démarche de modélisation imbriquée, présentée ici dans ses grandes lignes et décrite en de plus amples détails dans l'annexe technique.¹³

2.1 Notre approche

Les questions 1 et 2 sont traitées dans un **modèle global** séparant les pêcheries de poissons prédateurs de celles de poissons proies au moyen de la dynamique d'évolution des stocks de Lotka-Volterra. L'intérêt d'une telle approche est de prendre en compte les interactions biologiques. Le modèle suppose ainsi que la variation de la biomasse dans le temps dépend de la croissance naturelle du stock, des interactions existant entre prédateurs et proies et de l'intensité des activités halieutiques. D'un côté, les prédateurs ont un impact négatif sur la biomasse des proies, car si le stock des prédateurs se renforce, celui de proies est lui appelé à diminuer dans la mesure où les prédateurs se nourrissent de proies. De l'autre, au contraire, si le stock de proies augmente, celui de prédateurs va suivre la même évolution, ce qui signifie que le stock de proies a pour sa part un impact positif sur la biomasse des prédateurs. Les activités de pêche sont quant à elles influencées par les paramètres de la demande et lissent la variation des stocks au cours du temps. Les études antérieures partageant le même objet de recherche à l'échelle planétaire n'ont jusque-là jamais intégré ces interactions écologiques et ont préféré, soit réunir l'ensemble des poissons dans un modèle de surplus de production agrégé (Banque mondiale, 2009), soit considérer plusieurs stocks biologiquement indépendants (Quaas *et coll.*, 2016 ; Costello *et coll.*, 2016).

Au-delà de ça, nous analysons à la fois les interactions survenant entre pêcheries de prédateurs et de proies sur les marchés mondiaux du poisson et celles se déroulant entre le poisson et les autres aliments riches en protéines, en adoptant un système de demande du consommateur adapté où les différents types d'aliments protéiques (poisson et autres) ont valeur de substituts imparfaits (Anderson, 1985 ; Quaas et Requate, 2013). Outre les poissons prédateurs et les poissons fourrage, nous prenons en considération les aliments d'une autre nature mais pareillement riches en protéines que sont les haricots, les produits laitiers, les œufs, les lentilles, les pois, le maïs, la viande, les fruits à coque et le riz.

Les questions 1 et 3 sont examinées par le biais d'un modèle **régionalisé** dans lequel chaque grand écosystème marin abrite un stock halieutique particulier. Dans ce cadre, bâti sur un modèle généralisé de production excédentaire de Schaefer pour chaque GEM, nous faisons abstraction des interactions écologiques entre les stocks mais englobons en revanche les interactions économiques dont le marché mondial du poisson forme l'intermédiaire incontournable. Par conséquent, **nous ne différencions pas les prédateurs et les proies**, mais partons du principe que tous les poissons d'un GEM donné font partie intégrante d'un seul et même stock.

La variation de la biomasse dans le temps est déterminée par la croissance naturelle du stock et par l'intensité des activités halieutiques. Là encore, on s'aperçoit que la production de poisson dépend des paramètres de la demande de produits à base de poisson, propres à chaque GEM. Le poisson étant une marchandise échangée sur un marché mondialisé, la demande d'une région du globe a des effets sur la production d'une autre région : ainsi l'élévation du prix mondial incite-t-elle à intensifier l'effort de pêche. Dans notre modèle de demande régional, nous prenons en compte la consommation régionale de trois catégories de produits de base à l'échelon des GEM : le poisson produit sur le territoire national, le poisson importé et les produits de substitution riches en protéines mais d'une autre nature (à savoir, rappelons-le, haricots, produits laitiers, œufs, lentilles, pois, maïs, viande, fruits à coque et riz).

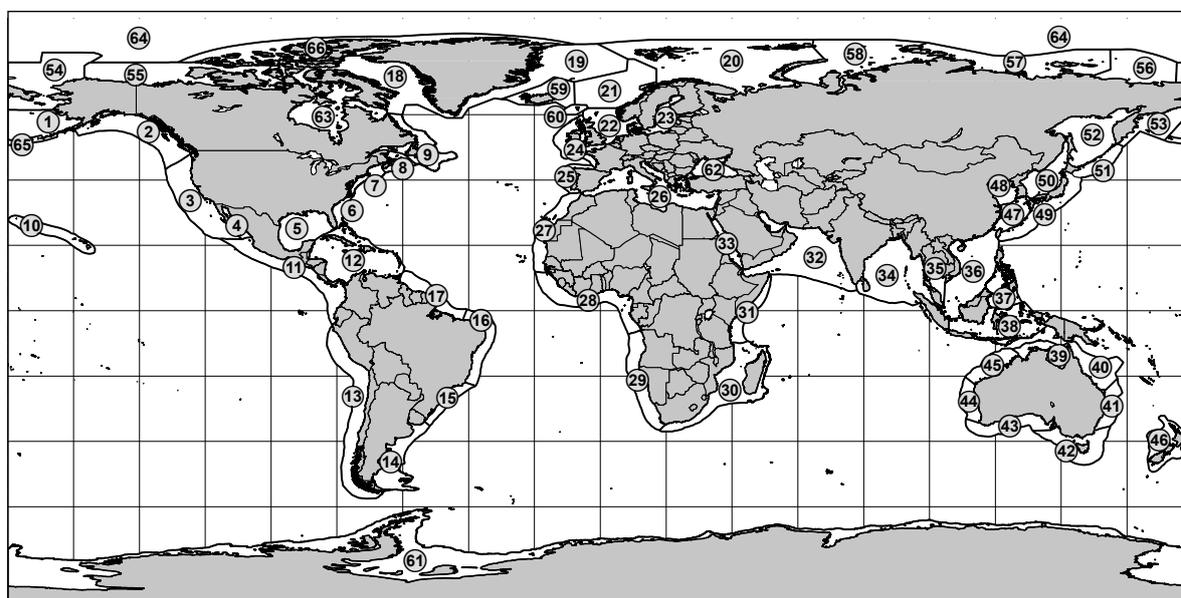
2.2 Données et paramètres pris en compte

Pour estimer les paramètres des modèles bioéconomiques des pêcheries, nous exploitons les données de trois grandes sources :

- Sea Around Us (www.seaaroundus.org),
- Base de données FAOSTAT de la FAO (<http://faostat3.fao.org/home/E>), et
- Base de données FishStatJ du Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO (<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>).

Les chiffres des captures et des débarquements de poissons sont issus de la base de données Sea Around Us, dont nous exploitons les séries temporelles de prises et de débarquements disponibles pour 64 GEM entre 1950 et 2010 (voir figure 15).

Figure 15 :
Les Grands Écosystèmes
Marins (GEM) pris en
considération dans l'étude.



- | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. East Bering Sea | 15. South Brazil Shelf | 28. Guinea Current | 42. Southeast Australian Shelf | 55. Beaufort Sea |
| 2. Gulf of Alaska | 16. East Brazil Shelf | 29. Benguela Current | 43. Southwest Australian Shelf | 56. East Siberian Sea |
| 3. California Current | 17. North Brazil Shelf | 30. Agulhas Current | 44. West-Central Australian Shelf | 57. Laptev Sea |
| 4. Gulf of California | 18. Canadian Eastern Arctic - | 31. Somali Coastal Current | 45. Northwest Australian Shelf | 58. Kara Sea |
| 5. Gulf of Mexico | West Greenland | 32. Arabian Sea | 46. New Zealand Shelf | 59. Iceland Shelf and Sea |
| 6. Southeast U.S. Continental Shelf | 19. Greenland Sea | 33. Red Sea | 47. East China Sea | 60. Faroe Plateau |
| 7. Northeast U.S. Continental Shelf | 20. Barents Sea | 34. Bay of Bengal | 48. Yellow Sea | 61. Antarctic |
| 8. Scotian Shelf | 21. Norwegian Sea | 35. Gulf of Thailand | 49. Kuroshio Current | 62. Black Sea |
| 9. Newfoundland-Labrador Shelf | 22. North Sea | 36. South China Sea | 50. Sea of Japan/East Sea | 63. Hudson Bay Complex |
| 10. Insular Pacific-Hawaiian | 23. Baltic Sea | 37. Sulu-Celebes Sea | 51. Oyashio Current | 64. Central Arctic Ocean |
| 11. Pacific Central-American | 24. Celtic-Biscay Shelf | 38. Indonesian Sea | 52. Sea of Okhotsk | 65. Aleutian Islands |
| 12. Caribbean Sea | 25. Iberian Coastal | 39. North Australian Shelf | 53. West Bering Sea | 66. Canadian High Arctic- |
| 13. Humboldt Current | 26. Mediterranean | 40. Northeast Australian Shelf | 54. Northern Bering-
Chukchi Seas | North Greenland |
| 14. Patagonian Shelf | 27. Canary Current | 41. East-Central Australian Shelf | | |

La base de données Sea Around Us se compose de données différenciées relatives aux prises, débarquements et estimations de rejets des pêches industrielle, artisanale, de subsistance et récréative. Aux valeurs déclarées à la FAO, elle ajoute des données supplémentaires issues des estimations réalisées par Sea Around Us. Notons que dans le but de cette évaluation, d'autres informations ont été collectées au sujet des pénuries de données existantes (Pauly et Zeller, 2015). Parmi les principales sources, figurent les sites web et publications d'origine gouvernementale, les agences statistiques responsables de l'industrie halieutique, les centres de recherche internationaux tels que la FAO, le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM), ou encore les organisations régionales de gestion de la pêche, comme l'Organisation des pêches de l'Atlantique du Nord-Ouest (OPANO), ainsi que la littérature universitaire. À partir de ces informations, sont fixés dans le temps des points d'ancrage grâce auxquels est opérée une interpolation linéaire permettant de reconstruire l'évolution des captures commerciales. Les tendances temporelles retraçant l'évolution, soit des populations, soit du nombre de pêcheurs, servent pour leur part à réaliser une interpolation entre les points de référence recueillis pour les prises non-commerciales effectuées par les pêches de subsistance et récréative. La reconstitution des prises ainsi obtenue est ensuite confrontée aux données déclarées à la FAO.

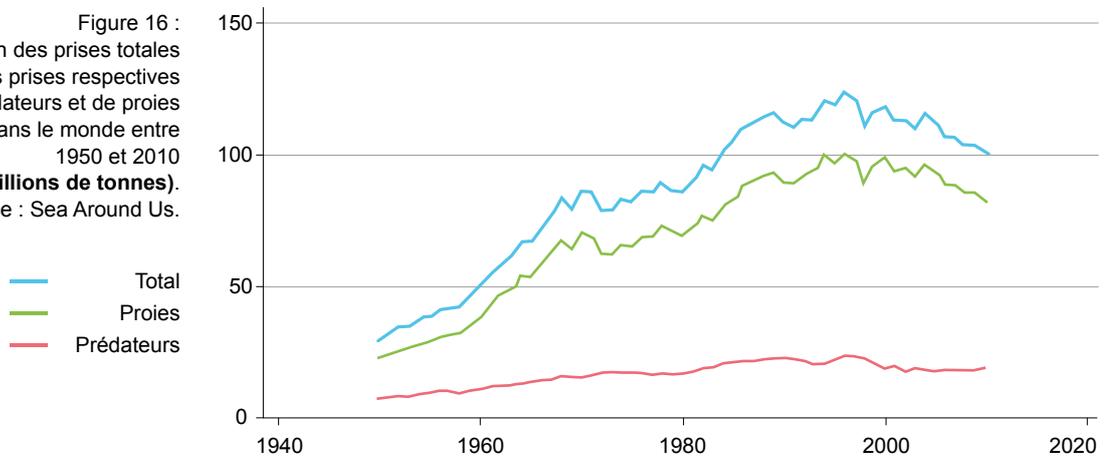
Les captures mentionnées dans Sea Around Us se décomposent en espèces, groupes fonctionnels et groupes de tailles (longueurs respectives de 0-30 cm, 30-89 cm et plus de 89 cm). Ces informations sont utilisées pour regrouper les prises en deux catégories : les prédateurs et les proies. Fondée sur la taille, l'approche retenue ici repose sur l'hypothèse selon laquelle les gros poissons ont de fortes chances d'être des prédateurs, et les petits des poissons de fourrage. Plus précisément, nous considérons que tous les poissons de plus de 90 cm sont des prédateurs, tandis que les poissons de taille inférieure à 90 cm et les invertébrés sont réputés être des proies. Dans le modèle proies-prédateurs global comme dans le modèle de demande global, l'agrégation annuelle des données dans l'ensemble des 64 GEM aboutit pour chacun d'eux à 61 observations (soit le nombre d'années écoulées entre 1950 et 2010) sur les prises de prédateurs et de proies. Dans le modèle d'offre de poisson établi à l'échelle des GEM, les captures annuelles totales sont pour leur part classées par groupe de tailles. Enfin, dans le modèle qui nous occupe ici, les données sont réunies par GEM et par année. En tout, ce sont 3 904 observations qui composent notre corpus de données.

La figure 16 montre l'évolution des prises totales et des prises respectives de prédateurs et de proies entre 1950 et 2010. Après avoir atteint un maximum de 123 millions de tonnes en 1996, la quantité totale des prises n'a cessé de diminuer. Ces résultats sont en accord avec ceux de Pauly et Zeller (2016), qui ont également calculé que le pic (estimé ici à 129 millions de tonnes) était atteint en 1996. Contrairement aux données mondiales de Pauly et Zeller (2016), nous excluons ici les prises réalisées en haute mer, ce qui explique l'écart de 6 millions de tonnes. À cela, il faut ajouter le fait que certains petits territoires insulaires, comme Wallis-et-Futuna (France), Sainte-Hélène (R.-U.) ou Nauru, ne sont pas inclus au motif qu'ils ne font géographiquement partie d'aucun des GEM considérés.

Retenue dans la présente étude, la méthode Catch-MSY développée par Martell et Froese (Martell et Froese, 2013) a pour intérêt de permettre l'évaluation de paramètres biologiques tels que la biomasse estimée à partir des prises. Son application met en jeu des séries temporelles de prises et des plages antérieures de valeurs des paramètres examinés, sans oublier les fourchettes de taille de stocks éventuellement disponibles entre les deux dates définissant l'intervalle temporel d'étude.

La taille initiale des stocks et les limites de leur taille finale étant précisées, un jeu de paramètres est tiré aléatoirement de la distribution des paramètres antérieurs. Ensuite, le modèle d'offre de poisson applicable est mobilisé pour calculer la biomasse associée au niveau de prélèvement correspondant au jeu de paramètres considéré. Si la biomasse obtenue se situe dans une fourchette raisonnable, le jeu de paramètres est enregistré. Dans notre analyse, nous réitérons l'opération 10 000 000 fois pour

Figure 16 : Evolution des prises totales et des prises respectives de prédateurs et de proies dans le monde entre 1950 et 2010 (en millions de tonnes).
Source : Sea Around Us.



chaque GEM. Nous utilisons des échantillons de 1 000 valeurs de paramètres acceptés sélectionnés au hasard dans nos calculs pour déterminer les estimations moyennes et les intervalles de confiance. De ce fait, tous les résultats mentionnés ci-dessous reposent sur les moyennes et les écarts-types obtenus à partir de 1 000 simulations indépendantes.

Nous recourons à la démarche de Martell et Froese précédemment évoquée en appliquant un modèle de production excédentaire de Schaefer à chaque GEM et au stock mondial de poisson préalablement défini. Dans le modèle proies-prédateurs global, nous élargissons la démarche et déterminons les valeurs des paramètres au moyen d'un modèle proies-prédateurs de Lotka-Volterra (Hannesson, 1983). À chaque fois, les jeux de paramètres d'origine sont tirés aléatoirement d'une distribution uniforme à tester. La théorie économique prévoit l'existence d'une relation positive entre la biomasse des ressources halieutiques et l'offre de poisson sur le marché (ou bien encore, l'absence de toute relation dans l'hypothèse de la pratique exclusive de la pêche d'espèces vivant en banc), donc celle d'une relation négative entre la biomasse des stocks et le prix du poisson. Nous utilisons les données disponibles sur les prix dans chaque série de tests portant sur un jeu de paramètres¹⁴ donné pour vérifier si cette exigence est remplie. Les paramètres biologiques échouant au test sont rejetés. Dans le cas contraire, nous exploitons l'information obtenue sur la relation entre prix et biomasse de stock afin d'obtenir une estimation des valeurs des paramètres économiques.

2.3 La demande mondiale et la demande régionale

La quantification des données des systèmes de demande s'effectue à l'aide des données de prix du poisson issues de Sea Around Us. Plus précisément, les prix sont tirés des valeurs débarquées, elles-mêmes déterminées sur la base des prix du poisson au débarcadère, obtenus quant à eux en confrontant les prix au débarcadère locaux, convertis en dollars des États-Unis, et les prix au débarcadère calculés à partir des valeurs et des prises débarquées déclarées.

Les prix réels sont déterminés en défalquant l'inflation exprimée par l'indice des prix à la consommation de 2005 (Sumaila *et coll.*, 2015). Nous retenons ces prix pour calculer les valeurs de production dans le modèle de demande global. La figure 17 présente l'évolution des prix au débarcadère des poissons prédateurs et des poissons proies au fil du temps. Comme les proies comprennent également les invertébrés de valeur que sont les crevettes, les homards et les oursins de mer, leur prix ne s'écarte pas tellement du prix des prédateurs.

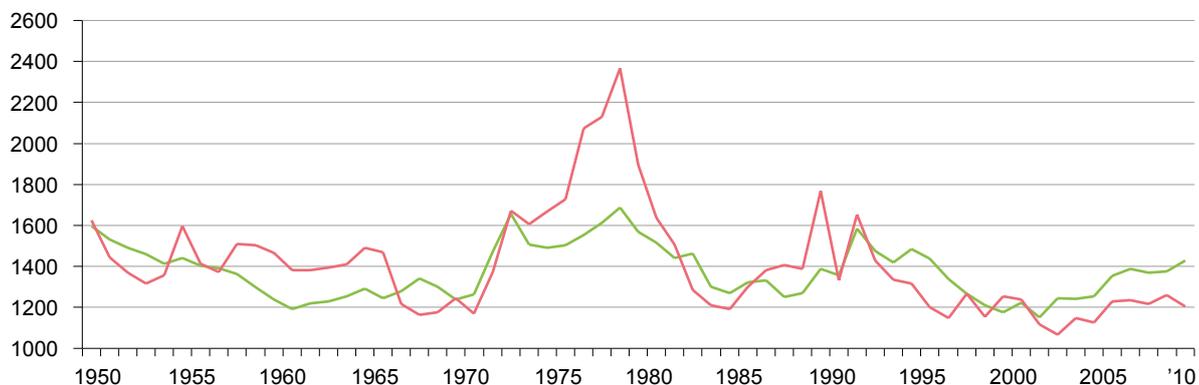


Figure 17 : Prix au débarcadère des valeurs débarquées de poissons prédateurs et de poissons proies dans le monde entre 1950 et 2010 (en USD/t).

Sources : Sea Around Us / graphique des auteurs.

— Proies
— Prédateurs

En dehors de la production et du prix du poisson, l'application du modèle de demande global nécessite le recueil de données sur les dépenses totales et les niveaux de consommation des trois catégories de produits de base : poissons prédateurs, poissons proies et produits de substitution d'une autre nature riches en protéines. Alors que les dépenses nationales totales sont calculées à partir des valeurs de production, d'exportation et d'importation, la consommation nationale l'est au moyen des quantités produites, exportées et importées (voir fig. 19).

Issues de la division Statistique de la FAO, les données relatives aux produits de substitution portent sur des séries temporelles datant de 1961 à 2013. La collecte des données se trouvant toutefois limitée par la disponibilité des informations sur le commerce et la production, d'une part, la longueur des séries temporelles correspondantes, de l'autre, ne sont inclus dans le groupe des produits de substitution que les haricots, produits laitiers, œufs, lentilles, pois, maïs, viande, fruits à coque et riz¹⁵.

Le modèle de demande global reflète la production mondiale totale (quantité en tonnes), le prix mondial à l'exportation (par tonne en USD courants) et la valeur mondiale à l'exportation (en USD courants) des produits de base susmentionnés. Le modèle de demande appliqué au niveau des GEM s'en distingue par le fait qu'il n'incorpore aucune donnée sur les poissons prédateurs et les poissons proies, mais en intègre en revanche concernant le poisson produit sur le territoire national et le poisson importé.

Nous exploitons la base de données de la FAO pour obtenir les chiffres de la production intérieure nationale totale (quantité en tonnes), des exportations (quantité en tonnes, valeur en USD courants) et des importations (quantité en tonnes, valeur en USD courants) entre 1976 et 2010. La base de données FishStatJ de la FAO ne contenant aucune information sur les valeurs de production des produits à base de poisson, nous les déterminons en multipliant les quantités produites et les prix à l'exportation. Les prix à l'exportation (ou à l'importation) du poisson, de même que ceux des produits de substitution, sont calculés en divisant la valeur des exportations (des importations) par les quantités correspondantes.

Figure 18 : Evolution des dépenses mondiales (en milliards d'USD) entre 1976 et 2010. Sources : base de données FishStatJ (FAO) / graphique des auteurs.

— Prédateurs
— Proies
— Produits de substitution

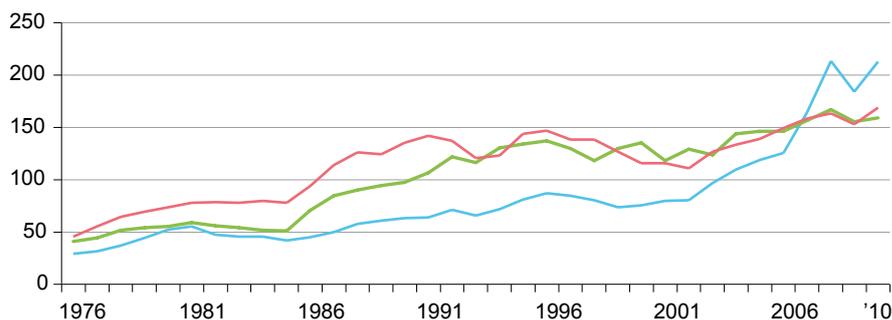
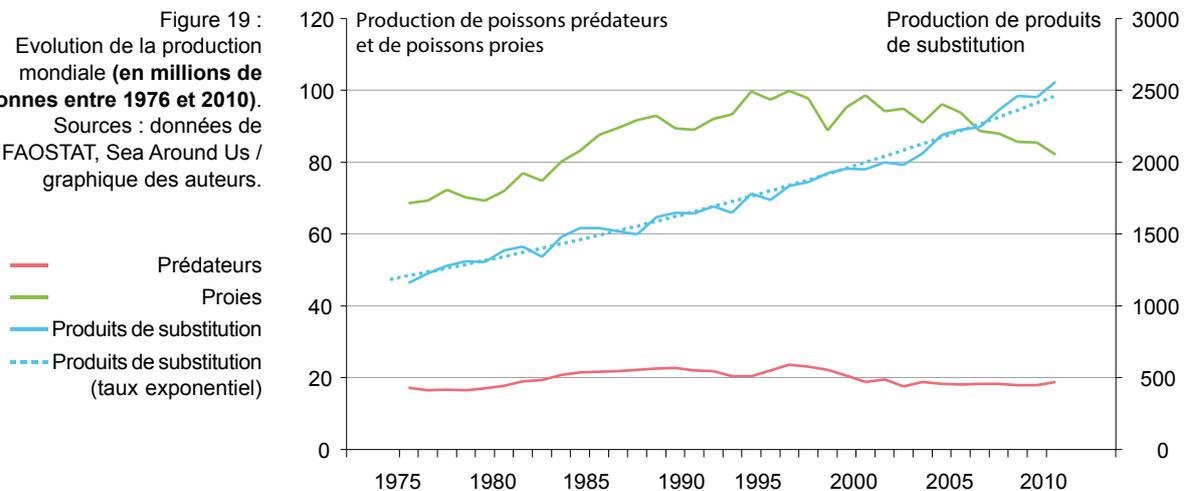


Figure 19 : Evolution de la production mondiale (en millions de tonnes entre 1976 et 2010). Sources : données de FAOSTAT, Sea Around Us / graphique des auteurs.



Sea Around Us communiquant uniquement les valeurs débarquées hors inflation (prix réels) des poissons prédateurs et des poissons fourrage, les chiffres ne sont pas comparables aux prix nominaux de la FAO pour les produits de substitution d'une autre nature. C'est la raison pour laquelle les valeurs des exportations et les quantités de poisson exportées dans le monde sont également tirées de la base de données FishStatJ de la FAO pour la période allant de 1976 à 2010. Les prix mondiaux nominaux à la tonne à l'exportation sont calculés en utilisant ces données. Comme la base de données FishStatJ n'opère aucune distinction entre les poissons fourrage et les poissons prédateurs, il ne nous a pas été possible d'obtenir séparément le prix de ces deux catégories de poissons, pour lesquelles a en revanche été calculé chaque année un prix mondial commun à l'exportation. Notons en outre que le poisson est inclus dans la base de données FishStatJ indépendamment de son mode de production (capture à l'état sauvage ou aquaculture). Puisque, dans cette base de données, un prix mondial est calculé pour l'ensemble des poissons produits, la valeur ne varie pas selon que le poisson provient de l'océan ou d'un élevage aquacole. Par conséquent, les informations entrées dans notre base de données et provenant de ces deux sources portent sur :

- Les prises marines mondiales totales de poissons prédateurs et de poissons fourrage (en tonnes),
- La valeur des exportations mondiales de poissons prédateurs et de poissons fourrage (en USD courants),
- Le prix mondial à l'exportation du poisson (par tonne en USD courants).

Pour terminer, les dépenses nationales totales sont calculées en faisant la somme des valeurs de la production et des importations et en y retranchant celle des exportations.

La consommation nationale s'obtient en effectuant la somme de la production intérieure et des importations et en en déduisant les exportations. Pour certaines observations, la valeur obtenue étant négative, nous la considérons égale à zéro.

Nous faisons le postulat de l'existence d'un consommateur mondial ayant des préférences correspondant aux quantités de chaque produit de base qu'il consomme. Nous émettons pour autre hypothèse que le consommateur préfère remplacer le poisson par une autre espèce de poisson plutôt que par un produit de substitution d'une autre nature.

Pour calculer la demande mondiale de a) poissons prédateurs, b) poissons fourrage, et c) produits de substitution d'une autre nature riches en protéines, nous utilisons les données d'entrée annuelles suivantes au niveau planétaire : prix à l'exportation, quantités produites, dépenses totales pour les trois produits de base, plus un

paramètre exprimant lesdites préférences de notre consommateur. À partir des informations disponibles sur les poissons prédateurs et fourrage et les produits de substitution, nous estimons les paramètres de la demande des différents produits de base pour chaque année comprise entre 1976 et 2010. Ces paramètres donnent une estimation de la part occupée par chacun des produits de base dans la consommation d'aliments riches en protéines.

Pour projeter la demande mondiale de poisson à l'horizon 2050, nous déterminons ensuite la moyenne des paramètres de demande au cours du temps pour les différents GEM et produits de base. En vue de faire concorder les valeurs de prises fournies par Sea Around Us à l'échelon du GEM avec les données nationales de la FAO, nous avons estimé la part représentée par chaque pays dans un GEM donné en fonction de la superficie occupée par ses eaux côtières au sein du GEM. Remarquons à ce titre que les eaux littorales de certains pays inclus dans les données de la FAO ne font partie d'aucun GEM, soit parce que l'État est enclavé, soit parce que ses eaux côtières n'appartiennent à aucun des GEM définis ici. Les pays dépourvus d'accès à la mer sont exclus de notre corpus de données¹⁶.

Il arrive aussi que les eaux côtières de certains pays s'étendent sur plus d'un GEM. Dans ce cas, nous partons du principe que la fraction du commerce et de la production associée à un GEM est égale à celle de la superficie des eaux côtières du pays dans le GEM correspondant. Les proportions sont calculées au moyen d'un logiciel SIG et des surfaces respectives des Zones Économiques Exclusives (ZEE) et des GEM.

L'estimation de la consommation régionale passe par l'agrégation de l'ensemble des données d'entrée (p. ex., quantités produites dans le pays) disponibles au niveau du GEM. Au plan régional, les données sont regroupées à l'échelle des 64 GEM mentionnés par Sea Around Us. Dans chacun d'eux, le consommateur a des préférences particulières concernant les quantités des différents produits de base qu'il consomme. Indépendamment du GEM, nous estimons que le consommateur préfère remplacer le poisson par une autre espèce de poisson plutôt que par un produit de substitution d'une autre nature, et qu'il distingue par ailleurs le poisson importé de celui produit sur le territoire national.

Pour calculer la demande régionale de a) poisson importé, b) poisson produit sur le territoire national, et c) produits de substitution d'une autre nature riches en protéines, nous utilisons les données d'entrée annuelles suivantes au niveau régional : prix à l'exportation, prix à l'importation, quantités produites dans le pays, quantités produites importées, dépenses totales pour les trois produits de base, plus deux paramètres exprimant les préférences susmentionnées pour chaque GEM.

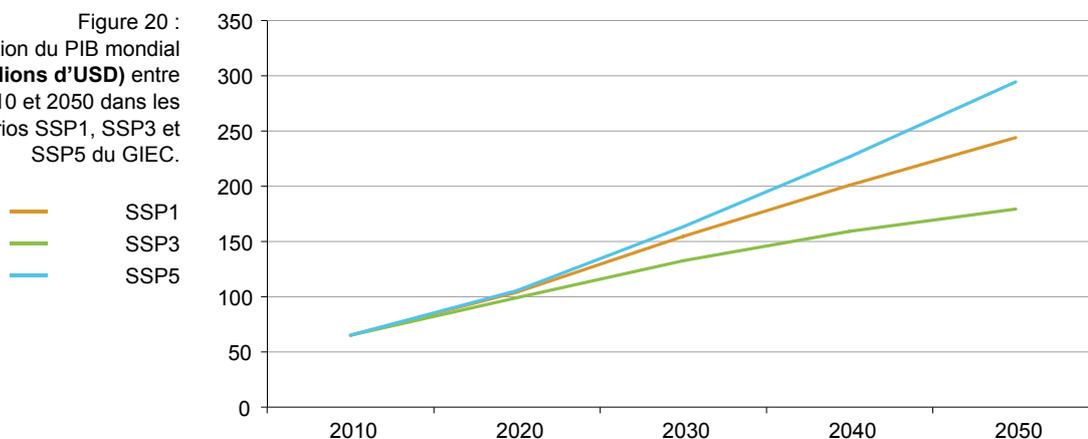
À l'aide de ces informations, nous estimons les paramètres de demande des différents produits pour chaque année de la période 1976-2010. Ces paramètres donnent une estimation de la part représentée par chacun des trois produits dans la consommation totale d'aliments riches en protéines. Enfin, la projection de la demande de poisson en 2050 s'opère en calculant la valeur moyenne par GEM et par produit de base à partir des séries temporelles des paramètres de demande.

2.4 Scénarios socioéconomiques et de gestion des pêches

La consommation de poisson dépend étroitement des revenus que les consommateurs des différentes régions du monde consacrent au poisson et aux aliments d'une autre nature riches en protéines. Elle est également corrélée à l'effectif démographique.

Pour ce qui est du revenu et de l'effectif démographique, nous fondons nos scénarios sur les données d'évolution du PIB provenant des travaux de quantification de l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA) réalisés pour le compte du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : lesdits *Scénarios Socioéconomiques Partagés* (SSP) décrivant l'avenir de la planète au 21^e siècle à travers l'examen des mutations sociétales futures¹⁷. Au nombre de cinq, ces SSP constituent l'une des composantes des scénarios du GIEC incorporant les transformations climatiques et sociétales à venir pour

Figure 20 : Evolution du PIB mondial (en trillions d'USD) entre 2010 et 2050 dans les scénarios SSP1, SSP3 et SSP5 du GIEC.



apprécier les impacts climatiques et les pistes d'atténuation et d'adaptation (O'Neill *et coll.*, 2015). Parmi eux, SSP1, réputé décrire la trajectoire de développement durable, formera ici notre scénario de référence.

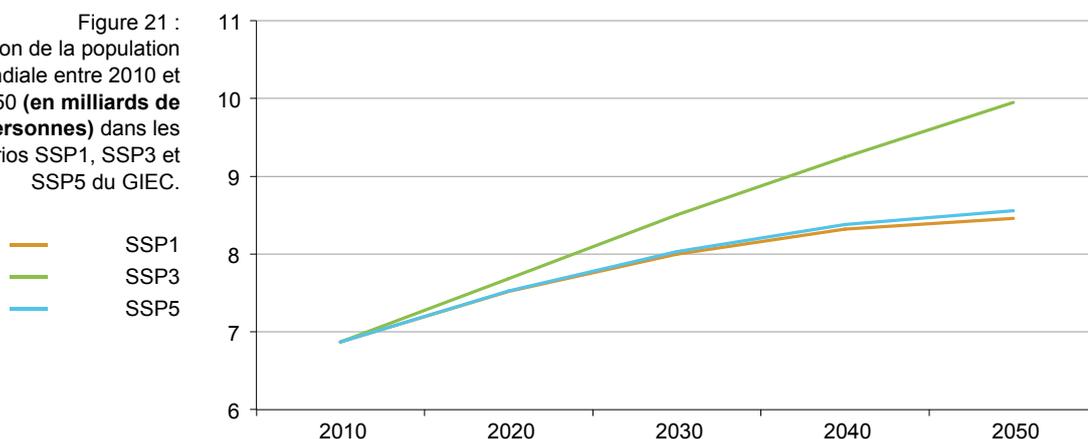
La figure 20 montre la projection du PIB dans les différents scénarios. Afin d'obtenir la fourchette d'évolution la plus large, nous avons élaboré les scénarios SSP3 (PIB minimal) et SSP5 (PIB maximal).

Dans l'hypothèse de base SSP1, le PIB mondial progresse d'un facteur de 3,757. L'élasticité du revenu de la demande alimentaire est le paramètre déterminant la fraction de revenu supplémentaire destinée à être consacrée à l'achat de nourriture en 2050. À ce propos, l'étude menée par Cireira et Masset (2010) indique que, même si l'élasticité du revenu de la demande de poisson est voisine de 1, la meilleure estimation mondiale de l'élasticité du prix de la demande alimentaire s'établit à 0,48.

Dans le scénario de référence, nous supposons que les dépenses mondiales en poisson et aliments d'une autre nature riches en protéines progressent d'un facteur égal à $0,48 \times 3,757$. Parallèlement, nous envisageons un scénario très prudent (SSP3), où les dépenses alimentaires s'accroissent d'un facteur de $0,48 \times 2,758$ et où aucun progrès supplémentaire n'est enregistré dans les technologies halieutiques ; et un scénario intensif (SSP5), où la demande alimentaire mondiale est multipliée par 4,534 et son élasticité-revenu égale à 1, chiffres jugés transposables au poisson (Cireira et Masset, 2010).

L'évolution démographique correspondante apparaît sur la figure 21. Pour calculer la demande future de poisson, nous appliquons les scénarios SSP1 et SSP3 afin d'élargir

Figure 21 : Evolution de la population mondiale entre 2010 et 2050 (en milliards de personnes) dans les scénarios SSP1, SSP3 et SSP5 du GIEC.



au maximum la plage d'évolution possible de la population mondiale à l'horizon 2050. Tandis que SSP1 émet l'hypothèse du plus faible effectif démographique en 2050 (8,5 milliards d'habitants) en retenant un facteur d'accroissement démographique de 1,23, SPP3 renvoie à l'effectif démographique le plus élevé à la même date, à savoir 9,95 milliards d'habitants (facteur d'accroissement démographique de 1,45).

S'agissant de l'offre d'aliments riches en protéines mais d'une autre nature que le poisson, l'estimation de la tendance entre 1976 et 2010 aboutit à un taux de croissance annuelle de 2,09 %. Dans tous les scénarios, nous partons du fait qu'il est possible de maintenir ce taux de croissance jusqu'en 2050. L'évaluation des paramètres économiques permet d'envisager une amélioration des techniques halieutiques et un abaissement concomitant moyen du coût de la pêche de 2,4 % pour les pêcheries de prédateurs et de 1,1 % pour les pêcheries de proies chaque année. Ces valeurs se révèlent conformes aux conclusions précédemment tirées dans la littérature (Squires et Vestergaard, 2013). Nous supposons au demeurant que cette tendance se prolongera jusqu'en 2050, sauf dans notre scénario le plus prudent, qui exclut toute avancée technique en la matière.

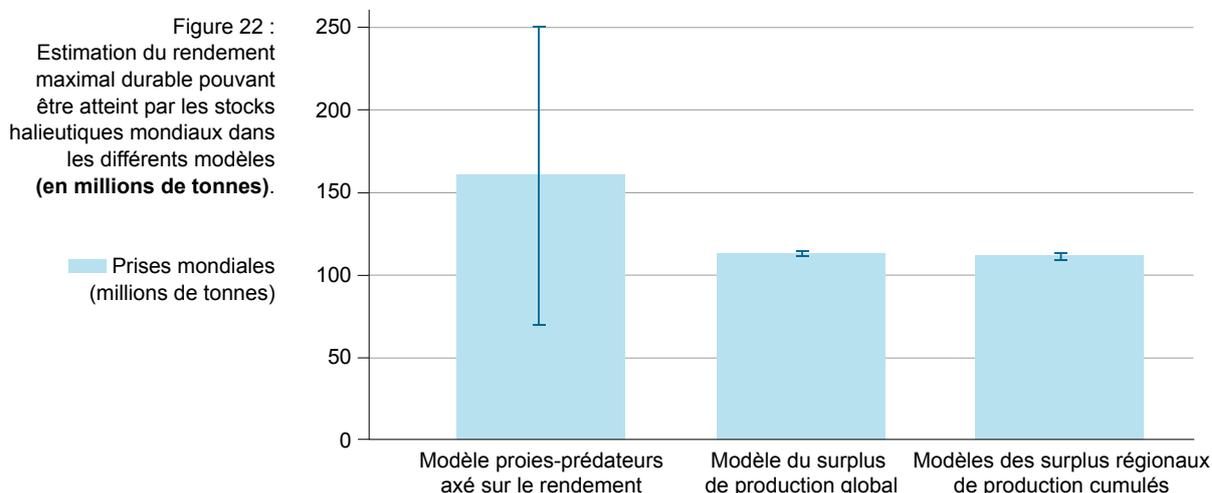
Sur un autre plan, la gestion des pêches influant parfois notablement sur l'évolution des stocks et le niveau des prises (Froese et Proelß, 2010 ; Quaas *et coll.*, 2016 ; Costello *et coll.*, 2016), nous envisageons différents scénarios suivant son degré d'efficacité. L'un d'eux repose sur l'hypothèse d'une gestion de la totalité des pêches suivant le principe du rendement maximal durable, c'est-à-dire de telle sorte que les prises en poids à long terme soient maximisées (Froese et Proelß, 2010).

Parallèlement, nous considérons plusieurs scénarios où l'effort halieutique se trouve régulé par les totaux admissibles de captures et la réglementation (Grafton *et coll.*, 2005). Dans notre démarche modélisatrice, nous nous inspirons de Quaas *et coll.* (2016) et conceptualisons l'efficacité de gestion en l'assimilant à la fraction des coûts de pêche externes internalisée dans les décisions prises par les pêcheurs pour fixer le niveau d'intensité de leurs activités halieutiques. Ces coûts externes ne se manifestent que si les pêcheurs individuels ne tiennent pas pleinement compte des impacts de la pêche sur les possibilités de pêche futures. Concrètement parlant, une gestion économiquement optimale consisterait à fixer les Totaux Admissibles de Captures (TAC) de façon à ce que les coûts externes de la pêche soient inclus dans leur intégralité et que la pêche soit réglementée ; à l'opposé, l'absence de gestion équivaldrait à instaurer des conditions d'accès libre et à faire abstraction de la totalité des coûts externes. Dans la présente étude, nous quantifions l'efficacité de gestion en nous appuyant sur les travaux de Mora *et coll.* (2009). Nous envisageons le cas d'une gestion parfaite (efficacité de 100 %) et huit cas de gestion imparfaite (efficacité variant de 20 à 90 % par tranche de 10 %). Les coûts de gestion, engagés par exemple pour le suivi et l'exécution, sont négligés dans l'analyse.

3. Résultats et discussion

Ce chapitre présente l'offre et la demande de poisson quantifiées à l'horizon 2050 à partir du modèle de demande global et du modèle proies-prédateurs global.

Nous partons du postulat que l'ensemble des pêcheries sont gérées suivant le principe du rendement maximal durable. Le choix de cette hypothèse a pour intérêt d'apporter une réponse à la question de savoir dans quelle mesure les stocks halieutiques des océans du globe contribuent à l'offre protéique disponible pour la population mondiale en 2050. À partir du modèle proies-prédateurs global, du modèle de production excédentaire global et des résultats agrégés issus du modèle régional, nous présentons les estimations du Rendement Maximal Durable (RMD) que peuvent procurer les stocks planétaires de poissons. La figure 22 présente les estimations obtenues pour les trois modèles, et le tableau 5, les valeurs chiffrées correspondantes.



La première barre indique la quantité des prises mondiales prévues dans un modèle proies-prédateurs, les deuxième et troisième, les prises maximales obtenues dans les modèles de surplus de Schaefer. Précisons que le deuxième modèle postule un stock mondial comprenant les poissons de tous les océans. Le troisième modèle représente pour sa part le rendement maximal durable total des 64 GEM : en définissant un stock pour chacun des GEM, il nous permet d'analyser leur capacité respective à répondre à la demande mondiale et régionale de protéines de poisson.

Le graphique montre que le RMD global atteint 112 millions de tonnes dans le modèle de surplus de Schaefer. Nos calculs estimant les captures mondiales totales à 101 millions de tonnes en 2010¹⁸, nous en déduisons que les ressources marines sont déjà presque entièrement exploitées, ce qui réduit d'autant la possibilité d'accroissement des prises dans le futur.

Tableau 5 : Prises moyennes en 2050 suivant les spécifications des trois modèles.

	Prises moyennes (millions de tonnes)	Écart-type (millions de tonnes)
Modèle proies-prédateurs global axé sur le rendement	160	91
Modèle de production excédentaire global (modèle global de Schaefer)	112	1
Agrégation du modèle de production excédentaire régional (64 GEM)	111	3

L'estimation du RMD mondial du modèle proies-prédateurs est quant à elle nettement supérieure (près de 160 millions de tonnes). Si la stratégie de gestion porte exclusivement sur le rendement, les prises mondiales totales pourraient donc être sensiblement plus importantes. Conjuguée à l'accroissement démographique planétaire, l'augmentation de la demande d'aliments riches en protéines pourrait justifier une stratégie de gestion privilégiant la maximisation de la biomasse. Ce faisant, toutefois, tous les autres objectifs de conservation caractérisant une industrie halieutique durable (impacts écologiques, écosystémiques et socioéconomiques) devraient être abandonnés. Qui plus est, l'obtention de prises maximales élevées est assortie d'une très forte élévation du niveau d'incertitude, ce que soulignent déjà les études montrant que la stabilité des écosystèmes est fortement compromise si les populations de prédateurs déclinent de manière disproportionnée (Britten *et coll.*, 2014 ; Essington *et coll.*, 2015).

Par la suite, nous déterminons dans quelle mesure les prises mondiales dépendent de l'efficacité de gestion dans les trois scénarios du modèle bioéconomique proies-prédateurs global. La figure 23 indique les captures globales à l'horizon 2050 dans le scénario de demande fondé sur le scénario de référence associant la croissance du PIB de SSP1 et une élasticité-revenu de la demande de poisson de 0,48.

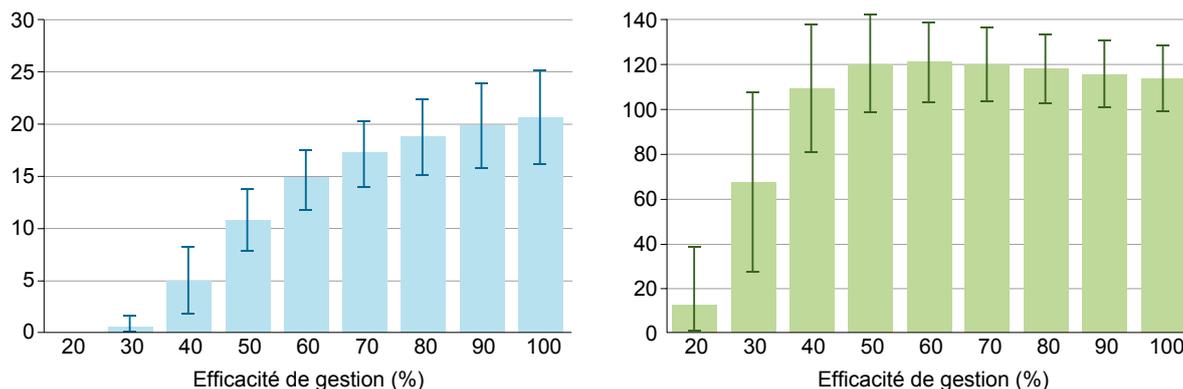
Dans un scénario envisageant une gestion parfaite (efficacité de 100 %), les prises mondiales de poissons prédateurs et de poissons proies atteignent respectivement 21 et 116 millions de tonnes, soit un total de 137 millions de tonnes, chiffre nettement supérieur aux rendements actuels (figure 23). Cela dit, actuellement, l'efficacité de gestion des pêcheries oscille autour de 50-60 % (Mora *et coll.*, 2009 ; Watson *et coll.*, 2009 ; Quaas *et coll.*, 2016). Si elle conservait ce niveau, les rendements mondiaux enregistrés en 2050 seraient à peine plus élevés que ceux d'aujourd'hui. Ajoutons à cela que, telle qu'exercée de nos jours, la gestion néglige les interactions existant entre espèces : la pêche abondante de poissons prédateurs entraîne en effet une atténuation de la pression prédatrice pesant sur les poissons fourrage et ne permet donc qu'une progression modérée des captures totales. Par rapport à un scénario de gestion parfaite, la persistance de ce mode de gestion conduirait à consommer progressivement des espèces de plus en plus petites.

Si l'efficacité de gestion devait se dégrader à l'avenir, nous assisterions simultanément à une forte diminution des captures de poissons prédateurs et de poissons fourrage. C'est pourquoi, en accord avec les conclusions de Quaas *et coll.* (2016), la gestion doit être portée à un degré d'efficacité suffisamment élevé pour préserver le niveau des captures dans un contexte de hausse constante de la demande mondiale de poisson.

À titre de comparaison, nous fondons le scénario intensif sur la croissance du PIB issue de SSP5 et sur une élasticité-revenu unitaire de la demande de poisson. Les résultats apparaissent sur la figure 24. Si la gestion était parfaite, les prises mondiales de poissons prédateurs et de poissons fourrage pourraient être

Figure 23 : Prises mondiales de poisson dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario de référence, croissance des revenus de SSP1). (en millions de tonnes)

■ Prises mondiales de poissons prédateurs
■ Prises mondiales de poissons proies



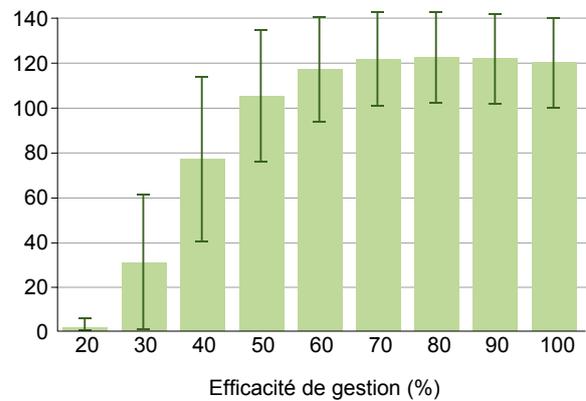
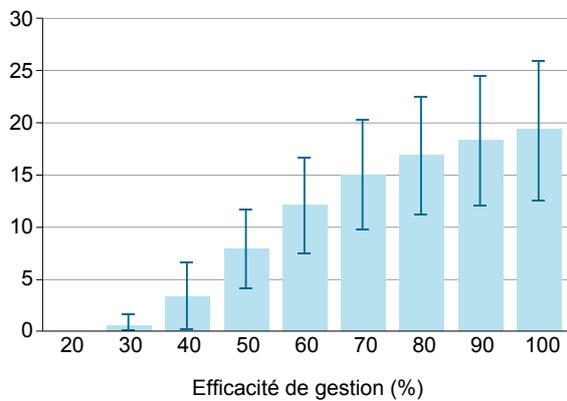


Figure 24 : Prises mondiales de poisson dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario intensif : croissance des revenus de SSP5, élasticité-revenu unitaire de la demande de poisson). (en millions de tonnes)

Figure 25 : Prises mondiales de poisson dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario modéré : croissance des revenus de SSP3, aucun progrès technique dans les techniques halieutiques). (en millions de tonnes)

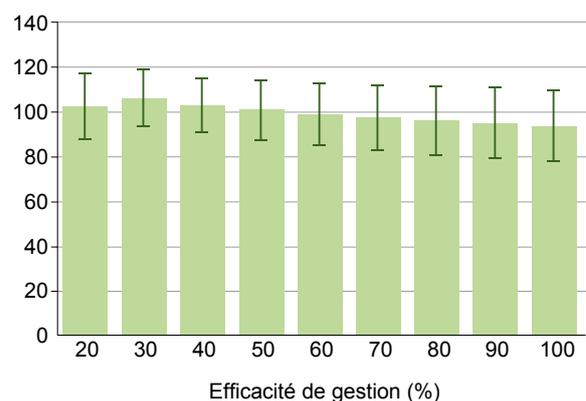
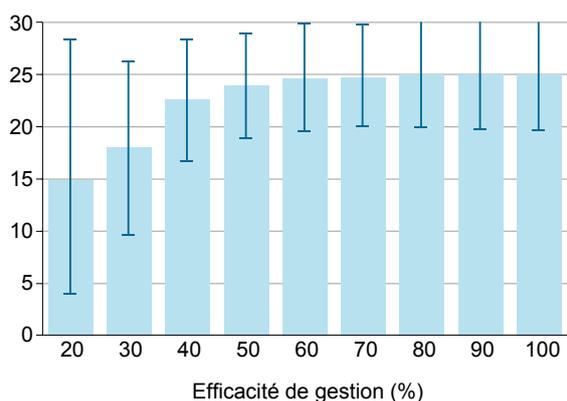
■ Prises mondiales de poissons prédateurs
■ Prises mondiales de poissons proies

maintenues au même niveau que celui du scénario de référence. Par contre, dans l'hypothèse d'une dégradation de l'efficacité de gestion, les captures diminueraient beaucoup plus nettement que dans le scénario de référence.

Les résultats du scénario le plus prudent, où la croissance de la demande est tirée de SSP3 et dans lequel est postulée l'absence de progrès technique supplémentaire dans le domaine de la pêche, sont visibles sur la figure 25. Dans ce cas, les prises de poissons pourraient être maintenues même si la gestion ne s'améliore pas par rapport à aujourd'hui. Néanmoins, les hypothèses formulées ici apparaissent très peu réalistes : en particulier, la tendance à l'amélioration des techniques halieutiques étant normalement appelée à se prolonger dans les décennies qui viennent, la pression halieutique devrait sensiblement s'accroître. Ce scénario a néanmoins pour utilité de montrer que les forces motrices économiques, et notamment la hausse de la demande et les avancées techniques dans le domaine de la pêche, sont des facteurs incontournables qui influencent à terme le sort des pêcheries.

Au cours de la dernière étape, nous cherchons à savoir dans quelles proportions les GEM des océans du globe sont à même de contribuer aux apports de protéines de poisson dans le monde. Pour ce faire, nous recourons aux estimations du RMD des différents GEM et les comparons à la consommation régionale de poisson, basée sur les données de consommation de la FAO datant de 2010 et sur l'effectif démographique anticipé en 2050 à partir des deux scénarios retenus (SSP1 et SSP3). Ces scénarios renvoient aux extrêmes de l'évolution de la population humaine : SSP1, au plus faible effectif projeté à l'horizon 2050, et SSP3, à l'effectif maximal projeté par les cinq scénarios à cette date.

Les résultats sont présentés sur la figure 26 et la figure 27, où la couleur des GEM varie là encore selon leur capacité à subvenir aux besoins locaux. Un disque rouge ou jaune indique qu'ils sont capables de satisfaire les besoins locaux, même dans



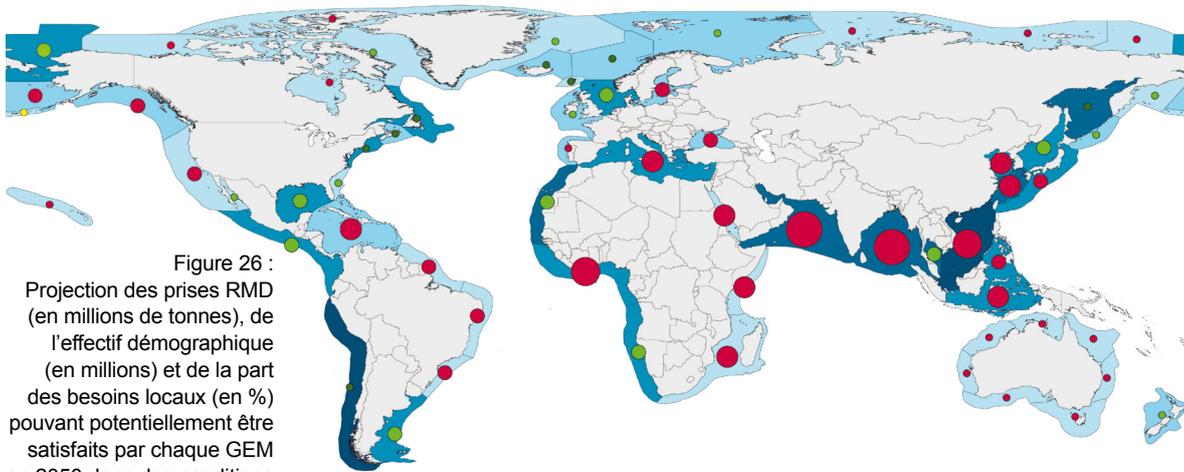


Figure 26 :
Projection des prises RMD (en millions de tonnes), de l'effectif démographique (en millions) et de la part des besoins locaux (en %) pouvant potentiellement être satisfaits par chaque GEM en 2050 dans des conditions idéales et l'hypothèse de croissance démographique du scénario SSP1.

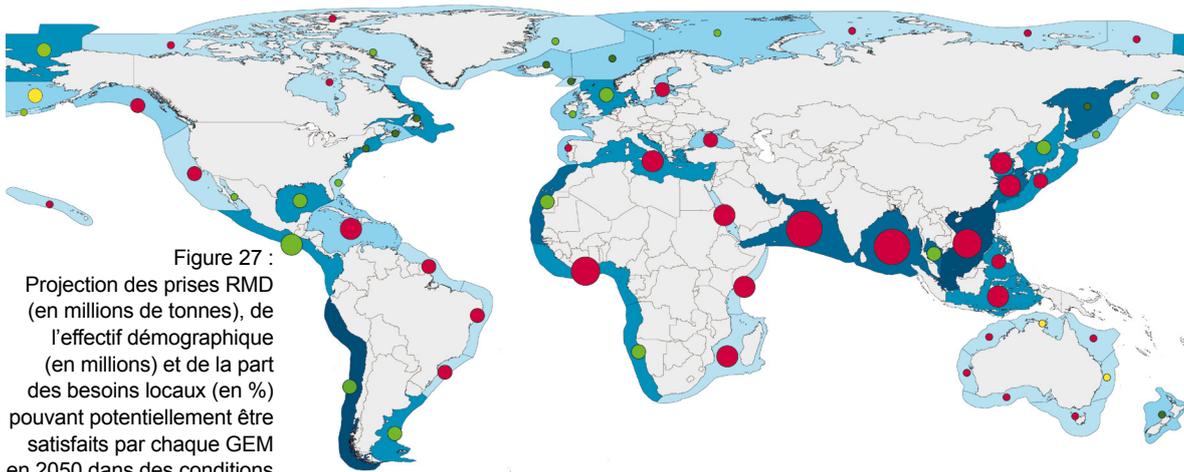


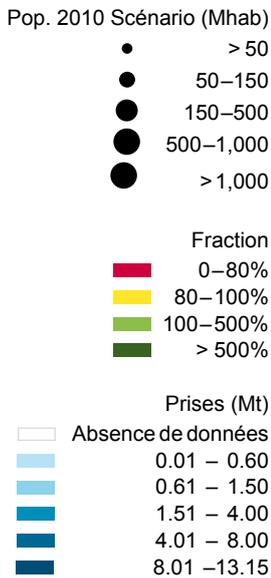
Figure 27 :
Projection des prises RMD (en millions de tonnes), de l'effectif démographique (en millions) et de la part des besoins locaux (en %) pouvant potentiellement être satisfaits par chaque GEM en 2050 dans des conditions idéales et l'hypothèse de croissance démographique du scénario SSP3.

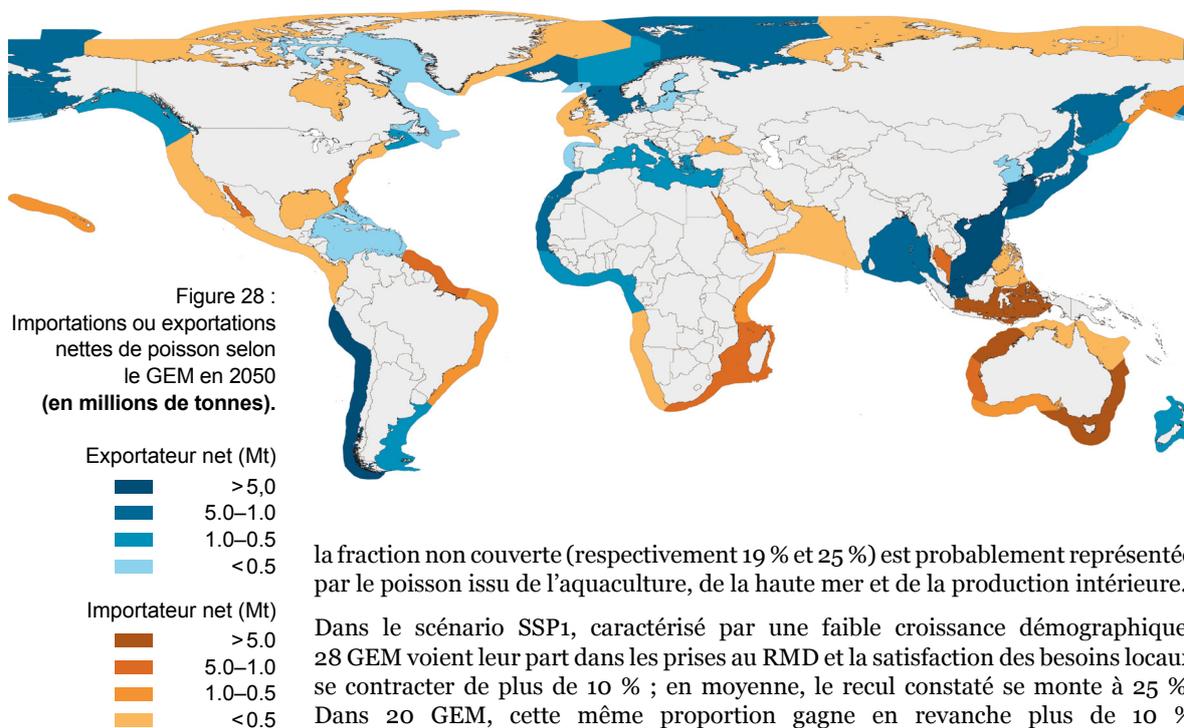
le scénario de gestion RMD envisagé ici ; un disque vert signifie au contraire qu'ils couvrent largement les besoins locaux si une gestion RMD est appliquée.

Par rapport à 2010, les résultats sont assez semblables : en 2050, 38 GEM dans le scénario SPP1 et 37 GEM dans le scénario SSP3 s'avèrent incapables de pourvoir aux besoins de la population locale. Les extrêmes de 2010 se retrouvent également en l'an 2050. Au cœur de l'Arctique, p. ex. dans le Haut Arctique canadien, le Nord du Groenland, la mer de Beaufort, ou encore le GEM Pacifique insulaire / Hawaï, la production de poisson répond à moins de 1 % de la demande, tandis que le plateau néo-écossais, le plateau de Terre-Neuve et du Labrador, le plateau islandais et la mer d'Islande, et le plateau des Féroé se distinguent par leur production massive, qui assure une couverture supérieure à 1 000 %.

Dans le même temps, on assiste cependant à un changement de catégorie de certains GEM. Ainsi, la mer du Nord et la mer du Japon devraient pouvoir faire face aux besoins locaux en 2050, ce qui ne sera probablement pas le cas de la mer d'Arabie et du Courant de Californie à cette même date.

Si l'on examine à présent la capacité du globe à procurer du poisson en quantité suffisante à la population humaine, les scénarios diffèrent. Dans le scénario SSP1 (effectif démographique le plus faible en 2050), l'offre mondiale de poisson couvre 81 % des besoins totaux. Dans le scénario SSP3 (effectif le plus élevé), les besoins planétaires ne sont plus ici satisfaits qu'à hauteur de 75 %. De même qu'en 2010,





la fraction non couverte (respectivement 19 % et 25 %) est probablement représentée par le poisson issu de l'aquaculture, de la haute mer et de la production intérieure.

Dans le scénario SSP1, caractérisé par une faible croissance démographique, 28 GEM voient leur part dans les prises au RMD et la satisfaction des besoins locaux se contracter de plus de 10 % ; en moyenne, le recul constaté se monte à 25 %. Dans 20 GEM, cette même proportion gagne en revanche plus de 10 % (moyenne : 37 %). En fait, ces évolutions opposées semblent se compenser, puisque la fraction des besoins couverts à l'échelle du globe ne recule que de 1 %.

Dans le scénario SSP3 (forte croissance démographique), la fraction baisse de plus de 10 % dans 19 GEM, où la régression moyenne atteint 35 % ; au contraire, 28 GEM enregistrent une progression supérieure à 10 % (moyenne : 43 %). Pour autant, le pourcentage passant de 82 % en 2010 à 75 % en 2050 au niveau planétaire, le déficit total sera finalement supérieur dans le scénario anticipant l'effectif le plus élevé, alors même que davantage de GEM risquent d'être confrontés à un déficit d'offre accru dans le scénario SSP1.

En définitive, la figure 26 et la figure 27 montrent clairement que les besoins mondiaux futurs en poisson ne devraient pas être couverts par les seules prises marines. Si l'aquaculture s'avère donc incontournable, rappelons tout de même que cette forme de production s'appuie sur la consommation de poissons capturés à l'état sauvage (Essington *et coll.*, 2015).

Pour savoir quels GEM devraient normalement exporter des produits halieutiques et lesquels risquent de dépendre des importations à l'avenir, nous calculons les quantités nettes importées et exportées dans chaque GEM en 2050 à partir des estimations réalisées dans le modèle de demande au niveau des GEM. La répartition ainsi obtenue est visible à la figure 28.

La figure 29 et la figure 30 présentent l'écart absolu de consommation de poisson entre 2010 et 2050 pour tous les GEM. Les GEM de la figure 29 enregistrent une baisse de la consommation en 2050 par rapport à 2010, tandis que la Figure 30 regroupe les GEM où la consommation est appelée à progresser.

Selon la figure 29, les eaux bordant le littoral de l'Asie orientale sont celles qui assisteront à la plus forte régression de la consommation de poisson d'ici 2050, alors même que les territoires qu'elles nourrissent peinent à présent à satisfaire la demande locale avec l'offre locale (voir figure 26 et figure 27). Pour comprendre une telle évolution, il faut savoir que, les GEM interagissant entre eux par le biais d'un marché mondialisé, le niveau des prix respectifs du poisson et des produits de substitution va inciter les habitants à porter préférentiellement leur choix sur l'une ou l'autre de ces deux options. Au-delà d'un certain prix, le poisson va devenir

une denrée inaccessible pour une fraction substantielle de la population des GEM baignant la côte orientale du continent asiatique. Ces individus se tourneront alors vers des substituts plus abordables, tandis que le poisson local prendra le chemin de l'exportation à des prix avantageux, justifiant ainsi la présence des GEM d'Asie orientale au rang des exportateurs nets.

Figure 29 :
GEM dont la consommation
de poisson est appelée à
diminuer entre 2010 et 2050
(en millions de tonnes).

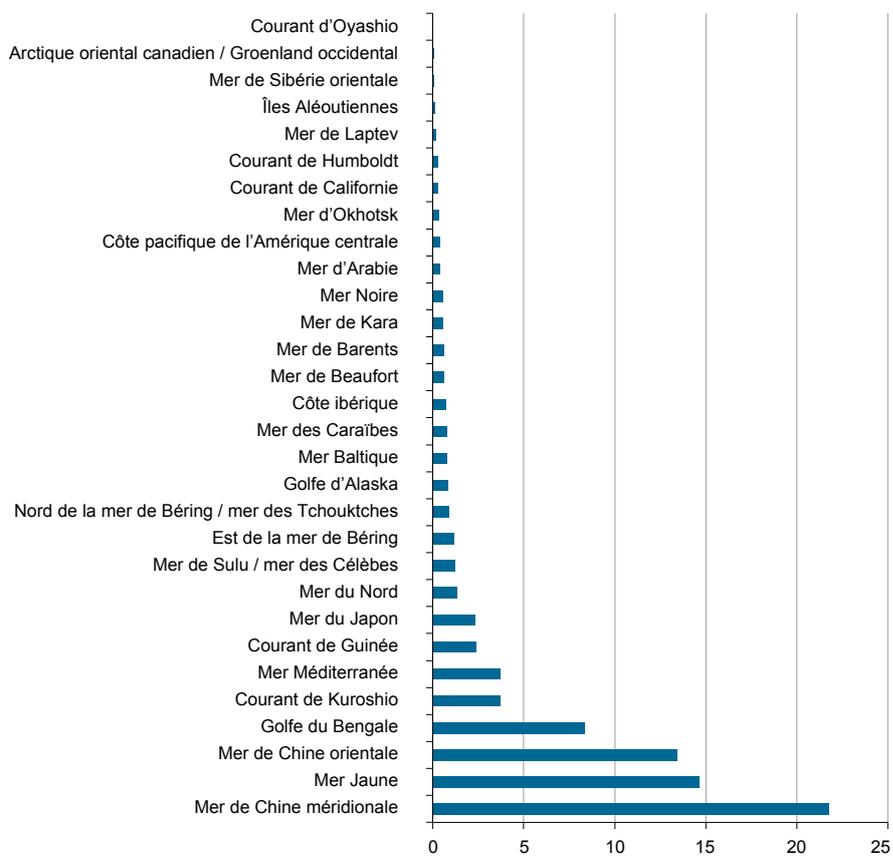
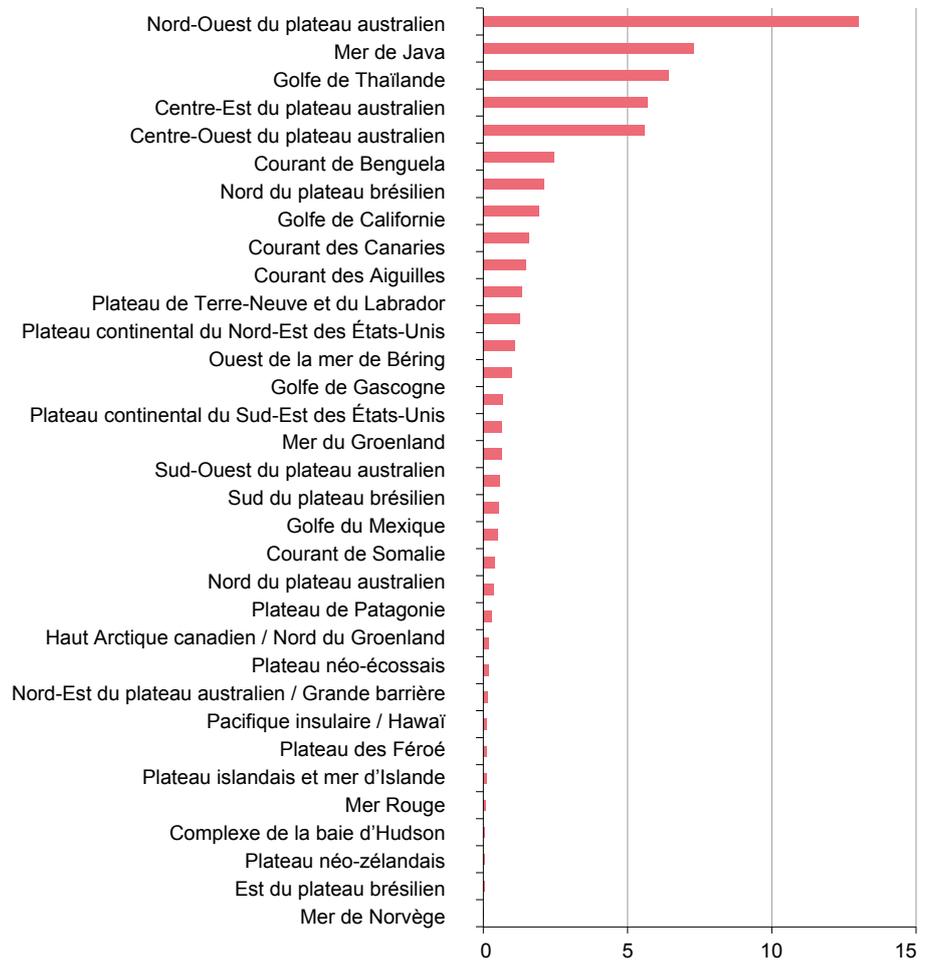


Figure 30 :
 GEM dont la consommation
 de poisson est appelée à
 augmenter entre
 2010 et 2050
 (en millions de tonnes).



Annexes

Tableau 6 :
Directives nutritionnelles
nationales applicables au
poisson (basées sur
les normes recommandées
par l'OMS).

	Apport recommandé	Quantité recommandée (g/semaine)	Source
Royaume-Uni	2 portions (140 g chacune) par semaine, dont l'une de poisson gras	280	Food Standards Agency (2010) ¹⁹
Australie / Nouvelle-Zélande	2-3 portions (150 g chacune)	375	Food Standards Australia New Zealand (2013) ²⁰
Canada	Au moins 150 g par semaine	150	Health Canada (2011) ²¹
Autriche	1-2 portions par semaine (150 g au total)	150	WHO (2003) ²²
Allemagne	1-2 portions par semaine	150	
Géorgie	12,8-15 g de poisson par jour	97	WHO (2003) ²³
Ukraine	20 g de poisson par jour	140	WHO (2003) ²⁴
Estonie	2-3 portions par semaine (50 g chacune)	150	WHO (2003) ²⁵
États-Unis	225 g par semaine	226	http://bit.ly/1nhRps6
Italie	100-240 g par semaine	170	http://bit.ly/294BDQm
France	100-200 g par semaine	150	http://bit.ly/29AcfCm
Irlande	2 fois par semaine	200	http://bit.ly/29Anq8D
Norvège	2-3 fois par semaine	250	http://bit.ly/29KT48J
Danemark	2-3 fois par semaine	350 (explicit)	http://bit.ly/29xPV69
Suède	2-3 fois par semaine	250	http://bit.ly/29AVhkg
Islande	2-3 fois par semaine	250	http://bit.ly/29T6jU8
Méditerranée orientale (Chypre, Liban, Turquie, Grèce, Jordanie, Syrie, Israël, Palestine, Égypte, Libye)	2 fois par semaine	180	http://bit.ly/29t25Cn
Malaisie	2 fois par semaine (200-300 g/semaine)	250	http://bit.ly/29T6leL
Sri Lanka	2-3 fois par semaine (poisson gras)	250	http://bit.ly/29t2F30
Barbade	2-3 fois par semaine	250	http://bit.ly/1TbViHR
Mexique	2 fois par semaine	200	http://bit.ly/29M12LC
Argentine	2-3 fois par semaine (75-100 g à chaque fois)	244	http://bit.ly/1OLY18D

Total:

31 recommandations nationales		Ø = 204,25	204.25 x 52 = 10,6 kg/hab/an
-------------------------------	--	------------	------------------------------

¹⁹⁾ à ²⁵⁾ Source : Thurstan *et coll.* (2013)

Modélisation de l'offre

a. Modèle proies-prédateurs à l'échelle mondiale

Pour les besoins de l'étude, nous choisissons un modèle proies-prédateurs de Lotka-Volterra (Hannesson, 1983), où "x" désigne la biomasse des espèces prédatrices et "y" celle des espèces proies. La variation des biomasses respectives dans le temps (\dot{x}_t et \dot{y}_t) se définit ainsi :

$$\begin{aligned}\dot{x}_t &= r_x x_t - k_x x_t^2 + a x_t y_t - H_t \\ \dot{y}_t &= r_y y_t - k_y y_t^2 - b x_t y_t - L_t\end{aligned}$$

où x_t et y_t expriment respectivement la taille des stocks à l'année t , r_x et r_y les taux de croissance intrinsèque, k_x et k_y la densité-dépendance des espèces prédatrices et des espèces proies, et a et b les paramètres d'interaction. Tout accroissement de la biomasse de proies a un impact positif sur l'évolution de la biomasse de prédateurs, ce qui explique que le terme d'interaction $a x_t y_t$ soit positif. À l'opposé, toute augmentation de la biomasse de prédateurs a un impact négatif sur l'évolution de la biomasse de proies, ce qui justifie que le terme d'interaction $b x_t y_t$ soit négatif. H_t et L_t représentent les niveaux respectifs de prélèvement des espèces de prédateurs et de proies. La variation de biomasse est ainsi déterminée par la croissance biologique du stock, minorée des prises, majorée ou minorée du terme d'interaction.

Les fonctions de prélèvement de Schaefer généralisées, prises pour hypothèses, sont les suivantes :

$$\begin{aligned}H_t &= q x_t^{c_x} E_{x_t} \\ L_t &= d y_t^{c_y} E_{y_t}\end{aligned}$$

Ces fonctions concernent respectivement les espèces prédatrices et les espèces proies. Ici, c et d expriment les coefficients de capturabilité, χ_x et χ_y les élasticités-stock de la production, susceptibles de différer l'une de l'autre, et E_{x_t} et E_{y_t} le niveau des efforts consacrés respectivement à la pêche aux prédateurs et aux proies.

En supposant que le coût marginal des efforts soit constant pour les deux types de pêcheries et que les coûts suivent une tendance à la baisse sous l'effet des progrès techniques (aux taux v_x et v_y), les coûts de la pêche s'écrivent :

$$\begin{aligned}C_x(H_t, x_t) &= \exp(c_x - v_x t) x_t^{-\chi_x} H_t \\ C_y(L_t, y_t) &= \exp(c_y - v_y t) y_t^{-\chi_y} L_t\end{aligned}$$

Comme nous l'avons précisé dans le corps du texte, la méthode Catch-MSY employée pour les besoins de l'étude, mise au point par Martell et Froese (Martell et Froese, 2013), a pour intérêt de permettre l'évaluation de paramètres biologiques à partir des données de prises. Son application met en jeu des séries temporelles de prises et des plages antérieures de valeurs des paramètres examinés, sans oublier les fourchettes de taille de stocks éventuellement disponibles entre les deux dates définissant l'intervalle temporel d'étude. La taille initiale des stocks et les limites de leur taille finale étant précisées, un jeu de paramètres est tiré aléatoirement de la distribution des paramètres antérieurs. Ensuite, le modèle d'offre de poisson applicable est mobilisé pour calculer la biomasse associée au niveau de prélèvement correspondant au jeu de paramètres considéré. Si la biomasse obtenue se situe dans une fourchette raisonnable, le jeu de paramètres est enregistré. Dans notre analyse, nous renouvelons l'opération 10 000 000 fois pour chaque GEM. Nous utilisons des échantillons de 1 000 valeurs de paramètres acceptés sélectionnées au hasard dans nos calculs pour déterminer les estimations moyennes et les intervalles de confiance. De ce fait, tous les résultats mentionnés ci-dessous reposent sur les moyennes et les écarts-types obtenus à partir de 1 000 simulations indépendantes. Dans le modèle proies-prédateurs global, nous élargissons la démarche de Martell et Froese (2013) et déterminons les valeurs des paramètres au moyen d'un modèle proies-prédateurs de Lotka-Volterra. À chaque fois, les jeux de paramètres d'origine sont tirés aléatoirement d'une distribution uniforme à tester. Les paramètres biologiques sont acceptés si les biomasses finales tombent entre un minimum et les deux tiers de leur valeur d'équilibre sans pêche.

La théorie économique prévoit l'existence d'une relation positive entre la biomasse des ressources halieutiques et l'offre de poisson sur le marché (ou bien encore, l'absence de toute relation dans l'hypothèse de la pratique exclusive de la pêche d'espèces vivant en banc), donc celle d'une relation négative entre la biomasse des stocks et le prix du poisson. Nous utilisons les données disponibles sur les prix dans chaque série de tests portant sur un jeu de paramètres donné pour vérifier si cette exigence est remplie. Plus précisément, nous supposons que les conditions d'accès libre $p_{Ht} = C_x(H_t, x_t)$ et $p_{Lt} = C_y(L_t, y_t)$ se maintiennent pendant la période 1976-2000 (Quaas *et coll.*, 2012). Nous retenons les prix observés dans Sea Around Us et les estimations de stock des séries de tests de la méthode Martell/Froese pour réaliser une régression OLS log-linéarisée des conditions d'accès libre à partir des fonctions de coût et des tendances temporelles précisées ci-après. Un jeu de paramètres est accepté dès lors qu'il donne des estimations non-négatives pour χ_x et pour χ_y . Les jeux de paramètres échouant au test, eux, sont rejetés. Dans le cas contraire, nous exploitons l'information obtenue sur la relation entre prix et biomasse du stock afin d'obtenir une estimation des valeurs des paramètres économiques.

Les moyennes et les écarts-types des 1 000 jeux de paramètres utilisés dans les calculs sont donnés dans le tableau suivant.

	r_x	r_y	k_x	k_y	A	b	c_x	c_y	v_x	v_y	χ_x	χ_y
Moyenne	1,44	2,24	0,044	0,0096	0,0046	0,014	49,14	24,27	0,024	0,011	0,24	0,32
Écart-type	0,56	0,74	0,023	0,0062	0,0020	0,0077	10,45	7,82	0,005	0,003	0,20	0,20

b. Modèle de l'offre de poisson au niveau des GEM

Dans le modèle d'offre totale de poissons, la variation de biomasse au cours du temps s'écrit :

$$\dot{x}_{ime,t} = r_{ime}x_t - k_{ime}x_{ime,t}^2 - H_{ime,t}$$

où $x_{ime,t}$ exprime la taille du stock dans le grand écosystème marin *gem* l'année t , r_{ime} le taux de croissance intrinsèque du stock, k_{ime} la densité-dépendance, et $H_{ime,t}$ les prises réalisées dans le GEM l'année t (Clark, 1991). Dans ces conditions, la variation de biomasse se lit comme la croissance biologique d'un stock, minorée des prises effectuées par l'industrie halieutique. De la même manière que pour le modèle proies-prédateurs global, nous définissons une fonction des coûts de pêche :

$$C_{ime}(H_{ime,t}, x_{ime,t}) = \exp(c_{ime} - v_{ime}t)x_{ime,t}^{-x_{ime}} H_{ime,t}$$

Les valeurs des paramètres diffèrent pour chacun des 64 GEM. Nous reprenons la méthode appliquée au modèle proies-prédateurs global du modèle régionalisé, qui produit 64 000 jeux de paramètres pour r_{ime} , k_{ime} , c_{ime} , v_{ime} et x_{ime} .

Modélisation de la demande

a. Modèle de la demande mondiale

Dans notre modèle de demande global, nous considérons un consommateur représentatif ayant des préférences quant à la consommation des trois catégories d'aliments riches en protéines, à savoir, les aliments riches en protéines et différents du poisson (quantité C_t), les poissons prédateurs de haut niveau trophique (quantité H_t), et les poissons fourrage de faible niveau trophique (quantité L_t).

Les préférences particulières et la consommation du numéraire X_t sont décrites par la fonction d'utilité :

$$U_t = N_t + \frac{E_t \sigma}{\sigma - 1} \ln(V_t)$$

où E_t désigne les dépenses totales de w pour les aliments riches en protéines l'année t , N_t la consommation du numéraire, et V_t un indice de sous-utilité de la consommation d'aliments protéiques, donnés par (Quaas et Requate, 2013 ; Quaas *et coll.*, 2016).

$$V_t = \left[(1 - \eta_H - \eta_L) C_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_H H_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_L L_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

Ici, σ exprime l'élasticité de la substitution entre différents types d'aliments. À l'instar de Quaas *et coll.* (2016), nous postulons $\sigma = 1,7$. Les autres paramètres de préférence η_H et η_L sont estimés à partir des données de prix et de quantité issues de Sea Around Us et de la FAO. En utilisant les prix annuels des aliments riches en protéines et d'une autre nature que le poisson (P_{C_t}), des poissons prédateurs (P_{H_t}) et des poissons fourrage (P_{L_t}), la maximisation de l'utilité, appliquée à la consommation d'aliments riches en protéines, conduit aux fonctions de demande inverse suivantes :

$$P_{C_t} = \frac{E_t}{V_t} (1 - \eta_H - \eta_L) C_t^{-\frac{1}{\sigma}}$$

$$P_{H_t} = \frac{E_t}{V_t} \eta_H H_t^{-\frac{1}{\sigma}}$$

$$P_{L_t} = \frac{E_t}{V_t} \eta_L L_t^{-\frac{1}{\sigma}}$$

à partir desquelles nous estimons les paramètres de demande η_H , η_L en utilisant les données disponibles sur H_t , L_t , C_t , P_{C_t} , P_{H_t} et P_{L_t} pour la période 1976-2010. Nous en déduisons que :

η_H	0.1554
η_L	0.3675

S'agissant des dépenses E_t , nous appliquons les scénarios décrits à la section 2.3. Pour la consommation d'aliments riches en protéines et d'une autre nature que le poisson, nous postulons la poursuite de la tendance à l'œuvre entre 1976 et 2010, avec un taux de croissance exponentiel de 2,09 % par an.

b. Modèle de la demande au niveau des GEM

Pour modéliser la demande régionale, nous avons regroupé les pays en plusieurs grands écosystèmes marins (GEM). Nous partons du principe qu'il existe dans chaque GEM, un consommateur représentatif dont la consommation d'aliments riches en protéines l'année t se décompose en une quantité $C_{ime,t}$ d'aliments autres que le poisson et riches en protéines et une quantité $F_{ime,t}$ de poissons. Les préférences sont décrites par la fonction d'utilité suivante :

$$U_{ime,t} = N_{ime,t} + \frac{E_{ime,t} \sigma}{\sigma - 1} \ln(V_{ime,t})$$

Comme dans le modèle global, $E_{ime,t}$ décrit les dépenses totales d'aliments riches en protéines effectuées l'année t , $N_{ime,t}$ la consommation du numéraire, et $V_{ime,t}$ un indice de sous-utilité de la consommation d'aliments protéiques :

$$V_{ime,t} = \left[(1 - \eta_{ime,t}^d - \eta_{ime,t}^i) C_{ime,t}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_{ime,t}^d (F_{ime,t}^d)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \eta_{ime,t}^i (F_{ime,t}^i)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

Ici, σ exprime l'élasticité de la substitution entre le poisson et les aliments d'une autre nature riches en protéines. Le choix de l'hypothèse d'Armington¹ (1969) permet d'opérer une distinction entre le poisson produit dans le pays et le poisson importé. Là encore, reprenant *Asche et coll.* (1996) et *Quaas et Requate* (2013), nous supposons que l'élasticité de la demande est égale à 1,7. Les paramètres de demande $\eta_{ime,F}^d$ et $\eta_{ime,F}^i$ mesurent la préférence relative pour le poisson produit dans le pays et le poisson importé. En utilisant les prix annuels des aliments riches en protéines et d'une autre nature que le poisson ($P_{C,ime,t}$), des poissons produits sur le territoire national ($P_{F,ime,t}^d$) et des poissons importés ($P_{F,ime,t}^i$), la maximisation de l'utilité conduit aux fonctions de demande inverse suivantes :

$$P_{C,ime,t} = \frac{E_{ime,t}}{V_{ime,t}} (1 - \eta_{ime,t}^d - \eta_{ime,t}^i) C_{ime,t}^{-\frac{1}{\sigma}}$$

$$P_{F,ime,t}^d = \frac{E_{ime,t}}{V_{ime,t}} (F_{ime,t}^d)^{-\frac{1}{\sigma}} \eta_{ime,t}^d$$

$$P_{F,ime,t}^i = \frac{E_{ime,t}}{V_{ime,t}} (F_{ime,t}^i)^{-\frac{1}{\sigma}} \eta_{ime,t}^i$$

Au moyen des informations disponibles sur les prix et les quantités de poisson produit dans le pays, de poisson importé et de produits de substitution pour la période 1976-2011, nous estimons les paramètres de préférence $\eta_{ime,F}^d$ et $\eta_{ime,F}^i$.

Pour ce qui est des dépenses de consommation de poisson, nous recourons au scénario SSP1 sur la croissance des revenus et appliquons une élasticité-revenu de la demande de poisson de 0,48 (*Cireira et Masset*, 2010). S'agissant à présent de la consommation d'aliments d'une autre nature riches en protéines, nous déterminons les tendances linéaires de chaque GEM en nous appuyant sur les observations effectuées durant la période 1976-2010 et postulons leur poursuite jusqu'en l'an 2050.

Les estimations obtenues sont disponibles séparément au format électronique.

¹ Hypothèse-type des modèles d'équilibre calculable, l'hypothèse d'Armington suppose que les consommateurs différencient les biens en fonction de leur origine, à savoir selon qu'ils sont produits dans le pays ou importés.

Liste des Grands Ecosystèmes Marins (GEM)

Antarctique	Golfe du Mexique	Nord de la mer de Béring / mer des Tchouktches
Arctique oriental canadien / Groenland occidental	Haut Arctique canadien / Nord du Groenland	Nord du plateau australien
Centre-Est du plateau australien	Îles Aléoutiennes	Nord du plateau brésilien
Centre-Ouest du plateau australien	Mer Baltique	Nord-Est du plateau australien / Grande barrière
Complexe de la baie d'Hudson	Mer d'Arabie	Nord-Ouest du plateau australien
Côte ibérique	Mer de Barents	Océan Arctique central (aucune donnée disponible)
Côte pacifique de l'Amérique centrale	Mer de Beaufort	Ouest de la mer de Béring
Courant de Benguela	Mer de Chine méridionale	Pacifique insulaire / Hawaï
Courant de Californie	Mer de Chine orientale	Plateau continental du Nord-Est des États-Unis
Courant de Guinée	Mer de Java	Plateau continental du Sud-Est des États-Unis
Courant de Humboldt	Mer de Kara	Plateau de Patagonie
Courant de Kuroshio	Mer de Laptev	Plateau des Féroé
Courant des Aiguilles	Mer de Norvège	Plateau de Terre-Neuve et du Labrador
Courant des Canaries	Mer des Caraïbes	Plateau islandais et mer d'Islande
Courant de Somalie	Mer de Sibérie orientale	Plateau néo-écossais
Courant d'Oyashio	Mer de Sulu / mer des Célèbes	Plateau néo-zélandais
Est de la mer de Béring	Mer d'Okhotsk	Sud du plateau brésilien
Est du plateau brésilien	Mer du Groenland	Sud-Est du plateau australien
Golfe d'Alaska	Mer du Japon	Sud-Ouest du plateau australien
Golfe de Californie	Mer du Nord	
Golfe de Gascogne	Mer Jaune	
Golfe de Thaïlande	Mer Méditerranée	
Golfe du Bengale	Mer Noire	
	Mer Rouge	

Liste des produits de substitution au poisson riches en protéines (base de données FAOSTAT 2016)

Amandes (décortiquées)	Maïs	Viande (bovins)
Arachide (décortiquée)	Maïs doux	Viande (canard)
Beurre (lait de vache)	Noisettes (décortiquées)	Viande (cheval)
Châtaignes	Noix (décortiquées)	Viande (chèvre)
Crème fraîche	Noix (en coque)	Viande (cochon)
Fèves et féveroles sèches	Noix de cajou (avec coquille)	Viande (dinde)
Fromage (lait de brebis)	Noix de cajou (décortiquées)	Viande (gibier)
Fromage (lait de vache entier)	Noix de coco	Viande (lapin)
Fruits à coque (non inclus ailleurs)	Noix de kola	Viande (mouton)
Fruits à coque préparés (hors arachides)	Noix du Brésil (décortiquées)	Viande (non inclus ailleurs)
Ghi (lait de bufflonne)	Œufs de poule en coquille	Viande (oie et pintade)
Haricots secs	Œufs d'autres oiseaux en coquille	Viande (poulet)
Haricots verts	Petit-lait concentré	Yaourt (concentré ou non)
Lait de vache écrémé	Petit-lait séché	
Lait de vache entier frais	Pois bambara	
Lait écrémé séché	Pois chiches	
Lait entier concentré	Pois séchés	
Lait entier évaporé	Pois verts	
Lait entier séché	Riz (total en équivalent blanchi)	
Lentilles	Saindoux	
	Soja	

Liste des figures et des tableaux

Figure 1: Consommation mondiale de poissons.	16
Figure 2: Consommation de poissons par individu dans le monde.	16
Figure 3: Consommation de poissons par individu dans le monde.	17
Figure 4: Habitudes de consommation de poissons dans le monde.	17
Figure 5: Profil de consommation du poissons dans les continents à l'étude.	18
Figure 6: Consommation de poissons dans les huit pays étudiés.	19
Figure 7: Consommation de poissons par individu dans les huit pays à l'étude et sur le continent correspondant.	20
Figure 8: Habitudes de consommation de poissons dans les huit pays à l'étude.	21
Figure 9: Consommation totale de poissons et contribution du poisson aux protéines animales totales.	23
Figure 10: Importance du poisson dans le régime alimentaire en fonction du développement économique d'un pays ou d'une population.	24
Figure 11 / Z1: Consommation totale de protéines dans les huit pays à l'étude.	25
Figure 12: Principales causes de la dépendance vis-à-vis du poisson.	28
Figure 13 / Z2 : Dépendance aux poissons dans les différents pays du globe.	29
Figure 13a: Prises mondiales par individu.	29
Figure 13b: Part du poisson dans la consommation totale de protéines animales.	30
Figure 13c: PIB par habitant.	30
Figure 13d: Part de la population souffrant de sous-alimentation.	30
Figure 14 / Z3: Population, captures et part de la consommation des populations locales couverte par les prises réalisées dans les GEM (2010)	32
Figure 15: Les grands écosystèmes marins (GEM) pris en considération dans l'étude	35
Figure 16: Evolution des prises totales et des prises respectives de prédateurs et de proies dans le monde entre 1950 et 2010. Source : Sea Around Us.	37
Figure 17: Prix réel au débarcadère dans le monde en USD/t.	38
Figure 18: Evolution des dépenses mondiales en milliards d'USD entre 1976 et 2010.	38
Figure 19: Evolution de la production mondiale en millions de tonnes entre 1976 et 2010.	39
Figure 20: Evolution du PIB mondial (en trillions d'USD) entre 2010 et 2050 dans les scénarios SSP1, SSP3 et SSP5 du GIEC.	41
Figure 21: Evolution de la population mondiale entre 2010 et 2050 dans les scénarios SSP1, SSP3 et SSP5 du GIEC.	41
Figure 22 / Z4: Estimation du rendement maximal durable pouvant être atteint par les stocks halieutiques mondiaux dans les différents modèles.	43
Figure 23 / Z5: Prises mondiales de poissons dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario de référence, croissance des revenus de SSP1).	44
Figure 24: Prises mondiales de poissons dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario intensif : croissance des revenus de SSP5, élasticité-revenu unitaire de la demande de poissons)	45
Figure 25: Prises mondiales de poissons dans le modèle bioéconomique proies-prédateurs global suivant le degré d'efficacité de gestion (scénario modéré : croissance des revenus de SSP3, aucun progrès technique dans les techniques halieutiques).	45
Figure 26: Projection des prises RMD (en millions de tonnes), de l'effectif démographique (en millions) et de la part des besoins locaux (en %) pouvant potentiellement être satisfaits par chaque GEM en 2050 dans des conditions idéales et l'hypothèse de croissance démographique du scénario SSP1.	46
Figure 27: Projection des prises RMD (en millions de tonnes), de l'effectif démographique (en millions) et de la part des besoins locaux (en %) pouvant potentiellement être satisfaits par chaque GEM en 2050 dans des conditions idéales et l'hypothèse de croissance démographique du scénario SSP3.	46
Figure 28: Importations ou exportations nettes de poisson selon le GEM en 2050 (en millions de tonnes).	47
Figure 29: GEM dont la consommation de poissons est appelée à diminuer entre 2010 et 2050.	48
Figure 30: GEM dont la consommation de poissons est appelée à augmenter entre 2010 et 2050.	49
Tableau 1: Dépendance du régime alimentaire à l'égard du poisson dans les huit pays considérés dans l'étude. Source : FAO.	24
Tableau 2: Evolution de l'Indice de la faim dans le monde (multidimensionnel) des pays à l'étude entre 1995 et 2015.	26
Tableau 3: Dépendance aux poissons des huit pays les plus pauvres et des huit pays enregistrant la plus forte proportion de protéines de poisson dans la consommation alimentaire (résultats des auteurs).	31
Tableau 4: Dépendance à l'égard du poisson dans les huit pays à l'étude.	31
Tableau 5: Prises moyennes en 2050 suivant les spécifications des trois modèles.	43
Tableau 6: Directives nutritionnelles nationales applicables au poisson (basées sur les normes recommandées par l'OMS).	50

Notes

- 1) Les SSP ont été mis au point par la communauté de recherche sur le changement climatique (dont le GIEC) afin de simplifier l'analyse intégrée des effets à venir des changements climatiques. Ils ouvrent la voie à l'établissement de prévisions démographiques et économiques, notamment pour les facteurs fondamentaux que sont 1) la population par âge, genre et niveau de scolarisation, 2) le taux d'urbanisation, et 3) le développement économique (PIB). L'établissement de scénarios est également envisagé pour d'autres variables, telles que 4) l'offre et la consommation d'énergie, 5) l'occupation des sols, 6) les émissions de gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique, 7) le forçage radiatif global moyen et l'évolution des températures, et 8) les coûts d'atténuation.
- 2) Les protéines animales sont des protéines issues de la viande et des produits carnés (charcuterie, par exemple), du poisson et des fruits de mer, du lait et des produits laitiers ou encore des œufs. Les protéines font partie des sept constituants de base de notre alimentation avec les glucides, les lipides, les vitamines, les oligoéléments et minéraux et l'eau. Ce sont les seules sources d'azote (N) que l'homme peut utiliser, l'azote étant indispensable à la vie.
- 3) OMS, Série de Rapports techniques 916 : Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques – Rapport d'une Consultation OMS/FAO d'experts, 2002.
- 4) Recommandation formulée par le groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition http://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/daj/marches_publics/oeap/gem/nutrition/nutrition.pdf
- 5) <http://www.fao.org/fishery/cwp/search/en>
- 6) Voir également le chapitre consacré à la consommation de poisson.
- 7) La normalisation est effectuée par rapport aux valeurs limites qui, entre 1988 et 2013, étaient légèrement supérieures aux valeurs nationales les plus élevées de l'indicateur considéré mesurées à l'échelle mondiale.
- 8) De tous les déficits courants en micronutriments, le poisson est l'aliment contribuant à atténuer le plus ceux en vitamine A, en fer et en iode. Ce constat s'impose tout particulièrement pour les petites espèces consommées entières, tête et arêtes comprises, qui constituent une excellente source de multiples sels minéraux essentiels (iode, sélénium, zinc, fer, calcium, phosphore et potassium) et de vitamines (A, D et plusieurs vitamines du groupe B) (Kawarazuka et Béné, 2011). Ajoutons également que le poisson est généralement pauvre en acides saturés, en glucides et en cholestérol, à de rares exceptions près.
- 9) Une conclusion similaire a été tirée par Thurstan et Roberts (2014), quoique avec une intention différente.
- 10) Exprimé en USD en parité de pouvoir d'achat, c'est-à-dire après correction des fluctuations des taux de change au moyen d'un taux de change hypothétique fixé de façon à atteindre la parité de pouvoir d'achat pour un panier de biens défini. Cette mesure est fréquemment employée dans les comparaisons internationales pour pouvoir minimiser les effets des fluctuations (à court terme) des taux de change lorsque, par exemple, sont comparés les niveaux de pauvreté de plusieurs pays.
- 11) L'indicateur d'Allison et coll. (2009a, 2009b) aboutit à la même conclusion.
- 12) Pour consulter la liste complète des GEM, se reporter à l'annexe correspondante. L'Antarctique et l'océan Arctique central sont exclus pour cause de pénurie de données.
- 13) Les séries complètes de paramètres, résultats des calculs et codes de programmation sont disponibles au format électronique en complément. Pour opérer les calculs numériques, nous employons l'algorithme du point intérieur du logiciel d'optimisation Knitro (version 9.1) (Byrd et coll., 1999 ; 2006). Tous les codes de programmation ont été mis en œuvre dans AMPL et sont consultables sur demande.
- 14) L'annexe technique donne des précisions sur les valeurs des paramètres acceptés obtenues avec le modèle proie-prédateurs global.
- 15) Voir l'annexe pour obtenir la liste détaillée des produits de substitution. Note : le terme « autre » renvoie à la spécification FAOSTAT « Non inclus ailleurs ».
- 16) Sont exclus les États et territoires suivants : Arménie, Autriche, Azerbaïdjan, Bermudes, Bhoutan, Biélorussie, Bolivie, Botswana, Burkina Faso, Burundi, îles Cook, Éthiopie, Fidji, Guam, Hongrie, Kazakhstan, Kirghizistan, Kiribati, Laos, Luxembourg, Macédoine, Malawi, Mali, îles Mariannes du Nord, îles Marshall, Maurice, États fédérés de Micronésie, Moldavie, Mongolie, Monténégro, Népal, Niger, Ouganda, Ouzbékistan, Palau, Palestine, Paraguay, Polynésie française, République centrafricaine, République tchèque, Rwanda, îles Samoa, Serbie, Slovaquie, Suisse, Swaziland, Tchad, Tonga, Turkménistan, Tuvalu, Vanuatu, Zambie, Zimbabwe.
- 17) <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>
- 18) Notez que les données utilisées dans la présente étude ne prennent en compte que les prises marines réalisées dans les GEM. Les captures réalisées en haute mer, la production aquacole et les prises de la pêche intérieure en sont exclues.

Bibliographie

- Allison, E.H.** et al. 2012. Rights-based fisheries governance: from fishing rights to human rights. *Fish and Fisheries*, 13: 14-29. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2011.00405.x.
- Allison, E.H.** et al. 2009a. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*. 10(2), 173-196 DOI: 10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x.
- Allison, E.H.** et al. 2009b. Climate change and fisheries: a comparative analysis of the relative vulnerability of 132 countries. *Fish and Fisheries*, 10: 173-196.
- Anderson, J.L.** 1985. Market Interactions between Aquaculture and the Common-Property Commercial Fishery. *Marine Resource Economics* 2(1): 1-24. Crane, Russak & Company, Inc.
- Armington, P.** 1969. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, XVI, 159-78.
- Asche, F.** et al. 2015. Fair Enough? Food Security and the International Trade of Seafood. *World Development*, 67: 151-160. DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.10.013.
- Badjeck, M-C.** et al. 2013. The vulnerability of fishing-dependent economies to disasters. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1081 FIPI/C1081 (En)*
- Béné, C.** et al. 2015. Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security - The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 7: 261-274.
- Beveridge, M.** 2013. Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 83 (4): 1067-1084.
- Beveridge, M., Phillips, M., Dugan, P. and Brummet, R.** 2010. Barriers to aquaculture development as a pathway to poverty alleviation and food security. In: *Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop Proceedings*, OECD, 345-359.
- Blanchard, J.L.** et al. 2012. Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 367, 2979-2989.
- BMEL** (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) 2015. *Welternährung verstehen. Fakten und Hintergründe.*
- Branch, T.A.** 2008. Not all fisheries will be collapsed in 2048. *Marine Policy* 32:38-39.
- Branch, T.A., Jensen, O.P., Ricard, D., Ye, Y., Hilborn, R.** 2010. Contrasting Global Trends in Marine Fishery Status Obtained from Catches and from Stock Assessments, *Conservation Biology*, 25 (4), 777-786.
- Britten, G.L.** et al. 2014. Predator decline leads to decreased stability in a coastal fish community. *Ecology Letters*. DOI: 10.1111/ele.12354.
- Byrd, R., Hribar, M. and Nocedal, J.** 1999. An interior point method for large scale nonlinear programming. *SIAM Journal of Optimization* 9 (4), 877-900.
- Byrd, R., Nocedal, J. and Waltz, R.** 2006. Knitro: An integrated package for nonlinear optimization. In: di Pillo, G., Roma, M. (eds.), *Large-Scale Nonlinear Optimization*. Springer, p. 35.
- Cheung, W.W.L.** et al. 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology* 16, 1: 24-35.
- Christensen, V.** et al. 2014. A century of fish biomass decline in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 512: 155-166.
- Cireira, X. and Masset, E.** 2010. Income distribution trends and future food demand. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2821-2834. DOI: 10.1098/rstb.2010.0164.
- Clark, C.W.** 1991. *Mathematical Bioeconomics*. 2nd Edition. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Clark, C.W., Munro, G.R. and Sumaila U.R.** 2005. Subsidies, buybacks, and sustainable fisheries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(1), 47-58.
- Costello, C.** et al. 2016. Global fishery futures under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. DOI: 10.1073/pnas.1520420113.
- Costello, C.** et al. 2012. Status and Solutions for the World's Unassessed Fisheries. *Science*, 338: 517-520. DOI: 10.1126/science.1223389.
- Costello, C., Gaines, S.D. and Lynham, J.** 2008. Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse? *Science*, 321(5896): 1678-1681. DOI: 10.1126/science.1159478.
- Essington, T.E.** et al. 2015. Fishing amplifies forage fish population collapses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(21), 6648-6652.
- Evans, L.T.** 1998. *Feeding the ten billion – Plant and population growth*. Cambridge University Press, 264 p.
- FAO Committee on Fisheries** 2014. Report of the fourteenth session of the Sub-Committee on Fish Trade. Bergen, Norway, 24-28 February 2014.
- FAO** 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO** 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

FAO Fisheries and Aquaculture Department. Fisheries and aquaculture software. FishStatJ - software for fishery statistical time series. Rome. Updated 23 June 2015. [Cited 22 January 2016]. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>

FAO Statistical database, <http://faostat3.fao.org/home/E>

FAO 2016a. Species Fact Sheet *Engraulis ringens*. <http://www.fao.org/fishery/species/2917/en>

FAO 2016b. Fishery and Aquaculture Country Profiles Indonesia. <http://www.fao.org/fishery/facp/IDN/en>

FAO 2016c. Fishery and Aquaculture Country Profiles Peru. <http://www.fao.org/fishery/facp/PER/en>

Fenichel, E.P. et al. 2016. Measuring the value of groundwater and other forms of natural capital Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113 (9) 2382-2387; published ahead of print 8 February 2016. DOI: 10.1073/pnas.1513779113

Frid, C.L.J. and Paramor, O.A.L. 2012. Food for Thought. Feeding the world: what role for fisheries? ICES Journal of Marine Science, 69: 145-150. DOI: 10.1093/icesjms/fsr207.

Froese, R. and Proelss, A. 2010. Rebuilding fish stocks no later than 2015: will Europe meet the deadline? Fish and Fisheries, 11: 194-202. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2009.00349.x.

Grafton, R.Q. et al. 2005. Incentive-based approaches to sustainable fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63, 699-710.

Grafton, R.Q., Kompas, T., Hilborn, R. (2007): Economics of Overexploitation Revisited. In: Science 318, 1601.

Hannesson, R. 1983. Optimal Harvesting of Economically Interdependent Fish Species. Journal of Environmental Economics and Management, 10: 329-345.

HLPE, 2014. Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014.

Jennings, S. et al. 2016. Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. Fish and Fisheries. DOI: 10.1111/faf.12152.

Kawarazuka, N. and Béné, C. 2011. The potential role of small fish species in improving micronutrient deficiencies in developing countries: building evidence, 14: 1927-1938. DOI: 10.1017/S1368980011000814.

Kelleher, K. 2009. The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform. Sustainability Criteria for Fisheries Subsidies: The Latin American Context. 29-30 July 2009, Guayaquil, Ecuador. The World Bank.

Kjesbu O. S. et al. 2014. Synergies between climate and management for Atlantic cod fisheries at high latitudes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 111 (9), 3478-3483.

Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Swartz, W. and Sumaila, U.R. 2012. Climate change impacts on fisheries in West Africa: implications for economic, food and nutritional security. African Journal of Marine Science 34(1):103-117.

Martell, S. and Froese, R. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. Fish and Fisheries, 14:504-514.

Merino, G. et al. 2012. Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? Global Environmental Change, 22(4): 795-806. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.03.003.

McClanahan, T., Allison, E.H. and Cinner, J.E. 2015. Managing fisheries for human and food security. Fish and Fisheries, 16: 78-103. DOI: 10.1111/faf.12045.

Mora, C., Myers, R.A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T.J., Sumaila, R.U., Zeller, D., Watson, R., Gaston, K.J. and Worm, B. 2009. Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. PLOS Biology, 7(6): 1-11.

MRI (Max Rubner-Institut) 2008. Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2. Karlsruhe. https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/NVSII_Abschlussbericht_Teil_2.pdf

O'Neill, B.C. et al. 2015. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century, Global Environmental Change. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.

Pauly, D. et al. 2002. Towards sustainability in world fisheries. Nature, 418, 689-695.

Pauly, D., Watson, R., Alder, J. 2005. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 360: 5-12. DOI: 10.1098/rstb.2004.1574.

Pauly, D. and Zeller, D. 2015. Catch reconstruction: concepts, methods and data sources. Online Publication. Sea Around Us (www.seaaroundus.org). University of British Columbia.

Pauly, D. and Zeller, D. 2016. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. Nature Communications, 10244. DOI: 10.1038/ncomms10244.

Quaas, M.F. et al. 2012. Fishing industry borrows from natural capital at high shadow interest rates. Ecological Economics 82, 45-52.

Quaas, M.F. and Requate, T., 2013: Sushi or fish fingers? Seafood diversity, collapsing fish stocks and multi-species fishery management. Scandinavian Journal of Economics, 115(2): 381-422.

Quaas, M.F. et al. 2016. It's the economy, stupid. Projecting the fate of fish populations using ecological-economic modeling. Global Change Biology, 22(1): 1365-2486. DOI: 10.1111/gcb.13060.

- Sea Around Us**, www.seaaroundus.org. University of British Columbia.
- Sherman**, K. and Hempel, G. (Editors) 2009. The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's Regional Seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- Smith**, M.D. et al. 2010. Sustainability and Global Seafood. *Science*, 327: 784-786. DOI: 10.1126/science.1185345.
- Squires**, D. and Vestergaard, N. 2013. Technical Change and the Commons. *Review of Economics and Statistics*, 95(5), 1769-1787.
- Sumaila**, U.R. et al. 2012. Benefits of Rebuilding Global Marine Fisheries Outweigh Costs. *PLOS one*, 7(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0040542.
- Sumaila**, U.R., Teh, L., Zeller, D. and Pauly, D. 2015. The global ex-vessel fish price database. In: D. Pauly and D. Zeller (eds.). *Catch reconstructions: concepts, methods and data sources*. Online Publication. Sea Around Us (www.seaaroundus.com). University of British Columbia.
- Tacon**, M. and Metian, M. 2013. Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1):22-38. DOI: 10.1080/10641262.2012.753405.
- Thiao**, D. et al. 2012. Economic dimension of the collapse of the 'false cod' *Epinephelus aeneus* in a context of ineffective management of the small-scale fisheries in Senegal. *African Journal of Marine Science* 34 (3): 305-311.
- Thilstedt**, S.H. et al. 2016. Sustaining healthy diets: The role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, Vol 61, 126-131.
- Thurstan**, R.H. and Roberts, C.M. 2014. The past and future of fish consumption: can supplies meet healthy eating recommendations? *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2): 5-11. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.016.
- Tilman** et al. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671-677
- United Nations**, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision*, <http://esa.un.org/unpd/wpp/>
- Voss**, R., Quaas, M.F., Schmidt, J.O., Kapaun, U. 2015. Ocean acidification may aggravate social-ecological trade-offs in coastal fisheries. *PLoS ONE* 10(3): e0120376.
- Voss**, R. et al. 2011. Temperature change and Baltic sprat: from observations to ecological-economic modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 68(6), 1244-1256.
- Watson**, R., Gaston, K. J., Worm, B. 2009. Management effectiveness of the world's marine fisheries. *PLoS Biology* 7 (6), e1000131.
- Westhoek**, H., et al. 2014. The protein puzzle: the consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union. *PBL*. 66.
- World Bank** 2008. *The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform*. Profish.
- World Bank** 2015. *The Sunken Billions revisited*.
- World Bank**: GDP. <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- World Resources Institute**, 2013. *Creating a Sustainable Food Future. A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050*. World Resources Report 2013-14: Interim Findings. http://www.wri.org/sites/default/files/wri13_report_4c_wrr_online.pdf
- Worm**, B. et al. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787-790.
- Worm**, B. et al. 2009. Rebuilding Global Fisheries. *Science* 325 (5940), 578-585.
- WWF** 2015. *Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland*.

Remerciements

Le WWF tient à remercier les personnes suivantes pour l'aide cruciale qu'elles ont apportée en formulant des observations critiques et en communiquant des informations précieuses au cours de la préparation de la présente étude :

Edward H. Allison (University of Washington, Seattle)
 Rolf Willmann (ancien expert halieutique auprès de la FAO) ;
 Edward H. Allison (Université de Washington, Seattle) ;
 Birgit Meade (Économiste agricole, États-Unis) ;
 Rashid Sumaila (Unité de recherche sur l'économie halieutique, Université de Colombie-Britannique, Vancouver);
 Mark Prein, Anneli Ehlers (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ).



Notre raison d'être

Arrêter la dégradation de l'environnement dans le monde et construire un avenir où les êtres humains pourront vivre en harmonie avec la nature.

www.wwf.fr