

direction des ressources vivantes
laboratoire ressources halieutiques de Lorient

AB
—

Alain Biseau et Mustapha Ould el Kettab

lfremer

juin 1999

Etude bio-économique de l'exploitation des ressources sous diverses hypothèses de gestion.

Application à la mer Celtique.

Avertissement

La construction d'un outil de simulation permettant de tester les conséquences des mesures de gestion a été réalisée conformément à nos engagements.

Mais comme il a été signalé tout au long de la période du Plan, l'application du modèle aux flottilles hauturières bretonnes s'est heurté au problème de l'accès à la donnée économique.

En effet, si les armements industriels (ou ce qu'il en reste) et les navires artisans ont donné leurs comptes d'exploitation (soit directement, soit par l'intermédiaire du Centre de Gestion de la Pêche Artisanale), l'accès aux comptes d'exploitation des navires dits semi-industriels s'est heurté à un refus catégorique, qui a mis en péril l'étude proposée. Ce refus est d'autant moins compréhensible que, ces bateaux vendant en criée, les chiffres d'affaires nous sont connus. La confidentialité semble donc s'attacher aux coûts (ou aux subventions), or les structures de coûts nous sont indispensables pour déterminer le coût de l'effort de pêche par métier pratiqué. La règle de décision utilisée par le modèle pour l'allocation de l'effort repose sur le solde espéré pour chacun des métiers possibles (chiffre d'affaires espéré - coût lié à la pratique du métier). L'absence des coûts dits de production rend donc le modèle inopérant en l'état.

Un raisonnement non plus en valeur réelle, mais en relatif (augmentation relative du coût lors d'un changement de métier), a été un moment envisagé mais si cette procédure 'de secours' ne nuisait pas trop aux résultats biologiques, les conséquences économiques n'auraient pas pu être aussi détaillées que prévu initialement.

Aussi, après une présentation théorique du modèle, avons nous pris le parti de présenter les résultats d'une étude moins ambitieuse, menée en parallèle, sur la pêcherie de gadidés de mer Celtique. Cette étude ne répond certes pas complètement aux attentes exprimées mais présente l'intérêt d'illustrer le fonctionnement du modèle et de mettre en évidence les grands types de résultats auxquels il serait possible d'aboutir avec des données économiques complètes et fiables et notamment en termes de conséquences de la mise en place de diverses mesures de gestion.

Remerciements

Ce travail n'aurait pu voir le jour sans l'apport de l'ensemble du personnel du laboratoire Ressources Halieutiques de Lorient, pour le recueil, le traitement et la mise à disposition de l'ensemble des données biologiques nécessaires à la modélisation entreprise. Qu'ils soient tous ici chaleureusement remercié et félicité pour l'excellence de leur travail.

Le modèle SIMUCEL est né de l'esprit de synthèse de Monsieur Alain Laurec. Au cours d'une longue collaboration, il a bien voulu m'initier aux mystères et aux rigueurs de la modélisation. Je tiens à le remercier très cordialement de la confiance qu'il m'a accordée. C'est fort de cet enseignement que j'ai entrepris le raffinement de SIMUCEL, et que j'y ai incorporé les scénarios de gestion.

Enfin, l'illustration sur la pêcherie de gadidés de mer Celtique a été entreprise par Monsieur Mustapha ould el Kettab dans le cadre de sa thèse. De larges extraits sont ici reproduits. Qu'il soit chaudement remercié pour la clarté de son étude et la présentation brillante de ses résultats.

Comme d'habitude Madame Nicole Guyomar a réalisé avec brio la mise en page finale de ce rapport, qu'elle soit assurée de mon amicale reconnaissance.

Alain Biseau
Lorient, le 25 juin 1999

SOMMAIRE

Résumé.....	6
Introduction	8
1^{ère} PARTIE : Le Modèle SIMUCEL	10
I. Cadre spatio-temporel et acteurs	1
1. Les secteurs.....	10
2. Le pas de temps.....	10
3. Les flottilles	10
4. Les métiers	10
5. Les stocks.....	11
6. Les externalités	11
II. Hypothèses et limites du modèle	11
1. Hypothèses sur les données	11
2. Hypothèses liées au modèle	12
3. Limites du modèle.....	15
III. Principe de SIMUCEL	15
1. Allocation dynamique de l'effort - règle de décision	16
2. Calcul de la mortalité par pêche pour chaque intervalle et équations des captures.....	18
3. Conversion des captures de nombre aux âges en valeurs pondérale et financières.....	18
4. Calcul des indicateurs économiques (coûts et revenus)	18
5. Incrémentation des compteurs périodiques et annuels de chaque variable	18
6. En fin d'année : vieillissement des populations et injection du recrutement	18
IV. Simulations de mesures de gestion :	19
1. Limitation de la flotte :	19
2. Gestion de l'effort : TAE ou quota d'effort / flottille	19
3. Gestion des captures: TACs mono ou pluri-spécifique alloués ou non par flottille.....	20
Conclusion sur le modèle SIMUCEL	22
2^{ème} PARTIE : Exemple de la pêcherie de gadidés en mer Celtique.....	23
I. Données.....	24
1. Flottilles	24
2. Structure spatiale.....	25
3. Stocks.....	25
4. Données économiques	27
II. Simulations	27
1.Choix des scénarios.	27
2. Analyse des résultats.....	29
III. Discussion	48
Conclusion sur l'exemple de la pêcherie de gadidés de mer Celtique	50
Conclusion.....	52

Références bibliographiques	54
Liste des annexes	56

Résumé

Le modèle développé est un modèle pluri-espèces, multi-flottes et multi-secteurs qui repose sur une allocation dynamique de l'effort de pêche. Il permet donc de mesurer l'ampleur des reports d'effort générés par des mesures réglementaires contraignantes, appliquées et respectées. Les mesures de gestion susceptibles d'être simulées rendent compte des grandes orientations des réglementations en vigueur dans les eaux communautaires. Leurs effets sont évalués tant sur la ressource que sur les flottes.

Chaque stock, inféodé ou non à un secteur a sa dynamique propre décrite par un modèle structuré en âges; les recrutements sont supposés constants. Les interactions biologiques (relations intra et inter spécifiques) ainsi que les problèmes d'échanges entre secteurs ne sont pas pris en compte. Afin de traiter la pêcherie dans sa globalité, les espèces capturées mais non décrites sont intégrées arbitrairement sous la forme de rendements supposés constants dans le temps.

La flotte de pêche est traitée en flottes homogènes sur le plan économique et technique. Chaque flotte est susceptible de pratiquer successivement plusieurs métiers et est dotée d'une efficacité relative pour chaque espèce recherchée selon le métier pratiqué. L'effort potentiel propre à chaque flotte est donné en jours de mer. De la même manière que pour les espèces, sont traitées en variables externes les flottes non modélisées et les secteurs extérieurs à la zone considérée. Ainsi l'impact de l'activité d'une flotte sur les résultats des autres flottes est modélisé ; c'est ce que l'on appelle les interactions techniques.

Au début de chaque intervalle de temps, une règle de décision détermine, pour chaque flotte, le ou les métiers qu'elle va pratiquer. L'intervalle de temps est fixé par l'utilisateur : ce peut être le trimestre ou la quinzaine pour se rapprocher de la notion de marée. La règle de décision intègre la capacité des patrons à choisir les métiers les plus attractifs financièrement (opportunisme), pondérée par un certain immobilisme qui reconduit pour une période une partie de l'effort dévolu aux divers métiers à la même période de l'année précédente (principe dit d'adhérence).

La part du temps de mer potentiel dédiée à chaque métier est converti en temps de pêche après déduction des temps de route entre le port d'attache et la zone de pêche, puis traduit en mortalité par pêche, par le biais des capturabilités liées aux poissons et des efficacités liées aux navires. Le modèle biologique repose sur les classiques équations de capture.

Du point de vue économique, le passage des captures pondérales en chiffre d'affaires s'effectue simplement par application d'un prix moyen aux âges. Chaque flotte est dotée également de structures de coûts qui lui sont propres. En plus des coûts fixes, la pratique d'un métier entraîne la formation de coûts dits de production, auxquels il faut ajouter des coûts liés aux résultats (salaires, taxes...).

A l'issue de chaque année, on dispose de la structure en âges des principaux stocks, des débarquements en poids et valeurs pour chaque espèce et par flotte, ainsi que les charges d'exploitation et donc des Excédents Bruts d'Exploitation de chaque flotte.

Introduction

Les mesures réglementaires, si elles sont contraignantes et bien sûr appliquées et respectées, provoquent des reports d'effort qui se traduisent par des changements de secteur de pêche et/ou d'espèces cibles, voire même d'engin de pêche. L'importance de ces reports, qu'ils soient réels ou potentiels, ne doit pas être négligée. Outre l'aspect psychologique d'une possible liberté de choix, la polyvalence procure à certaines flottilles les conditions de survie, et peut conduire à un allègement de la pression sur certains stocks. Cependant, au niveau de l'aménagement, la prise en compte de ces reports d'effort, dont la part dans la notion de capacité de capture est sans doute importante (Valatin, 1994), conduit à une très grande complexité. L'apport des sciences sociales devient alors d'une importance primordiale (Silvert and Dickie, 1982; Allen and MacGlade, 1986). Une fois la capacité de report analysée et modélisée, seules des simulations peuvent prétendre estimer les effets relatifs des différentes mesures de gestion envisagées.

Le modèle SIMUCEL, qui repose sur une allocation dynamique de l'effort de pêche (Charreau et Biseau, 1989; Laurec et al, 1991), permet de mesurer l'ampleur de ces reports et donc les effets de diverses contraintes de gestion, tant sur la ressource que sur les flottilles.

Compte tenu des hypothèses qui ont été faites pour la construction du modèle et des incertitudes inhérentes à certaines données, le but de cette étude n'est pas de quantifier les effets en valeur absolue, mais plutôt de mettre en évidence les effets relatifs des mesures de gestion envisagées.

L'activité de chalutage, en mer Celtique, est marquée par le double clivage entre pêcherie de langoustine et pêcheries de poissons et, à l'intérieur de ces dernières, entre espèces benthiques et espèces démersales. La flotte française domine l'exploitation et particulièrement les flottilles chalutières de Bretagne sud. L'essentiel des débarquements en provenance de cette zone est constitué d'espèces benthiques et démersales parmi lesquelles les gadidés occupent une place prépondérante (un petit peu moins de 50% des débarquements en 1997).

En termes d'espèces, la pêcherie des gadidés porte principalement sur la morue, le merlan, l'églefin, la lingue franche, le lieu jaune et le lieu noir. Parmi ces principaux gadidés, seules les populations de morue, merlan, lingue franche et lieu jaune semblent former des stocks propres à la mer Celtique. C'est donc sur ces quatre stocks que portera l'essentiel de l'analyse proposée. Ce choix est justifié par le fait que ces quatre espèces retenues représentent à elles seules plus des deux tiers du tonnage total des gadidés provenant du plateau Celtique. Si la morue et le merlan constituent de loin la plus grosse part de ce tonnage (25 et 30% respectivement), les contributions de la lingue franche et du lieu jaune, inférieures à 10%, ne sont pas pour autant négligeables.

L'exploitation des gadidés, comme celle des autres ressources des eaux européennes, est encadrée par la Politique Commune des Pêches. Les mesures de régulation actuellement mises en œuvre dans ce cadre portent principalement sur la limitation des prélèvements totaux effectués sur les ressources (Capture Totale Autorisée ou TAC, ces derniers étant en général répartis en quotas par pays) et sur la limitation de la flotte de pêche (Plans d'Orientation Pluriannuels ou POP).

Les TACs mono-spécifiques sont fixés par le Conseil des Ministres européens sur la base des évaluations réalisées annuellement par les scientifiques au sein du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM). Ce système de gestion ne prend pas en compte la complexité des pêcheries multi-spécifiques, avec le problème des prises accessoires, multi-flottes et multi-métiers avec les problèmes d'interactions techniques.

En effet, en mer Celtique, les flottes qui recherchent les gadidés diffèrent notamment par leurs origines géographiques, leurs structures et leurs stratégies de pêche. Les deux espèces principales, morue et merlan, sont pêchées par des navires qui les recherchent en priorité (comme espèces cibles), ainsi que par ceux spécialisés dans la capture d'autres types de ressources (comme espèces accessoires ou de substitution). La lingue franche et le lieu jaune, s'ils ne font pas l'objet d'une pêche dirigée, constituent d'importantes prises accessoires et entrent, pour une part appréciable, dans les revenus de nombreux navires.

En raison de la diversité des flottes qui interviennent sur la pêche, de la complexité des contextes écologique et économique qui conditionnent son exploitation, l'approche monospécifique apparaît de plus en plus irréaliste. En effet, la simple évaluation des conséquences immédiates ou, à terme, de l'évolution de l'effort de pêche sur des stocks considérés individuellement ne permet pas d'appréhender convenablement les différentes implications d'une pêche « composite ». Pour y parvenir, il faut considérer la pêche globalement en tenant compte de ses diverses composantes et de leurs interactions réciproques. C'est ce qui permet de faire le modèle SIMUCEL, et son application à la pêche de gadidés de mer Celtique doit permettre de dégager quelques éléments pouvant contribuer à améliorer le système de gestion prévalant.

1^{ère} PARTIE : Le Modèle SIMUCEL

I. Cadre spatio-temporel et acteurs

1. Les secteurs

Bien que l'on ne puisse pas parler d'un modèle réellement spatialisé au sens où les déplacements de poissons d'une zone à l'autre sont modélisés, il s'agit néanmoins d'un modèle à compartiments spatiaux. Chaque compartiment est supposé homogène en termes de distribution et de vulnérabilité des stocks, et les flottilles de navires de pêche peuvent choisir d'affecter leur effort à tel ou tel compartiment. Le nombre et la taille des compartiments spatiaux (secteurs) résultent d'un compromis entre un nombre limité (donc une taille assez grande) et leur nécessaire homogénéité interne.

2. Le pas de temps

A défaut de pouvoir être la journée, voire le trait de chalut, l'unité de base temporelle est la marée (supposée égale à 15 jours en moyenne). En réalité, on raisonne sur une base trimestrielle (maille d'acquisition des données), mais chacune de ces périodes est divisée en un certain nombre de sous-périodes (6) au cours desquelles s'effectueront les ré-allocations d'effort.

3. Les flottilles

Une flottille est un regroupement de navires considérés comme homogènes (critères économiques et/ou techniques) : Les critères retenus pour la constitution d'une flottille sont le port d'attache, le type administratif et la taille des navires. Ainsi, on peut avoir comme flottille les « Semi-industriels de Lorient », les « grands artisans de Concarneau », ou les « petits artisans du Guilvinec ». L'appartenance d'un navire à une flottille telle qu'elle est définie ne préjuge pas de l'activité qu'il va pratiquer.

4. Les métiers

Le métier rend compte de l'activité d'un navire définie par la zone de pêche fréquentée, le type d'engin utilisé, et les espèces recherchées (espèces cibles).

Ainsi une flottille est un ensemble de bateaux susceptibles de pratiquer successivement plusieurs métiers. Au cours d'une période donnée, un bateau n'appartient qu'à une seule flottille.

Le métier se définit au niveau de l'activité, pas du navire, et sa détermination doit intervenir au niveau de la marée, voire de la séquence de pêche. Il traduit un impact particulier sur les stocks considérés par un profil de capture original.

La dénomination de chaque métier impose une longue périphrase puisqu'elle doit rendre compte de chaque critère impliqué dans la définition. Dans le cas de pêche ne mettant en œuvre qu'un type d'engin (chalut par exemple en mer Celtique), la référence à l'engin étant implicite est souvent omise. De même, il est possible que la combinaison entre secteur et espèces cibles conduisent à des simplifications consécutives à des incompatibilités biologiques. Ainsi le "chalutage démersal dans le Nord de la mer celtique" peut-il devenir le métier "démersal" tout simplement.

Pour la mer Celtique, trois espèces cibles ou groupes d'espèces cibles ont été retenus à l'issue de nombreuses analyses préliminaires (Biseau et Gondeaux, 1988 ; Biseau, 1998):

- "benthiques" : qui rend compte de la recherche des baudroies, raie fleurie et cardine,
- "démersaux" : pour les marées ciblées sur les gadidés (merlan et morue essentiellement),
- "langoustiniers" : lorsque la langoustine est l'espèce cible.

Certaines marées ne peuvent être classées dans un de ces trois groupes, et un métier "autre" rend compte de cette possibilité. Comme signalé plus haut, chaque flottille peut pratiquer successivement plusieurs métiers.

5. Les stocks

Deux grands groupes de stocks sont pris en compte dans la modélisation selon qu'ils font l'objet ou non d'une évaluation analytique. A l'intérieur du groupe des stocks dits 'analytiques', on distingue les stocks mobiles et ceux immobiles, et parmi les premiers ceux dont l'aire de répartition se limite à la zone modélisée (ici la mer Celtique) ou ceux tel le merlu qui dépassent largement le cadre spatial fixé. Chaque stock benthique est inféodé à un secteur, et possède sa dynamique propre, indépendante de celle du secteur voisin.

Il faut noter que tous les stocks correspondant à la même espèce sont regroupés au moment de la vente et se voient attribuer les mêmes prix au débarquement.

6. Les externalités

Afin de tenir compte de la globalité de la pêcherie, il est nécessaire d'intégrer dans le modèle un certain nombre de composantes dites externes. Ces externalités, non modélisées, rendent compte de l'activité de flottilles étrangères sur les zones concernées par le modèle, et des métiers pratiqués par les flottilles modélisées à l'extérieur de la zone modélisée.

Par ailleurs, un certain nombre de données sont introduites dans le modèle sans que ce dernier puisse les affecter ; c'est le cas du recrutement (supposé constant, c'est à dire indépendant de la biomasse de géniteurs), des données économiques (sauf prix éventuellement) et de la durée de mer potentielle.

II. Hypothèses et limites du modèle

1. Hypothèses sur les données

Comme signalé plus haut, un certain nombre de données sont considérées constantes au cours du temps. Il en est ainsi

- du potentiel de jours de mer pour chaque période, qui est donné par la différence entre la durée de la période et le nombre de jours à terre observé,
- des puissances de pêche et des capturabilités (supposées indépendantes de l'abondance),
- du recrutement (pas de relation stock-recrutement, ni de variations stochastiques),
- des mortalités naturelles qui peuvent varier selon les âges mais restent constantes au cours du temps, les interactions biologiques étant délibérément exclues de notre propos.

Les paramètres économiques sont également supposés invariables au cours du temps, les objectifs du modèle s'intégrant dans ce que l'on a coutume d'appeler la "statique comparative", c'est à dire "toutes choses égales par ailleurs".

Ainsi les prix sont fixés pour toute la durée de la simulation. Ils varient selon les trimestres mais ne tiennent pas compte de possibles variations inter (voire intra) journalière ni de différences entre les flottilles*métiers ou entre les ports de débarquement. Ces prix sont donnés par catégorie commerciale et, sauf équation de formation des prix, n'intègrent pas de possibles influences des quantités débarquées d'une catégorie sur le prix des autres catégories. Vouloir intégrer d'éventuelles équations de formation des prix serait illusoire car la dépendance de ceux-ci vis à vis de variables externes (importation, cours des produits de substitution ...) est vraisemblablement beaucoup plus importante que celle vis à vis des résultats du modèle (débarquements). Par contre, il peut être instructif de tester la sensibilité du modèle à des variations de prix de vente.

En ce qui concerne les coûts unitaires, les frais de déchargement sont inclus dans les coûts proportionnels et sont donc supposés fonction du chiffre d'affaires réalisé, alors que dans la réalité ils s'appliquent à la quantité débarquée.

2. Hypothèses liées au modèle

Les stocks les plus importants font l'objet de modélisations analytiques et nous distinguerons les stocks immobiles et les stocks mobiles. Les autres stocks pour lesquels les données disponibles ne permettent pas une modélisation analytique sont traités par des modèles globaux. Afin de rendre compte exhaustivement de la valeur des captures, toutes les espèces concernées doivent être prises en compte. Cependant il serait illusoire de vouloir couvrir chaque stock monospécifique par un modèle, plus d'une centaine d'espèces différentes étant débarquées de mer Celtique. Aussi est-il prévu de regrouper en un seul modèle global résiduel toutes les espèces qui n'ont pu être couvertes par une modélisation monospécifique. Plusieurs modèles globaux composites sont également envisageables, chacun regroupant des espèces ayant des caractères communs ou présentes sur un secteur donné. Dans un souci de simplification extrême, il est possible de traiter l'ensemble de ces captures supposées accessoires à l'aide d'une vvue constante.

Les espèces immobiles, ou peu mobiles au-delà du recrutement, sont supposées inféodées à un secteur préalablement défini en conséquence. Ce sont en général les espèces benthiques. Il y a autant de stocks pour une espèce immobile que de secteurs modélisés, chacun ayant sa propre dynamique (effectifs initiaux, recrutement et capturabilité). Par contre les puissances de pêche sont liées à l'espèce et à la cible pour chaque flottille.

Les espèces hautement mobiles, démersales, relèvent chacune d'un stock supposé unique et commun à tous les secteurs. Les captures effectuées sur un secteur sont supposées affecter quasi immédiatement l'ensemble des autres secteurs. Pour certaines espèces très mobiles, comme le merlu, le stock couvre une aire plus vaste que celle décrite par le modèle. Une mortalité par pêche "externe" sera alors ajoutée à la mortalité naturelle. Cependant, malgré l'unicité de ces stocks, et pour tenir compte d'hétérogénéité spatiale, les capturabilités sont supposées varier selon les secteurs.

Nous sommes bien conscients de la très grande simplification qu'implique ce découpage et les hypothèses sous-jacentes. En effet, même pour des stocks immobiles les échanges entre secteurs voisins sont sans doute suffisamment forts pour ne pas être négligés, et pour les stocks très mobiles, ces échanges sont trop faibles ou trop lents pour que l'hypothèse de brassage instantané soit réellement légitime. La prise en compte de taux d'échanges non nuls entre les secteurs (Fonteneau, 1981) est théoriquement envisageable, cependant l'absence de connaissances sur les taux de migration est rédhibitoire.

La dynamique des stocks (équations de captures) intervient à l'issue de chaque intervalle de temps. En toute rigueur, cet intervalle de temps doit être le trimestre (Laurec et al, 1991) afin que la modélisation repose sur une résolution temporelle identique à celle utilisée préalablement pour le calcul des mortalités par pêche (F) et par voie de conséquences des capturabilités (q). L'inconvénient majeur de cette option réside dans le fait que le choix du métier des dernières marées du trimestre reste alors basé sur l'état du stock en début de trimestre. C'est sans doute assez proche ce qui se passe dans la réalité, mais le résultat de la simulation peut réserver quelques surprises dans la mesure où les soldes effectifs pourront, dans le cas de métiers tellement attractifs que les stocks ont été 'anéantis' en début de trimestre, ne pas être pas à la hauteur des espérances. De plus, afin de pouvoir envisager des reports d'effort lors de l'application de mesures de gestion contraignantes, une maille temporelle plus fine est indispensable. Aussi chaque période est subdivisée en un certain nombre de sous-périodes ou intervalles (fixé par l'utilisateur avec un défaut de 6 sous-périodes, soit une quinzaine de jours).

Les stocks sont supposés en équilibre, un statu quo de l'effort maintient les effectifs (et les débarquements) au niveau de l'année de référence. Il est cependant possible que, compte tenu de l'injection de recrutement constant, l'équilibre ne soit atteint qu'après n années de statu quo (n = nombre de classes d'âges). Les simulations ne devraient intervenir, en toute rigueur, qu'au bout de ces n années. Lors des simulations, on passe d'un état d'équilibre à un autre état d'équilibre, la période de transition étant égale au (plus grand) nombre de classes d'âge.

Chaque patron (en pratique, chaque flottille) décide de son allocation de l'effort au début de chaque sous-période. Pour cela, on suppose qu'il connaît parfaitement :

- l'état de chaque stock
- les prix
- les coûts variables (route et pêche)

Compte tenu du changement de maille temporelle entre l'acquisition de données et la modélisation, les capturabilités sont, de plus, supposées constantes pour toutes les sous-périodes d'un trimestre

La puissance de pêche d'une flottille vis à vis d'un stock dépend de la cible recherchée. Pour chaque cible elle est calculée à partir des débarquements totaux. On suppose donc que la même puissance de pêche s'applique à toutes les classes d'âge. Il s'agit d'une puissance de pêche locale (Laurec, 1977) basée sur la comparaison des rendements des navires sur des secteurs de densités identiques. Cette puissance de pêche mesure l'efficacité technique; la partie efficacité tactique (puissance de pêche globale), résultant de la comparaison des rendements tous secteurs confondus et qui mesure la capacité des navires à fréquenter les secteurs les plus riches d'une zone géographique (Biseau, 1991) est intégrée dans les paramètres de la règle de décision gouvernant l'allocation de l'effort de pêche.

Les profils d'exploitation varient selon les espèces cibles recherchées. Les puissances de pêche d'une flottille vis à vis d'un stock dépendent uniquement des espèces cibles recherchées; elles s'appliquent à toutes les classes d'âge. Il s'agit de puissances de pêche locales.

Les capturabilités sont liées bien sûr, à l'âge, mais aussi à la période (sur la base de considérations biologiques, langoustine femelle dans son terrier par exemple), à la cible recherchée (pour tenir compte des variations de profil de capture entre les cibles non intégrées dans les puissances de pêche) et au secteur (implicite pour stocks immobiles, pour tenir compte de l'hétérogénéité spatiale pour les stocks mobiles). Si l'on excepte la référence à la cible, la notion de capturabilité se réduit au seul terme de disponibilité, c'est à dire uniquement fonction du poisson. La partie efficacité liée au pêcheur, classiquement incluse dans la capturabilité, est comprise dans la puissance de pêche pour la partie efficacité, et dans le processus d'allocation de l'effort pour la partie tactique de pêche.

La conversion des temps en mer en temps de pêche reste très délicate. L'idée originelle étant de tenir compte de l'éloignement propre à chaque zone de pêche ; ainsi plus un secteur est éloigné du port d'attache du navire et plus ce bateau mettra de temps pour s'y rendre ce qui réduit d'autant le temps consacré à la pêche et induit un surcoût car la consommation de carburant est en général plus importante lorsque le navire est en route que lorsqu'il est en pêche. Les temps de route sont déduits du temps de pêche en début de chaque marée en fonction du secteur de pêche choisi. Cette procédure suppose que le navire se rend directement sur le secteur et y reste pour la totalité de sa marée, ce qui est contraire à la pratique générale.

Le temps de mise en œuvre de l'engin est supposé négligeable, ou plus exactement la capturabilité est calculée à partir du temps sur zone (c'est à dire incluant le temps de mise en œuvre). Dans la réalité ce dernier peut varier selon les engins, les zones de pêche (profondeur) ou selon les flottilles.

Les métiers extérieurs ne sont pas réglementés et procurent un rendement financier (valeur par unité d'effort ou VPUE) constant. L'hypothèse sous-jacente est que les flottilles "modélisées" pêchant sur les stocks extérieurs à la zone modélisée restent minoritaires dans la définition de la mortalité par pêche. Si tel n'est pas le cas, il faudrait envisager une extension de la zone modélisée, ou pour le moins, et afin d'éviter que les zones extérieures ne deviennent un refuge lorsque des mesures réglementaires très restrictives s'appliquent dans la zone modélisée, de possibles variations de la vpue en fonction de l'effort.

Les mesures de gestion sont fixées pour toute la durée de la simulation ; ainsi le niveau d'un TAC n'est pas remis en cause par des variations éventuelles de la biomasse au cours du temps. Compte tenu des nombreuses autres hypothèses et de la relativement lente évolution de la biomasse d'un stock, cette hypothèse est acceptable dans une perspective de simulation à court et moyen terme. L'application d'une mesure de restriction d'effort (TAE) suppose, par ailleurs, la parfaite coïncidence entre le métier et la zone.

3. Limites du modèle

En plus de l'absence de spatialisation réelle par une modélisation des échanges entre les secteurs, ou d'interactions biologiques, une des faiblesses du modèle tient, comme déjà signalé plus haut, au fait qu'il n'est, pour l'instant :

- ni auto-régénérant, c'est à dire qu'il n'intègre pas de relation stock-recrutement, ni de dynamique de renouvellement des flottilles en fonction des résultats économiques (Lane, 1988), etc....
- ni stochastique, c'est à dire qu'il n'y a pas de variations aléatoires des variables externes.

La stochasticité pourrait être très utile pour s'affranchir d'hypothèses très restrictives sur la constance ou la pré-détermination d'un certain nombre de variables externes (recrutement, variables économiques telles que le prix du gazole, le coût du crédit, captures extérieures à la pêche modélisée...) ou pour prendre en compte les variations aléatoires de la distribution spatiale d'un certain nombre de poissons hautement mobiles. D'autre part, s'il est possible d'envisager la construction d'un modèle stochastique en traitant les navires individuellement, les temps de calcul s'en trouveraient considérablement alourdis. Le choix d'un métier par un navire serait alors effectué à l'aide de la part théorique d'effort dévolue aux différents métiers et d'une loi multinomiale dont les paramètres correspondraient aux proportions évoquées. On retrouverait ainsi la démarche suivie par Allen et Mac Glade (1986). Cependant, les comportements des différents navires ne sont pas indépendants les uns des autres, du fait notamment de fréquentes communications de leurs résultats entre eux (Pichon, 1987). Une loi globale d'allocation de l'effort est plus facile à traiter qu'un ensemble de comportements individuels (Laurec et al., 1989).

Enfin, il faut rappeler que les simulations ne portent pas sur les variables externes (variables de coûts, volume des importations dans le cas d'équation de formation des prix, potentiel de jours de mer...). Cependant quelques-unes de ces variables peuvent être modifiées (prix de vente du poisson et recrutement, ainsi que les paramètres gouvernant la règle d'allocation de l'effort de pêche) afin de mesurer la sensibilité du modèle à ces variables.

L'objectif de SIMUCEL est de tester les effets de l'application de certaines mesures de gestion et plus précisément d'étudier leur efficacité relative.

III. Principe de SIMUCEL

Afin d'alléger le texte et de faciliter la compréhension, les aspects techniques et mathématiques ont été reportés dans les annexes. On trouvera ainsi :

- Annexe I : les équations utilisées
- Annexe II : une description de la structure du programme
- Annexe III : un bref résumé du contenu de chaque routine
- Annexe IV : une description des données nécessaires au fonctionnement du modèle
- Annexe V : une réflexion sur les relations entre effort et mortalité par pêche
- Annexe VI : une description détaillée du traitement de l'effort de pêche

1. Allocation dynamique de l'effort - règle de décision

Pour chaque flottille, en début d'intervalle de temps, des proportions de l'effort de mer potentiel sont dédiées à chaque métier, en fonction d'une règle de décision qui est un compromis entre deux attitudes fondées sur :

- l'attraction vers les métiers présentant les meilleurs bénéfices (soldes) espérés (opportunisme) (Le solde espéré est calculé en fonction des captures espérées donc de l'état des stocks à cet instant, des prix de vente du poisson et des coûts de production liés au métier),
- le poids du passé ou conservatisme (cartésianisme selon Allen et McGlade, 1986). Afin de tempérer ce qui pourrait devenir un opportunisme optimal, la règle de décision prend en compte le poids du passé par un coefficient dit d'adhérence qui détermine la partie de l'effort affecté à ce métier au cours de cette sous-période lors de l'année précédente (n-1) qui sera systématiquement reportée l'année n

Pour chaque flottille et au début de chaque intervalle de temps, on évalue le solde (chiffre d'affaires - coûts variables) susceptible d'être procuré par une unité de temps de mer pour chacun des métiers susceptibles d'être pratiqué (équations (1) à (3)).

Puis on accorde à chaque métier la part liée à l'adhérence.

Deux formalisations de la règle de décision sont alors envisageables, selon la façon de traiter l'opportunisme :

↳ la répartition de l'effort disponible entre les 'meilleurs' métiers seulement

ou

↳ l'allocation de cet effort vers tous les métiers présentant un solde espéré positif, avec une concentration vers les métiers les plus attractifs financièrement en fonction d'un coefficient dit de préférence

a) répartition de l'effort restant après application de l'adhérence entre les métiers dont les soldes sont proches du solde maximal

① identification du métier présentant le meilleur solde espéré, et des métiers pour lesquels le solde espéré est proche du maximum (dans une fourchette préalablement définie par l'utilisateur).

② chaque métier est crédité au minimum d'une partie de l'effort de pêche constatée l'année précédente (adhérence).

③ la part de l'effort potentiel restant ($1 - \sum \text{adhérence}$) est ensuite alloué équitablement entre les métiers les plus attractifs (déterminés en ①) :

$$\begin{aligned} \text{procep} &= \text{adhérence} * \text{procep0} \\ &+ (1 - \sum \text{adhérence}) * \text{effort potentiel} / \text{nombre de métiers attractifs} \quad (4) \\ \text{ou} &+ 0 \text{ pour métiers non attractifs} \end{aligned}$$

b) répartition de l'effort restant après application de l'adhérence à l'aide d'un coefficient dit de préférence

La part de cet effort dévolue à chaque métier est gouvernée par le coefficient dit de "préférence" (Laurec et al, 1991). Ce coefficient est d'autant plus élevé que la flottille se concentre sur le métier offrant le meilleur solde :

① proportion théorique (opportunisme seul) du temps de mer disponible alloué à un métier :
$$\text{procef} = \text{solde} ** \text{préférence} / \sum (\text{solde} ** \text{préférence})$$

② proportion effective (en l'absence de mesure de régulation) : moyenne pondérée par l'adhérence entre cette proportion théorique et celle constatée l'année précédente (procep0)
$$\text{procep} = \text{adhérence} * \text{procep0} + (1 - \text{adhérence}) * \text{procef} \quad (5)$$

L'utilisation du coefficient de préférence conduit à une allocation d'effort moins sélective (un métier présentant un solde très médiocre, recevra, malgré tout, une part, même modeste, de l'effort disponible) et en même temps plus inégale (discrimination entre métiers présentant des soldes très voisins) que la répartition 'équitable' entre les meilleurs métiers de l'effort disponible, même si le choix de la 'fourchette' reste très arbitraire.

L'adhérence (et la préférence) varient selon les flottilles, mais sont constants au cours du temps. Leur quantification en valeur absolue reste encore problématique (difficulté du calage). Nous disposons, par l'analyse des variations d'allocation d'effort selon les métiers-cibles au cours du temps d'indication sur le degré relatif d'opportunisme des diverses flottilles. En toute rigueur cette analyse ne rend compte que des plus ou moins grandes variations d'effort, mais sans, dans l'état actuel des recherches, les relier à une cause. Il est donc fort possible que les variations observées ne soient pas du tout explicables par une motivation purement économique (comptable). Une autre voie d'approche s'appuie sur l'étude des capacités stratégiques (Laurec, 1977; Biseau, 1991) qui rendent compte de la capacité des flottilles à concentrer leur effort vers les métiers les plus attractifs en terme de chiffre d'affaires (si les calculs des puissances de pêche globales et locales sont effectués en valeur).

Des études de sensibilité à ces paramètres ont été effectuées avec la première version du modèle (Charuau et Biseau, 1986; Laurec et al, 1991). Les résultats, on s'en doutait un peu, sont très sensibles aux valeurs injectées sur ces paramètres. Ceci dit, les paramètres étaient alors identiques pour toutes les flottilles et fixés totalement arbitrairement. Sans pouvoir affirmer que les paramètres utilisés sont ceux qui permettent la meilleure approche de la réalité, nous avons amélioré l'arbitraire. Il faut également garder à l'esprit que l'intérêt de SIMUCEL est de comparer les impacts de diverses mesures de gestion. Les paramètres d'allocation procèdent donc d'une hypothèse supplémentaire. Néanmoins il serait souhaitable de vérifier que la hiérarchie des effets n'est pas remise en cause par des variations de ces paramètres.

Comme mentionné plus haut, une des principales difficultés réside dans le fait que l'allocation se fait en temps de mer, ce qui nécessite une conversion en temps de pêche, pour tenir compte des temps de route différents selon les secteurs fréquentés (et donc les métiers) (équations 6 à 8).

IV. Simulations de mesures de gestion

Les mesures de gestion susceptibles d'être simulées sont de trois types, reprenant ainsi les grandes orientations des réglementations en vigueur dans les eaux communautaires (Anon 1991 et 1993):

- mesures d'ordre structurel : limitation des flottes de pêche (nombre de bateaux, puissances motrices) traduit dans les faits par les Plans d'Orientation Pluriannuels,
- gestion des intrants : réglementation du temps de pêche par métier et/ou secteur (cantonnement), globalement ou par flottille,
- gestion des extrants : contingentement des captures (TACs) répartis ou non par flottille (quota par flottille), mono ou pluri-spécifiques,
- mesures techniques : changement de maillage par exemple et pour mémoire.

Chaque mesure peut être mise en œuvre isolément ou conjointement avec d'autres. Ces mesures provoquent, en général, des reports d'effort de pêche et SIMUCEL, basé sur une allocation dynamique de l'effort, permet de mesurer les effets de diverses contraintes réglementaires :

1. Limitation de la flotte

Par ce scénario, chaque flottille est affectée d'un coefficient multiplicateur (nbnav) qui traduit une évolution du nombre de navires, et donc de la puissance motrice. Cette mesure modifie l'effort potentiel de chaque flottille, et donc les résultats, mais aussi les coûts et permet de tester les effets d'un désinvestissement. La limitation s'effectue au début de la simulation, et l'effort potentiel qui en résulte reste alors constant pour toutes les années simulées. On pourrait également envisager un étalement sur plusieurs années de cette mesure.

En situation de « libre entrée », des variations de la taille des flottilles en fonction des résultats sont envisageables. Il ne nous a pas semblé judicieux, en cette période, où seuls les renouvellements de bateaux sont envisageables (et encore !), de développer pareille relation.

2. Gestion de l'effort : TAE ou quota d'effort / flottille

A l'issue de chaque sous-période, on comptabilise l'effort qui a été dédié à la pratique de chaque métier ou dans chaque secteur. Si, au cours d'un intervalle de temps, le temps de pêche susceptible d'être alloué entraîne un dépassement de l'effort autorisé, deux procédures sont mises en œuvre:

- un indicateur de fermeture est mis en place. Pour les sous-périodes suivantes, cet indicateur confère une valeur espérée nulle pour le métier fermé et donc un désintérêt lors des allocations d'effort futures
- une réallocation de l'effort de pêche en dépassement vers les métiers encore ouverts.

Cette réallocation concerne :

- la période au cours de laquelle le TAE ou le quota d'effort est atteint et dépassé,

- d'adhérence peut conduire à une allocation d'effort vers des métiers fermés.

① *Déduction du surplus d'effort lorsque la limitation est dépassée:*

Selon qu'il s'agit de TAEs ou de quotas d'effort, les temps de pêche en surplus sont donnés par les formules (15) à (18), puis convertis en temps de mer (19), en tenant compte des temps de route associés. La part du temps de pêche total en dépassement qui est enlevée à chaque flottille et chaque métier est donnée par la formule (20).

② *Réallocation de ce surplus d'effort vers métiers non fermés:*

Les temps de mer ainsi libérés (tprabf) (correspondant au temps de pêche en surplus dans les secteurs faisant l'objet de limitation(s)) sont affectés aux métiers (secteurs) de la flottille considérée non soumis à limitation ou pour lesquels l'effort maximal autorisé n'est pas encore atteint, au prorata du temps de mer de chacun de ces métiers (21).

Cette réallocation de l'effort en surplus n'est évidemment possible que si la flottille est susceptible de pratiquer un métier non soumis à limitation. Si tel n'est pas le cas, la flottille doit rester à quai.

③ *Vérification et itération:*

Il faut alors vérifier que les réallocations d'effort vers des métiers non encore fermés n'ont pas conduit à un dépassement de l'effort autorisé par ces métiers. C'est donc une procédure itérative.

3. Gestion des captures: TACs mono ou pluri-spécifique alloués ou non par flottille.

Il s'agit de contingentements de débarquements, c'est à dire que les rejets ne sont pas réglementés. Une procédure similaire pourrait être implémentée pour une limitation des captures. Le mécanisme selon lequel le modèle traite des contingentements de capture est très simple: à l'issue d'un intervalle de temps, si le TAC ou le quota est atteint, un indicateur de dépassement est mis en place et le prix de vente de l'espèce devient arbitrairement nul pour le reste de l'année (pour la flottille concernée s'il s'agit d'un quota). Bien que, lors du calcul du solde espéré pour chaque métier, au début de chacune des périodes ultérieures, la valeur de l'espèce soit nulle, l'effet dissuasif de cette mesure peut ne pas être suffisant pour interdire la pêche de cette espèce, soit que le métier ciblant cette espèce puisse rester attractif financièrement, soit qu'elle soit capturée comme espèce accessoire par d'autres métiers. Ainsi l'espèce contingentée et dont le contingent est atteint peut continuer à être capturée, mais, la réglementation en vigueur interdisant son débarquement, elle doit être rejetée. Ces rejets, s'ils ne sont pas satisfaisants sur le plan biologique, n'en sont pas moins une réalité. Les quantités ainsi rejetées doivent être examinées avec attention, en tant que témoin de l'efficacité de la mesure de contingentement : si la quantité rejetée à cause des TACs ou quotas est égale à celle susceptible d'être débarquée en l'absence de mesure restrictive, il y a faillite de la gestion. Il est bien évidemment qu'une interdiction des rejets reviendrait purement et simplement à fermer la zone dans laquelle une espèce est "fermée".

A la différence des limitations d'effort, il n'y a pas de réallocation de l'effort pour la période au cours de laquelle le contingentement est dépassé puisqu'il s'agit d'une pêche pluri-spécifique. Cela explique que les débarquements puissent être légèrement supérieurs à la valeur fixée pour le contingent. Cet excédent est d'autant plus petit que le nombre de sous-période est grand, une fermeture ne pouvant intervenir qu'à l'issue d'une sous-période. Si une réallocation est difficilement envisageable, il pourrait être possible de subdiviser la sous-période au cours de laquelle le contingent est atteint en autant de sous-sous-périodes que nécessaire pour une parfaite adéquation entre les débarquements et la valeur du contingent. Mais ce raffinement peut introduire un biais car il faudrait alors traiter toute la période sur la base de cette nouvelle division en sous-période (rappelons que l'allocation de l'effort s'effectue au début de chaque sous-période). Ce constat est proche de la réalité, puisque l'arrêt de la pêche (la fermeture) d'une espèce se fait toujours a posteriori, après le retour au port des navires en mer lors de la fermeture et non en cours de marée...

V. Conclusion sur le modèle SIMUCEL

Le modèle développé est un modèle pluri-espèces, multi-flottes et multi-secteurs qui repose sur une allocation dynamique de l'effort de pêche. Il permet donc de mesurer l'ampleur des reports d'effort générés par des mesures réglementaires contraignantes, appliquées et respectées. Les mesures de gestion susceptibles d'être simulées rendent compte des grandes orientations des réglementations en vigueur dans les eaux communautaires. Les effets des différentes mesures, prises séparément ou simultanément, sont évalués sur la ressource, sur les débarquements et les rejets, mais aussi sur les flottes, et globalement sur la pêche dans son ensemble.

SIMUCEL est un modèle très exigeant en matière de données biologiques, économiques et pour la relation entre l'effort de pêche et la mortalité par pêche. Une des graves difficultés rencontrées dans ce type de modèle très complexe réside dans l'étalonnage et le recalage :

1. Etalonnage

L'étalonnage du modèle et des données s'effectue par le biais d'une situation de statu-quo. Cela signifie le maintien de l'allocation d'effort observé au cours de la période de référence. Même si, en théorie, il ne s'agit que d'appliquer la réciproque des formules utilisées pour l'obtention des données, des problèmes subsistent :

- ↳ sur les tonnages débarqués par catégorie commerciale à cause de la correspondance "arbitraire" entre âges et catégorie commerciale.
- ↳ sur les valeurs débarquées par flotte car les prix au kilo (/ catégorie commerciale) sont des prix moyens calculés sur l'ensemble des ports de débarquement.

2. Calage

Plus encore que pour l'étalonnage, le calage (comparaison des résultats d'une simulation correspondant à la situation réelle observable) se heurte aux imprécisions signalées plus haut mais surtout aux nombreuses hypothèses effectuées tout au long du processus :

- ↳ imprécisions sur les données,
- ↳ incertitudes sur les paramètres gouvernant l'allocation de l'effort,
- ↳ problèmes théoriques sur certaines formules (équations de capture sur une base bimensuelle).
- ↳ problème de la base de temps périodique

La question essentielle inhérente à ce type de modèle qui cherche à formaliser rigoureusement un comportement humain est celle de la pertinence de la règle de décision : une règle de décision basée sur les soldes espérées est-elle la plus réaliste ? Le patron n'est-il pas plus sensible aux captures qu'au bénéfice ?

2^{ème} PARTIE : Exemple de la pêche de gadidés en mer Celtique

La politique européenne pour la gestion des pêcheries, qui comprend des règles d'utilisation et de répartition des ressources, des mesures techniques de conservation, etc... a été instaurée pour répondre à deux principales finalités : conserver les stocks en bon état et les exploiter de façon optimale. Au terme de la première décennie suivant son instauration, on peut dire que cette politique n'a pas atteint son objectif, en matière de sauvegarde des pêcheries, dans la mesure où elle n'a pas réussi à éviter au secteur ses difficultés actuelles. Les pêches maritimes européennes connaissent, en effet aujourd'hui une profonde crise sectorielle liée à l'appauvrissement des stocks et à l'intensification de l'effort de pêche. La production est de plus en plus aléatoire et les revenus en constante diminution. Le délicat équilibre qui caractérise traditionnellement l'activité de pêche se trouve en outre fragilisé par un surinvestissement excessif qui, dans un contexte de pénurie de la matière première, conduit à la surpêche ; causes et conséquences s'enchaînent et s'aggravent. Dans cette conjoncture, les débats sont centrés sur la nécessité de réajustement des moyens et coûts de production à la productivité naturelle des ressources et sur les possibilités d'amélioration du dispositif général de gestion.

Dans le système en vigueur, la gestion des pêcheries est basée sur la fixation des niveaux de captures autorisées (TAC) par stock et leur répartition en quotas par pays. La principale déficience du système réside dans le fait que la détermination des TAC repose sur l'utilisation de modèles monospécifiques pour l'évaluation des stocks, généralement sans tenir compte du caractère « composite » des pêcheries. L'hétérogénéité de ces dernières implique inévitablement des interactions. Il est en effet connu que les espèces entretiennent des relations de prédation, de compétition, etc... de même, il existe des interactions dites techniques, liées à la présence simultanée sur la pêche de flottilles variées. Ces interactions sont d'un point de vue pratique très importantes puisqu'elles compliquent l'évaluation des stocks et le choix stratégique d'aménagement.

Dans la procédure du CIEM, la tendance est à quitter les méthodes traditionnelles de gestion monospécifique, pour s'orienter vers une approche régionale d'aménagement en tenant mieux compte des particularités des pêcheries. En outre, les modèles intégrant la diversité des ressources et des flottilles sont de plus en plus utilisés dans l'analyse des stocks (Anon. 1987c, Mesnil et Shepherd, 1990).

Par ailleurs, au niveau des instances communautaires en charge du secteur des pêches, la réflexion sur la réforme du régime de gestion des pêcheries, amorcée depuis quelques années (Gautier, 1986), est plus que jamais à l'ordre du jour (CEE, 1991). Le débat porte particulièrement sur le choix de ou des outils de régulation appropriés à introduire. Il existe une panoplie de systèmes dont certains ont déjà été expérimentés ou appliqués de part et d'autre dans le monde (TAC plurispécifique, quotas individuels, licences, limitation de temps de pêche... cf. Bastien et Catanzano, 1990). Cependant, toutes ces méthodes ne sont pas systématiquement transférables et adaptées au contexte des pêcheries communautaires (Weber, 1990). Tout d'abord sur le plan technique, les différentes mesures n'ont pas la même efficacité ni les mêmes effets. D'autre part, le choix de telle ou telle option dépend de l'objectif d'aménagement visé et son application est conditionnée par les particularités géographiques, économiques, sociales, politiques... de la pêche (Troadec, 1992a).

En mer Celtique, comme dans la plupart des eaux européennes, l'activité de pêche est caractérisée par sa grande complexité en terme d'espèces cibles, de flottilles, de secteurs géographiques, de stratégies de pêche... L'interdépendance de ces différentes composantes impose l'adoption d'une approche globale et multidisciplinaire dans l'analyse des pêcheries. SIMUCEL permet d'analyser la pêcherie des gadidés avec une approche « multi-espèces – multi-flottilles ». Le but de l'analyse est de décrire le fonctionnement de la pêcherie à travers les variations de l'état des stocks et du comportement des flottilles, sous différentes hypothèses envisageables dans la politique de gestion. Elle vise également à apprécier les mérites des différentes procédures en comparant leurs implications biologiques et économiques.

I. Données

1. Flottilles

Les gadidés de mer Celtique sont exploités par des navires d'origines et de structures diverses, et cette diversité impose une répartition de ces bateaux par groupes « homogènes » en préalable à l'analyse envisagée. Ainsi, la flottille française a été scindée en quatre groupes, plus une classe « divers ». Pour les flottilles étrangères, l'absence d'informations détaillées ne permet pas de faire une répartition originale des navires. En supposant leurs régimes d'exploitation similaires, celles-ci sont donc traitées, avec le groupe « divers », comme une flottille résiduelle. L'ensemble de l'exploitation internationale se trouve finalement réparti en cinq classes que nous considérons comme flottilles homogènes en terme de tactique de pêche, capacité de captures et structure des coûts.

Des termes génériques purement arbitraires ont été créés pour désigner les différentes entités :
⇒ *Gadidés 1*. C'est la flottille 1 de la typologie des flottilles françaises réalisée précédemment. Elle est composée de chalutiers spécialisés dans la pêche des gadidés. Le merlan est la première espèce cible de cette flottille.

⇒ *Gadidés 2* : désigne la deuxième flottille française recherchant les gadidés. Son activité est distinguée par une orientation plus marquée vers la capture du morue (flottille 2 de la typologie).

⇒ *Benthiques* : ce sont les navires français exploitant les espèces benthiques en première priorité (flottille 3 de la typologie).

⇒ *Langoustiniers* : englobe les navires français spécialisés dans la pêche à la langoustine (flottille 4 de la typologie).

⇒ *Résiduelle* : flottille composite constituée de navires battant pavillons de diverses nationalités (française, britannique, irlandaise, espagnole et belge).

Le choix de ce partage peut paraître contestable à certains égards, notamment pour les flottilles étrangères. Cependant, la portée des incertitudes qui entachent les hypothèses de ce partage est relativisée par la modestie de la part des pêches étrangères dans l'exploitation des espèces étudiées. En outre, ce sont les tendances mises à jour par l'analyse, et non les valeurs absolues obtenues, qui constituent l'essence de cette approche à caractère préliminaire.

Chacune des flottilles identifiées est munie, au niveau de l'année de référence, de :

- Un nombre moyen de marées par période (trimestre),
- Une durée moyenne de marée,

- Durée de route (selon les secteurs) et durée d'immobilisation,
- Une puissance de pêche par espèce,
- cpeue en valeur pour l'extérieur de la mer Celtique,
- coefficients d'adhérence et de préférence.

A partir des fichiers statistiques de pêche, donnant les temps de mer et de pêche, il a été possible de calculer, pour chaque flottille, la durée moyenne d'une marée, le temps nécessaire pour se rendre dans chacun des secteurs et la durée d'immobilisation au port. Les deux paramètres qui quantifient les deux comportements (opportunisme et prudence), coefficient de préférence et coefficient d'adhérence, ont été fixés pour chacune des flottilles de manière intuitive.

2. Structure spatiale

L'espace d'intervention des flottilles est divisé en deux grands blocs : mer Celtique et hors mer Celtique qui, à leur tour, sont découpés chacun en deux subdivisions baptisées ici secteurs. Dans la mer Celtique, on distingue un secteur nord-est, composé des sous-divisions CIEM VIIe2, VIIf1, VIIg2, VIIg3 et un secteur sud-ouest qui couvre VIIIh1, VIIIh2, VIIIh3 et VIIg1 (voir carte 1). La zone extérieure est partagée en un secteur « mer d'Irlande » et un secteur « Autres ».

3. Stocks

Sept espèces, démersales et benthiques, ont été prises en compte dans la modélisation. Outre les quatre gadidés, objets de notre étude (morue, merlan, lieu jaune et lingue franche) ; ont été considérées, la langoustine et les deux espèces de baudroies (*Lophius piscatorius* et *Lophius budegassa*). Chaque espèce est traitée comme un stock unitaire, sauf dans le cas de la langoustine, pour laquelle mâles et femelles sont pris pour des stocks distincts.

L'intégration de la langoustine et des baudroies dans le modèle permet d'appréhender la pêcherie dans son contexte général, car ces espèces constituent des cibles privilégiées d'un grand nombre de navires impliqués dans l'exploitation des gadidés. Cependant, les résultats des simulations sur leurs stocks ne seront pas abordés ; seules les implications concernant la pêcherie des gadidés sont analysées dans ce chapitre.

A partir de l'analyse des données de l'année de référence (moyenne des trois dernières années), nous disposons pour chacun des huit stocks retenus d'un ensemble de données de base relatives aux : mortalités par pêche, effectifs et poids moyens aux âges, recrutement, mortalité naturelle, courbe de tri, taux de survie des rejets...

Pour les quatre stocks de gadidés :

- les valeurs des poids moyens aux âges et de mortalités naturelles sont les mêmes que celles utilisées précédemment,
- les mortalités par pêche et effectifs aux âges sont issus des analyses de cohortes (VPA et Pseudo-cohortes) effectuées dans les deux derniers chapitres.
- les courbes de tri sont empruntées aux travaux de Charreau et Biseau (1989c).
- les rejets sont supposés nuls ou négligeables.

Pour les autres stocks, toutes les données nécessaires ont été extraites des travaux du « groupe de travail du CIEM sur les pêcheries des sous-zones VII et VIII » (Anon, 1991d).

FICHE DE PECHE
PECHE AU LARGE

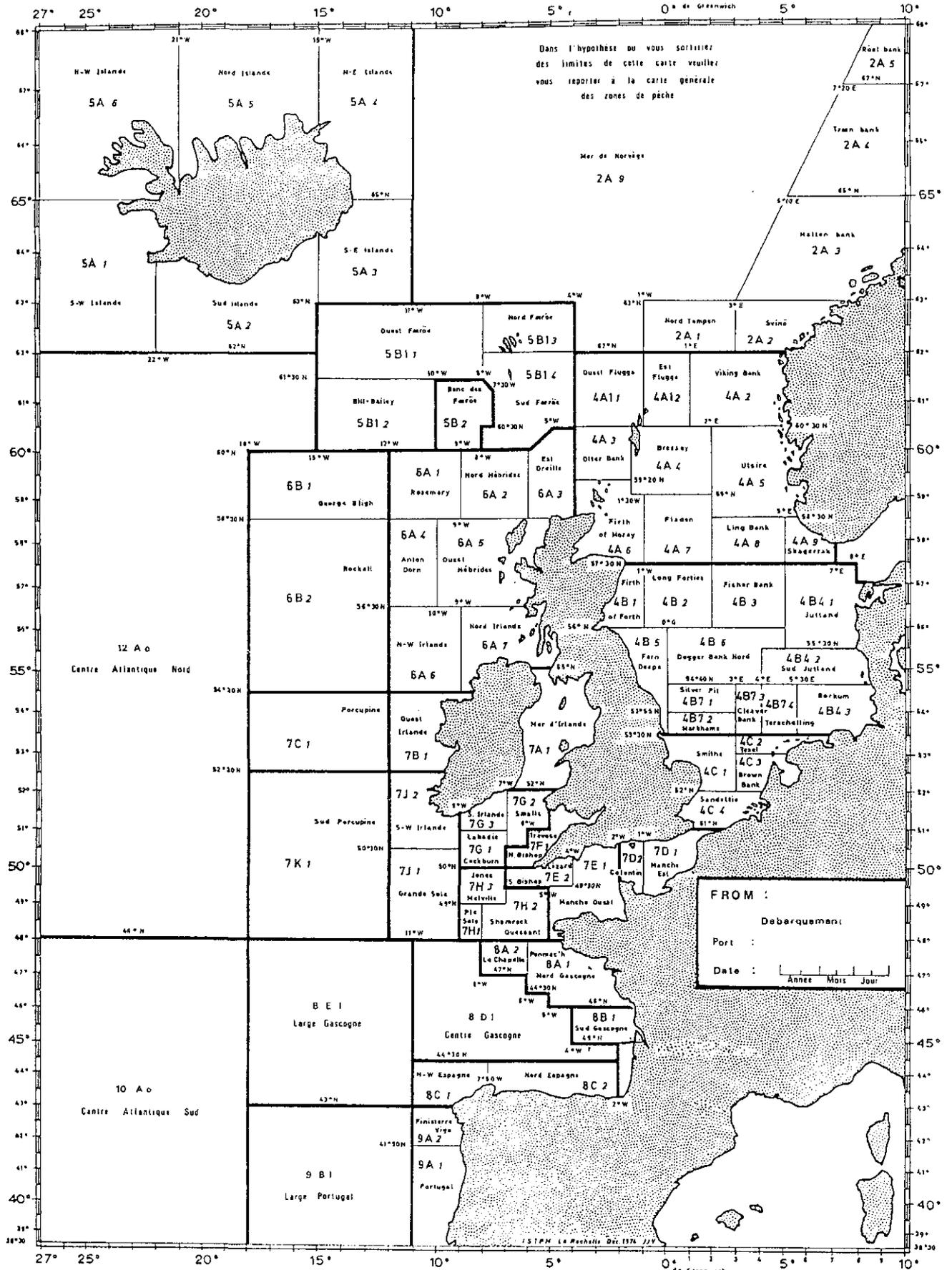


Tableau 1. Récapitulatif des scénarios simulés

Situation de référence

Année 0	:	Statu quo de l'effort
Scénario X	:	Libre accès
Scénario 0	:	TACs monospécifiques pour morue et merlan (statu quo réglementaire)

Limitation des captures

Scénario 1	:	TAC plurispécifique pour morue+merlan
Scénario 2	:	Quotas monospécifiques (TACs du scénario 0) par flottille (clé année 0)
Scénario 3	:	Quotas plurispécifiques (TAC du scénario 1) par flottille

Limitation de la flotte

Scénario 4	:	Réduction du nombre de bateaux (i.e. de la puissance totale) par flottille
------------	---	--

Limitation de l'effort de pêche

Scénario 5	:	TAEs par secteur (90% de l'effort de l'année 0)
Scénario 6	:	Quotas d'effort (TAEs du scénario 5) par flottille et par secteur (clé année 0)

Tableau 2. Mise en place des limitation selon les flottilles

a) sur les captures

	TAC	Quotas (en% du TAC)			
		GADIDES1	GADIDES2	BENTHIQUES	LANGOUSTINIERS
Scén 0.	Morue Merlan	-	-	-	-
Scén.1	Morue + Merlan	-	-	-	-
Scén 2	Morue	20 %	30 %	10 %	15 %
	Merlan	40 %	30 %	5 %	10 %
Scén.3	Morue + Merlan	30 %	30 %	10 %	10 %

b) sur le nombre de navires

	Réduction totale du Nombre de navires	Réduction de la flottille			
		GADIDES1	GADIDES2	BENTHIQUES	LANGOUSTINIERS
Scén 4.	5%	10%	10%	5%	0%

c) sur l'effort de pêche

	TAE par secteur (en heures de pêche)	Quota par flottille (en % du TAE)			
		GADIDES1	GADIDES2	BENTHIQUES	LANGOUSTINIERS
Scén.5	Nord-Est Sud-Ouest				
Scén.6	Nord-Est	17%	32 %	16 %	30 %
	Sud-Ouest	0,004 %	16 %	53 %	29 %

Une série de scénarios mettant en jeu diverses mesures de régulation a ensuite été simulée. Les simulations ont porté uniquement sur les mesures relatives à la limitation des captures et de l'effort ; celles qui agissent sur le profil d'exploitation n'ont pas été abordées.

Après plusieurs essais-tests, sept scénarios numérotés de 0 à 6 ont été retenus. Les quatre premiers portent sur le contingentement des captures, les trois autres sur la limitation de l'effort de pêche.

2. Analyse des résultats.

Pour chacune des hypothèses simulées, le modèle fournit des résultats sous forme de bilans annuels en termes de : débarquements et valeurs par espèce, effectifs et mortalités aux âges par stock, bilans financiers des flottilles, effort de pêche par secteur et par flottille, etc... Quand la simulation porte sur une limitation de captures, une estimation des rejets dus au dépassement de la limite fixée est également fournie.

Ce sont ces différents types de résultats que nous avons analysés et nous en exposons certains sous forme de graphiques pour illustrer nos propos. La démarche procède d'une comparaison des effets apparents des différents scénarios sur les flottilles et de leurs implications au niveau des stocks de gadidés. Les enseignements tirés de cette analyse permettraient d'appréhender les conséquences qu'aurait la mise en œuvre de telle ou telle mesure sur le fonctionnement de

la pêcherie et par delà même d'esquisser la différence, en termes d'efficacité, entre divers outils de gestion.

2.1. Choix d'une situation de référence.

La comparaison des résultats est exprimée en terme de « gain-perte » par rapport à un état de référence. Rappelons brièvement que la fonction de « gain-perte » est l'expression de l'écart relatif entre la valeur prise par une variable dans une situation donnée et celle observée à la situation de référence.

Dans l'hypothèse d'une reconduction du *statu quo*, tous les paramètres décrivant l'état de la pêcherie restent parfaitement stables dans le temps (Figure 1A). Cette stabilité montre que les résultats de la modélisation sont conformes à ce que l'on attendait avec les hypothèses de *statu quo* et d'équilibre (recrutement constant notamment). Cette première vérification simpliste permet d'envisager la suite de l'analyse en toute sérénité¹.

Une simulation sans contrainte réglementaire ("libre accès") conduit à une allocation de l'effort, résultat de la seule règle de décision, c'est à dire uniquement fonction des résultats espérés. Ainsi, en laissant les flottilles évoluer librement, la situation ne change que légèrement, notamment au niveau de la répartition de l'effort de pêche. La nouvelle distribution de l'effort n'engendre cependant que des modifications minimales sur la structure des débarquements par espèce (figure 1B).

Les tendances observées dans ces deux simulations sont, à quelques légères différences près, reproduites dans la situation du scénario 0, ce qui n'est que le résultat de l'hypothèse d'équilibre ayant régi l'évaluation des stocks par VPA, et donc à la constitution des données. Dans cette simulation dite « *statu quo* réglementaire » la stabilité des débarquements (figure 1C) cache en revanche une variation sensible des rejets théoriques de morue et de merlan dus au dépassement des TAC (figure 1D).

Si la situation reste globalement stable, la mesure simulée dans ce scénario est ressentie différemment d'une flottille à l'autre. La situation semble profiter plus aux flottilles spécialisées dans la pêche aux gadidés (« *Gadidés 1* » et « *Gadidés 2* » qu'aux « *Langoustiniers* » et aux « *Benthiques* »

Actuellement, l'exploitation des gadidés de mer Celtique est encadrée par un système de TAC monospécifiques appliqué aux stocks de morue et de merlan. Le lieu jaune est également soumis à un TAC dit de « précaution », mais qui n'est absolument pas contraignant pour la France. Le scénario 0 qui traduit le mieux ce régime de gestion a ainsi été choisi comme situation de référence —supposée prévalante— à laquelle sont comparés les six autres scénarios portant sur les mesures de gestion. Compte tenu des incertitudes liées à la qualité des données, à la grossièreté des hypothèses et celles inhérentes à la sensibilité du modèle, seuls les écarts supérieurs à 5 % seraient significatifs. Cependant, globalement ce sont les tendances exprimées par les différentes variations, et non les valeurs absolues, qui nous intéressent dans cette démarche.

¹ Les valeurs de débarquements indiquées dans la Figure 1 sont celles de l'étude d'Ould el Kettab. Sous l'effet conjugué de recrutements variables et de non stabilité de l'exploitation, les valeurs réelles de débarquements de morue et de merlan en mer Celtique ont considérablement fluctué ces dix dernières années (entre 7 et 17 000 tonnes pour la production internationale de morue, et entre 9 et 15 000 tonnes pour le merlan).

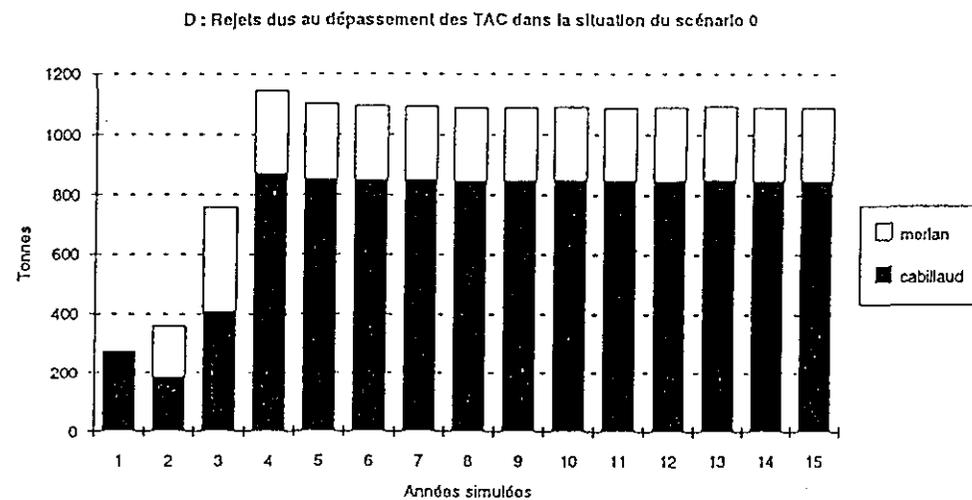
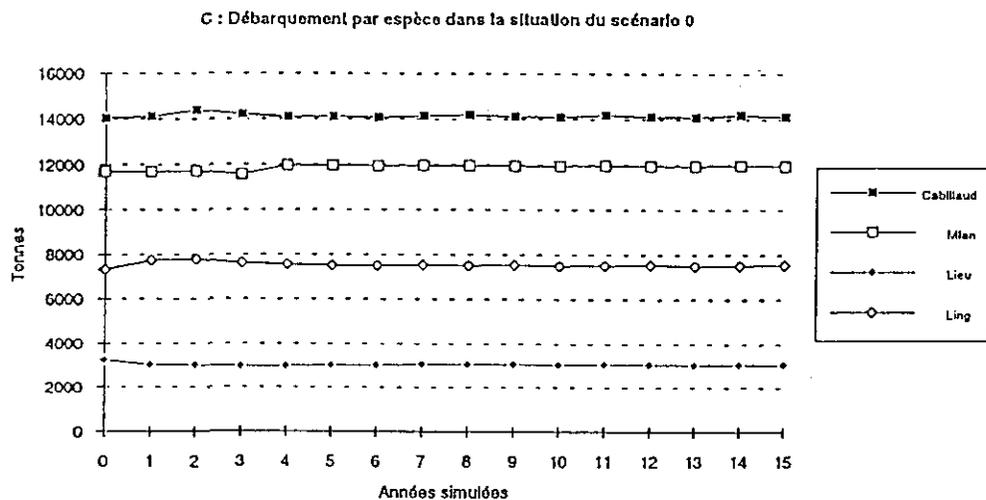
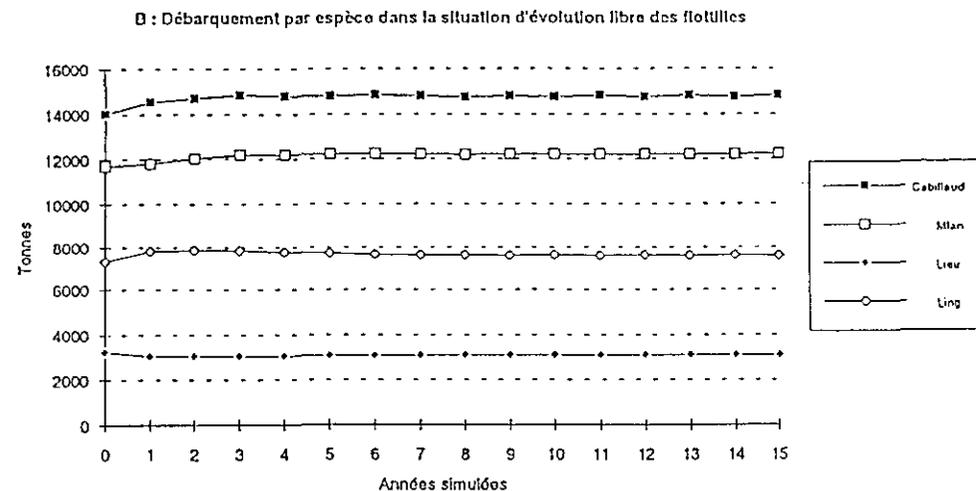
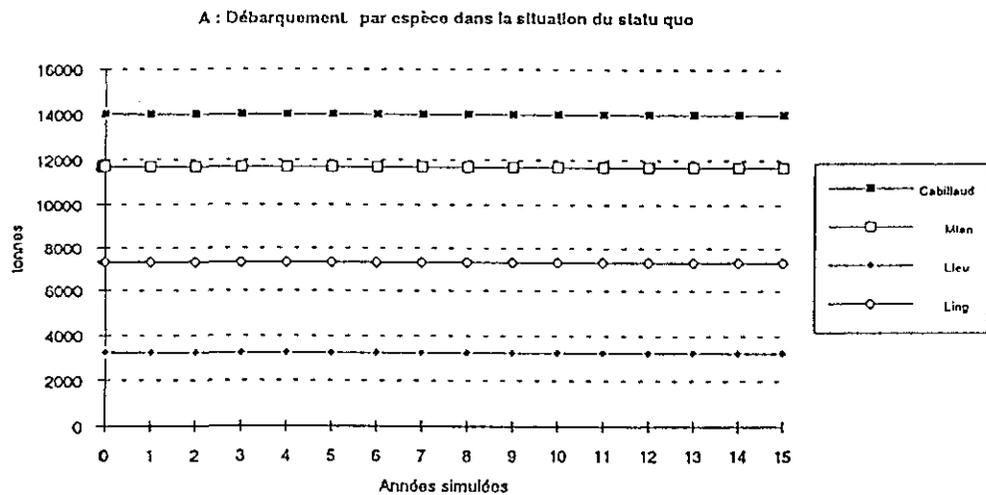


Figure 1 : Evolution des débarquements par espèce dans les trois premières simulations : (A) : « *statu quo* », (B) : « *libre accès* », (C) : « *statu quo réglementaire* » et Rejets de morue et merlan dans le cas du « *statu quo réglementaire* » (D)

2.2. Analyse des simulations sur les mesures de gestion.

a – analyse sur les flottilles.

Pour chacune des quatre flottilles françaises sont analysés les effets des différents scénarios sur l'évolution de l'effort de pêche, sur les débarquements en quantités des quatre gadidés (cumulés) et sur le bilan financier d'un bateau moyen (différence entre chiffre d'affaires et coûts opérationnels). Les variations sous différentes hypothèses de ces indices, exprimées en gains et pertes par rapport à l'état de référence, fourniraient des indications sur les retombées des mesures simulées.

La répartition de l'effort de pêche permet d'une part de mettre en évidence d'éventuels changements dans la stratégie des flottilles et, d'autre part, d'expliquer les variations de la structure des captures. Ces variations se répercutent bien évidemment au niveau de la productivité économique des navires. L'évolution dans le temps des « gains-pertes » sur le bilan financier unitaire permet de visualiser les fluctuations de cette productivité.

Gadidés 1 : c'est une flottille dont l'activité dépend fortement de l'exploitation des gadidés ; elle est par conséquent sensible à toute modification du système de gestion régissant cette pêcherie. Sa première réaction face à une nouvelle réglementation s'exprimerait par un changement dans la répartition de son effort de pêche. Dans les simulations effectuées, « *Gadidés 1* » réagit dans la plupart des cas par le transfert d'une partie de son effort, habituellement consacré à l'exploitation de la mer Celtique, vers d'autres zones (figure 2A et B). Elle effectue également, à l'intérieur de la mer Celtique, un report d'effort du secteur SW vers le NE, ce qui entraîne une augmentation de son temps de route au détriment de celui consacré à la pêche.

Ce redéploiement permet à la flottille de maintenir sa production en gadidés à un niveau acceptable. De fait, excepté le cas du scénario 5, ses débarquements en gadidés sont restés relativement proches de leur niveau de référence (figure 2C). La stabilité des apports ne permet cependant pas de maintenir le même niveau de rentabilité économique. Les variations du bilan unitaire (figure 2D) montrent, en effet, que les implications des mesures réglementaires simulées sur les résultats financiers varient d'un cas à l'autre. A cet égard, les scénarios simulant un contrôle direct de l'effort de pêche semblent plus avantageux que ceux mettant en jeu une limitation des captures. Ceci est dû au fait qu'ayant une forte puissance de pêche sur les gadidés, la flottille consomme rapidement son quota et se trouve obligée de se re-déployer ailleurs. Par conséquent, son temps de route augmente, entraînant une hausse des dépenses et donc une baisse des revenus. En revanche, la régulation de l'effort de pêche la favorise dans la mesure où elle ne la contraint pas à réduire considérablement la fréquentation de sa traditionnelle zone de pêche : la mer Celtique.

Gadidés 2 : Son comportement dans les différentes simulations est comparable à celui de « *Gadidés 1* ». Elle reporte une partie de son effort de pêche vers l'extérieur de la mer Celtique dans les cas de limitation de captures et inversement quand il s'agit d'une réglementation directe de l'effort total (figure 3A et B).

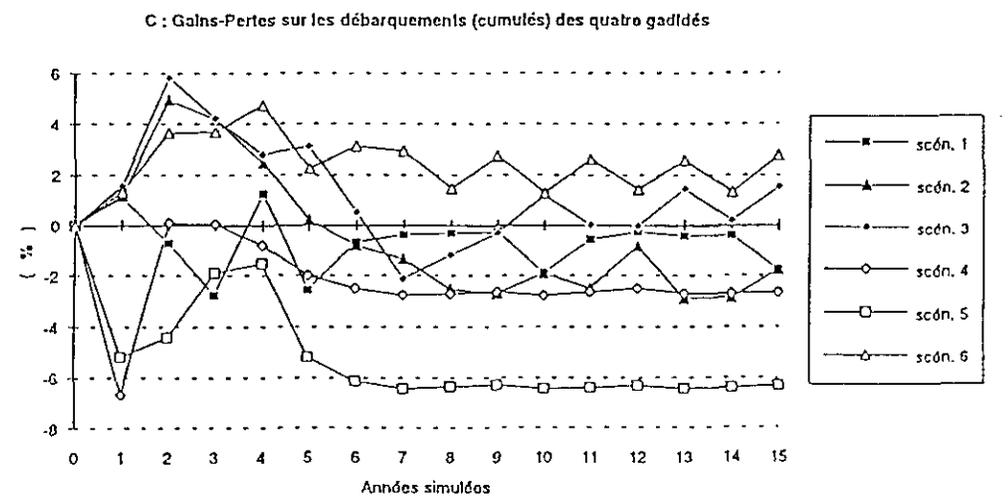
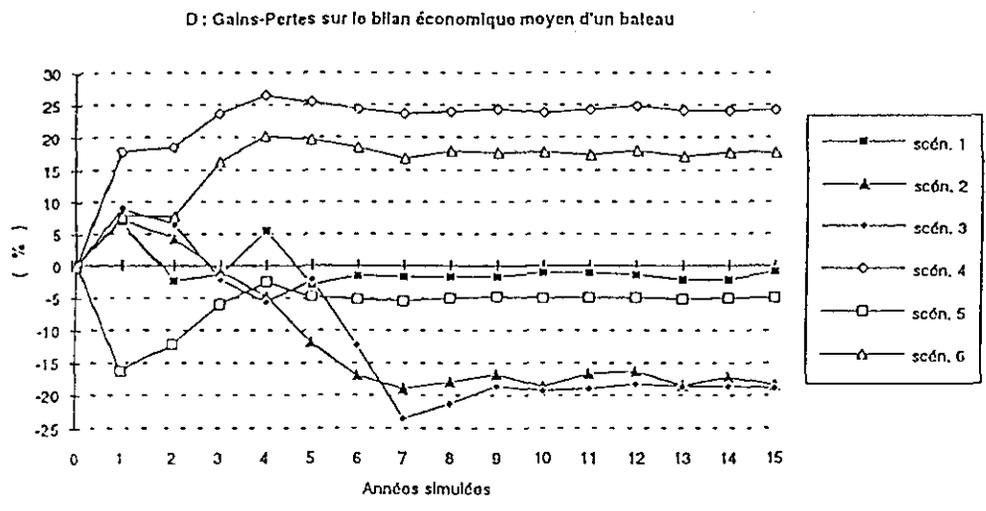
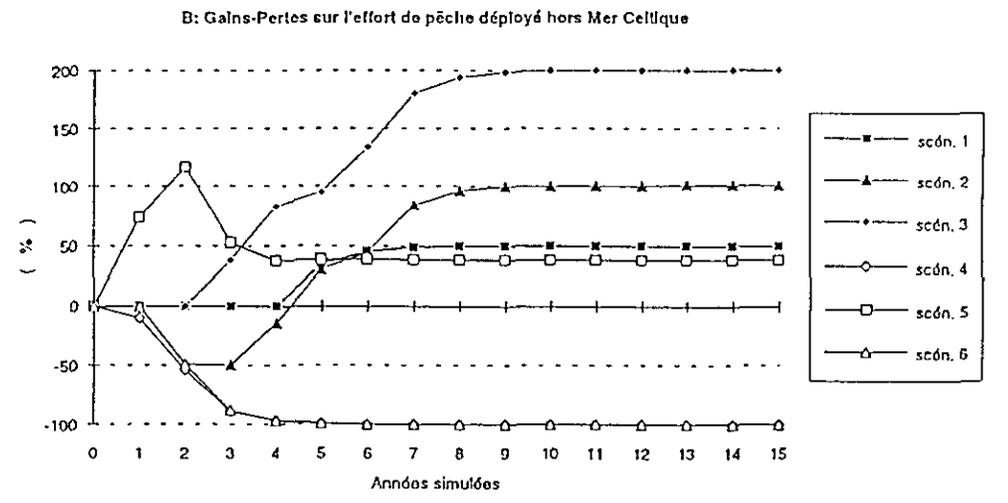
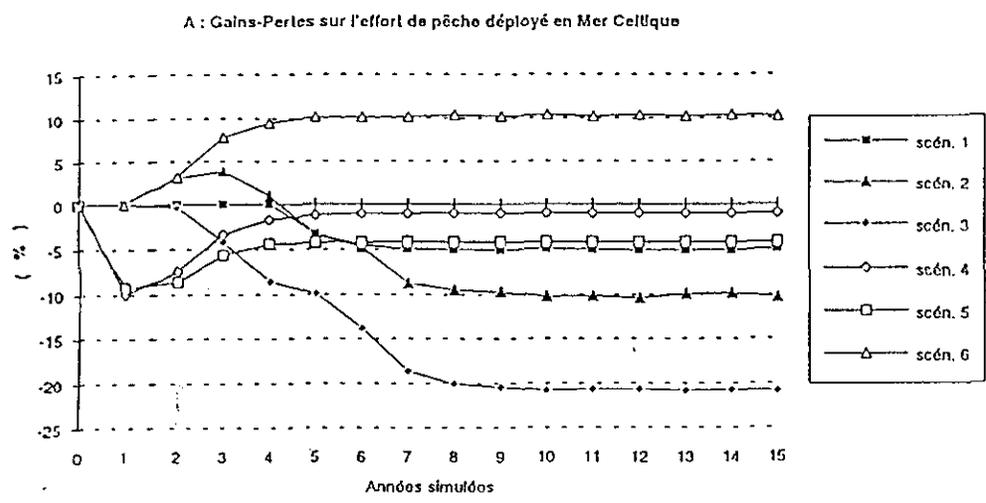
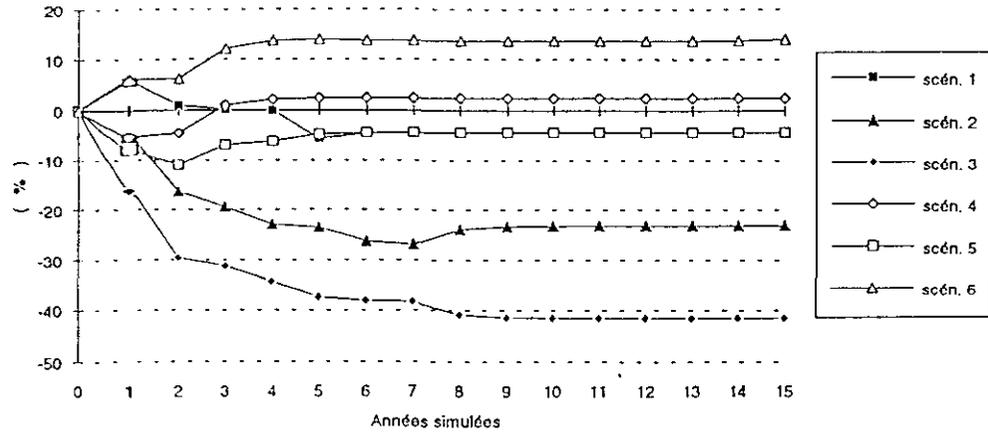
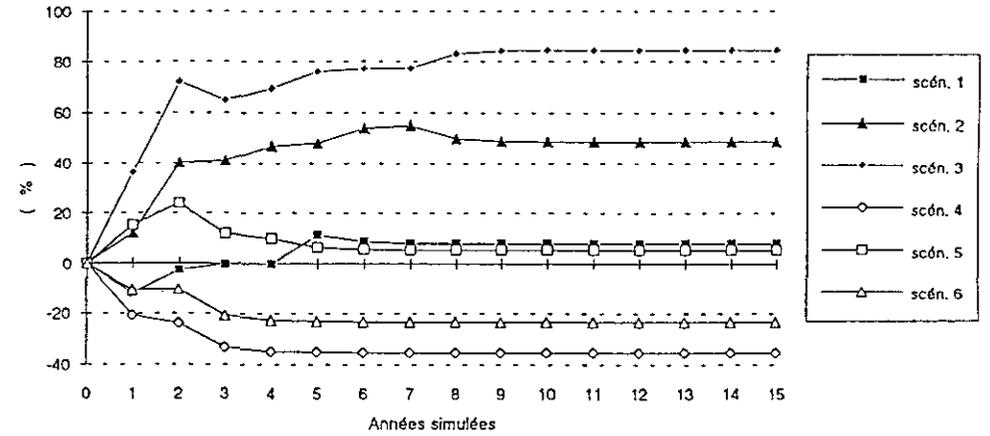


Figure 2 : Variations relatives de l'effort de pêche (A et B), des débarquements de gadidés (C) et du bilan moyen (D) de la flottille « Gadidés 1 ».

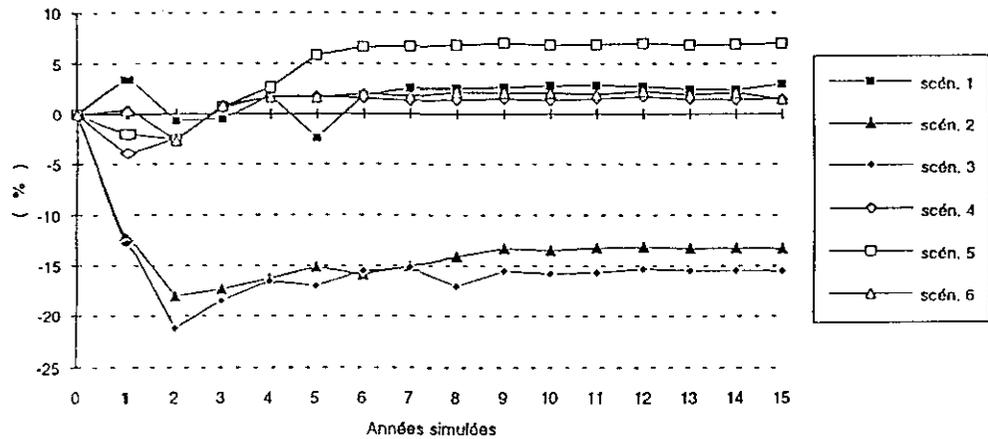
A : Gains-Pertes sur l'effort de pêche déployé en Mer Celtique



B : Gains-Pertes sur l'effort de pêche déployé hors Mer Celtique



C : Gains-Pertes sur les débarquements (cumulés) des quatre gadidés



D : Gains-Pertes sur le bilan économique moyen d'un bateau

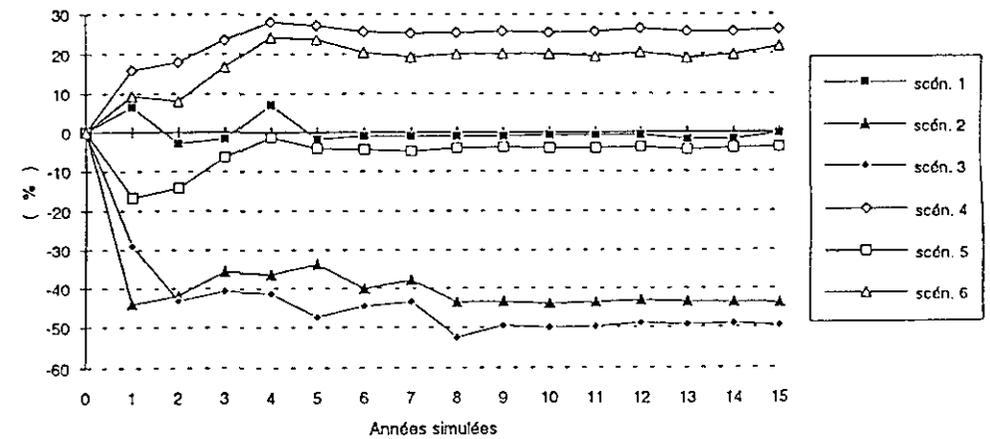


Figure 3 : Variations relatives de l'effort de pêche (A et B), des débarquements de gadidés (C) et du bilan moyen (D) de la flottille « Gadidés 2 ».

Plus opportuniste que sa rivale, « *Gadidés 2* », souffre plus de la mise en place d'un système de TAC alloué en quotas. Le contingentement de la ressource (Scénario 2 et 3) la pénalise d'emblée car les quotas qui lui sont alloués sont inférieurs à ses captures potentielles. Ainsi, ses débarquements en morue et en merlan régressent respectivement de 18 et 10 %, entraînant une baisse d'environ 15 % des apports totaux en gadidés (figure 3C). Le manque à gagner dû au recul des débarquements et à la hausse des frais engendrés par le transfert d'effort se traduit par une nette dégradation du bilan économique annuel moyen (figure 3D). Ce dernier enregistre en revanche une progression sensible sous les scénarios 4 et 6. Dans les deux cas, la flottille maintient son activité en mer Celtique à un niveau élevé en se rendant davantage dans le secteur Sud-Ouest ; cela lui permet de réduire ses frais de route et d'augmenter ses captures en espèces benthiques tout en maintenant sa production en gadidés.

« *Benthiques* » : A l'inverse des deux cas précédents, l'exploitation de la mer Celtique par la flottille « *Benthiques* » augmente dans les simulations portant sur la régulation des possibilités de capture et baisse quand il s'agit d'une limitation de l'effort (figure 4 A et B). L'attribution de quotas de gadidés met, en quelque sorte, cette flottille à l'abri de l'hégémonie de celles qui dominent l'exploitation de ces espèces. Ainsi, le scénario 3 (TAC plurispécifique réparti en quotas par flottille) qui défavorise le plus les flottilles recherchant les gadidés, apparaît comme le plus avantageux pour les « *Benthiques* ». Leurs apports en gadidés augmentent de 20 à 25 % avec l'instauration de ce type de gestion (figure 4C). L'amélioration de la production concerne toutes les espèces mais ce sont les prises de morue qui enregistrent la progression la plus significative. Ceci vient du fait que parmi les deux flottilles à gadidés, c'est « *Gadidés 2* » qui constitue la principale concurrente de « *Benthiques* ». En effet, tout en étant orientée vers la pêche aux gadidés, « *Gadidés 2* » affiche également une nette tendance à l'exploitation des espèces benthiques.

L'augmentation de la production pondérale de la flottille n'a cependant que de modestes retombées au niveau des résultats économiques. Le bilan financier n'augmente, en effet, dans le meilleur des cas, que de 2.5 à 3 % (figure 4D). La hausse des charges qu'engendre le redéploiement dans le Nord-Est de la mer Celtique, où abondent les gadidés, expliquerait cette faible performance.

Langoustiniers : La répartition géographique de son activité ne change significativement que dans les scénarios mettant en place un contrôle direct de l'effort de pêche. La fixation d'un TAE (Scénario 5) implique pour cette flottille une importante baisse de l'effort consacré à l'exploitation de la mer Celtique (figure 5A) ; diminution qui résulte à la fois d'un déplacement massif de l'effort du secteur SW vers le NE et d'un redéploiement croissant à l'extérieur de la mer Celtique (figure 5B).

A l'instar des « *Benthiques* », le groupe « *Langoustiniers* » tire un avantage manifeste de l'instauration d'un régime de quotas de capture (Scénarios 2 et 3) Une telle disposition lui permet d'augmenter ses apports en gadidés de 15 à 20 % par rapport à leur niveau de référence (figure 5C). La flottille semble profiter également d'une réduction généralisée de l'effort si celle-ci est exprimée en quotas d'effort par flottille et par secteur (Scénario 6). Si le temps de pêche total autorisé (TAE) n'est pas réparti entre les groupes de navires (scénario 5), les « *Langoustiniers* » se trouveraient en revanche confrontés à une forte concurrence les obligeant à se rendre plus dans les secteurs NE et extérieurs.

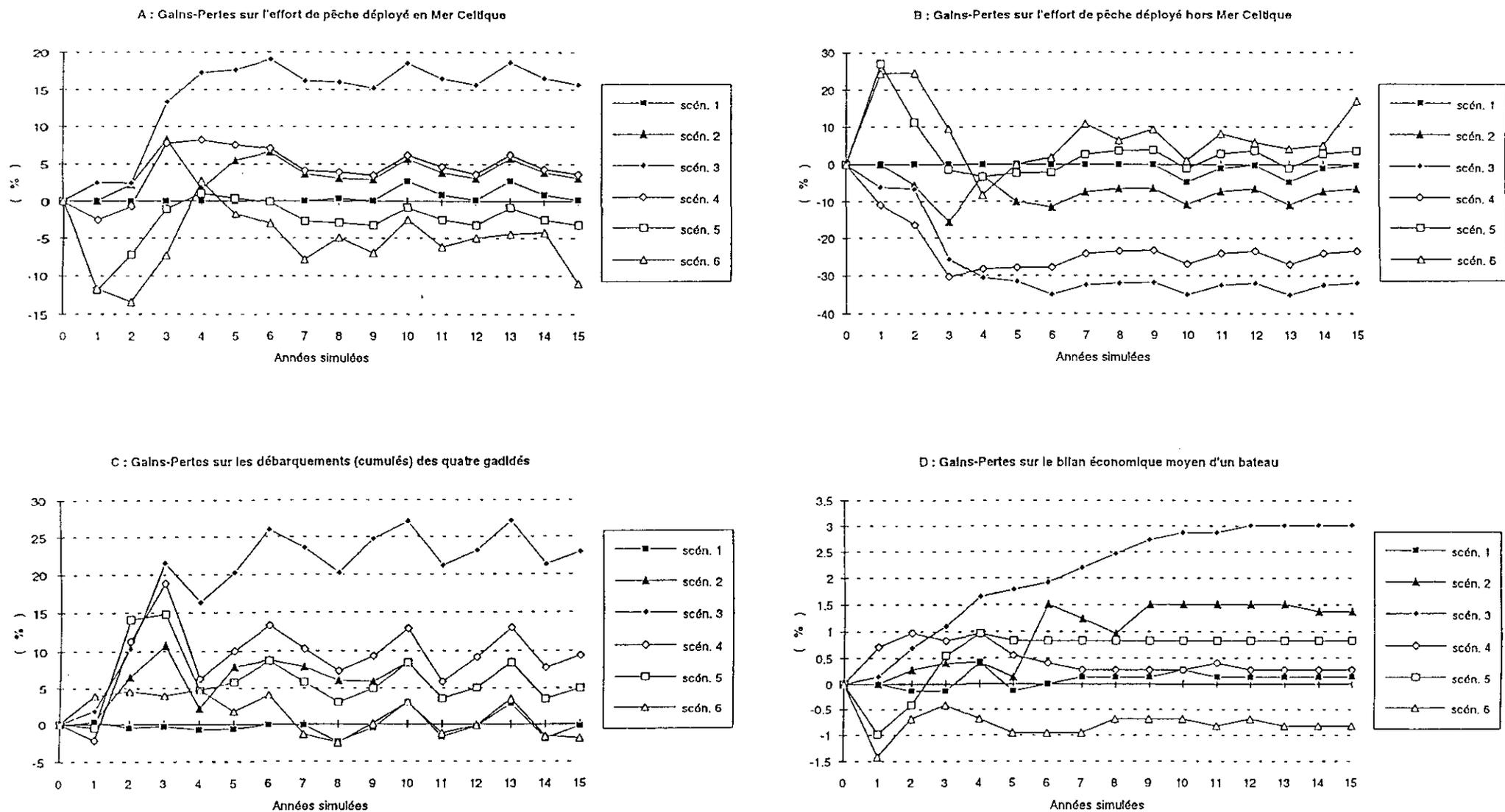


Figure 4 : Variations relatives de l'effort de pêche (A et B), des débarquements de gadidés (C) et du bilan moyen (D) de la flottille « Benthiques ».

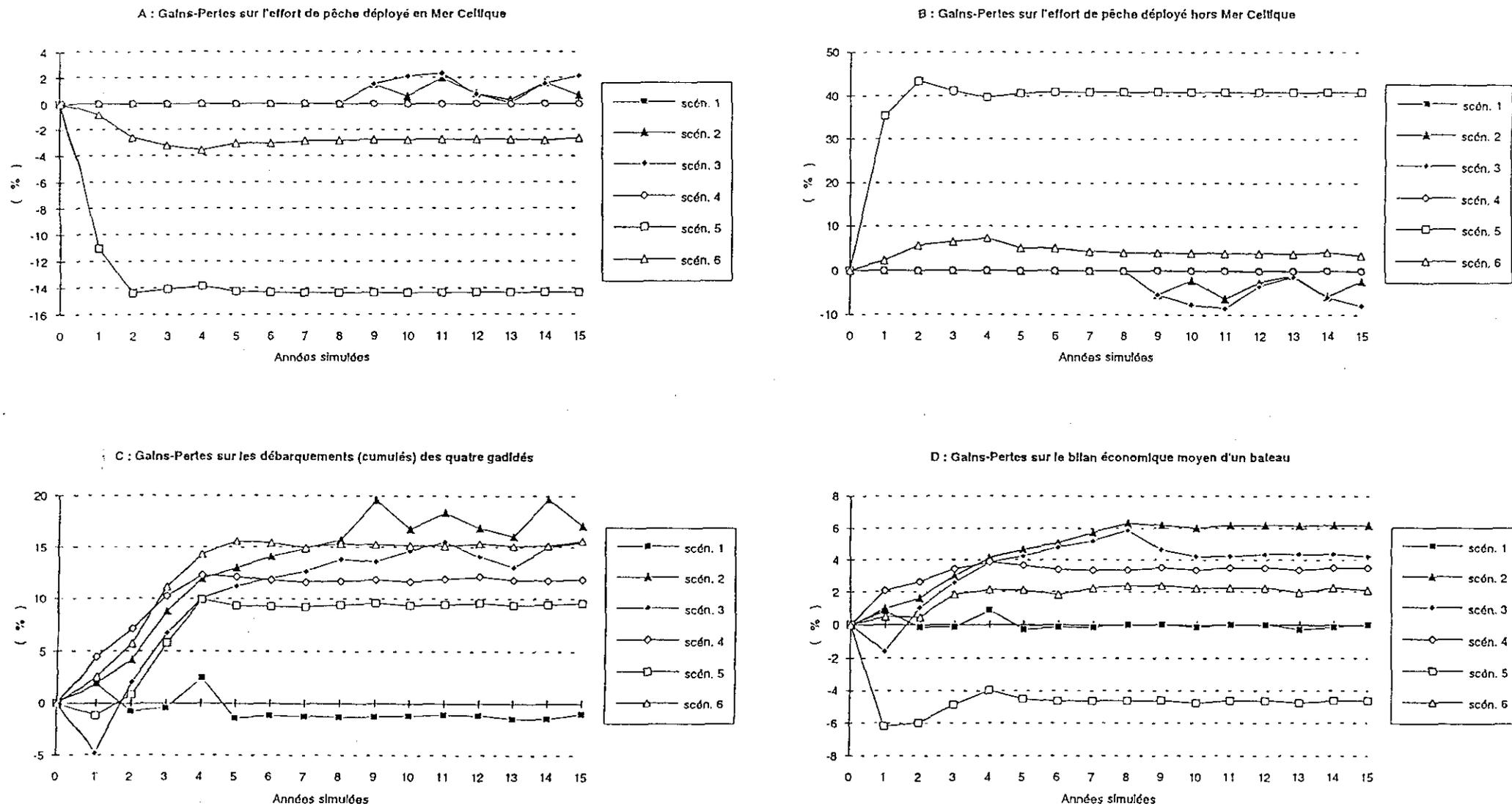


Figure 5 : Variations relatives de l'effort de pêche (A et B), des débarquements de gadidés (C) et du bilan moyen (D) de la flottille « Langoustiniers ».

Si ce transfert d'effort permet théoriquement de capturer davantage de gadidés, ils entraîneraient en même temps une baisse des apports en langoustine (-3%) et surtout en baudroies (-27 %). Vu la forte valeur marchande de ces espèces, la diminution de leur part dans la production n'est pas compensée par les apports en gadidés. Le manque à gagner qui découle de cette situation, conjugué à la hausse des coûts qu'implique l'éloignement, provoque une dégradation du solde financier moyen de la flottille (figure 5D).

b – analyse sur les stocks.

Les comparaisons effectuées dans le paragraphe précédent nous ont montré que les flottilles réagissent, chacune à sa façon, aux modifications des conditions d'exploitation. On peut ainsi s'attendre à ce que du côté des espèces certaines bénéficient plus ou pâtissent plus que d'autres des conséquences de ces modifications.

Comme précédemment, une approche comparative des variations de certains indicateurs par rapport à la situation de référence (Scénario 0) a été suivie pour mettre en évidence les répercussions sur la ressource des différentes procédures de gestion simulées. Nous avons choisi d'analyser pour chacun des quatre stocks de gadidés l'effet des différents scénarios sur les débarquements, sur les rejets dus aux TAC et aux quotas et sur les effectifs aux âges dans les populations.

Morue : La gestion par TAC monospécifique (scénario 0) entraîne environ 800 tonnes de rejet, les captures de morue dépassant le niveau fixé par le TAC. Captures et rejets varient plus ou moins sensiblement d'un scénario à l'autre. Cependant, si l'on ne considère que les variations supérieures à 5 %, on peut dire que les débarquements sont restés, dans la plupart des simulations, relativement proches de leur niveau de référence (figure 6A).

Si le TAC porte à la fois sur la morue et le merlan (Scénario 1), les quantités rejetées baissent de moitié (figure 6B) ; ce qui se traduit par une légère hausse des débarquements sans pour autant que le prélèvement total effectué sur le stock n'augmente excessivement. Ces tendances sont encore plus marquées quand ce TAC plurispécifique est réparti en quotas (Scénario 3). La situation s'inverse si, en revanche, le TAC partagé est monospécifique (Scénario 2). Dans tous les cas, ce mode de gestion défavorise les flottilles les plus adaptées à la pêche aux gadidés qui, en consommant leurs quotas plus rapidement que les autres, se trouvent obligées de rejeter quelques centaines de tonnes avant de quitter la zone. Par conséquent, les tonnages débarqués diminuent alors que le volume total des captures prélevées sur le stock progresse. Il est cependant intéressant de noter, qu'en contrepartie, le système de quotas par flottille permet une nette augmentation des effectifs aux âges (figure 6C). En limitant l'activité des principales flottilles, ce modèle permet de réduire la pression exercée à l'encontre des jeunes classes d'âges et donc, à terme, un accroissement de la taille du stock.

Merlan : les changements du mode de gestion n'entraîneraient que de légères variations de la production du merlan (figure 7A). Le sens de ces variations confirme le clivage observé précédemment entre les mesures de contrôle direct de l'effort de pêche et celles limitant le taux de capture. Les premières sont plus favorables que les secondes à la progression des apports.

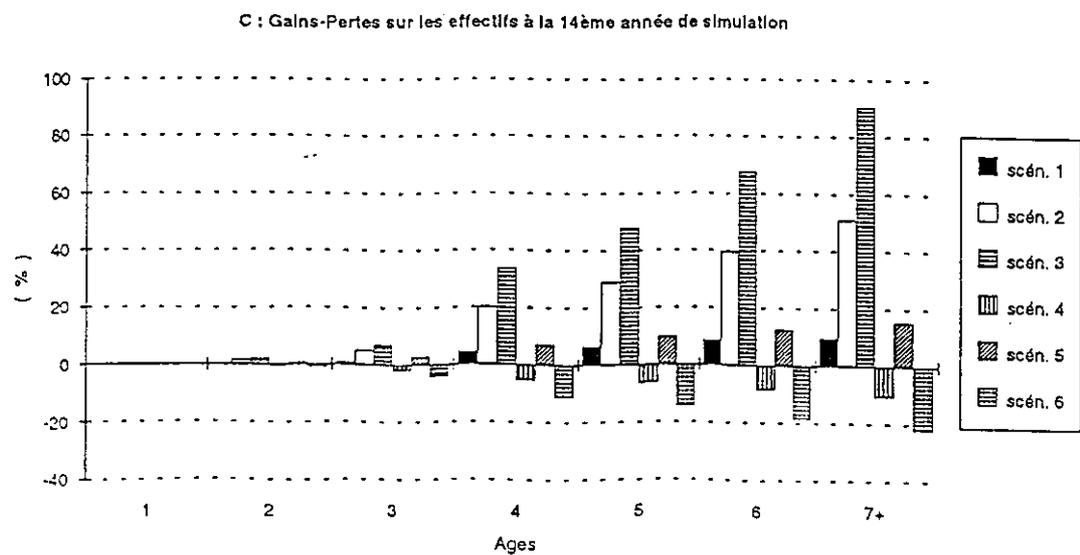
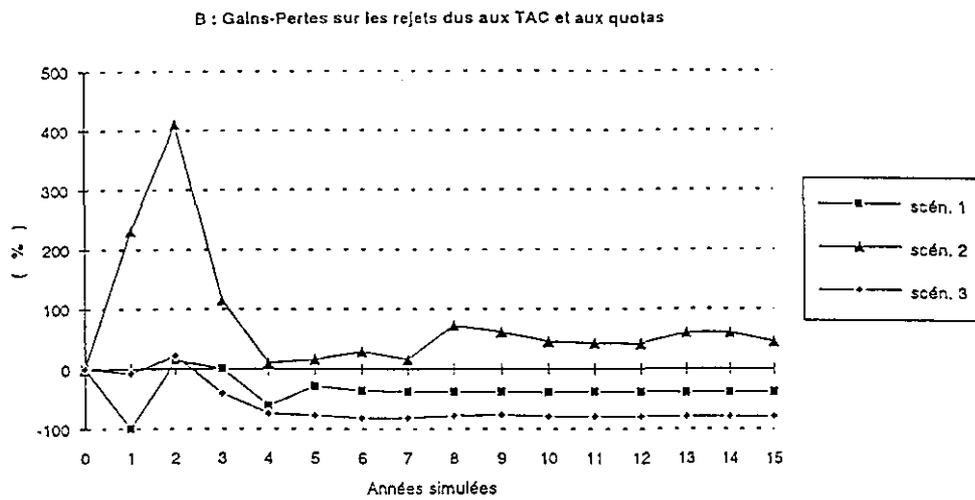
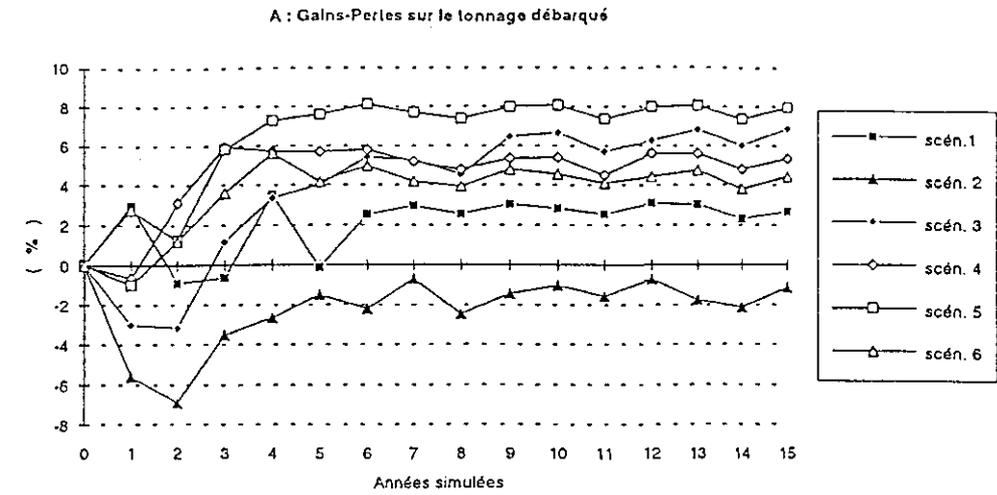


Figure 6 : Variations relatives des tonnages débarqués, des rejets et des effectifs aux âges de la morue.

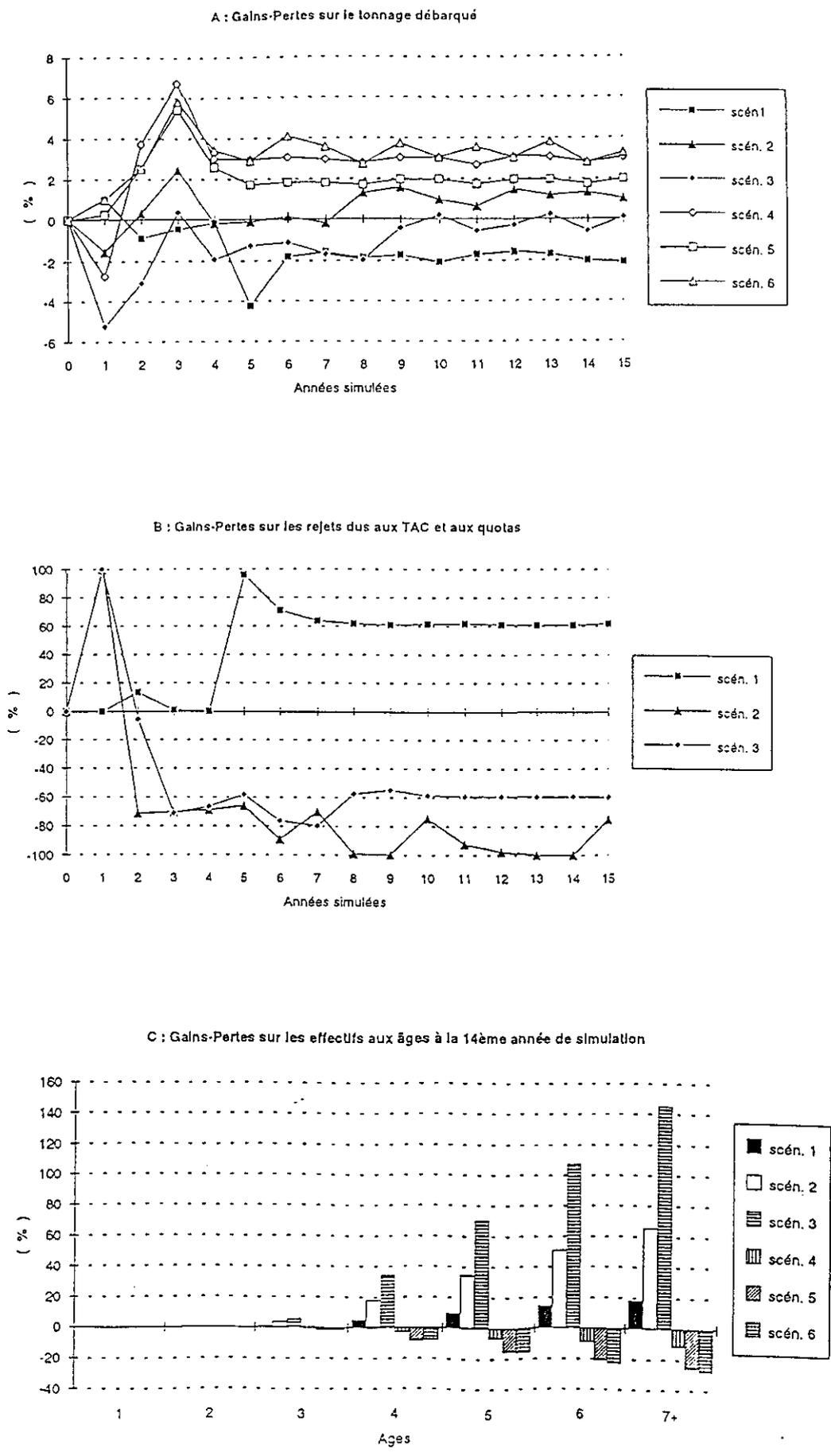


Figure 7 : Variations relatives des tonnages débarqués, des rejets et des effectifs aux âges du merlan.

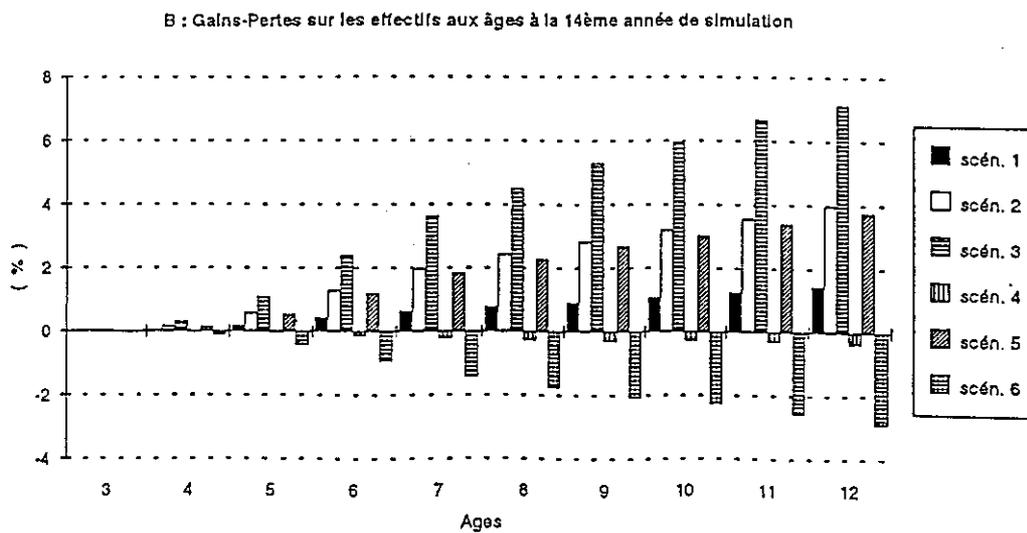
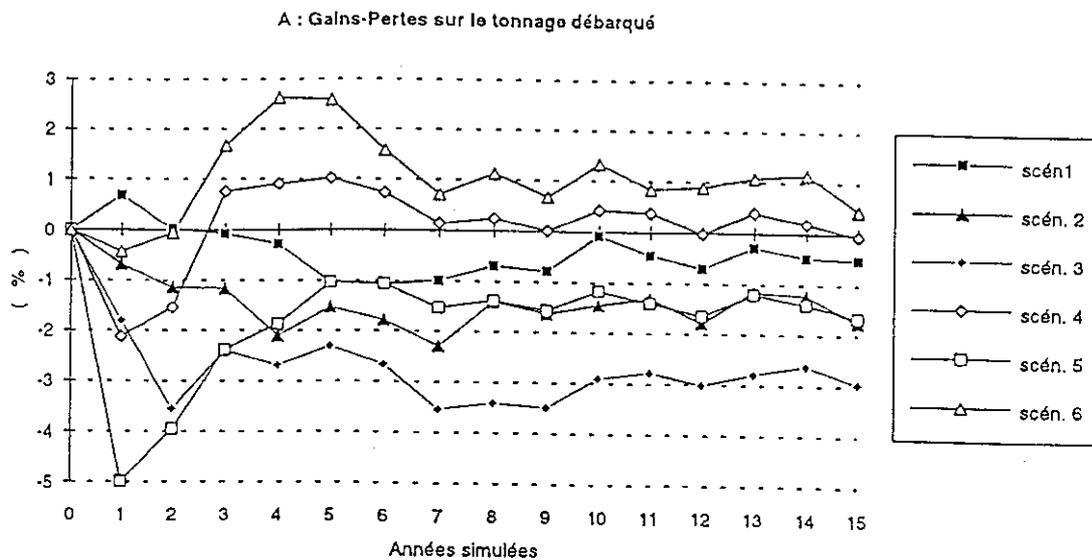


Figure 8 : Variations relatives des tonnages débarqués, des rejets et des effectifs aux âges de la lingue franche.

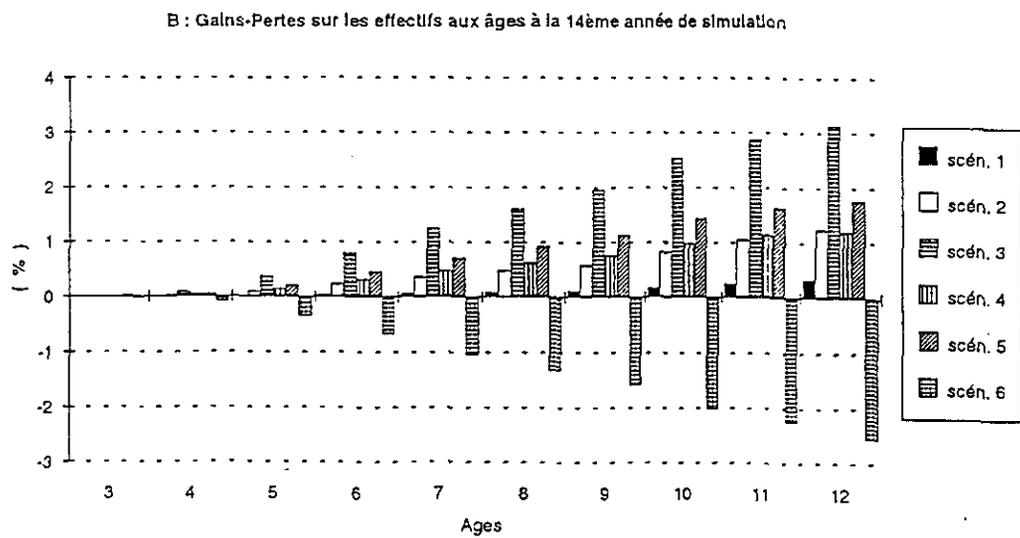
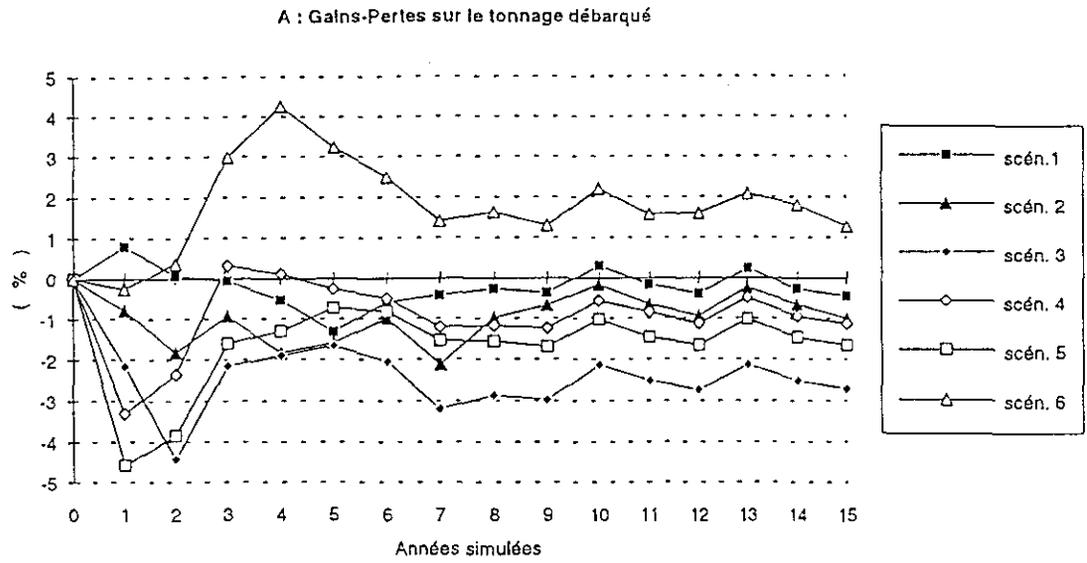


Figure 9 : Variations relatives des tonnages débarqués, des rejets et des effectifs aux âges du lieu jaune.

Comme dans le cas de la morue, la stagnation, voire la baisse, des débarquements qu'engendrerait le contingentement des captures touche en premier lieu les flottilles à gadidés et plus particulièrement « *Gadidés 2* ». Cependant, contrairement au cas précédent, les rejets du merlan ne sont pas le fait de ces dernières flottilles mais celles qui le pêchent accessoirement. Le taux de rejet reste par conséquent relativement modeste quel que soit le mode de gestion.

Si des quotas sont octroyés aux différentes composantes de l'exploitation, le prélèvement total effectué sur le stock se stabilise au voisinage de TAC et les rejets baissent de 60 à 100 % (figure 7B) . Ce mode de régulation permet par ailleurs une meilleure protection du stock car il limite la pression de pêche exercée sur la fraction jeune de la population. Les scénarios qui procurent une augmentation des effectifs aux âges (figure 7C) sont en effet ceux qui simulent la mise en place d'une gestion par TAC rationné.

Lingue franche et lieu jaune : du fait que leurs stocks ne font pas l'objet d'une pêche dirigée, aucun scénario de contingentement de leurs captures n'a été simulé. Cependant, étant donné l'imbrication des pêcheries, leur exploitation ne peut pas rester insensible aux mesures réglementaires appliquées à l'ensemble de la zone.

En effet, la production pondérale et les effectifs aux âges des deux espèces ont évolué différemment selon les simulations. Les niveaux des tonnages débarqués ont ainsi enregistré une légère baisse dans la plupart des situations analysées ; seul le scénario 6 permettrait un léger gain de production (figure 8A et 9A). Il faut toutefois noter que les baisses observées dans les autres cas sont relativement faibles. C'est sous le scénario 3 qu'est enregistrée la plus importante diminution des débarquements : et ce sont, encore une fois, « *Gadidés1* » et « *Gadidés2* » qui ont fait les frais. Le recul de l'activité de ces flottilles dans la mer Celtique ne semble bénéficier que modestement au développement des deux stocks. Leurs effectifs aux âges ne progressent, en effet, que faiblement (Figure 8B et 9B) en comparaison de ce qui a été observé chez la morue et le merlan.

c – synthèse.

L'examen de la situation, flottille par flottille et espèce par espèce, montre que globalement les procédures de gestion induisent des effets variés, parfois opposés, selon qu'il s'agisse de :

- limitation d'effort ou de contingentement de captures,
- TAC monospécifique ou plurispécifique,
- allocation ou non de quotas par flottille,
- flottilles spécialisées ou polyvalentes,
- espèces cibles ou accessoires.

Dans ces conditions, il est difficile de tirer des conclusions tranchées quant aux propriétés des dispositions techniques simulées et à leurs implications éventuelles sur la pêcherie dans sa globalité. Le récapitulatif présenté dans le tableau 3, en synthétisant les différents résultats commentés plus haut, permet de dégager les traits généraux qui ressortent de l'analyse.

Si l'on raisonne par flottille, on met en exergue la divergence des intérêts des différents groupes de bateaux. D'un côté on trouve les navires spécialisés dans la pêche aux gadidés, de l'autre ceux qui les exploitent secondairement. Globalement, la régulation de la pêcherie par

contingemment de la ressource défavorise les premiers et avantage les seconds ; tandis que les mesures de limitation d'effort agissent dans le sens inverse. Cette divergence traduit l'opposition des stratégies de pêche exercées par les uns et les autres à l'encontre des stocks de gadidés et rend compte de l'interdépendance de ces stratégies.

Les flottilles « *Gadidés 1* » et « *Gadidés 2* » tirent leurs avantages de leurs fortes puissances de pêche sur les gadidés. Cette supériorité n'est pas altérée par une réduction globale de l'effort de pêche (TAE), plus particulièrement si celle-ci est exprimée en termes de quotas d'effort par flottille. Dans ce cas, ce sont les « *langoustiniers* » et surtout les « *benthiques* » qui se trouvent affectés. Ceux-ci conservent, en revanche, tout intérêt dans une gestion par partage de la ressource, dans la mesure où ce système les protège contre la concurrence des deux autres.

Les deux flottilles auxiliaires voient, à leur tour, leurs intérêts diverger selon que les quotas octroyés proviennent d'un TAC monospécifique (Scénario 2) ou plurispécifique (Scénario 3). La première option profite plus aux « *Langoustiniers* » alors que la seconde est plus avantageuse pour les « *Benthiques* ». Cela peut s'expliquer par le fait que ces deux entités ne de concurrence de la part des autres composantes. Ainsi, par exemple, la flottille benthique, dont la principale concurrente est « *Gadidés 2* », se trouve naturellement avantagée par la procédure qui handicape le plus sa rivale, en l'occurrence celle du scénario 3.

La comparaison des scénarios par rapport aux résultats économiques confirme les divergences observées à travers la répartition de l'effort de pêche et dans l'évolution et structures des captures. Les deux principales flottilles exploitant les gadidés réaliseraient le maximum de bénéfices dans les Scénarios 4 et 6, quant aux « *Langoustiniers* » et « *Benthiques* », ce sont, respectivement, les Scénarios 2 et 3 qui leur permettraient de maximiser leurs profits.

Si l'on se place à l'échelle de l'ensemble de l'exploitation, on constate que le bilan financier global de la pêcherie (toutes flottilles confondues), suit la même évolution que celle observée pour les bilans moyens des deux flottilles spécialistes des gadidés (figure 10). Les gains et pertes relatifs, attendus des différents modes de gestion analysés, restent cependant très modérés, voire négligeables, comme dans le Scénario 1.

Notons au passage que l'option simulée par ce scénario est la seule qui laisserait indifférentes les quatre flottilles : elle n'affecterait pas, ou très peu, leurs résultats économiques respectifs.

Les changements de comportement des flottilles, provoqués par les modifications des conditions d'exploitation, se traduisent au niveau de la ressource par une intensification ou un amenuisement de la pression de pêche. Il en résulte respectivement une détérioration ou une amélioration de l'état des stocks et, à terme, une augmentation ou une baisse de leur productivité.

L'analyse par stock a montré que les mesures les plus favorables à la conservation de la ressource sont celles qui se rapportent au contingentement des captures. En effet, parmi les scénarios étudiés, ce sont ceux simulant la mise en place de TAC répartis en quotas qui procurent les plus importantes augmentations de la taille des stocks. Le contrôle direct de l'effort de pêche n'aboutit pas toujours à ce type de résultats. Il risque au contraire d'accroître la compétition entre les navires ; ce qui aboutit à l'intensification de la pêche sur certaines fractions du stock, particulièrement quand il s'agit d'une exploitation séquentielle.

Dans le cas des gadidés, les différents groupes d'âge ont une distribution différentielle, leur exploitation par les différents segments de la flottille ne peut donc pas être homogène. Dans ce contexte, la gestion de la pêcherie par contingentement des captures permet, en limitant l'activité des principales composantes de l'exploitation, de réduire d'une manière sélective, la mortalité par pêche supportée par les jeunes classes d'âge.

Ce mode de régulation occasionne en revanche une nette diminution des débarquements et un accroissement des rejets liés au dépassement des limites autorisées. Il faut cependant souligner que le taux de rejet, donné par le modèle, varie selon le pas de temps utilisé dans les simulations : plus celui-ci est important, plus les risques de dépassement des quotas sont grands puisque l'interdiction de débarquement ne prend effet qu'au début de la période suivant celle au cours de laquelle le quota a été atteint. Par ailleurs, le phénomène de rejets semble baisser significativement quand le TAC est fixé pour plusieurs espèces conjointement. En ce qui concerne la production, on peut penser que sa baisse immédiate sera compensée à terme par la capture d'individus de grande taille, généralement mieux valorisés.

Après ce survol rapide des différentes situations, il convient de s'interroger sur la portée des crédits à accorder aux résultats qui viennent d'être analysés. Le paragraphe suivant sera ainsi consacré à une réflexion sur la pertinence de la démarche suivie et sur l'intérêt des conclusions qui en découlent.

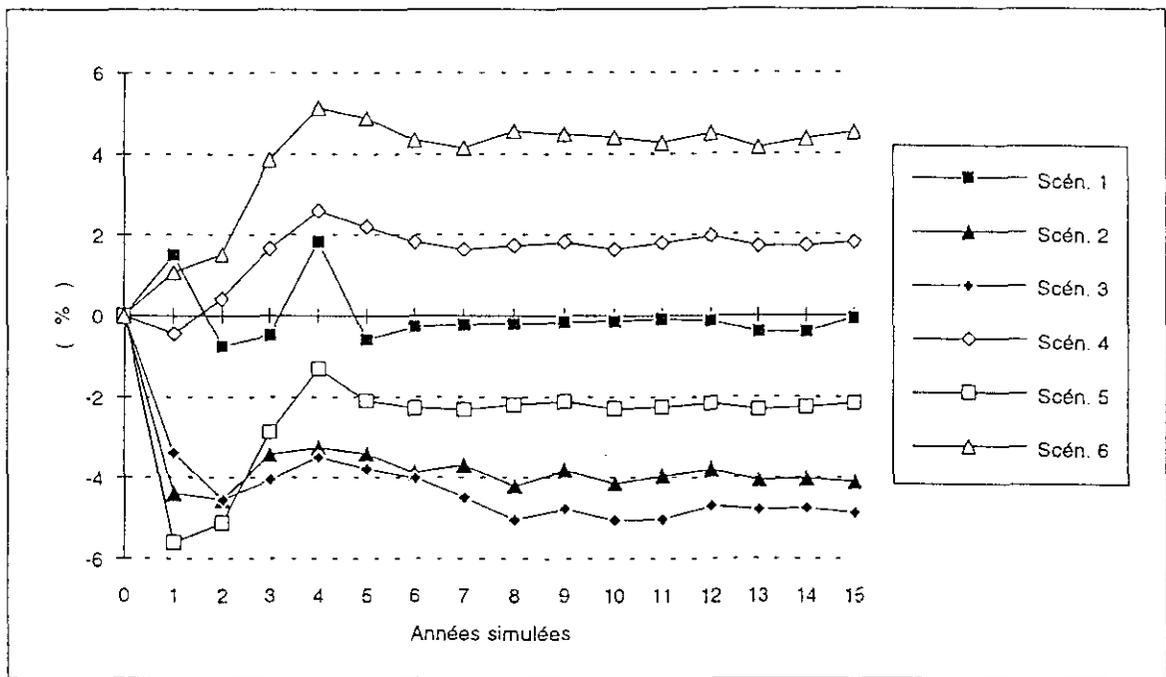


Figure 10 : Gains-pertes sur le bilan économique global de la pêche.

III. Discussion

Compte tenu de ce qui a été signalé dans l'Avertissement sur l'impossibilité d'obtenir des données économiques récentes et complètes, l'application du modèle SIMUCEL a été reprise à Ould el Kettab (1993) dans l'analyse des pêcheries de gadidés. C'est pour cette raison que nous avons choisi de présenter les résultats en valeur relative, les chiffres en eux-mêmes ayant peu d'intérêt.

Le principal objectif de cette approche bio-économique était de tenter d'explorer de nouvelles pistes pour mieux comprendre le fonctionnement d'une pêcherie complexe qui reste, somme toute, assez mal connue.

Si cette étude a permis d'approcher par simulation les répercussions de quelques mesures de gestion sur les stocks et sur les flottilles qui les pêchent, l'analyse a également révélé certaines limites de la démarche suivie. Les difficultés rencontrées relèvent de la complexité à la fois des phénomènes abordés et du modèle utilisé. La discussion de tous les problèmes posés par la modélisation mènerait trop loin. Il est toutefois utile de rappeler la fragilité ses principales hypothèses qui sont à la base de l'analyse.

Tout d'abord, le découpage du système analysé en compartiments supposés homogènes est fondé sur un ensemble d'hypothèses dont la validité n'est pas toujours évidente. Ainsi, par exemple, la discrétisation de l'espace et la partition des flottilles reposent sur le principe d'une homogénéité structurale et comportementale continue dans le temps. Or, il est pertinemment connu que la réalité correspond à des situations plus nuancées et que le système ainsi figé est, par essence, dynamique et évolutif.

Il est évident que l'homogénéité hypothétique des secteurs en termes de répartition et de capturabilité des espèces n'est pas réaliste, notamment quand il s'agit de ressources réputées pour être très fluctuantes, comme c'est le cas des gadidés. On sait également que, d'une part, les bateaux peuvent développer une grande flexibilité qui leur permet de s'adapter aux perturbations des conditions d'exploitation et que, d'autre part, le renouvellement perpétuel des flottilles modifie leur structure et, par-là même, leur comportement.

La restriction de la zone, du nombre des espèces et de celui des flottilles couvertes par la modélisation constituent également une des grandes faiblesses de la démarche. En effet, le fait de traiter l'ensemble des opportunités offertes aux navires à l'extérieur de la mer Celtique, ainsi que la concurrence de la flottille résiduelle comme variables externes risque de fausser l'inflexion de l'effort de pêche dans les simulations.

Cette inflexion est gouvernée dans le modèle par deux types de paramètres : le solde financier espéré et les coefficients d'adhérence et de préférence associés aux flottilles. Le rôle de ces derniers est particulièrement déterminant, dans la mesure où ce sont eux qui régissent la mobilité ou la sédentarité des flottilles. Les concepteurs du modèle ont développé toute une discussion sur l'importance de ces coefficients et sur la nécessité d'une calibration permettant leur détermination par approximation (Laurec et al, 1989). Dans le cas présent, ils ont été fixés sur la base de la seule intuition.

En ce qui concerne le bilan financier potentiel qui guide l'orientation de flottilles vers l'activité, théoriquement la plus rémunératrice, sa fiabilité est tributaire de la qualité de

l'ensemble des données biologiques et économiques nécessaires à la pratique des simulations. Plusieurs de ces données sont malheureusement entachées d'incertitudes de diverses natures.

Une autre schématisation excessive de la réalité réside dans l'hypothèse selon laquelle toutes les variables utilisées restent constantes dans le temps, ce qui est très peu probable. Parmi les paramètres dont l'invariabilité présumée constitue une simplification outrancière, on peut citer le recrutement. Les fluctuations de ce dernier étant imprévisibles, l'hypothèse de sa constance demeure incontournable : c'est un compromis nécessaire à la modélisation mais qui risque de limiter fâcheusement son intérêt.

Cet ensemble de critiques qui, il faut le dire n'est pas exhaustif, montre à quel point les résultats de l'analyse sont sujets à caution. Néanmoins, au-delà de l'imprécision des valeurs, l'intérêt de cette approche réside dans son caractère pionnier, dans la mesure où elle ébauche un premier prolongement bio-économique des méthodes classiques d'évaluations pratiquées au sein du CIEM. Les conclusions qui en ressortent peuvent par ailleurs, avec toute la précaution qui s'impose, servir de base à une réflexion sur l'opportunité et les possibilités d'amélioration du système de gestion en vigueur.

L'analyse effectuée a permis de comparer les répercussions biologiques et économiques de quelques dispositifs de régulation dont l'application est envisageable dans le contexte de la pêche des gadidés de mer Celtique. Ce ne sont pas les seules options possibles. Il existe un arsenal de mesures techniques qui ont fait leurs preuves, en termes d'efficacité (Meuriot et Drémière, 1986). Toutes les dispositions préconisées ont pour principal objectif d'équilibrer la capacité de capture à la productivité de la ressource. Quel que soit la façon dont on compte le réaliser, cet objectif ne peut être atteint que si le mode de régulation retenu est adapté aux contextes biologique, économique, politique et social dans lesquels évolue la pêche (Weber, 1987).

Partant de ce constat, il est difficile de ne pas se demander si le débat actuel sur l'inadéquation du dispositif réglementaire en place n'est pas centré sur un aspect secondaire de la problématique que pose la gestion des pêcheries.

Pour les économistes de pêche, le déséquilibre chronique du secteur est inhérent à sa propre structure économique. Troadec (1992a et b) localise le nœud du problème au niveau de la production : « *Pour que la production soit efficiente, les facteurs de production (ressource, main d'œuvre et capital) doivent être utilisés proportionnellement à leur rareté relative* ». La gratuité d'accès à la ressource est, pour de nombreux auteurs, à l'origine des phénomènes de surinvestissement, surcapacité technique et donc surexploitation biologique qui prévalent actuellement dans la plupart des pêcheries mondiales.

Tant que la ressource n'était pas limitante, la portée de cet enchaînement était atténuée par les possibilités d'extension et de redéploiement. De nos jours, l'expansion n'est plus possible ; l'accès à la ressource est réglementé d'une manière de plus en plus restrictive. Cependant, comme le note Troadec (1989b), « *le contingentement administratif ne prend pas en compte les forces du marché générées par la raréfaction de la ressource* ». La seule façon de prendre en considération ces forces, serait, selon l'auteur, de s'appuyer sur des mécanismes marchands pour attribuer le droit de pêche, c'est-à-dire instaurer un régime de propriété de la ressource.

La question qui se pose alors est de savoir si un tel schéma est envisageable dans le contexte des pêcheries européennes où les conditions juridiques d'exploitation relèvent d'une double compétence : nationale et communautaire. La réponse à cette question nécessite un développement particulier qui dépasse le cadre de notre étude.

Ce dont on peut être sûr, c'est que la mise en place d'un tel régime d'exploitation passe nécessairement par une réforme d'envergure de la Politique Commune des Pêches qui est basée, il faut le rappeler, sur le principe de la liberté d'accès. Il faut par ailleurs admettre que l'état actuel des mentalités de réflexion rend pratiquement impossible l'acceptation d'une mutation radicale et brutale de la situation prévalante. Si le régime « d'usage exclusif » doit être introduit, cela ne peut être que d'une manière lente et progressive en tenant compte des problèmes sociaux, politiques et économiques qui ne manqueraient pas d'être engendrés à l'échelle régionale, nationale et internationale.

IV. Conclusion sur l'exemple de la pêche de gadidés de mer Celtique

La gestion des gadidés de mer Celtique, comme les autres pêcheries communautaires, repose sur un système de TACs monospécifiques répartis en quotas par pays. Ce système n'intègre pas les interactions biologiques et technologiques inhérentes à la multispécificité de la ressource et à la diversité des flottilles qui l'exploitent. La démarche proposée ici se veut complémentaire de celle généralement suivie par les groupes de travail du CIEM. Elle repose sur une modélisation bio-économique qui a pour ultimes objectifs d'appréhender le fonctionnement de la pêche sous différents scénarios de gestion et d'explorer si certaines mesures techniques méritent plus d'attention que d'autre.

La mise en œuvre d'une telle approche s'est révélée délicate en raison de la complexité du système à analyser et par l'insuffisance des données nécessaires à l'utilisation du modèle retenu. L'application a ainsi nécessité l'admission d'un certain nombre d'hypothèses dont le réalisme n'est pas toujours évident. Elle a également requis un grand effort de collecte et d'affinement des données de base. D'un point de vue pratique, la démarche présente un intérêt particulier, en ce sens qu'elle a permis de constituer la base de données complète nécessaire à l'utilisation d'un des modèles bio-économiques les plus perfectionnés.

En outre, les simulations réalisées ont permis d'évaluer et de comparer, en termes qualitatifs et quantitatifs, les implications éventuelles de six outils de gestion envisageables dans le contexte de la pêche étudiée. La première conclusion que l'on peut tirer de cette approche comparative c'est la diversité des comportements des groupes de navires dans les différentes simulations. Le clivage observé entre les mesures de limitation directe de l'effort, d'une part, et celles de contingentement des captures, d'autre part, constitue toutefois le trait marquant qui ressort de cette analyse. Une nette dichotomie est observée, à cet égard, entre deux grands groupes de bateaux : d'un côté se trouvent les deux flottilles spécialistes des gadidés et de l'autre celles qui recherchent en priorité d'autres ressources.

Les mesures de restriction directe de l'effort (TAE) ne semblent pas gêner, outre mesure, l'activité des flottilles à gadidés ; par conséquent ce type d'intervention ne permet pas de faire

baisser la pression exercée sur les stocks. La situation inverse est en revanche observée dans le cas d'une limitation des prélèvements par le biais de TAC, mono ou plurispécifiques, alloués sous forme de quota par flottille.

Si l'on se fie à ce schéma, on est tenté de conclure qu'il serait ainsi difficile de concilier la protection de la ressource et la conservation des intérêts des flottilles qui l'exploitent. Cependant, les réserves émises à propos de la fragilité des hypothèses de base conduisent à prendre les résultats avec prudence. Il faut donc se garder d'en tirer des conclusions hâtives.

Au-delà des résultats chiffrés et des tendances mises en évidence, l'approche adoptée dans cette analyse amène Ould el Kettab (1993) à soulever la question suivante :

Dans le contexte actuel de la gratuité d'accès à la ressource de plus en plus rare, l'aménagement des pêcheries et la rationalisation de leur exploitation peuvent-ils être atteints par les seules mesures techniques de régulation ? En d'autres termes, ne faut-il pas chercher l'origine du mal qui frappe chroniquement le secteur des pêches à d'autres niveaux que celui de l'inadaptation des mesures de gestion ?

Seules une multiplication des études de cas concrets et une analyse pluridimensionnelle (donc pluridisciplinaire) permettraient d'esquisser une réponse à cette question.

Conclusion générale

Toute modification du système de gestion entraîne des perturbations plus au moins significatives dans l'évolution de la pêcherie et dans le comportement de ses éléments constitutifs :

- Pour les flottilles, les réactions s'expriment par des changements de comportement, des re-déploiements d'effort, des modifications de la composition des apports. Tout ceci entraînant des variations des revenus financiers.
- Au niveau de la ressource, ces perturbations se traduisent par des variations de la pression de pêche supportée et par voie de conséquence des quantités prélevées. Les débarquements en sont affectés mais également les taux de rejets. La taille des stocks s'en trouve modifiée.

La portée et l'amplitude des perturbations engendrées par les procédures de gestion testées varient d'un cas à l'autre et selon le critère de comparaison retenu. Globalement, un net clivage est observé entre les mesures de contingentement des captures (TAC) et celles de limitation directe de l'effort de pêche (TAE).

Les TAC (mono ou plurispécifiques) répartis en quotas par flottille désavantagent les navires spécialisés dans la pêche des stocks concernés qui, du fait de leur forte puissance de pêche consomme très rapidement leurs quotas et doivent ensuite re-déployer leur effort (ce qui entraîne une augmentation des temps de route, donc des coûts et conduit à une baisse des revenus...). A l'inverse, l'allocation des TACs profite aux flottilles polyvalentes, qui se voit ainsi réserver une partie du gâteau.

Par conséquent, les TACs font sans doute baisser la pression de pêche (lorsqu'ils sont contraignants) sur les stocks, mais font chuter le rendement économique global de la pêcherie, alors que les TAE produisent l'effet inverse.

Les contingentements des captures constituent les mesures les plus favorables à la conservation des stocks. L'allocation des TACs en quotas par flottille semble améliorer encore les effectifs des stocks (et ce d'autant plus que la somme des quotas individuels est inférieure au TAC !)

Le contrôle direct de l'effort n'aboutit pas toujours à ce type de résultat; il risque au contraire d'accentuer la compétition entre les navires, ce qui aboutit à l'intensification de la pêche sur certaines fractions du stock.

Le respect des TACs et surtout des quotas monospécifiques conduit à des rejets qui peuvent être très importants. L'adoption de TACs, ou quotas, pluri-spécifiques doit permettre de réduire globalement les rejets.

Un examen détaillé des quantités de poissons rejetés dans le cas de contingentements de capture très contraignants devrait être entrepris systématiquement, surtout dans une perspective d'une pêche responsable et « respectueuse de l'environnement » (!). Des variations de volume de ces rejets peuvent en effet être importants selon que les TACs sont ou

non alloués en quotas par flottille, ou qu'ils sont mono ou plurispécifiques. De plus, les variations de volume des rejets d'une espèce dépendent de la rapidité avec laquelle les TACs ou quotas sont atteints pour cette espèce mais aussi pour les autres espèces soumis à des contingentements. Les flottilles possédant une forte capacité à capturer les espèces réglementées et fortement dépendantes de ces espèces consomment en effet leurs quotas assez rapidement, et ne peuvent éviter de continuer à les capturer après la fermeture, surtout que lorsqu'une espèce est fermée plus tôt que l'autre. A l'inverse, les flottilles peu intéressées par ces espèces, qui continuaient modérément à capturer ces espèces après la fermeture du TAC, ne sont quasiment pas limitées par un système de quotas par flottille. Ceci est vrai pour les contingentements plurispécifiques mais également pour les monospécifiques puisque l'allocation de l'effort (et donc les captures qui en découlent) dépendent des possibilités de pêche.

Les débarquements d'une espèce pour laquelle les contingentements sont vite atteints profitent d'un contingentement plurispécifique. De même, une flottille ayant la possibilité de pêcher rapidement une grande quantité d'une espèce se satisfait d'un TAC non partagé.

Dans l'exemple proposé, un TAC pluri-spécifique réparti en quotas par flottille semble être le scénario le plus favorable pour l'état des stocks. La diminution du nombre de navires (POP) augmente l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) par navire de manière quasi systématique. Mais un réel effet positif sur l'état de la ressource nécessite une réduction réellement significative. La limitation de l'effort a des effets opposés selon que le TAE est alloué ou non par flottille (ce qui mériterait de plus amples investigations). Non réparti par flottille, un TAE entraîne une baisse des EBE pour l'ensemble des flottilles et semble avoir un effet positif sur l'état de certains stocks...

Avant toute conclusion définitive, il faut bien être conscient que la disparité des situations observées reflète le degré de complexité de la pêcherie et l'interdépendance de ses composantes. Ainsi, la diversité des stratégies d'exploitation entraîne quasi-inévitablement l'antagonisme des intérêts. L'exemple présenté doit convaincre de la pluralité des critères dont il faut tenir compte dans la gestion et l'aménagement d'une pêcherie composite. Il ne saurait donc être question de tirer des conclusions générales et définitives sur les avantages et inconvénients de diverses mesures de gestion. Les résultats sont de plus sensibles à la qualité des données, et bien évidemment aux hypothèses requises, qui sont parfois fortes. La hiérarchisation des conséquences demeurent néanmoins un élément important dans la compréhension des effets des diverses réglementations.

Si les conclusions d'un tel modèle sont à prendre avec précaution en valeurs absolues, les effets relatifs sont eux d'un intérêt considérable pour un éventuel gestionnaire...

...lorsqu'un objectif de gestion aura été clairement décidé.

Références bibliographiques

- ALLEN, P.M., and J. McGLADE. 1986. Dynamics of discovery and exploitation: the case of the Scotian Shelf groundfish fisheries. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*43:1187-1200.
- BASTIEN, F. et J. CATANZANO. 1990. Journée d'échange Recherche-Administration-Profession. Analyse des pêches et modes de régulation. Ed. IFREMER-UAPF.
- BISEAU, A. et E. GONDEAUX, 1988. Apport des méthodes d'ordination en typologie des flottilles. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 44: 286-296
- BISEAU, A. et A. CHARUAU, 1989. Etude d'une gestion optimale des pêcheries de langoustine et de poissons démersaux en mer Celtique. (3 vol). Rapport IFREMER DRV-89.009,010 et 011.
- BISEAU, A. 1991. Relationships between fishing powers and some vessels characteristics commonly used to estimate "fishing capacity". Example of the Celtic Sea French fishing fleets. *ICES C.M.* 1991/B:24, 29p.
- BISEAU, A. 1991. Use of fishing powers to estimate strategic choices of the Celtic Sea French fleets. *ICES C.M.* 1991/B:25, 20p.
- BISEAU, A. 1998. Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.*,1998, 11(3), 119-136.
- CEE, 1991. Rapport intermédiaire de 1991 sur les pêches dans la CEE. Réf. DRA 24W. Doc. 20/11/91. 11 :06TRAD 84p + Annexes
- CHARUAU, A. et A. BISEAU, 1986. Etude d'une gestion optimale des pêcheries de langoustine et de poissons démersaux en mer Celtique. Document repris et complété par Biseau et Charuau, 1989.
- FONTENEAU, A. 1981. Dynamique des populations d'albacore (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1778) de l'Océan Atlantique. Thèse de Doc. D'Etat, Univ. Paris VI.
- GASCUEL, D. 1995. Efforts et puissances de pêche: redéfinir des concepts et exemple d'application. 1er forum halieumétrique, Rennes, 29juin-1er juillet 1993. Actes du colloque. ORSTOM . 159-181.
- GAUTIER, F. 1986. Projet de rapport sur l'évaluation et la gestion des ressources halieutiques. PE 106-548. Parlement européen.
- LANE, D.E. 1988. Investment decision making by fishermen. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 45:782-796.
- LAUREC, A. 1977. Analyse et estimation des puissances de pêche. *J.Cons.int.Explor.Mer*,37(2):173-185.
- LAUREC, A. et J-C. LE GUEN. 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1. Concepts et modèles. *Rapp.Sci. Tech. CNEXO*, n°45, 118p.
- LAUREC, A., A. BISEAU, et A. CHARUAU. 1989. Modélisation des interactions techniques. *ICES MSM Symp./A*:3.35p.

- LAUREC, A., A. BISEAU, and A. CHARUAU. 1991. Modelling technical interactions. ICES mar.Sci.Symp., 193: 225-236.
- MESNIL, B., and J.G. SHEPHERD. 1990. A hybrid age- and length-structured model for assessing regulatory measures in multiple-species, multiple-fleet fisheries. J.Cons. int. Explor. Mer, 47:115-132.
- MEURIOT, E. et P-Y DREMIERE. 1986. Les systèmes de licences de pêche : le cas de la Méditerranée française. Rapport économique et juridique de l'IFREMER n°2, 92p.
- OULD EL KETTAB, M. 1993. La pêcherie de gadidés de mer Celtique : description , analyse de l'exploitation et évaluation des stocks. Tentative de gestion par un modèle bio-économique. th. doct. Océanographie biologique. UBO.. 207p + Annexes.
- PICHON, J. 1987. Stratégie d'exploitation des zones de pêche d'un chalutier hauturier du Guilvinec. Mémoire de maîtrise de géographie à l'université de Bretagne occidentale. 111p.
- SILVERT, W. and L.M. DICKIE. 1982. Multispecies interactions between fish and fishermen, p.163-169. In M.C. Mercer [ed] Multispecies approaches to fisheries management advice. Can.Spec.Publ.Fish.Aquat.Sci. 59.
- TROADEC, J-P. (sous la direction de). 1989a. L'homme et les ressources halieutiques. Essai sur l'usage d'une ressource renouvelable. IFREMER éd. 807p.
- TROADEC, J-P. 1989b. Enjeux et options d'aménagement de la pêcherie marocaine de céphalopodes. Rapport du projet PNUD/FAO, MOR/86/019.
- TROADEC, J-P. 1992a. L'aménagement des pêches : opportunités et options institutionnelles. (Mimeo)
- TROADEC, J-P. 1992b. L'aménagement des pêches : une nécessité réalisable ?. (Mimeo)
- VALATIN, G. 1994. A short-run economic model to investigate the impact of box closures in a groundfish fishery on effort allocation and capacity adjustment. (mimeo). 22p.
- WEBER, J. 1987. Théorie économique et aménagement des pêches : voies de recherche. *Inv. Pesq.* 51 (supl 2) :73-80.
- WEBER, J. 1990. La gestion des pêcheries et la CEE. In Actes du colloque sur « la gestion des pêches maritimes françaises aujourd'hui, demain ». 23-24 mars 1990 à l'ENSA de Rennes.

Liste des annexes

Annexe I : les équations utilisées

Annexe II : une description de la structure du programme

Annexe III : un bref résumé du contenu de chaque routine

Annexe IV : une description des données nécessaires au fonctionnement du modèle

Annexe V : une réflexion sur les relations entre effort et mortalité par pêche

Annexe VI : une description détaillée du traitement de l'effort de pêche

Variables	Description
$ST_{y,f,m,p}$	temps de route entre le port d'attache et la zone de pêche correspondant au métier m pour la flottille f au cours de la période p de l'année y
$Z_{y,s,a,p}$	mortalité totale instantanée du stock s et âge a pour la période p de l'année y
$F_{y,s,a,p,f,m}$	mortalité par pêche instantanée du stock s et âge a pour la période p de l'année y due au métier m de la flottille f
$C_{y,s,a,p,f,m}$	capture en nombre pour le stock s et l'âge a pendant la période p de l'année y due au métier m de la flottille f
$TR_{y,f,p}$	revenu total de la flottille f au cours de la période p de l'année y
$TC_{y,f,p}$	coût total de la flottille f pour la période p de l'année y
$RPT_{y,f,m,p}$	revenu par marée pour la flottille f pratiquant le métier m au cours de la période p de l'année y
$CPT_{y,f,m,p}$	coût par marée pour la flottille f pratiquant le métier m au cours de la période p de l'année y
$DPT_{f,p}$	nombre de jours en mer pour une marée de la flottille f au cours de la période p
$STPT_{f,m}$	temps de route par marée pour la flottille f pratiquant le métier m
$S_{y,f,m,p}$	solde par jour de mer pour la flottille f pratiquant le métier m au cours de la période p de l'année y
$S_{y,f,m,p}^+$	solde pour le métier m de la flottille f au cours de la période p de l'année y (=0 si négatif)
$E_{y,f,m,p}^s$	nombre effectif de jours de mer alloués par la flottille f au métier m au cours de la période p de l'année y
$E_{y,f,m,p}^f$	effort en jours de pêche alloués par la flottille f au métier m au cours de la période p de l'année y
$b_{y,f,m,p}$	part du nombre de jours de mer potentiels alloués par la flottille f au métier m au cours de la période p de l'année y

Tableau 2 : Principales équations utilisées dans SIMUCEL

Règle de décision - Allocation de l'effort

$$S_{y,f,m,p} = \frac{(RPT_{y,f,m,p} - CPT_{y,f,m,p})}{DPT_{f,p}} \quad (1)$$

$$CPT_{y,f,m,p} = VC_f \times (DPT_{f,p} - STPT_{f,m}) + SC_f \times STPT_{f,m} + LC_f \times RPT_{y,f,m,p} \quad (2)$$

$$RPT_{y,f,m,p} = \left[\left(\sum_s \sum_a q_{s,a,m,p} \times \pi_{s,f,m} \times N_{y,s,a,p} \times \bar{W}_{s,a,m,p} \times P_{s,a,p} \right) + V_{f,m,p} \right] \times (DPT_{f,p} - STPT_{f,m}) \quad (3)$$

$$b_{y,f,m,p} = \mu_f \times b_{y-1,f,m,p} + \alpha \times \left[\frac{1 - \sum_m (\mu_f \times b_{y,f,m,p})}{nmax_{y,f,p}} \right] \quad (4)$$

(avec :

$nmax_{y,f,p}$ = nombre de métiers conduisant au meilleur (ou presque) bénéfice pour la flottille f
 et α = 0 ou 1 en fonction du bénéfice du métier (=1 si maximum))

ou

$$b_{y,f,m,p} = \mu_f \times b_{y-1,f,m,p} + (1 - \mu_f) \times \frac{(S_{y,f,m,p}^+)^{\delta_f}}{\sum_m (S_{y,f,m,p}^+)^{\delta_f}} \quad (\text{Laurec et al, 1991}) \quad (5)$$

$$E_{y,f,m,p}^s = b_{y,f,m,p} \times E_{f,p}^{p,s} \quad (6)$$

$$E_{y,f,m,p}^f = b_{y,f,m,p} \times E_{f,p}^{p,s} - ST_{y,f,m,p} \quad (7)$$

$$\text{avec } ST_{y,f,m,p} = b_{y,f,m,p} \times E_{f,p}^{p,s} \times \frac{STPT_{f,m}}{DPT_{f,p}} \quad (8)$$

Traitement des limitations d'effort – Ré-allocation

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,m} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_f E_{y,f,m,p}^f} \quad (15)$$

ou si il y a plus d'un métier concerné par la limitation :

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,j} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_f \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,p}^f} \quad (16)$$

α_m = 1 si le métier est fermé ou 0 sinon
 $TAE_{y,m}$ effort total autorisé pour le métier m (ou métiers 1 à j) pour l'année y

ou bien en raisonnant en quota d'effort par flottille :

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_{m,f} \times \left(\sum_{i=1}^p E_{y,f,m,i}^f - QOE_{y,f,m} \right) \quad (17)$$

ou si il y a plus d'un métier concerné par la limitation:

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_{m,f} \times \left(\sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,i}^f - QOE_{y,f,j} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,p}^f} \quad (18)$$

$\alpha_{m,f}$ = 1 si le métier est fermé ou 0 sinon pour la flottille f
 $QOE_{y,f,m}$ quota d'effort pour le métier m et la flottille f pour l'année y
 $E_{y,f,m,p}^{f,r}$ nombre de jours de pêche à ré-allouer pour la flottille f et le métier m au cours de la période p de l'année y

$E_{y,f,p}^{f,r} = \sum_m E_{y,f,m,p}^{f,r}$
 $E_{y,f,p}^{f,r}$ nombre total de jours de pêche à ré-allouer pour la flottille f au cours de la période p de l'année y

$$E_{y,f,m,p}^{s,r} = E_{y,f,m,p}^{f,r} \times \left(\frac{DPT_{f,p}}{DPT_{f,p} - STPT_{f,m}} \right) \quad (19)$$

$E_{y,f,m,p}^{s,r}$ nombre total de jours de mer à ré-allouer pour la flottille f et le métier m au cours de la période p de l'année y

Ainsi,

pour chaque métier fermé :

$$b'_{y,f,m,p} = \frac{E_{y,f,m,p}^s - E_{y,f,m,p}^{s,r}}{E_{f,p}^p} = \frac{E_{y,f,m,p}^f \times (1 - E_{y,f,m,p}^{f,r}) \times \left(\frac{DPT_{f,p}}{DPT_{f,p} - STPT_{f,m}} \right)}{E_{f,p}^p} \quad (20)$$

pour chaque métier non fermé, nouvelle part du nombre potentiel de jours de mer en tenant compte de la ré-allocation du surplus d'effort dégagé par les métiers fermés:

$$b'_{y,f,m,p} = \frac{E_{y,f,m,p}^s \times \left(1 + \frac{\sum_m E_{y,f,m,p}^{s,r}}{\sum_m (1 - \alpha_m) \times E_{y,f,m,p}^s} \right)}{E_{f,p}^p} \quad (21)$$

$b'_{y,f,m,p}$ nouvelle part du nombre potentiel de jours de mer alloués par la flottille f au métier m au cours de la période p de l'année y après ré-allocation de l'effort en surplus.

ANNEXE III :

Structure du programme SIMUCEL

Initialisation globale, lecture des données, définition des options de la simulation:

- PARFON** : Lecture des paramètres fondamentaux des stocks
- MODIF** : Modification ou Définition des paramètres gouvernant la simulation
- QOTA** : Entrée des TACs et quotas par espèce(s), par secteur et par flottille
 - CANTON** : Entrée des cantonnements
 - QOTAE** : Entrée des TAEs et quotas d'effort, par secteur et par flottille (après mise en place éventuelle de cantonnements)
- FICRES** : Ouverture des fichiers résultats
- RESUM** : Ecriture, en tête des fichiers résultats, de toutes les options utilisées
- INIGLO** : Initialisation globale

Début de boucle sur les années

Initialisation au début de chaque année:

- NBNAV** : Modification du nombre de navires par flottille par le multiplicateur éventuel
- TACAN** : Lecture éventuelle dans un fichier des TACs annuels si $i_{quot}=1$ (voir MODIF)
- INIAN** : Initialisation annuelle : mise à zéro des compteurs annuels
- SORSTO** : Edition de l'état des ressources au début de chaque année

Début boucle sur les périodes (trimestre)

Début boucle sur les sous-périodes ou intervalles

Calcul des soldes espérés :

- PUEPOT** : Calcul des PUE prévisibles par flottille et métier en mer Celtique
- RENTCE** : Calcul de la rentabilité par jour de mer, en mer Celtique
- RENTEX** : Idem hors mer Celtique

Allocation de l'effort de mer :

- MXSOL2** : Allocation de l'effort de mer potentiel sans préférence ($i_{okpref}=2$) : part liée à l'adhérence + une fraction du temps restant disponible pour les métiers présentant les meilleurs soldes (à l'intérieur d'une fourchette $ipct$)
- ou
- CALCEF** : Calcul de la répartition théorique des jours de mer à partir de la rentabilité marginale des différents métiers en appliquant le coefficient de préférence ($i_{okpref}=1$).
- RECTIF** : Allocation de l'effort à l'aide de la moyenne pondérée par l'adhérence entre cette répartition théorique et celle constatée l'année précédente.

Conversion en jours de pêche et réallocation éventuelle (itération):

- CALCEV** : Calcul des efforts de pêche réellement affectés par chaque flottille à chaque métier.
CONTEFF : Compteur temps de pêche par secteur
REAJUS : Répartition du temps en dépassement à l'intérieur d'une période (si iajust=1)

Calcul des captures en nombre, poids et valeur et des coûts correspondants:

- CALCAP** : Calcul des captures en mer Celtique pour les stocks structurés en âge
CAPCEG : Captures des stocks globalisés (HS)
VALCES : Calcul de la valeur des débarquements des stocks structurés en âge
VALCEG : Idem stocks globalisés (HS)
VALRES : Calcul de la valeur des captures du stock "résiduel"
VALEXT : Calcul de la valeur des captures réalisées hors de la mer Celtique
COUSAN : Incrémentation des coûts fixes, variables sauf proportionnels
VALPAR : Incrémentation de la valeur des débarquements après déduction des coûts proportionnels

Compteurs d'effort et consommation des quotas de capture

- MISAJF** : Incrémentation des compteurs d'effort annuel en jours de pêche par métier.
QUOTAS : Mise à jour de la consommation des quotas de capture

Fin boucle sur les sous-périodes ou intervalles
Fin boucle sur les périodes

Edition des résultats de l'année:

- EDANTO** : Edition des résultats sur l'année
EDANEC : Edition des résultats sur l'année
SORTFF : Edition des résultats des mortalités par pêche annuelles

Incrémentation des compteurs totaux:

- CUMUL** : Incrémentation des indicateurs économiques
MISAJF : Incrémentation des efforts de pêche

Basculement des tableaux démographiques:

- BASCU** : Basculement des tableaux démographiques
ENTREC : Injection éventuelle des recrutements (irec=1), sinon le recrutement est l'effectif du premier groupe d'âge donné dans le fichier2 lu par la routine INIGLO

Fin de la boucle sur les années.

Edition des résultats pour l'ensemble de la simulation:

- EDCUEC** : Edition des cumuls sur la période des nan années
AIDE : Edition de fichiers détaillés su CA, solde, temps route et effort si isosot=1
TRIMORT : Edition format Excel des mortalités par pêche
TRISTOCK : Edition format Excel de l'état des stocks
GAINPERT : Comparaison des résultats avec ceux du statusquo.

FICRES : Ouverture des fichiers résultats

Les fichiers résultats sont dans une directory /res

Nom générique des fichiers résultats : nomfic sur 5 caractères

- Bilan de la simulation	(edanec + edcuec)	(lun)	nomfic
- Edition annuelle de l'état des stocks	(sorsto)	(lun+1)	nomfic + s
- Edition annuelle des mortalités par pêche	(sortff)	(lun+2)	nomfic + m
- Edition annuelle des tonnages débarqués	(edanto)	(lun+3)	nomfic + t
- Edition annuelle de la répartition de l'effort	(edanec imp)	(lun+4)	nomfic + e
- Edition annuelle des indicateurs économiques	(edanec imp+1)	(lun+5)	nomfic + b
- Edition résumé toutes flottilles	(edanto + edanec)	(lun+6)	nomfic + r
- Edition résumé par flottille	(edanto + edanec)	(lun+7)	nomfic + f
- Edition des rejets dus aux contingentements		(41)	nomfic + .rej
- Edition résumée des rejets globaux		(43)	nomfic + .bge
- Edition de l'état des stocks format Excel	(tristock)	()	nomfic + se
- Edition des mortalités par pêche format Excel	(trimort)	()	nomfic + me

Autres sorties complémentaires :

local.aid1 (29) : sortie des allocations d'effort (procep,procet et procer) après mxsol
 local.aide (30) : sortie éventuelle des CA et temps de route (isosot=1) par sous-période
 local.aidf (28) : sortie éventuelle des efforts, CA, temps de route et coûts par année

fort.10 : suivi des jours de pêche et de mer dans iniglo, calcev et cousan
 fort.11 : suivi des allocations d'effort (procep) si limitation d'effort (conteff et reajus)

Sorties optionnelles :

- Edition du fichier gain-perte (si iok=0) (gainpert) (30)
 nomfic + g

Suivi détaillé du mécanisme d'allocation de l'effort (routine AIDE : isosot=1)

fort.31 : Chiffre d'affaire / flottille / période / métier
 fort.32 : Temps de route / flottille / période / métier
 fort.33 : Solde espéré / flottille / période / métier
 fort.34 : Effort de pêche / flottille / période / métier
 fort.35 : % du temps de mer alloué / flottille / période / métier

Suivi détaillé de l'évolution de l'état d'un stock (nufin#0) / période : (SORTIB)

fort.20 : En nombre d'individus / âge
 fort.21 : En poids / âge
 fort.22 : En poids et valeur / catégorie commerciale
 fort.25 : En nombre et en poids / âge

ANNEXE III :

Bref résumé des routines du programme SIMUCEL

Lecture des données

PARFON : Lecture des données fondamentales (stocks, flottilles, prix et coûts)

⇒ Lecture des données relatives à la biologie "halieutique" :

- stocks décrits par des modèles structuraux : nombre de classes d'âge, coefficient de conversion poids vide - poids plein, paramètres de croissance, paramètres de sélectivité du chalut, paramètres de sélectivité manuelle (tri), taux de survie des rejets, poids moyens aux âges (ou relation taille-poids), mortalité naturelle, mortalité des flottilles étrangères et outsider, capturabilités
- stocks décrits par des modèles globaux (HS) ou VPUE pour "stock résiduel"

⇒ Lecture des données relatives aux flottilles :

- puissance de pêche, durée moyenne des marées, nombres de marées, durées de route pour les différents secteurs de pêche, temps passé à terre, maillage utilisé selon la cible recherchée,
- paramètres d'adhérence, et de préférence éventuellement.

⇒ Lecture des données économiques de base :

- prix par catégorie commerciale et par trimestre (après correspondance catégorie commerciale - âge) ou paramètres nécessaires à la résolution d'une équation de formation des prix,
- coûts fixes, coûts de route, de pêche, coûts proportionnels (salaires et frais de déchargement, taxes).

INIGLO : Initialisation globale : Lecture de l'état des variables dans la situation de référence Conversion des efforts de pêche en parts de temps de mer
--

+ quelques petits calculs d'ajustement des données.

- ⇒ Initialisation de l'état des stocks
 - Effectifs aux âges des stocks décrits par des modèles structurels
 - Biomasses des stocks décrits par des modèles globaux (HS)

- ⇒ Initialisation de l'état des flottilles et de l'activité
 - Nombre de navires par flottille
 - Répartition de l'effort de pêche
 - Calcul des jours de mer correspondant (en fonction des temps de route et après ajustement)
 - Conversion des efforts en proportions : part du temps passé en mer alloué à chaque métier.

- ⇒ Initialisation des variables externes
 - VPUE des métiers extérieurs à la mer Celtique
 - (Nombre d'heures de clarté par mois (pour la langoustine))

Lecture des variables de contrôle

MODIF : Modification ou Définition des paramètres gouvernant la simulation

- Coefficients d'adhérence et de préférence pour chaque flottille (préférence HS)
- Nombre de navires par flottille par un multiplicateur
- Recrutement de certains stocks
- Maillage
- TAC / Quotas, éventuellement par flottille
- TAE / Quotas d'effort, éventuellement par flottille
- Cantonnement : fermeture d'un secteur pour une période
- Prix par espèce par un multiplicateur

TAC et/ou quotas par flottille, mono ou plurispécifique :

Les Contingentements de captures peuvent être :

- fixés pour toute la durée de la simulation : routine QOTA
- variables en fonction du recrutement : à entrer dans un fichier au préalable
- fonction de la biomasse calculée en fin d'année (à développer).

TAE et/ou Quotas d'effort en plus d'éventuels cantonnements : routine QOTAE

Cantonnements : Fermeture totale ou partielle d'une zone pour toute ou partie de la période : routine CANTON

(le cantonnement est une limitation de l'effort mais sa période d'application est différente de l'année)

QOTA: Entrée des TACs et quotas par espèce(s), par secteur et par flottille

- Nombre de TACs imposés : nquot
- Nombre d'espèces concernées par chaque TAC (nesq(i)) et numéro de l'espèce (iesq(i,j))
- Nombre de secteurs concernés par le TAC de cette espèce (0 si tous, nseq(i,j)) et numéro des secteurs (iseq(i,j,k))
- Volume du débarquement total autorisé pour chaque TAC (quota(i))
- Répartition en quotas par flottille si iqof(i)=1
- Pourcentage du TAC pour chaque flottille (quotaf(i,iflo))

Il existe deux options pour décider de l'"arrêt" de la pêche, dans le cas de quotas / flottille :

- arrêt pour toutes les flottilles si TAC atteint : itac(i)=1 (car dépassement possible des quotas)
- arrêt pour la flottille quand son quota est atteint : itac(i)=0 (par défaut)

QOTAE : Entrée des TAEs et quotas d'effort, par secteur et par flottille

(après mise en place éventuelle de cantonnements)

- Nombre de TAEs imposés : ntae
- Nombre de secteurs concernés par chaque TAE : nsec(i), et numéro du secteur : isec(i,j)
- Temps de pêche total autorisé pour chaque TAE : tae(i)
- Répartition du TAE en quota d'effort par flottille si iqoe(i)=1
- Pour chacun des TAE et des flottilles, pourcentage du TAE : quotae(i,iflo)

CANTON : Entrée des cantonnements
--

- Nombre de cantonnements : $ncant$
- Nombre de secteurs concernés par chaque cantonnement : $nsec(i)$, et numéro du secteur : $isec(i,j)$
- Période d'application de chaque cantonnement :
 - début à la période : $iperct(1,i)$
 - fin à la période : $iperct(2,i)$
- Temps de pêche total autorisé pour chaque cantonnement : $tlimtp(i)$

Initialisation annuelle

NBNAV : Modification du nombre de navires par flottille par le multiplicateur

TACAN : Lecture éventuelle dans un fichier des TACs annuels si $i=1$
(voir MODIF)

INIAN : Initialisation annuelle : mise à zéro des compteurs annuels

- Mise à zéro des compteurs de consommation des quotas de capture et d'effort
- Mise à zéro des compteurs économiques annuels
- Mise à zéro des efforts par métier
- Mise à zéro des mortalités annuelles cumulées

Allocation de l'effort au début de chaque sous-période Calcul des fractions d'effort de mer dédiées à chaque métier

PUEPOT : Calcul des PUE prévisibles par flottille et métier en mer Celtique au début de chaque sous-période

Calcul du rendement potentiel, en début d'intervalle, par jour de pêche pour les différents métiers de mer Celtique et les différentes flottilles: $C/f = qN$, avec N effectif au début de l'intervalle, calculé avec l'effectif initial du début de l'année ou du début du trimestre et la mortalité cumulée correspondante.

- Pour les stocks dits structurés et pour chaque âge : Calcul des pue en poids et passage en valeur (avec un prix nul si le quota de capture et/ou d'effort est atteint)
- Cumuls et intégration de la Valeur produit par le stock "résiduel".

RENTCE : Calcul de la rentabilité par jour de mer, en mer Celtique au début de chaque sous-période

Pour les métiers pratiqués en mer Celtique, la rentabilité marginale est définie comme le solde entre la valeur espérée des captures par jour de mer et la somme des coûts variables et non proportionnels (liés aux métiers)

RENTEX : Idem hors mer Celtique au début de chaque sous-période

La valeur des captures potentielles par marée est donnée par le produit du temps de pêche par la vpue (supposée constante du métier extérieur)

MXSOL2 : Allocation de l'effort de mer potentiel (iokpref=2) au début de chaque sous-période

Allocation de l'effort de mer potentiel dans les divers métiers après déduction de la part liée à l'adhérence, en fonction d'un seuil ou fourchette qui traduit la difficulté pour les pêcheurs de distinguer entre eux les métiers les plus attractifs: un seuil à 0% signifie que l'effort disponible va être affecté en totalité au métier présentant le meilleur solde; à l'inverse un seuil à 100% signifie que l'effort disponible après adhérence va être alloué de façon équitable entre tous les métiers.

Cette routine remplace les anciennes CALCEF et RECTIF si iokpref=2

Le principe de concentration de l'effort vers les métiers les plus attractifs financièrement (en terme de bénéfice) formulé dans Laurec et al (1991) par le coefficient dit de préférence, nous a semblé quelque peu excessif. En effet, si l'attraction peut être admise, encore que le pêcheur puisse être plus sensible aux chiffres d'affaire (voire aux volumes des captures) qu'au bénéfice (cela peut être nuancé selon que le patron est armateur ou non), il nous a paru nécessaire d'instituer un seuil tel que l'effort soit équitablement réparti entre les métiers présentant un solde proche du solde maximal.

Au début de chaque sous-période, on identifie, pour chaque flottille, le métier susceptible de fournir le meilleur bénéfice, puis ceux pour lesquels le bénéfice espéré se situe dans la fourchette définie par le seuil.

Selon le principe de l'adhérence, chaque métier est crédité, au minimum, d'une partie de l'effort constatée l'année précédente (avant ou après réallocation éventuelle due à des limitations d'effort selon la valeur donnée à iokp). La part de l'effort potentiel restant (1-adhérence) est alors alloué équitablement entre les métiers les plus attractifs.

Cela signifie que les métiers "non attractifs" ne sont crédités que de la part d'effort due à l'adhérence. Pourquoi ne pas intégrer ce nouveau système dans l'ancien afin de maintenir cette notion de préférence (d'opportunisme) qui n'est pas du tout irréaliste. D'un autre côté ce nouveau processus d'allocation ne nécessite qu'un paramètre (adhérence) au lieu de deux, et la valeur de l'adhérence traduit le poids du passé, et des habitudes, donnant ainsi une indication inverse de celle de la préférence (opportunisme).

$procep = adhérence * propcep0$

et si le métier présente un solde attractif, on ajoute : $(1-adhérence)/ nbe \text{ métiers max}$

La nouvelle fraction d'effort dévolue à chaque métier devient alors la fraction de référence qui sera utilisée l'année suivante.

CALCEF : Allocation de l'effort de mer potentiel ($iokpref=1$) + RECTIF au début de chaque sous-période
--

CALCEF : Calcul de la répartition théorique des jours de mer à partir de la rentabilité marginale des différents métiers en appliquant le coefficient de préférence ($iokpref=1$).

$procef = solde ** pref / Somme (solde ** pref)$

RECTIF : Allocation de l'effort de mer à l'aide de la moyenne pondérée par l'adhérence entre cette répartition théorique et celle constatée l'année précédente (avant ou après réallocation éventuelle due à des limitations d'effort selon la valeur donnée à $iokp$).

$procep = adhérence * procep0 + (1-adhérence) * procef$

Allocation de l'effort au début de chaque sous-période Calcul des efforts de pêche effectifs par métier

CALCEV : Calcul des efforts de pêche réellement alloués par chaque flottille à chaque métier.

A partir de l'effort potentiel par flottille, calculé comme le produit de la durée d'une marée par le nombre de marées et de bateaux (ce qui implique la constance de la durée à terre), on déduit le temps de mer alloué à chaque métier par l'application du pourcentage d'affectation (la fraction d'effort qui lui a été dévolu) calculé par la routine MXSOL2.

Le temps de pêche se déduit par soustraction du temps de route (fonction de la durée de la marée et du temps de mer affecté au métier !!!!).

Afin de limiter une éventuelle concentration de l'effort sur les métiers langoustiniers (qui ne peuvent se pratiquer que le jour), on peut prendre en compte la durée de clarté au cours de la période, et réaffecter l'effort qui dépasserait cette valeur...

Une partie de l'effort peut, à cause du principe d'adhérence, continuer à être affecté à un secteur pour lequel une fermeture est intervenue (cantonnement fermé ou TAE atteint). Il convient donc, sauf à considérer que les bateaux restent à quai dans ce cas, de réaffecter cet effort vers les autres métiers disponibles.

CONTEFF : Compteur temps de pêche par secteur

Compteur de l'effort toutes flottilles confondues par secteur (métier) : tpto

Compteur d'effort cumulé depuis le début de l'année par secteur (métier) et par flottille: tptof, et toutes flottilles confondues : tptot

Si secteur et période concernés par un cantonnement : Compteur d'effort à l'intérieur de ce cantonnement: tplim

Si le temps de pêche susceptible d'être affecté dans le secteur concerné conduit au dépassement du temps de pêche autorisé (tlimtp):

L'indicateur de dépassement (indtp()) est mis à 0 pour les périodes suivantes

Le temps de pêche en dépassement (tprab) doit être réaffecté --> iajust=1

Même principe en cas de dépassement du TAE (tae) ou des quotas d'effort (quotae): Fermeture de la zone concernée (indtae=0), et réallocation du temps de pêche en dépassement (tprab) toutes flottilles si TAE, ou par flottille (tpraf) si quota d'effort par flottille.

En cas de dépassement, l'effort de la sous-période est retiré (provisoirement) du cumul annuel.

REAJUS : Repartition du temps en dépassement à l'intérieur d'une période (si iajust=1)

La réallocation de l'effort (en jours de mer) se fait :

- pour la période au cours de laquelle le cantonnement, TAE ou quota d'effort est atteint et dépassé
- pour les périodes suivantes, seul l'effort alloué du seul fait de l'adhérence doit être réalloué, puisque, grâce aux indicateurs de fermeture (indtp ou indtae = 0) la valeur espérée est nulle.

Cette réallocation doit-elle affecter la "mémoire" de la répartition de l'effort ? En d'autres termes, faut-il tenir compte de cette réallocation lors de l'application de l'adhérence l'année suivante ? ou au contraire appliquer l'adhérence à la répartition "historique" de l'effort, c'est à dire avant la réallocation ? La question n'est pas tranchée et reste de la responsabilité de l'utilisateur (option du le menu principal: iokp). Le choix par défaut consiste à ne pas tenir compte de la réallocation survenue une année pour l'allocation (adhérence) de l'effort l'année suivante.

La réallocation de la différence entre le temps de pêche alloué initialement et l'effort autorisé converti en jours de mer (tprab) s'effectue vers les métiers non concernés par une fermeture, au prorata du temps de mer total (tpsmerr) de ces métiers.

S'il s'agit d'un TAE, la part du temps de pêche total en dépassement qui est enlevée à chaque flottille et chaque métier est donnée par le produit du temps de pêche de la flottille pour le métier et du ratio entre le temps total en dépassement et le temps de pêche total dans la zone limitée. Pour des quotas d'effort par flottille, le ratio est calculé pour chaque flottille.

A l'inverse, le temps de mer (tprabf) (correspondant au temps de pêche en surplus dans les secteurs faisant l'objet de limitation(s)) est affecté aux métiers (secteurs) de la flottille considérée non soumis à limitation ou pour lesquels l'effort maximal autorisé n'est pas encore atteint, au prorata du temps de mer de chacun de ces métiers.

Cette réallocation de l'effort en surplus n'est évidemment possible que si la flottille est susceptible de pratiquer un métier non soumis à limitation. Cela peut poser un problème en cas de flottille très spécialisée pour laquelle les puissances de pêche des autres métiers sont nulles (soldes négatifs ou nuls) empêchant alors toute réallocation: la flottille doit rester à quai, sauf à donner une valeur arbitraire à ces puissances de pêche au titre d'un potentiel de reconversion.

Le nouveau nombre de jours de mer affecté à chaque métier se déduit du nombre de jours de pêche par la procédure habituelle : $efjmce = efjpce / (1 - ducero/durmar)$.

Il est alors possible de calculer la nouvelle fraction d'effort (jours de mer) dévolu à chaque métier : nouveau procep.

Il faut alors vérifier, par un nouveau passage dans CALCEV et CONTEFF que les réallocations d'effort vers des métiers non encore fermés n'ont pas conduit à un dépassement de l'effort autorisé par ces métiers. C'est donc une procédure itérative.

MISAJF : Incrémentation des compteurs d'effort annuel en jours de pêche par métier.
--

Cette routine cumule simplement d'une période à l'autre les efforts dévolus à chaque métier.

Calcul des captures en nombre, poids et valeur

CALCAP : Calcul des captures en mer Celtique pour les stocks structurés en âge

La mortalité par pêche pour un stock et un groupe d'âge, générée par une flottille pratiquant un métier, est donnée par le produit de l'effort de pêche correspondant, de la puissance de pêche de la flottille sur cette espèce lorsqu'elle pratique le métier (cible), de la capturabilité et de la sélectivité de l'engin si nécessaire.

La mortalité par pêche pour le stock et le groupe d'âge s'incrémente pour tous les métiers et toutes les flottilles y compris la flottille "résiduelle" et les "outsiders".

La mortalité naturelle pour la sous-période est la mortalité naturelle annuelle divisée par le nombre total de périodes*sous-périodes.

(NB. Les capturabilités ont été calculées trimestriellement à l'aide de mortalités par pêche trimestrielle elles-mêmes déduites des mortalités par pêche annuelle (WG CIEM), en procédant par itération, de telles sortes que la somme des captures trimestrielles engendrées par ces mortalités trimestrielles coïncident avec les captures annuelles ayant servi au calcul de la mortalité annuelle).

Les décès sont calculés par la classique équation des captures, puis ventilés par flottille.

A l'issue de chaque sous-période, l'équation de survie peut, en théorie, s'appliquer indifféremment soit aux effectifs en début de période et à la mortalité cumulée sur la période, soit aux effectifs en début de cette sous-période et à la mortalité de la sous-période.

Pour un F donné, ou recalculé à partir d'un effort et d'une capturabilité, l'effectif survivant est indépendant de ce qui se passe au cours de la période considérée:

$S_f = S_0 \exp(-zc)$ si zc est la mortalité cumulée sur la période et S_0 l'effectif en début de période

Dans le cas où la période est subdivisée en sous-périodes on a:

$S_f = S_{n-1} \exp(-z_n)$ avec z_n = mortalité au cours de la sous-période n

mais $S_{n-1} = S_{n-2} \exp(-z_{n-1})$

soit : $S_f = S_0 \exp(-z_1 \dots - z_n) = S_0 \exp(-zc)$

Si les survivants ne sont pas affectés par une subdivision de la période de temps, il n'en n'est pas de même des captures.

Ainsi : $CAPTZ = \sum F_i/Z_i (S_i - S_{i-1}) \neq CAPTZC = Fc/Zc (S_0 - S_f)$

(sauf bien sûr dans le cas où, en plus de $M_i = cte = M/n$, on a $F_i = cte = F/n$, et c'est le cas du statu quo).

Cette dernière expression suppose, en effet, que la mortalité par pêche est constante sur toute la période.

La première formule paraît donc plus réaliste. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'acquisition des données, et en particulier des capturabilités a été effectuée sur une base trimestrielle, et donc avec l'hypothèse soulignée précédemment, en plus du fait que les capturabilités sont supposées constantes au cours d'un trimestre. L'utilisation de ces données dans le cas de sous-périodes avec effort de pêche variable relève donc de l'approximation.

La consommation d'éventuels contingentements de captures nous oblige à calculer des captures sur un intervalle de temps assez fin, et donc à adopter dans un premier temps la première formule.

Est-il nécessaire, dans un deuxième temps, de recalculer au niveau trimestriel des captures avec la deuxième expression, sachant que, si les données sont alors correctes, la formule utilisée viole les hypothèses ?

Le choix se résume donc entre utiliser des données justes dans une formule fautive ou une formule juste avec des données approximées...

Calcul des coûts

COUSAN : Incrémentation des coûts fixes, variables sauf proportionnels

- Temps de mer * Coût de base
- Temps de pêche * Coût de pêche
- Temps de route * Coût de route

Il faut ajouter les coût lié à l'immobilisation du navire :

- Temps à terre = Durée maximale de la période - Temps en mer * Coût de base

VALPAR : Incrémentation des coûts proportionnels

- Valeur débarquée * Coûts proportionnels (salaires et autres frais proportionnels : criée, déchargement...).

En fin d'année : incrémentation des compteurs cumulés
Mise à jour des tableaux démographiques

CUMUL : Incrémentation des indicateurs économiques
MISAJF : Incrémentation des efforts de pêche

BASCU : Basculement des tableaux démographiques

L'effectif d'un groupe d'âge en fin d'année devient l'effectif initial, pour l'année suivante, du groupe d'âge suivant

Les effectifs finaux sont calculés à partir des effectifs initiaux et des mortalités totales cumulées sur l'année, par la classique équation des survivants. Rappelons que celle-ci n'est pas affectée par une discrétisation du pas de temps.

Cas du groupe plus : L'effectif du groupe + au début de l'année n+1 est égal à l'effectif du dernier groupe d'âge vrai à la fin de la dernière période de l'année n. Il n'y a donc pas accumulation d'effectif dans ce cas. Il faut néanmoins s'assurer que la mortalité par pêche du groupe + a été calculée de la même façon.

ENTREC : Injection éventuelle des recrutements

si lecture en fichier (irec=1), sinon le recrutement est l'effectif du premier groupe d'âge donné dans le fichier2 lu par la routine INIGLO

- ↳ Effectifs aux âges (pour l'année de référence)
- ↳ Recrutement (moyen)
- ↳ Mortalité par pêche étrangère et/ou française résiduelle et outsider / trimestre et / âge

Stocks globaux :

- ↳ paramètres du modèle et capturabilités
- ou
- ↳ VPUE / flottille / trimestre / secteur

Stocks * Flottilles

- ↳ Capturabilités / âge / trimestre / métier
- ↳ Paramètres de tri (L50, L75-L25) / cible
- ↳ (Paramètres de sélectivité du chalut : courbe de tri / âge / période et / flottille)

ANNEXE V

Relation Effort - Mortalité par pêche

L'originalité de SIMUCEL reposant sur une modélisation de l'allocation de l'effort de pêche, et non pas sur des variations de mortalités par pêche, la relation effort-mortalité revêt une importance cruciale.

On suppose, hypothèse de base, que la décomposition de la pêcherie en unité de base (flottille * métier) ainsi que la discrétisation spatio-temporelle rend possible, pour chaque unité, la proportionnalité entre la mortalité par pêche et l'effort $F = q * E$, et ce, pour un stock et un groupe d'âge donnés.

soit $F_{\text{stock,âge,période,flottille,métier}} = q * E$

Les stocks, nous l'avons dits sont soit inféodés à un secteur (stocks dits "benthiques") et la notion de métier ne traduit que la cible recherchée, le secteur étant implicite, soit communs à l'ensemble de la mer celtique (voire débordant), stocks dits "démersaux", et le métier comprend alors secteur fréquenté et cible recherchée (l'engin étant supposé unique).

Classiquement, la capturabilité, q , traduit la probabilité qu'un individu d'être capturé par une unité d'effort = disponibilité + efficacité. Par ailleurs, la capturabilité est strictement liée à la définition de l'unité d'effort. (Laurec et Le Guen, 1981). La disponibilité dépend de la présence du poisson (accessibilité) et de son comportement vis à vis de l'engin (vulnérabilité). L'efficacité dépend en particulier de la tactique de pêche. Or celle-ci est prise en compte dans le mécanisme d'allocation de l'effort, et par ailleurs, l'efficacité technique d'une flottille pratiquant un métier (recherchant une espèce cible) dans la capture de l'espèce considérée s'intègre dans la notion de puissance de pêche. Nous rejoignons Gascuel (1995) en ne retenant, pour la capturabilité, que le terme disponibilité. Celle-ci, rappelons le, ne dépend que du poisson. L'effort considéré dans la relation $F=q*f$ est alors un effort effectif, produit d'un effort nominal (temps de pêche en réalité temps de mer) et d'une puissance de pêche. Contrairement à Gascuel, nous ne considérons sous ce vocable que l'efficacité technique que cet auteur appelle efficacité de pêche locale, et que Laurec (1977) dénomme puissance de pêche locale.

L'effort effectif est bien un effort nominal standardisé, l'effort nominal correspondant à une partie de l'effort potentiel dédié au métier selon des choix tactiques intégrés dans la règle de décision.

Cette standardisation de l'effort de pêche permet de considérer un coefficient de capturabilité unique pour ce stock s'il est immobile, ou un coefficient par secteur s'il est mobile.

En s'abstrayant des problèmes de tactique de pêche, on a la formulation (l'indiciage) suivante :

- stock immobile : $F_s = q_s * \sum_f \sum_c (E_{f,c,z} * \Pi_{f,c})$

- stock mobile : $F_s = \sum_z \{ q_{s,z} * \sum_f \sum_c (E_{f,c,z} * \Pi_{f,c}) \}$

avec F , la mortalité par pêche,
 q , la capturabilité (disponibilité),
 E , l'effort de pêche nominal alloué au métier,
 Π , l'efficacité technique,

et les indices s pour le stock, f pour la flottille, c pour la cible, z pour le secteur de pêche.

Les puissances de pêche sont supposées constantes quelque soit le secteur, l'efficacité technique étant considérée indépendante de la disponibilité.

Chaque terme de l'équation doit être indicé sur la période, à l'exception de la puissance de pêche supposée constante d'une période à l'autre. La capturabilité - disponibilité peut varier selon la saison...

De plus, cette relation s'applique à chaque âge. Si les puissances de pêche varient selon les métiers (au moins selon les cibles recherchées puisqu'on les a supposées constantes selon les secteurs, et que nous ne considérons qu'un engin), elles ne peuvent être calculées, dans l'état actuel des données, que tout âge confondu (sur les seuls débarquements et par espèce commerciale et non par stock). Elles ne peuvent donc pas être indicées sur les âges.

Cependant, si dans un souci de simplification, on considère que toutes les flottilles recherchant les mêmes espèces cibles ont le même profil d'exploitation sur les espèces capturées, il est réaliste et nécessaire de considérer non seulement des profils d'exploitation différents selon les cibles recherchées (sinon l'intérêt de la modélisation par métier est assez limité), mais également un impact différent de la pression de pêche sur une classe d'âge selon les métiers-cibles, il faut mettre dans le q ce qu'il n'a pas été possible d'intégrer dans la puissance de pêche, c'est à dire indicé la capturabilité - disponibilité, non seulement sur l'âge mais également sur la cible.

Ainsi, il est nécessaire d'introduire dans le coefficient de capturabilité de possibles variations selon les cibles recherchées (cf remarque précédente sur l'homogénéité des profils de capture selon les flottilles recherchant la même cible). Cette procédure dénature quelque peu la définition que nous avons donné de la capturabilité puisqu'intervient, non plus seulement le poisson, mais aussi la cible.

La confusion, dans le cas des gadidés, vient de ce que chaque flottille ne recherche qu'une seule cible (et est donc confondue avec la Fishery-Unit, c'est pour cette raison que la capturabilité varie selon la flottille), qu'un changement de métier ne se traduit donc que par un changement de secteur et, enfin, que tous les stocks sont supposés "démersaux", c'est à dire commun à l'ensemble de la mer celtique.

La notion de secteur, pour la capturabilité d'un stock benthique, est incluse dans la définition du stock (chaque secteur ayant son stock); pour un stock démersal, commun à plusieurs secteurs, la capturabilité peut varier selon le secteur.

La période intervient dans le coefficient de capturabilité afin de tenir compte de réalité biologique telle que l'enfouissement des femelles grainées de langoustine qui rend l'accessibilité pratiquement nulle.

Ce qui donne, a étant l'âge et p la période :

- stock immobile :
$$F_{s,a,p} = \sum_c \{ q_{s,a,p,c} * \sum_f (E_{f,p,c,z} * \Pi_{e,f,c}) \}$$

- stock mobile :
$$F_{s,a,p} = \sum_z \sum_c \{ q_{s,a,p,c,z} * \sum_f (E_{f,p,c,z} * \Pi_{e,f,c}) \}$$

D'autre part, on a :
$$E_{f,p,c,z} = b_{f,p,c,z} * E_{f,p}^p$$

avec $b_{f,p,c,z}$, la part de l'effort potentiel, $E_{f,p}^p$, dédiée au métier (secteur*cible) pour la flottille au cours de la période considérée.

En résumé, la capturabilité pour un stock varie selon l'âge et la période, et selon la cible recherchée pour tenir compte des divers profils d'exploitation. Pour les stocks dits démersaux (non inféodés à un secteur), la capturabilité varie également avec la zone de pêche afin de tenir compte d'une hétérogénéité spatiale que l'on considère constante dans le temps et indépendante de la taille du stock, ce qui semble contredire l'hypothèse d'homogénéité.

Pour simplifier l'écriture et rendre la formulation plus générale en cas de mise en œuvre de plusieurs engins, on peut écrire :

$$F_{s,a,p} = \sum_m \{ q_{s,a,p,m} * \sum_f (E_{f,p,m} * \Pi_{e,f,m}) \}$$

$$E_{f,m} = b_{f,p,m} * E_{f,p}^p$$

avec m, indice du métier,
sachant que la puissance de pêche est identique quelque soit le secteur, stock et secteur se confondent pour les espèces immobiles,

En toute rigueur, les puissances de pêche des flottilles vis à vis d'une espèce devraient être calculées pour chaque métier. Cependant, comme l'on suppose ces puissances de pêche invariables selon les périodes, il est également possible de les considérer identiques selon les secteurs.

En conclusion, la nécessité de disposer d'un coefficient de capturabilité par métier est évidente si l'on veut tenir compte des différences de profils de capture selon les métiers (cibles) (et plus encore si l'on simule des variations dans les paramètres de sélectivité) et si, pour les stocks mobiles on veut intégrer le fait d'une répartition spatiale non homogène. Il faut bien noter cependant que toute modification de la sélectivité suppose par ailleurs la constance des puissances de pêche.

L'obtention des coefficients de capturabilité nécessite une discrétisation très fine des vecteurs de mortalités par pêche issues des VPA d'une part, et de l'effort de pêche, généralement assurée par les statistiques de pêche issues des log-books, d'autre part.

Si les vecteurs de mortalité par pêche sont généralement disponibles par Fishery-Units grâce à une stratification adéquate de l'échantillonnage (Anon 1987, 1988...), en ventilant la mortalité par pêche issue de la VPA au prorata des captures (en poids ou en nombre) des différentes unités pour chaque classe d'âge, cette discrétisation est en générale insuffisante. Si l'on peut abusivement confondre fishery-unit et métier pour les besoins du modèle, la discrétisation temporelle doit être recalculée. Lorsque la stratification de l'échantillonnage des captures

prend en compte le trimestre, il est relativement aisé de décomposer la mortalité annuelle en mortalités trimestrielles, non pas au prorata des captures mais en procédant par itération.

Un stock est soumis à la pression de plusieurs flottilles pratiquant elles-mêmes plusieurs métiers. S'il s'agit d'un stock immobile, le secteur fréquenté est implicite; le métier étant alors réduit à la mise en œuvre d'un engin pour la recherche d'une cible. Pour un stock mobile, à l'inverse, le métier fait explicitement référence à un secteur de pêche, ce qui n'a d'intérêt que si l'on suppose une hétérogénéité spatiale de la disponibilité, justifiée dans la réalité, mais en contradiction avec l'hypothèse d'homogénéité avancé au départ.

ANNEXE VI

Détail du traitement de l'effort de pêche dans SIMUCEL

Résultats détaillés : fichiers fort.10,local.aide, local.aid1 et local.aidf.
(ou activer les "ccw" des routines conteff et reajus).

En entrée : Données de l'"année de référence"

dans fichier 1 (lu par routine PARFON):

durmar(iflo,iper) : durée moyenne d'une marée / flottille / période
tnbmar(iflo,iper) : nombre moyen de marées / flottille / période

ducero(iflo,izo) : temps de route / flottille / zone de pêche en mer celtique
duexro(iflo,imetex) : temps de route / flottille / métier extérieur à la mer celtique
durcal(iflo,iper) : temps à terre / flottille / période (jamais utilisé ???)

Ces données sont estimées par le programme durerou.f

Nombre de marées, durée moyenne de chaque marée et temps à terre sont supposés invariables.

dans fichier 2 (lu par routine INIGLO) :

Pour chaque flottille et chaque période et pour l'année "de référence" :
(résultats du programme tonflotgd.f)

efjpoc(imetce) : nombre de jours de pêche / métier mer celtique
efjpox(imetex) : nombre de jours de pêche / métier hors mer celtique

Notations :

efjpce = effort de pêche / ss-période (efjrce = route)
efance = effort de pêche cumulé sur l'année (efanre)
efcuce = effort de pêche cumulé sur toute la durée de la simulation (efcure)

Calculs préliminaires (INIGLO) :

Pour chaque flottille et période : Calcul des fractions d'effort de mer dévolues à chaque métier

==> Passage des jours de pêche en jours de mer avec éventuel réajustement des temps de route

Une des principales difficultés du modèle réside dans la nécessité de disposer, pour chaque intervalle de temps, des efforts de pêche liés à la pratique par les bateaux d'une flottille des différents métiers, efforts de pêche entraînant les captures, et des temps en mer correspondant, ou des temps de route, puisque, au début de chaque intervalle de temps, chaque flottille dispose d'un potentiel de temps de mer, et d'autre part, les temps de route induisant des coûts variables sont nécessaires pour l'allocation de l'effort en début d'intervalle.

Le modèle abandonne la notion de marée au profit de celle d'intervalle ou de sous-période. L'allocation de l'effort s'effectue donc sur cette seule base. Les relations existantes entre le temps de mer et l'effort de pêche, pour un métier, une flottille et un trimestre, sont, par hypothèse, considérées comme constantes et calculées sur la base d'une marée consacrée exclusivement à la pratique d'un seul métier. Cela revient à considérer l'activité des navires d'une flottille, au cours d'un intervalle de temps, comme la succession de marées "pures".

La notion de marée disparaît totalement. L'allocation de l'effort se fait au début de chaque sous-période. Avec 6 sous-périodes par période (trimestre), la durée de la sous-période n'est pas très loin de celle de la marée (15jours). Quoiqu'il en soit, le temps de mer disponible à chaque sous-période est alloué aux différents métiers selon les fractions d'effort calculées par ailleurs. Les temps de route liées à la fréquentation des zones de pêche s'estiment à partir des temps de route générés par la pratique de chaque métier au cours d'une marée qui lui serait entièrement dédiée.

Soit une marée, de durée $durmar$, consacrée à un métier unique.

On a, en supposant exact le temps de route :

$durmar = durpec + durrou$ (notation $durxxx =$ au niveau de la marée)

On peut écrire :

$durmar = durpec * durmar / durpec$

Le modèle suppose que ce rapport $durmar/durpec (=cor)$ est constant pour une flottille, un métier et une période donnés. Cela signifie que chaque heure de pêche dédiée à un métier génère un temps de route calculé, pour une marée totalement affectée à ce métier comme le rapport temps de route théorique/temps de pêche.

Cela revient à dire que le temps de route total associé à l'effort de pêche total dédié à un métier est calculé comme le produit du temps de route unitaire par le nombre de marées consacrées entièrement à la pratique de ce métier.

En conséquence, si les statistiques de pêche pour l'"année de référence" donnent $efjpc$ comme l'effort de pêche mis en oeuvre par la flottille considérée pour un métier donné, on peut estimer à $efjpc * cor$ le temps de mer correspondant.

Cela n'est strictement vrai que si cet effort de pêche est le fait de navires consacrant un certain nombre de marées (dont la durée égale la durée moyenne injectée et ceci est posé comme hypothèse) à la pratique de ce seul métier. Ce qui est assez loin de la réalité, car les marées multi-métiers sont nombreuses, mais répond aux exigences de la modélisation.

En pratique cela revient à déduire le temps de mer total dédié à un métier du temps de pêche effectivement consacré à ce métier, pondéré par le rapport durée de la marée / durée de la pêche pour une marée consacrée à ce métier. bof !!!

Sur l'ensemble de la sous-période, on a :

$TM_i = TP_i + TR_i$ = Temps de Mer total métier i
 avec TP_i = Temps de Pêche total métier i
 et TR_i = Temps de Route total métier i

d'autre part, on a : $TR_i = DR_i * NM_i$
 avec $NM_i = TP_i / DP_i$ = Nombre de Marées complètes consacrées au métier i
 avec $DP_i = DM - DR_i$ = Durée de Pêche unitaire métier i
 avec DM = Durée moyenne d'une Marée
 et DR_i = Durée Route unitaire métier i

soit : $TM_i = TP_i + DR_i * TP_i / (DM - DR_i)$
 soit : $TM_i = TP_i * (1 + DR_i / (DM - DR_i))$
 soit : $TM_i = TP_i * (DM - DR_i + DR_i) / (DM - DR_i)$
 soit : $TM_i = TP_i * DM / (DM - DR_i)$

Les temps de route unitaire sont estimés à partir des statistiques de pêche pour l'"année de référence". Le programme durerou.f calcule, pour chaque marée de la flottille, la différence entre la durée de la marée et le temps de pêche total de la marée. Cette différence, arbitrairement nommée "temps de route" et considérée comme le temps nécessaire pour le bateau pour effectuer le trajet port - zone de pêche, est en réalité plus complexe que cela puisqu'elle contient aussi tous les temps "improductifs de la marée" : temps passé en cape, avaries, ainsi que des changements de zone en cas de marée multi-métiers. Dans ce dernier cas, le "temps de route" est arbitrairement affecté à la zone de pêche fréquentée la plus lointaine, selon une hiérarchie définie grossièrement.

Le temps de route lié à la fréquentation d'une zone de pêche, est lié à un métier grâce à une correspondance entre les indices métiers et les indices zone de pêche.

Conversion des efforts en proportions :

Les temps passés en mer pour la pratique de chaque métier sont rapportés au temps de mer total disponible pour la flottille et la période:

$procep(iflo, imetce, iper) = efj moc() / tpsmer$
 idem pour proexp()

Ces fractions du temps de mer total disponible allouées à chaque métier / flottille / période sont en fait les seules données de base; tous les efforts sont recalculés à partir d'elles.

Ajustement des temps de route unitaires :

La somme, pour tous les métiers pratiqués par une flottille au cours d'une période, des temps de mer calculés à partir des temps de pêche issus des statistiques de pêche et des temps de route ainsi estimés, doit être égale au temps passé en mer par la flottille (durée moyenne d'une marée * nombre de marées * nombre de bateaux = tpsmer).

Compte tenu des incertitudes liées aux estimations des temps de route unitaire, un ajustement de ceux-ci s'avère nécessaire afin de faire coïncider ces totaux.

Soit DF la différence entre le temps de mer total disponible ($TM = \text{durée de la marée (DM)} * \text{nombre de marées} * \text{nombre de bateaux}$) et la somme des jours de mer (TM_i) calculés avec les temps de route initiaux (DR_i) : $DF = TM - \sum TM_i$

On procède par itération :

$$DR'_i = DR_i * (1 + DF / \sum TM_i)$$

on recalcule les temps de mer correspondant : $TM'_i = TP_i * DM / (DM - DR'_i)$

puis la nouvelle différence $DF = TM - \sum TM'_i$

considérant DR'_i comme les nouveaux temps de route unitaires, on recommence jusqu'à ce que $DF=0$.

Cette méthode est choisie car les accroissements relatifs sont identiques pour tous les temps de route unitaires, ce qui conserve la hiérarchie établies par les distances.

Autre possibilité d'ajustement : la différence éventuelle entre ces deux totaux (DF) est affectée aux temps de route totaux par métier au prorata de leur importance, soit :

$$TR'_i = TR_i + DF * (TR_i / \sum TR_i) = TR_i * (1 + (DF / \sum TR_i))$$

$$DR'_i = TR'_i / (TM'_i / DM)$$

avec $TM'_i / DM = \text{nouveau nombre de marées correspondant au nouveau temps de mer}$.

$$\text{avec } TM'_i = TR'_i + TP_i$$

$$\text{soit : } DR'_i = TR'_i * DM / (TR'_i + TP_i)$$

Les résultats sont très peu différents de ceux obtenus par la méthode précédente.

NB. Un essai avait été entrepris d'ajustement en réaffectant la différence au prorata des temps de mer, mais ne semblait pas très plausible car les variations de temps de route que cet ajustement engendrait s'amenuisaient lorsque les temps de route initiaux augmentaient, gommant ainsi une partie des écarts. On a en effet :

$$TM'_i = TM_i + DF * TM_i / \sum TM_i \text{ tel que } \sum TM'_i = TM$$

$$\text{soit : } TM'_i = TM_i * (1 + DF / \sum TM_i)$$

$$\text{et, par ailleurs : } TM'_i = TP_i * DM / (DM - DR'_i)$$

$$\text{soit : } TM_i * (1 + DF / \sum TM_i) = TP_i * DM / (DM - DR'_i)$$

$$\text{et : } TM_i = TP_i * DM / (DM - DR_i)$$

$$\text{soit : } (DM - DR'_i) * (1 + DF / \sum TM_i) = (DM - DR_i)$$

d'où l'on déduit : $DR_i = DM - (DM - DR_i) / (1 + DF / \sum TM_i)$

soit : $DR_i = (DM * (DF / \sum TM_i) + DR_i) / (1 + DF / \sum TM_i)$

Quoiqu'il en soit, cet ajustement n'est qu'un pis aller car la différence peut provenir du fait qu'il y a plus de bouts de marées que de marées complètes. S'il ne résoud pas le problème de fond des marées multi-métiers, entre autre, il permet de conserver les efforts issus du modèle, et ceux de l'"année de référence".

Allocation de l'effort

L'allocation du temps de mer disponible pour une flottille en début de sous période vers les différents métiers s'effectue au début de chaque sous période en fonction d'une règle de décision reposant sur les soldes espérés par la pratique des divers métiers potentiels.

Deux règles de décision sont envisageables et proposées dans le menu. Toutes deux prennent en compte le poids du passé par l'intermédiaire d'un coefficient dit d'adhérence qui conduit au report systématique d'une partie de l'effort affecté à ce métier au cours de cette sous-période lors de l'année précédente (n-1). La différence entre les deux règles tient dans la manière dont est allouée la part de l'effort potentiel non liée à l'adhérence.

1. Répartition de l'effort restant après application de l'adhérence entre les métiers dont les soldes sont proches (à ispct%) du solde maximal (iokpref=2 (défaut) : Mxsol2):

Pour chaque flottille et période* sous période, on évalue le solde (chiffre d'affaires - coûts variables) susceptible d'être procuré par une unité de temps de mer (routine puepot), puis on identifie le métier susceptible de procurer le meilleur solde.

On accorde à chaque métier la part liée à l'adhérence: $phimo * procep$, et on appelle procer ce nouveau pourcentage de l'effort total.

Le reste de l'effort est alloué aux métiers possédant les meilleurs soldes (dans une fourchette de ispct% du solde maximal).

Le nouveau pourcentage calculé après cette allocation devient le pourcentage de référence pour la sous période (utilisé pour l'allocation pour l'année n+1).

2. Répartition de l'effort restant après application de l'adhérence à l'aide d'un coefficient dit de préférence (iokpref=1 : Calcef et Rectif)

La part de cet effort dévolue à chaque métier est donnée par le rapport entre le solde espéré pour ce métier à la puissance "préférence" sur la somme des soldes à la puissance "préférence".

Cette méthode présente l'avantage d'être moins arbitraire que la précédente dans le choix des métiers recueillant de l'effort non lié à l'adhérence. A l'inverse, un métier présentant un solde

très médiocres, recevra, malgré tout, une part, même modeste, de l'effort disponible. Les réallocations d'effort s'effectuent donc plus en douceur, de manière plus diffuse.

Calcul du nombre de jours de pêche effectivement alloués (Calcev) :

Une fois déterminées les nouvelles fractions d'effort pour chaque flottille, il faut recalculer les efforts de pêche correspondant par la procédure inverse de celle qui a conduit à la détermination des proportions d'allocation à partir de l'effort de pêche.

Temps de mer disponible pour la sous-période : $tpsmer = durmar * tnbmar * efnbnv / nsoup$

Pour chaque métier :

Temps de mer affectés à chaque métier : $efjmce = tpsmer * procep$
Temps de pêche = temps de mer - temps de route : $efjpce = efjmce * (1 - ducera / durmer)$

(Pour les métiers langoustiniers, qui ne peuvent se pratiquer que de jour, il existe une possibilité de prendre en compte la durée de clarté afin de procéder à un éventuel réajustement de l'effort si celui obtenu à partir des fractions dépasse le temps de pêche potentiel)

Recalcul pour la prise en compte des différents coûts (Cousan):

$Tpstra = efnbnv * durée / nsoup$: nombre d'heures total disponible par sous-période

$durmer = efjmce$

$durrou = durmer * (ducera / durmar) = efjrce$

$durpec = efjpce$

$tpsmer = efjmce + efjmex$

$durter = efater = tpstra - tpsmer$

Traitement des limitations d'effort – Ré-allocation:

Les limitations d'effort peuvent s'appliquer à un ou plusieurs métiers, ou à un ou plusieurs secteurs.

(dans le modèle gaidés il y a parfaite coïncidence entre métier et secteur, mais on peut envisager la fermeture d'un secteur pour tous les métiers qui peuvent s'y pratiquer, fermer un ou plusieurs métiers dans un ou plusieurs secteurs...)

En tout état de cause, l'indiquage doit se faire sur le métier puisque la notion de secteur y est incluse.

1. Entrée dans QOTAE :

nombre de TAE imposés : ntae

nombre de secteurs concernés par chaque TAE : nsec(i)

identification des secteurs concernés : isec(i,j)

temps de pêche autorisé pour chaque TAE : tae(i)

répartition par flottille : oui = iqoe(i)=1

TAE autorisé pour chaque flottille : quotae(i,iflo)

2. Compteur d'effort par métier/zone de pêche après allocation : Conteff

* pour la sous période et toutes flottille :

tpto = somme des efjpc

* depuis le début de l'année :

** toute flottille : tptot = tptot + somme des efjpc

** par flottille : tptof = tptof + efjpc

Pour chaque TAE :

cumul de l'effort depuis le début de l'année :

tptae = somme sur les métiers/secteurs concernés des tptot

si tptae > tae + 1 ==> TAE dépassé

==> indtae(isec(i,j)) = 0

==> La fermeture intervient en mettant tous les prix à zéro par l'intermédiaire d'un multiplicateur de prix (indtae) nul.

temps en rab : tprab(i) = tptae(i) - tae(i)

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,m} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_f E_{y,f,m,p}^f} \quad (1)$$

ou si il y a plus d'un métier concerné par la limitation :

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,j} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_f \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,p}^f} \quad (2)$$

avec,

α_m =1 si le métier est fermé ou 0 sinon
 $TAE_{y,m}$ effort total autorisé pour le métier m (ou métiers 1 à j) pour l'année y

$$tprab(j) = \alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,j} \right)$$

$$tprcont = \sum_f \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,p}^f$$

Pour chaque quota d'effort par flottille :

même procédure :

tptaef = somme des tptof pour les métiers/secteurs concernés

si tptaef > quotaef + 1 ==> Quota d'effort dépassé

==> indtaef(isec(i,j),iflo) = 0

tpraf(i,iflo) = tptaef - quotaef

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_{m,f} \times \left(\sum_{i=1}^p E_{y,f,m,i}^f - QOE_{y,f,m} \right) \quad (3)$$

ou si il y a plus d'un métier concerné par la limitation:

$$E_{y,f,m,p}^{f,r} = \alpha_{m,f} \times \left(\sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,i}^f - QOE_{y,f,j} \right) \times \frac{E_{y,f,m,p}^f}{\sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,p}^f} \quad (4)$$

avec,

$\alpha_{m,f}$ =1 si le métier est fermé ou 0 sinon pour la flottille f

$QOE_{y,f,m}$ quota d'effort pour le métier m et la flottille f pour l'année y

$E_{y,f,m,p}^{f,r}$ nombre de jours de pêche à ré-allouer pour la flottille f et le métier m au cours de la période p de l'année y

on a ainsi,

$$E_{y,f,p}^{f,r} = \sum_m E_{y,f,m,p}^{f,r}$$

avec,

$E_{y,f,p}^{f,r}$ nombre total de jours de pêche à ré-allouer pour la flottille f au cours de la période p de l'année y

On retire des compteurs les différents efforts de la sous-période.

3. Traitement d'un dépassement de quota d'effort : Reajus

La zone (ou le métier) est fermée pour toutes les flottilles (TAE) ou pour une ou plusieurs flottilles (quota d'effort).

Mais cette fermeture, par le biais de soldes espérés nuls, n'a d'effet, dans le modèle, que pour les sous-périodes et périodes suivantes et seulement sur la part de l'effort non liée à l'adhérence. En l'absence de tout autre processus, l'effort provenant de l'adhérence continuera à incrémenter l'effort total dédié au métier/secteur.

==> le TAE sera dépassé, parfois largement. Ce qui était "acceptable" pour les quotas, moyennant les rejets, ne l'est pas pour l'effort.

On considère, en effet, qu'une régulation de l'effort de pêche s'exerce en temps réel, à la différence des contingentements de capture pour lesquels les fermetures n'interviennent qu'en fin de sous-période, avec une certaine tolérance.

==> Il est nécessaire de procéder à la réallocation de l'effort en dépassement pour cette sous-période et de tout effort supplémentaire dédié à ces métiers/secteurs pour les sous-périodes suivantes.

Se pose alors le problème de savoir s'il est ou non opportun de tenir compte de ces réajustements (année n) dans l'application de l'adhérence lors de l'allocation de l'année n+1. La réponse est donnée par chaque utilisateur qui peut choisir l'option qu'il juge convenable (iokp).

Il est bon de rappeler que les limitations d'effort concernent les temps de pêche. Or, le modèle travaille en fractions de temps de mer disponible. Toute réallocation doit s'effectuer sur des temps de mer, ce qui implique la conversion de l'effort de pêche en dépassement en temps de mer.

Une réallocation de l'effort se fait donc :

* pour la période au cours de laquelle le cantonnement, TAE ou quota d'effort est atteint (fermeture en cours), et pour le temps de mer correspondant au temps de pêche en dépassement.

* pour les périodes suivantes et pour les métiers/zones ayant déjà fait l'objet d'une fermeture, la réallocation concerne le seul l'effort alloué du fait de l'adhérence.

(les résultats diffèrent d'une réallocation de l'effort total (ie si les puecep ne sont pas nulles !).

On a, venant de CONTEFF

tprab(i) = temps de pêche en dépassement du cantonnement ou TAE_i

tpraf(i,iflo) = temps de pêche / flottille en dépassement du cantonnement, TAE
ou quota d'effort i

tpcont(i) = somme pour toutes les flottilles, des temps de pêche dédiés aux métiers/zones en cours de fermeture ou déjà fermées, au cours de la sous-période, et ce pour chaque limitation i = \sum tpto.

Pour chaque flottille :

tpconf(i) = somme pour chaque flottille des temps de pêche dédiés aux métiers/zones en cours de fermeture ou déjà fermées ($\alpha_m = 1$), au cours de la sous-période, et ce pour chaque limitation $i = \sum \text{efjpce}$.

tphconf = cumul, pour la flottille considérée, des temps de pêche pour les métiers/zones non limitées ou encore ouvertes ($\alpha_m = 0$).

tpsmerr = idem pour le temps de mer

Pour chaque fermeture en cours ou déjà effective (le temps de pêche dépasse la limite autorisée):

Pour chacun des métiers concernés par cette fermeture, et toujours pour la flottille considérée, on réduit le temps de pêche de manière à ce que le total corresponde à l'effort total autorisé: chaque métier se voit défalquer une partie de son effort, proportionnellement à la contribution de ce métier à l'effort total de la flottille, pour le traitement d'un quota d'effort, ou de toutes les flottilles dans le cas d'un TAE.

calcul du ratio : temps en rab / temps total métier/zone limitée (éventuellement par flottille)

ratrab = tprab(i) / tpcont(i) si TAE_i dépasse
 = tpraf(i,iflo) / tpconf(i) si quota effort i flott iflo dépasse

$$\text{ratrab} = \frac{\alpha_m \times \left(\sum_f \sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,i}^f - TAE_{y,j} \right)}{\sum_f \sum_m \alpha_m \times E_{y,f,m,p}^f}$$

$$\text{ratraf} = \frac{\alpha_{m,f} \times \left(\sum_{i=1}^p \sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,i}^f - QOE_{y,f,m} \right)}{\sum_m \alpha_{m,f} \times E_{y,f,m,p}^f}$$

1. Limitation des temps de pêche par retrait de l'effort en dépassement et "conversion" en temps de mer :

Pour chacun des métiers/secteurs limités, on calcule le nouveau nombre de jours de mer correspondant à la valeur limite du temps de pêche :

Nouvel effort de mer calculé à partir du nouvel effort de pêche (c'est à dire après déduction de la part en dépassement qui revient à ce métier).

$$\text{efjmce} = \text{efjpce} * (1 - \text{ratrab}) * \text{durmer} / (\text{durmer} - \text{ducera})$$

$$\implies \text{nouveau procep} = \text{efjmce} / \text{tpsmerr}$$

avec tpsmer = temps en mer disponible au cours de la (sous-)période
 = efjmce(avant réallocation) / ancien procep

tprabf = somme des temps de mer défalquées pour toutes les zones limitées et pour cette flottille

= temps de mer à réallouer par flottille pour les métiers non concernés par aucun des cantonnement

$$= \sum \text{efjpc} * \text{ratrab} * \text{durmer} / (\text{durmer} - \text{ducera})$$

$$E_{y,f,m,p}^{s,r} = E_{y,f,m,p}^{f,r} \times \left(\frac{DPT_{f,p}}{DPT_{f,p} - STPT_{f,m}} \right)$$

$E_{y,f,m,p}^{s,r}$ nombre total de jours de mer à ré-allouer pour la flottille f et le métier m au cours de la période p de l'année y

$$b'_{y,f,m,p} = \frac{E_{y,f,m,p}^s - E_{y,f,m,p}^{s,r}}{E_{f,p}^p}$$

ou :

$$b'_{y,f,m,p} = \frac{E_{y,f,m,p}^f \times (1 - E_{y,f,m,p}^{f,r}) \times \left(\frac{DPT_{f,p}}{DPT_{f,p} - STPT_{f,m}} \right)}{E_{f,p}^p}$$

2. Ce temps de mer disponible du fait des limitations doit être redistribué vers les métiers/secteurs non limités:

On ajoute la part de rab qui revient à chaque autre métier/secteur interne et extérieur de cette flottille :

cette part est le ratio : rab total (tprabf) / temps de mer dédié à des métiers/secteurs non limités (tpsmerr)

$$\text{efjmce} = \text{efjmce} * (1 + \text{tprabf} / \text{tpsmerr})$$

Calcul du nouveau procep pour ces métiers/secteurs non limités : $\text{procep} = \text{efjmce} / \text{tpsmer}$

$$b'_{y,f,m,p} = \frac{E_{y,f,m,p}^s \times \left(1 + \frac{\sum_m E_{y,f,m,p}^{s,r}}{\sum_m (1 - \alpha_m) \times E_{y,f,m,p}^s} \right)}{E_{f,p}^p}$$

$b'_{y,f,m,p}$ nouvelle part du nombre potentiel de jours de mer alloués par la flottille f au métier m au cours de la période p de l'année y après ré-allocation de l'effort en surplus

A partir de cette nouvelle partition de l'effort de mer disponible (procep), on recalcule l'effort de pêche réel (calcev), on incrémente les compteurs et on recommence l'opération si la redistribution de l'effort dégagé entraîne de nouveaux dépassement pour des limitations non encore dépassées et ainsi de suite.