



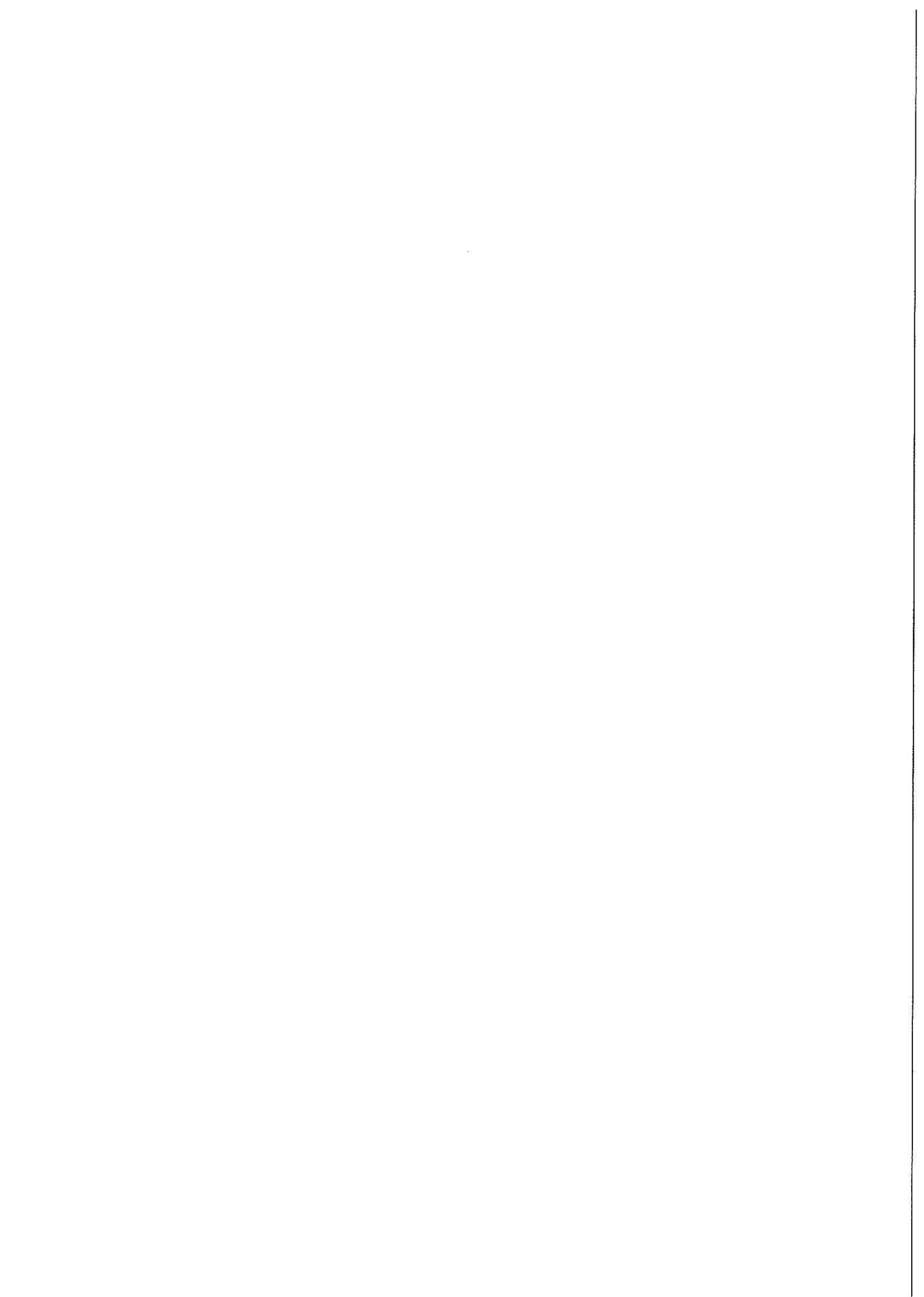
RAPPORT N° 216

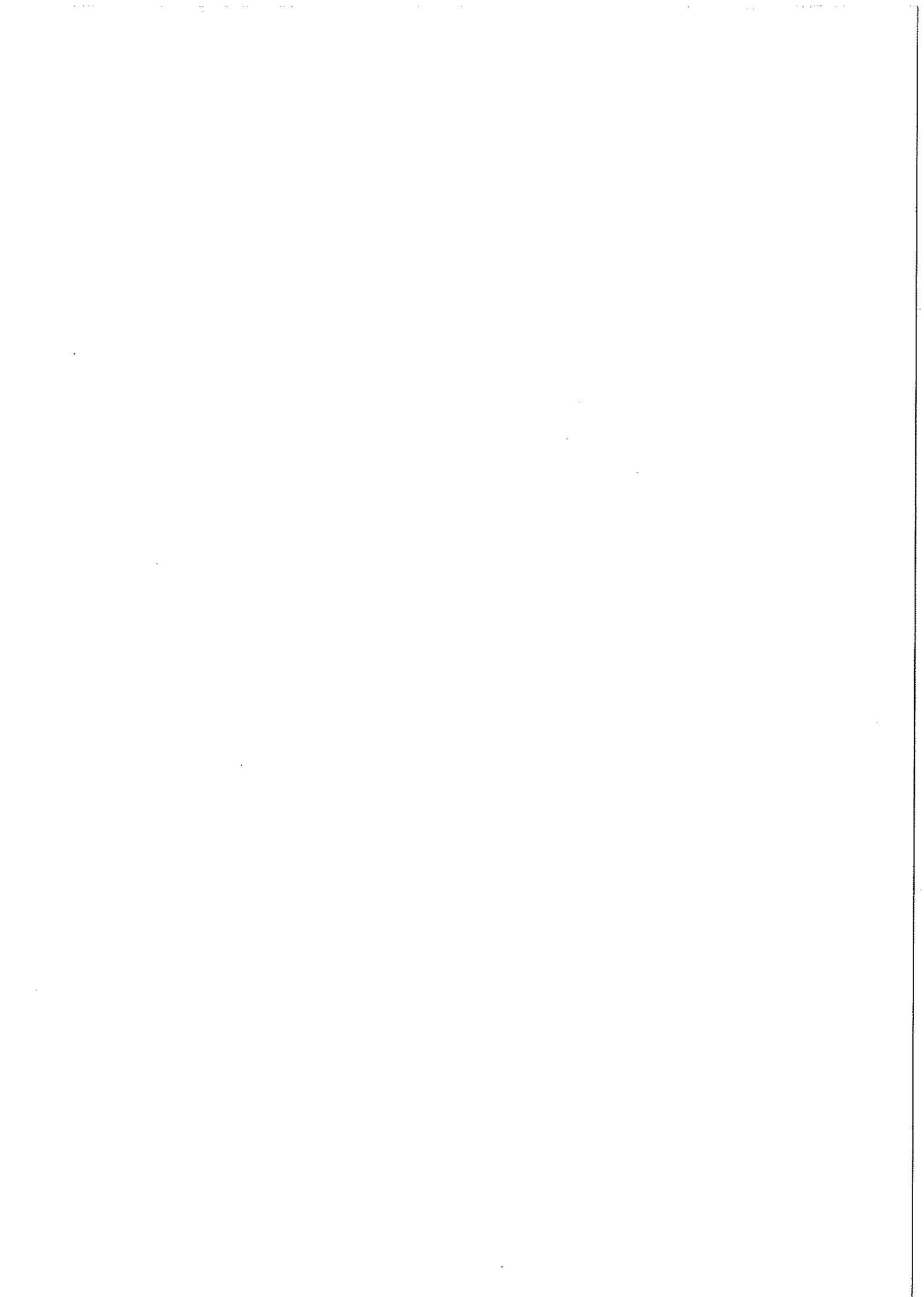
**L'EVALUATION DE L'IMPACT ECONOMIQUE
DES SITUATIONS POST-ACCIDENTELLES :
Présentation et analyse du modèle COSYMA**

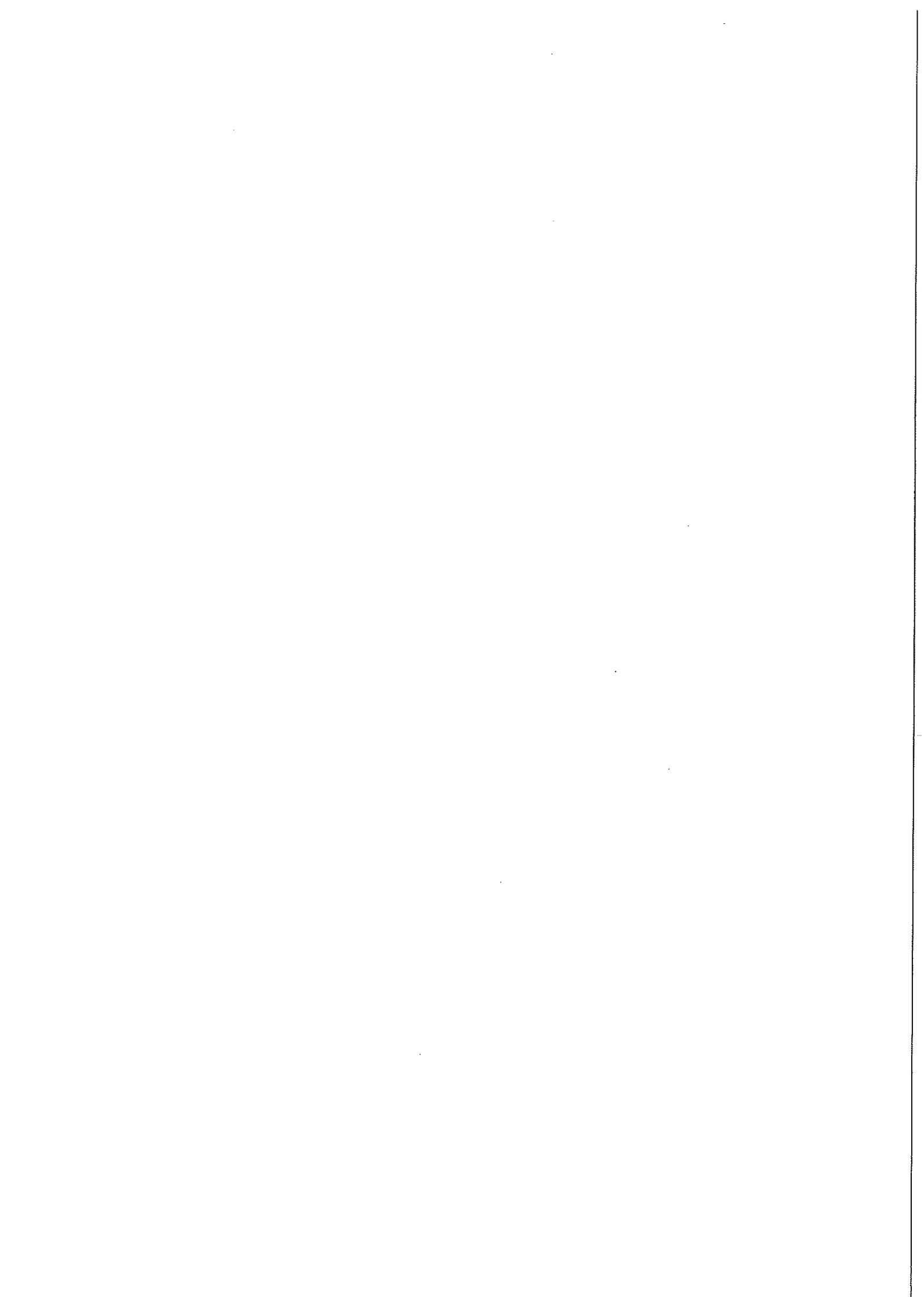
D. PROULT, B. DESAIGUES

Juin 1993

Contrat CCE DG-XII - Environnement EC/US External cost of fuel cycles project







RESUME

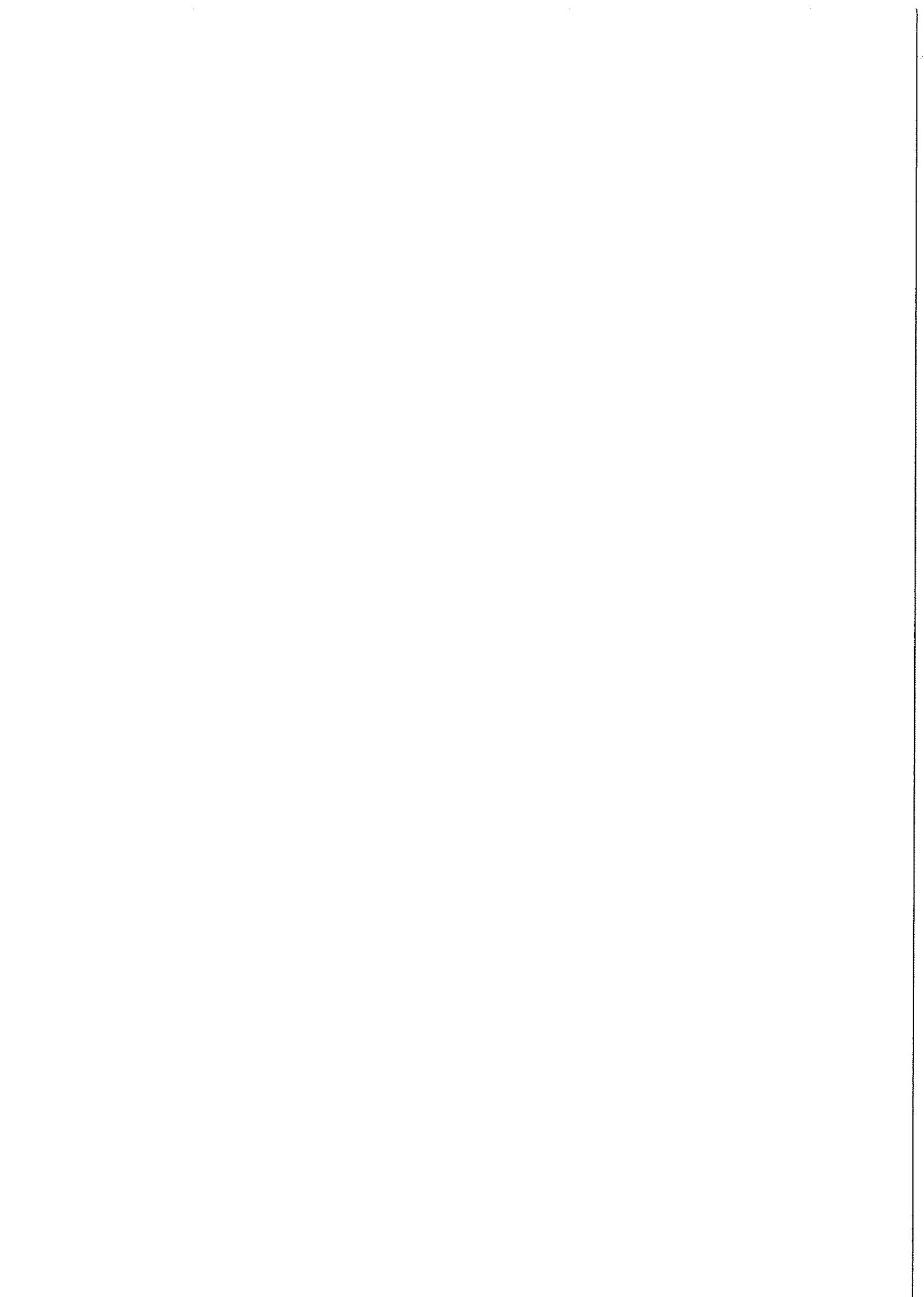
Dans le cadre du programme de recherche "post-Tchernobyl", la Commission des Communautés Européennes a soutenu le développement du code de calcul COSYMA pour l'évaluation des conséquences radiologiques d'un accident nucléaire et de l'efficacité des contre-mesures envisageables pour réduire ces conséquences. Ce code intègre un module économique (ECONOM) qui permet de traduire les conséquences physiques en termes monétaires.

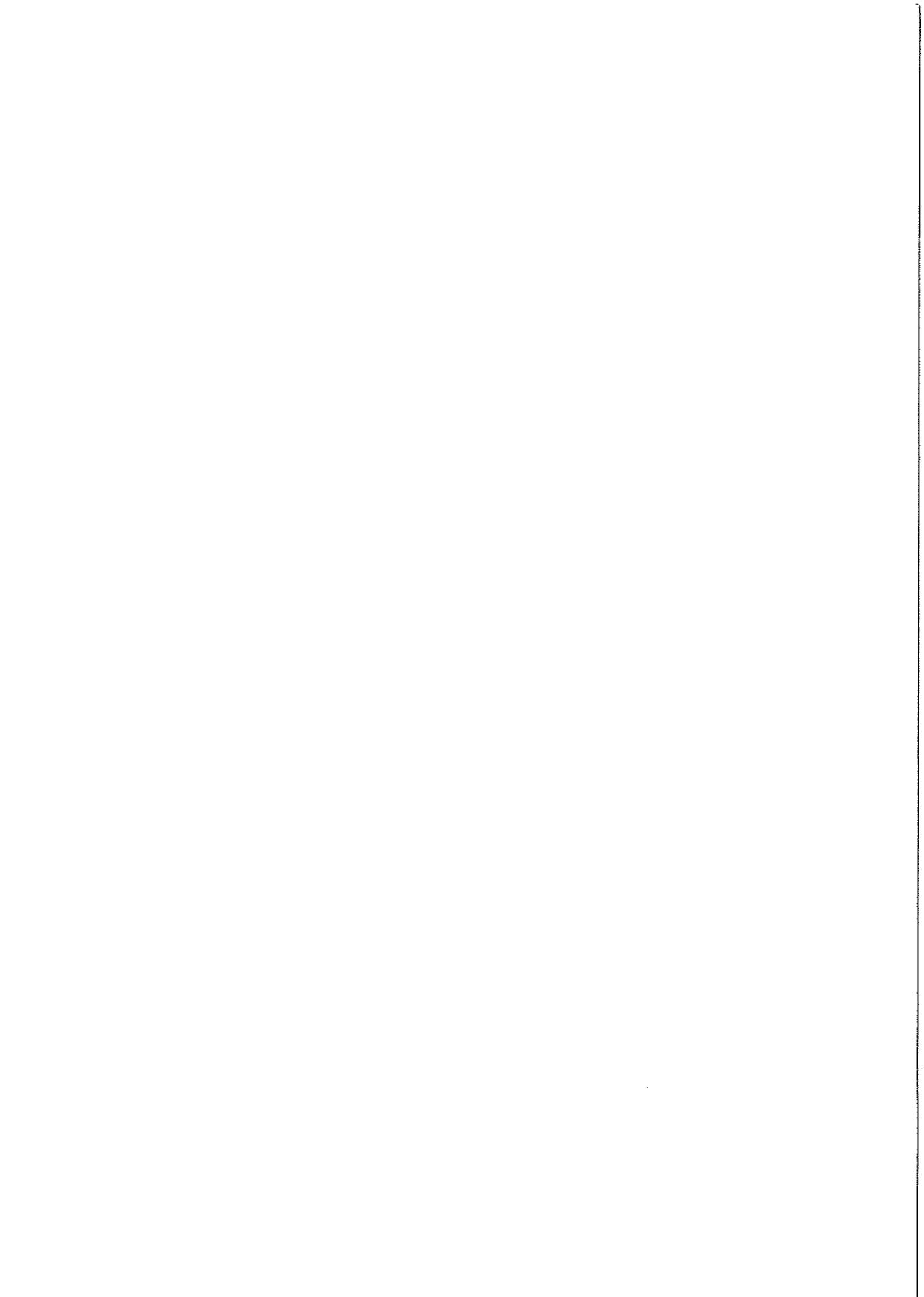
En théorie, le coût d'un accident nucléaire devrait être mesuré par les ressources nécessaires pour restaurer, à son niveau de satisfaction initial, le bien-être des agents affectés. Dans cette perspective, l'objectif serait de mesurer la somme nécessaire pour compenser l'ensemble des agents du total des pertes qu'ils ont subies, en prenant également en compte le coût des préférences et des comportements sociaux induits par un tel événement.

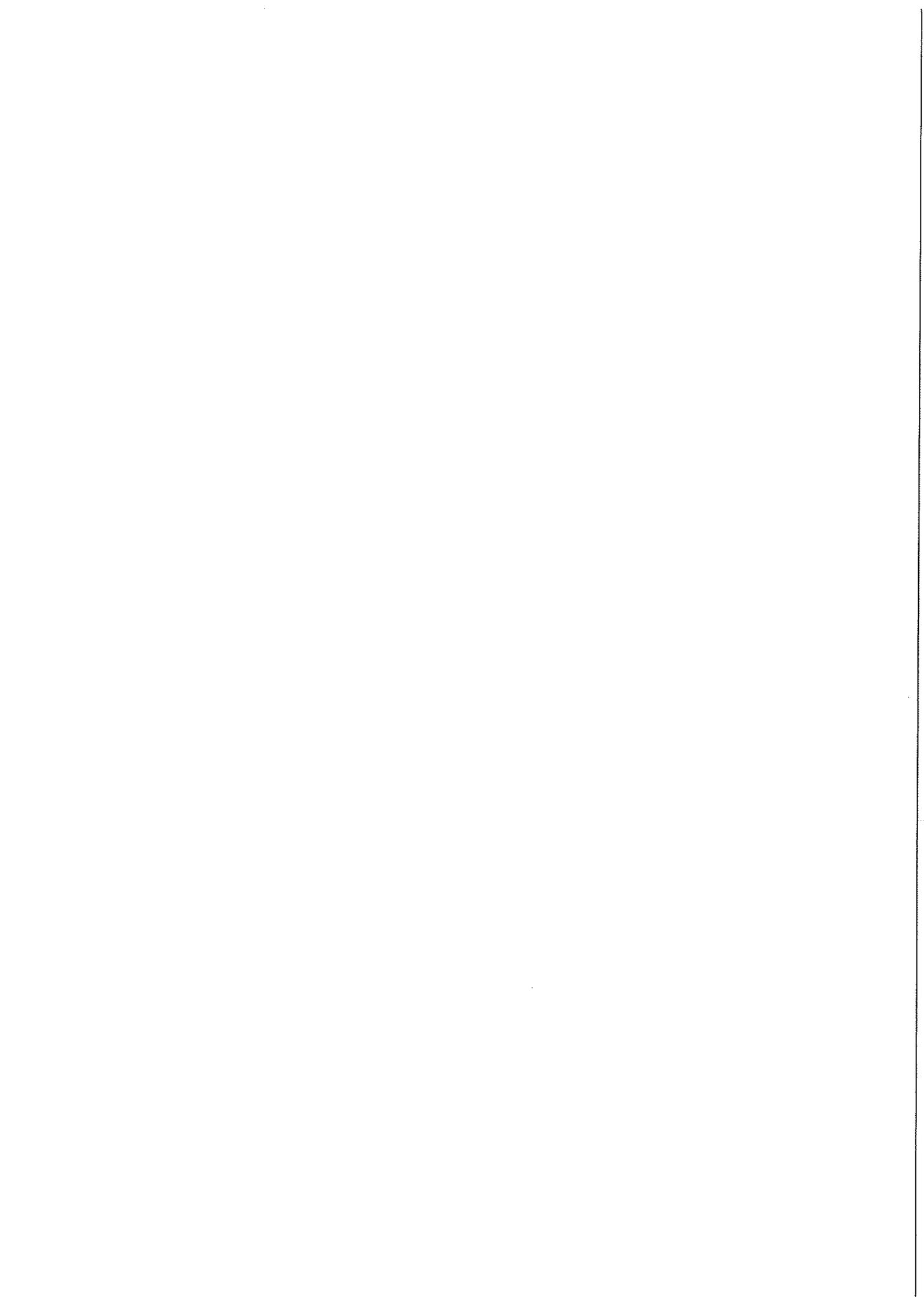
Le module ECONOM est limité à l'estimation des coûts associés aux actions directes nécessaires pour restaurer la situation qui prévalait avant l'accident : les effets induits sur la production et la consommation dans le reste de l'économie ainsi que les impacts socio-politiques et écologiques ne sont pas pris en compte. Cette limitation est justifiée par les difficultés pour quantifier les conséquences politiques et sociales ainsi que les éléments non marchands et intangibles ("peine", anxiété...) et pour appréhender de façon prospective les modifications de comportement qu'induirait un accident. Par ailleurs, le module ECONOM ne tient pas compte des mécanismes compensatoires susceptibles d'être mis en œuvre immédiatement après l'accident et qui peuvent avoir un impact redistributif non négligeable.

Le module ECONOM constitue un cadre cohérent et facile à mettre en œuvre qui pourrait, moyennant quelques aménagements, être élargi aux conséquences directes et indirectes au niveau macro-économique. De plus, dans une perspective de gestion, il pourrait être intéressant, sur la base du modèle existant, de prendre en compte l'incidence économique des différents systèmes de compensation envisageables.

Ce rapport présente d'une part, une analyse synthétique du module économique ECONOM et, d'autre part, propose une amélioration possible de ce module en vue de mieux appréhender les conséquences macro-économiques associées à un accident nucléaire.

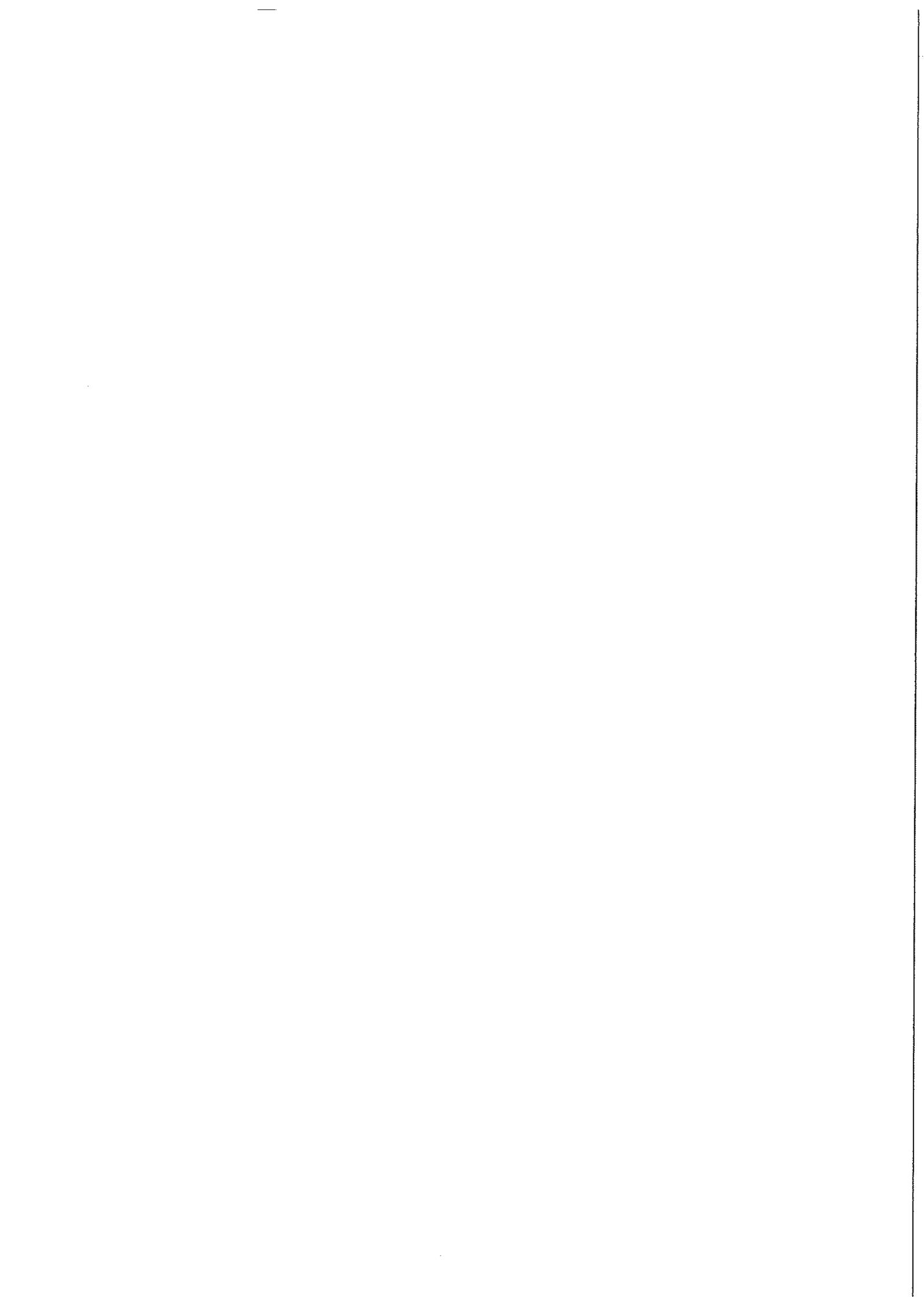


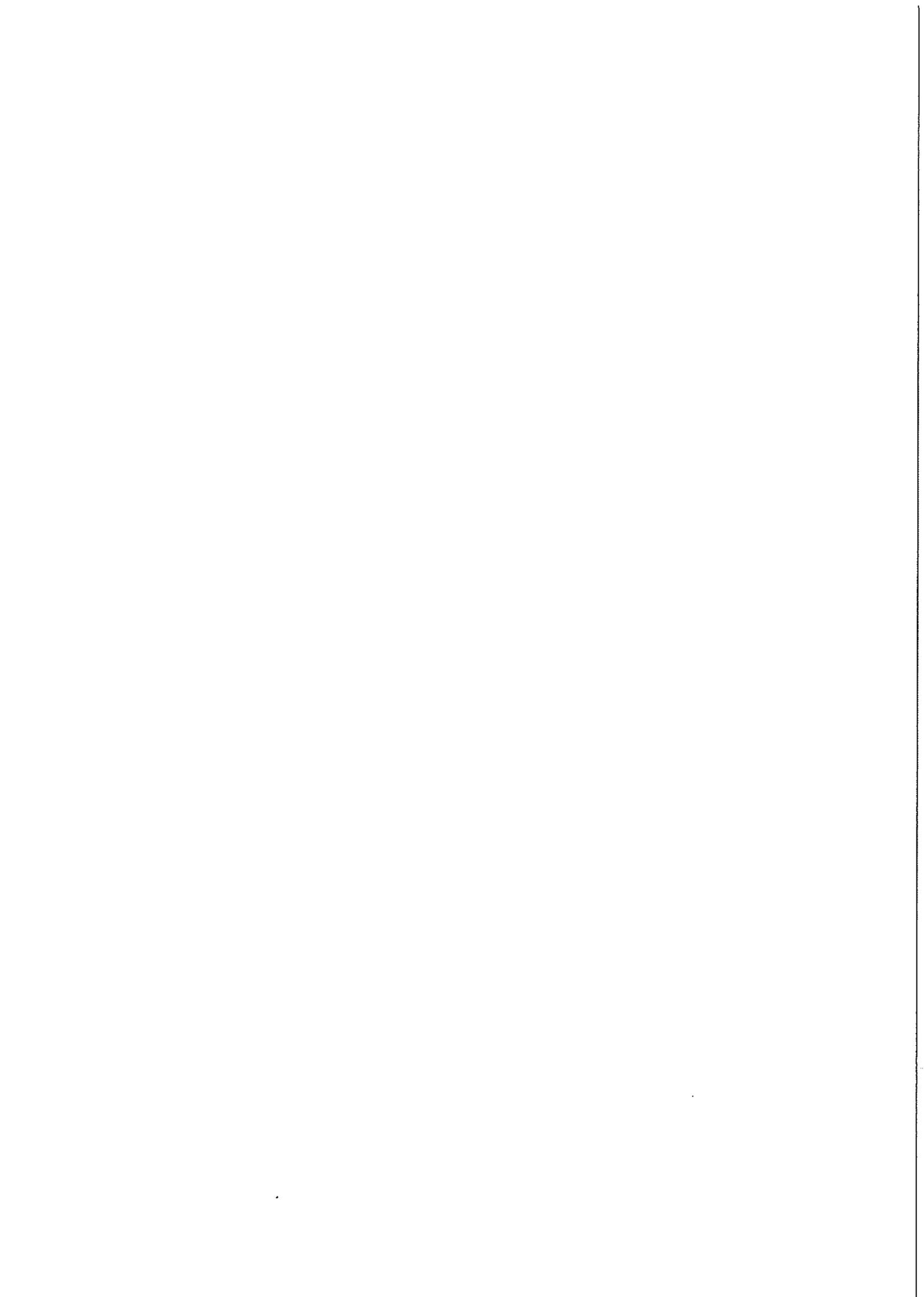


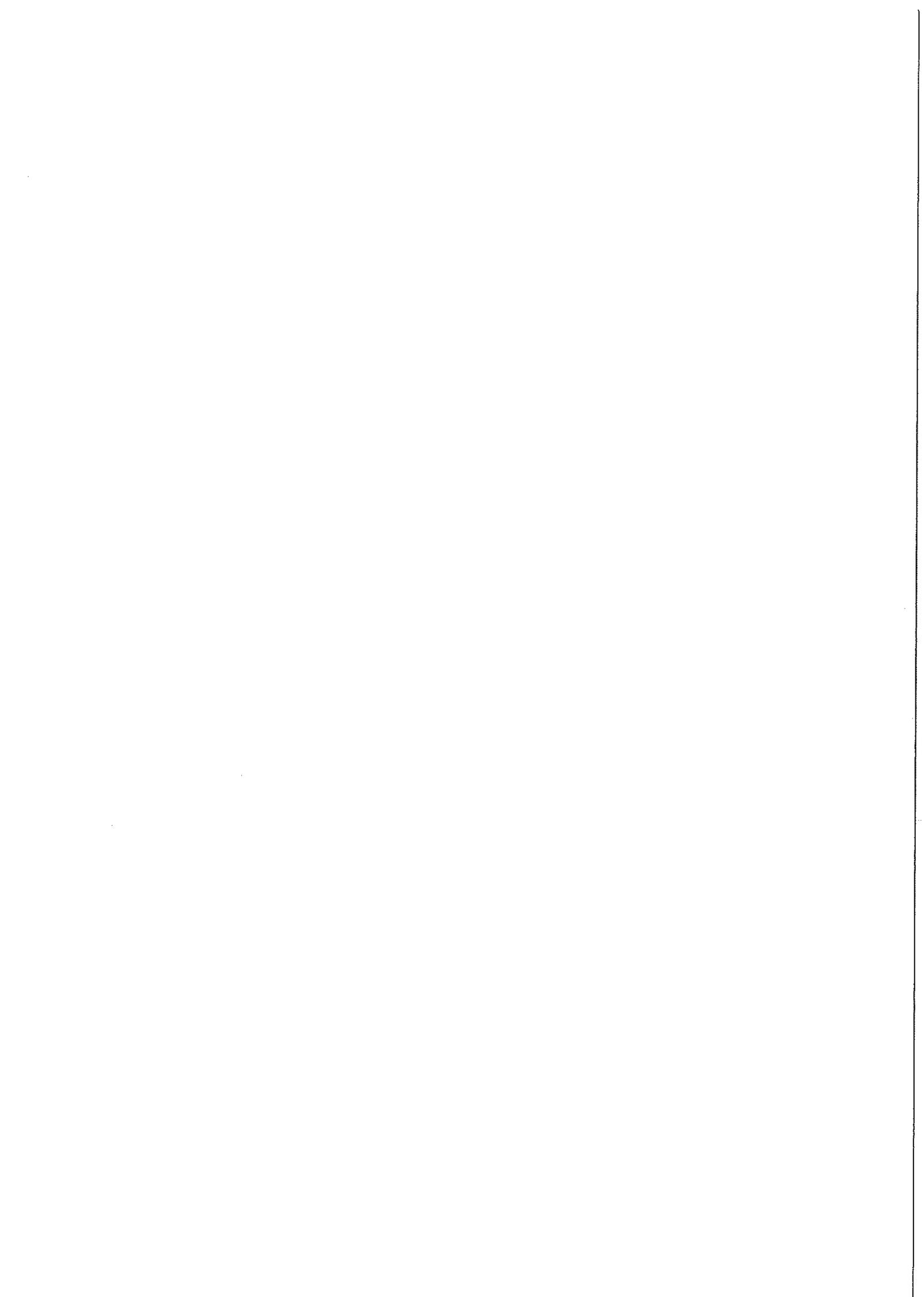


SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. LE MODULE ECONOMIQUE	5
2.1. Les coûts liés aux déplacements de la population	5
2.1.1. Les pertes de revenus	6
2.1.2. Les pertes de capital	7
2.1.3. Les pertes en logement	9
2.1.4. Les coûts de transport ou d'évacuation	11
2.2. Les coûts liés aux interdictions de consommation des produits agricoles	11
2.2.1. Le coût des denrées alimentaires perdues	11
2.2.2. Le coût des pertes de valeur du capital agricole	12
2.2.3. Le coût de la destruction du stock de produits agricoles	13
2.3. Le coût de la décontamination	14
2.4. Les impacts sur la santé	14
2.5. Synthèse	16
3. VERS UNE ESTIMATION PLUS COMPLETE DES CONSEQUENCES ECONOMIQUES	21
3.1. Des choix discutables	21
3.1.1. Quelques critiques internes au modèle	21
3.1.2. Les limites du module ECONOM	23
3.2. Une amélioration possible du module ECONOM	27
3.2.1. Présentation générale du modèle	27
3.2.2. Le calcul des différents éléments	29
4. CONCLUSION	35
REFERENCES	37
ANNEXE	39







1. INTRODUCTION

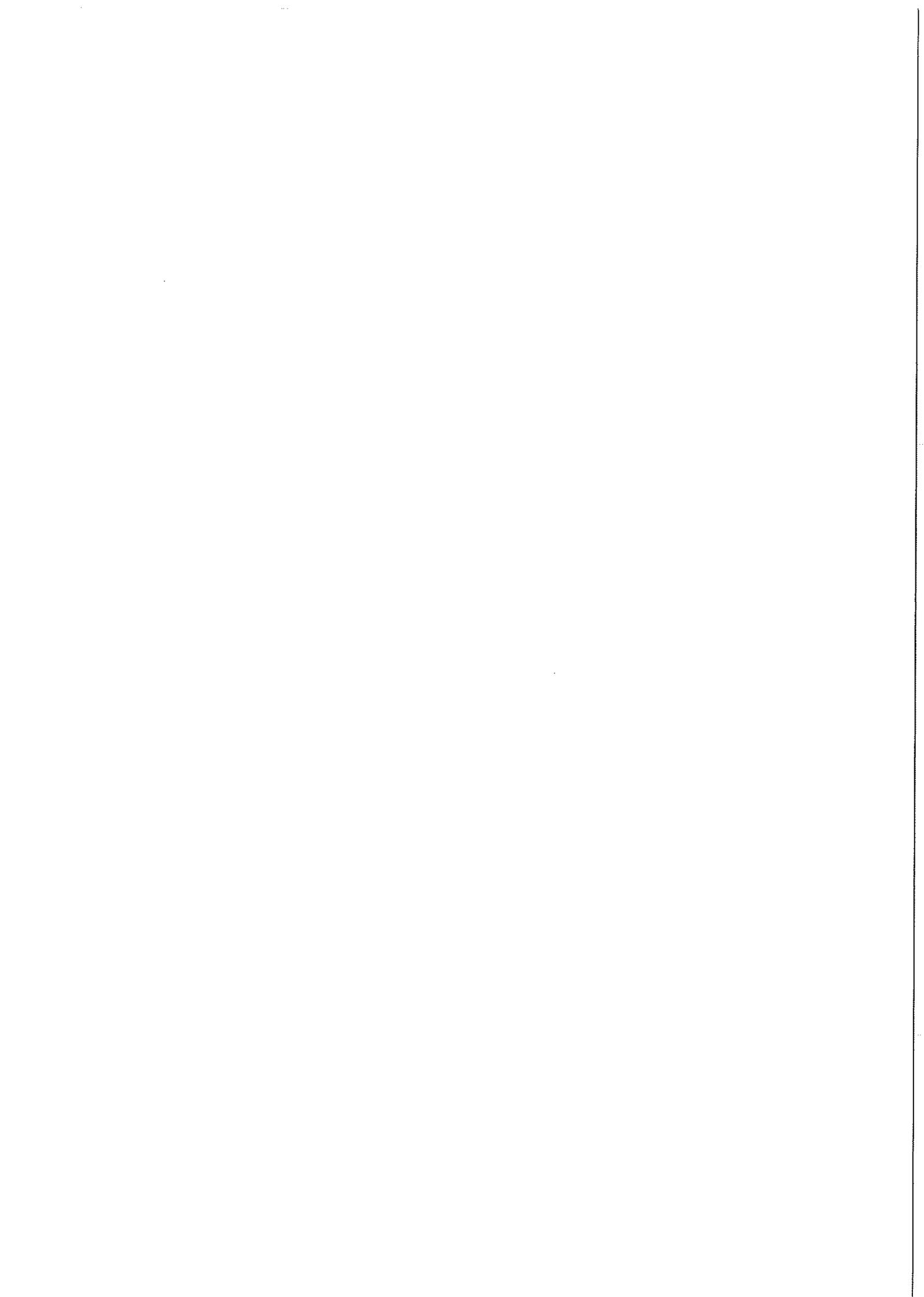
Dans le cadre du programme de recherche "post-Tchernobyl", la Commission des Communautés Européennes a soutenu le développement du code de calcul COSYMA pour l'évaluation des conséquences radiologiques d'un accident nucléaire et de l'efficacité des contremesures envisageables pour réduire ces conséquences. Ce code, mis au point par le Kernforschungszentrum de Karlsruhe (KfK) en Allemagne et le National Radiological Protection Board (NRPB) en Grande Bretagne, intègre un module économique (ECONOM) qui permet de traduire les conséquences physiques en termes monétaires [1, 2].

L'objectif de ce rapport est d'une part, de présenter une analyse synthétique du module économique ECONOM intégré dans le modèle COSYMA en rappelant les principaux choix conceptuels effectués par les auteurs et, d'autre part, de proposer une amélioration possible de ce module en vue de mieux appréhender les conséquences économiques associées à un accident nucléaire.

En théorie, le coût d'un accident nucléaire peut être mesuré par les ressources nécessaires pour restaurer, à son niveau de satisfaction initial, le bien-être des agents affectés. L'objectif serait alors de mesurer la somme nécessaire pour compenser l'ensemble des agents du total des pertes qu'ils ont subies, en prenant également en compte le coût des préférences et des comportements sociaux induits par un tel événement. Le coût ainsi défini devrait intégrer, en même temps que l'impact monétaire direct et indirect, des éléments non marchands tels que la "peine", l'anxiété ainsi que toutes les conséquences non monétaires associées à l'accident. Ces coûts peuvent être supportés par des individus, des entreprises et des administrations ou correspondre à des dommages environnementaux. Le coût global d'un accident devrait prendre en compte l'ensemble de ces éléments.

Ainsi, les modèles d'estimation devraient intégrer toutes les dépenses engagées directement ou de façon induite :

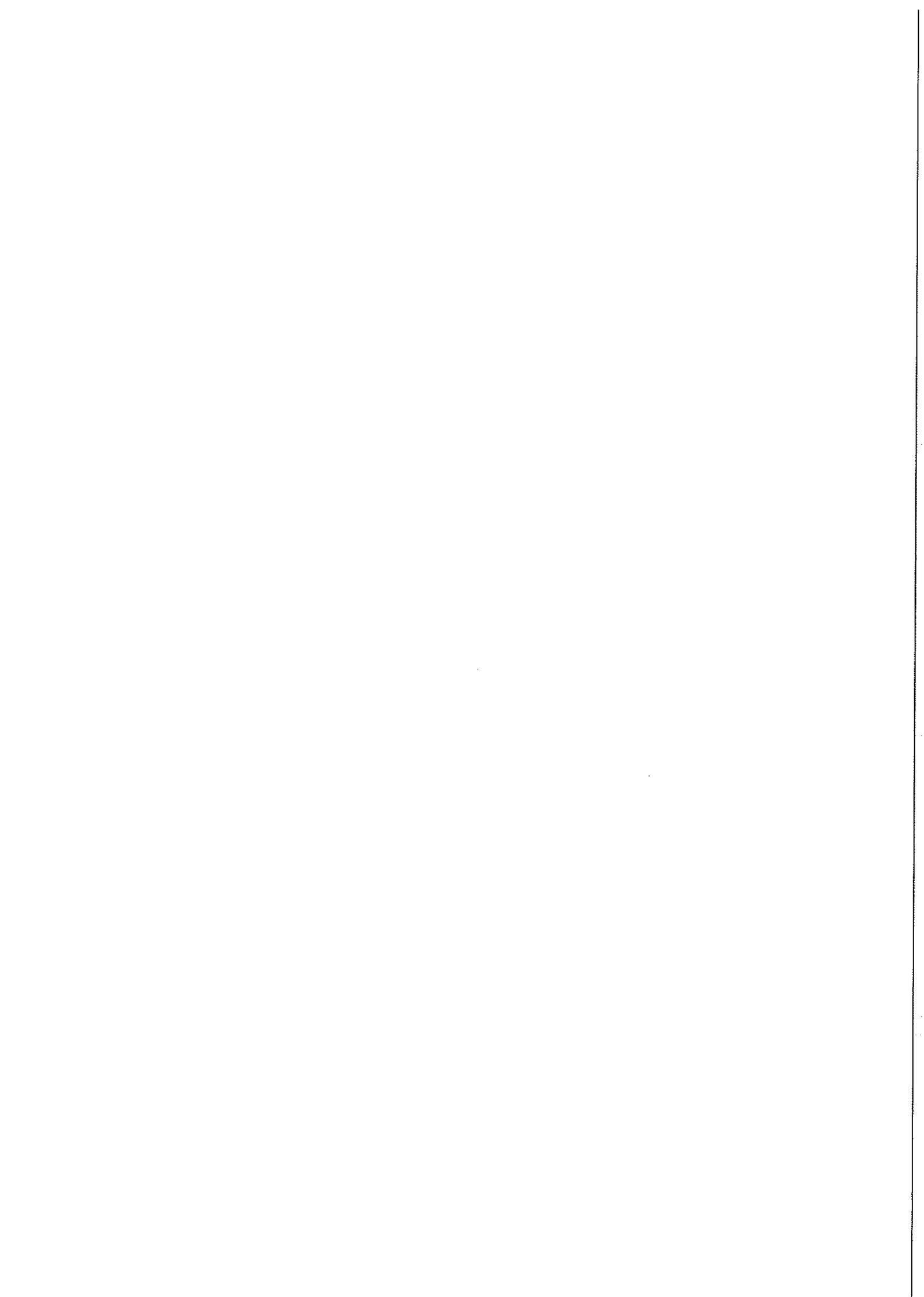
- le coût des mesures d'urgence prises pour réduire les risques sanitaires
- le coût des impacts sur la santé à moyen et long terme pour les populations exposées aux radiations
- le coût associé aux effets induits sur l'activité économique
- les coûts associés aux conséquences politiques et sociales
- les coûts des dommages à l'environnement



Le module ECONOM est en fait limité à l'estimation des coûts associés aux actions directes nécessaires pour restaurer la situation qui prévalait avant l'accident. De plus, le module n'estime que le coût direct de l'accident, dans les limites de la région affectée. Les auteurs mentionnent explicitement que les effets induits sur la production et la consommation dans le reste de l'économie ainsi que les impacts socio-politiques et écologiques ne sont pas pris en compte. Cette limitation est justifiée par les difficultés pour quantifier les conséquences politiques et sociales ainsi que les éléments non marchands, notamment les conséquences intangibles ("peine", anxiété...) et pour appréhender de façon prospective les modifications de comportement qu'induirait un accident.

Enfin, il faut mentionner que le module ECONOM ne tient pas compte des mécanismes compensatoires susceptibles d'être mis en œuvre immédiatement après l'accident (subventions, aides publiques, assurances, compensations diverses,...). Ces divers mécanismes peuvent avoir un impact redistributif non négligeable qui modifie le coût total de l'accident.

Dans une première partie, le rapport présente les différents éléments de coût pris en compte ainsi que les méthodes retenues pour leur évaluation dans le module ECONOM. La deuxième partie, propose une estimation de l'évaluation des impacts macro-économiques (variation du revenu, de la consommation et de la valeur ajoutée) induits par les conséquences directes de l'accident.



2. LE MODULE ECONOMIQUE

Le modèle COSYMA est décomposé en trois sous-systèmes :

- le système "near early" (NE) qui prend en compte les premiers effets dans un rayon maximal de 100 km autour de la centrale,
- le système "near late" (NL) qui prend en compte les effets à moyen terme (jusqu'à 3 ans) et les effets sanitaires à long terme (200 ans) dans un rayon maximal de 100 km autour de la centrale,
- le système "far late" (FL) qui prend en compte les mêmes effets que le système NL dans un rayon compris entre 100 et 2000 km autour de la centrale.

Le module ECONOM permet d'affecter des valeurs monétaires aux impacts calculés par les 3 sous-systèmes, puis de les sommer pour obtenir le coût économique global de l'accident. Rappelons pour mémoire qu'il s'agit du coût estimé en dehors de la centrale, le coût des dommages subis par cette dernière et les pertes de production n'étant pas pris en compte. On suppose, de plus, que l'électricité fournie en remplacement pourra être obtenue par des moyens de substitution sans coût supplémentaire.

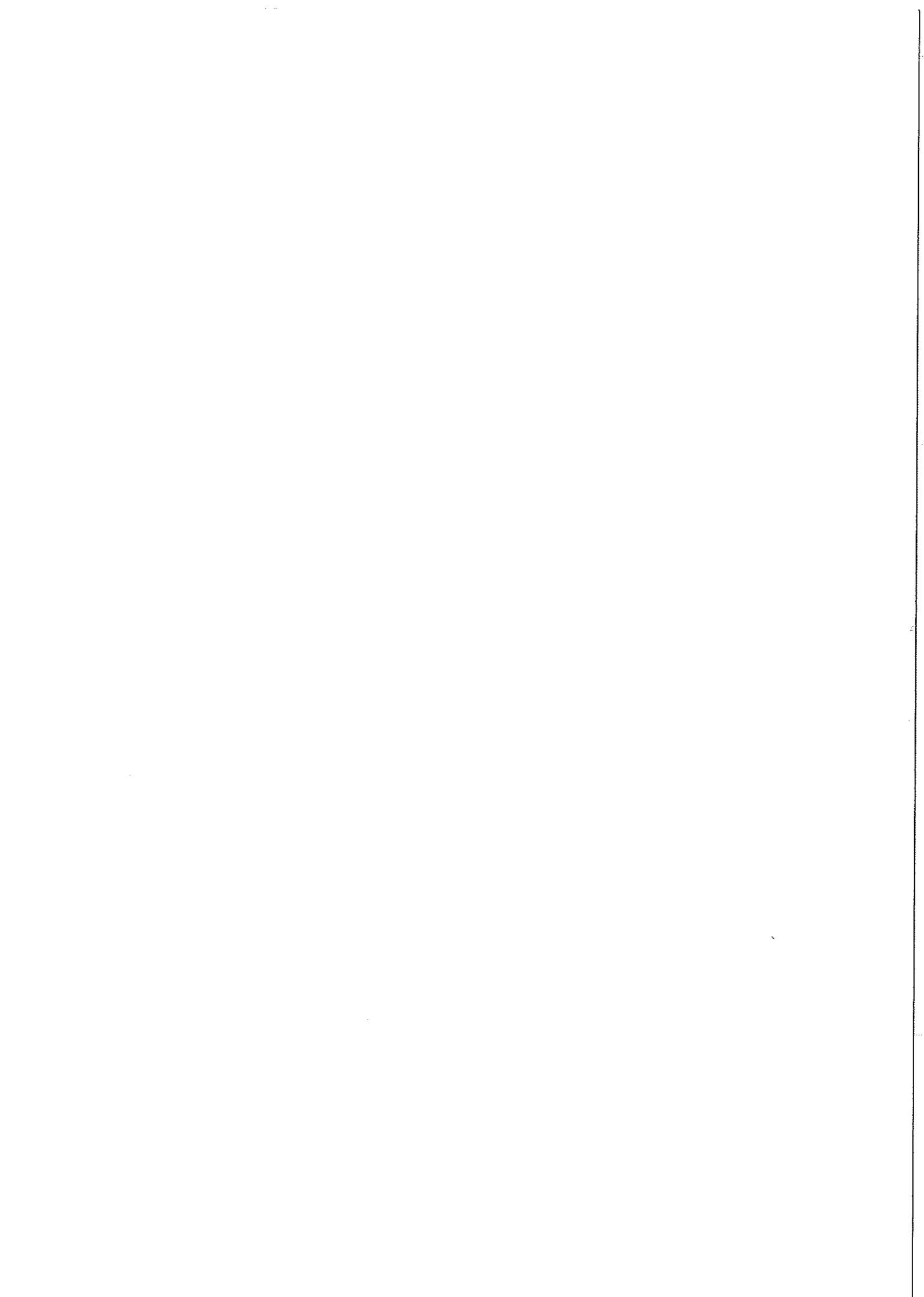
Les coûts pris en compte correspondent :

- aux contre-mesures instaurées pour réduire l'exposition des populations (mesures de protection directes, évacuation ou relogement, restriction sur les denrées alimentaires),
- aux actions de décontamination,
- aux effets sur la santé,
- aux effets directs sur les activités économiques (agriculture, industrie, service).

Les paragraphes suivants présentent de façon détaillée, la méthodologie retenue pour l'évaluation de ces différents coûts.

2.1. Les coûts liés aux déplacements de la population

Ces déplacements correspondent d'une part, à l'évacuation des populations principalement pendant le passage du nuage radioactif et, d'autre part, au relogement des populations situées



dans des zones où la contamination à moyen terme est jugée trop élevée pour maintenir des conditions de vie normales.

Le module ECONOM intègre un certain nombre de coûts directement liés à cette nécessité de déplacement de la population. Ce sont les pertes de revenus, les pertes de valeurs du capital, les pertes de logement et les coûts de transports.

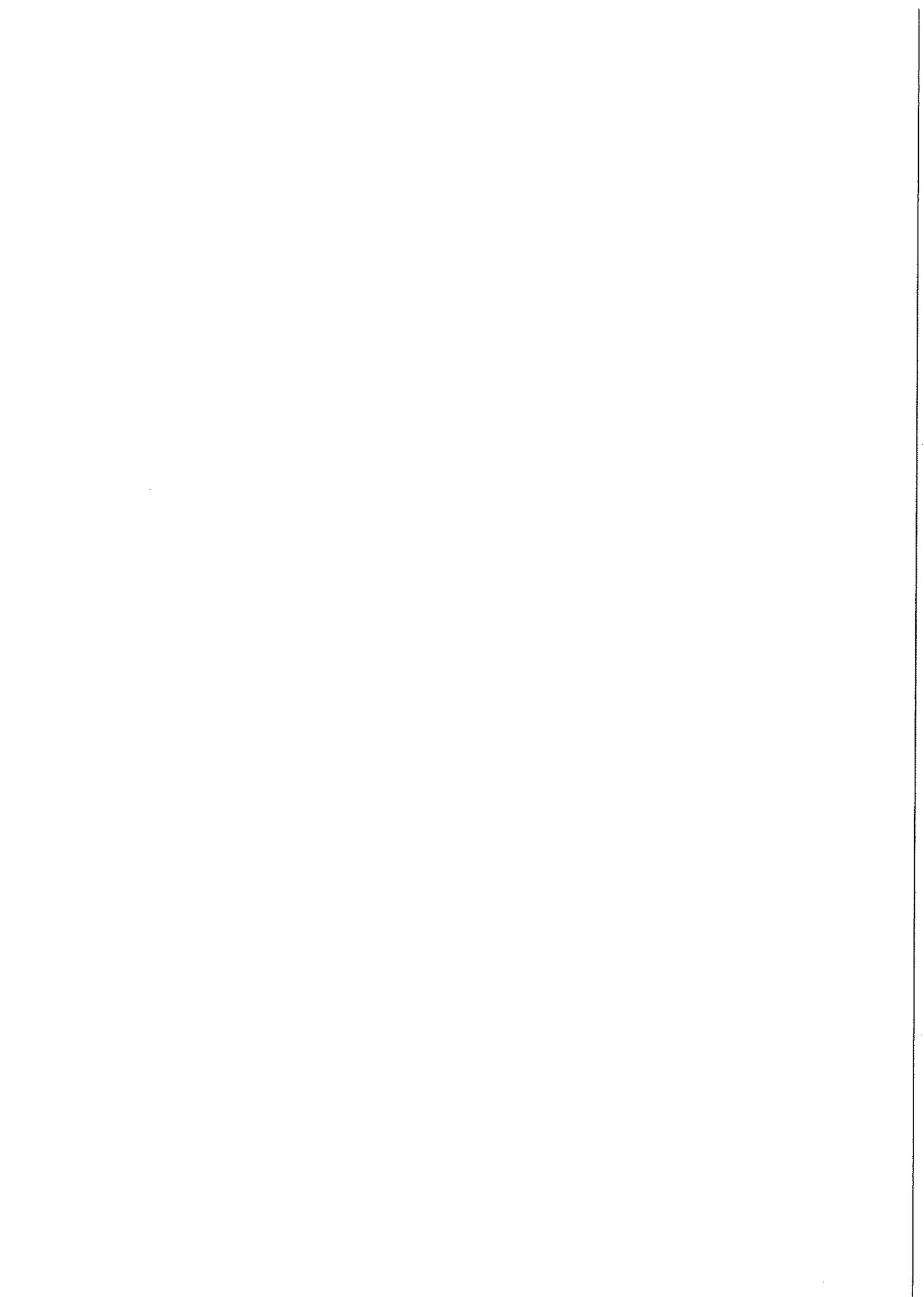
2.1.1. Les pertes de revenus

Les populations concernées par l'évacuation ou le relogement ne peuvent plus assurer leur tâche productive. Ainsi leur contribution à l'économie nationale est perdue. Cette perte est évaluée à partir du Produit Intérieur Brut (PIB) national ou régional par personne. Cet agrégat est la somme des revenus des personnes et des entreprises ainsi que les loyers des terres et des logements.

Cet indicateur a été préféré à d'autres agrégats pour plusieurs raisons. Tout d'abord il intègre les amortissements représentatifs de la dépréciation du capital, à l'inverse du Produit Intérieur Net (PIN), d'autre part, il exclut les revenus des entreprises nationales réalisés à l'étranger, alors que le Produit National Brut les prend en compte.

Ainsi, le choix du PIB traduit deux hypothèses implicites du modèle. Il est supposé, dans un premier temps, que la dépréciation du capital ne s'arrêtera pas avec l'accident et donc que la société continue à subir ce coût. Enfin, le rejet d'un agrégat national au profit d'un agrégat intérieur est justifié par le fait que l'évacuation de la zone affectée n'induit pas la cessation des transferts de revenus réalisés à l'étranger. Deux méthodes sont disponibles pour estimer la contribution d'une zone au PIB régional : soit le calcul d'un PIB moyen par surface (urbaine, rurale, industrielle), soit le calcul d'un PIB moyen par tête.

Ce coût est supposé être subi par la société dès le début des mesures de protection. Il se prolonge tant que les personnes déplacées n'ont pas retrouvé une activité professionnelle rémunérée, que ce soit à l'extérieur de la zone, ou à l'intérieur s'il s'agit d'une simple évacuation. La perte de revenu est considérée pour une durée maximale de 2 ans. Au delà de cette période, il est supposé que l'activité a été restaurée, soit dans la zone affectée si le niveau résiduel de contamination le permet, soit à l'extérieur de la zone.



La mesure du PIB prise en compte à ce niveau exclut la production agricole qui est intégrée dans une autre rubrique de la valorisation. De la même façon, si le coût des pertes en logement fait l'objet d'une estimation distincte (à la valeur réelle par exemple et non plus au PIB par tête), il convient qu'il soit alors exclu de l'agrégat utilisé.

La formule retenue pour calculer les pertes de revenus est la suivante :

- Méthode du PIB par tête

$$PR = \text{PIB/hab} \cdot t \cdot n \cdot k$$

- PR : coût des pertes de revenu
 PIB/hab : PIB par tête annuel
 t : durée de la période d'inactivité
 n : nombre de personne incapable de travailler
 k : facteur d'actualisation

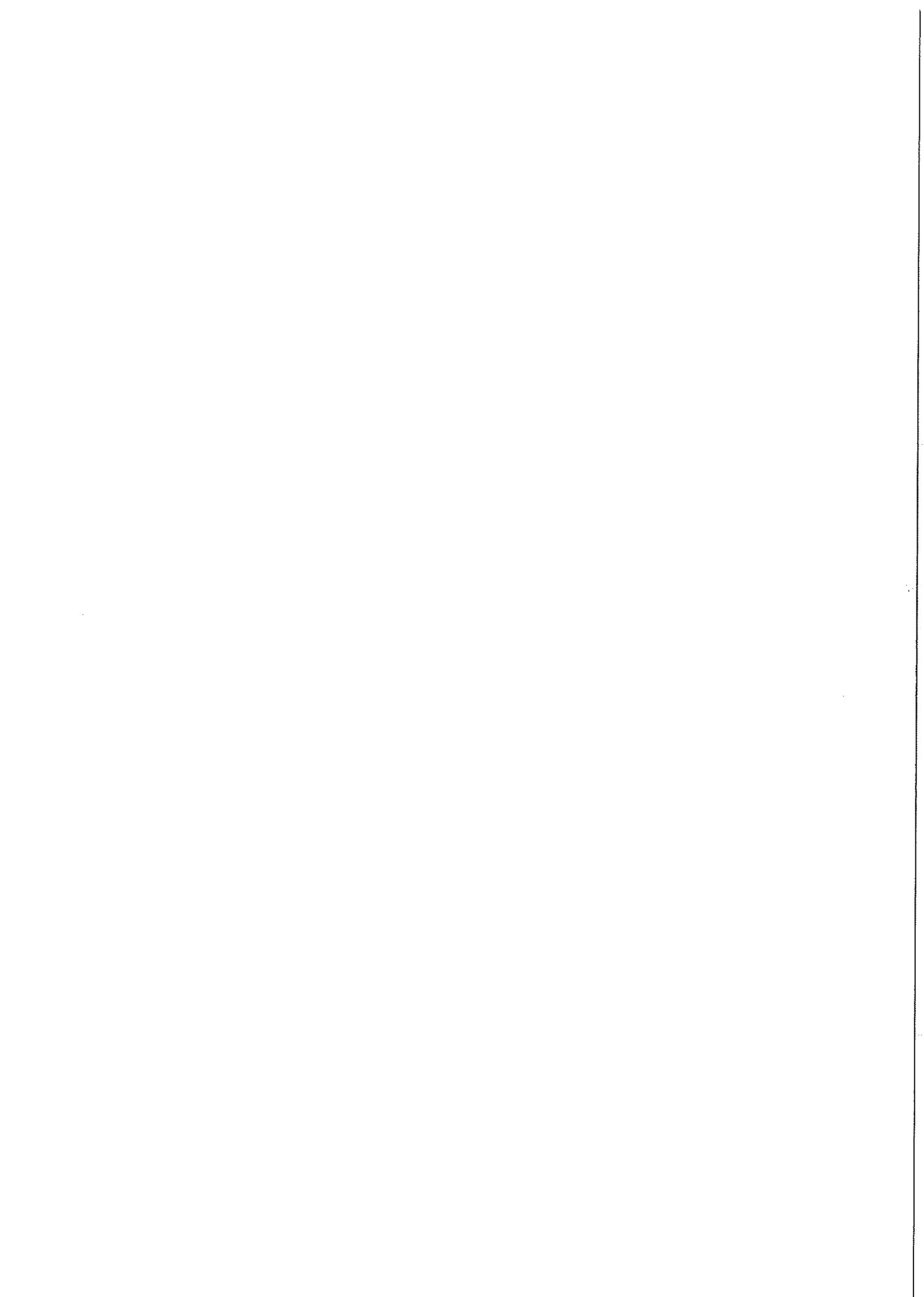
- Méthode du PIB par surface

$$PR = \text{PIB/km}^2 \cdot t \cdot s \cdot k$$

- PR : coût des pertes de revenu
 PIB/km² : PIB annuel par surface
 t : durée de la période d'inactivité
 s : surface concernée
 k : facteur d'actualisation

2.1.2. Les pertes de capital

Il est supposé qu'après un certain temps les individus reprennent leurs activités économiques . Dès lors, il n'y a plus lieu de calculer les pertes de revenus dues à l'interruption de la contribution à l'économie nationale. En revanche, dans le cas d'un relogement, puisque la population doit rester à l'extérieur de la zone affectée, le capital restant dans cette zone ne peut plus générer les



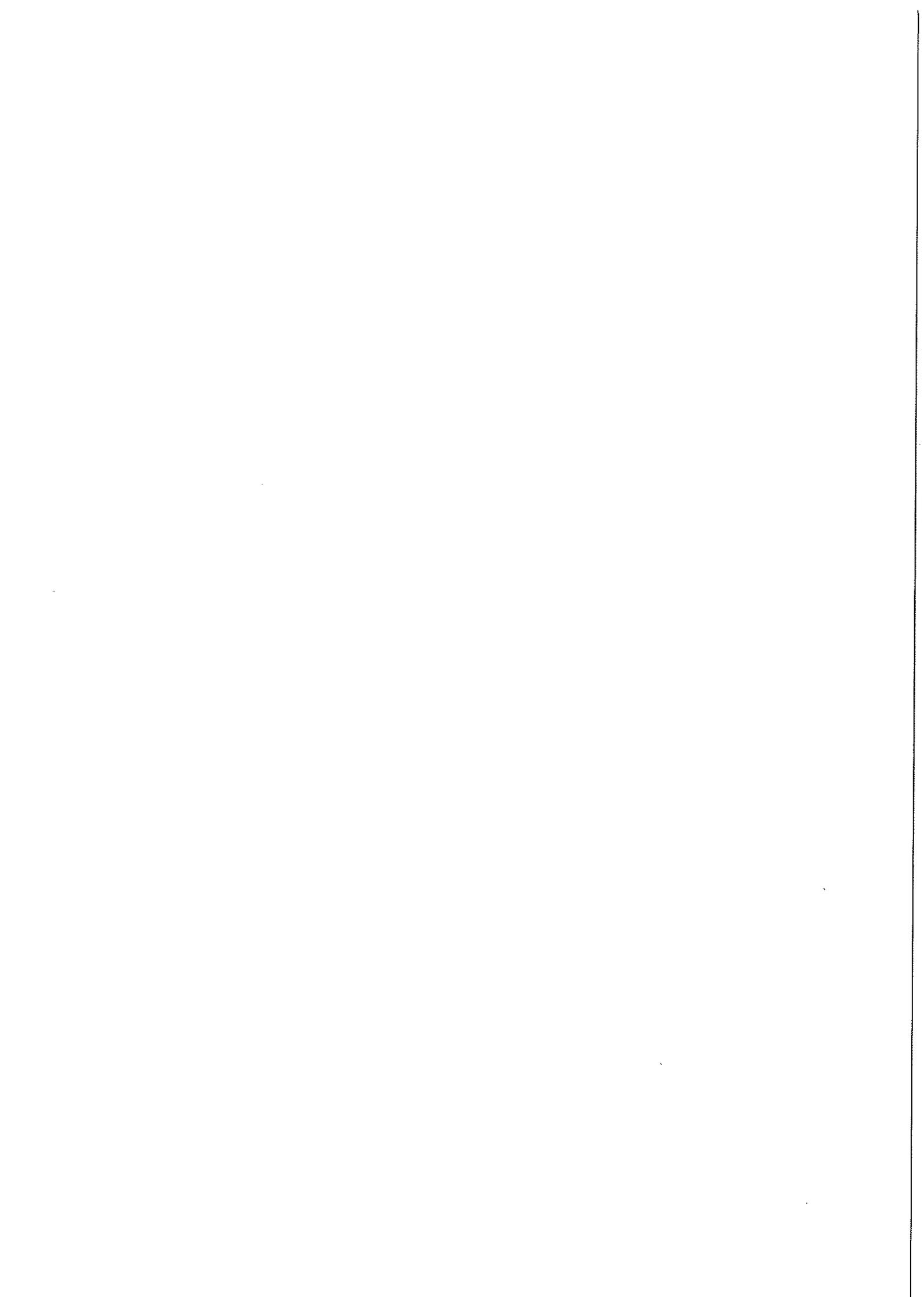
flux financiers escomptés. Dans le module ECONOM, les flux pris en compte sont la dépréciation et la perte de profit sur les investissements initiaux (estimé au taux d'intérêt).

Comme ces éléments sont intégrés dans la perte de revenu estimée par le PIB, il convient, après que la population ait retrouvé une activité professionnelle à l'extérieur de la zone, de les prendre en compte de façon spécifique. Il s'agit donc de valoriser les "pertes de services du capital", c'est-à-dire la dévalorisation et les intérêts non versés sur les investissements initiaux. Ces coûts sont calculés à partir de la valeur du capital et des taux de dépréciation et d'intérêt, ce dernier étant représentatif du taux de rentabilité du capital. La dépréciation correspond au taux naturel de dépréciation auquel est ajouté un facteur traduisant l'accélération de ce mouvement due au manque de maintenance, et d'utilisation du capital. Sous ce terme sont regroupés le stock de capital fixe, les habitations, les biens durables ainsi que les terrains non agricoles. Le coût des pertes de service est calculé séparément pour chacun d'eux afin de pouvoir appliquer des taux de dépréciation différenciés aux différentes valeurs du stock de capital.

La valeur des trois premiers éléments doit refléter le coût nécessaire pour leur remplacement dans l'état où ils étaient le jour de l'accident. Dans ce cadre, la mesure appropriée est une valeur nette de ce capital intégrant la dévalorisation qu'il a déjà subie. L'approche la plus simple pour définir la valeur nette totale du capital présent sur la zone lors de l'accident est d'en déterminer une valeur par personne et de la multiplier par le nombre de personnes évacuées.

Dans le module ECONOM, l'hypothèse retenue est que la dévalorisation du capital suit un processus exponentiel similaire au calcul des pertes d'intérêts. Inversement, le modèle suppose que la terre ne subit pas de dévalorisation. Cette hypothèse induit qu'il n'y a pas de différence entre la valeur brute et la valeur nette du stock de terrain. Elle implique également que les pertes de flux financiers se limitent aux pertes de profit estimées par le taux d'intérêt. Pour calculer cette perte de flux financier et de valeur du capital, le modèle est construit sur l'hypothèse simplificatrice que le coût pour une année particulière est représentatif du coût annuel moyen de ces pertes.

En conclusion, les formules utilisées pour le calcul des pertes de service du capital sont les suivantes :



- Pour les capitaux à l'exception des terrains :

$$PSC = \sum_j C_j \cdot n \cdot (1 - d_j)^t \cdot (d_j + i) \cdot t \cdot k$$

PSC	: coût des pertes de services du capital (hors terrains)
j	: nature du capital (stock de biens fixes, habitations, biens durables)
C _j	: valeur du capital j par tête dans la région
n	: nombre de personnes relogées
d _j	: taux de dépréciation pour le capital j
t	: durée de la période considérée
i	: taux d'intérêt
k	: facteur d'actualisation moyen sur la période

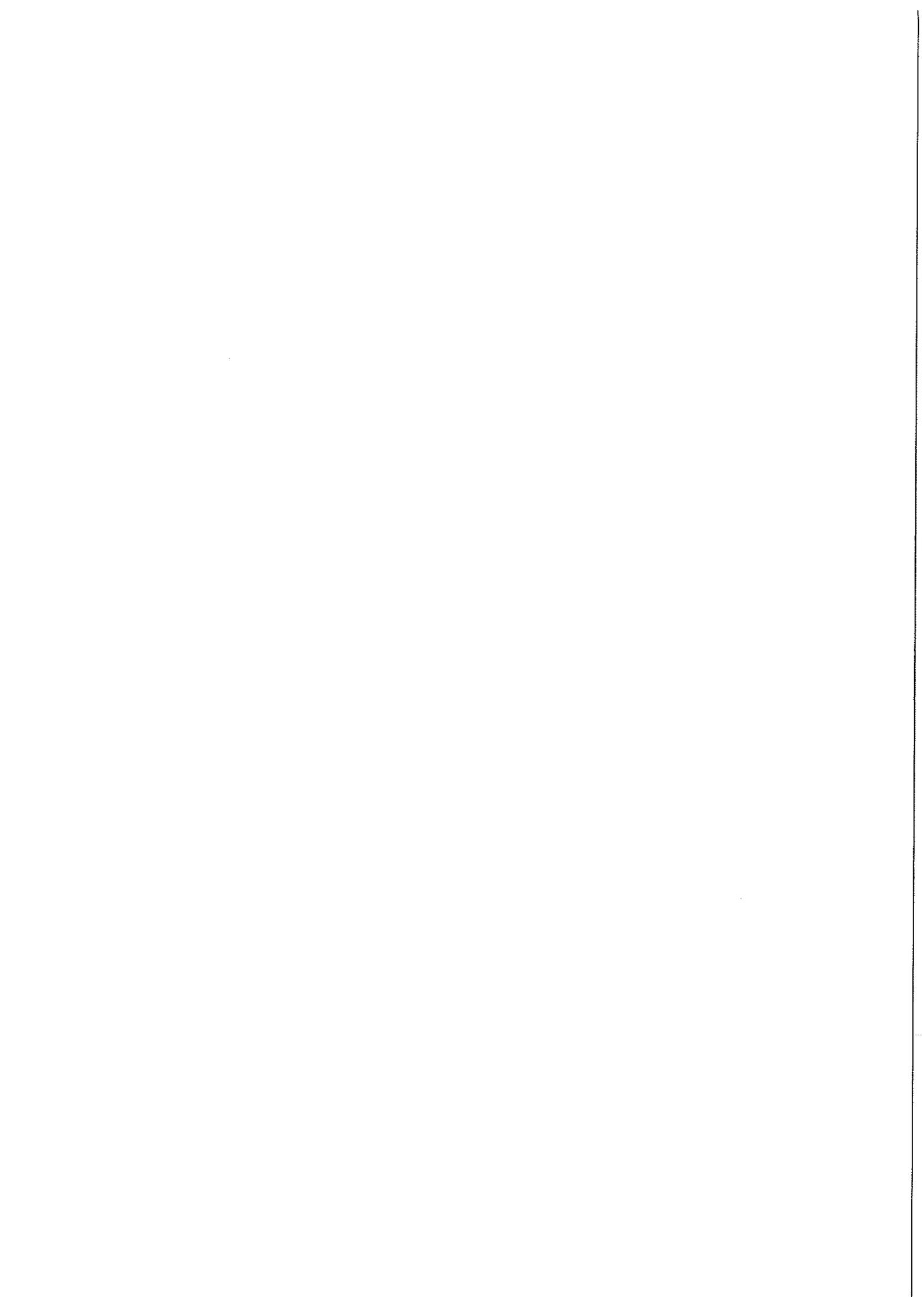
- Pour les terrains :

$$PSCT = T \cdot s \cdot i \cdot t \cdot k$$

PSCT	: coût des pertes de services du capital pour les terrains
T	: valeur des terrains dans la région
s	: surface des zones dont la population a été relogée
t	: durée de la période considérée
i	: taux d'intérêt
k	: facteur d'actualisation moyen sur la période

2.1.3. Les pertes en logement

Pour l'évaluation des pertes en logement, plusieurs éléments peuvent être considérés : le coût des pertes de bénéfices liés à l'ancien logement, le coût du relogement d'urgence et enfin les bénéfices éventuels retirés du nouveau logement. Afin d'éviter les doubles comptes, il convient de considérer, soit le coût de l'ancien, soit celui du nouveau.



Dans le module ECONOM, les pertes de bénéfices sont estimées par approximation du coût du logement quitté. Il y a donc une différence de traitement par rapport aux autres évaluations. En effet il ne s'agit plus d'une évaluation du coût direct de l'offre de logements alternatifs mais d'une estimation du coût subi par les populations.

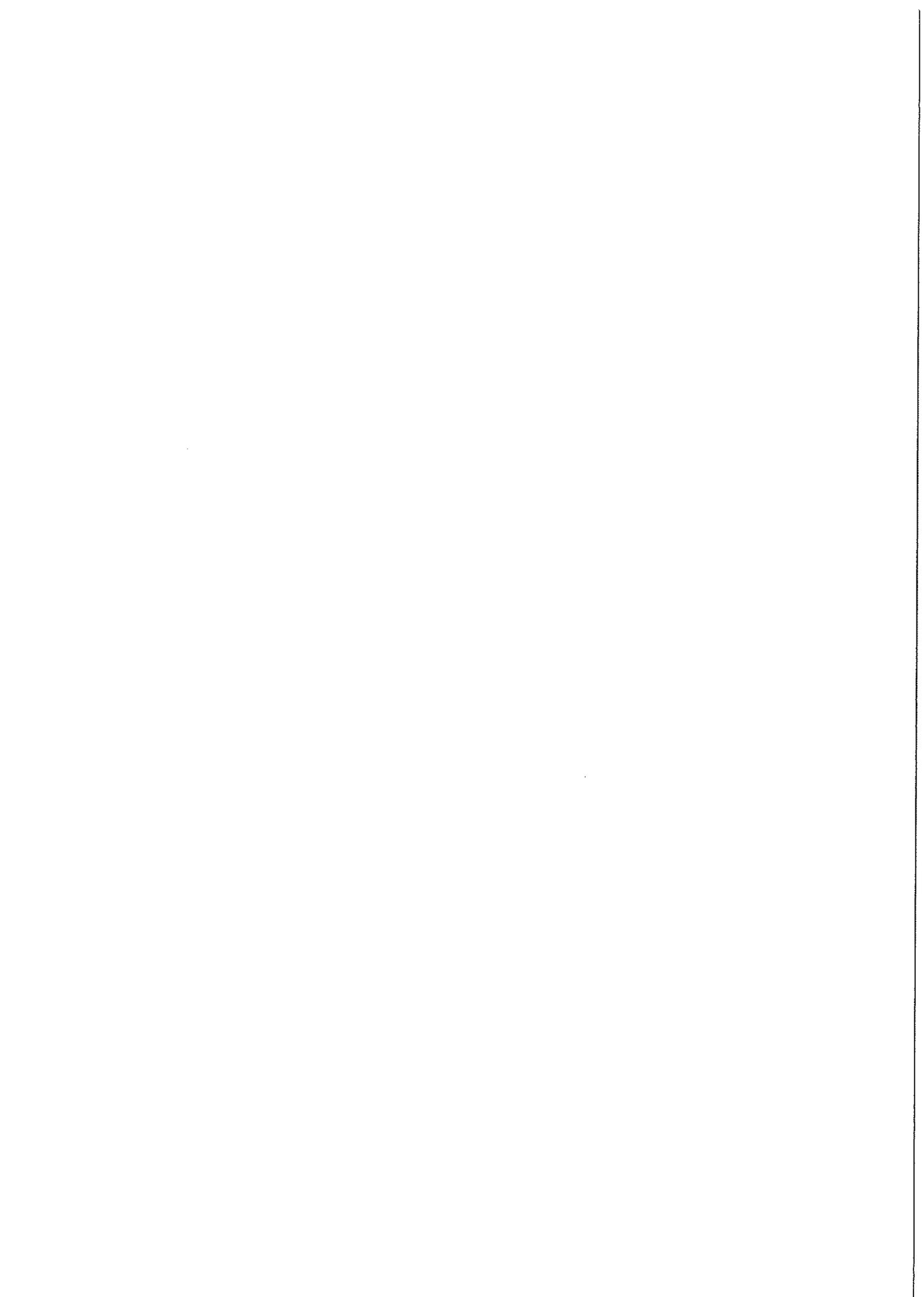
Deux approches sont possibles pour évaluer le coût du logement quitté. La solution la plus simple est d'utiliser la partie du PIB concernant le secteur du logement. La deuxième approche est de se baser sur la valeur de marché des habitations. Une fois calculé un prix moyen du logement par personne, les taux d'intérêt et de dépréciation sont utilisés pour retracer respectivement "la valeur d'opportunité" annuelle de ce capital et sa dépréciation. Ces deux approches permettent de dégager un coût par personne et par jour pour le logement.

Par défaut, la durée de la perte en logement est supposée égale à la durée de la perte de revenu (2 ans). Si au delà de cette période, le capital immobilier ne génère toujours pas de flux financiers, ce qui représente un coût, la valeur des logements est alors intégrée dans la valeur du capital utilisée pour le calcul de la perte de revenu du capital.

La formule pour calculer le coût des pertes en logement est la suivante :

$$PL = n . t . h . k$$

PL	: coût des pertes en logement
n	: nombre de personnes déplacées
t	: durée de la période considérée
h	: coût par personne et par jour pour le logement
k	: facteur d'actualisation moyen sur la période



2.1.4. Les coûts de transport ou d'évacuation

Le coût de l'évacuation de la zone contaminée est estimé par personne à partir d'une moyenne pondérée des coûts de transport individuel et collectif. L'évaluation prend en compte un voyage aller et retour. La formule pour le calcul des coûts de transport est la suivante :

$$CT = n \cdot v$$

CT	: coûts de transport
n	: nombre de personnes déplacées
v	: coût du voyage aller-retour par personne

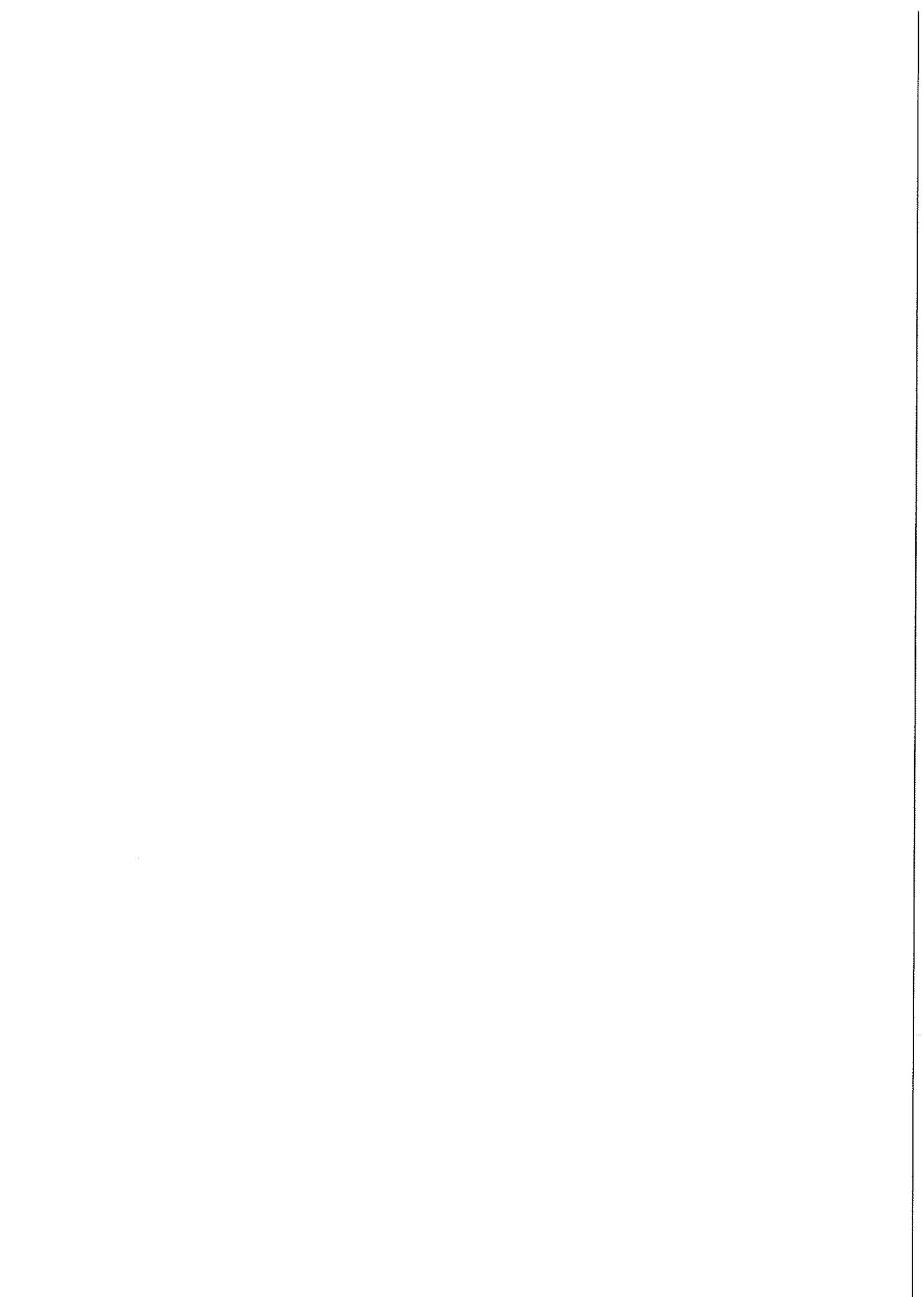
2.2. Les coûts liés aux interdictions de consommation des produits agricoles

Les interdictions de production et de consommation touchant les produits agricoles ont un coût qui est la somme des pertes de produit, des pertes de valeurs des terres inutilisées et du coût de destruction des stocks déjà produits. Les coûts de pertes de valeur du capital agricole sont évalués de la même façon que les pertes de revenus et de services du capital.

2.2.1. Le coût des denrées alimentaires perdues

La mesure de base pour cette évaluation est la contribution du secteur agricole au PIB régional. Le PIB agricole est une estimation du coût pour la société de la production non réalisée du fait de l'accident en même temps que la perte de la contribution à l'économie des populations employées dans l'agriculture.

Le code COSYMA estime la quantité de produits agricoles non distribuable ou perdue. De ce fait, il est nécessaire, pour l'évaluation monétaire, de disposer d'estimations du PIB dégagé par produit agricole et par tête de bétail.



Pour la première année après l'accident, il est nécessaire de prendre en compte le coût des consommations intermédiaires investies dans la production agricole qui n'auront aucun retour. Le modèle ECONOM utilise alors le montant total de la production. La formule utilisée pour calculer les pertes de production agricole pour les années suivantes est :

$$CPA = \sum_{pa} PIB_{pa} \cdot V_{pa} \cdot k$$

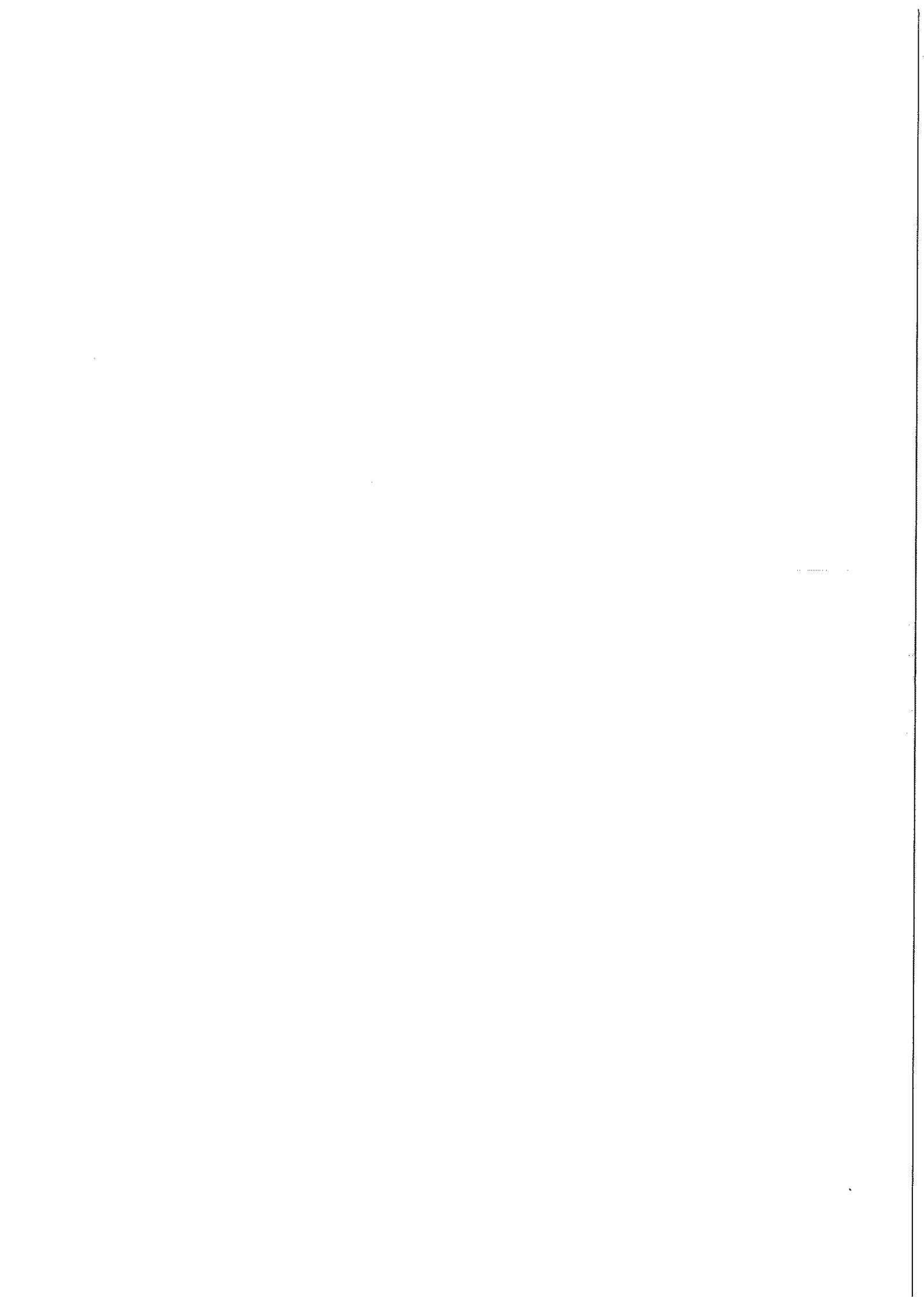
CPA	: coûts des pertes de production agricole
pa	: produit agricole
PIB _{pa}	: PIB par unité de produit agricole
V _{pa}	: volume de produits agricoles perdus pendant la période
k	: facteur d'actualisation

Il faut mentionner que le modèle ne prend pas en compte le coût du non usage de l'eau contaminée.

2.2.2. Le coût des pertes de valeur du capital agricole

Dans le cas du relogement, les individus réintègrent au bout d'un certain temps le circuit économique à l'extérieur de la zone affectée. Dans le cas de l'agriculture cette période est fixée par défaut à 3 ans. Mais au-delà de cette période les investissements et les capitaux inutilisés continuent à perdre de la valeur et à ne pas rapporter les profits escomptés. Pour les terres agricoles comme pour les autres terrains, il est fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de dévalorisation mais seulement une perte de profit.

Cette approche se heurte à une difficulté particulière du fait que l'évaluation physique ne fournit pas la surface de terre agricole contaminée par produit mais seulement les quantités perdues par produit. Le module ECONOM pour pouvoir déterminer la valeur de la terre indisponible utilise donc des facteurs de conversion permettant de passer des quantités perdues aux surfaces touchées par l'accident. La formule utilisée pour le calcul des pertes de service des terres agricoles est la suivante :



$$PSTA = \sum_{pa} TA_{pa} \cdot V_{pa} \cdot t \cdot k \cdot i$$

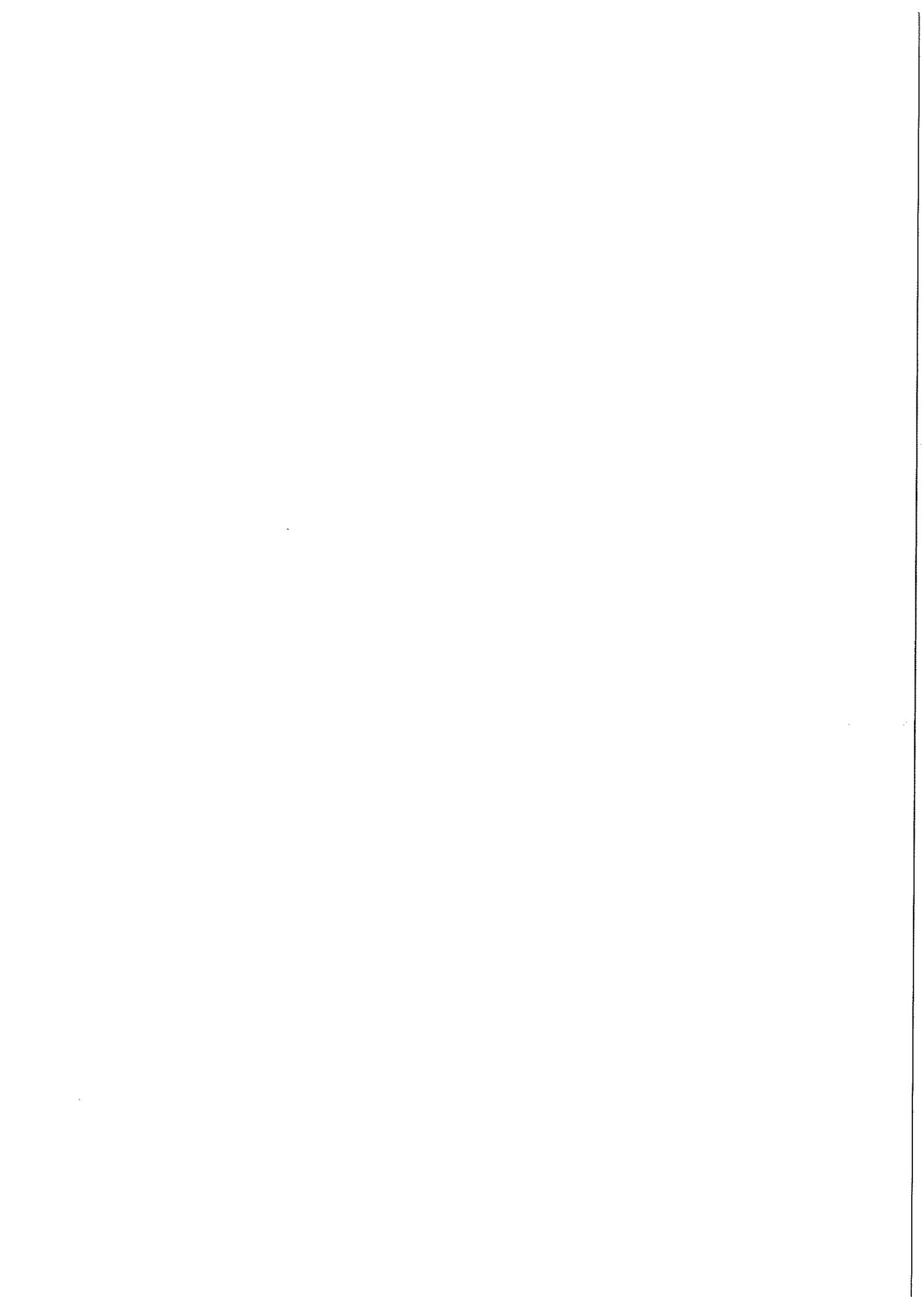
PSTA	: coût des pertes de services des terres
pa	: produit agricole
TA _{pa}	: valeur des terres par type de produit agricole
V _{pa}	: volume de produits agricoles perdus pendant la période
t	: durée de la période considérée
k	: facteur d'actualisation
i	: taux d'intérêt

2.2.3. Le coût de la destruction du stock de produits agricoles

Il est supposé dans le modèle que les cultures et les animaux d'élevage sont laissés dans la zone contaminée et n'entraînent donc aucun coût supplémentaire. Par contre on estime qu'il est nécessaire de détruire le lait produit. Le seul coût alors supporté par la société est le transport quotidien du lait hors de la zone pendant 100 jours après l'accident en vue de sa destruction. La formule utilisée pour le calcul du coût de destruction du lait est la suivante :

$$CDL = VL \cdot cdl$$

CDL	: coût de destruction du lait
VL	: volume de lait produit
cdl	: coût de destruction unitaire du lait



2.3. Le coût de la décontamination

Le coût de la décontamination inclut le coût des procédures de lavage des équipements présents sur la zone, le coût de la force de travail nécessaire et enfin le coût des impacts sur la santé des travailleurs employés.

Le modèle permet d'envisager des actions de décontamination spécifiques selon la qualité de la zone prise en compte, et selon le niveau de réduction de la contamination visé. L'utilisateur du modèle peut déterminer des actions de décontamination différenciées pour les zones rurales, urbaines ou résidentielles. Le modèle propose par défaut des coûts unitaires. La formule utilisée pour les coûts de décontamination est la suivante :

$$CD = s \cdot cd$$

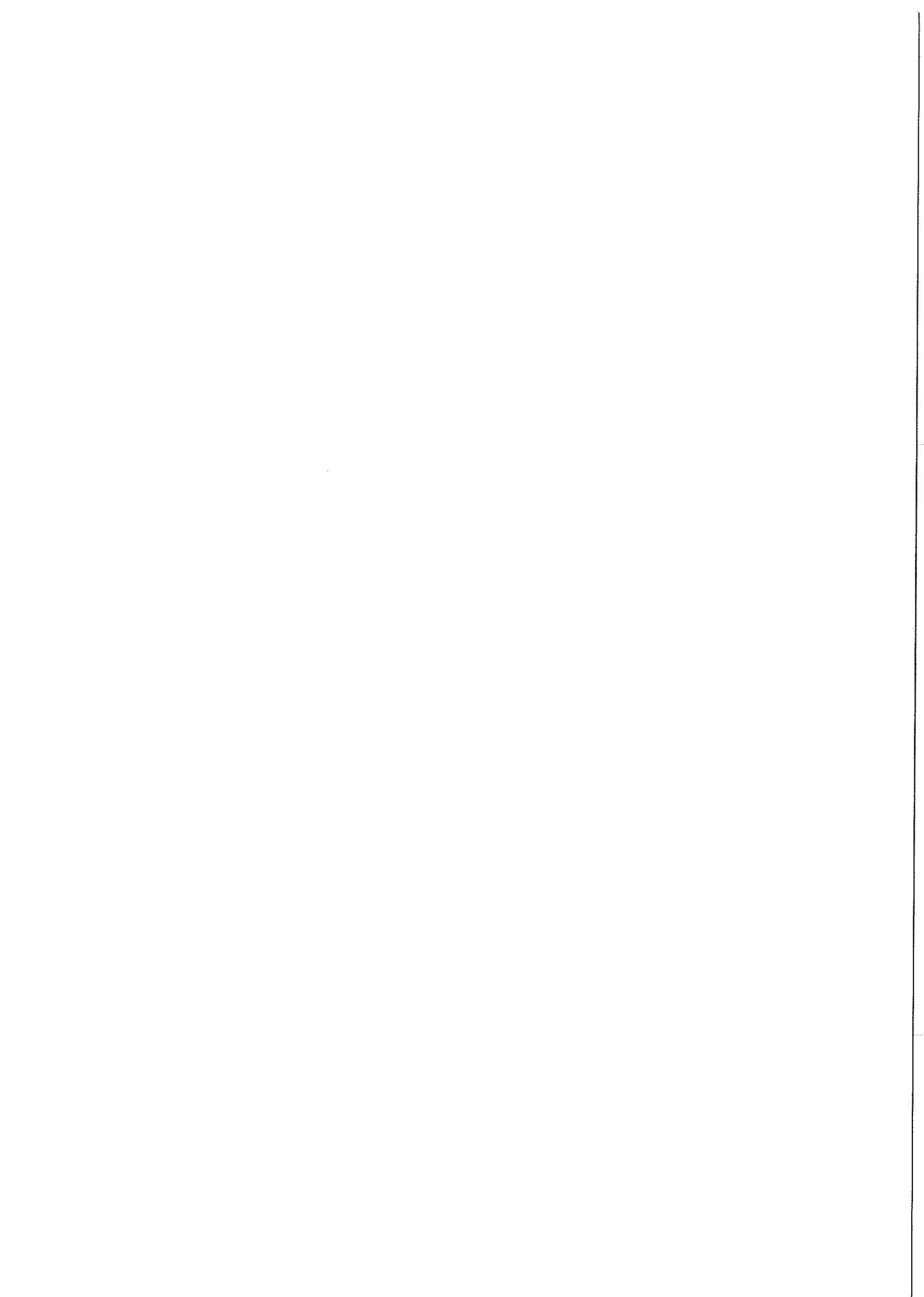
CD	: coût de décontamination
s	: surface à décontaminer
cd	: coût unitaire de décontamination

2.4. Les impacts sur la santé

Dans le modèle COSYMA, les effets radiologiques sur la santé considérés sont :

- les décès immédiats
- les incapacités permanentes
- les cancers radioinduits (mortels et non mortels)
- les effets héréditaires.

Les coûts associés à ces effets peuvent être évalués de deux façons différentes. Il est laissé à la discrétion de l'utilisateur d'adopter la méthode du capital humain ou la méthode des préférences individuelles.



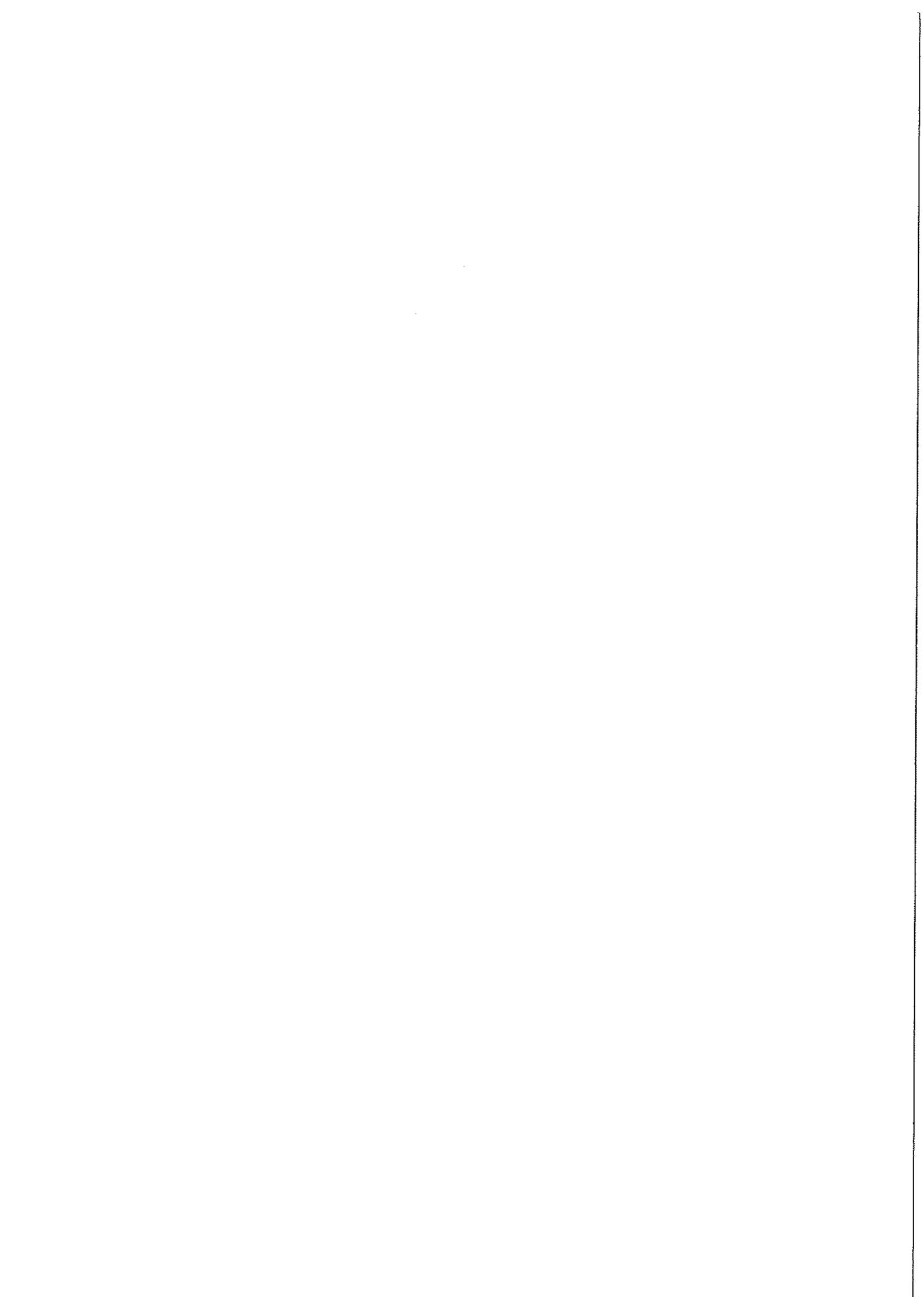
La méthode du capital humain définit le coût directement mesurable dans l'économie. Elle estime le coût du traitement médical ainsi que les pertes de contribution des individus à l'économie nationale. Ce dernier élément nécessite des données sur le nombre d'années de vie perdues en cas de décès ou la durée du traitement pour les effets sur la morbidité. Le calcul de la perte de revenu prend en compte l'âge de la personne pour laquelle ce coût est calculé. Cette évaluation suppose une perte moyenne indépendante de la situation qu'occupe l'agent sur le marché de l'emploi. Ceci permet de ne pas faire de différences entre chômeurs et actifs occupés. Il est supposé implicitement que l'homme a une valeur intrinsèque indépendante de sa situation socioprofessionnelle.

A l'inverse de la méthode précédente, l'approche par valorisation subjective (ou méthode des préférences individuelles) estime des éléments non marchands du coût de la maladie. Ces valeurs monétaires représentent des consentements à payer pour éviter une augmentation du risque relatif à chacun des effets considérés. Ces estimations peuvent être obtenues par différentes méthodes de révélation des préférences. Les formules utilisées pour calculer les impacts sur la santé sont les suivantes :

$$CES = \sum_{es} n_{es} \cdot c_{es} \cdot k$$

CES	: coût des effets sur la santé
es	: catégorie d'effet sanitaire
n_{es}	: nombre de cas de l'effet sanitaire considéré
c_{es}	: coût par effet sanitaire de la perte de revenu
k	: facteur d'actualisation

Il est possible alternativement de calculer le coût du traitement et le coût de la perte de revenu séparément.



$$CT = \sum_{es} n_{es} \cdot ct_{es} \cdot k$$

CT	: coût du traitement des effets sanitaires
es	: catégorie d'effet sanitaire
n_{es}	: nombre de cas de l'effet sanitaire considéré
ct_{es}	: coût par effet sanitaire du traitement médical
k	: facteur d'actualisation

$$CPR = \sum_{es} n_{es} \cdot prb_{es} \cdot k$$

CPR	: coût des pertes de revenu associés aux effets sanitaires
es	: catégorie d'effet sanitaire
n_{es}	: nombre de cas de l'effet sanitaire considéré
prb_{es}	: perte de revenu brut individuel par effet sanitaire
k	: facteur d'actualisation

2.5. Synthèse

Le Tableau 1 récapitule les différents éléments de coût pris en compte par le module ECONOM en ce qui concerne l'activité économique (agriculture, industrie, tertiaire). La Figure 1 présente la répartition dans le temps retenue dans le module pour l'ensemble des conséquences économiques d'un accident.

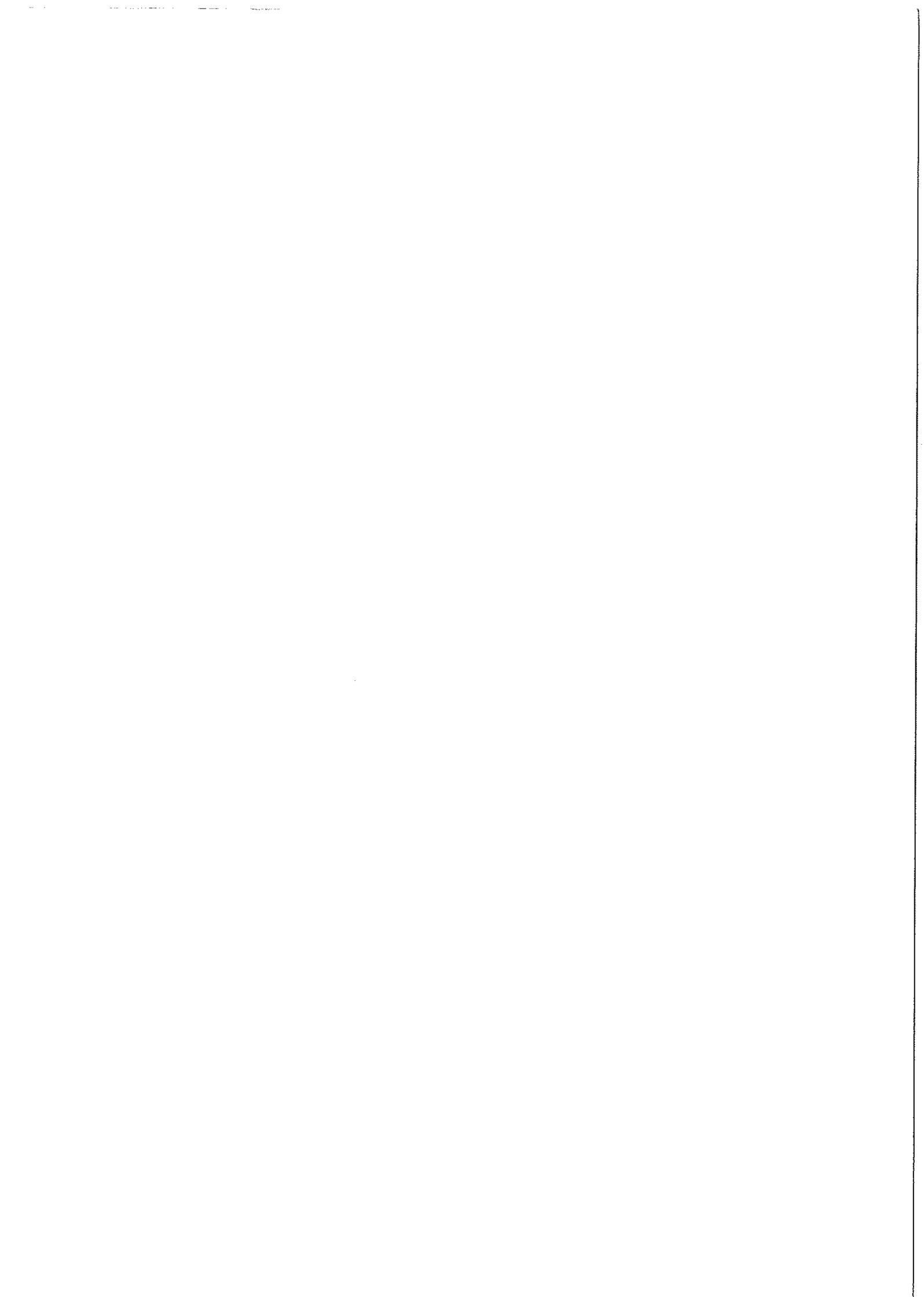
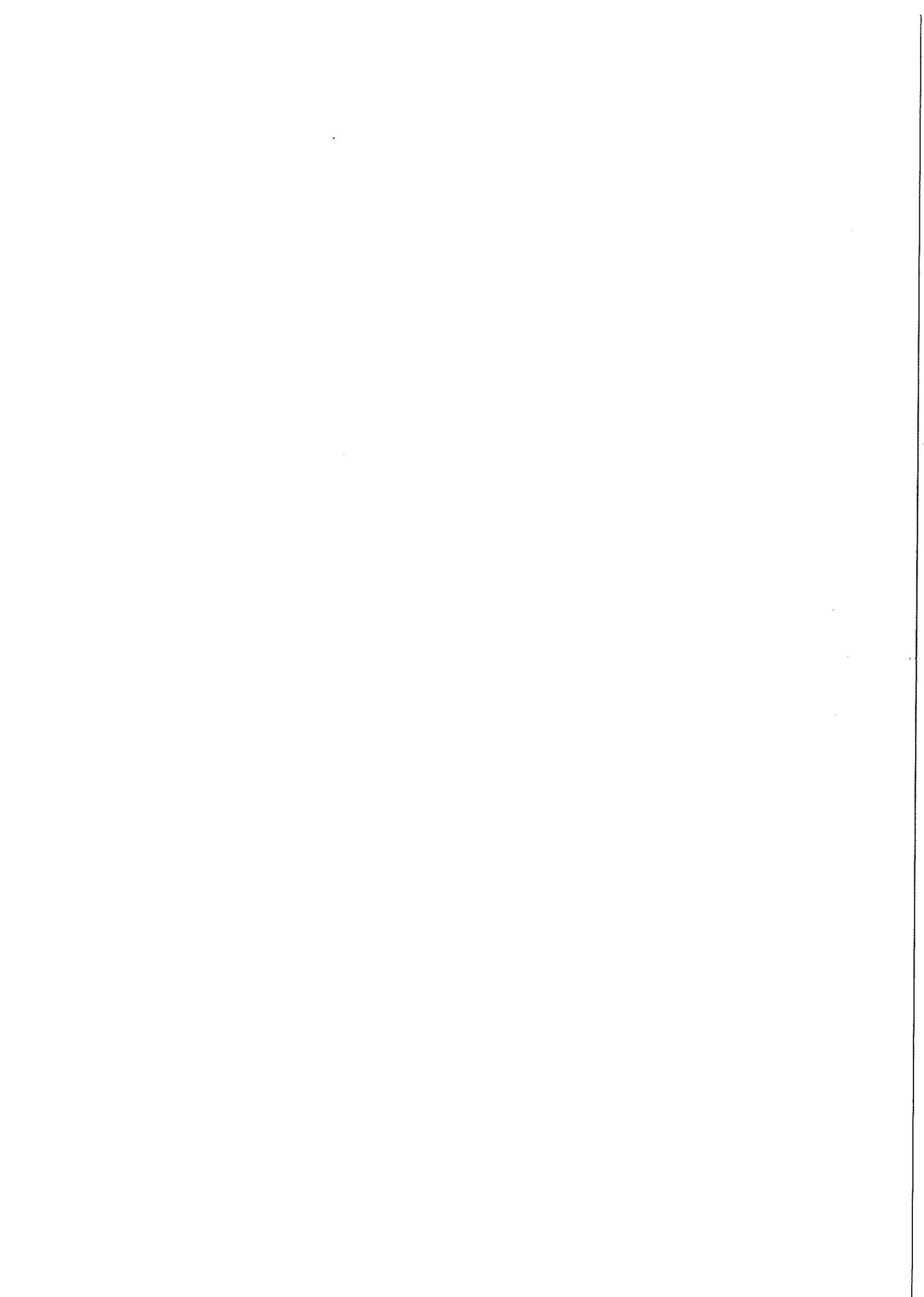


Tableau 1 : Les différents coûts du module ECONOM
selon les secteurs d'activité

	Pertes de PIB	Pertes brutes de production	Destruction du stock	Pertes de profit	Coûts des dévalorisations
Industrie et tertiaire	x				
- Stock de capital fixe				x	x
- Logement	x			x	x
- Bien durable				x	x
- Terrains non agricoles				x	
Agriculture	x	x	x		
- Terrains agricoles				x	
- Capital fixe				x	x



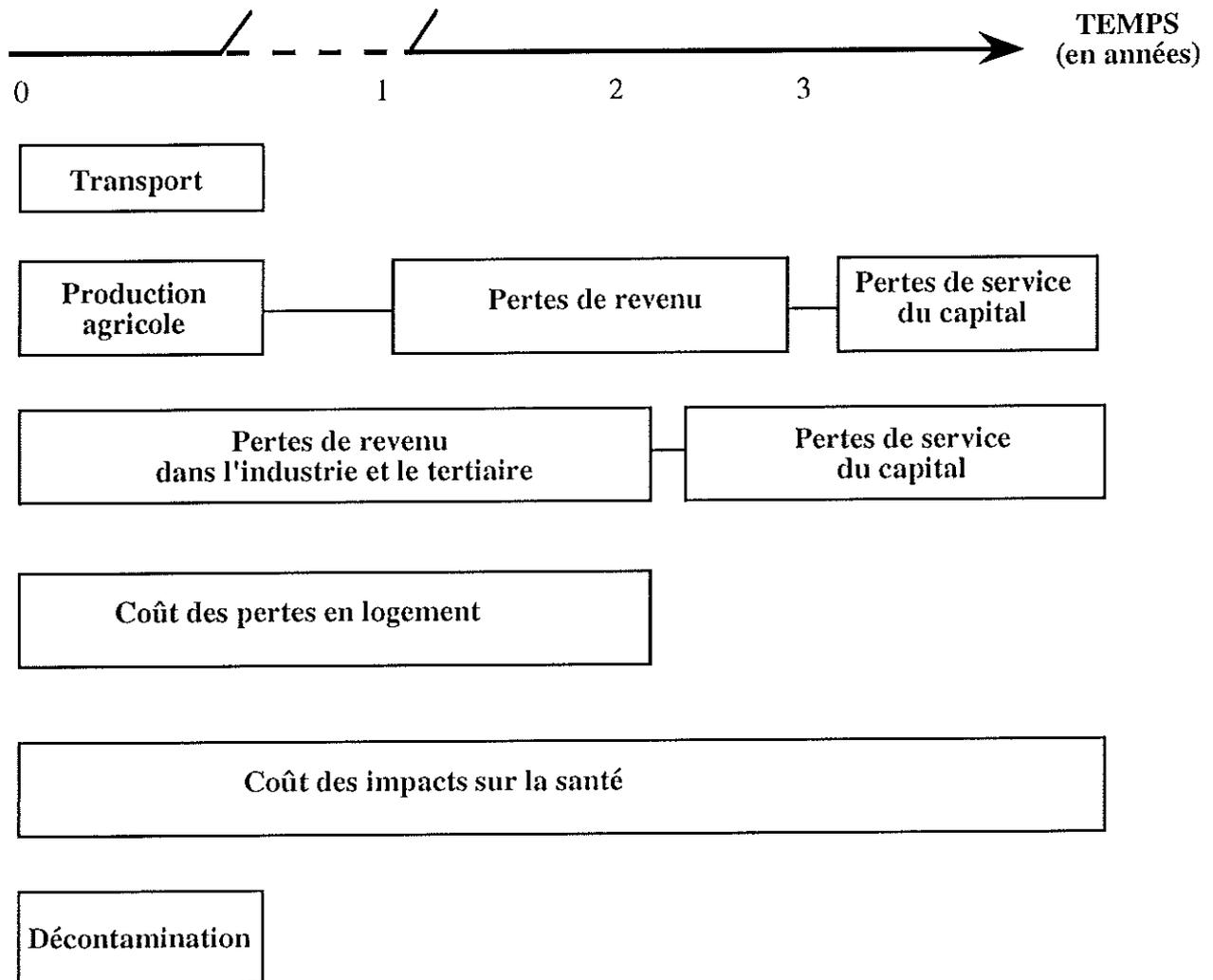
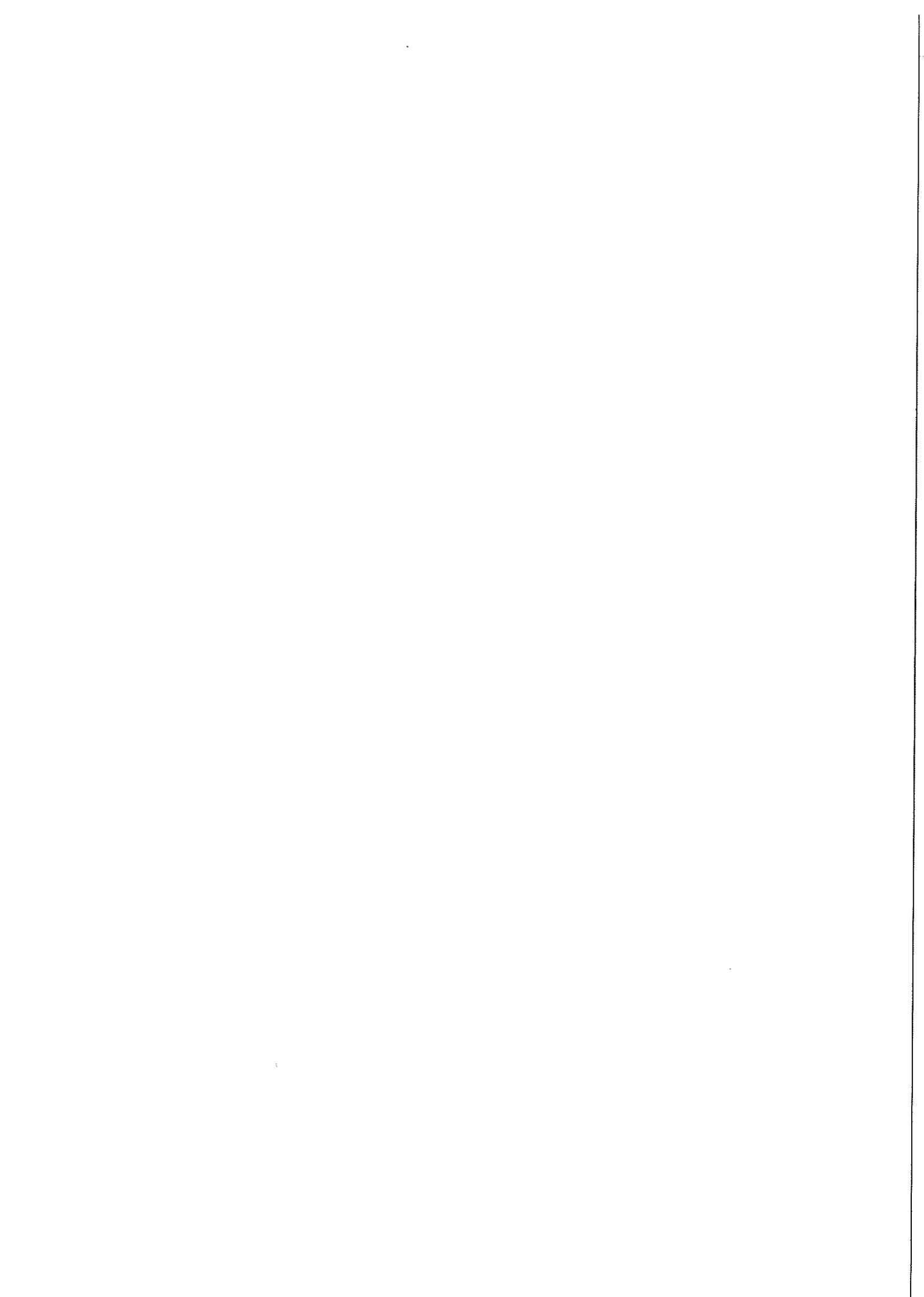
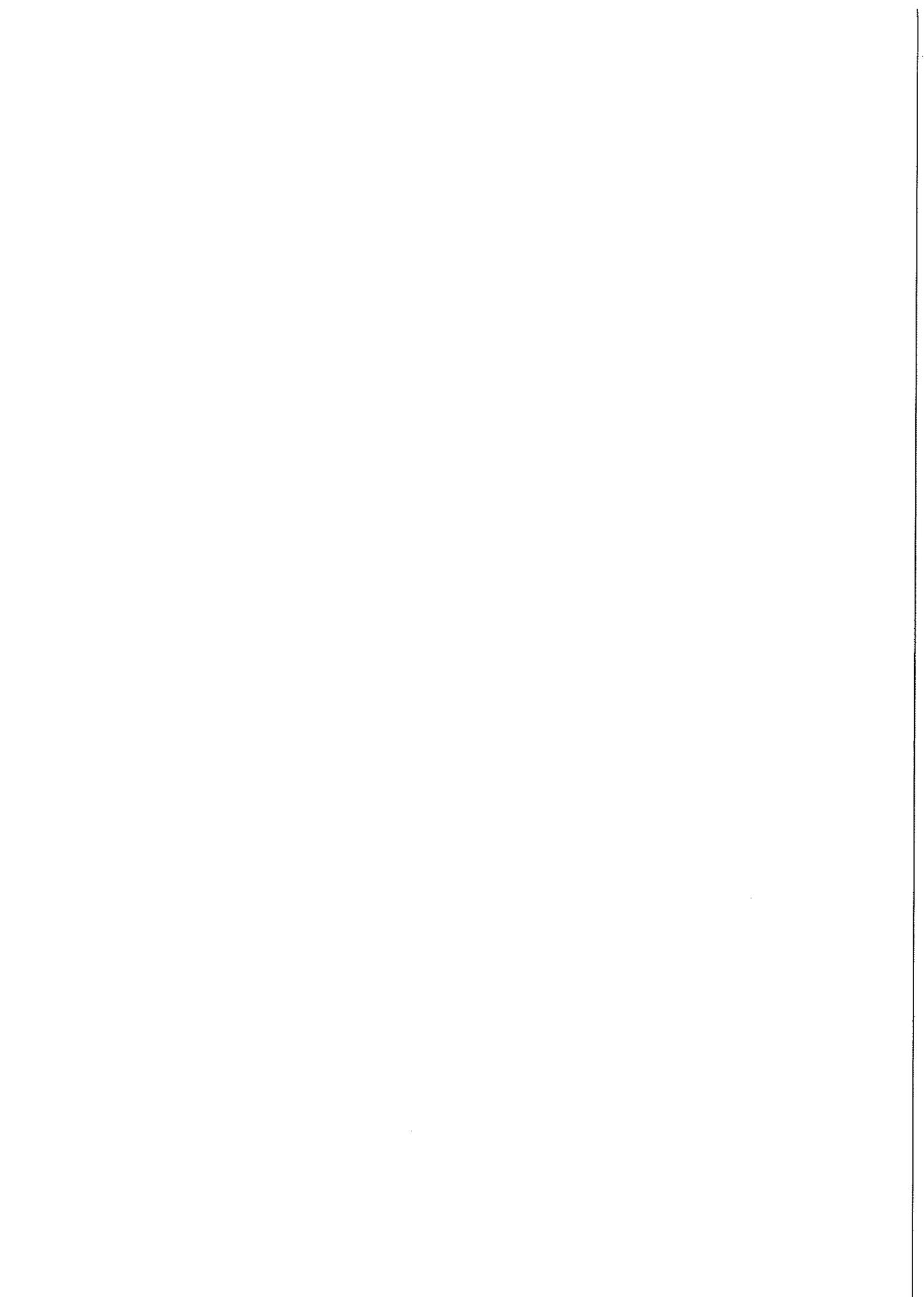


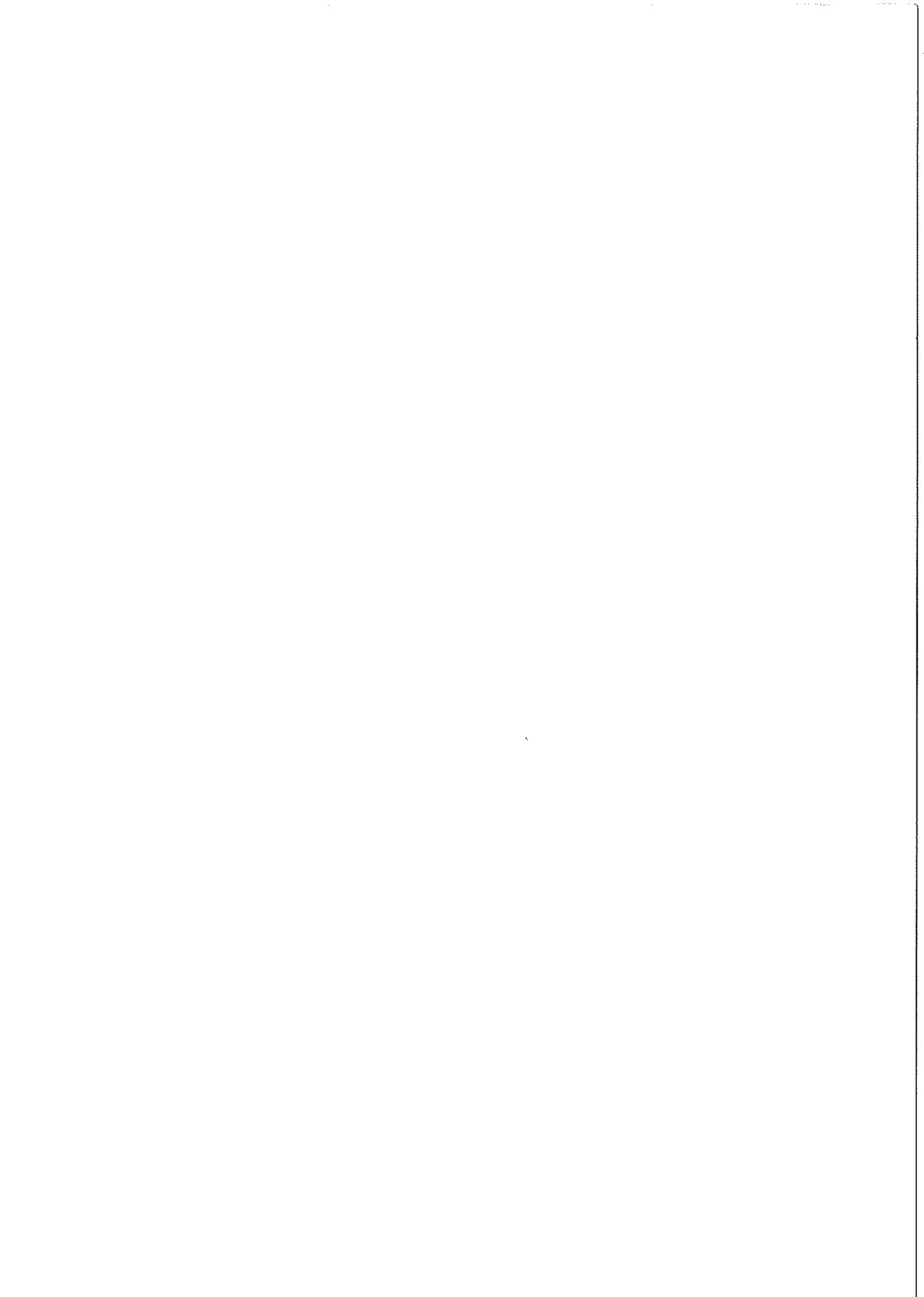
Figure 1 : Répartition dans le temps des conséquences économiques

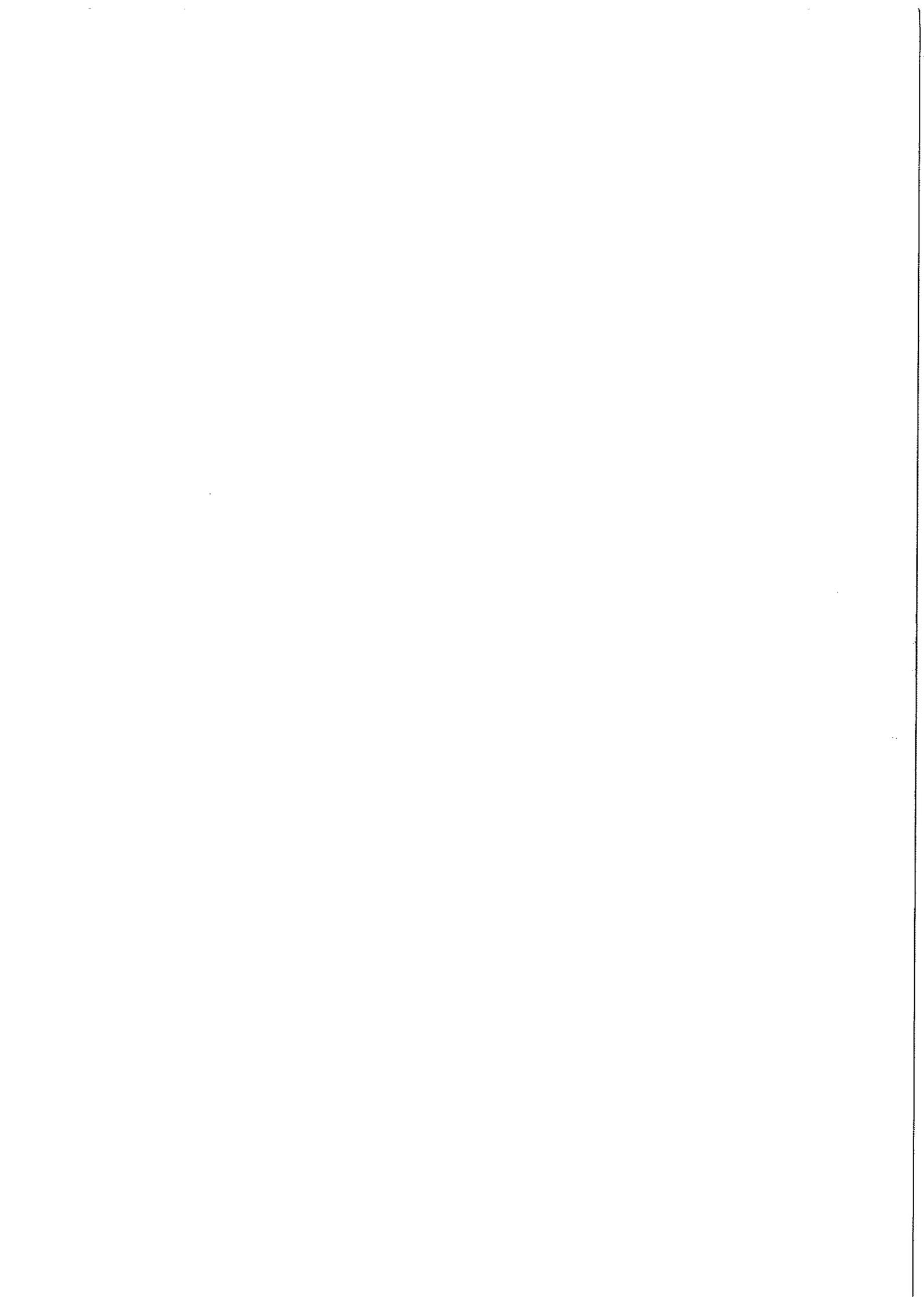
A titre d'illustration, une application du modèle COSYMA est présentée en Annexe. Pour cette évaluation, il a été considéré que l'accident avait lieu sur une centrale fictive dans la région de Karlsruhe en Allemagne. C'est donc sur la base des données économiques allemandes que les coûts associés à cet accident ont été calculés. Un seul terme source a été retenu pour le calcul des conséquences sur la santé et l'environnement, terme source correspondant à un scénario "catastrophe", de type Tchernobyl, caractérisé par un relâchement de l'ordre de 10% du cœur. Le Tableau A1 présente les valeurs prises par défaut pour les principaux indicateurs économiques.



Le Tableau A2 récapitule les principales hypothèses retenues pour effectuer cette évaluation. Le Tableau A3 rassemble les différents "coûts sociaux" qui prennent en compte l'ensemble des dommages matériels, sanitaires ainsi que les préjudices "moraux" sur les populations à court, moyen et long termes, à l'échelle locale et régionale. Il convient de noter la contribution significative de la perte associée aux produits agricoles, cette perte étant liée à la norme européenne adoptée suite à l'accident de Tchernobyl afin de fixer les niveaux de contamination admissibles dans ces produits.







3. VERS UNE ESTIMATION PLUS COMPLETE DES CONSEQUENCES ECONOMIQUES

Cette deuxième partie présente d'une part, un certain nombre de critiques et de limites du module ECONOM et, d'autre part, des propositions pour une amélioration possible du modèle.

3.1. Des choix discutables

3.1.1. Quelques critiques internes au modèle

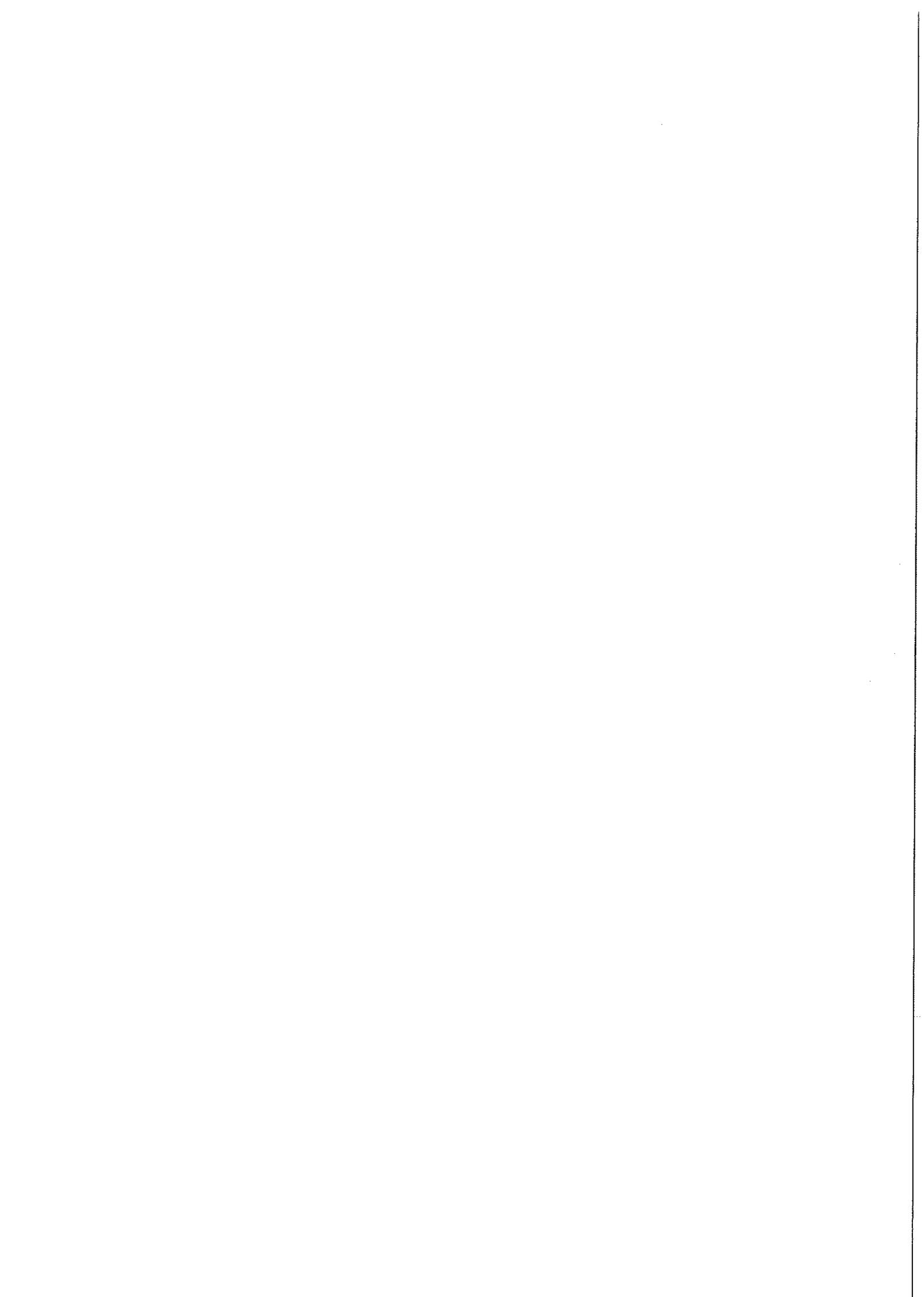
a) Le traitement de la dépréciation dans l'évaluation des pertes de services du capital

Dans le module ECONOM, il est considéré que la dépréciation du capital se fait au moins au rythme de la dépréciation naturelle, à laquelle on peut ajouter un facteur traduisant l'accélération de ce mouvement due au manque de maintenance et d'utilisation des équipements. Dès lors que les conséquences économiques sont évaluées à partir du PIB (qui intègre l'amortissement du capital), il n'est pas nécessaire de prendre en compte la dévalorisation naturelle du capital. En effet, que l'accident ait lieu ou qu'il ne se produise pas, ce coût existe et est subi par la société.

Les profits bruts qui permettent de supporter ce coût, ont disparu du fait de l'accident et sont donc comptabilisés. Ils intègrent la provision pour le renouvellement du capital. S'il y a, du fait de l'accident, une augmentation de la vitesse de dépréciation du capital, ce qui semble très probable, alors effectivement un nouveau coût pour la société apparaît. Mais il s'agit uniquement d'un surcoût de dépréciation.

Dans le module ECONOM, le calcul de la dépréciation du capital est effectué à l'aide d'un taux unique de dépréciation. Ce calcul soulève en fait deux difficultés :

- Le taux de dépréciation utilisé pour l'actualisation de la valeur du capital ne peut pas être le même que celui qui permet d'estimer la perte de valeur. En effet, le deuxième reflète la dépréciation supplémentaire alors que le premier traduit la dépréciation naturelle du capital. Il convient donc de différencier ces deux taux.



- La période sur laquelle la perte de valeur du capital est calculée n'est pas précisée, alors que dans la réalité la durée de l'amortissement, censée traduire ce phénomène, est fixée en fonction des règles comptables. Il serait faux de prendre en compte la perte de valeur du capital au delà de cette période. Pour éviter une telle erreur il faudrait connaître la durée moyenne d'amortissement à courir à la date de l'accident pour le capital fixe concerné. Il serait ainsi possible de définir la période sur laquelle sera calculée la perte de valeur du capital, en sachant que ce coût est intégré pour les deux premières années dans le calcul des pertes de revenus.

b) Le double compte entre l'évaluation des pertes de revenus et de l'impact sur la santé

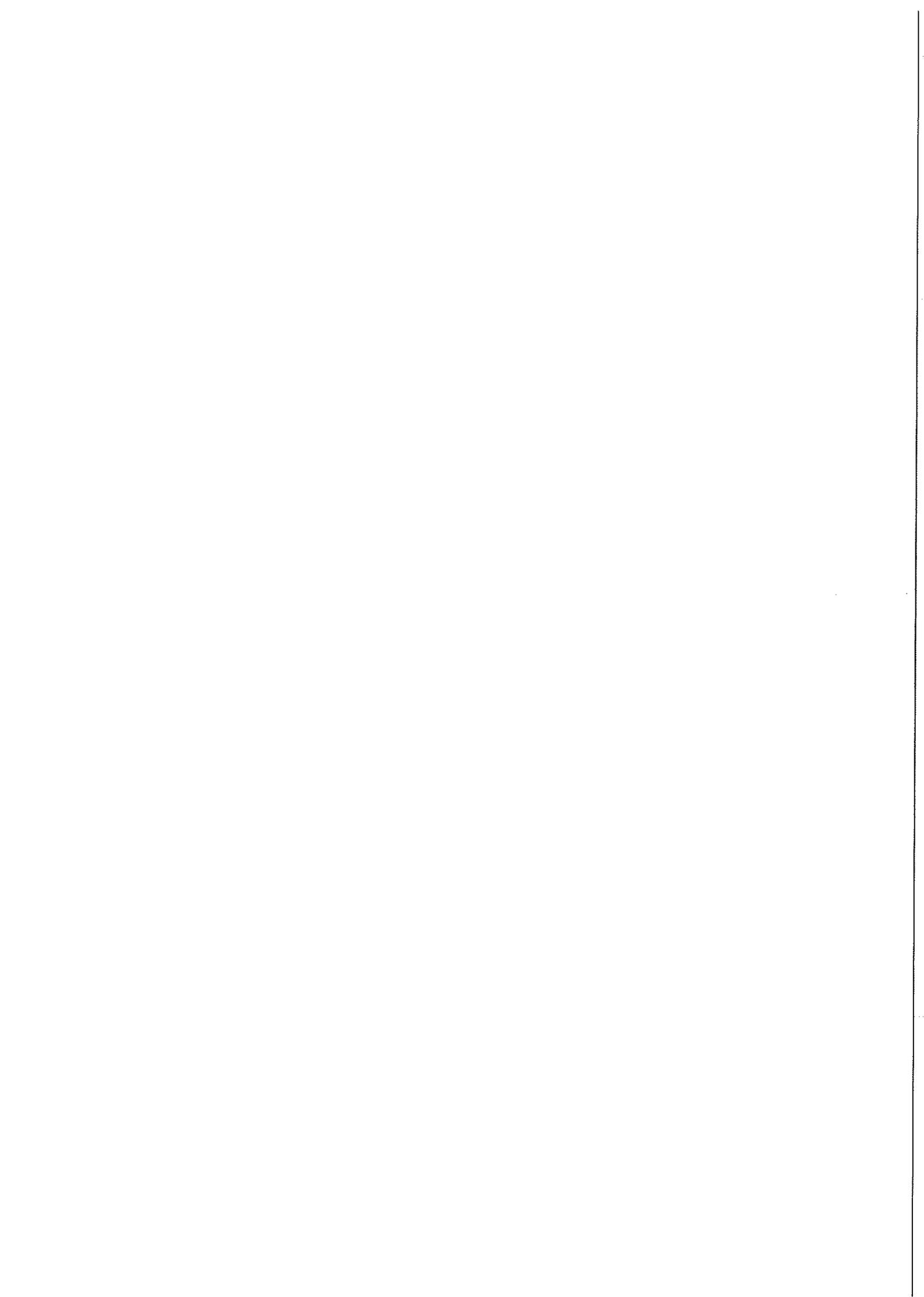
Dans le cas où la méthode de la théorie du capital humain, ou plus précisément du coût de la maladie, est employée pour valoriser les effets sur la santé, apparaît un phénomène de double compte. En effet cette méthode estime à la fois le coût du traitement médical et la perte de revenu qu'implique l'incapacité de travail. Mais ce dernier élément est déjà estimé par les pertes de PIB calculées, par défaut, sur une période de 2 ans après l'accident.

Ainsi, sur les deux premières années, il faut exclure du calcul de l'impact sur la santé les coûts de pertes de revenu pour traitement. Ceci concerne par définition les effets immédiats non mortels. Pour les autres impacts sur la morbidité, en particulier les cancers, l'apparition des premiers symptômes se fait au delà de cette période.

Pour les effets sanitaires mortels, il convient, pour éviter ce double compte, de valoriser le nombre d'années de vie perdues moins un an ou deux ans selon la date du décès. Une autre solution, peut-être plus simple, serait de déduire de la population évacuée le nombre de décès apparus dans les deux premières années après l'accident. Dans ce cas, le calcul du coût de la mortalité ne nécessite aucune correction.

c) L'asymétrie de traitement entre l'agriculture et l'industrie

L'examen des tableaux de synthèse présentés à la fin de la première partie fait apparaître une asymétrie entre le traitement de l'agriculture et le reste de l'économie. Pour le secteur agricole, en plus de la contribution à la perte de PIB pour la première année, une destruction de produit ou de stock est comptabilisée alors que pour le reste de l'économie, seule la perte de PIB est valorisée.



La question qui peut alors se poser, est de savoir si cette distinction est légitime ou si à l'inverse il n'existe pas, également pour le secteur industriel, des pertes de production brute. La réponse à cette question ne peut sûrement pas être générale. Elle dépend du type d'activité concernée par l'évacuation. L'industrie agro-alimentaire comme celle de la filière papier, par exemple, subissent certainement des pertes supérieures à la seule valeur ajoutée qu'elles dégagent, du fait des destructions de stock de produits finis et de consommations intermédiaires.

Une approche micro-économique permettant d'acquérir une connaissance approfondie de l'économie locale pour juger des coûts et des contraintes spécifiques à chaque entreprise importante serait nécessaire pour intégrer cet aspect dans les évaluations. Ceci étant, le cadre général dans lequel s'inscrit le module ECONOM et le fait qu'il ne soit pas spécifique à une région, mais voué à être appliqué à divers sites, justifie de ne pas prendre en compte ces coûts pour le secteur industriel de façon générique.

3.1.2. Les limites du module ECONOM

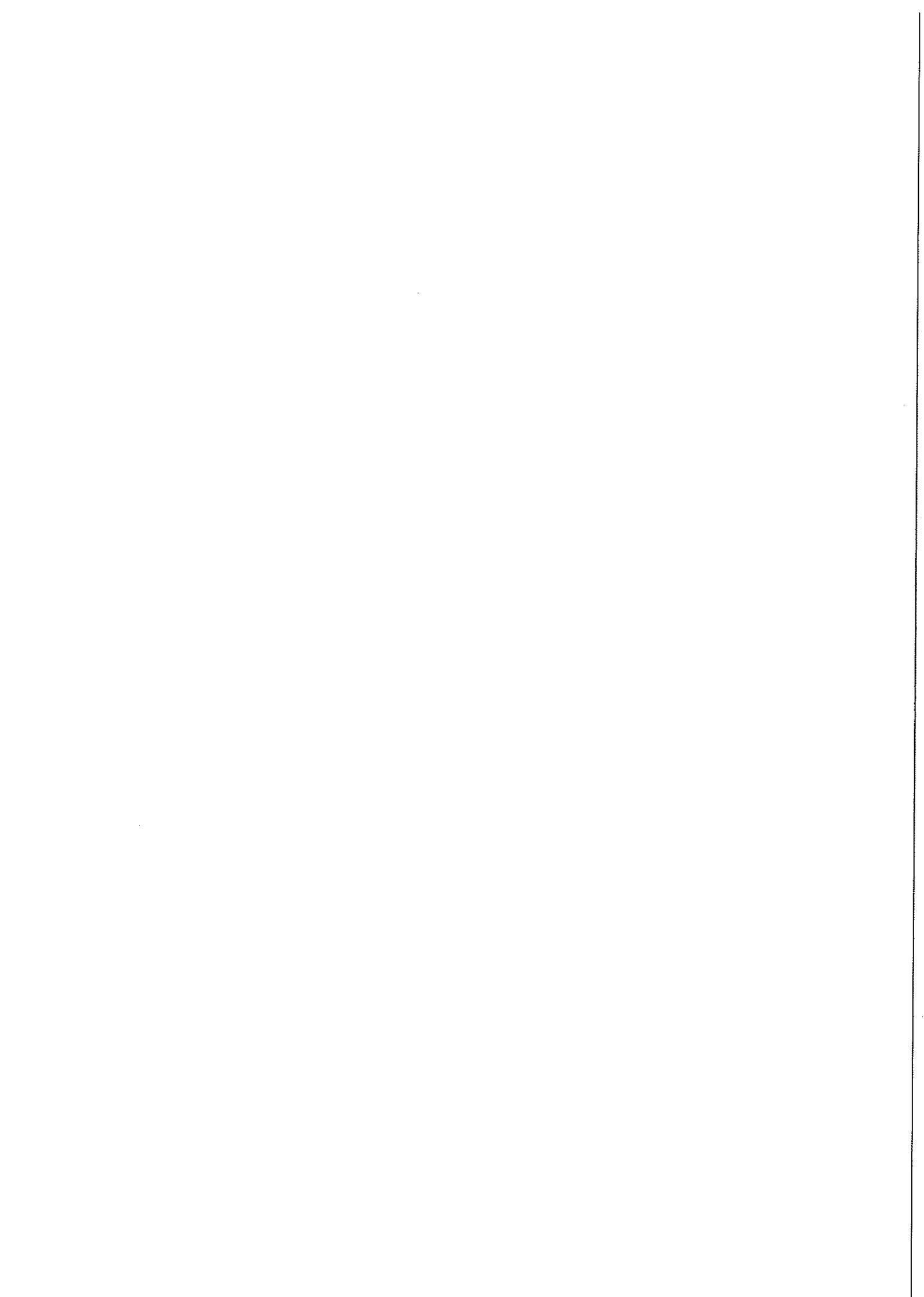
Au delà de ces critiques de détail et relativement mineures, la démarche et le cadre dans lesquels s'inscrit ce modèle induisent un certain nombre de limites.

a) Les limites d'une évaluation des seuls coûts directs et tangibles

L'hypothèse de base adoptée dans le module d'évaluation économique est de ne prendre en compte que les coûts directs et tangibles de l'accident. Le choix de valoriser l'accident par les pertes de PIB est cohérent avec cette double dimension de l'hypothèse initiale. En effet l'évacuation de la zone contaminée entraîne directement une perte de revenus pour les populations et les entreprises qui y travaillent.

Ce revenu est la richesse créée au niveau de l'entreprise ou de la région par le processus productif. L'interruption de la production signifie une perte de valeur ajoutée qui regroupe les cotisations sociales pour les organismes de redistribution des revenus, l'excédent brut d'exploitation des entreprises et les revenus des salariés et des travailleurs indépendants.

L'agrégat macro-économique qui approxime le mieux la valeur ajoutée est sans aucun doute le PIB qui est constitué à près de 90% de la somme des valeurs ajoutées créées et pour les 10% restant des droits de douanes et de la TVA.



Le choix de ne valoriser que le coût direct de l'accident et donc d'utiliser l'agrégat PIB induit qu'un certain nombre de coûts non monétaires ne sont pas pris en compte, tels que le dommage environnemental, les aspects psychologiques, par exemple. En fait, il n'existe pas nécessairement de relation entre le PIB par personne et le dommage et il serait intéressant d'envisager une extension du module à la prise en compte des "intangibles".

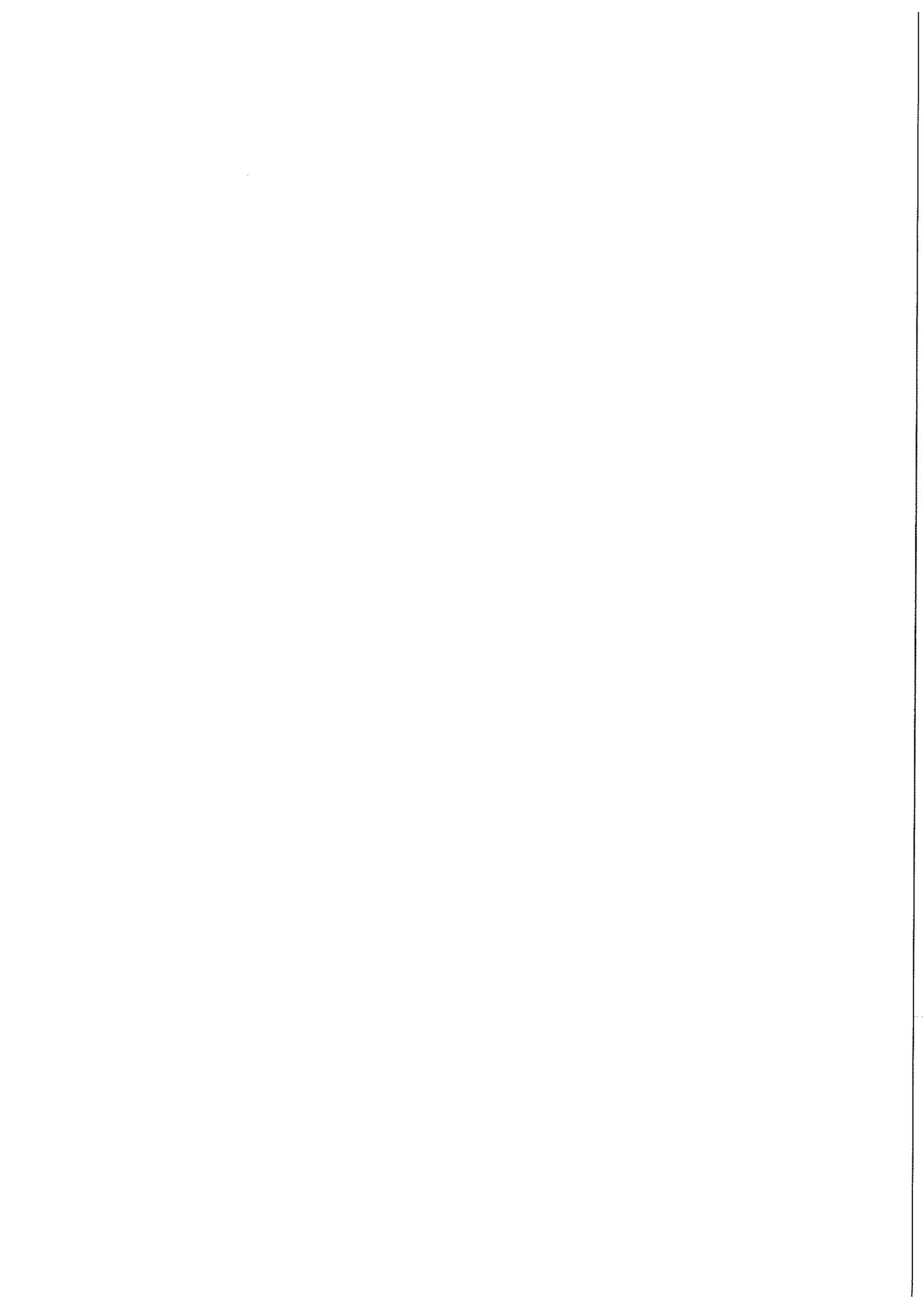
b) La non prise en compte des effets induits

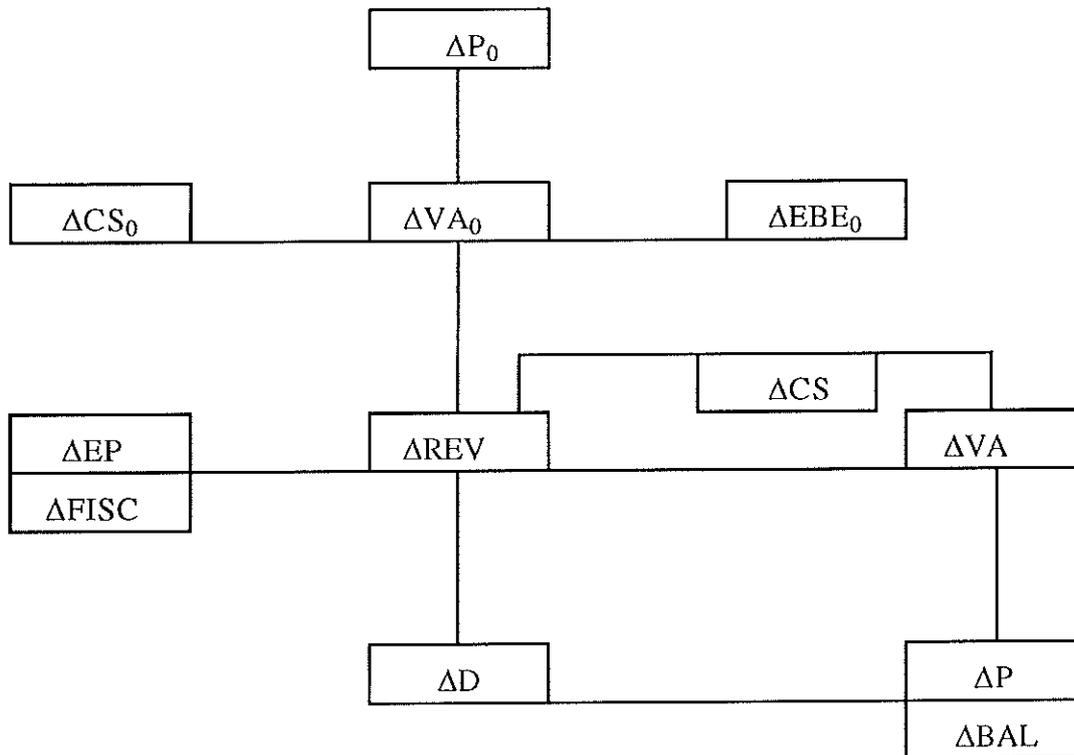
Le fait d'utiliser le PIB par tête et de limiter l'évaluation aux coûts directs présente également l'inconvénient de ne pas intégrer les conséquences que peut avoir l'interruption de la production sur l'ensemble de l'économie nationale. En effet les zones sont considérées comme vivant en autarcie, alors qu'elles adressent une demande au reste de l'économie et qu'en même temps, elles fournissent des biens et services. L'interruption d'activité dans une région impose des pertes de débouchés, des cessations d'approvisionnement à l'ensemble de l'économie ainsi que des perturbations sur la zone de relogement des populations. La non prise en compte de ces effets induits sous-estime sans aucun doute le coût économique d'un accident nucléaire. Il paraît difficile de les omettre de l'évaluation.

Par quels mécanismes économiques se transmettent les effets, sur le reste de l'économie, d'une interruption d'activités dans la zone affectée par l'accident, zone qui, dans certains cas, peut concerner plusieurs régions, voire plusieurs pays, en particulier dans le secteur agricole ?

Le premier canal de transmission de ces effets est la variation de la demande des populations évacuées. Les pertes de salaires et de revenus bruts des entrepreneurs individuels entraînent une diminution de la demande des ménages. Cette baisse se diffuse dans l'économie au delà des seules branches de biens de consommations finales, par le biais des consommations intermédiaires. Elle aboutit à une nouvelle baisse de la production, de la valeur ajoutée et donc des revenus et de la demande, mais qui cette fois concerne l'ensemble de l'économie.

Ce processus cyclique se poursuit jusqu'à l'amortissement complet du choc initial. Son élément moteur est la consommation des ménages qui provoque l'itération du phénomène d'ajustement de l'offre. La Figure 2 schématise ce mécanisme.





Glossaire :

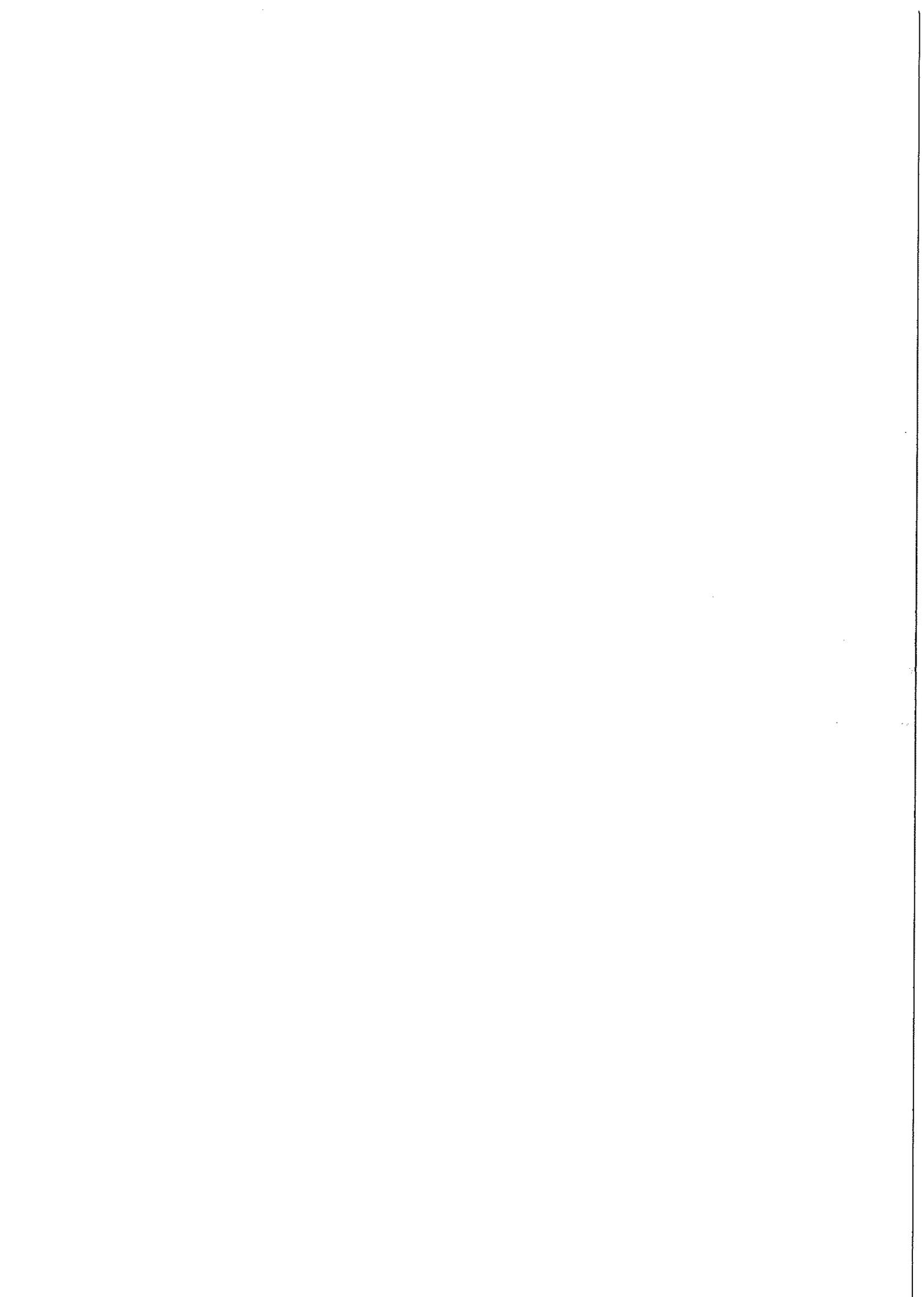
Δ : indique la variation
 0 : indique l'impact initial
 P : production
 EP : épargne
 D : demande

VA : valeur ajoutée
 CS : cotisations sociales
 EBE : excédent brut d'exploitation
 FISC : fiscalité
 BAL : balance import-export

Figure 2 : Modifications du système économique après une évacuation

L'hypothèse de non modification des conditions d'offre se justifie certainement si la zone évacuée considérée est relativement réduite par rapport à un espace de référence beaucoup plus important. Dans ce cas, les pertes de capacités productives sont certainement marginales et facilement compensables par un léger surcroît d'activité dans le reste de l'économie.

Mais à l'inverse, il est possible qu'un secteur d'activité soit particulièrement touché par l'interruption de production dans la zone contaminée (l'agriculture par exemple). Les tensions qui apparaîtraient dans ce cas sur les capacités d'offre dans la branche concernée entraîneraient un ajustement par hausse des prix et ou par une augmentation des importations (et ou baisse des



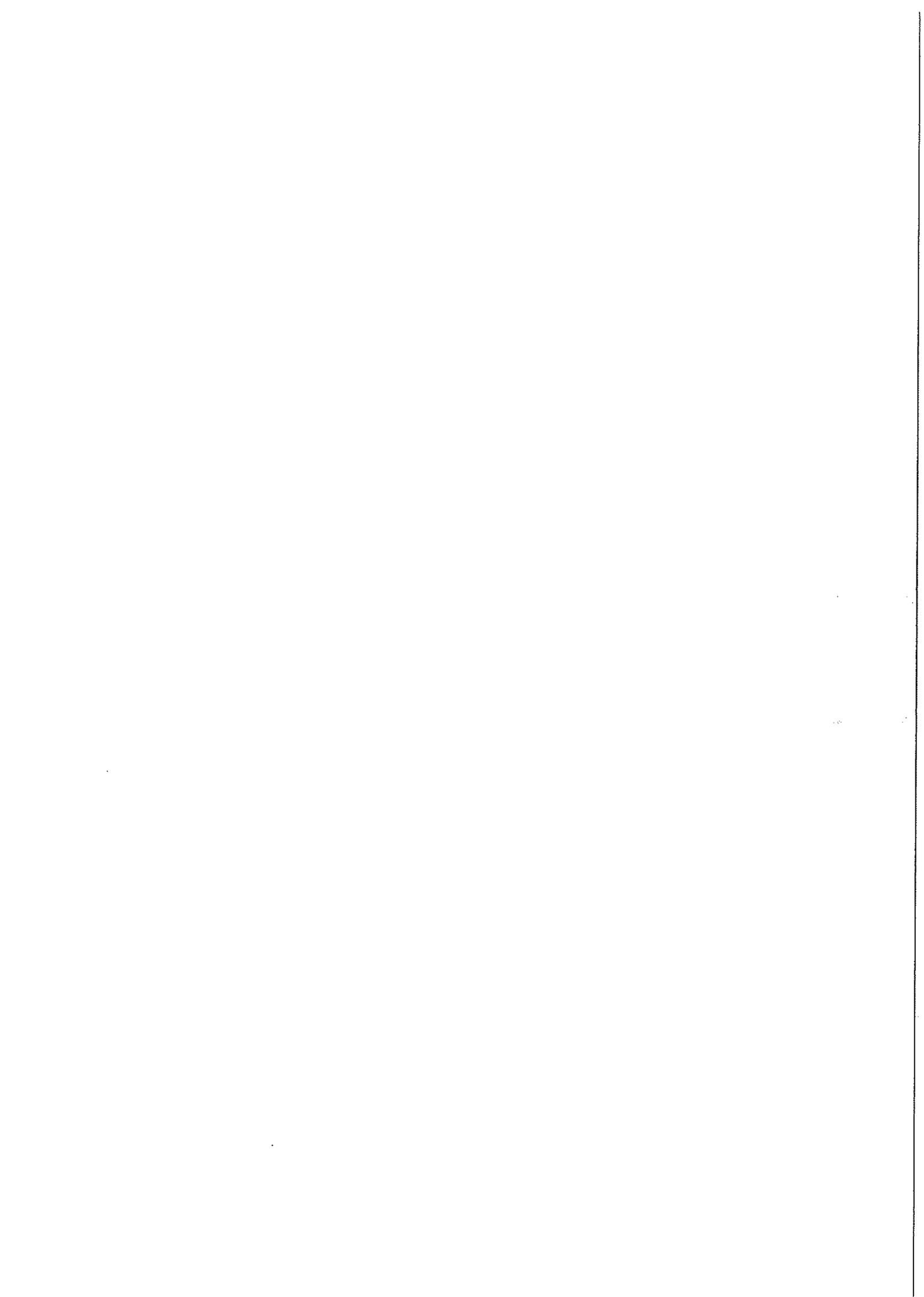
exportations). Dans ce dernier cas, il serait intéressant de faire apparaître les effets sur la balance commerciale.

Outre l'arrêt de production, l'évacuation de populations relativement importantes peut avoir des conséquences économiques autres. Il est, par exemple, tout à fait envisageable de considérer que des problèmes peuvent apparaître dans les zones de relogement. L'arrivée massive, rapide et imprévue d'une population nouvelle dans les sites d'accueil va faire augmenter le volume global de la demande dans ces régions. Si pour la grande majorité des biens de consommation cela ne pose pas de problème, on peut prévoir des tensions sur des marchés particuliers comme l'immobilier par exemple. De tels phénomènes ont pu être notés lors de l'évacuation des populations de l'île de Basse Terre en Guadeloupe vers l'île de Grande Terre, rendue nécessaire par l'activité du volcan la "Soufrière". Le séjour des réfugiés s'est prolongé de quelques semaines à quelques mois et les autorités ont pu observer une tension sur les loyers qui a conduit le préfet à bloquer le prix des loyers et des hébergements privés [4].

Cependant, tous les impacts ne sont pas négatifs. On pourrait considérer, par exemple, que les efforts et les activités nécessaires après un tel accident représentent des suppléments de demande à l'économie nationale et que, par conséquent, ils auront un effet multiplicateur sur celle-ci. Les sites d'accueil, en particulier, vont bénéficier d'investissements en équipements collectifs et privés (écoles, logements) leur permettant de répondre à une augmentation de la demande. Ceci étant, ce surcroît d'activité mobilise des ressources financières et productives qui auraient pu avoir un autre usage. Il conviendrait donc d'y soustraire un coût d'opportunité.

Pour finir il est certain que l'État subira à la suite d'un tel accident un déséquilibre de son budget sous la double dimension d'une baisse de ses recettes fiscales et une augmentation de ses dépenses.

Il est évident que l'ampleur des perturbations économiques induites est fonction de la gravité de l'accident, de l'importance de la zone évacuée, de ses particularités économiques mais aussi de l'ensemble national dans lequel il se déroule. Si ces éléments représentent un handicap pour la construction d'un modèle macro-économique applicable à plusieurs sites et capable d'intégrer les effets induits dans son estimation, il n'en reste pas moins que des protocoles ou des trames de modèles peuvent être mis en place pour étendre l'évaluation à certains de ces impacts.



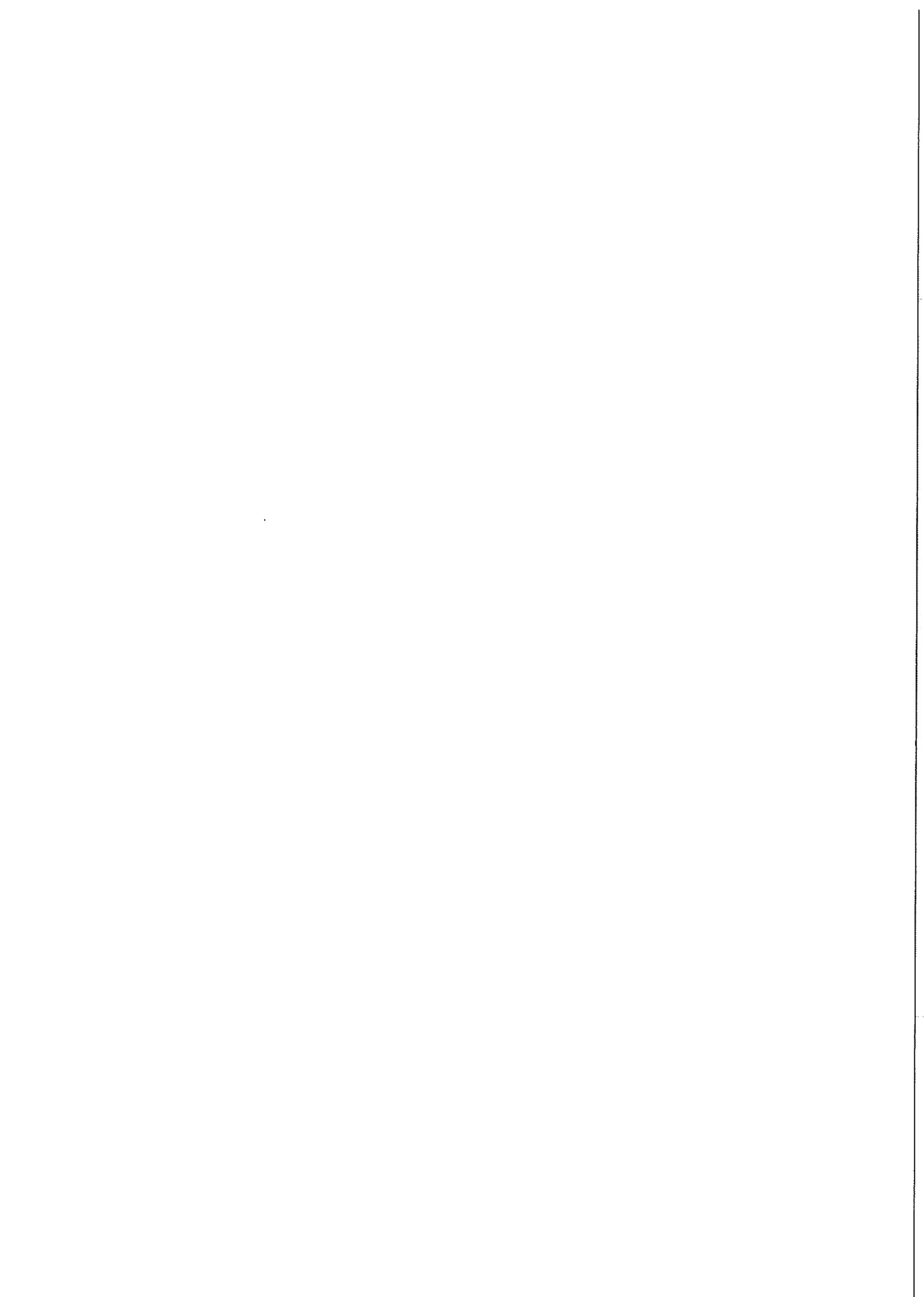
3.2. Une amélioration possible du module ECONOM

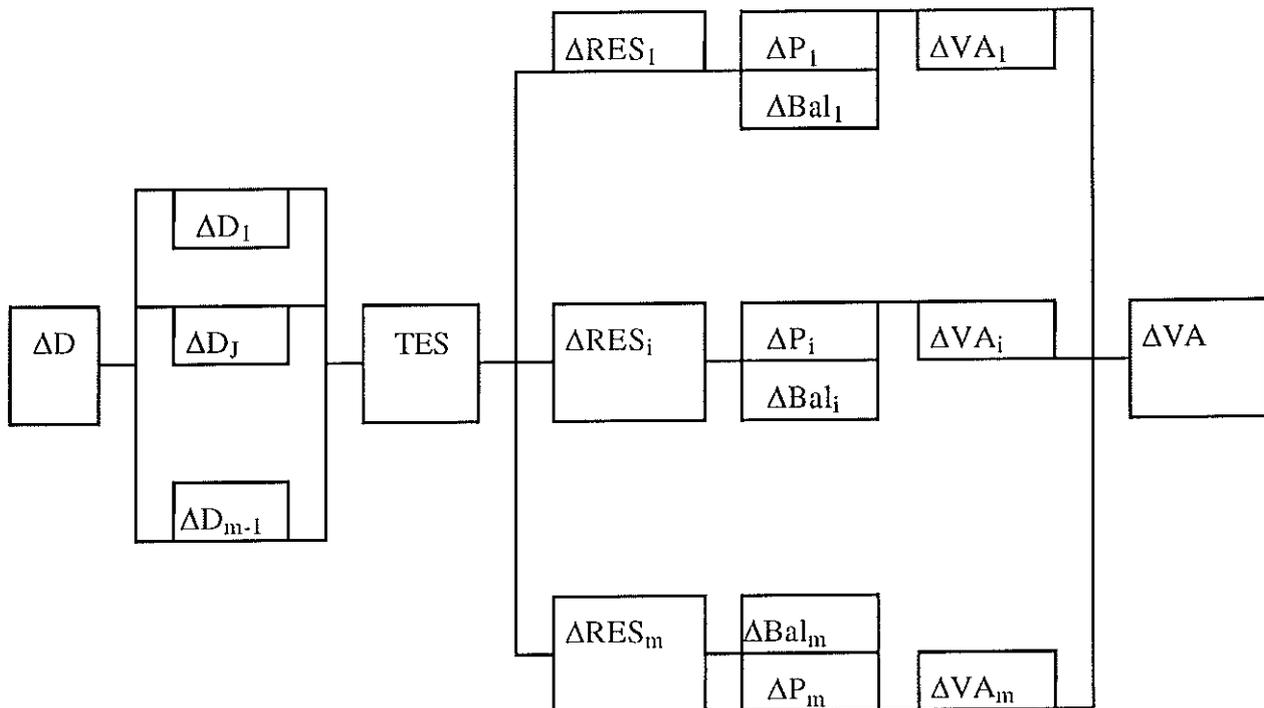
L'amélioration du module ECONOM proposée dans la suite de ce document s'inspire directement d'une étude réalisée en 1984 et réactualisée en 1987 [5, 6]. Le but de ce travail fut la construction d'un modèle permettant l'évaluation des conséquences socio-économiques d'une évacuation de la population en cas d'accident grave d'origine industrielle. Le modèle devant être transposable à toute autre région que celle choisie à titre d'exemple il semble être un complément possible du module ECONOM parce que s'inscrivant dans le même cadre que celui-ci.

3.2.1. Présentation générale du modèle

L'élément central de ce modèle est la baisse de la demande provoquée initialement par la cessation d'activité dans la zone évacuée. La dynamique de la perte est celle évoquée ci-dessus dans une situation où les conditions de l'offre ne sont pas perturbées. La chute de revenu qui suit la perte de valeur ajoutée provoque une chute de la demande qui se répercute en nouvelles baisses de production et de valeur ajoutée. Les interdépendances propres à l'économie font que ces pertes touchent non seulement la zone affectée mais aussi un environnement beaucoup plus large en terme géographique mais surtout en terme de secteurs concernés.

Une modélisation des relations entre les différentes branches de l'économie est nécessaire. Il est possible d'utiliser dans ce cadre les Tableaux Entré Sortie (TES) de la Comptabilité Nationale. Ils permettent de voir comment la variation de la demande se diffuse dans l'ensemble de l'économie pour aboutir à une variation induite de la valeur ajoutée après amortissement dans le temps du choc initial. La [Figure 3](#) décrit cette dynamique.





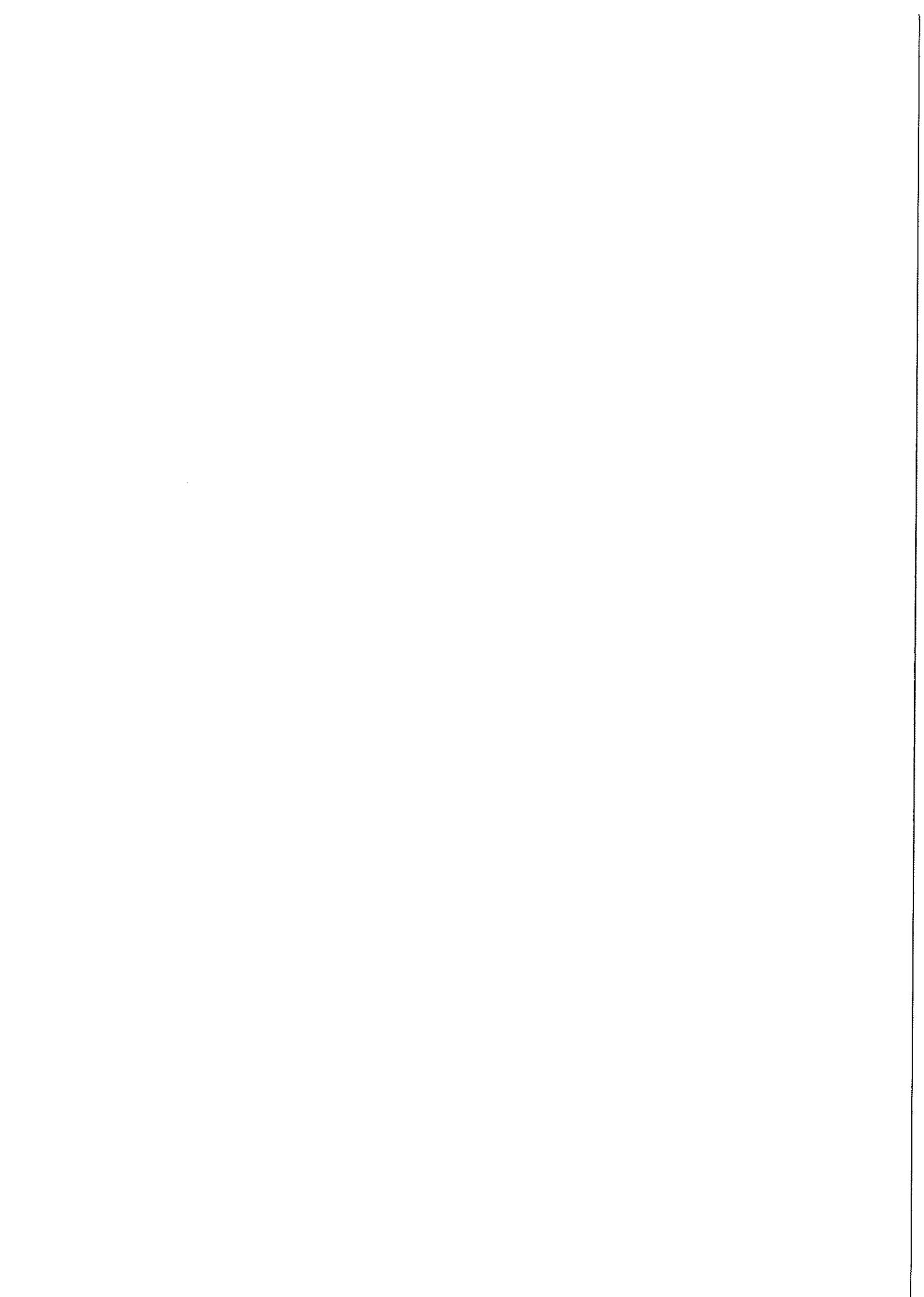
Glossaire :

D	: demande	VA	: valeur ajouté
TES	: tableau entrée-sortie	RES	: ressources nécessaires
P	: production	Bal	: balance commerciale
m	: nombre de secteurs dans l'économie	Δ	: indique la variation

Figure 3 : De la variation de la demande à la variation finale de la valeur ajoutée

Le modèle admet un certain nombre d'hypothèses implicites :

- c'est un modèle de demande. Elle est l'élément moteur de la dynamique des coûts.
- c'est un modèle "Top-Down", ce qui signifie qu'il utilise des données nationales comme variables exogènes, traduisant l'hypothèse que l'équilibre régional n'influence pas l'équilibre national. Il est ainsi supposé que les prix formés, à un niveau national, ne sont pas modifiés par le choc initial. De même, et plus généralement, la structure de l'économie régionale comme nationale n'est pas perturbée par la procédure le choc, dont l'effet s'amortit en moins d'un an.



- pour tenir compte des particularités régionales, le modèle utilise, le plus possible, des données régionales.
- les investissements et les variations de stocks sont supposés exogènes ce qui permet d'envisager que toute la baisse de la demande se traduise par une baisse de la production ou une variation du solde extérieur.
- le modèle adopte une représentation de l'économie en 11 branches et 10 produits (la branche commerce n'est pas productive).

3.2.2. Le calcul des différents éléments

Le modèle nécessite d'abord le calcul du choc initial par détermination de la baisse de revenu et de demande qu'elle provoque. Celle-ci est alors intégrée dans le processus itératif afin de dégager les effets induits.

a) Les pertes de revenu

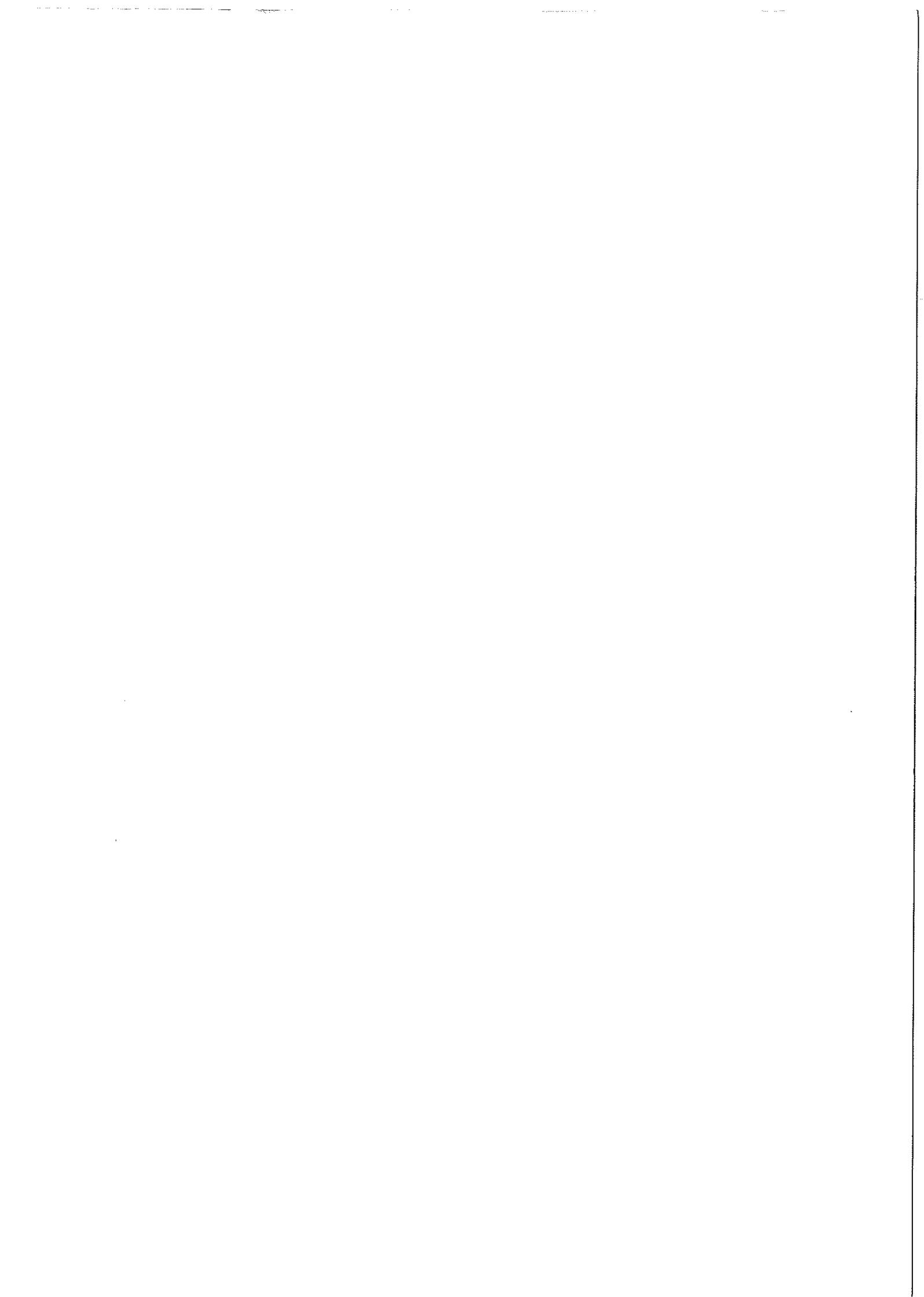
Une fois définie la perte de PIB calculée par le module ECONOM, il est possible de déterminer la baisse de valeur ajoutée (VA) consécutive par application du ratio PIB/VA. Le modèle calcule alors les pertes de salaires, branche par branche, en appliquant à la perte de valeur ajoutée, le rapport propre à chaque branche : REMUNERATION/VA.

Le module ECONOM ne fournissant pas les pertes par branches il serait possible de calculer la perte de salaire globale en utilisant un rapport moyen de la relation entre rémunération et valeur ajoutée. De la même façon, il faut déterminer la perte de revenu brut des travailleurs indépendants des branches agricoles et non agricoles à partir de la valeur ajoutée créée.

b) La perte de revenu disponible pour la consommation

Après avoir défini la perte de revenu brut, il est nécessaire d'en déduire la baisse de consommation, c'est-à-dire le montant de revenu net d'épargne disparu. Il faut pour cela calculer d'abord le revenu disponible brut en soustrayant au revenu les impôts et ensuite l'épargne. La détermination du revenu disponible brut peut se faire en appliquant un taux de fiscalité calculé comme le rapport de la recette fiscale de l'impôt sur le revenu au volume de l'assiette.

Pour définir la somme d'épargne et donc la baisse de demande, il est nécessaire en théorie d'appliquer à la variation de revenu disponible brut la propension marginale à épargner. Celle-ci



est le produit du taux d'épargne et de l'élasticité de l'épargne au revenu. Dans la pratique la connaissance de cette élasticité est très difficile. Pour simplifier le calcul, il est possible de retenir l'hypothèse que la propension marginale à épargner est égale au taux d'épargne.

c) La baisse de consommation

A partir des calculs précédents, on peut en déduire la variation du volume de consommation par la formule suivante :

$$\Delta C = (1 - \text{TOFISC}) (1 - \text{TOEP}) (\Delta \text{SAL} + \Delta \text{RBEI})$$

ΔC : variation de consommation

ΔSAL : variation de salaire

ΔRBEI : variation de revenu brut des entrepreneurs individuels

TOFISC : taux de fiscalité

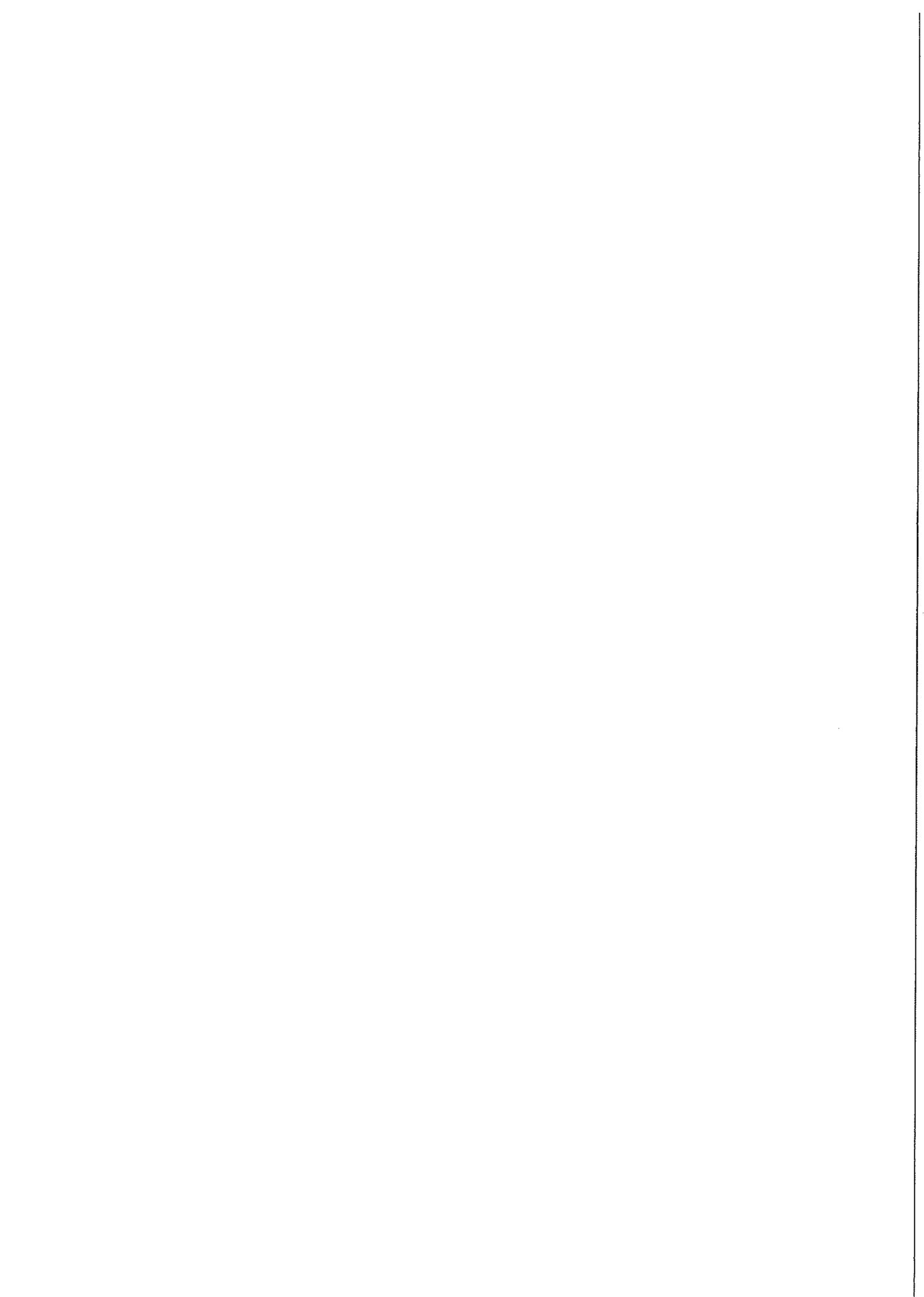
TOEP : taux d'épargne

La ventilation de cette baisse de demande des ménages entre les différents postes de consommation nécessiterait tout comme pour l'épargne, l'emploi de propensions marginales à consommer et des élasticités de la demande par produit au revenu. Là encore, la connaissance imparfaite de ces derniers éléments incite à utiliser en première approximation les coefficients budgétaires.

d) Le calcul de la valeur ajoutée induite

Les diminutions de consommation par produit sont introduites dans un TES régional afin de déterminer la baisse de valeur ajoutée induite qui provoquera une nouvelle chute de la consommation et ceci jusqu'à l'amortissement du choc initial.

Un tableau entrées-sorties est un moyen de présenter de façon synthétique et suivant un cadre comptable rigoureux l'ensemble des informations chiffrées relatives à l'activité économique d'un



espace défini. Il s'agit d'un compte de flux. Il donne pour chaque produit l'équilibre entre les ressources et les emplois de ce produit. La Figure 4 présente de façon schématique un tel tableau.

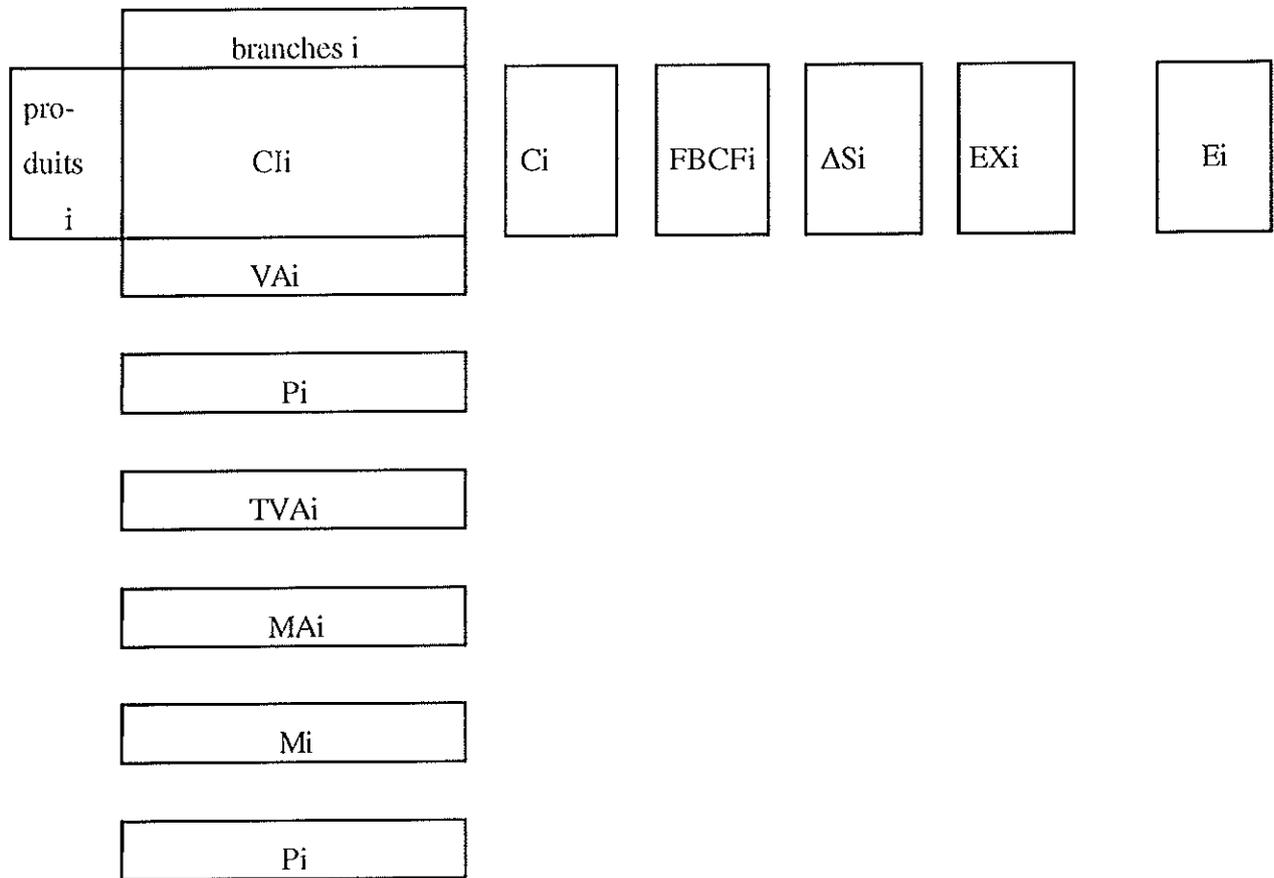
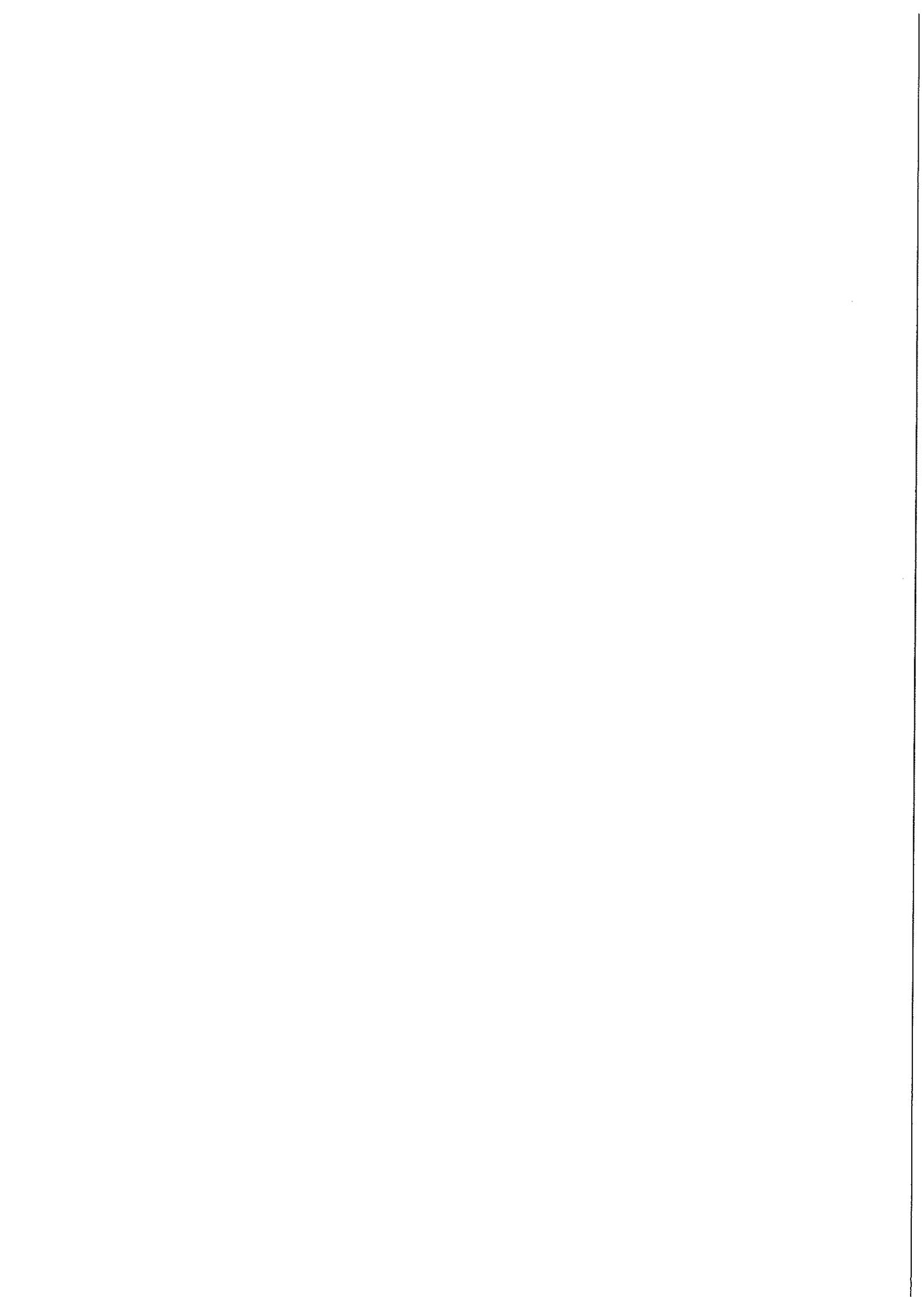


Figure 4 : Structure d'un tableau entrées-sorties

En ligne apparaissent les utilisations des produits i : consommations intermédiaires (CI), consommation finale (C), investissement (FBCFi), variation de stock (ΔS) et exportation (EX). La somme de ces différents éléments donne le "total des emplois" (E).

En colonne apparaissent les utilisations des ressources : consommations intermédiaires (CI) et valeur ajoutée (VA) dont la somme est égale à la production (P). Pour obtenir le total des ressources, il faut y ajouter la TVA, les marges commerciales (MA) et les importations (M).

L'équation fondamentale du TES est l'équilibre emplois-ressources par produit i :



$$CI_i + C_i + FBCF_i + \Delta S_i + EX_i = P_i + TVA_i + MA_i + M_i$$

Le problème rencontré à ce niveau de l'étude est qu'il n'existe pas en France de TES régionaux ce qui implique l'utilisation d'une matrice de coefficients techniques (ou des consommations intermédiaires en terme de pourcentage des productions par branche) calculés au niveau national.

Cette simplification a comme inconvénient que l'on ne dispose pas d'information sur les échanges économiques inter-régionaux. Il est impossible alors de savoir dans quelle proportion la chute de demande adressée à une branche se traduit par une réduction de la production locale et donc une nouvelle baisse de revenu régional ou plutôt en un ajustement par le commerce extra-régional et donc sans implication induite sur le PIB régional.

Afin de restaurer cette connaissance au moins partiellement, il est possible d'introduire pour chaque branche ce que l'on pourrait appeler des taux "d'extraversion" (r_i). Ce taux est égal à 0 lorsque la branche répond exclusivement à une demande extérieure à la région, il est égal à 1 si la demande est exclusivement locale [5, 6].

En terme de variation, et avec les hypothèses de fixité de la variation de stock et de l'investissement, l'équation d'équilibre entre les emplois et les ressources devient :

$$\Delta CI_i + \Delta C_i = \Delta P_i + \Delta TVA_i + \Delta MA_i + (\Delta M_i - \Delta EX_i)$$

ou

$$\Delta CI_i + \Delta C_i = \Delta RES_i + \Delta TVA_i + \Delta MA_i$$

avec :

$$\Delta P_i + (\Delta M_i - \Delta EX_i) = \Delta RES_i$$

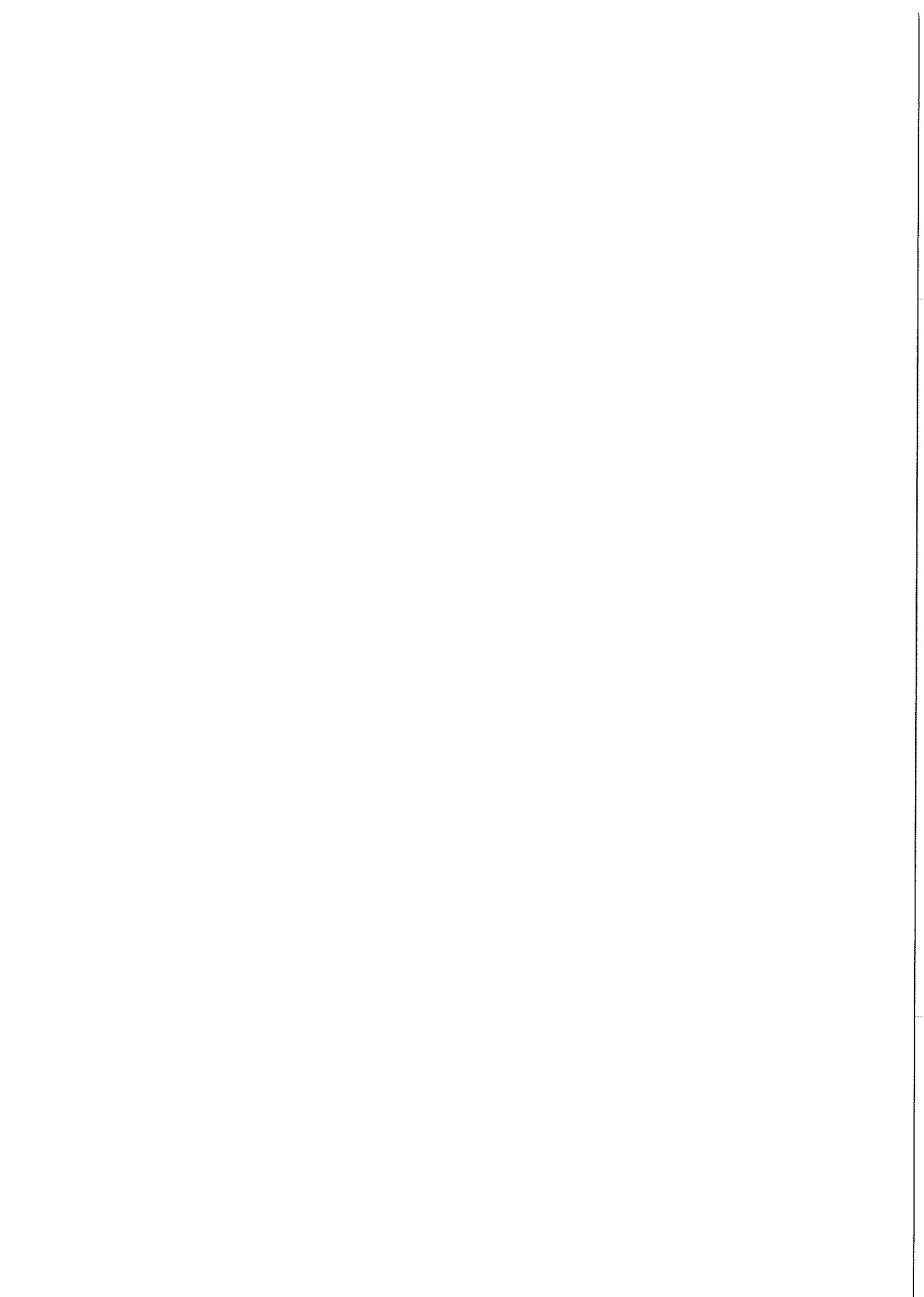
$$\Delta P_i = r_i \Delta RES_i$$

$$(\Delta M_i - \Delta EX_i) = (1 - r_i) \Delta RES_i$$

Les variations de la TVA et des marges commerciales sont définies par les deux équations suivantes :

$$\Delta TVA_i = z_i \Delta C_i$$

$$\Delta MA_i = x_i \Delta CI_i + y_i \Delta C_i$$



Après calcul, on obtient la relation matricielle suivante :

$$A \Delta RES = B \Delta C$$

ΔRES est un vecteur à 11 coordonnées

ΔC est un vecteur à 10 coordonnées

A est une matrice 11 x 11

B est une matrice 11 x 10

Les coefficients de la matrice A sont définis par :

pour $0 < i < 11$:

$$a_{ii} = 1 - (1 - x_i) r_i k_{ii}$$

$$a_{ij} = -(1 - x_i) r_i k_{ij}$$

où k_{ij} représente le coefficient technique.

pour $i = 11$ et pour $j < 11$:

$$a_{ij} = (-x_j / (1 - x_j)) (1 / r_i)$$

pour $j = 11$:

$$a_{ij} = 1$$

Les coefficients de la matrice B sont définis par :

pour $0 < i < 11$ et $0 < j < 11$:

$$b_{ii} = 1 - y_i - z_i$$

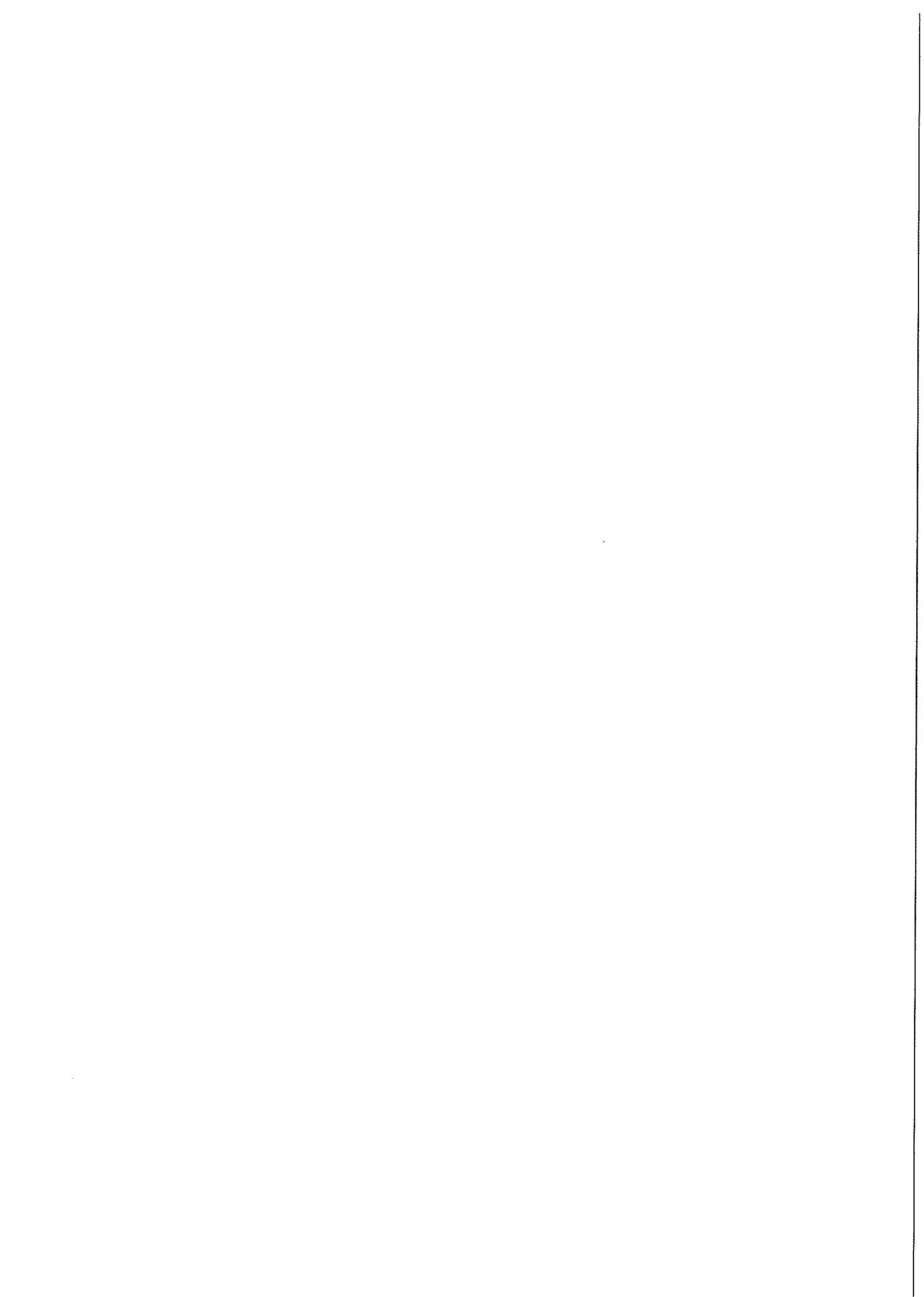
$$b_{ij} = 0$$

pour $i = 11$ et $0 < j < 11$:

$$b_{ij} = (1 / r_i) [(y_j - x_j (1 - z_j)) / (1 - x_j)]$$

Le total des ressources peut s'écrire sous la forme :

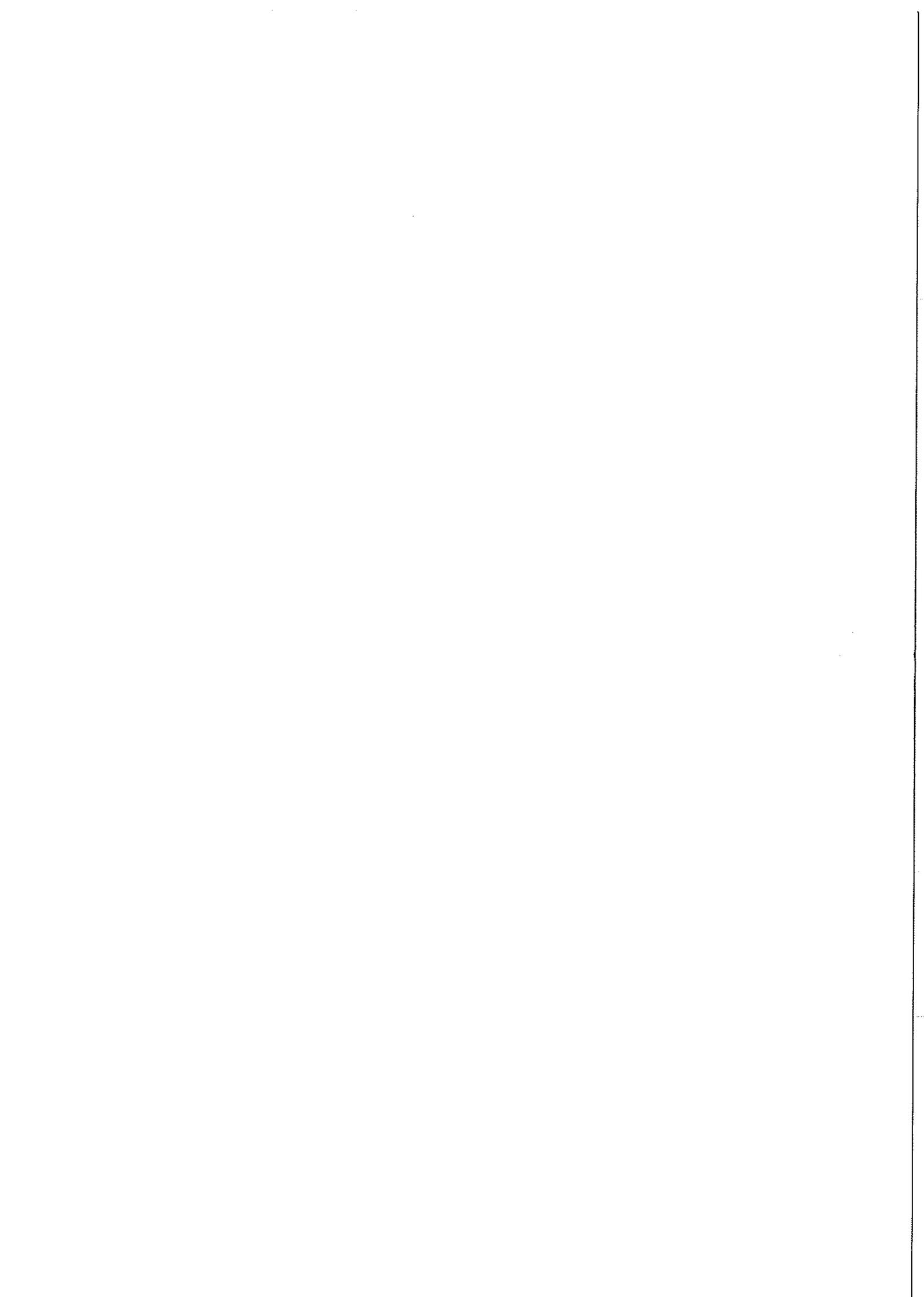
$$\Delta RES = A^{-1} B \Delta C$$



On obtient les variations de production de chaque branche par l'équation définie plus haut :

$$\Delta P_i = r_i \Delta RES_i$$

De la variation de production ainsi définie on peut déduire les pertes de valeurs ajoutées de revenus et donc la diminution de demande induite. Au terme du processus itératif le modèle fournit la perte de valeur ajoutée et donc la perte de PIB.



4. CONCLUSION

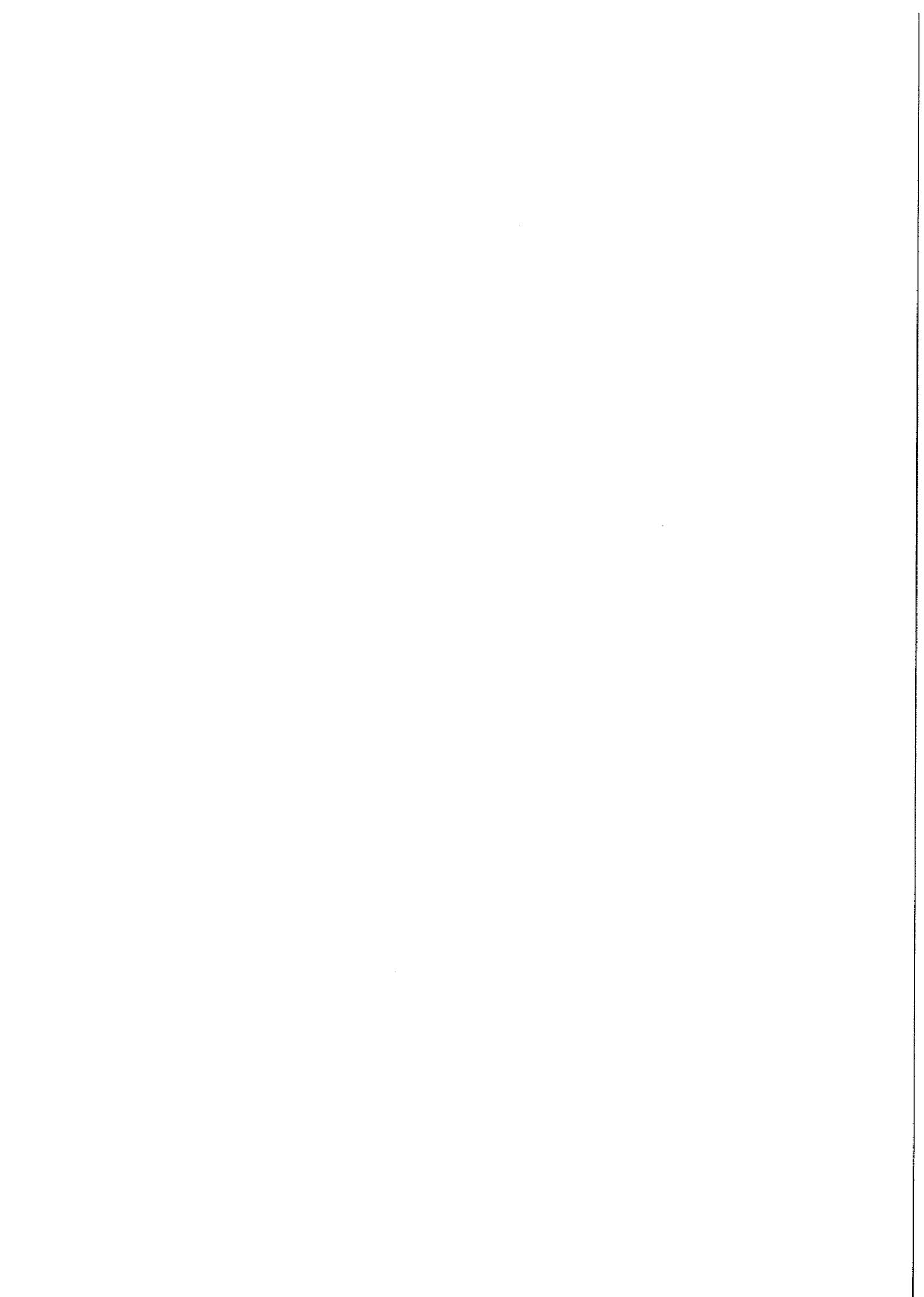
Le module ECONOM intégré dans le modèle COSYMA n'estime que les coûts directs imputables à un accident nucléaire. Ce type de comptabilisation des coûts tend vers l'exhaustivité, mais n'y parvient pas. Question de convention (on n'intègre pas dans le calcul le coût des dommages supportés par la centrale) mais aussi question de choix plus arbitraires (faut-il évaluer le coût de non consommation d'eau contaminée ? faut-il prendre en compte les pertes de production industrielles ? etc..). Il faut admettre que la tâche est difficile et l'on ne sait plus très bien où s'arrêter dans ce type d'exercice, ni comment éviter l'écueil de la double comptabilisation.

Se donner un modèle de référence tel que le tableau entrées-sorties permet de rendre plus cohérent l'exercice de valorisation, car l'impact final sera mesuré par une variation nette du PIB, et de prendre en compte les effets induits sur le reste de l'économie. Il s'agit certes d'une première approximation puisque l'on suppose que la structure des prix n'est pas modifiée, mais elle a le mérite d'être plus globale et plus cohérente qu'une simple addition de coûts.

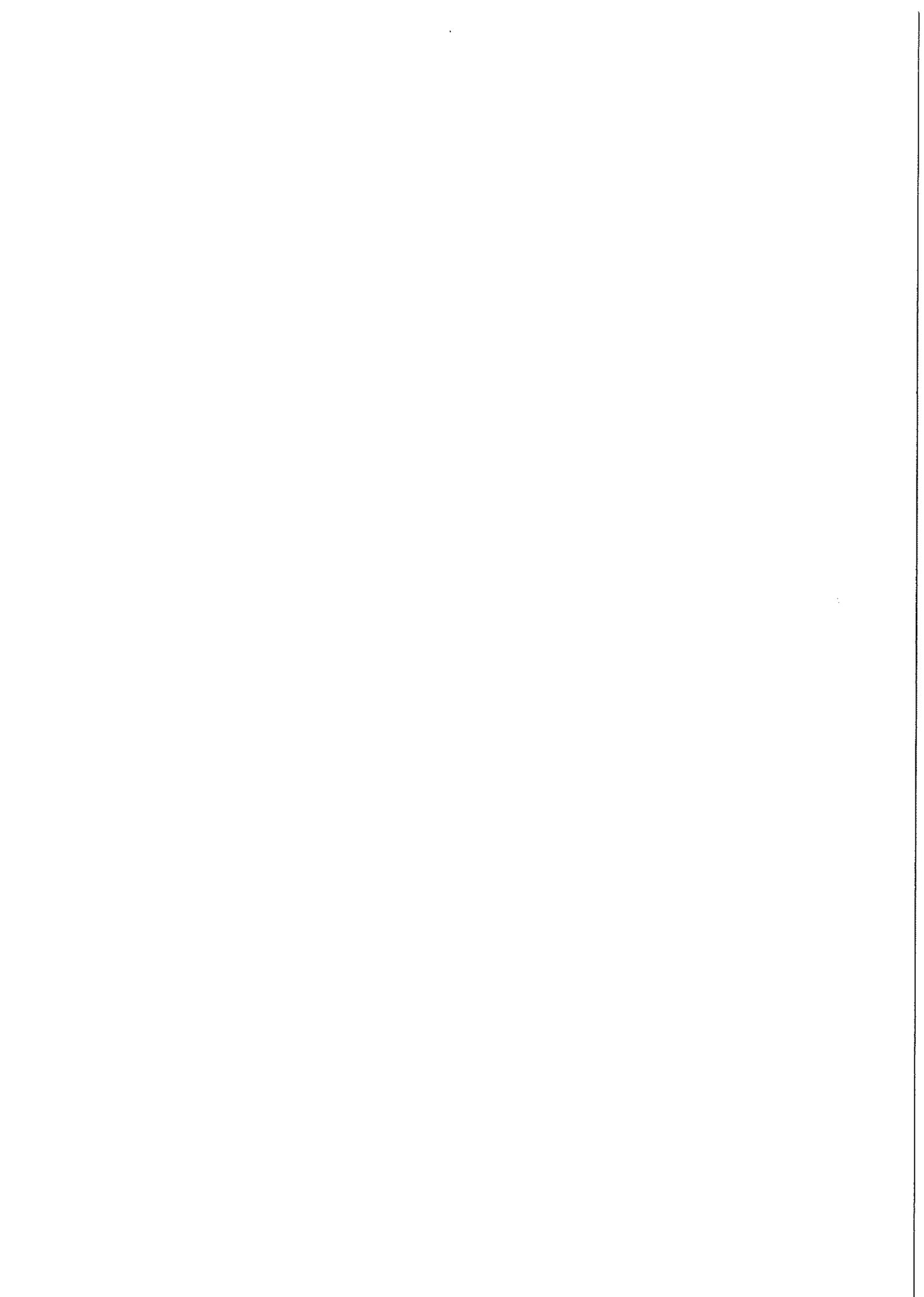
L'évaluation économique des conséquences d'un accident dans le modèle COSYMA est étroitement dépendante des objectifs fixés au modèle en matière d'impact radiologique. En d'autres termes, ce sont les évaluations physiques qui dictent l'approche retenue en matière économique et en conséquence, les dimensions purement économiques (incidences macro-économiques nationales voire internationales) sont hors du champ du modèle. Ainsi, l'impact d'un accident grave aurait probablement des répercussions importantes sur le développement de la filière nucléaire et donc une incidence économique.

Par ailleurs, le module ECONOM ne prend en compte que les coûts économiques directs d'un accident et non l'évaluation économique des dommages dans les domaines non marchands comme par exemple l'environnement et les écosystèmes. De plus, tant qu'à évaluer le coût économique, le module pourrait être étendu aux coûts indirects induits au niveau macro-économique.

Le module ECONOM constitue une base cohérente et suffisamment générique pour être mise en œuvre aisément et pourrait, moyennant quelques aménagements, être élargi aux conséquences économiques directes et indirectes. Dans une perspective de gestion, il pourrait être également intéressant, sur la base du modèle existant, de prendre en compte l'incidence économique des différents systèmes de compensation mis en œuvre en cas d'accident (subventions,

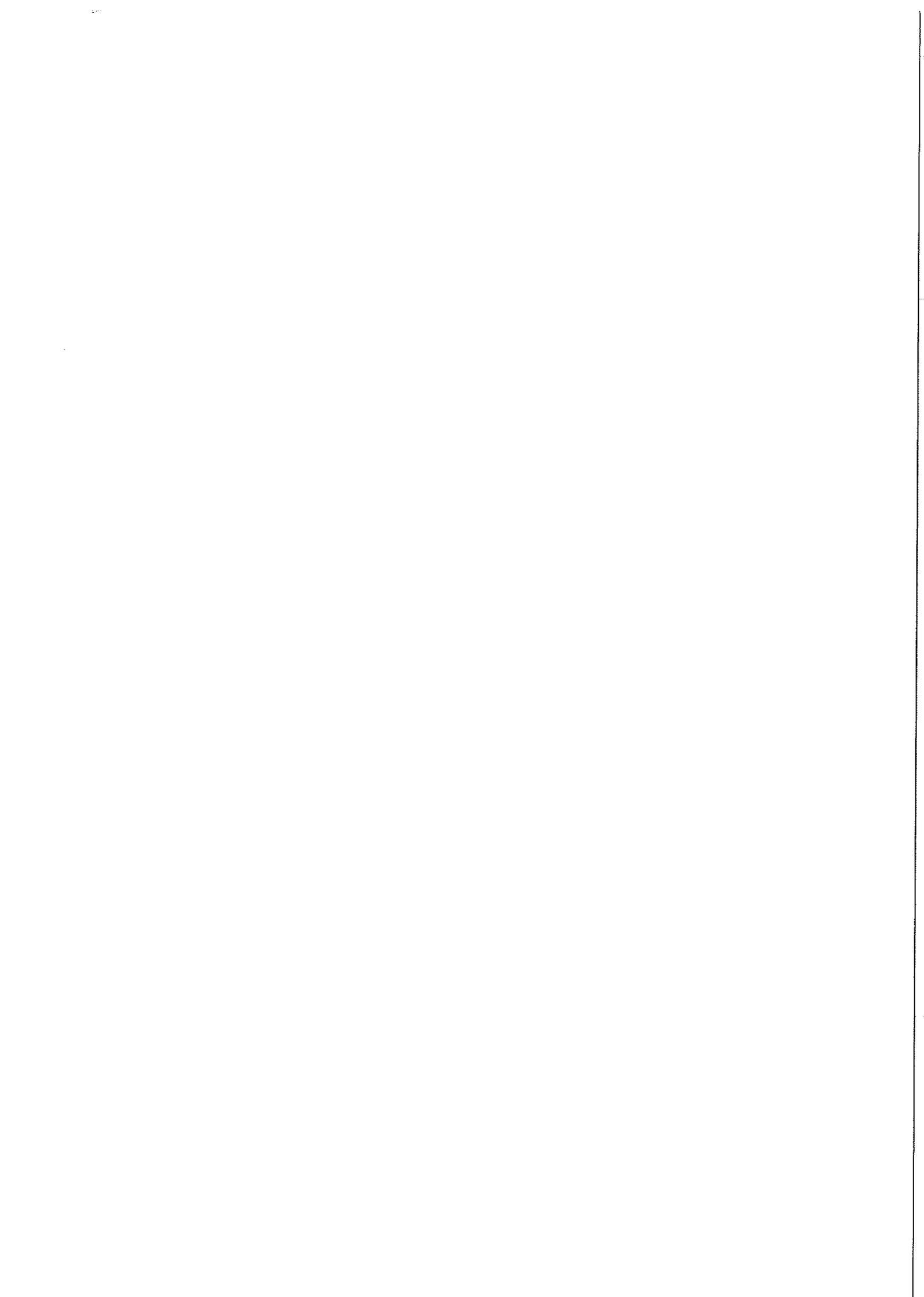


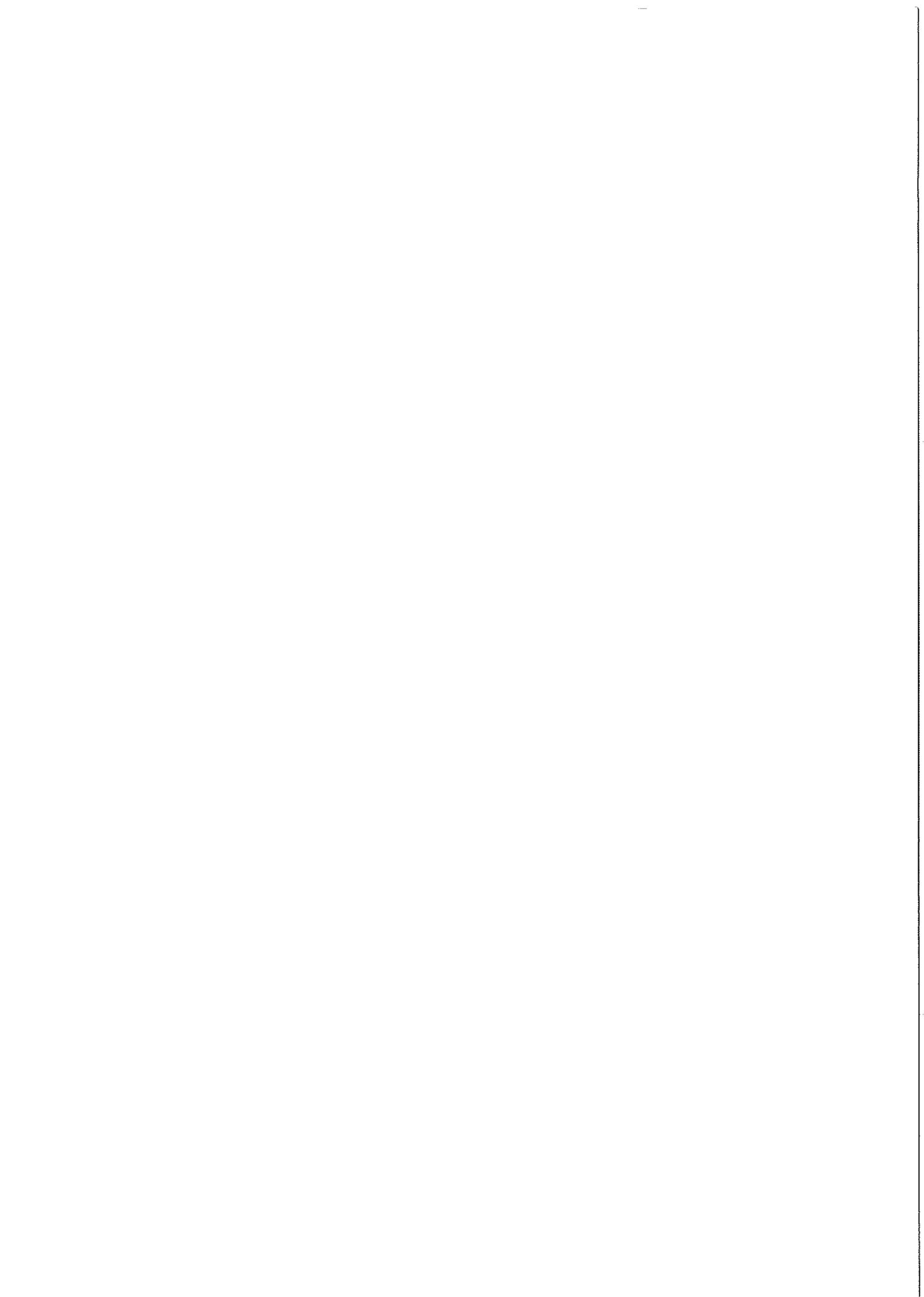
assurances,...) qui ne manqueraient pas de modifier les conséquences économiques (directes et indirectes) induites par l'accident.

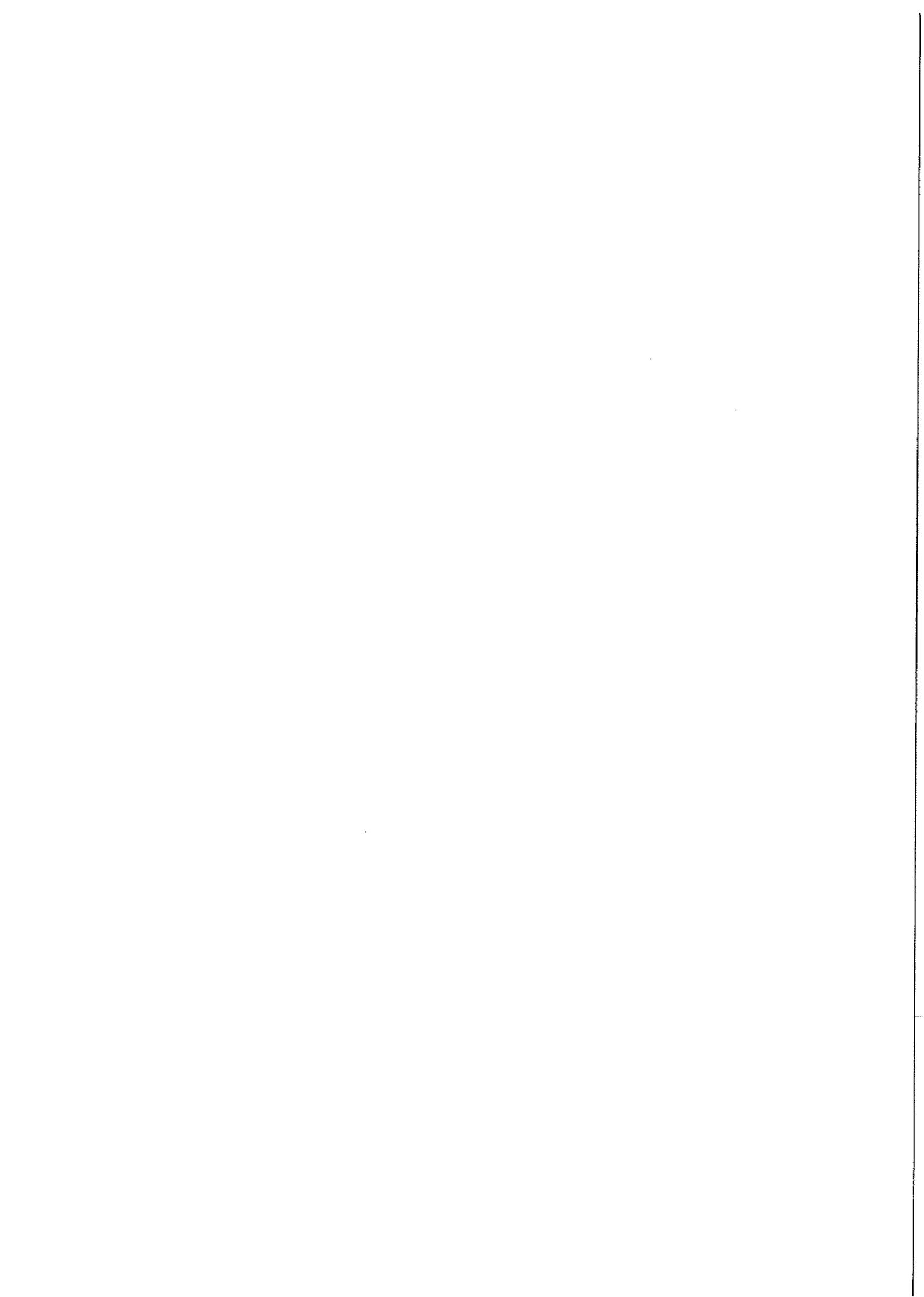


REFERENCES

- [1] FAUDE D., **COSYMA Modelling of Economic Consequences**, Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik, Projekt Nukleare Sicherheitsforschung, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1992.
- [2] HAYWOOD S.M., ROBINSON C.A, HEADY C., **COCO-1 : Model for Assessing the Cost of Offsite Consequences of Accidental Releases of Radioactivity**, National Radiological Protection Board, 1991.
- [3] DREICER M., **Preliminary Estimation of Physical Impact and Monetary Valuation for Priority Pathway of the Nuclear Fuel Cycle**, Executive Summary, CEPN, 1992.
- [4] BRENOT J., **Conséquences socio-économiques d'une évacuation de population**, CEA/IPSN, 1988.
- [5] ASSOULINE M., **Evaluation des conséquences socio-économiques d'une évacuation de population en cas d'accident grave d'origine industrielle**, CEA-IPSN, Département de la protection sanitaire, 1984.
- [6] ASSOULINE M., BASTIEN M.C., BRENOT J., DUMAS M., PARMENTIER N., **Economic Consequences of Evaluation in Urban Areas**, Radiation Protection Dosimetry, vol. 21, n° 1/3, 1987, 165-169.







ANNEXE

Tableau A1 : Valeurs par défaut utilisées (1 DM = 3,5 FF)

OPERATIONS	VALEURS PAR DEFAULT	UNITES
Evacuation-relocalisation		
Coûts de transport (privé,public)	10 / 50	DM/tête
Coûts d'évacuation	30	DM/tête/jour
Coûts de relocalisation	2 300	DM/tête/an
Perte de revenus	30 300	DM/tête/an
Perte de service du capital		
- non-résidentiel	17 300	DM/tête
- résidentiel	81 300	DM/tête
- terre	20 000 000	DM/km ²
- biens durables	15 000	DM/tête
Durée de la relocalisation	2	an
Taux d'intérêt	5	%
Taux d'actualisation	7	%
Taux de dépréciation non-résid., résid., biens dur.	16 / 2 / 16	%
Décontamination		
Coûts de décontamination	7 200 000	DM/km ²
Destruction de produits alimentaires		
Perte de production agricole (production brute/valeur PNB)		
- récoltes	0,33 / 0,18	DM/kg/an
- bétail	2,64 / 1,42	DM/kg/an
- lait	0,66 / 0,36	DM/kg/an
Perte de service du capital agricole (non-résidentiel, résidentiel)		
- récoltes	0,31 / 0,45	DM/kg
- bétail	2,49 / 3,61	DM/kg
- lait	0,62 / 0,90	DM/kg
Coûts de destruction		
- récoltes	0	DM/kg
- bétail	0	DM/kg
- lait	0,06	DM/kg
Effets sur la santé		
Coût du traitement médical	2 000 - 6 000	DM/cas
- effets immédiats, non-fatals	85 000 - 170 000	DM/cas
- effets immédiats, fatals	9 000 - 57 000	DM/cas
- effet différés		
	28 700	DM/tête/an
Revenus bruts annuels		

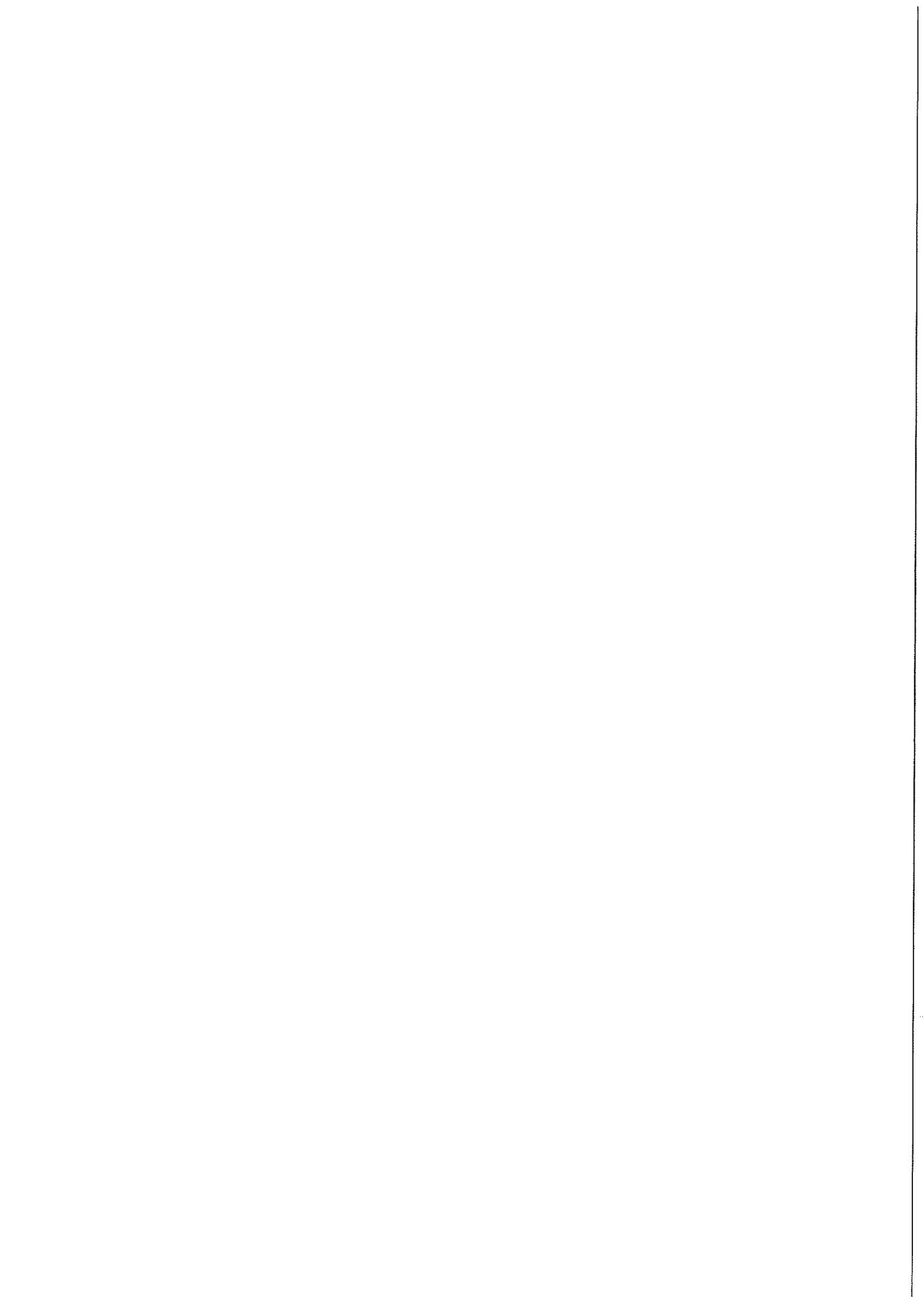


Tableau A2 : Caractéristiques du scénario**Le terme source :**

Rupture de l'enceinte de confinement conduisant à un relâchement de l'ordre de 10% du cœur du réacteur

Délai avant le rejet : 2 heures

Durée de rejet : 1 heure

Réacteur considéré : 1200 MWe

Distances : Local = 0 à 100 km
Régional = 100 à 3000 km

Localisation :

Centre de l'Allemagne : pour la météorologie et la population

Effets différés :

Intégrés sur 200 ans après l'accident

Calculs : Espérance mathématique selon les zones et les conditions météorologiques

Critères d'évacuation :

CIPR 40 (50 mSv à l'organisme entier et 500 mSv à la thyroïde)

Durée moyenne de l'évacuation :

3 jours

Critères de relogement :

Equivalent de dose efficace lié à la contamination des sols durant la première année : 50 mSv

Critère pour les denrées alimentaires :

1000 Bq/kg (valeur moyenne)

Code de calcul :

COSYMA

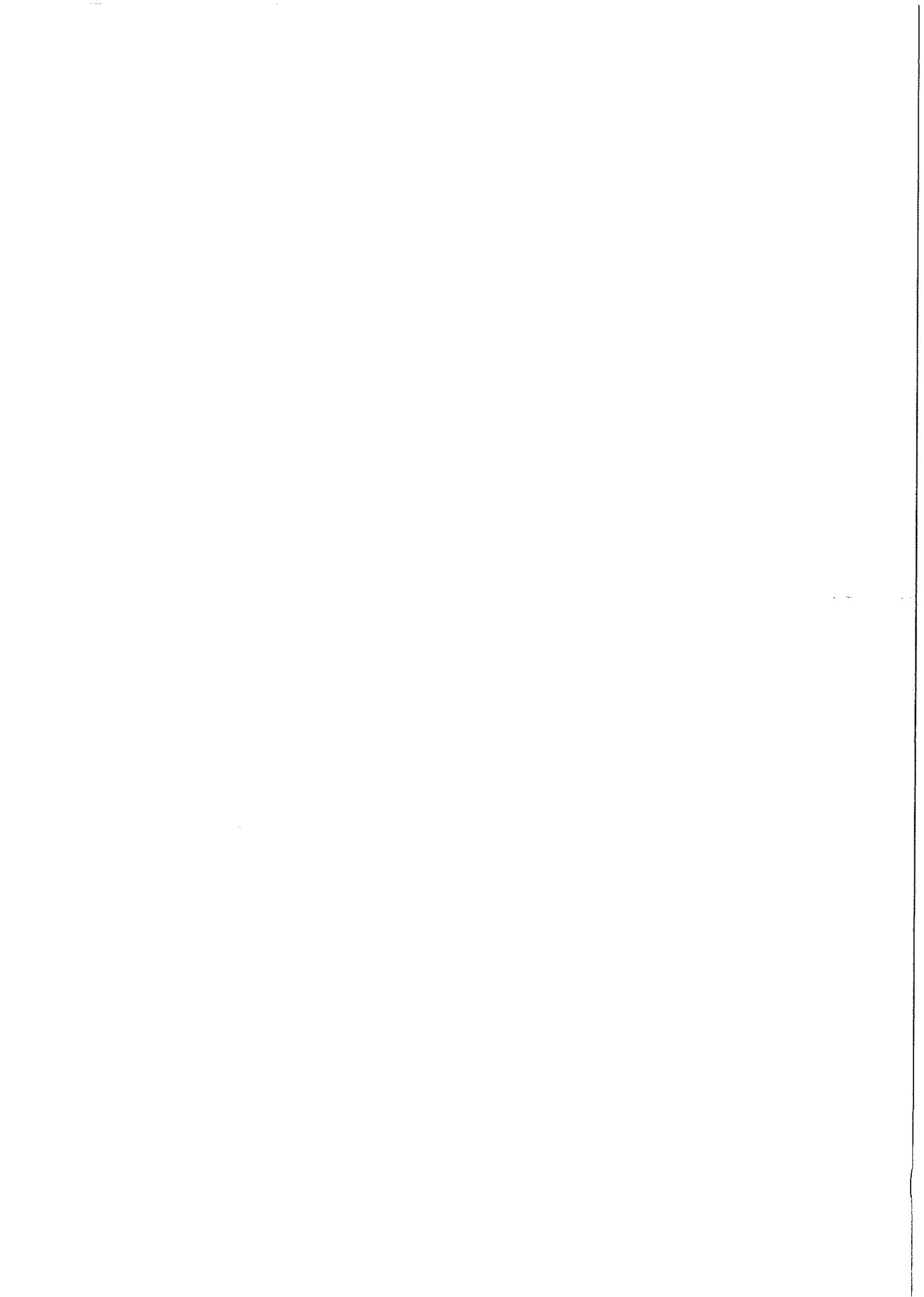


Tableau A3 : Coûts sociaux du scénario

			Surface (km2)	Population	Coût individuel (FF)	Coût total (MF)	% total (LOCAL)	%total L+R
L	CT	EVACUATION	1 5 3	44 000	11 542	5 0 8	2,86 %	0,25%
		Transport	153	44 000	67	3	0,02%	0,00%
		Logement	153	44 000	3 016	133	0,75%	0,06%
		Perte de revenu	153	44 000	8 459	372	2,10%	0,18%
L	CT	MORBIDITE		1 3 8	28 246	4	0,02 %	0,00%
		Traitement médical		138	18 630	3	0,01 %	0,00%
		Pertes économiques		138	9 616	1	0,01 %	0,00%
L	CT	MORTALITE		9	2 249 000	2 0	0,11 %	0,01%
		Traitement médical		9	86 444	1	0,00%	0,00%
		Pertes économiques		9	2 162 556	19	0,11 %	0,01%
L	MLT	RELOGEMENT	2 0 2	58 419	172 863	10 098	56,86 %	4,89%
		Transport	202	58 419	308	18	0,10%	0,01%
		Logement	202	58 419	7 862	459	2,59%	0,22%
		Perte de revenu	202	58 419	103 564	6 050	34,07%	2,93%
		Perte de capital	202	58 419	61 129	3 571	20,11%	1,73%
L	MLT	Denrées alimentaires	1 440 - 2 800	-	-	5 768	32,48 %	2,80%
		Perte de production	1440-2800	-	-	1 263	7,11%	0,61%
		Perte de capital	1440-2800	-	-	4 489	25,28%	2,18%
		Coût des déchets	1440-2800	-	-	16	0,09%	0,01%
L	MLT	Effets sanitaires		36 400	37 409	1 362	7,67 %	0,66%
		Morbidité		32 983	24 042	7 93	4,46%	0,38%
		Traitement médical		32 983	8 106	267	1,51%	0,13%
		Pertes économiques		32 983	15 936	526	2,96%	0,25%
		Mortalité		3 417	166 431	5 69	3,20%	0,28%
		Traitement médical		3 417	29 961	102	0,58%	0,05%
		Pertes économiques		3 417	136 471	466	2,63%	0,23%
L	CMLT	TOTAL				17 760	100 %	8,61 %
R	MLT	Denrées alimentaires				187 667		90,95 %
		Perte de production				57 780		28,00%
		Perte de capital				129 039		62,54%
		Coût des déchets				848		0,41%
		Effets sanitaires		11 360		9 14		0,44 %
L+R	CMLT	TOTAL GENERAL				206 341		100 %

Notations : L = Local
 R = Régional
 CT = Court terme
 MLT = Moyen et long terme

