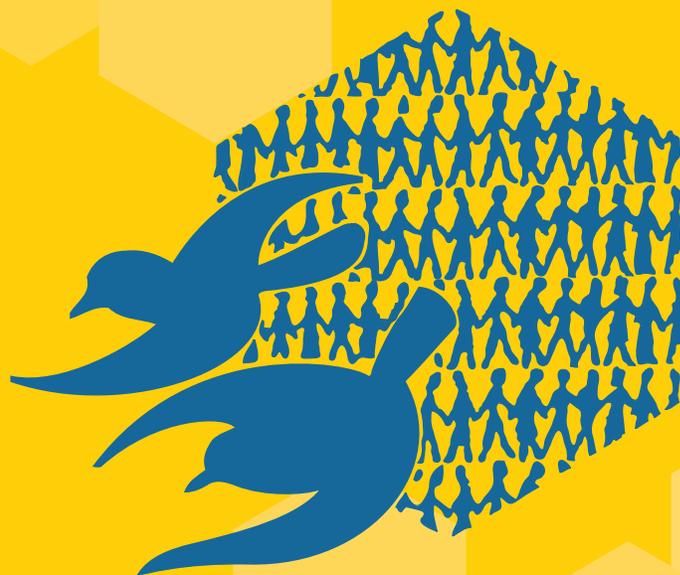


POPULATION ET TRAVAIL

Dynamiques démographiques et activités

*Colloque international d'Aveiro
(Portugal, 18-23 septembre 2006)*



ASSOCIATION INTERNATIONALE DES DÉMOGRAPHES DE LANGUE FRANÇAISE
A I D E L F – 133, boulevard Davout – 75980 Paris Cedex 20 (France)
<http://www.aidelf.org> – Courriel : aidelf-colloque2006@ined.fr

Impact du travail sur la santé : du longitudinal, oui, mais lequel ?

Thomas COUTROT

Dares

Loup WOLFF

Centre d'études de l'emploi

Pour pouvoir évaluer les liens entre expositions professionnelles et santé des salariés, les épidémiologistes ont besoin de disposer d'un outil d'observation adapté : une enquête longitudinale de préférence, ou, à défaut, en coupe instantanée (cross-section) avec une interrogation rétrospective sur les expositions aux facteurs de risque. Dans les deux cas, il faut avoir des informations sur le mode de vie des salariés (facteurs de risque personnels) et sur leur historique médical, qui peuvent constituer des « facteurs de confusion » susceptibles d'introduire des biais dans la mesure des liens entre expositions professionnelles et santé s'ils ne sont pas contrôlés.

Mais que peut-on faire lorsque les données dont on dispose ne remplissent pas toutes ces conditions ? De quelle ampleur sont les biais qu'implique l'utilisation d'une enquête en coupe instantanée, où on ne connaît ni les expositions passées, ni les facteurs de risque personnels ? Et lorsque les données remplissent toutes les conditions nécessaires, y compris la dimension longitudinale, comment spécifier le modèle : faut-il expliquer l'évolution de la santé par les conditions de travail à la date initiale, ou bien plutôt par l'évolution des conditions de travail entre les deux dates d'observation ?

L'article se propose de comparer les performances de différentes spécifications de modèles statistiques explicatifs, en coupe transversale et longitudinaux, sur la même base de données, l'enquête ESTEV « Travail, Vieillesse, Santé » (voir encadré), réalisée en 1990 et 1995 auprès d'environ 20 000 salariés par près de 1000 médecins du travail. Chaque spécification est appliquée à 29 variables décrivant l'état de santé, dont on cherche à modéliser la prévalence ou l'incidence : 16 pathologies diagnostiquées par les médecins, 12 infra-pathologies évoquées par les salariés, et la mauvaise santé auto-évaluée par les salariés¹.

Les cinq spécifications comparées sont les suivantes :

- Les modèles statiques simples (ou naïfs) expliquent la prévalence d'une pathologie ou infra-pathologie donnée en 1995 en fonction uniquement des expositions de 1995 et des variables socio-professionnelles élémentaires (âge, sexe, PCS, secteur d'activité) caractéristiques des salariés.
- Les modèles statiques complets ajoutent aux variables explicatives précédentes celles qui décrivent l'ensemble des caractéristiques personnelles (situation familiale) et comportements à risque (tabac, alcool, sport, bricolage) disponibles dans ESTEV, ainsi que l'ensemble des pathologies antérieures et actuelles diagnostiquées par le médecin au moment de l'enquête (à l'exception bien sûr de la pathologie à expliquer).
- Les modèles statiques rétrospectifs prennent en compte l'information fournie en 1995 sur les expositions actuelles ou passées et sur leur durée.
- Les modèles longitudinaux en niveau, pour lesquels on mobilisera aussi les données de 1990, expliquent l'incidence d'une pathologie entre 1990 et 1995 par le niveau des

¹ Pour une présentation plus détaillée des méthodes et des résultats, voir Coutrot, Wolff, 2005.

expositions en 1990. C'est ce type de modèle qui est le plus classiquement utilisé en épidémiologie, on peut aussi le qualifier de modèle « standard ».

- Les modèles longitudinaux en variations modélisent l'incidence d'une pathologie entre 1990 et 1995 en fonction des caractéristiques personnelles (en 1995) et de la variation des expositions entre 1990 et 1995. Ce type de modèle est plus rarement utilisé (voir toutefois pour l'enquête STED : Ministère de l'emploi et de la solidarité [2001]).

L'ambition de cet article est purement statistique : nous ne cherchons pas à analyser la pertinence des modèles d'un point de vue épidémiologique (c'est-à-dire à juger de la vraisemblance médicale des liaisons statistiques analysées), mais à comparer leurs performances à l'aide d'un critère statistique, le nombre de liaisons entre expositions et santé statistiquement significatives au seuil de 5%.

Les données utilisées : l'enquête ESTEV

L'enquête ESTEV a été initiée en 1990 par 400 médecins volontaires à l'occasion des visites annuelles en médecine du travail (Derriennic, Touranchet, Volkoff, 1996). L'échantillon de départ était constitué de 21 378 salariés des deux sexes et de quatre années d'âge (nés en 1938, 1943, 1948 et 1953), tirés au sort pour l'enquête, issus de sept régions. En 1995, une seconde interrogation a touché 18 695 salariés, soit plus de 87% de la population de départ, revus par près de 1 000 médecins.

La méthodologie originale d'ESTEV en fait une base de données d'une très grande richesse aussi bien dans le champ de la santé (grâce à la visite médicale) que dans celui du travail (par un auto-questionnaire), permettant un contrôle rigoureux des effets de la variable âge, et dotée d'une dimension longitudinale.

Le questionnaire comprend des informations sur les expositions actuelles et passées (avec des durées d'exposition) aux principaux risques (horaires atypiques, risques physiques, chimiques et organisationnels) ; sur les caractéristiques personnelles (vie familiale, activités hors travail comme le sport ou le bricolage et facteurs de risque personnels comme la consommation d'alcool et de tabac) ; sur la santé (« infra-pathologies » signalées par les salariés et pathologies diagnostiquées par les médecins).

Le champ de l'étude est l'ensemble des individus interrogés en 1990 et 1995, salariés en 1990 et en 1995, soit 16 950 individus (un peu plus de 79% de la population initiale). Cette attrition implique une réduction de la taille de l'échantillon et surtout une déformation de sa structure. On a remarqué que les individus écartés de l'étude présentaient en 1990 des conditions de travail plus difficiles et une santé moins bonne que les autres. Ce biais de sélection peut affecter l'analyse de l'impact des conditions de travail sur la santé ; en effet les individus au départ les plus fragilisés (et qui sont donc *a priori* les plus susceptibles de réagir négativement à une dégradation de leurs conditions de travail) ont moins de chance d'être étudiés. Mais ce biais va dans le sens d'une sous-estimation des effets : on pourra donc considérer les résultats ici présentés comme des évaluations conservatrices des liens entre travail et santé. Pour plus de détails méthodologiques, voir Coutrot, Wolff, 2005.

1. Comparaison entre les modèles statiques

La comparaison systématique des estimations fournies successivement par les trois types de modèles statiques proposés révèle la faiblesse du biais induit par l'omission des facteurs liés à la vie personnelle et aux antécédents médicaux.

1.1 Résultats de la spécification naïve

Les modèles statiques naïfs comptent de 3 à 21 liaisons significatives entre expositions et santé, avec une moyenne de 9 odds ratios significatifs par modèle. Parmi les pathologies diagnostiquées, celles du système ostéo-articulaire et musculaire, dont les troubles musculo-squelettiques (fréquence 27%), obtiennent le nombre le plus élevé d'odds ratios significatifs (12) pour les variables décrivant les expositions professionnelles actuelles ; les troubles mentaux (fréquence 6%) comptent 11 odds ratios significatifs. En revanche des pathologies relativement plus rares – telles que les maladies cutanées (4,1% des salariés), les cancers (1,4%) ou les maladies du système nerveux (3,2%) – ne comptent chacune que 3 expositions dotées d'odds ratios significatifs.

Les infra-pathologies déclarées ont un lien beaucoup plus net encore avec les expositions actuelles. On obtient 12 odds ratios (tous fortement) significatifs dans l'équation expliquant le fait de se sentir en mauvaise santé par les expositions à des risques (non compris bien entendu les variables de contrôle). La nervosité (21 odds ratios significatifs), les troubles du sommeil (14), les soucis (14), la fatigue (13), la prise de somnifères (12), les différentes douleurs péri-articulaires (de 8 à 14 odds ratios significatifs), toutes ces infra-pathologies sont fortement corrélées aux déclarations sur les expositions.

1.2 Comparaison des spécifications naïve et statique complète

Le passage aux modèles statiques complets (en contrôlant l'effet des caractéristiques personnelles, des comportements à risque ainsi que des autres pathologies et infra-pathologies des salariés) induit très peu de changements dans les résultats. Près de 80% des expositions qui avaient un effet significatif sur la santé dans les modèles naïfs conservent un effet significatif dans les modèles statiques complets (tableau 1). Les odd-ratios qui perdent leur significativité sont ceux dont la probabilité de différer de l'unité était proche du seuil de 5%, et qui passent au dessus de ce seuil dans les modèles statiques complets.

Réciproquement, presque tous (i.e. 92%) les effets significatifs concernant les expositions professionnelles dans les modèles complets restent significatifs dans les modèles naïfs. Un nombre quasi-équivalent d'effets est donc révélé par les modèles naïfs et les modèles complets, avec une légère tendance de la spécification naïve à surestimer les effets (269 coefficients significatifs pour le premier type de modèles, contre 234 pour le deuxième), bien que les valeurs des odd-ratios dans les deux spécifications soient très proches (graphique 1).

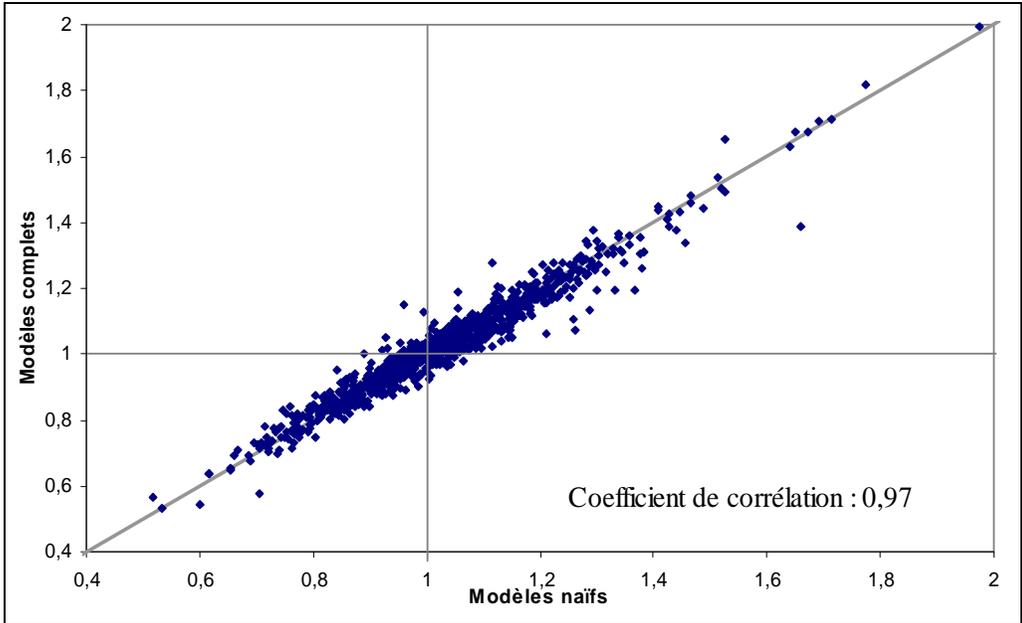
TABLEAU 1 : COMPARAISON DU NOMBRE D'EXPOSITIONS ACTUELLES AYANT UN EFFET SIGNIFICATIF DANS UN MODÈLE (EN LIGNE) PAR RAPPORT À UN MODÈLE DE RÉFÉRENCE (COLONNE)

	Nombre de coefficients significatifs dans les modèles...			Part de coefficients significatifs dans les modèles...		
	Naïfs	Complets	Rétrospectifs	Naïfs	Complets	Rétrospectifs
Naïfs	269	215	215	100%	80%	80%
Complets		234	212		100%	91%
Rétrospectifs			295		73%	100%

Source : ESTEV 1995

Note de Lecture : 92% des effets significatifs dans les modèles complets sont significatifs dans les modèles naïfs – soit : parmi les 234 effets significatifs dans les modèles complets, on en compte 215 qui sont aussi significatifs dans les modèles naïfs.

GRAPHIQUE 1 : LES EXPOSITIONS DANS LES MODÈLES NAÏFS ET COMPLETS



Les sphères professionnelle et personnelle semblent donc jouer de façon suffisamment indépendantes sur l'état de santé des personnes pour que l'omission des caractéristiques personnelles et des comportements à risque ne biaise pas fortement la mesure des liens entre les expositions professionnelles et l'état de santé des salariés. De fait, des modèles complets aux modèles naïfs, les valeurs prises par les coefficients significatifs ne varient que très peu : la plupart des odds ratios significatifs dans les modèles naïfs voient leur valeur se rapprocher légèrement de 1 dans le modèle statique complet correspondant, tout en demeurant significativement différents de l'unité.

L'omission des variables liées à la vie personnelle des enquêtés amène ainsi à surestimer légèrement l'impact des conditions de travail actuelles sur la santé, mais sans pour autant en fausser l'interprétation.

1.3 Comparaison des spécifications naïve et rétrospective

L'enquête ESTEV permet de mettre en œuvre des modèles rétrospectifs par l'introduction de variables décrivant l'historique des expositions passées (c'est-à-dire le fait d'être ou d'avoir été exposé à certains des risques identifiés, ainsi que la durée éventuelle d'exposition). Pour les risques physiques et les horaires atypiques (mais pas pour les risques organisationnels), le questionnaire ESTEV inclut une interrogation double sur l'actualité d'une part et la durée d'autre part de l'exposition. On peut donc décomposer l'exposition éventuelle à un risque en quatre composantes :

- Une exposition actuelle courte (i.e. exposition au moment de l'enquête depuis moins de 10 ans).
- Une exposition actuelle longue (i.e. au moment de l'enquête depuis plus de 10 ans).
- Une exposition passée courte (i.e. antérieurement à l'enquête et pendant moins de 10 ans).
- Une exposition passée longue (i.e. antérieurement à l'enquête et pendant plus de 10 ans).

Ainsi au lieu d'un seul odd-ratio par exposition (comme précédemment dans les modèles naïfs et complets), quatre odd-ratios sont désormais calculés pour les expositions qui le permettent. Dans la mesure où les déclarations des enquêtés sont fiables (ce qui n'est pas entièrement le cas, Molinié et Laville, 2000), cette spécification permet de prendre en compte l'impact des antécédents professionnels des enquêtés.

Les effets des contraintes organisationnelles, pour lesquelles le questionnaire ESTEV ne prévoit pas d'interrogation rétrospective, restent très proches de ceux mis en évidence par les modèles naïfs (Coutrot, Wolff, 2005). Pour les autres expositions, on estime quatre coefficients, ce qui complique la comparaison avec la spécification naïve. Si l'on commence par examiner l'effet des expositions actuelles (courte ou longue), en retenant comme critère la significativité au seuil de 5% d'au moins un de ces deux coefficients, les modèles rétrospectifs font apparaître plus d'effets significatifs que les modèles naïfs et statiques complets. Mais les modèles naïfs n'apparaissent pas massivement infirmés. Dans un cas sur cinq, un effet significatif dans la spécification naïve ne l'est plus dans la spécification rétrospective (tableau 1), ce qui signifie a contrario que 80% des effets constatés dans la spécification naïve sont confirmés par la rétrospective.

L'examen des résultats donnés par les modèles rétrospectifs permet de distinguer quatre types d'effets des expositions actuelles sur la santé (tableau 2) :

- les effets de « prévention » sont ceux pour lesquels les odds ratios significatifs correspondant aux expositions actuelles courte et longue sont inférieurs à l'unité (i.e. les deux odds ratios sont significatifs et inférieurs à 1, ou bien seul l'un des deux l'est et l'autre est non-significatif au seuil de 5%) ;
- les effets « d'usure » sont ceux pour lesquels les odds ratios significatifs sont supérieurs à l'unité ;
- les effets de « sélection ex-ante » sont ceux pour lesquels l'odds ratio de l'exposition actuelle courte est (significativement) inférieur à l'unité et celui de l'exposition actuelle longue est (significativement) supérieur à l'unité ; cette situation peut refléter une sélection sur la santé des candidats qui s'opère à l'« entrée » des postes de travail, au moment du recrutement.
- les effets « de sélection ex-post » sont ceux pour lesquels on observe la configuration inverse : les salariés nouvellement exposés subissent rapidement les effets néfastes de l'exposition, les salariés qui réussissent à maîtriser ces effets restent durablement à ces postes.

Sur les 522 liaisons exposition-santé analysées (18 expositions pour 29 (infra-) pathologies), on n'identifie en réalité que quatre cas d'effet de sélection. Pour deux-tiers des cas, les odd-ratios significatifs renvoient à des mécanismes de type « usure », mais dans un tiers des cas les expositions ont des effets non univoques, c'est-à-dire qu'elles semblent jouer un rôle d'usure pour certaines (infra)pathologies et de prévention pour d'autres. Rappelons que nous ne cherchons pas ici à évaluer la pertinence épidémiologique des liens identifiés, mais leurs qualités statistiques.

Pour comparer les performances des spécifications naïve et rétrospective, on conviendra de dire qu'un coefficient estimé significatif dans un modèle naïf est cohérent avec la spécification rétrospective quand son signe (par rapport à l'unité) correspond au signe du coefficient (significatif) de la même exposition dans le modèle rétrospectif, qu'il est incohérent s'il ne correspond pas² et qu'il est compatible sinon. Moyennant cette convention de comparaison, les deux spécifications apparaissent assez cohérentes : la plupart des effets estimés significatifs par les modèles naïfs le demeurent dans les modèles rétrospectifs (sur les 113 coefficients significatifs de la spécification naïve, seuls 21 correspondent à des effets non significatifs dans la spécification rétrospective), et aucune incohérence n'apparaît entre les deux spécifications.

² C'est à dire si la même exposition joue significativement dans chaque spécification mais dans des sens opposés.

TABLEAU 2 : L'IMPACT DES EXPOSITIONS³ SUR LA SANTÉ DANS LES MODÈLES RÉTROSPECTIFS

	Nombre d'apparition en tant que facteur de :			
	Usure	Prévention	Sélection ex ante	Sélection ex post
Expositions plutôt du type « usure »				
Bruit	11			
Chaleur	4	1		
Efforts sur machines	8	1		1
Port de charges lourdes	6	2		
Posture pénible	17	3		
Poussières	8	1		
Rémunération au rendement	5	2		
Sem. de + de 48h	6	1		
Travail répétitif sous contrainte de temps	10	3		
Expositions difficilement classables				
Agents infectieux	7	6		
Déplacements rapides	6	5		
En alternance		3	1	
Froid	3	4		
Horaires tardifs	3	4		
Intempéries	2	3		
Produits chimiques	3	2		1
Rémunération à l'objectif	6	5	1	
Vibrations	5	4		
Total	110	50	2	2
	67,1%	30,5%	1,2%	1,2%

Source : ESTEV 1995.

Note de lecture : Dans les 29 modèles mis en œuvre, la « posture pénible » apparaît 17 fois comme facteur d'usure et 3 fois comme facteur de prévention.

TABLEAU 3 : COHÉRENCE DES MODÈLES NAÏFS ET RÉTROSPECTIFS (EXPOSITIONS ACTUELLES)

		Modèles rétrospectifs				Total
		Significatifs			Non significatifs	
		usure	Prévention	Sélection		
Modèles naïfs	Cohérents	68	23			91
	Significatifs Incohérents					0
	Compatibles		1		21	22
	Non significatifs	42	26	4	337	409
Total		110	50	4	358	522

Source : ESTEV 1995

Rappel : Ce tableau ne porte que sur les 18 expositions pour lesquelles le questionnaire ESTEV de 1995 prévoit une interrogation rétrospective : 18 expositions pour 29 (infra-)pathologies, soit 522 effets dans les modèles naïfs comme dans les modèles rétrospectifs.

Note de lecture : Parmi les 113 coefficients significatifs que comptent les modèles naïfs, 91 sont cohérents avec les modèles rétrospectifs (68 sont des effets d'usure, de prévention) et les 22 autres sont compatibles. Aucun d'entre eux ne fait apparaître d'incohérence.

³ Seules les caractéristiques qui ont donné lieu à une interrogation rétrospective apparaissent dans ce tableau.

À l'inverse, beaucoup d'effets jugés significatifs dans les modèles rétrospectifs ne l'étaient pas dans les modèles naïfs. C'est plutôt le cas des effets dits de « prévention », dont certains semblent difficiles à interpréter d'un point de vue épidémiologique. Les modèles naïfs pourraient peut-être apparaître plus robustes que les modèles rétrospectifs, si l'on se livrait à une analyse épidémiologique systématique des liaisons identifiées.

Au total la grande majorité (plus de 8 sur 10) des liens significatifs dans les modèles naïfs le demeurent dans les modèles rétrospectifs, ce qui conforte l'idée de la relative robustesse de la spécification naïve ; en revanche la spécification rétrospective apparaît plus performante au plan statistique, car près du tiers des liaisons significatives qu'elle permet d'identifier n'apparaissent pas dans les modèles naïfs.

On peut procéder de même pour examiner les effets des expositions passées sur la santé⁴ (tableau 4). Les expositions passées ont moins souvent des effets significatifs que les expositions actuelles, mais les effets existants vont le plus souvent dans le même sens. Près de la moitié des expositions ayant des effets d'usure quand elles sont encore présentes, voient cet effet confirmé quand on examine les expositions passées. De plus, 75 odd-ratios non significatifs en ce qui concerne les expositions actuelles le deviennent quand on prend en compte les expositions passées : la dimension rétrospective permet bien d'enrichir notablement l'analyse.

TABLEAU 4 : COMPARAISON DES EFFETS DES EXPOSITIONS ACTUELLES ET PASSÉES SUR LA SANTÉ DANS LES MODÈLES RÉTROSPECTIFS

		Expositions actuelles				Non significatifs	Total
		Usure	Prévention	Sélection ex-ante	Sélection ex-post		
Expositions passées	Usure	47	2		1	48	98
	Prévention	2	4			26	32
	Sélection ex-ante		1			1	2
	Sélection ex-post		1				1
	Non significatifs	61	42	2	1	283	389
Total		110	50	2	2	358	522

Source : ESTEV 1995

Rappel : Ce tableau ne porte que sur les 18 expositions pour lesquelles le questionnaire ESTEV de 1995 prévoit une interrogation rétrospective : 18 expositions pour 29 (infra-)pathologies, soit 522 expositions.

Note de lecture : Parmi les 110 effets d'usure qui ont été identifiés parmi les expositions actuelles, 47 sont aussi des effets d'usure quand on considère les expositions passées, 2 sont des effets de prévention et 61 n'apparaissent pas comme des effets significatifs.

2. Prise en compte de la dimension longitudinale

Grâce à la double interrogation en 1990 et 1995, les modèles longitudinaux permettent de modéliser non plus la prévalence mais l'incidence des (infra-)pathologies, à un horizon de cinq ans, et de mettre en évidence de façon théoriquement plus précise les liens de causalité entre expositions et santé. La prise en compte des effets temporels n'est désormais plus limitée aux seules expositions pour lesquelles on dispose d'une information purement rétrospective.

⁴ Rappelons qu'il s'agit des effets des expositions passées pour les individus qui ne sont plus soumis à ces expositions au moment de l'enquête.

Deux spécifications longitudinales sont possibles a priori : modéliser l'incidence d'une (infra-)pathologie en 1995 en fonction des caractéristiques individuelles et professionnelles en 1990 (spécification longitudinale en niveau), ou bien en fonction de l'évolution des expositions entre 1990 et 1995 (spécification longitudinale en variations).

2.1 Du longitudinal : oui, mais lequel ?

Le modèle longitudinal en niveau est robuste dans le sens suivant : si une corrélation systématique existe entre l'exposition en 1990 et l'apparition de la pathologie entre 1990 et 1995, il n'y a guère de risque de se tromper en concluant à une relation de causalité. En revanche il est biaisé, car il sous-estime structurellement l'importance des relations. Pire encore, il peut amener à des contresens.

Considérons le cas (limite) où une pathologie est intrinsèquement associée à une exposition mais complètement réversible. Par exemple, dès que le sujet arrive sur un poste de travail exposé à de fortes contraintes temporelles, il a des insomnies ; dès qu'il le quitte, il retrouve un sommeil normal. Supposons d'autre part que la moitié des salariés cessent d'être exposés entre 1990 et 1995, et l'autre moitié commence à l'être : autrement dit on a un chassé-croisé complet entre exposés et non exposés. Les exposés en 1995 dormaient bien en 1990, et les exposés en 1990 dorment bien en 1995. Ceux qui deviennent insomniaques entre les deux dates sont ceux qui n'étaient pas exposés en 1990 et qui le sont devenus en 1995.

Le modèle longitudinal en niveau (ou « standard ») va exhiber une corrélation parfaite entre l'incidence de l'insomnie et l'absence d'exposition en 1990. Il s'agira pourtant d'un parfait artefact statistique et d'un non-sens épidémiologique. Le modèle longitudinal en variations permet de l'éviter : en effet, le sens de la causalité est alors rétabli, et la corrélation est parfaite entre l'incidence de la pathologie et l'apparition de l'exposition.

On peut sans doute considérer que plus l'association entre exposition et pathologie est rapide, plus la persistance de la pathologie après la fin de l'exposition est brève, et plus le modèle standard risque de sous-estimer les effets de l'exposition sur la santé, voire même, dans des cas extrêmes, de suggérer des associations franchement fantaisistes. Certes l'épidémiologiste se gardera de les retenir et de les commenter puisqu'elles n'auront aucune plausibilité théorique, mais il tendra à mettre sur le compte d'une aberration statistique ce qui résulte en fait d'une mauvaise spécification.

En revanche le modèle en variations souffre quant à lui d'un autre type de limitation. Parler de causalité suppose que la variation de l'exposition soit antérieure au changement de l'état de santé. Or on ne connaît pas la date de l'une ni de l'autre : il se peut que la santé de certains individus observés empire entre 1990 et 1995 avant que leur exposition ne commence. Leur pathologie ne peut donc être attribuée à l'exposition. Pourtant la présence de ces individus dans l'échantillon contribuera de façon trompeuse à l'association statistique entre l'apparition de l'exposition et celle de la pathologie. Il s'agira donc « d'observations parasites » qui peuvent alors amener à faire franchir le seuil de la significativité statistique à une corrélation qui ne le franchirait pas si l'on pouvait les éliminer : d'où un risque de surestimation des liens entre exposition et pathologie. Ce risque ne peut être négligé lors des commentaires concernant les résultats des modèles, dont la robustesse doit être évaluée (par exemple en comparant les modèles calculés sur différentes sous-populations : hommes et femmes, professions, etc.).

Un dernier problème méthodologique important concerne la précision des informations sur les expositions passées et sur leur évolution entre les deux dates d'enquête. A.F. Molinié et A. Laville [2000] ont mis en évidence des incohérences entre les réponses de certains salariés aux deux vagues (1990 et 1995) d'ESTEV : ainsi, selon les expositions, de 10 à 35% des personnes signalant en 1990 avoir été exposées dans le passé, déclarent en 1995 n'avoir jamais été exposées à cette exposition. De même, de 5 à 15% des salariés qui signalent une exposition

actuelle en 1990 déclarent en 1995 ne l'avoir jamais connue. Il ne s'agit pas seulement d'erreurs de mesure, mais aussi de réinterprétations : un changement de contexte peut amener le salarié à changer son évaluation d'une exposition passée – par exemple à l'occulter parce qu'elle paraît bien secondaire par rapport à de nouveaux problèmes. Molinié et Laville [2000] montrent que ces incohérences ne sont pas liées à l'état de santé des personnes ni à son évolution : ainsi, le bruit qu'elles introduisent dans les modèles affaiblira leur précision statistique, mais ne produira sans doute pas de biais systématique.

Nous avons donc retenu la spécification longitudinale en variations comme référence, que nous comparons successivement à la spécification naïve et à la spécification longitudinale en niveau.

2.2 Résultats de la spécification longitudinale en variations

On compare l'impact de l'exposition « permanente » (à la fois en 1990 et 1995) à celui de l'apparition de l'exposition entre 1990 et 1995, au sein du modèle explicatif de l'incidence d'une (infra-)pathologie entre 1990 et 1995. Comme pour la spécification rétrospective, on peut distinguer dans la spécification longitudinale quatre types d'effets selon le profil temporel des effets observés (tableau 5). Les effets de « prévention » concernent les expositions dont l'incidence (uniquement en 1995) comme la permanence (en 1990 et en 1995) agissent dans le même sens favorable. Par exemple, avoir un travail « instructif », nécessitant une « attention soutenue ou des gestes précis », semble protéger les salariés des TMS, à court ou à moyen terme. À l'inverse, les postures pénibles, assises, le port de charges lourdes, le fait de devoir toujours se dépêcher ou d'avoir des heures de repas irrégulières, jouent comme des facteurs d'usure : l'apparition de l'exposition en 1995, aussi bien que sa permanence entre 1990 et 1995, contribuent à augmenter les risques d'incidence d'une maladie ostéo-articulaire ou musculaire entre 1990 et 1995.

Comme dans les modèles rétrospectifs, les effets d'usure sont les plus courants et sont souvent associés à des expositions à des risques physiques (posture pénible ou assise, « se maintenir en équilibre dans des situations dangereuses », port de charges lourdes...). Jouent dans le même sens un certain nombre de pénibilités liées aux horaires atypiques (« heures des repas irrégulières ou anormales »), aux contraintes de rythme (« être souvent obligé de se dépêcher ») ou à la charge mentale (« être souvent interrompu dans son travail », « devoir supporter les exigences du public, des clients »).

Les variables mobilisant des effets de prévention sont un peu moins fréquentes mais jouent nettement : elles renvoient surtout aux caractéristiques de l'organisation du travail, essentiellement sous l'angle des opportunités que celles-ci offrent au salarié pour développer ses capacités (« moyens suffisants pour faire un travail de qualité », « travail qui permet d'apprendre des choses », « travail varié », « choix dans la façon de procéder »). L'exposition au froid ou les déplacements rapides à pied apparaissent aussi comme plutôt préventifs, et les formes de rémunération (au rendement ou à l'objectif) plutôt comme des facteurs d'usure.

Les effets de sélection ex-ante et ex-post apparaissent ici aussi de façon sporadique.

TABLEAU 5 : SPÉCIFICATION LONGITUDINALE DYNAMIQUE

Nombre d'apparitions de chaque exposition avec des effets de...	Prévention (a)	Usure (b)	Sélection ex-ante (c)	Sélection ex-post (d)
Expositions plutôt préventives				
Moyens suffisants à disposition	9	0	0	1
Déplacements à pied fréquents	5	1	1	1
Gestes minutieux	5	3	0	1
Exposition aux produits chimiques	5	2	1	1
Travail instructif	5	1	1	0
Travail varié	5	2	0	1
Choisit la façon de procéder	4	2	0	0
Travail week-end	4	2	1	1
Froid	2	1	0	0
Expositions plutôt d'usure				
Souvent obligé de se dépêcher	3	11	0	0
Posture pénible	1	9	0	0
Rester longtemps assis	0	8	1	0
Heures des repas anormales	0	8	0	3
Souvent interrompu	1	7	0	1
Équilibre en position dangereuse	0	7	3	2
Plusieurs choses à la fois	2	5	0	0
Port de charges lourdes	2	5	1	2
Agents infectieux	1	5	1	1
Exigences des clients	1	5	0	0
Intempéries	2	4	1	1
Bruit	1	4	1	0
Expositions plutôt de sélection ex-post				
Attention soutenue	1	1	0	7
Expositions difficilement classables				
Chaleur	0	1	2	0
Détails	1	1	0	0
Efforts sur machines	1	3	1	3
En alternance	2	1	2	2
Heures supplémentaires	3	3	1	1
Horaires tardifs	0	3	1	3
Poussières	2	3	1	1
Rémunération à l'objectif	0	3	2	0
Rémunération au rendement	0	4	1	3
Sem. de + de 48h	1	1	0	0
Travail répétitif sous contrainte de temps	0	4	0	4
Vibrations	0	2	0	1
Total	69 27,1%	122 47,8%	23 9,0%	41 16,1%

Source : ESTEV 1990 et 1995

Note de lecture : Avoir des « moyens suffisants pour faire un travail de qualité » joue un rôle de « prévention » (avec un coefficient significatif au seuil de 10 %) dans 9 modèles dynamiques sur 29.

2.3 Comparaison des spécifications naïve et longitudinale en variations

Pour comparer deux spécifications aussi différentes, il faut se donner un critère conventionnel de comparaison. Soit une exposition associée positivement à une pathologie dans le modèle naïf (odd ratio > 1 au seuil de 5% dans le modèle naïf MN). On dira que la spécification longitudinale en variations est « cohérente » avec la spécification naïve en ce qui concerne cette pathologie et exposition si (simultanément) :

- l'odd-ratio associé à l'apparition de cette exposition entre 1990 et 1995, s'il est significatif, est supérieur à 1 ;
- l'odd-ratio associé au maintien de cette exposition, s'il est significatif, est supérieur à 1 ;
- l'odd-ratio associé à la disparition de cette exposition, s'il est significatif, est inférieur à 1 ;
- et l'un des trois odd ratios précédents est significatif.

Au contraire on dira que les deux modèles sont incohérents si l'apparition ou le maintien de l'exposition réduisent significativement la probabilité de pathologie, ou bien la disparition de l'exposition accroît significativement la probabilité de pathologie. Enfin les deux modèles seront considérés comme compatibles s'ils ne sont ni cohérents, ni incohérents. Ce critère est modifié de façon adéquate dans le cas où l'odd ratio du modèle naïf est inférieur à l'unité.

Le tableau 6 présente une synthèse de cette comparaison systématique entre les spécifications naïve et longitudinale en variations. Sur 269 liaisons significatives dans la spécification naïve, 139 (51%) sont cohérentes avec la spécification en variations, 112 (42%) sont compatibles, et seulement 18 (7%) sont incohérentes. Autrement dit, une moitié des liaisons identifiées dans les modèles naïfs est confirmée par les modèles en variations, une autre (petite) moitié n'est ni confirmée ni infirmée, et une petite minorité semble infirmée.

Encore faut-il préciser que ces incohérences sont le plus souvent internes aux modèles en variations eux-mêmes. Prenons l'exemple des postures pénibles, pour lesquelles trois incohérences sont observées. Dans deux de ces cas, c'est le modèle en variations qui apparaît incohérent, puisque aussi bien l'apparition que la disparition de l'exposition (ainsi que sa permanence) accroissent significativement la probabilité de l'infra-pathologie (en l'occurrence, les « soucis qui empêchent de dormir », déclarés par le salarié, et les troubles du sommeil diagnostiqués par le médecin). De même, le modèle expliquant les TMS du genou par le fait de devoir « souvent se dépêcher » affiche un odd ratio de 1,4 pour l'apparition de l'exposition, mais aussi de 1,2 pour sa disparition, les deux étant significatifs au seuil de 5% : il est alors contradictoire, selon les critères ci-dessus définis, avec le modèle naïf (odd ratio de 1,2), mais la contradiction est en fait interne au modèle en variations lui-même. Au total 13 des 18 incohérences relèvent de ce type de cas, ce qui réduit à 5 (soit 2%) le nombre de liaisons exposition-pathologie où l'on peut réellement considérer que la spécification longitudinale en variations infirme la spécification naïve.

Les 113 liaisons exposition-pathologie dites « compatibles » sont celles où le modèle naïf indique un effet significatif de l'exposition sur la pathologie, mais où aucun odd-ratio n'est significatif dans le modèle longitudinale en variations. Le modèle naïf surestimait donc l'impact de l'exposition. Le plus souvent, l'odd-ratio de la variable « permanence de l'exposition aux deux enquêtes », bien que non significatif, donne la même indication que l'odd-ratio de l'exposition en 1995 dans le modèle naïf : dans 80% des cas les deux odd ratios sont du même côté de l'unité.

Au final, il semble que la prise en considération des seuls modèles naïfs n'aboutisse pas à de gros contresens : ce n'est que dans un nombre négligeable de cas que la spécification longitudinale en variations contredit clairement ce que suggère la spécification naïve. En revanche les modèles naïfs fournissent souvent des résultats quelque peu « forcés », puisque leur significativité disparaît souvent dans les modèles longitudinaux en variations.

TABLEAU 6 : COMPARAISON DES MODÈLES NAÏFS ET LONGITUDINAUX EN VARIATIONS

Expositions	Cohérences	Compatibles	Incohérences	Total
Agents infectieux	3	5	1	9
Assis	5	3	1	9
Attention continue	1	3		4
Autonomie	9	4		13
Bruit	4			4
Chaleur	1	1	1	3
Déplacements rapides	3	4		7
Détails	1	9		10
Efforts sur machines	5	2		7
En alternance	1	1		2
En équilibre	7			7
Exigences des clients	2	2		4
Froid	1	2	1	4
Gestes précis	3	3		6
Heures des repas irrégulières	8	2		10
Heures supplémentaires	3	7		10
Horaires tardifs	4	2		6
Intempéries	2	2		4
Interruptions	4	1		5
Moyens disponibles	11	7	1	19
Plusieurs choses à la fois	2	5	1	8
Port de charges lourdes	5	2	1	8
Posture pénible	8	7	3	18
Poussières	4	7		11
Produits chimiques		1		1
Rémunération à l'objectif	4	3		7
Rémunération au rendement	2	2	2	6
Se dépêcher	12	6	1	19
Sem. de + de 48h	2	3		5
Travail instructif	8	4		12
Travail répétitif sous contrainte de temps	5	4	1	10
Travail varié	6	4	2	12
Travail week-end	3	3		6
Vibrations		1	2	3
Total	139	112	18	269

Source : ESTEV 1990 et 1995

Aide à la lecture : Sur 9 coefficients significatifs (au seuil de 10 %) concernant les agents infectieux dans les modèles naïfs, 3 sont cohérents avec les modèles longitudinaux en variations correspondants, 5 sont compatibles et 1 est incohérent.

2.4 Comparaison générale des spécifications

On a construit à titre purement indicatif et de façon exploratoire un indicateur de « performance globale » des modèles, en attribuant à chaque liaison exposition-pathologie la

valeur 3 si l'odd-ratio associé est significatif au seuil de 1%, 2 au seuil de 5%, 1 au seuil de 10% et 0 s'il n'est pas significatif au seuil de 10%, et en sommant ces valeurs pour l'ensemble des expositions de chaque modèle (Cf. Tableau 7, où les (infra-) pathologies sont classées en fonction du nombre d'odd ratios significatifs qu'elles obtiennent dans les modèles naïfs). Pour une pathologie donnée, plus un modèle comporte d'odd ratios significatifs, et plus cette significativité est forte, plus ce modèle sera considéré comme performant pour expliquer la pathologie.

TABLEAU 7 : PERFORMANCES RELATIVES DES MODÈLES SELON LES PATHOLOGIES
(PERFORMANCES CALCULÉES UNIQUEMENT SUR LES *ODDS RATIOS* ASSOCIÉS AUX EXPOSITIONS)

	Naïf	Complet	Rétrospectif	Longitudinal en variations	Longitudinal en niveau
Nervosité	48	41	47	30	9
Soucis	35	36	37	24	10
Fatigue	34	34	37	25	6
Troubles du sommeil	34	34	35	22	8
Douleurs	33	26	32	34	16
Mauvaise santé	31	24	31	28	8
Problème cervicales	31	18	28	20	10
Problème épaule-bras	27	19	23	24	12
Troubles mentaux	26	24	29	34	18
Maladie syst. ostéo-art.	26	18	28	29	7
Problème de dos	24	15	22	26	9
Problème de hanche	24	13	20	17	8
Somnifères	22	16	21	17	4
Problème poignet- main	20	11	13	19	8
Maladie de l'œil	18	17	21	28	12
Problème genou-jambe	17	14	14	20	4
Maladie syst. digestif	16	8	11	10	6
Traumatismes	13	12	15	17	11
Autre maladies	12	11	16	18	4
Maladie syst. cardiaque circulatoire	12	12	10	18	8
Maladie syst. endocr.	12	11	15	20	5
Maladie infectieuses	11	10	10	17	5
Maladie syst. ORL	11	8	15	21	7
Maladie syst. respir.	10	10	8	11	7
Maladie du sang	9	10	9	30	11
Maladie syst. génito-urinaire	8	6	9	13	9
Maladie syst. nerveux	7	7	12	17	12
Maladie cutanée	4	2	8	20	12
Autres cancers	4	4	8	11	2

Source : ESTEV 1990 et 1995

Aide à la lecture : Dans le modèle naïf concernant la nervosité, la somme pondérée des significativités vaut 48 (significativité : 3 pour un coefficient significatif à 1%, 2 pour 5%, 1 pour 10%). Pour les modèles naïfs, complets et longitudinaux en niveau, l'indicateur de performance est construit selon cette formule de somme pondérée. Pour les modèles rétrospectifs (dans les cas où deux coefficients

sont donnés pour une même caractéristique : exposition *actuelle courte* et *actuelle longue*) et les modèles en variations, la formule est plus élaborée puisqu'il y a plus d'un coefficient par caractéristique du travail. Une caractéristique a donc été notée 3 lorsque, pour une caractéristique donnée, l'un de ces coefficients associés est significatif à 1%, sinon 2 quand l'un des coefficients au moins est significatif à 5%, etc.

Ce tableau livre plusieurs indications intéressantes. D'abord la « performance » de la spécification naïve apparaît assez proche de celle de la spécification longitudinale en variations pour des infra-pathologies (nervosité, prise de somnifères, troubles du sommeil...) ou pour des problèmes ou pathologies ostéo-articulaires ainsi que pour les traumatismes, voire même les troubles mentaux. Ces troubles de la santé sont directement liés à des expositions actuelles dans le travail, et ce diagnostic des modèles naïfs n'est en général pas infirmé par des modèles plus sophistiqués.

En revanche, et c'était attendu, pour les pathologies plus lourdes qui peuvent résulter surtout de l'effet différé des expositions (maladies des systèmes respiratoire, circulatoire ou génital, maladies du sang, cancers...), le pouvoir explicatif des modèles naïfs est très faible. Les modèles en variations, eux, sont aussi performants pour ces maladies lourdes que pour les infra-pathologies ou les TMS, ce qui confirme leur beaucoup plus grande pertinence pour évaluer en toute généralité les effets des conditions de travail sur la santé.

Un autre résultat intéressant concerne les performances relatives des spécifications longitudinales en niveau et en variations. Les deux familles de modèles partagent cette propriété d'être également pertinents pour tous les types de pathologies étudiées, à la différence des modèles naïfs. En revanche la spécification longitudinale en niveau apparaît plus pauvre en pouvoir explicatif, les indicateurs de performance ici calculé étant systématiquement inférieurs à ceux de la spécification longitudinale en variations (tableaux 7 et 8). Ce n'est pas surprenant, d'une part parce que le modèle en variations fait intervenir trois odds-ratios là où le modèle en niveau n'en comporte qu'un, et d'autre part parce que le modèle en niveau tend structurellement à sous-évaluer l'impact des expositions sur la santé.

TABLEAU 8 : TESTS DES PAIRES CONCORDANTES ET DISCORDANTES

		Moyenne de paires		
		Concordantes	Discordantes	Liées
Modèles	Simple	62,7 %	35,0 %	2,3 %
	Complets	70,0 %	28,5 %	1,5 %
	Rétrospectifs	71,1 %	27,5 %	1,4 %
	Standards	65,3 %	32,3 %	2,5 %
	En variations	70,1 %	28,1 %	1,8 %

Source : ESTEV 1990 et 1995.

Note de lecture : Les modèles naïfs obtiennent en moyenne 62,7% de paires concordantes, contre 70,1% pour les modèles en variations. Le nombre de paires concordantes est un indicateur du pouvoir explicatif du modèle.

Comme attendu également, l'écart de performance entre modèles en variations et en niveau apparaît surtout pour les (infra-) pathologies les plus réversibles, qui résultent plutôt d'effets à court terme des expositions. Hormis le cas (rare) des maladies du sang, la différence entre la 4^{ème} et la 5^{ème} colonne du tableau 12 tend à se réduire nettement dans le bas du tableau. Autrement dit encore, le modèle en niveau est nettement sous-performant par rapport au modèle en variations essentiellement dans le cas des problèmes psychiques, qu'il s'agisse de

souffrance psychique ressentie ou de troubles mentaux diagnostiqués, et des problèmes péri-articulaires, qu'il s'agisse de douleurs déclarées ou de TMS diagnostiqués. Il s'agit là d'une fraction de plus en plus importante des troubles de santé liés au travail.

Notre étude statistique aboutit à quatre types de résultats. En premier lieu, la non-prise en compte des facteurs personnels, des comportements à risque et des antécédents médicaux biaise faiblement l'évaluation des liens entre expositions et santé, du moins sur l'échantillon ici étudié.

En second lieu, la prise en compte de l'historique des expositions aux risques professionnels. n'invalide pas les enseignements issus d'une spécification « naïve » concernant les liens entre expositions professionnelles et santé, mais enrichit nettement l'analyse.

Troisièmement, si - comme on pouvait s'y attendre - la spécification naïve n'est d'aucune utilité pour rendre compte des effets différés des expositions professionnelles sur la santé en ce qui concerne les pathologies lourdes (maladies du système respiratoire, nerveux, génito-urinaire, cancers...), ses indications ne sont pas démenties - et sont mêmes le plus souvent confirmées - par une spécification longitudinale pour ce qui concerne les infra-pathologies, les troubles psychiques et musculo-squelettiques. Autrement dit il n'apparaît pas abusif d'interpréter en termes de causalité des corrélations observées en cross-section entre certaines expositions professionnelles (celles liées notamment à l'organisation du travail) et certaines (infra)pathologies, tout en faisant preuve d'une nécessaire prudence.

En quatrième lieu, quand on compare les spécifications longitudinales, la spécification en niveau semble sous-performante par rapport à la spécification en variations pour ce qui concerne les (infra-) pathologies associées au stress (troubles psychiques ou musculo-squelettiques), car elle amène à minorer l'impact des expositions sur la santé. Son utilisation exclusive risque donc d'occulter les conséquences de court terme des conditions et de l'organisation du travail. L'explication tient probablement à la réversibilité des troubles en cas de disparition de l'exposition, qui risque de rendre la spécification en niveau peu opératoire.

L'expérience statistique ici menée repose sur la très grande richesse de la base de données ESTEV (informations à la fois rétrospective et longitudinale sur les expositions et sur les pathologies, informations sur la situation personnelle et les comportements à risques, questionnaire médical et auto-évaluation de la santé). Les résultats obtenus sont difficilement généralisables, faute de pouvoir disposer facilement d'études similaires. Surtout, les comparaisons entre spécifications reposent sur des critères purement statistiques, indépendamment de la plausibilité épidémiologique des liaisons exposition-pathologie étudiées. Il sera utile, dans une étude ultérieure, d'expertiser si les liaisons observées sont significatives non seulement au plan statistique mais aussi au plan médical.

BIBLIOGRAPHIE

- AQUAIN V., M. CÉZARD, A. CHARRAUD, L. VINCK, « Vingt ans d'évolution des conditions de travail », DARES, Premières synthèses n°46, Mars 1994.
- BUÉ J., T. COUTROT, I. PUECH, *Conditions de travail : les enseignements de vingt ans d'enquêtes*, Octares, 2005.
- BUÉ J., C. ROUGERIE, « L'organisation du travail : Entre contraintes et initiatives », DARES, Premières synthèses 99.08-n°32.1, 1999.
- COLLOQUE TRAVAIL, SANTÉ, VIEILLISSEMENT. Relations et évolutions, Octares, Toulouse, 2001.

- CÉZARD M., S. HAMON-CHOLET, « Efforts et risques au travail en 1998 », DARES, Premières synthèses 99.04 - n°16.1, 1999.
- CÉZARD M., S. HAMON-CHOLET, « Travail et charges mentales », DARES, Premières synthèses 99.07 - n°27.1, 1999.
- COUTROT T., L. WOLFF, *L'impact des conditions de travail sur la santé : une expérience méthodologique*, Documents d'études de la DARES, 2005-097, (<http://www.travail.gouv.fr/etudes-recherche-statistiques/etudes-recherche/publications-dares/les-documents-etudes/2005-097-impact-conditions-travail-sur-sante-une-experience-methologique-2591.html>)
- CRU D., S. VOLKOFF, « La difficile construction de la santé au travail », Revue de l'IRES, n°20, 1996.
- travail de 1978, 1984 et 1991, Document d'études, n° 29, 1999.
- DAVEZIES P., « Évolution des organisations du travail et atteintes à la santé ». Travailler, 3, 87-114, 1999.
- DERRIENNIC F., A. TOURANCHET, S. VOLKOFF, *Âge, travail, santé ; Études sur les salariés de 37 à 52 ans, résultats de l'enquête ESTEV*, éditions de l'INSERM, 1996.
- DERIENNIC F., M.J. SAUREL-CUBIZOLLES, C. MONFORT, « Santé, conditions de travail et cessation d'activité des salariés âgés », Travail et Emploi n° 96, octobre 2003.
- GOLLAC M., S. VOLKOFF, *Les conditions de travail*, La Découverte, Repères, 2000.
- IMBERNON E., « Estimation du nombre de cas de certains cancers attribuables à des facteurs professionnels en France », Invs, 2002 (http://www.invs.sante.fr/publications/2003/cancers_pro/rapport_cancer_pro.pdf).
- MINISTÈRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ, *STED 1993-1998 : enquête longitudinale auprès de salariés DATR des entreprises sous-traitantes d'EDF intervenant lors des arrêts de tranche des centrales nucléaires*, 2001.
- MOLINIÉ A.F., S. VOLKOFF, « Les accidents du travail », Données sociales, INSEE, 1984.
- MOLINIÉ AF., A. LAVILLE, « Les surprises du longitudinal : les salariés répondent-ils n'importe quoi aux enquêtes portant sur leur travail actuel et passé ? », in B. Méliet, Y. Quéinnec (org.), *Communication et travail*, XXXV^e Congrès de la SELF, Octares, 2000