



Place de **l'ergonomie**
dans l'hygiène du travail



4 et 5 AVRIL 2022

La notion d'exposition : un objet frontière entre hygiène industrielle et ergonomie

Alain Garrigou
Professeur d'ergonomie

Equipe EPICENE - Inserm U1219 – Bordeaux Population Health Research Center



université
de **BORDEAUX**



Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Les ACTUALITÉS

Le CEN

Axes de recherche

Thème 1- Déterminants et Résultats

- > Déterminants de l'accès aux soins et disparités de prise en charge
- > Critères de jugement dans la prise en charge et la prédiction d'évènements (survie notamment)

Ce thème développe de façon complémentaire une recherche spécifique chez les personnes âgées et pour certains cancers (hémopathies, sarcomes...), il est soutenu depuis 2013 par le SIRIC (Sites de Recherche Intégrée sur le Cancer : Bordeaux Recherche Intégrée Oncologie)

Thème 2- Mesures des exposition environnementales et professionnelles

- > Développement de mesures directes des expositions (toxicologie analytique) et de mesures indirectes (matrices emploi-exposition, système d'information géographique...)
- > Caractérisation des déterminants des expositions (questionnaires, ergonomie, métrologie, bio-métrologie...)
- > Méthodes d'analyses : construction d'algorithmes concernant les expositions cumulées, prise en compte des temps de latence, des fenêtres d'exposition

Thème 3- Etiologie environnementale et cancer

- > Etiologie environnementale des tumeurs, en particulier pour certains cancers rares
- > Identification des risques de cancers dans des populations spécifiques (enfants, personnes âgées, travailleurs...)

Objectifs de recherche

- > Développer et valider les méthodes statistiques permettant d'évaluer le devenir des populations atteintes d'un cancer, notamment la survie
- > Proposer des méthodes pour estimer les expositions individuelles récentes ou sur l'ensemble de la vie à des nuisances environnementales et/ou professionnelles.
- > Évaluer le rôle de certaines nuisances environnementales et/ou professionnelles dans la survenue de cancers rares (sarcomes, mésothéliomes, tumeurs du système nerveux central, hémopathies,...).

Accueil / Les équipes / Cancer environnement -

QUAND L'ACTIVITÉ EXPOSE À DES DANGERS !

Les observations de Jacques Duraffourg mettent alors en évidence la prise de risque de métallurgistes qui s'exposent à la chaleur radiante des fours et au carbure de calcium à 200 degrés. Cette prise de risque enfreint les consignes de sécurité et elle est fermement condamnée par le management qui propose des améliorations techniques.

QUAND L'ACTIVITÉ EXPOSE À DES DANGERS !

Or l'analyse de l'activité fait apparaître que cette prise de risque est liée à l'engagement des travailleurs pour tenir la qualité, elle-même dégradée par la mauvaise qualité du charbon. Cette mauvaise qualité du charbon fait suite à des choix économiques de l'entreprise qui a changé de fournisseurs afin d'économiser sur le coût de la tonne de charbon !

Une fierté de produire de la qualité malgré la réduction des moyens et la prise de risque !

Différents niveaux de déterminants (micor-macro)

Introduction

❑ Recherche, Innovation et Société

Des tensions entre technoscience, environnement, industrie et société

Des tensions qui interpellent :

- Des logiques qui portent sur «une autonomie croissante des individus et des nécessités de solutions collectives ».
- Des logiques de marchés et des logiques de régulation, entre « liberté d'entreprendre et d'innover et l'importance des contrôles politiques ».
- Les bénéfices prévus et les dégâts du progrès, entre promesses et conséquences sanitaires, environnementales et sociétales négatives.

Une triple tension entre sociétés et individus, économie et politique, innovation et «précaution».

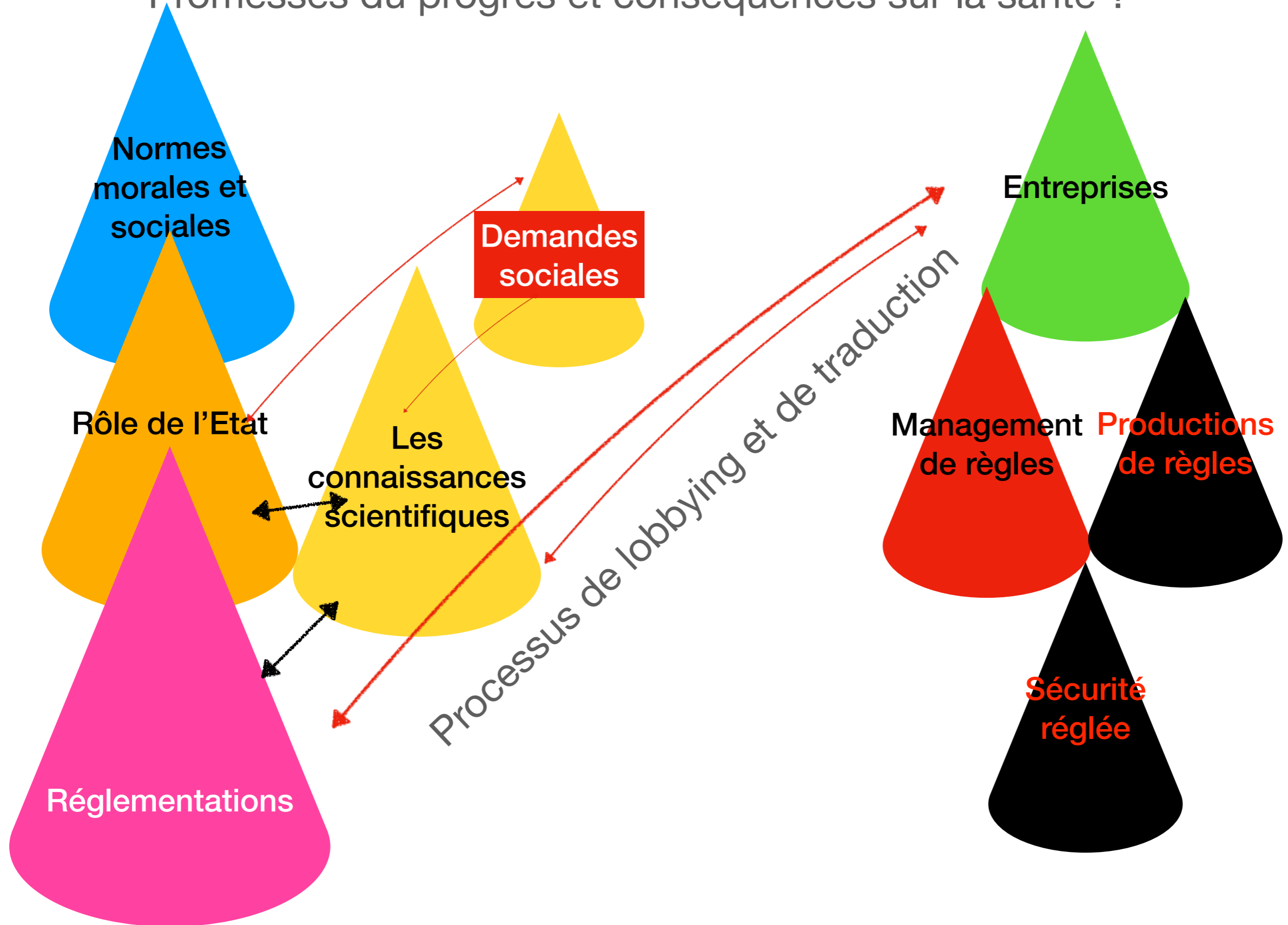
(EHSS, <https://enseignements-2016.ehess.fr/2016/ue/1761/>)

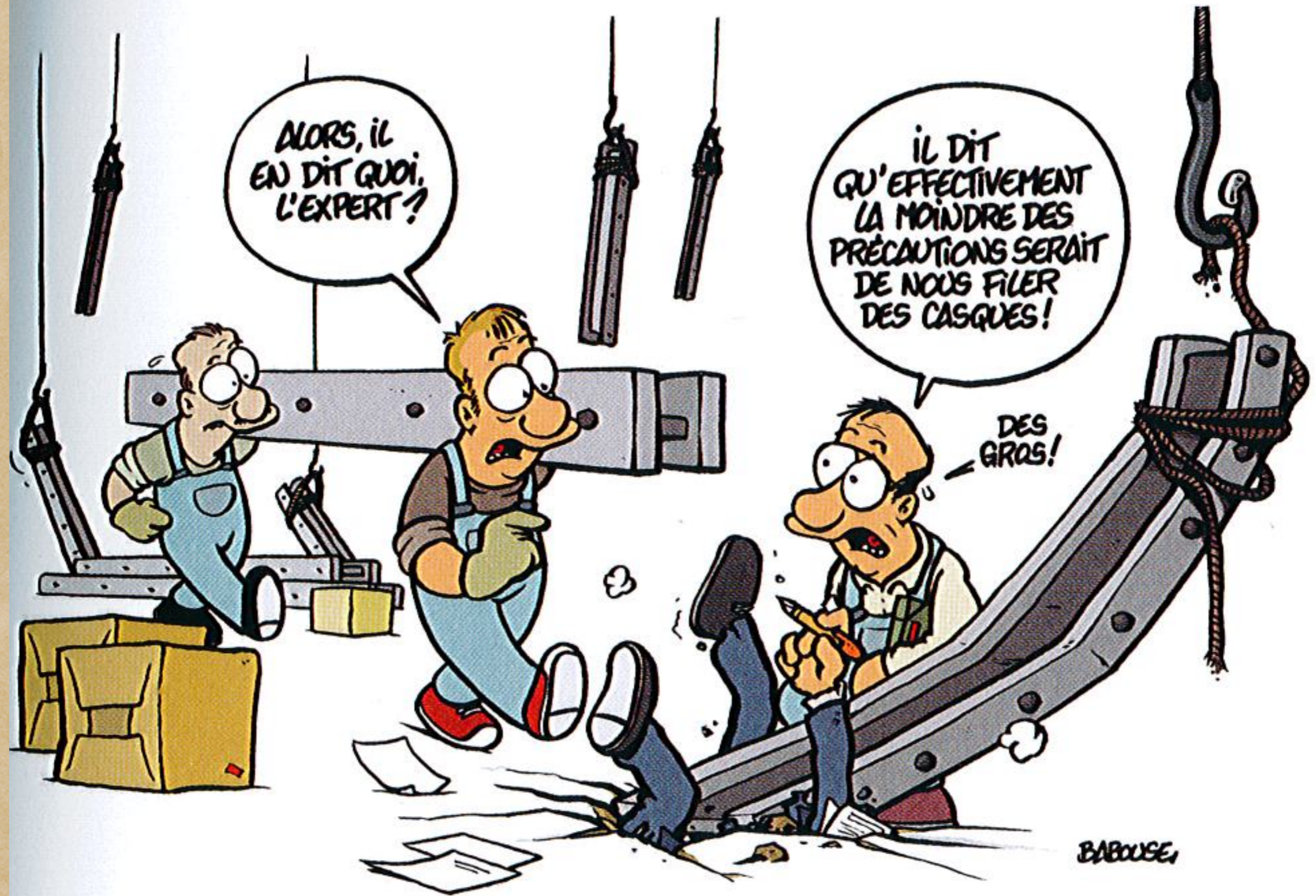
❑ Les métiers de la santé et de la prévention : des empêcheurs de tourner en rond ?

- ❑ Les enjeux d'une meilleure articulation des enjeux de santé/sécurité dans les phases amont des projets d'innovation

La prévention : un processus socialement situé

Promesses du progrès et conséquences sur la santé ?





ALORS, IL EN DIT QUOI, L'EXPERT?

IL DIT QU'EFFECTIVEMENT LA MOINDRE DES PRÉCAUTIONS SERAIT DE NOUS FILER DES CASQUES!

DES GROS!

BABOUSE

1. Ergonomie et Ergotoxicologie

L'ergonomie :

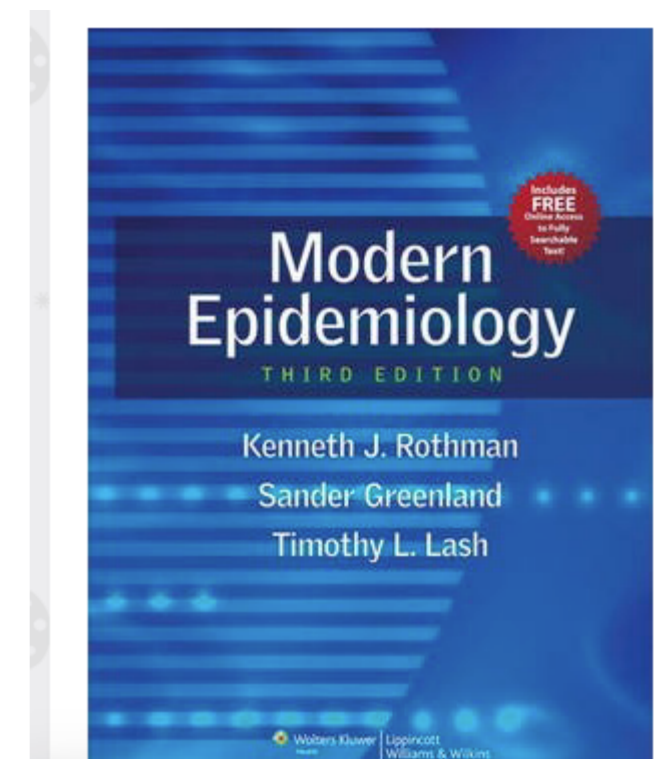
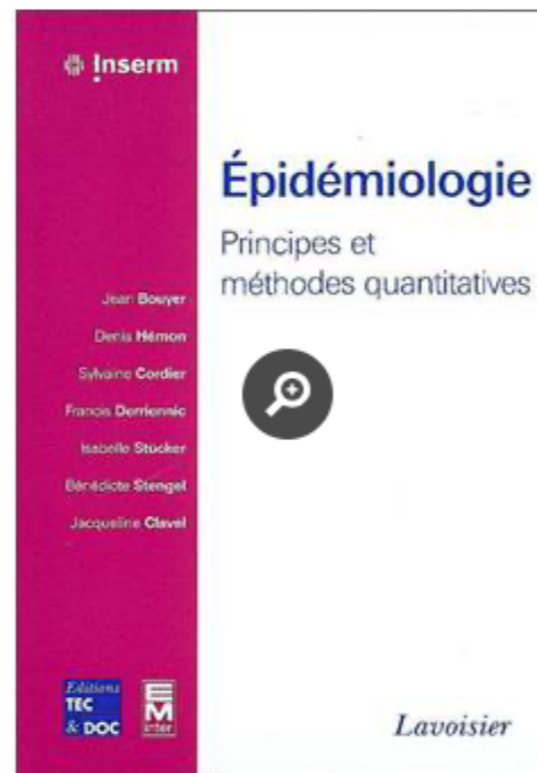
- **Une discipline**, elle même interdisciplinaire, qui produit des connaissances sur l'engagement des travailleurs dans leur activité de travail et ses effets sur la santé
- **Une technologie/ un art** qui cherche à transformer les situations de travail afin de contribuer à la construction/préservation de la santé au travail et à atteindre la performance et qui produit des méthodologies d'intervention
- Une posture humaniste et **une utopie à rendre concrète** : « la possibilité d'agir pour transformer » et tenir « santé et performance

L'ergotoxicologie :

Une pratique particulière de l'ergonomie qui vise à développer des modèles opérants (au sens de Wisner, 1972), des outils et des moyens de prévention efficaces pour gérer et prévenir les risques pour la santé des travailleurs exposés à des produits chimiques.

2. Des définitions de la notion d'exposition Epidémiologie

Pas de définition précise
dans des ouvrages de
références



2. Des définitions de la notion d'exposition

Epidémiologie

In epidemiology, the term “**exposure**” can be broadly applied to *any factor that may be associated with an outcome of interest*. When using observational data sources, researchers often rely on readily available (existing) data elements to identify whether individuals have been exposed to a factor of interest. One of the key considerations in study design is how to determine and then characterize exposure to a factor, given knowledge of the strengths and limitations of the data elements available in existing observational data.



Developing a Protocol for Observational Comparative Effectiveness Research: A User's Guide

Editors: Priscilla Velentgas, PhD, Nancy A Dreyer, MPH, PhD, Parivash Nourjah, PhD, Scott R Smith, PhD, and Marion M Torchia, PhD.

Rockville (MD): [Agency for Healthcare Research and Quality \(US\)](http://www.ehponline.org); 2013 Jan.
Publication No.: 12(13)-EHC099

[Copyright and Permissions](#)

Chapter 4 Exposure Definition and Measurement

Todd A Lee, PharmD, PhD and A Simon Pickard, PhD.

▼ Author Information

Todd A Lee, PharmD, PhD
University of Illinois at Chicago, Chicago, IL

A Simon Pickard, PhD
University of Illinois at Chicago, Chicago, IL

2. Des définitions de la notion d'exposition

Hygiène industrielle



- ECHA (2011), l'**exposition** est définie comme une quantité de matière inhalée, ingérée ou en contact avec la peau. Cette notion de contact entre un produit chimique et un opérateur se retrouve dans la définition initialement proposée par Zartarian, Bahadori, & McKone (2004) et l'International Programme on Chemical Safety (2004) décrivant l'exposition comme : « *Contact between an agent and a target. Contact takes place at an exposure surface over an exposure period* ».
- Un des modèles à l'origine de ces définitions sur l'exposition est le modèle « source – récepteur » initialement décrit par Smith, Hammond, Hallock, & Woskie (1991).
- D'après la norme européenne présentant les modalités de contrôle des valeurs limites d'exposition en milieu professionnel (EN689, 1995), l'exposition se définit comme « *la présence d'un agent chimique dans l'air de la zone respiratoire d'un travailleur.* »

2. Des définitions de la notion d'exposition

Hygiène industrielle

En 2004, l'International Programme on Chemical Safety a posé les bases d'une définition commune de l'**évaluation de l'exposition** comme « *le processus d'estimation ou de mesure de l'ampleur, la fréquence et la durée d'exposition à un agent, ainsi que le nombre et les caractéristiques de la population exposée. Idéalement, elle décrit les sources, les voies et les incertitudes associées à cette évaluation. L'évaluation de l'exposition est fondée sur des scénarios d'exposition définis comme une combinaison de faits, d'hypothèses et de déductions qui décrivent une situation où des expositions potentielles peuvent se produire.* » (ANSES, 2016).

Dans le cadre des travaux d'expertise du GT MP (2020), *l'exposition professionnelle à une nuisance correspond au contact direct ou indirect des travailleurs à une source de danger en lien avec l'activité professionnelle, intrinsèquement susceptible de causer un dommage à l'intégrité physique ou mentale du travailleur durant leurs travaux passés et/ou actuels.*

L'exposition est caractérisée par la concentration ou la quantité d'une nuisance donnée en contact avec une personne, une population à une fréquence spécifique, dans un intervalle de temps donné (Anses 2018)

ERGOTOXICOLOGIE ET EXPOSITION

- La notion d'exposition centrale en santé publique mais polysémique !
- L'exposition : une énigme à résoudre par l'analyse de l'activité

**Le travailleur est exposé
Le danger d'origine chimique
un flux ?**



**Le travailleur s'expose
Le travailleur sujet/
acteur de l'exposition ?**

SE PROTÉGER POUR SOI OU POUR LES AUTRES ?



3. L'approche ergotoxicologique

- ❑ Historiquement proposée par Vilatte (1985) ;
- ❑ Développée par Alain Wisner et Laerte Sznelwar ;
- ❑ Reprise par Mohammed-Brahim, Garrigou, Baldi, etc.
- ❑ Une démarche nourrie par l'analyse de l'activité au cœur de la démarche

Nos Hypothèses

- ❑ **Les connaissances de la toxicologie constituent un éclairage indispensable à l'évaluation du risque pour la santé et la sécurité des travailleurs**
- ❑ **Mais c'est l'analyse de l'activité de travail, dans ses différentes dimensions, qui permet d'accéder, sous cet éclairage, aux déterminants de la contamination**
- ❑ **Ces déterminants relèvent des éléments matériels de la situation de travail, y compris les consignes de sécurité ou les EPI, mais aussi des éléments qui sont de l'ordre des représentations cognitives individuelles, du processus de construction identitaire et des valeurs transmises au sein des collectifs**

4. Quelques résultats de recherches

→4.1. Efficacité des combinaisons devant protéger des pesticides

→ Garrigou, A., Baldi, I., Le Frious, P., Anselm, R., Vallier, M. (2011). Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. *Applied Ergonomics, Volume 42, Issue 2*, January 2011, Pages 321-330. Scimago Q1, Ergoabstracts & Psychinfo.

→4.2. Développement d'une méthodologie pour « révéler » les expositions aux particules nanométriques

→Galey, L. (2019). *Développement d'une méthode d'évaluation de l'exposition aux particules nanométriques en situation de travail, intégrant l'analyse d'activité et la caractérisation des aérosols*. Université de Bordeaux.

→4.3. Ne plus ignorer les agriculteurs dans le développement de stratégies de prévention des expositions aux pesticides.

→Goutille, F. (2022). *Ne plus ignorer les agriculteurs, Une contribution de l'ergonomie à la prévention du risque pesticides en milieu viticole*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.

→4.4. La conception du machinisme agricole : un déterminant de l'exposition

→Albert, M. (2022, à paraître) *Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs : la conception et la réglementation comme chaîne de déterminants de l'activité des agriculteurs* thèse de doctorat, université de Bordeaux.

4.1. Mesures de la contamination cutanée

Dithiocarbamates (2001-2002) / Folpel 2003 Pestexpo Isabelle Baldi

➤ Patches

–10*10 cm (gaze chirurgicale) + alu

➤ Lavage des mains

–750 ml eau

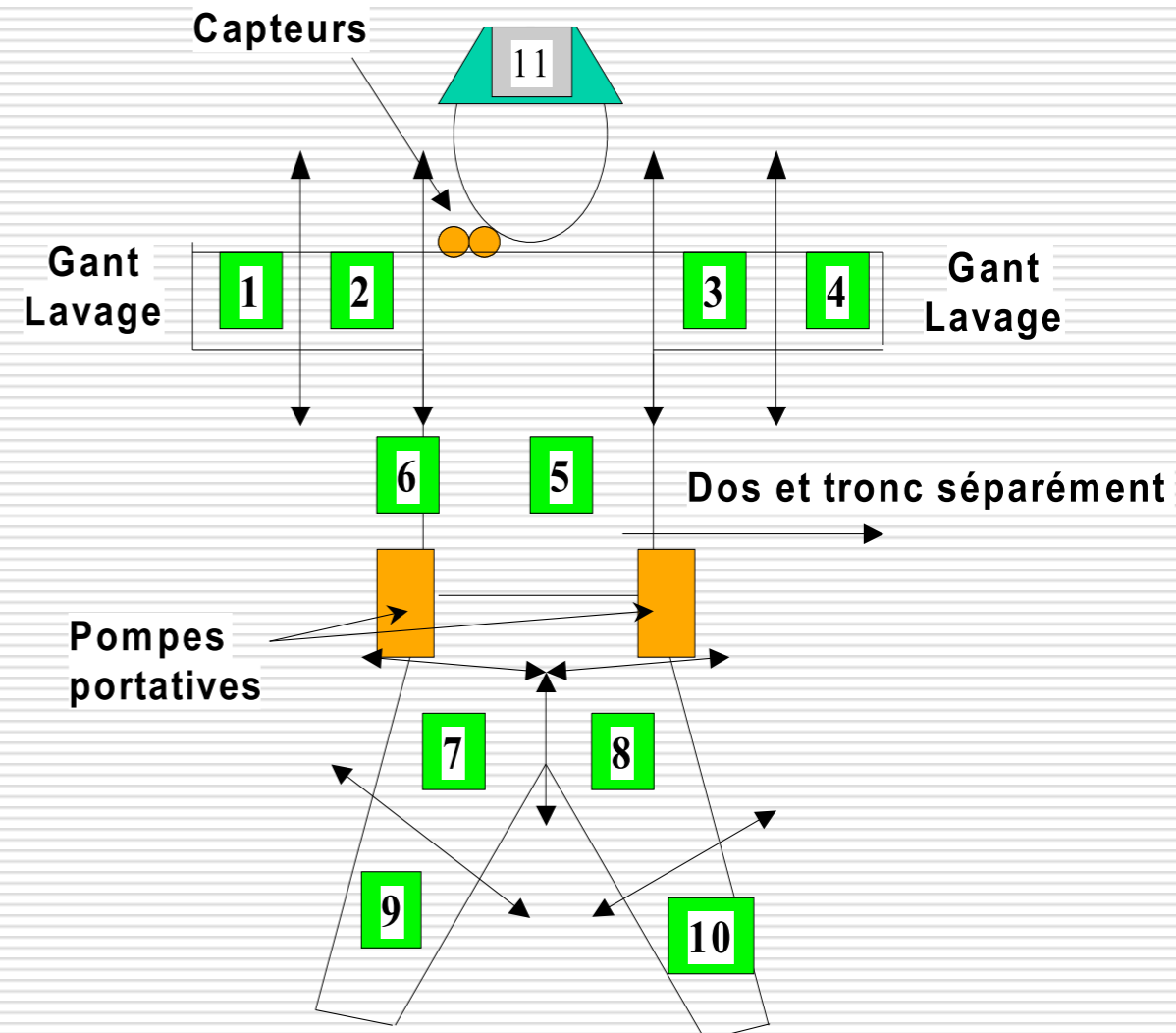
➤ Filtre (Pompe portable)

–au niveau des voies respiratoires

*Séparément pour chaque phase
(préparation, application, nettoyage)*

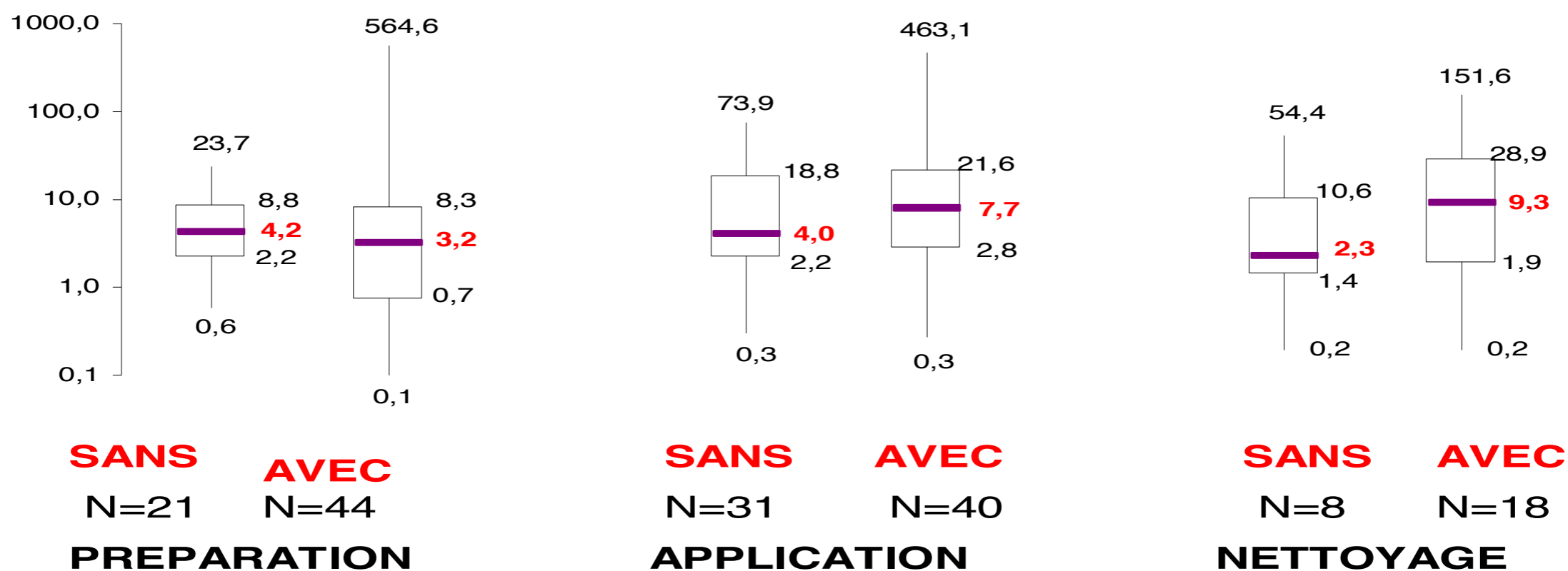
+ recueil d'urines

- avant traitement
- à 4 h, 12 h, 24 h, 48 h



Contamination externe (mg de matière active) en fonction du port d'une combinaison*

PESTEXPO Gironde (dithiocarbamates 2001-2002) Isabelle Baldi



*Short et/ou tee-shirt versus vêtement « protecteur »

Notice d'instructions de la combinaison TYVEK® Classic

Résistance à la perméation des liquides (EN ISO 6529, temps de passage à 1 µg/cm²min)

Produit chimique	Temps de passage (min)	Classe EN*	Produit chimique	Temps de passage (min)	Classe EN*
Acide sulfurique (30%)	290	5 sur 6	Hydroxyde de sodium (40%)	> 480	6 sur 6
Acide sulfurique (18%)	> 480	6 sur 6			

* Conformément à la norme EN 14605/EN 14325

Résistance à la pénétration des liquides (EN ISO 6530)

Produit chimique	Indice de pénétration (%)	Classe EN	Indice de répulsion (%)	Classe EN
Acide sulfurique (30%)	0,0	3 sur 3	96,5	3 sur 3
Hydroxyde de sodium (10%)	0,0	3 sur 3	96,6	3 sur 3
o-xylène	6,2	1 sur 3	83,7	1 sur 3
Butane-1-ol	3,1	2 sur 3	88,4	1 sur 3

Limites d'utilisation

Il est possible que l'exposition à certaines particules très fines, aux pulvérisations liquides à forte intensité et éclaboussures de substances dangereuses nécessite des combinaisons dotées d'une résistance mécanique et de propriétés de protection supérieures à celles offertes par Tyvek® Classic Plus *Modèle CHA5*, Tyvek® Classic Plus

4.2. Développement d'une méthodologie pour « révéler » les expositions aux particules nanométriques

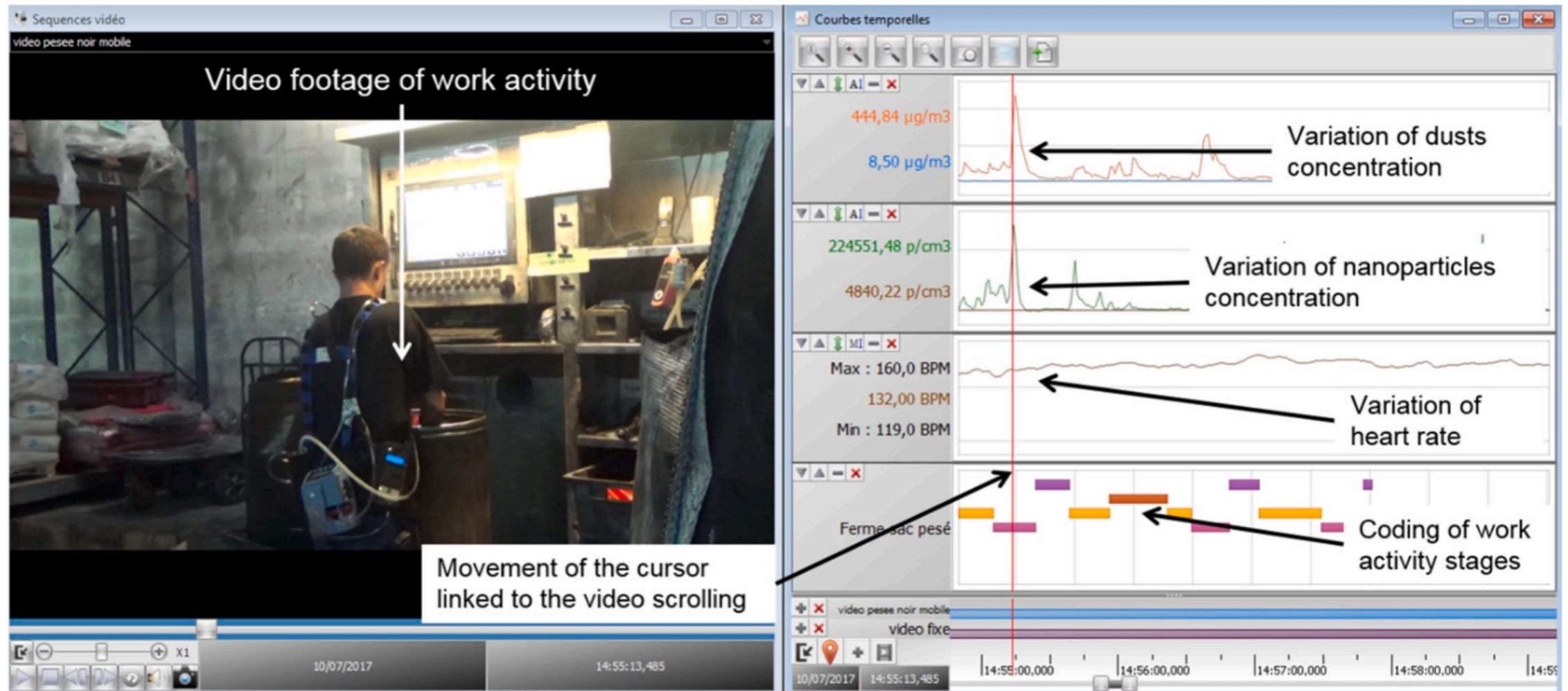


Fig. 2. Video exposure monitoring software interface to identify TESs articulating video footage of work activities and real-time measurements of nanoparticles in the rubber industry.

5

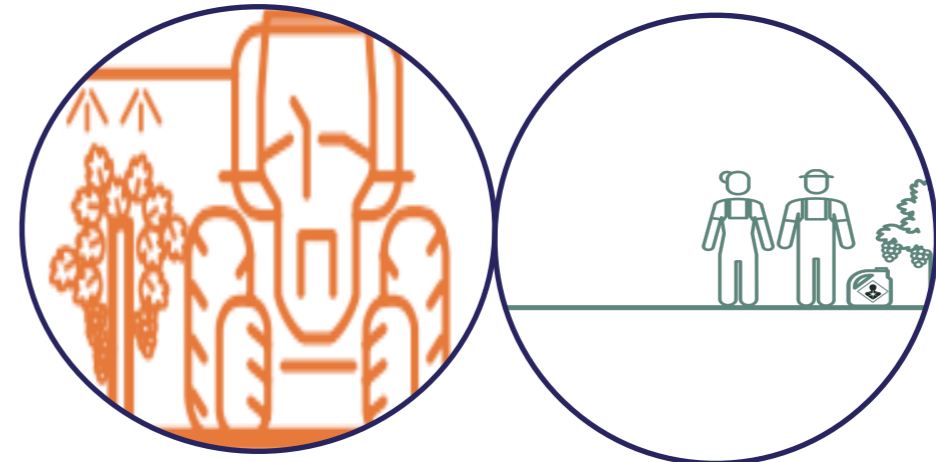
Formalisation d'un objet intermédiaire de l'exposition aux nanoparticules
(Galey, 2019)

4.3. Ne plus ignorer les agriculteurs dans le développement de stratégies de prévention des expositions aux pesticides.

PREVEXPO : Prévenir les Risques Ensemble en milieu Viticole à partir des conditions réelles d'EXPOsition

Approche ergotoxicologique centrée sur le DPA-PC

Mise en commun de connaissance et d'outils entre chercheurs et professionnels



- Documenter les expositions réelles
- Analyser les déterminants des situations à risque pesticides
- Transformer les situations à risque



4.3. Ne plus ignorer les agriculteurs dans le développement de stratégies de prévention des expositions aux pesticides.

Immersion
initiation croisée, recherche, partage d'information

Films de l'activité

Documents de sécurité
réglée

Avatars

Résultats de mesures
associés

Jeu des phytos

Maquettes

« Sur ce champs-là il faut progresser c'est sûr. Parce que on sent aussi, les enfants, la société sent qu'il y a un danger mais pour l'instant les agriculteurs n'ont pas forcément les moyens et l'entourage de changer de pratiques, il y a plein de freins. »
(viticultrice de l'action Preverne - 4 mai 2018)

Verbatim et cartes

➤ Analyser de manière partagée les conditions de survenue des expositions

4.3. Ne plus ignorer les agriculteurs dans le développement de stratégies de prévention des expositions aux pesticides.

PREVEXPO : entretien d'autoconfrontation à partir du film de l'activité

- La mise en mots des contraintes rencontrées au cours de la préparation

Situation de travail



Le professionnel insère la tête dans la cuve remplie de produits phytopharmaceutiques (Observation E2, 16 mai 2018)

Déterminants de la situation



« Ça s'est un peu opacifié donc sur 15 centimètres je ne vois pas le niveau. Avec mon doigt je vois et donc je sais un peu où est le niveau » (E2, autoconfrontation du 5 juin 2018).

Rendre visibles les situations d'exposition



Goutille à paraître en 2022, thèse pluridisciplinaire ergonomie et anthropologie

4.4. La conception du machinisme agricole : un déterminant de l'exposition



« Je suis souvent amené à monter sur la cuve voir si ça marche bien
[...] ça glisse partout »

« C'est le défaut de ce pulvérisateur, c'est qu'on n'arrive pas à voir
s'il y a une buse de bouchée [...] moi plusieurs fois, j'ai ouvert la
portière pour voir s'il y avait la pulvé [...] car on n'y voit rien »

Albert à paraître en 2022, thèse pluridisciplinaire ergonomie et droit



« C'est le défaut de ce pulvérisateur, c'est qu'on n'arrive pas à voir s'il y a une buse de bouchée »



5. Perspectives

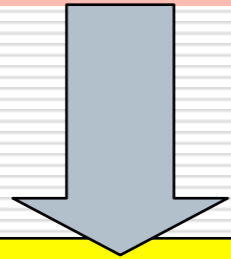
- ❑ Une proposition de définition de l'exposition
- ❑ Exposition et Sécurité Régulée et Gérée
- ❑ Une méthodologie en ergotoxicologie
- ❑ Déterminants macro/meso/micro
- ❑ Quelles formes de transdisciplinairté ?
- ❑ Notion d'exposome

Une proposition de définition de l'exposition

L'exposition correspond aux situations et conditions dans lesquelles les travailleurs, au cours de leur activité, *sont exposés, où s'exposent, voire exposent d'autres personnes (collègues, famille, etc.) à des dangers*, qui peuvent être d'origines différentes (chimique, physique, biologique, mécanique, etc...) (Poly-exposition)

Ceci constitue donc un risque pouvant entraîner des effets sur la santé.

Les règles et les prescriptions
Analyse des risques, modes
opératoires, formations
sécurité, entraînements,
Basés sur ce qui est prévisible
pour l'organisation (mode
nominal)

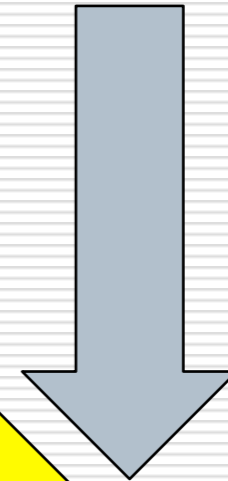


Gestion des compromis sécurité/
performance, les expositions réelles



L'expérience, les activités
réelles, les expositions réelles,
les représentations, les
stratégies opératoires, les
savoir faire de prudence, les
régulations et la gestion des
modes dégradés

Sécurité
réglée



Sécurité
construite

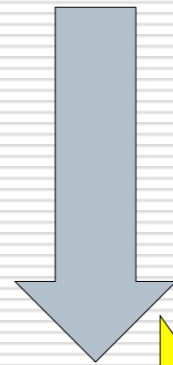
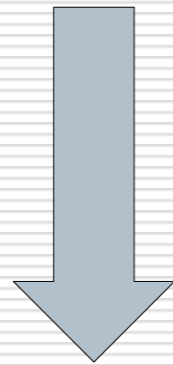


Sécurité gérée

Contributions de l'Ergonomie

Les règles et les prescriptions

Sécurité réglée



**Gestion des compromis sécurité/
performance**

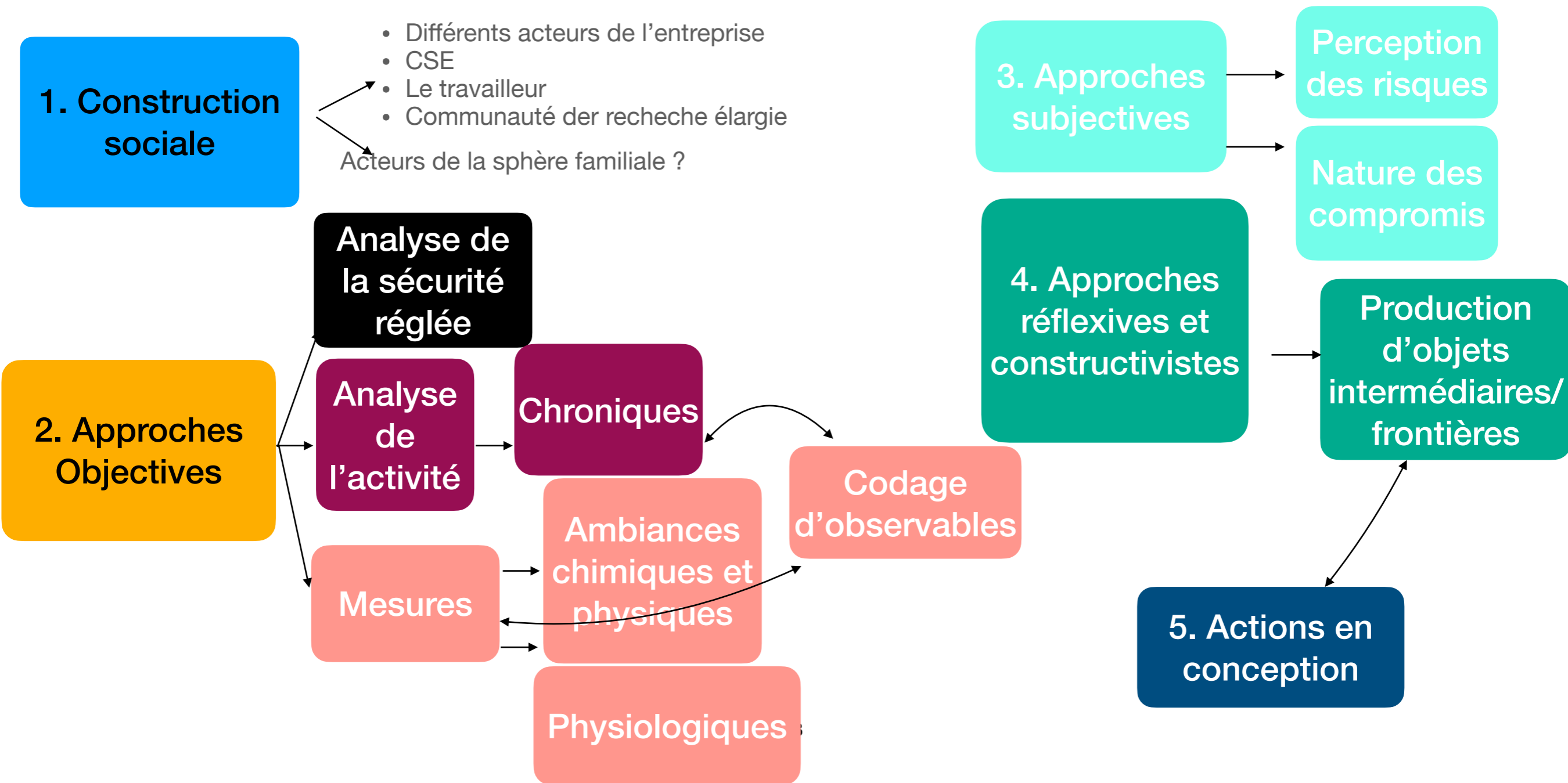
Exposition

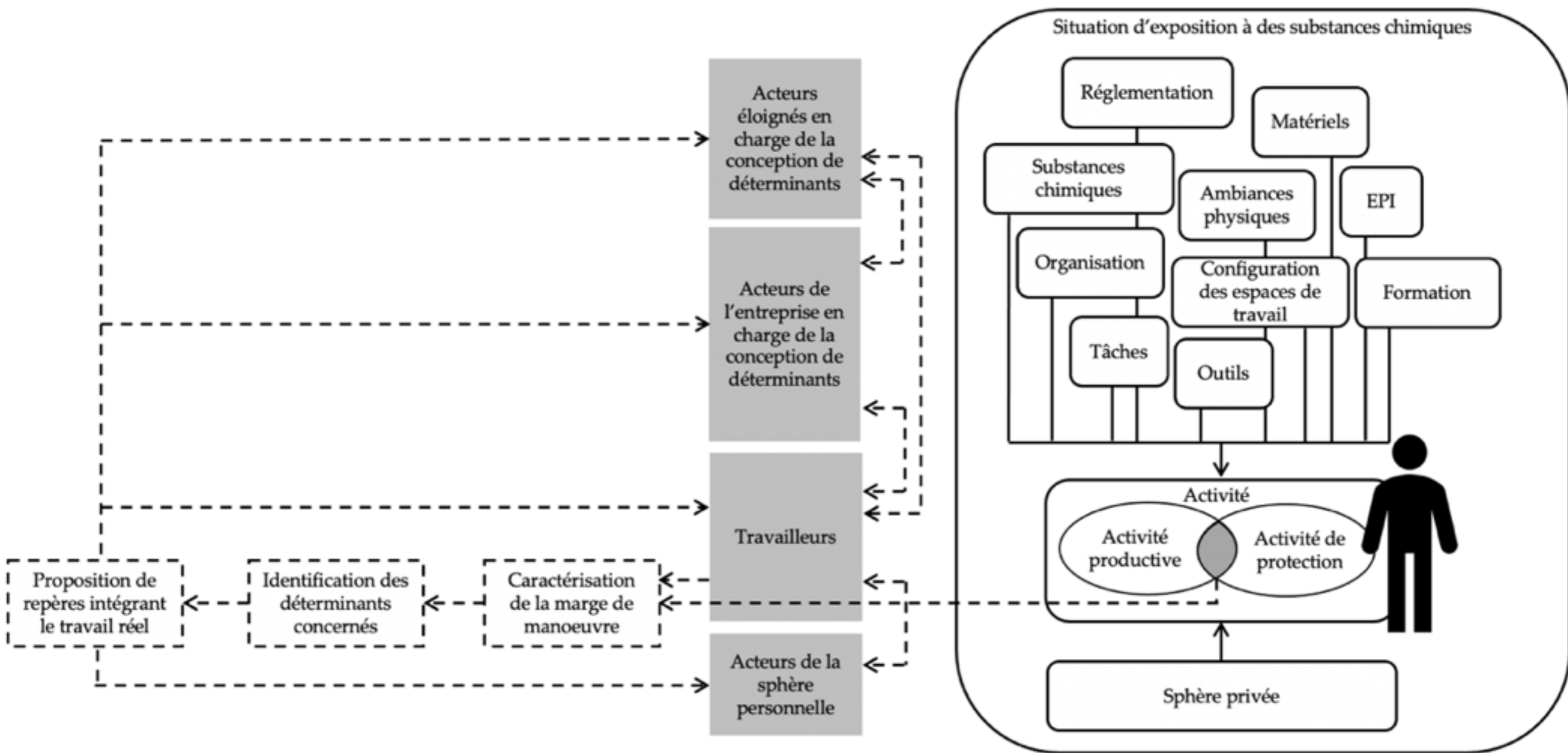
Sécurité construite

L'expérience

Sécurité gérée

Approches méthodologiques de l'ergotoxicologie





Cadre d'analyse et d'intervention en ergotoxicologie pour le développement de la marge de et du pouvoir d'agir

A paraître, Albert, M., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Galey, L., Mohammed-Brahim, M., Garrigou, A.

Expositions professionnelles et Exposome : quelles articulations ?

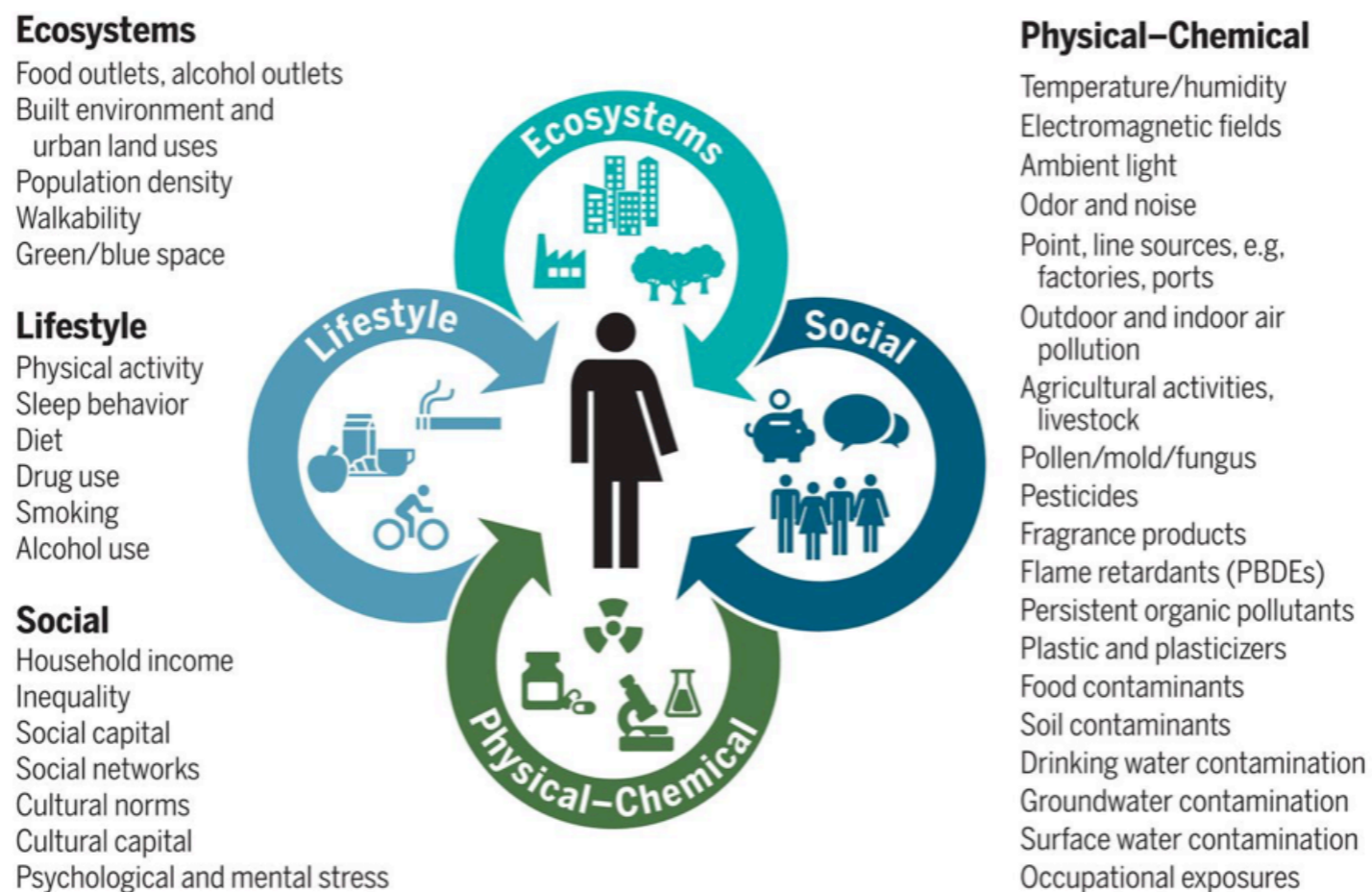


Fig. 1 The exposome concept. The exposome is an integrated function of exposure on our body, including what we eat and do, our experiences, and where we live and work. The chemical exposome is an important and integral part of the exposome concept. Examples of external stressors are adapted from (39). These stressors are reflected in internal biological perturbations (Fig. 3); therefore, exposures are not restricted to chemicals (toxicants) entering the body, but also include chemicals produced by biological and other natural processes.

neulen, R., Schymanski, E., Barabasi, A.-L., Miller, G., W. (2020). The exposome and health: where chemistry meets biology. *Science*, vol 367, n°6476

Galey, L.*, Judon, N.*, Goutille, F.*, Jolly*, C., Albert, M.*, Morelot, S.*, Lhospital, O.*, Martin, P., Noel-Suberville, C., Pasquereau, P., Mohammed-Brahim, B., Aublet-Cuvelier, A., Garrigou, A. (2019). Proposition méthodologique en ergotoxicologie pour révéler les expositions à des produits chimiques. *Revue @ctivités numéro d'avril*. Ergoabstract & Psychinfo

Galey, L. (2019). *Développement d'une méthode d'évaluation de l'exposition aux particules nanométriques en situation de travail, intégrant l'analyse d'activité et la caractérisation des aérosols*. Université de Bordeaux.

Galey, L., Audignon, S., Witschger, O., Bau, S., Judon, N., Lacourt, A., Garrigou, A. (2020). What does ergonomics have to do with nanotechnologies? A case study. *Applied Ergonomics*, 87 (2020) 103116. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103116> Scimago, Q1

Goutille, F.*, Galey, L.*, Rambaud, C., Pasquereau, P., J., M., Jackson Filho & Garrigou, A., (2016). Prescrição e utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) em atividades com exposição a produtos químicos cancerígenos, mutagênicos e reprotóxicos (CMR): pesquisa-ação pluridisciplinar em uma fábrica francesa de decoração para móveis. Dossier Temático : Os equipamentos de proteção individual (EPI): protetores, mas nem sempre. *Laboreal*, Volume XII :: No.1 :: Julho 2016, p23-38. Ergoabstract

Jolly, C. (2022). LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES DES PROPRIÉTAIRES EXPLOITANTS AGRICOLES, RESSOURCES POUR LIMITER L'EXPOSITION CUTANÉE AUX PESTICIDES ? Thèse de doctorat Université du Québec à Montréal.

Judon, N*., Galey, L.*, Saint-Dizier, V., Garrigou, A. (2019). Contributions of participatory ergonomics to the involvement of workers in chemical risk prevention projects. October 2019Work. DOI: 10.3233/WOR-193001 Scimago Q2, Ergoabstract & Psychinfo

Judon, N., (2017). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour co- construire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude Cas des travaux de revêtements routiers*. Université de Bordeaux.

Mohammed-Brahim, B. & Garrigou, A. (2009). Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique. L'apport de l'ergotoxicologie. *@ctivités*, volume 6 numéro 1, pp.49-67. <http://www.activites.org/v6n1/brahim.pdf> .Ergoabstract & Psychinfo

Morel, G., Amalberti, R., & Chauvin, C. (2009). How good micro/macro ergonomics may improve resilience, but not necessarily safety. *Safety Science*, 47(2), 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.03.002>

Nascimento, A., Cuvelier, L., Mollo, V., Dicioccio, A., & Falzon, P. (2014). Constructing safety. In *Constructive Ergonomics* (p. 95).

Trompette, P., Vinck, D. (2009) Retour sur la notion d'objet-frontière *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2009, Vol.3, 1 (1), p.5

Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances* 2009/1 (Vol. 3, n° 1), pages 51 à 72