



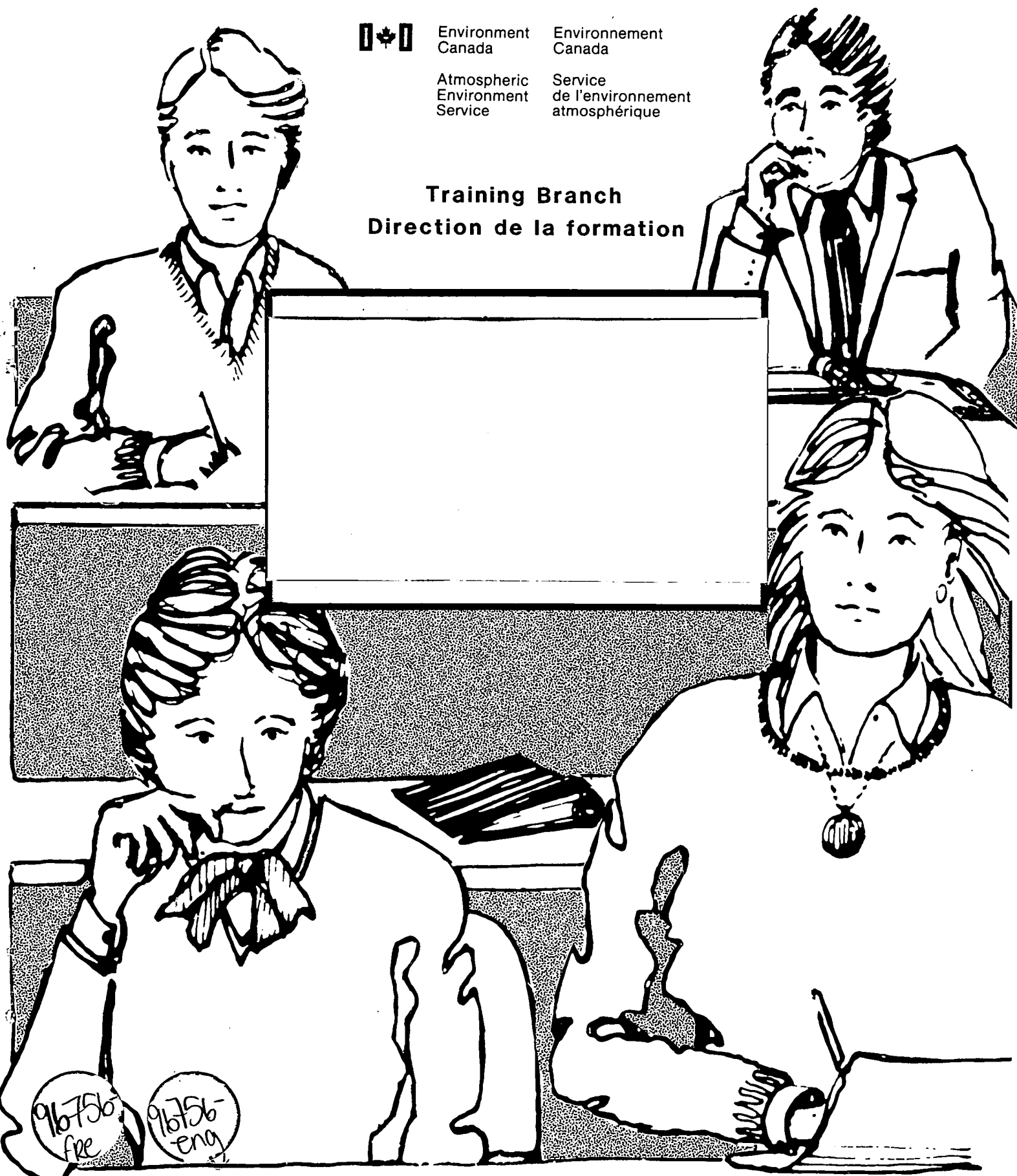
Environment
Canada

Environnement
Canada

Atmospheric
Environment
Service

Service
de l'environnement
atmosphérique

Training Branch
Direction de la formation



916756-
fre

916756-
eng

Division de la formation et du développement professionnels
Professional Training and Development Division



Environnement Canada
Service de l'environnement atmosphérique

Environment Canada
Atmospheric Environment Service

DGSMN - Direction de la formation
Section d'apprentissage à distance

Effets sur la santé de l'ozone au niveau du sol

Exposé présenté par
Mark E. Raizenne
Santé et Bien-être social Canada



Direction de la formation du SEA - AES Training Branch

EFFETS SUR LA SANTÉ DE L'OZONE AU NIVEAU DU SOL

Exposé présenté par
Mark E. Raizenne
Direction d'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada

MR:... L'objet de cette bande vidéo est de présenter nos connaissances sur l'ozone et ses effets sur la santé et de dissiper certaines incertitudes à ce sujet.

Lorsqu'on est exposé à l'ozone, le point d'entrée est généralement la bouche et le nez. L'air circule ensuite jusqu'à la gorge et subit une série d'opérations : il est d'abord réchauffé, puis filtré à l'aide de petits poils. L'air se déplace dans tous les sens et c'est pourquoi certaines particules se déposent le long des voies respiratoires. Cela fait partie des mécanismes de défense de l'organisme au niveau des voies respiratoires supérieures, c'est-à-dire la bouche, le nez, le pharynx et la gorge. L'air descend ensuite par les voies respiratoires, soit la trachée, et passe par le larynx.

Un fait particulièrement intéressant à noter est que, selon nos données, environ 45 % de l'ozone est retenu par les voies respiratoires supérieures. Autrement dit, une fois que l'ozone entré par le nez se rend à la gorge, presque la moitié, soit environ 45 %, a été éliminée. Donc, si vous avez 100 parties par milliard d'ozone qui pénètrent par le nez, il en reste essentiellement 50 à 55 parties lorsque l'air parvient aux voies respiratoires inférieures.

L'air qui descend dans les voies respiratoires passe d'abord par un gros conduit appelé trachée. La trachée est une sorte de tube constitué d'une série d'anneaux et entouré d'un muscle; elle contrôle en grande partie le débit et le mouvement de l'air qui est aspiré et expiré par les poumons. Un peu plus loin, la trachée se divise en deux plus petits tubes appelés bronches, c'est-à-dire la bronche gauche et la bronche droite, qui rapetissent au fur

et à mesure qu'elles pénètrent dans les poumons. Cela ressemble à un arbre à l'envers : le tronc de l'arbre est la trachée, qui se subdivise en deux branches, les bronches.

La crise d'asthme se déclenche généralement à cet endroit. Les bronches et la trachée se resserrent, le muscle est irrité ou stimulé, puis se contracte. Ce sont ces contractions qui déclenchent la crise d'asthme parce que les voies respiratoires se rétrécissent. Nous savons que l'ozone peut causer des réactions asthmatiques, que nous appelons hyperréactivité des voies respiratoires.

Lorsque l'ozone descend un peu plus bas, presque au bout des voies respiratoires, il parvient à une zone particulièrement importante, soit les alvéoles pulmonaires. C'est là que se font les échanges gazeux de la respiration : le gaz carbonique produit par le métabolisme est rejeté et l'oxygène de l'air ambiant est absorbé. Cette zone capillaire est vulnérable aux effets de l'ozone, de même que toute zone située à proximité des alvéoles. Les lésions subies par cette région sont parfois très graves.

Donc, s'il y a une lésion dans cette région, l'organisme le sent et essaie de réparer les dommages; il met en branle le processus qui lui permettra de se rétablir en quelque sorte. La lésion s'accompagne d'une inflammation dans la même zone. Comme j'en ferai la démonstration à partir de certaines études, nous sommes en mesure de voir ce qui se passe dans cette zone, de constater la présence de cellules inflammatoires grâce à une technique appelée lavage broncho-alvéolaire.

La plupart des études sur les effets de l'ozone prennent la mesure de la fonction respiratoire, parce que c'est un procédé relativement facile à exécuter qui permet de déceler assez précisément les effets reliés à l'ozone.

L'un des avantages de la recherche sur la pollution de l'air est que l'on peut faire correspondre les conclusions de différentes sources et en tirer des mécanismes et des indices qui nous montrent comment l'organisme ou l'être humain réagit à la pollution de l'air. Les recherches emploient essentiellement cinq méthodes. La méthode *in vitro* consiste à étudier la cellule en cultivant plusieurs types de cellules. Nous prélevons ces cellules dans les voies respiratoires ou plus loin dans les poumons, où se situent des types particuliers de cellules, puis nous les cultivons dans un milieu. Nous les exposons ensuite à divers degrés de pollution de l'air et nous vérifions si les cellules sont endommagées.

La recherche *in vitro* est un domaine important, car elle est moins coûteuse que la recherche *in vivo*, qui porte habituellement sur des animaux vivants. Dans le cadre de la recherche *in vivo*, nous étudions ce que nous appelons la toxicologie animale et nous en retirons de l'information de la plus haute importance. En fait, les informations les plus concluantes sur les effets de l'ozone et d'autres polluants ont été fournies par les études en toxicologie animale. Les résultats sont très nets, car nous pouvons utiliser des concentrations beaucoup plus élevées de polluants et nous pouvons déterminer les mécanismes qui rendent l'ozone toxique. Mais la recherche *in vivo* est très coûteuse et nécessite des installations massives, sophistiquées et aussi très coûteuses. Autre désavantage, l'expérimentation se fait sur des animaux; nous essayons bien sûr d'éviter l'expérimentation animale, surtout si nous pouvons effectuer le même genre de recherche à l'aide d'une méthode *in vitro*.

Dans le domaine de l'expérimentation humaine, nous effectuons des études cliniques dans des laboratoires spécialement aménagés. Le sujet entre dans une petite pièce complètement isolée, qui contient une concentration d'ozone susceptible d'engendrer des

changements métaboliques très minimes et réversibles, en général des concentrations de 120 ou 200 parties par milliard. Nous étudions les changements produits pendant cette période et nous surveillons aussi l'apparition d'une toux ou d'autres symptômes. Ce genre d'étude est particulièrement pertinent, puisqu'il permet de déterminer les véritables effets de l'exposition à l'ozone sur l'humain. De plus, les études sont faites dans des conditions soumises à un contrôle rigoureux, avec surveillance médicale et tout le reste.

Une chose importante à se rappeler au sujet de ces études est que nous nous attendons à des effets très minimes et passagers. Le sujet ne subira aucune lésion ou blessure de quelque façon ou de quelque forme que ce soit. Les réactions du sujet doivent être complètement réversibles, et il y a donc des limites d'exposition qui s'appliquent aux études cliniques. Il est difficile d'exposer des gens à des concentrations très élevées de polluants, même si elles se retrouvent par exemple dans l'air ambiant de Los Angeles, parce que nous savons qu'une exposition d'une heure ou de quatre heures seulement peut entraîner des réactions qui durent deux ou trois jours. Les études cliniques constituent donc des méthodes très pertinentes de faire progresser la recherche.

Dans le cadre des études sur le terrain, nous observons généralement des populations, des échantillons ou des groupes de gens, par exemple dans des camps d'été ou des camps d'entraînement de l'armée. Dans ce genre de situation, nous évaluons et surveillons la composition de l'air ambiant, puis nous suivons le groupe étudié pendant une certaine période, parfois deux semaines, trois mois ou une autre durée. Les études sur le terrain se rapprochent beaucoup plus de la vraie vie, de l'exposition normale à l'ozone dans nos

activités quotidiennes, en particulier pendant l'été, où nous passons beaucoup de temps à l'extérieur.

Puis nous avons les études épidémiologiques, qui portent sur des groupes plus nombreux, en général plusieurs centaines ou milliers de personnes. Ce genre d'étude se rapproche des techniques plus traditionnelles; on utilise des échantillons provenant de villes différentes, à des périodes et à des saisons différentes. Par exemple, on peut choisir d'étudier des groupes d'asthmatiques provenant de différentes régions d'un pays et ayant été exposés à l'ozone.

Toujours dans le cadre des études épidémiologiques, nous utilisons aussi les imposantes banques de données des hôpitaux ou les statistiques sur la mortalité, puis nous faisons correspondre les niveaux d'exposition des populations avec certains des effets étudiés comme les crises d'asthme, les admissions à l'hôpital pour des difficultés respiratoires et les décès attribuables à un trouble respiratoire.

Les constatations des études cliniques sont très significatives, car elles nous indiquent clairement que, en milieu contrôlé, la fonction respiratoire de nombreuses personnes se trouve diminuée et une inflammation aiguë se déclare. En d'autres mots, l'ozone pénètre profondément dans les poumons et provoque une irritation, ce qui force l'organisme à combattre pour réparer les dégâts. C'est, encore une fois, grâce au lavage broncho-alvéolaire que nous avons compris ce qui se passait. Ce phénomène a été observé à des concentrations d'environ 100 parties par milliard pendant approximativement six heures.

Un point particulièrement important à souligner au sujet des études cliniques est la place considérable de l'exercice physique, qui varie entre un niveau modéré et très intense.

Autrement dit, et je pense que vous comprendrez intuitivement, plus vous faites d'exercice et plus vous vous exposez à l'ozone. Plus vous absorbez d'ozone, plus vous risquez d'en ressentir les effets, car l'ozone non seulement s'accumule dans votre organisme, mais ses effets sont eux aussi cumulés.

Les études cliniques qui sont effectuées au Canada et à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, par exemple, sont généralement conçues de la manière suivante. Les concentrations d'ozone varient habituellement d'environ 100 parties à 300 ou 400 parties par milliard. Elles durent en général une heure ou plusieurs heures consécutives, soit environ six heures et demie. Presque toutes les études comportent un élément d'exercice physique, en général assez rigoureux : pendant environ 45 minutes, les sujets font de l'exercice dans une pièce spécialement aménagée. Ces expériences font clairement ressortir certains effets sur la santé, mais la nocivité des effets dépend de l'interprétation qu'on en fait. Lorsqu'on demande aux participants s'ils sentent un changement au niveau de leur fonction respiratoire ou s'ils sentent une inflammation, beaucoup d'entre eux répondent que non. Quelques-uns répondent que oui.

Autre conclusion à noter, même après l'exposition à l'ozone, disons une exposition de six heures et demie, les cellules inflammatoires demeurent présentes dans l'organisme pendant 12, 18, 24 heures et parfois plus longtemps. Cela indique qu'une lésion s'est formée et que l'organisme a commencé le processus de réparation.

Le fait que certains sujets réagissent à l'ozone n'a rien d'étonnant, car c'est une substance très toxique et irritante. La question est de savoir s'ils réagissent à des concentrations moins élevées d'ozone que l'objectif du Canada (82 parties par milliard), et

les recherches sont justement en train d'examiner les réactions à des concentrations beaucoup moins élevées. Nous savons, par exemple, que sans effort physique il n'y aura pas de réaction à des valeurs de 100, 120 et 150 parties par milliard. Il semble donc que la quantité d'air inspirée ait une influence sur les effets de l'ozone.

Nous effectuons aussi des études sur le terrain; si vous vous rappelez bien, il s'agit des études dans les camps d'été et d'entraînement, les études par observation et les recherches qui font intervenir la surveillance passive (moniteurs fixes) ou la surveillance personnelle des sujets. Dans ces cas, nous surveillons les facteurs météorologiques ou les autres forces qui entrent en jeu. Il arrive que les concentrations d'ozone de ces camps ne soient pas vraiment significatives. Quoi qu'il en soit, beaucoup de camps ont fait l'objet d'études ici au Canada, surtout parmi les enfants, mais certains camps d'adultes ont aussi été examinés.

Sans entrer dans les détails, voici de quelle façon nous procédons généralement. Nous recueillons, par exemple, toutes les données disponibles pendant une heure et nous comparons les concentrations maximales d'ozone et les changements subis par la fonction respiratoire. Nous avons observé un lien entre les concentrations d'ozone dans l'air ambiant et des modifications légères, mais statistiquement significatives, des fonctions biologiques. Par exemple, chez les enfants qui pratiquent des activités de plein air pendant l'été, on constate une diminution statistiquement significative de la fonction respiratoire. Comme je l'ai déjà mentionné, ces travaux ont été effectués au Canada, mais des études américaines dans la région de New York et en Californie sont arrivées aux mêmes conclusions. Même chose dans le sud-ouest de l'Ontario.

Les études épidémiologiques, de leur côté, ont une envergure beaucoup plus vaste, ce qui nous permet d'examiner toutes sortes de réactions de l'organisme pour déterminer les effets de l'ozone. Des effets subtils sur le système immunitaire ont été observés mais pas nécessairement au Canada. En fait, l'étude en question a été menée en Autriche, mais elle est assez récente et s'intéresse aux données saisonnières.

Parmi les populations examinées, on a aussi constaté des symptômes, même à une exposition d'environ 85 ou 90 parties d'ozone par milliard. Des symptômes comme les malaises pulmonaires ou les irritations des yeux sont, par exemple, associés à l'ozone ou au «smog». Et je dois préciser que les études épidémiologiques s'intéressent souvent au concept de «smog», espèce de nuage constitué d'une foule de polluants, dont l'ozone, qui est couramment mesuré.

Une conclusion qui s'impose de plus en plus concerne la relation entre les admissions à l'hôpital et les concentrations quotidiennes d'ozone. Dans le sud-ouest de l'Ontario, plus précisément, un lien a été observé entre les concentrations d'ozone pendant l'été et les problèmes de santé de l'ensemble de la population. Il s'agit d'une étude réalisée par le Dr David Bates. On a constaté des liens semblables dans les régions de New York et de Los Angeles, où l'on a utilisé des banques de données très imposantes qui contenaient dix années de données sur les admissions à l'hôpital et les concentrations d'ozone.

À l'aide des données d'une enquête américaine nationale sur la santé, on a aussi relevé des cas dispersés de diminution de la fonction respiratoire; cette enquête enregistre les concentrations annuelles d'ozone chez un échantillon aléatoire de sujets. On voit donc que les

données des études épidémiologiques coïncident avec les conclusions des études sur le terrain et des études cliniques.

J'aimerais maintenant aborder le concept d'exposition et ce qu'il implique. S'il y a un moniteur installé à l'emplacement A, est-il vraiment représentatif, par exemple, des personnes qui regardent cette bande vidéo? Y a-t-il une différence entre les données recueillies le même jour par un moniteur fixe et par un dosimètre que l'on porte sur soi? S'il s'agit d'une étude clinique, je sais qu'en contrôlant toutes les variables, la fonction respiratoire sera modifiée chez seulement 40 % des sujets, alors que 80 % réagiront par une inflammation des poumons. Nous savons que s'il y a une exposition, il y aura aussi une réaction plus ou moins intense à différentes concentrations. La question est de savoir combien de personnes seront exposées à la pollution de l'air lors d'une journée normale ou d'une période où l'on enregistre des concentrations élevées d'ozone. C'est là une question primordiale, car nous passons énormément de temps à l'extérieur. Un autre point important qui ressort assez nettement de la documentation à ce sujet concerne l'influence déterminante de l'activité physique sur les réactions recueillies par les études cliniques. Il est peu probable, cependant, que des gens fassent de l'exercice pendant six heures et demie une journée de forte concentration d'ozone, au point de réagir comme je l'ai décrit.

Mais le point primordial, sans vouloir diminuer l'importance des hausses occasionnelles des concentrations d'ozone, est probablement l'inquiétude que suscitent les effets à long terme des faibles concentrations d'ozone, ce que nous appelons exposition chronique à l'ozone. En d'autres mots, quels sont les effets à vie d'une concentration qui se maintient au-dessus de 82 ou autour de 94 parties par milliard pendant deux ou trois

semaines chaque année? Encore une fois, je répète à quel point il est difficile de mesurer l'exposition d'un individu, de créer une façon de calculer ou de quantifier l'exposition. Mais il est évident que si vous n'êtes pas en contact avec une substance, vous n'aurez pas de réaction. Donc, si vous êtes asthmatique et que vous restez à l'intérieur les jours de forte concentration d'ozone, il est peu probable que vous réagissiez à cette concentration d'ozone.

De la même façon, si vous êtes un adepte du conditionnement physique et que vous aimez courir entre deux heures et sept ou huit heures du soir, il se peut que, pendant les périodes de forte concentration d'ozone, vous en ressentiez les symptômes courants (sensation de crispation à la poitrine, toux rebelle ou fréquente), en particulier si vos exercices sont plutôt vigoureux. Une inflammation plus ou moins grave pourrait aussi apparaître, puis disparaître en l'espace d'une journée ou deux. Je précise de nouveau que même si vous n'êtes pas conscients de l'inflammation, c'est une réaction probable à l'ozone.

Il est important de réaliser qu'il y a effectivement des périodes où la concentration d'ozone est élevée et qu'elles peuvent durer quelques jours, surtout pendant l'été. Pendant ces périodes, la concentration d'ozone risque de dépasser l'objectif canadien de 82 parties par milliard en ce qui concerne la qualité de l'air. De plus, si vous pratiquez une activité physique à l'extérieur, vous courez naturellement des risques. Et c'est, à mon avis, le point essentiel à retenir : les personnes qui pratiquent une activité physique intense sont les plus portées à réagir à l'ozone, et cela peut se manifester par une réduction de la fonction respiratoire, ou encore une hausse des crises d'asthme ou des admissions à l'hôpital.

Rappelons-nous aussi que, même si les concentrations d'ozone sont élevées à un certain moment, ce ne sont pas nécessairement tous les asthmatiques ou toutes les personnes

qui pratiquent le jogging, un exercice quelconque ou une activité à l'extérieur qui seront affectées par la présence d'ozone dans l'air ambiant. Certaines personnes sont très sensibles à l'ozone, aux polluants et à d'autres produits chimiques et y réagissent de façon très intense. Elles doivent alors rester à l'intérieur ou trouver un environnement qui leur convient mieux; dans certains cas, il est nécessaire de consulter un professionnel de la santé ou un autre intervenant dans le domaine.

Il y a d'autres concepts de base dont j'aimerais vous parler brièvement. Il faut d'abord comprendre que l'idée de risque suppose qu'un événement se produira probablement ou se produira certainement. Prenons, par exemple, la plus récente tempête du siècle : si vous ne sortez pas pendant la tempête, vous ne risquez généralement pas de subir une blessure quelconque, à moins d'un événement imprévisible, d'une calamité qui s'abat sur votre région. Mais la tempête n'a pas de répercussions directes sur votre santé, puisque vous n'êtes pas exposés, vous n'êtes pas à l'extérieur en train de conduire votre voiture ou d'affronter les rafales de neige. C'est l'ampleur des répercussions qui détermine le niveau de risque. Autrement dit, si vous décidiez de sortir pendant la tempête pour une raison ou une autre, quel serait le niveau de danger? Si vous déterminez qu'il serait très dangereux de sortir, ce serait la même chose pour le niveau de risque.

Retournons maintenant à nos moutons, la pollution de l'air. On ne peut pas vraiment choisir l'air que l'on respire et notre exposition aux polluants est donc un phénomène relativement involontaire. Si vous décidez de sortir dehors et que l'air est pollué, vous serez obligatoirement exposés. Et si vous êtes sensibles aux polluants, vous aurez peut-être des réactions, selon les concentrations de polluants enregistrées. La question est de savoir dans

quelle mesure les polluants risquent d'avoir des effets néfastes sur votre santé et dans quelle mesure vous aurez conscience de ces effets. Le fait est que nous ne pouvons pas calculer les effets en ce moment et nous n'avons aucun modèle de probabilités qui peut s'appliquer d'un individu à l'autre. Quant aux populations, nous savons que certaines personnes seront affectées par la présence de «smog» ou par une exposition à l'ozone, mais nous ne pouvons déterminer ou prévoir quels individus précis seront vulnérables aux polluants.

L'ozone constitue essentiellement une substance toxique et très irritante, qui est présente dans l'air ambiant. Je crois qu'une exposition prolongée à des concentrations élevées d'ozone risque de produire divers symptômes et d'autres effets chez les gens. Mais quels gens? Difficile à dire. Nous avons des preuves que les asthmatiques ou les personnes ayant une maladie pulmonaire chronique, une maladie respiratoire ou des troubles cardio-respiratoires courent des risques plus élevés. Lorsque s'élève la concentration d'ozone ou la densité du «smog», nous constatons de plus en plus, chez une proportion importante de la population, la présence de symptômes ou d'effets néfastes pour la santé.

Il est à noter que mon exposé se fonde principalement sur nos informations sur l'ozone et que le «smog» est constitué d'une combinaison de polluants. Ces polluants interagissent entre eux et la concentration d'ozone, une substance très réactive, est influencée par les autres polluants et par divers facteurs. C'est donc l'ensemble de ce «cocktail» qui affectera un individu particulier pendant une période de forte concentration de polluants.

Pour terminer, je tiens à souligner de nouveau l'importance de la relation entre l'exposition et la réaction : si vous êtes exposés à des concentrations élevées de polluants pendant une période relativement prolongée, vous en ressentirez probablement les effets.