



# La distanciation sociale comme mesure de prévention de la grippe pandémique

David Z. Roth,<sup>1,2</sup> and Bonnie Henry,<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centre de contrôle des maladies de Colombie-Britannique;

<sup>2</sup>École de santé publique et de santé des populations, Université de Colombie-Britannique

*Les mesures de distanciation sociale minimisent la transmission de la grippe en réduisant les contacts entre les sujets sensibles et les personnes infectées. Elles comprennent des fermetures d'écoles, ainsi que la restriction des déplacements et des rassemblements de masse. Nous examinons ici la documentation récente afin d'évaluer l'efficacité de cette approche en tant que mesure de prévention des pandémies.*

## La distanciation sociale

Les mesures de distanciation sociale (DS) réduisent la transmission de la grippe en limitant la fréquence des contacts entre les sujets infectés et les personnes sensibles (1). Elles comprennent les fermetures d'écoles ou de lieux de travail, la restriction ou l'interdiction des rassemblements de masse, la restriction des déplacements, des mesures visant à réduire les contacts communautaires, et/ou les contrôles aux frontières. Ces approches non pharmaceutiques, également appelées mesures de santé publique, font actuellement partie des plans d'intervention contre les pandémies établis par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) des États-Unis, etc. (2) C'est probablement la mise en œuvre de ces mesures à grande échelle

## Points clés

- **Fermetures d'écoles** : Les simulations mathématiques prouvent que dans un environnement idéal, les fermetures d'écoles peuvent réduire la dissémination de la grippe. Ce que l'on sait moins, c'est si ces effets sont encore présents lorsque les hypothèses principales ne sont que partiellement confirmées. Selon les preuves empiriques recueillies lors de la dernière pandémie, les fermetures d'écoles semblent réduire la transmission au sein des communautés; en revanche, il n'existe que peu d'études qui comparent systématiquement la transmission au sein des communautés dans les zones où a eu lieu ou non une intervention. En outre, les fermetures d'écoles sont probablement inefficaces dans le cas de pandémies sévères ( $R_0$  élevé) et économiquement et socialement inacceptables lorsque celles-ci sont peu sévères ( $R_0$  faible). Par conséquent, les fermetures d'établissements scolaires proactives et de grande envergure ne sont sans doute pas une mesure de prévention efficace lors d'une pandémie de grippe.
- **Restrictions imposées aux déplacements et contrôle aux frontières** : Les restrictions rigoureuses applicables aux déplacements et le contrôle strict aux frontières peuvent retarder brièvement le déclenchement d'une pandémie imminente. Cependant, ces approches ne sont réalisables ni d'un point de vue économique, ni d'un point de vue social, sauf dans des circonstances exceptionnelles (p. ex. sur une petite île).
- **Restriction des rassemblements de masse** : Il n'existe pas de données récentes concernant l'efficacité de l'interdiction des rassemblements de masse. Même si de telles approches devraient, en toute logique, réduire la transmission de la grippe, dans la plupart des situations, et en particulier dans le cas de rassemblements religieux, elles ne sont pas socialement acceptables. Il faudrait plutôt consacrer les ressources disponibles à l'identification des cas et au traitement et à l'isolement des patients.



## Voici quelques-unes des principales questions qui restent encore sans réponse :

- Les fermetures d'écoles proactives sont-elles plus efficaces que les fermetures réactives?
- Combien de temps les établissements scolaires doivent-ils rester fermés, et quand peut-on les rouvrir sans danger?
- Existe-t-il un nombre minimal d'écoles à fermer pour réduire la transmission au sein d'une communauté?
- Quelle importance faut-il accorder aux pratiques d'hygiène dans le cadre scolaire?

qui a aidé à réduire les taux de mortalité au cours de l'épidémie de grippe de 1918-1919 (3, 4, 5) et à étouffer dans l'œuf l'éclosion de grippe pH1N1 au Mexique en 2009 (6). En outre, les mesures de DS constituent la seule intervention dont on peut garantir la disponibilité durant les premiers stades d'une nouvelle pandémie de grippe, c'est-à-dire avant la mise au point d'un vaccin (7, 8).

En dépit de l'importance accordée aux mesures de DS dans le cadre des plans de lutte contre les pandémies de grippe, on ne possède que peu de preuves de l'efficacité de ces interventions (9); la majeure partie des preuves de ce genre dont on peut faire état concernent essentiellement la grippe saisonnière, la modélisation de pandémies antérieures (1918, 1958, 1967) ou, plus récemment, la grippe aviaire H5N1. La pandémie de grippe pH1N1 qui est survenue en 2009 représente une occasion de réévaluer l'efficacité des approches de DS employées dans le cadre de plans d'intervention en cas de pandémie.

### Les fermetures d'écoles

#### *Contexte/justification*

Les mesures de prévention sont les plus efficaces lorsqu'elles ciblent ceux qui courent le plus grand risque de contracter une infection (8). Les enfants et les jeunes adultes ont été plus sévèrement touchés lors de la pandémie de grippe pH1N1 (10), et près de 20 % des cas de transmission ont eu lieu dans un contexte scolaire (11). On a constaté une corrélation entre les dates de rentrée scolaire et le moment où se produisaient des éclosions de grippe pH1N1 (12), et on a signalé que des éclosions se sont déclarées à partir d'écoles en France (13), en Angleterre (14, 15), à New-York (16, 17), au Canada (18) et en Chine (19). On estime que chaque enfant scolarisé infecté avait transmis le virus à 2,4 autres enfants (IC à 95 % : 1,8 à 3,2). Les fermetures d'écoles représentent donc une mesure susceptible de réduire la transmission de la grippe au début d'une épidémie, avant la création d'un vaccin et/ou la distribution d'antiviraux (7, 8).

### *Preuves : les études d'observation*

À Hong Kong, les fermetures d'écoles décrétées pour les enfants de moins de 13 ans ont entraîné une diminution du taux de reproduction ( $R_0$ )<sup>1</sup>, qui est passé de 1,7 à 1,5, pour finir par atteindre 1,1 après la fermeture de toutes les écoles pour l'été (20). Cette baisse du  $R_0$  a probablement été attribuable à une réduction du taux de transmission estimée à environ 70 % au sein de mêmes classes d'âge, elle-même liée aux fermetures d'écoles. Néanmoins, aucune série de données comparatives collectées dans des lieux où les écoles n'avaient pas été fermées n'a été présentée, et il est possible que les situations observées soient dues à des tendances séculaires. De plus, il semblerait que les fermetures d'écoles ordonnées au cours des hivers précédents à Hong Kong n'aient pas eu d'impact sur la transmission de la grippe saisonnière au sein de la collectivité (21).

À Osaka (Japon), les fermetures d'écoles imposées à l'échelle de la préfecture après qu'une centaine d'élèves sont tombés malades en mai 2009 s'est traduite par une baisse du nombre de cas nouvellement signalés de 30 le 17 mai à 0 le 25 mai (22). Seules 13 écoles ont signalé un nouveau cas isolé au cours de cette période. On estime que les fermetures d'écoles ont également contribué à endiguer la première éclosion de grippe pH1N1 signalée au Japon (23). La modélisation de ces données témoigne du fait que les fermetures d'écoles étaient efficaces lorsqu'elles étaient combinées à une prophylaxie post-exposition, ainsi qu'à un isolement à domicile, mais qu'elles ne faisaient que ralentir la transmission lorsqu'elles étaient employées seules, pour ne jouer alors qu'un rôle négligeable dans la réduction du nombre total de sujets infectés (23).

Un résumé publié portant sur la région de Dallas-Fort Worth et comparant les taux d'infection respiratoire aiguë (IRA)

<sup>1</sup>Nombre de cas secondaires causés par un seul cas de référence au sein d'une population sensible.

dans des collectivités où certaines écoles avaient fermé pendant 8 jours, tandis que d'autres étaient restées ouvertes, révèle des résultats préliminaires intéressants. Dans la collectivité où a eu lieu l'intervention, les chances de contracter une IRA au cours de la période de fermeture étaient 50 % plus faibles qu'avant la fermeture (OR = 0,50,  $p < 0,01$ ), tandis que dans la communauté où aucune intervention n'avait eu lieu, les chances avaient augmenté de 64 % au cours de la même période (OR = 1,64,  $p < 0,01$ ) (24).

Les fermetures d'écoles non motivées par la grippe sont également une source d'informations sur l'efficacité des mesures de distanciation sociale. En France, les taux d'infection par le virus de la grippe pandémique H1N1 ont diminué de 20 à 29 % pendant les périodes de vacances (sans qu'il y ait un impact observable sur les adultes), et on estime que les vacances entraînent une baisse de 16 à 18 % du nombre de cas de grippe saisonnière chez tous les individus (25). L'extrapolation à des fermetures d'écoles prolongées au cours d'une pandémie laisse penser qu'il est possible d'enregistrer une baisse de 13 à 17 % du nombre de cas cumulatifs dans la communauté, avec des taux d'attaque maximaux accusant un déclin de 39 à 45 % (47 à 52 % chez les enfants). Cependant, les profils de contact observés au cours des vacances diffèrent de ceux qui se manifestent à l'occasion de pandémies, de sorte qu'il importe d'évaluer de telles extrapolations avec prudence (25).

Des données provenant d'Israël sur les visites à l'hôpital indiquent que le rapport entre les diagnostics de syndrome grippal et les diagnostics d'infections non respiratoires a diminué plus rapidement deux semaines après une grève dans une école primaire de Macabi, pendant laquelle 80 % des enfants âgés de 6 à 12 ans sont restés chez eux (26). Ce déclin

était important tant chez les enfants d'âge scolaire que chez les adultes sans enfants. De plus, les taux de grippe ont connu un rebond après la fin de la grève, ce qui montre que les fermetures d'écoles réduisent la transmission au sein de la communauté (26, 27). Il convient de souligner que les enfants représentent 34 % de la population de Macabi, ce qui signifie que des études menées dans des lieux où la proportion d'enfants est moindre pourraient aboutir à des résultats différents (26).

En comparaison, aucune différence n'a été observée au niveau des taux d'absentéisme avant et après la survenue d'une grippe (un indicateur d'activité grippale) entre les écoles du comté de King (État de Washington) qui avaient accordé des vacances d'hiver à leur élèves pendant la période de pointe d'une éclosion de grippe et celles qui s'en étaient abstenues (28). Ces résultats étaient toujours valables dans le cadre d'une sous-analyse portant sur les écoles primaires uniquement. Cependant, la fermeture d'écoles mentionnée ici est sans doute survenue trop tardivement dans la saison grippale pour affecter les modes de transmission virale (28).

#### ***Preuves : simulations mathématiques***

Les simulations créées avant la pandémie de grippe pH1N1 indiquent que les fermetures d'écoles peuvent entraîner un déclin des taux d'attaque, mais que leur efficacité diminue à mesure que l'on tarde à les mettre en œuvre et que le  $R_0$  augmente; des études récentes viennent étayer ces résultats. Des simulations portant sur une éclosion de grippe pH1N1 entreprises dans une petite ville de l'Ontario ont démontré que des fermetures successives de garderies et d'écoles pendant 7 jours entraînent une diminution des taux d'attaque de 21,7 à 4,5 % en l'absence de vaccination, et que

les mesures de ce genre sont plus efficaces si elles sont mises en œuvre aux premiers stades d'une épidémie (30). Dans ce cas précis, la combinaison de fermetures précoces d'écoles et de vaccinations a permis d'empêcher la transmission, mais ces fermetures ne sont pas nécessaires si la population possède une immunité préexistante, ou si des vaccins sont distribués à un stade précoce de la pandémie (30).

Des simulations par agent<sup>2</sup> utilisant des données provenant de la Pennsylvanie montrent que les fermetures d'écoles de plus de 8 semaines peuvent retarder d'un maximum d'une semaine l'apparition du pic épidémique, ce qui permet de disposer de plus de temps pour distribuer des antiviraux et administrer des vaccins (31). Cependant, les fermetures d'écoles de moins de 8 semaines n'ont qu'une efficacité limitée, et celles qui durent moins de 2 semaines peuvent faire augmenter le niveau de gravité d'une éclosion. Il est intéressant de noter que ce modèle ne prédit pas de différence significative entre la fermeture de telle ou telle école lorsque des enfants malades s'y présentent, et les fermetures à l'échelle du système tout entier (31). De plus, et contrairement à ce qui a été constaté dans des travaux antérieurs, le moment choisi pour réaliser l'intervention n'a eu qu'un effet minime sur son efficacité (29, 30).

Des simulations portant sur la localité australienne d'Albany (30 000 habitants) montrent que des fermetures d'établissements scolaires de 2 semaines pourraient se traduire par une diminution de 19 % des taux d'attaque de la grippe, tandis que des fermetures de 4 semaines combinées à un traitement antiviral feraient tomber ces taux d'attaque de 32,5 à 9 % (32). Cependant, les fermetures d'écoles sont les plus efficaces dans le cas d'épidémies

<sup>2</sup>Méthode de simulation utilisée pour modéliser des systèmes dynamiques dans lesquels des « agents » sont programmés pour suivre des règles spécifiques. Ces simulations partent d'un nombre minimal d'hypothèses et permettent au système d'évoluer au fil du temps.

Tableau 1

## Résumé des travaux empiriques sur les interventions de distanciation sociale et sur leur impact sur la transmission de la grippe.\*

Mesure	Auteur	Intervention	Modèle	Lieu	Résultats
Fermetures d'écoles	Wu, J. 2010 (21)	Fermeture d'école de 2 semaines pour les enfants de moins de 13 ans, prolongée pendant tout l'été.	Modèle de transmission susceptible-infecté-immun structuré par rapport à l'âge	Hong Kong	Chute du $R_0$ de 1,7 à 1,5 lors d'une fermeture de 2 semaines. Le $R_0$ est tombé à 1,1 après fermeture complète en été.
	Ryosuke et al., 2009 (22)	Fermeture de 270 lycées/526 écoles secondaires de premier cycle dans la préfecture d'Osaka du 18 au 24 mai. Prescription d'antiviraux aux élèves infectés.	Évaluation de décomptes de cas simples	Préfecture d'Osaka, Japon	13 écoles n'ont signalé qu'un seul cas au cours de leur période de fermeture, contre plus de 100 cas déclarés dans une seule école avant la fermeture. Pas d'autres épidémies.
	Copeland et al., 2010 (24)	Fermeture d'école de 8 jours	Comparaison portant sur les infections respiratoires aiguës dans des écoles qui ont été fermées ou non	Dallas-Fort Worth	Pendant la fermeture, il y avait deux fois moins de risques de contracter une IVR dans la communauté où avait lieu l'intervention par rapport aux taux enregistrés avant la fermeture, tandis que ces risques ont augmenté de 64 % dans les communautés qui n'ont pas connu d'intervention
	Cauchemez et al., 2008 (25)	Vacances scolaires	Analyse combinée de données de surveillance et des périodes de vacances.	France	Les taux de pH1N1 ont diminué de 20 à 29 % pendant les vacances (pas de diminution chez les adultes).
	Heymann et al., 2009 (26)	Grève scolaire; 80 % des enfants âgés de 6 à 12 ans sont restés chez eux.	Régression du rapport entre les affections pseudo-grippales et les infections non respiratoires chez les enfants scolarisés, les membres de ménages comportant des enfants et tous les enfants de moins de 12 ans.	Israël	Diminution plus rapide du rapport entre les affections pseudogrippales (APG) et les affections non pseudogrippales 2 semaines après la grève. Rebond des taux de grippe après la grève.
	Rodriguez et al., 2009 (28)	Vacances d'hiver au cours de la période d'infection la plus élevée de la saison grippale	Comparaison des taux d'absentéisme avant et après l'éclosion	Comté de King, État de Washington	Pas de différence au niveau des taux d'absentéisme. Les résultats n'ont été confirmés que pour la sous-analyse portant sur les écoles primaires.

Suite à la page suivante.

Tableau 1

## Résumé des travaux empiriques sur les interventions de distanciation sociale et sur leur impact sur la transmission de la grippe.\*

Mesure	Auteur	Intervention	Modèle	Lieu	Résultats
Restrictions affectant les transports aériens	Hsu and Shih, 2010 (54)	Restrictions aux déplacements imposées aux 50 principaux aéroports. Restrictions appliquées à un maximum de 99 % des vols.	Modèles de transmission dynamiques	Monde entier	Retardent la survenue d'une pandémie de grippe de 1 à 3 semaines. Les restrictions appliquées à 99 % des transports aériens retardent la pandémie de 1 à 2 mois.
Dépistage à l'entrée	Cowling et al., 2009 (57)	Dépistage à l'entrée de voyageurs individuels	Examen de la politique de dépistage à l'entrée en lien avec le premier cas signalé	Pays multiples	Le dépistage à l'entrée peut retarder la transmission locale de 7 à 12 jours.
Contrôles aux frontières	Nishiura et al., 2009 (62)	Mise en quarantaine de voyageurs entrants pour une durée supérieure à 8,6 jours.	Modélisation des caractéristiques épidémiologiques de la grippe	Monde entier	Quarantaine efficace à 99 % pour ce qui est de la prévention de l'infection.

\* Ce tableau ne contient aucune mention des études de simulation en raison de leur complexité, qui empêche de les résumer facilement.

légères ( $R_0 = 1,5$ ), leur efficacité augmentant proportionnellement à la durée de fermeture (33). La diminution des taux d'attaque peut atteindre jusqu'à 15 % pour divers  $R_0$  lorsque l'on combine des fermetures d'écoles à l'administration d'antiviraux. Ces modèles sont en concordance avec les résultats obtenus antérieurement (31), qui laissent entendre que la fermeture de certaines écoles est plus pratique que celle de tous les établissements d'un même système, sachant que dans le premier cas, le succès de cette mesure dépend moins du choix du moment où elle est prise, et davantage du lieu et du moment où les cas surviennent.

Des simulations supplémentaires portant sur Albany tendent à confirmer l'efficacité

de l'utilisation concomitante de multiples mesures de distanciation sociale. Le recours aux fermetures d'écoles, à l'isolement des personnes symptomatiques à leur domicile, à la non-fréquentation du lieu de travail et à la réduction des contacts dans la communauté au sens large fait tomber les taux d'attaque de 33 à 10 % si ces mesures sont introduites dans les 6 premières semaines suivant le début d'une épidémie simulée avec un  $R_0$  égal à 1,5 (7). Les méthodes de prévention de ce type doivent être mises en œuvre à un stade plus précoce si la valeur de  $R_0$  est de 2,5, leur instauration à 2, 3 et 4 semaines se traduisant par des taux d'attaque finaux s'élevant respectivement à 7, 21 et 45 %. Si le  $R_0$  est supérieur à 3,5, toutes les mesures de prévention sont sans effet.

D'autres simulations indiquent qu'une combinaison de mesures de distanciation sociale applicables aux adultes et aux enfants, d'un traitement antiviral et d'une prophylaxie peuvent ramener le nombre total de cas dans la population de 35 à 10 % pour une épidémie de faible intensité ( $R_0 < 1,6$  et taux de létalité  $< 0,5$  %), alors que si seules la distanciation sociale et les fermetures d'écoles sont appliquées, il tombe de 35 à 22 % (1).

De strictes restrictions aux déplacements interdisant aux étudiants, aux enseignants et au personnel de quitter leurs établissements (*fengxiao*) constituent une autre option utilisée en Chine (34). Les résultats de simulations indiquent que de telles restrictions retardent l'apparition du pic épidémique si elles sont appliquées

précocement, mais qu'elles sont moins efficaces que les mesures locales mettant l'accent sur la quarantaine et l'hygiène. De plus, s'il n'est pas appliqué correctement, le *fengxiao* peut être à l'origine d'éclotions plus graves au sein d'une université (34).

Vu l'importance d'une mise en oeuvre précoce pour assurer l'efficacité des fermetures d'écoles, à laquelle viennent s'ajouter les coûts économiques de l'intervention, il faut prévoir des points de déclenchement pratiques pour orienter l'action des administrateurs scolaires et du personnel de santé publique. Une analyse rétrospective des données portant sur les fermetures d'écoles au Japon indique que des seuils d'absentéisme lié à la grippe qui s'élèvent à 5 % pendant un jour, à plus de 4 % pendant deux jours et à plus de 3 % pendant trois jours constituent des indicateurs optimaux pour alerter les administrateurs des écoles et les amener à envisager une fermeture (35). Cependant, l'utilisation de tels déclencheurs peut avoir pour conséquence de retarder la fermeture d'établissements scolaires à un point tel qu'elle interviendrait à un stade trop tardif dans le déroulement de la pandémie pour avoir un impact sur la transmission virale (27). Il faut également bien réfléchir au moment opportun pour rouvrir les écoles, car un second pic d'activité grippale peut survenir si on applique une telle mesure avant qu'un niveau suffisant d'immunité collective n'ait été atteint, ou avant que les élèves et la population générale n'aient été immunisés (27).

Les effets supposés des fermetures d'écoles sur les taux d'attaque varient probablement en raison de différences existant au niveau des hypothèses de modélisation formulées au sujet du moment opportun pour lancer l'intervention, du degré de contact ou de mélange en dehors du cadre scolaire, et de la durée de la fermeture de l'établissement (7, 36). Cependant, de manière générale, les résultats de la modélisation indiquent ce qui suit :

- il est peu probable que les ferme-

tures d'écoles de courte durée (< 2 semaines) constituent des moyens efficaces de réduire la transmission au sein de la communauté;

- plus les fermetures d'écoles sont appliquées tardivement, moins elles sont efficaces pour réduire la transmission;
- les fermetures d'écoles non combinées à d'autres interventions sont inefficaces dès lors que  $R_0 > 2,5$ ;
- l'utilisation concomitante de multiples mesures de distanciation sociale ou de mesures pharmaceutiques ou non pharmaceutiques a un impact plus fort que si l'une ou l'autre était mise en oeuvre de façon isolée [voir (37) pour un compte rendu];
- les fermetures d'écoles effectuées au cas par cas sont plus faciles à mettre en oeuvre que celles qui sont décrétées à l'échelle du système tout entier;
- les fermetures d'écoles n'interrompent pas la transmission, mais permettent probablement de disposer de plus de temps pour distribuer des antiviraux et administrer des vaccins.

#### Fermetures d'écoles et profils de contact

Les fermetures d'écoles ne sont utiles que si les contacts entre les élèves sont réduits, et de nombreux modèles supposent que les enfants n'ont que peu d'interactions en dehors du cadre scolaire (27). Cependant, les estimations issues de sondages relatives aux profils de contact au cours de fermetures d'écoles semblent indiquer que l'interaction entre les élèves se poursuit (38, 39, 40, 41). En Australie, lors de fermetures d'écoles, 74 % des élèves ont pris part à des activités en dehors du domicile familial, avec une moyenne de 3,7 activités de ce type par élève/semaine, y compris des rencontres sportives, des loisirs en plein air, des courses dans les magasins et des fêtes (38). En Pennsylvanie, au cours d'une fermeture d'école primaire d'une durée d'une semaine, les élèves ont passé 77 %

de leurs journées chez eux, mais 69 % d'entre eux se sont rendus à au moins un autre endroit (39). À Boston, au cours de vacances scolaires d'une semaine, les élèves ont interagi avec la communauté et avec d'autres élèves, les contacts étant plus fréquents parmi les élèves plus âgés (40). Dans 39 États américains, 56 % des parents ont répondu que leurs enfants avaient participé à au moins une activité impliquant des personnes extérieures au domicile au cours d'une fermeture d'école de 3 jours (41).

#### Conséquences économiques et sociales des fermetures d'écoles

La décision de fermer des écoles dépend non seulement de l'efficacité de l'intervention, mais elle doit également tenir compte des coûts sociaux et économiques. On estime que les fermetures d'écoles entraînent un absentéisme de 16 % chez la main-d'oeuvre globale au Royaume-Uni (42) et de 6 à 19 % (43), voire 21 % (27) chez les professionnels de la santé. Des sondages menés dans les Nouvelles Galles du Sud indiquent qu'il est possible que jusqu'à 37 % des membres du personnel de santé publique s'absentent du travail en raison de fermetures d'écoles (44). Un tel absentéisme est particulièrement problématique lors de pandémies, périodes pendant lesquelles les hôpitaux peuvent fonctionner à pleine capacité (27).

En raison de l'absentéisme qu'elles entraînent, les fermetures d'écoles sont plus coûteuses que les mesures pharmaceutiques, et ce en dépit des coûts initiaux plus élevés de ces dernières (1). Une pandémie de grippe pourrait causer un déclin de 0,5 à 2 % du PIB de certains pays, mais ces coûts pourraient doubler ou tripler si on leur ajoutait ceux générés par les fermetures d'écoles (45); les coûts associés seraient à nouveau multipliés par 2 si les fermetures d'écoles se prolongeaient pendant toute la durée de la vague de grippe (13 semaines), au

lieu de ne s'étendre que sur les 4 semaines coïncidant avec le pic épidémique (46). Aux États-Unis, une seule semaine de fermetures d'écoles pourrait coûter entre 10 et 47 milliards de dollars (0,1 à 0,3 % du PIB) (1), tandis qu'une fermeture de 26 semaines représenterait 6 % du PIB, soit un montant 14 à 21 fois supérieur à celui qui résulte de l'utilisation exclusive de moyens de prophylaxie antivirale ou de vaccins ciblés (47). Pour une communauté de 10 000 personnes, le coût total estimé d'une intervention combinant des mesures de distanciation sociale applicables aux adultes et aux enfants, des fermetures d'écoles et un traitement antiviral pourrait atteindre 12,4 millions de dollars, 74 % de ce montant résultant de l'absentéisme (1). Dans de telles circonstances, il ne vaut la peine de combiner des fermetures d'écoles à des interventions pharmaceutiques que dans le cas d'éclotions graves ( $R_0 > 2,0$ , taux de létalité de 1 %) (1).

Les fermetures d'écoles ont également des conséquences qui touchent les plus démunis de façon disproportionnée. Elles ont interrompu des programmes de restauration scolaire qui permettaient de nourrir 29 millions d'enfants américains en 2004 (9). Les fermetures d'écoles prolongées affectent également la continuité éducative, ce qui a un impact particulièrement négatif sur les enfants qui ont des difficultés d'apprentissage (9). D'une façon générale, ceux qui exercent un emploi faiblement rémunéré, dont beaucoup sont des parents célibataires, ne peuvent se permettre de travailler de chez eux ni de s'absenter de leur travail (48). Si un parent ne peut rester à la maison, les enfants de milieux défavorisés n'ont donc d'autre solution que de prendre soin d'eux-mêmes. Les situations dans lesquelles des enfants sont amenés à se prendre en charge sont associées à des comportements à haut risque tels que l'utilisation de drogues et la consommation d'alcool (9), et peuvent avoir des conséquences à long terme pour la société.

## Voyages, contrôles aux frontières et dépistage à l'entrée

Les déplacements de sujets infectés à l'intérieur d'un pays, ou d'un pays à un autre, particulièrement par avion, facilitent la propagation de la grippe des deux façons suivantes : 1) ils mettent les passagers en contact étroit les uns avec les autres pendant des périodes prolongées, et 2) ils augmentent la connectivité entre les populations. Récemment, des données moléculaires ont permis d'identifier une souche unique de virus chez six passagers se rendant des États-Unis à l'Europe, ce qui indique qu'une transmission s'était probablement produite au cours du vol

Les rassemblements de masse qui ont lieu dans des pays en développement ou mettent en cause des populations de nations défavorisées posent un problème tout particulier en raison du manque de ressources nécessaires pour la surveillance et le traitement.

(49). À Singapour, le quart des 116 cas-patients présentant une infection associée à un déplacement ont voyagé après le début de la maladie, et 15 % d'entre eux sont tombés malades en cours de voyage (50). Il semblerait que le risque de transmission pendant un vol dépende de la proximité (51, 49), ce qui explique pourquoi il est plus élevé en classe économique qu'en première classe (52). Cependant, aucune concentration de cas n'a été constatée pour 9 des 123 passagers atteints qui se rendaient en Chine (53).

La transmission de la grippe à l'échelle mondiale s'accélère fortement dès lors que le virus se propage aux 50 principaux aéroports internationaux, et il est possible que les stratégies consistant à y appliquer

des mesures de contrôle aident à endiguer le virus (54). Les restrictions imposées aux transports aériens internationaux pourraient retarder de 1 à 3 semaines le déclenchement des pandémies de grippe, tandis que celles frappant 99 % de ce trafic pourraient permettre de disposer de 1 à 2 mois de plus pour administrer le vaccin (55). Cependant, des restrictions aussi draconiennes ne sont pas réalisables d'un point de vue économique, et elles ne feraient probablement que retarder la transmission virale, sans avoir d'effet sur la morbidité globale (24, 56).

L'identification et la mise en quarantaine des sujets malades aux points d'entrée peuvent retarder l'apparition de la grippe dans certains pays. Les mesures de dépistage comprennent des vérifications de la température, des enquêtes exploitant les données recueillies dans le cadre des déclarations de santé, l'observation des passagers à l'arrivée afin de détecter la présence de symptômes, et/ou les balayages thermiques (57). Récemment, on a signalé la mise en œuvre de méthodes de dépistage novatrices qui permettent d'identifier rapidement les passagers malades en mesurant et analysant leurs rythmes cardiaque et respiratoire, ainsi que leur température faciale (58). Une analyse basée sur les dates auxquelles des cas de grippe pH1N1 ont été enregistrés pour la première fois par rapport aux résultats des politiques de dépistage à l'entrée montre que ces dernières peuvent retarder la dissémination locale de 7 à 12 jours (57). Cependant, des simulations entreprises au Japon laissent entendre que la détection à la frontière et la mise en quarantaine n'avaient qu'une efficacité limitée, étant donné que le cas initial n'avait été détecté qu'après l'entrée de plus de 100 cas dans le pays (59).

En général, les contrôles aux frontières n'ont qu'une efficacité limitée dans les grands pays dont les frontières sont poreuses. Compte tenu de l'ampleur actuellement atteinte par les transports

aériens, des taux de détection irréalistes seraient nécessaires pour retarder ou limiter la transmission (60, 61). Cependant, il se pourrait que de tels contrôles soient efficaces dans le cas de petites îles ne recevant qu'un nombre limité de voyageurs, où la mise en quarantaine des visiteurs de l'extérieur pendant au moins 8,6 jours pourrait présenter une efficacité de 99 % en empêchant l'introduction de sujets infectés au sein de la communauté (62). Néanmoins, peu de nations insulaires pourraient adopter de telles mesures isolément (63).

Cependant, vu l'importance des voyages par avion dans la transmission de la grippe, on peut en déduire que l'analyse de données sur ce secteur d'activité peut aider à prévoir les régions susceptibles d'être des points chauds pour les maladies infectieuses (64). Le niveau de sensibilisation à la menace présentée par les maladies infectieuses à l'échelle mondiale pourrait être amélioré en recourant à des systèmes en ligne de surveillance des maladies en temps réel, combinant des informations portant sur les tendances mondiales suivies par les transports aériens commerciaux à des flux RSS permettant le suivi des nouvelles diffusées par les médias afin d'en dégager des références sur la façon dont ces affections touchent des villes d'origine identifiées comme constituant le lieu d'origine d'un nombre élevé de cas (65).

### Rassemblements de masse

Les rassemblements de masse sont des manifestations qui attirent suffisamment de participants pour « mettre à rude épreuve capacités de planification et d'intervention de la communauté, de la ville ou de la nation qui accueille l'événement » (66). On peut citer, à titre d'exemple, les rencontres sportives, les concerts, les Journées mondiales de la jeunesse et le pèlerinage du Hadj. Les rassemblements de masse mettent en contact des participants et des souches

grippales provenant de lieux divers; en Australie seulement, six souches virales ont été détectées à l'occasion des Journées mondiales de la jeunesse qui ont eu lieu en 2008 (67). Un lien a été établi entre l'interdiction des rassemblements publics, une réduction de la mortalité et l'allongement du délai s'écoulant avant que la mortalité atteigne son point culminant au cours de la pandémie de grippe de 1918 (4, 68). Cependant, les gouvernements nationaux ne recommandent généralement pas leur interdiction s'il ne s'agit que d'une légère épidémie de grippe en raison des perturbations sociales qu'une telle mesure pourrait entraîner.

Les principes utilisés pour réduire la transmission de la grippe saisonnière restent en général valables pour les rassemblements de masse, ce qui n'empêche qu'une coopération et une coordination plus poussées entre les organismes de santé publique est nécessaire pour optimiser la mise en œuvre des efforts de prévention (69). Quant à la planification, elle devrait se concentrer sur la détection et le suivi (dépistage, surveillance, tests de laboratoire, analyse épidémiologique), la réduction de la transmission de l'infection (contrôle de l'infection), la prise en charge et le traitement des personnes infectées, et la dissémination de messages de santé publique appropriés (69, 70). Il faut également songer à la planification d'urgence, à la capacité d'intervention, au recrutement, à l'aménagement de zones de quarantaine/d'isolement, et aux matériels de détection et de prévention (71). Dans de nombreux rassemblements de masse, la densité des individus rend impossibles les approches axées sur la distanciation sociale; c'est pourquoi le port de masques, le respect de l'étiquette de la toux et le lavage des mains devraient être vivement encouragés et se prêter à une mise en œuvre facile (72).

Le H1N1 pandémie a été détecté lors des Jeux asiatiques de la jeunesse à

Singapour (71), d'un festival de musique et d'une rencontre sportive internationale en Serbie (73), et d'un festival de musique en Belgique (74). À Singapour, on a eu recours à des vérifications fréquentes de la température pour détecter les cas, tandis que les stratégies serbe et belge se sont concentrées sur l'auto-identification, facilitée par l'utilisation d'affiches contenant des informations sur les signes et symptômes, sur la communication avec le grand public, sur la sensibilisation du personnel médical et sur le déploiement, en Serbie, d'équipes épidémiologiques mobiles disponibles 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. L'isolement individuel de cas identifiés a été employé à Singapour (71), mais non en Serbie ni en Belgique, où on a plutôt recommandé l'auto-isolement (73, 74). Dans les situations décrites ci-dessus, tous les cas identifiés ont reçu un traitement antiviral.

Les rassemblements de masse qui ont lieu dans des pays en développement ou mettent en cause des populations de nations défavorisées posent un problème tout particulier en raison du manque de ressources nécessaires pour la surveillance et le traitement. Le Hadj, le pèlerinage musulman annuel à la Mecque, représente l'un des rassemblements de masse les plus importants au monde. En 2008, 2,5 millions de pèlerins venus de 140 pays ont convergé vers la Mecque; 11,3 % d'entre eux venaient de pays à faible revenu dont la capacité à fournir des vaccins antigrippaux était limitée (75). Lors du Hadj de 1999, l'incidence d'affections pseudogrippales évitables par la vaccination chez 2 070 pèlerins pakistanais était de 22/100 (76), alors que les taux d'attaque de la grippe chez 115 participants au Hadj de 2003 s'élevaient à 38 % lors de leur retour à Londres (77). Memish et al. (70) ont élaboré un compte rendu des recommandations destinées à améliorer la préparation en matière de santé publique pendant le Hadj, l'un des principaux conseils fournis consistant à demander aux pèlerins présentant des facteurs de



risque de rester chez eux. Les résultats des sondages indiquent cependant qu'il y n'y a que peu de chances que les pèlerins européens suivent ces recommandations (78). L'ampleur d'un tel événement et les taux d'attaque élevés qui peuvent en découler, associés à la faisabilité limitée des mesures de distanciation sociale dans de telles circonstances, soulignent la nécessité d'un soutien de la vaccination au niveau international (72).

### Priorités en matière de recherche

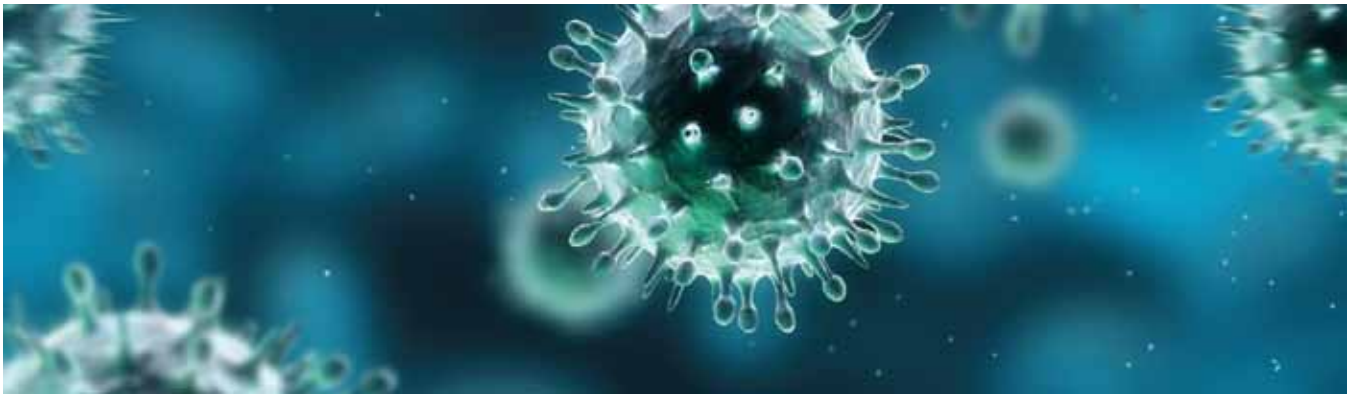
Le manque actuel de preuves empiriques tangibles résulte à la fois de la rareté des pandémies de grippe et de la difficulté de mettre en œuvre des modèles d'études épidémiologiques robustes à l'échelle des communautés. Les études de simulation sont certes utiles, mais les priorités en matière de recherche devraient porter essentiellement sur l'organisation d'études épidémiologiques bien conçues (comprenant, dans l'idéal, des groupes témoins) dans un contexte communautaire. Des informations pratiques sur la manière de mettre efficacement en œuvre des mesures de distanciation sociale, en particulier des fermetures d'écoles, sont nécessaires pour orienter l'action des organismes de santé publique, des agences gouvernementales et des personnels scolaires lors d'une pandémie ou de toute autre éclosion de maladie infectieuse.

### Références

1. D.J. Perloth, R.J. Glass, V.J. Davey, D. Cannon, A.M. Garber, and D.K. Owens. Health Outcomes and Costs of Community Mitigation Strategies for an Influenza Pandemic in the United States. *Clinical Infectious Diseases*, 50(2):165–174, 2010.
2. Centre for Disease Control and Prevention. Community strategy for pandemic influenza mitigation. <http://pandemicflu.gov/professional/community/commitigation.html>, 2010.
3. Martin C. J. Bootsma and Neil M. Ferguson. The effect of public health measures on the 1918 influenza pandemic in U.S. cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(18):7588–7593, May 2007.
4. H. Markel, H.B. Lipman, J.A. Navarro, A. Sloan, J.R. Michalsen, A.M. Stern, and M.S. Cetron. Non-pharmaceutical interventions implemented by US cities during the 1918-1919 influenza pandemic. *JAMA*, 298(6):644–654, 2007.
5. N. Tomes. "Destroyer and Teacher": Managing the Masses During the 1918–1919 Influenza Pandemic. *Public Health Reports*, 125(Suppl 3):48–62, 2010.
6. C. Franco-Paredes, P. Carrasco, and J.I.S. Preciado. The first influenza pandemic in the new millennium: lessons learned hitherto for current control efforts and overall pandemic preparedness. *Journal of Immune Based Therapies and Vaccines*, 7(1):2, 2009.
7. Joel K Kelso, George J Milne, and Heath Kelly. Simulation suggests that rapid activation of social distancing can arrest epidemic development due to a novel strain of influenza. *BMC Public Health*, 9:117–117, 2009. PMID: 19400970 PMCID: 2680828.
8. Jacco Wallinga, Michiel van Boven, and Marc Lipsitch. Optimizing infectious disease interventions during an emerging epidemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(2):923–928, January 2010. PMID: 20080777.
9. Benjamin E Berkman. Mitigating pandemic influenza: the ethics of implementing a school closure policy. *Journal of Public Health Management and Practice: JPHMP*, 14(4):372–378, August 2008. PMID: 18552649.
10. Marc P Girard, John S Tam, Olga M Assossou, and Marie Paule Kieny. The 2009 a (H1N1) influenza virus pandemic: A review. *Vaccine*, 28(31):4895–4902, July 2010. PMID: 20553769.
11. Yang Yang, Jonathan D. Sugimoto, M. Elizabeth Halloran, Nicole E. Basta, Dennis L. Chao, Laura Matrajt, Gail Potter, Eben Kenah, and Ira M. Longini. The transmissibility and control of pandemic influenza a (H1N1) virus. *Science*, 326(5953):729–733, October 2009.
12. Dennis L Chao, M Elizabeth Halloran, and Ira M Longini. School opening dates predict pandemic influenza A(H1N1) outbreaks in the United States. *The Journal of Infectious Diseases*, 202(6):877–880, September 2010. PMID: 20704486.
13. P. Carrillo-Santisteve, S. Renard-Dubois, G. Cheron, M. Csaszar-Goutchkoff, M. Lecuit, O. Lortholary, and P. Bello. 2009 pandemic influenza A (H1N1) outbreak in a complex of schools in Paris, France, June 2009. *Eurosurveillance: bulletin européen sur les maladies transmissibles= European communicable disease bulletin*, 15(25), 2010.
14. I. Kar-Purkayastha, C. Ingram, H. Maguire, and A. Roche. The importance of school and social activities in the transmission of influenza A (H1N1) v: England, April-June 2009. *Eurosurveillance: bulletin européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*, 14(33), 2009.
15. L Calatayud, S Kurkela, P E Neave, A Brock, S Perkins, M Zuckerman, M Sudhanva, A Bermingham, J Ellis, R Pebody, M Catchpole, R Heathcock, and H Maguire. Pandemic (H1N1) 2009 virus outbreak in a school in London, April-May 2009: an observational study. *Epidemiology and Infection*, 138(2):183–191, February 2010. PMID: 19925691.
16. Justin Lessler, Nicholas G Reich, Derek AT Cummings, H P Nair, HT Jordan, and N Thompson. Outbreak of 2009 pandemic influenza A (H1N1) at a New York City school. *The New England Journal of Medicine*, 361(27):2628–2636, December 2009. PMID: 20042754.
17. Anne Marie France, Michael Jackson, Stephanie Schrag, Michael Lynch, Christopher Zimmerman, Matthew Biggerstaff, and James Hadler. Household transmission of 2009 influenza A (H1N1) virus after a school-based outbreak in New York

- City, April-May 2009. *The Journal of Infectious Diseases*, 201(7):984–992, April 2010. PMID: 20187740.
18. Jennifer Cutler, Emily Schleihauf, Todd F. Hatchette, Bev Billard, Gaynor Watson-Creed, Ross Davidson, Yan Li, Nathalie Bastien, Shelly Sarwal, and the Nova Scotia Human Swine Influenza Investigation Team. Investigation of the first cases of human-to-human infection with the new swine-origin influenza A (H1N1) virus in Canada. *CMAJ*, 181(3-4):159–163, August 2009.
  19. Yang Huai, Jinyan Lin, Jay K. Varma, Zhibin Peng, Jianfeng He, Chen Cheng, Haojie Zhong, Yuansheng Chen, Yingdong Zheng, Yuan Luo, Wenjia Liang, Xiaoling Wu, Zhenyu Huang, Jeffrey McFarland, Zijian Feng, Timothy M. Uyeki, and Hongjie Yu. Original Article: A primary school outbreak of pandemic 2009 influenza A (H1N1) in China. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 4(5):259–266, 2010.
  20. Joseph T. Wu. School Closure and Mitigation of Pandemic (H1N1) 2009, Hong Kong. *Emerging Infectious Diseases*, 16(3):538–541, 2010.
  21. Benjamin J. Cowling. Effects of School Closures, 2008 Winter Influenza Season, Hong Kong. *Emerging Infectious Diseases*, 14(10):1660–1662, 2008.
  22. Ryosuke Kawaguchi, Masaya Miyazono, Tetsuro Noda, Yoshihiro Takayama, Yasunori Sasai, and Hiroyasu Iso. Influenza (H1N1) 2009 outbreak and school closure, Osaka Prefecture, Japan. *Emerging Infectious Diseases*, 15(10):1685, October 2009. PMID: 19861075.
  23. H Yasuda and K Suzuki. Measures against transmission of pandemic H1N1 influenza in Japan in 2009: simulation model. *Euro Surveillance: Bulletin European Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin*, 14(44), 2009. PMID: 19941778.
  24. D Copeland, A Kurian, W Chung, R Basurto-Davila, D Fishbein, H Lipman, I McCullum, P Szymanowski, J Zipprich, and F Averhoff. Effectiveness of a school closure intervention for 2009 pandemic influenza a (h1n1) in two communities. In *International Conference on Emerging Infectious Diseases*, page 186, 2010.
  25. S. Cauchemez, A.J. Valleron, P.Y. Boelle, A. Flahault, and N.M. Ferguson. Estimating the impact of school closure on influenza transmission from Sentinel data. *Nature*, 452(7188):750–754, 2008.
  26. A D Heymann, I Hoch, L Valinsky, E Kokia, and D M Steinberg. School closure may be effective in reducing transmission of respiratory viruses in the community. *Epidemiology and Infection*, 137(10):1369–1376, October 2009. PMID: 19351434.
  27. Simon Cauchemez, Neil M Ferguson, Claude Wachtel, Anders Tegnell, Guillaume Saour, Ben Duncan, and Angus Nicoll. Closure of schools during an influenza pandemic. *The Lancet Infectious Diseases*, 9(8):473–481, August 2009. PMID: 19628172.
  28. Carla V Rodriguez, Krista Rietberg, Atar Baer, Tao Kwan-Gett, and Jeffrey Duchin. Association between school closure and subsequent absenteeism during a seasonal influenza epidemic. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 20(6):787–792, November 2009. PMID: 19770773.
  29. Kathryn Glass and Belinda Barnes. How much would closing schools reduce transmission during an influenza pandemic? *Epidemiology*, 18(5):623–628, 2007.
  30. M. Z. Gojovic, B. Sander, D. Fisman, M. D. Krahn, and C. T. Bauch. Modelling mitigation strategies for pandemic (H1N1) 2009. *Canadian Medical Association Journal*, 181(10):673–680, 2009.
  31. Bruce Y Lee, Shawn T Brown, Philip Cooley, Maggie A Potter, William D Wheaton, Ronald E Voorhees, Samuel Stebbins, John J Grefenstette, Shanta M Zimmer, Richard K Zimmerman, Tina-Marie Assi, Rachel R Bailey, Diane K Wagener, and Donald S Burke. Simulating school closure strategies to mitigate an influenza epidemic. *Journal of Public Health Management and Practice: JPHMP*, 16(3):252–261, June 2010. PMID: 20035236.
  32. Nilimesh Halder, Joel K Kelso, and George J Milne. Analysis of the effectiveness of interventions used during the 2009 A/H1N1 influenza pandemic. *BMC Public Health*, 10:168–168, 2010. PMID: 20346187 PMID: 2853510.
  33. Nilimesh Halder, Joel Kelso, and George Milne. Developing guidelines for school closure interventions to be used during a future influenza pandemic. *BMC Infectious Diseases*, 10(1):221, 2010.
  34. Sanyi Tang, Yanni Xiao, Youping Yang, Yicang Zhou, Jianhong Wu, and Zhien Ma. Community-Based Measures for Mitigating the 2009 H1N1 Pandemic in China. *PLoS ONE*, 5(6):e10911, June 2010.
  35. A. Sasaki, A. Gatewood, H.S. Al Ozonoff, N. Tanabe, N. Seki, R. Saito, and J.S. Brownstein. Evidence-based Tool for Triggering School Closures during Influenza Outbreaks, Japan. *Emerging Infectious Diseases*, 15(11):1841–1843, 2009.
  36. George J. Milne, Joel K. Kelso, Heath A. Kelly, Simon T. Huband, and Jodie McVernon. A small community model for the transmission of infectious diseases: Comparison of school closure as an intervention in Individual-Based models of an influenza pandemic. *PLoS ONE*, 3(12):e4005, December 2008.
  37. Vernon J Lee, David C Lye, and Annelies Wilder-Smith. Combination strategies for pandemic influenza response - a systematic review of mathematical modeling studies. *BMC Medicine*, 7:76, 2009. PMID: 20003249.
  38. Paul V Effler, Dale Carcione, Carolien Giele, Gary K Dowse, Leigh Goggin, and Donna B Mak. Household responses to pandemic (H1N1) 2009-related school closures, Perth, Western Australia. *Emerging Infectious Diseases*, 16(2):205–211, February 2010. PMID: 20113548.
  39. T.L. Gift, R.S. Palekar, S.V. Sodha, C.K. Kent, R.P. Fagan, W.R. Archer, P.J. Edelson, T. Marchbanks, A. Bhattarai, D. Swerdlow, et al. Household effects of school closure during pandemic (H1N1) 2009, Pennsylvania, USA. *Emerging Infectious Diseases*, 16(8):1315–1317, 2010.
  40. J.C. Miller, L. Danon, J.J. O'Hagan, E. Goldstein, M. Lajous, and M. Lipsitch. Student Behavior during a School Closure Caused by Pandemic Influenza A/H1N1. *PLoS ONE*, 5(5), 2010.
  41. GK Steelfisher and MM Bekheit and N Liddon and E Kahn and R Shieber and K Lubell. Parental Attitudes and Experiences During School Dismissals Related to 2009 Influenza A (H1N1) — United States, 2009. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 59(35):1131–1134, September 2010.
  42. M.Z. Sadique, E.J. Adams, and W.J. Edmunds. Estimating the costs of school closure for mitigating an influenza pandemic. *BMC Public*

- Health, 8(1):135, 2008.
43. H. Lempel, J.M. Epstein, and R.A. Hammond. Economic Cost and Health Care Workforce Effects of School Closures in the US. *PLOS Cuffents*, 1(RRN1051), 2009.
  44. Craig B Dalton, David N Durrheim, and Michael A Conroy. Likely impact of school and childcare closures on public health workforce during an influenza pandemic: a survey. *Communicable Diseases Intelligence*, 32(2):261–262, June 2008. PMID: 18767427.
  45. Marcus Richard Keogh-Brown, Richard D Smith, John W Edmunds, and Philippe Beutels. The macroeconomic impact of pandemic influenza: estimates from models of the United Kingdom, France, Belgium and The Netherlands. *The European Journal of Health Economics: HEPAC: Health Economics in Prevention and Care*, December 2009. PMID: 19997956.
  46. Marcus R. Keogh-Brown, Simon Wren-Lewis, W. John Edmunds, Philippe Beutels, and Richard D. Smith. The possible macroeconomic impact on the UK of an influenza pandemic. *Health Economics*, 19(11):1345–1360, 2010.
  47. Beate Sander, Azhar Nizam, Louis P. Garrison, Maarten J. Postma, M. Elizabeth Halloran, and Ira M. Longini. Economic Evaluation of Influenza Pandemic Mitigation Strategies in the United States Using a Stochastic Microsimulation Transmission Model. *Value in Health*, 12(2):226–233, 2009.
  48. Philip Blumenshine, Arthur Reingold, Susan Egerter, Robin Mockenhaupt, Paula Braveman, and James Marks. Pandemic Influenza Planning in the United States from a Health Disparities Perspective. *Emerging Infectious Diseases*, 14(5):709–715, May 2008. PMID: 18439350 PMID: 2600245.
  49. P.L. Ooi, F.Y.L. Lai, C.L. Low, R. Lin, C. Wong, M. Hibberd, and P.A. Tambyah. Clinical and Molecular Evidence for Transmission of Novel Influenza A (H1N1/2009) on a Commercial Airplane. *Archives of internal medicine*, 170(10):913–915, 2010.
  50. P. Mukherjee, P.L. Lim, A. Chow, T. Barkham, E. Seow, M.K. Win, A. Chua, Y.S. Leo, and M.I.C. Chen. Epidemiology of travel-associated pandemic (H1N1) 2009 infection in 116 patients, Singapore. *Emerging Infectious Diseases*, 16(1):21–26, 2010.
  51. M. G. Baker, C. N. Thornley, C. Mills, S. Roberts, S. Perera, J. Peters, A. Kelso, I. Barr, and N. Wilson. Transmission of pandemic A/H1N1 2009 influenza on passenger aircraft: retrospective cohort study. *BMJ*, 340:c2424, 2010.
  52. Bradley Wagner, Brian Coburn, and Sally Blower. Calculating the potential for within-flight transmission of influenza a (H1N1). *BMC Medicine*, 7(1): 81, 2009.
  53. M Liu. Outbreak of pandemic H1N1 influenza in an international aircraft, Fujian, China, May 2009. In 2010 International Conference on Emerging Infectious Diseases, page 132, 2010.
  54. Chaug-Ing Hsu and Hsien-Hung Shih. Transmission and control of an emerging influenza pandemic in a small-world airline network. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1):93–100, January 2010.
  55. Marta Luisa Ciofi degli Atti, Stefano Merler, Caterina Rizzo, Marco Ajelli, Marco Massari, Piero Manfredi, Cesare Furlanello, Gianpaolo Scalia Tomba, and Mimmo Iannelli. Mitigation measures for pandemic influenza in italy: An individual based model considering different scenarios. *PLoS ONE*, 3(3), 2008. PMID: 18335060 PMID: 2258437.
  56. Pascal Crepey and Marc Barthelemy. Detecting Robust Patterns in the Spread of Epidemics: A Case Study of Influenza in the United States and France. *American Journal of Epidemiology*, 166(11):1244–1251, December 2007.
  57. Benjamin Cowling, Lincoln Lau, Peng Wu, Helen Wong, Vicky Fang, Steven Riley, and Hiroshi Nishiura. Entry screening to delay local transmission of 2009 pandemic influenza A (H1N1). *BMC Infectious Diseases*, 10(1):82, 2010.
  58. Takemi Matsui, Yukiya Hakozaiki, Satoshi Suzuki, Takahiro Usui, Takehito Kato, Kousuke Hasegawa, Youhei Sugiyama, Masami Sugamata, and Shigeto Abe. A novel screening method for influenza patients using a newly developed non-contact screening system. *Journal of Infection*, 60(4):271–277, April 2010.
  59. H. Sato, H. Nakada, R. Yamaguchi, S. Imoto, S. Miyano, and M. Kami. When should we intervene to control the 2009 influenza A (H1N1) pandemic? *Eurosurveillance: Bulletin européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*, 15(1), 2010.
  60. N.M. Ferguson, D.A.T. Cummings, C. Fraser, J.C. Cajka, P.C. Cooley, and D.S. Burke. Strategies for mitigating an influenza pandemic. *Nature*, 442(7101):448–452, 2006.
  61. JG Wood, N. Zamani, CR MacIntyre, and NG Beckert. Effects of internal border control on spread of pandemic influenza. *Emerging infectious diseases*, 13(7):1038–1045, 2007.
  62. H. Nishiura, N. Wilson, and M.G. Baker. Quarantine for pandemic influenza control at the borders of small island nations. *BMC Infectious Diseases*, 9(1):27, 2009.
  63. Martin Eichner, Markus Schwehm, Nick Wilson, and Michael Baker. Small islands and pandemic influenza: Potential benefits and limitations of travel volume reduction as a border control measure. *BMC Infectious Diseases*, 9(1):160, 2009.
  64. Kamran Khan, Julien Arino, Wei Hu, Paulo Raposo, Jennifer Sears, Felipe Calderon, Christine Heidebrecht, Michael Macdonald, Jessica Liauw, Angie Chan, and Michael Gardam. Spread of a novel influenza a (H1N1) virus via global airline transportation. *The New England Journal Of Medicine*, 361(2):212–214, July 2009.
  65. K. Khan, C. C. Freifeld, J. Wang, S. R. Mekaru, D. Kossowsky, A. L. Sonricker, W. Hu, J. Sears, A. Chan, and J. S. Brownstein. Preparing for infectious disease threats at mass gatherings: the case of the Vancouver 2010 Olympic Winter Games. *Canadian Medical Association Journal*, 182(6):579–583, 2010.
  66. Organisation mondiale de la Santé. Communicable disease alert and response for mass gatherings. [http://www.who.int/csr/mass\\_gathering/en/index.html](http://www.who.int/csr/mass_gathering/en/index.html), Juin 2008.
  67. Christopher C. Blyth. Influenza Outbreaks during World Youth Day 2008 Mass Gathering. *Emerging Infectious Diseases*, 16(5):809–815, 2010.
  68. Richard J. Hatchett, Carter E. Mecher, and Marc Lipsitch. Public health interventions and epidemic intensity during the 1918 influenza pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(18):7582–7587, May 2007.
  69. Interim planning considerations for mass gatherins in the context of pandemic (h1n1) 2009 influenza. Technical report, Organisation mon-



- diale de la Santé, Novembre 2009.
70. ZA Memish, SJN McNabb, F. Mahoney, F. Alrabiah, N. Marano, QA Ahmed, J. Mahjour, RA Hajjeh, P. Formenty, FH Harmanci, et al. Establishment of public health security in Saudi Arabia for the 2009 hajj in response to pandemic influenza A H1N1. *The Lancet*, 374(9703):1786–1791, 2009.
  71. Hoon Chin Lim, Jeffery Cutter, Weng Kee Lim, Adrian Ee, Yoong Cheong Wong, and Boon Keng Tay. The influenza A (H1N1-2009) experience at the inaugural Asian Youth Games Singapore 2009: mass gathering during a developing pandemic. *British Journal of Sports Medicine*, 44(7):528–532, June 2010.
  72. Shahul H. Ebrahim, Ziad A. Memish, Timothy M. Uyeki, Tawfik A. M. Khoja, Nina Marano, and Scott J. N. McNabb. Pandemic H1N1 and the 2009 Hajj. *Science*, 326(5955):938–940, November 2009.
  73. G Loncarevic, L Payne, P Kon, V Petrovic, D Dimitrijevic, T Knezevic, S Medi'c,c, N Milic, J Nedeljkovi'K Seke, and D Coulombier. Public health preparedness for two mass gathering events in the context of pandemic influenza (H1N1) 2009–Serbia, July 2009. *Eurosurveillance* : Bulletin européen sur les maladies transmissibles = European Communicable Disease Bulletin, 14(31), August 2009. PMID: 19660246.
  74. I Gutierrez, A Litzroth, S Hammadi, H Van Oyen, C Gerard, E Robesyn, J Bots, M T Faidherbe, and F Wuillaume. Community transmission of influenza A (H1N1)v virus at a rock festival in Belgium, 2-5 July 2009. *Euro Surveillance: Bulletin Européen Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin*, 14(31), August 2009. PMID: 19660245.
  75. K. Khan, Z.A. Memish, A. Chhabra, J. Liauw, W. Hu, D.A. Janes, J. Sears, J. Arino, M. Macdonald, F. Calderon, et al. Global public health implications of a mass gathering in Mecca, Saudi Arabia during the midst of an influenza pandemic. *Journal of travel medicine*, 17(2):75–81, 2010.
  76. H. Qureshi, B.D. Gessner, D. Leboulleux, H. Hasan, S.E. Alam, and L.H. Moulton. The incidence of vaccine preventable influenza-like illness and medication use among Pakistani pilgrims to the Haj in Saudi Arabia. *Vaccine*, 18(26):2956–2962, 2000.
  77. Haitham El Bashir, Elizabeth Haworth, Maria Zambon, Shuja Shafi, Jane Zuckerman, and Robert Booy. Influenza among U.K. pilgrims to Hajj, 2003. *Emerging Infectious Diseases*, 10(10): 1882–1883, October 2004. PMID: 15515248.
  78. P. Gautret, P. Parola, and P. Brouqui. Risk factors for H1N1 influenza complications in 2009 Hajj pilgrims. *Lancet*, 375(9710):199–200, 2010.
  79. Document d'orientation en matière de santé publique à l'intention des établissements postsecondaires et des pensionnats au sujet de la prévention et de la gestion des syndromes grippaux (SG) y compris le virus de la grippe pandémique (H1N1) de 2009. <http://www.phac-aspc.gc.ca/alert-alerte/h1n1/hp-ps/psili-eng.php>. Site consulté le 30 janvier 2011.



National Collaborating Centre  
for Infectious Diseases

Centre de collaboration nationale  
des maladies infectieuses

413-445 AVENUE ELLICE, WINNIPEG, MB R3B 3P5

204.943.0051

NCCID@ICID.COM

WWW.CCNMI.CA

La production du présent document a été rendue possible grâce à la contribution financière de l'Agence de la santé publique du Canada. Les opinions qui y sont exprimées ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'Agence de la santé publique du Canada.