

**17<sup>ème</sup> JOURNEE**  
du Club Mont-Blanc Coeur et Sport

Vendredi  
3 Octobre 2025

**CHAMONIX**

Quels éléments  
influencent les  
stress  
cardiovasculaires  
dans le ski alpin ?

Dr Clémentine  
BALAYN (Annecy)

An aerial photograph of a snowy mountain slope with several skiers. The skiers are scattered across the slope, some in the foreground and some further up. The snow is bright white, and the skiers are wearing various colored gear. The image is partially cut off by the right edge of the slide.

# Introduction

---

- **40 millions de touristes par** dans les Alpes
- **11,2 % des skieurs** présentaient au moins une maladie cardiovasculaire (HTA, maladie coronarienne, arythmie)
- Registre autrichien couvrant 5 ans (de 2004-2005 à 2009-2010):
  - 207 décès liés à la pratique du ski alpin ont été enregistrés
  - Incidence globale de 0,79 décès par million de skieurs et par jour.
  - **Parmi ces événements, 52,7 % étaient des décès non traumatiques et la majorité (73 %) était attribuée à un arrêt cardiaque.**

*G. Ruedl, 2011, Wilderness & environmental medicine*

# 1 - Chronologie du séjour



- Le risque de mort subite cardiaque est plus élevé le premier en altitude
  - Dans l'étude de Burtscher de 2010, 50 % de toutes les MSC se produisaient le 1<sup>er</sup> jour en altitude. *(Burtscher et Ponchia, 2010)*
  - Dans 56 % des cas, l'infarctus du myocarde est survenu dans les 2 premiers jours. Le délai moyen entre le début de l'activité et l'apparition des symptômes était de  $2,0 \pm 1,7$  h. Moins de 18 % des événements sont survenus après 4 jours de ski.  
*(étude 2011, G. Klug)*
  - Eviter de skier plus de trois heures le premier jour à des altitudes supérieures à 1 700 m *(Burtscher et al, 2015, Favourable Changes of the risk-benefit ratio in Alpine Skiing)*
- Ces urgences sont le plus souvent observées en fin de matinée et augmentent avec la durée écoulée depuis le dernier apport en nourriture et en liquide *(Brutsher, 2017, Risk and Protective Factors for Sudden Cardiac Death During Leisure Activities in the Mountains: An Update)*



Le fait de dormir à une altitude avant le premier jour de ski réduisait nettement le risque de MSC, ce qui suggère une certaine protection par une acclimatation à court terme (*préconditionnement hypoxique ; Lo et al., 2013*).

## 2 - Intensité de l'effort

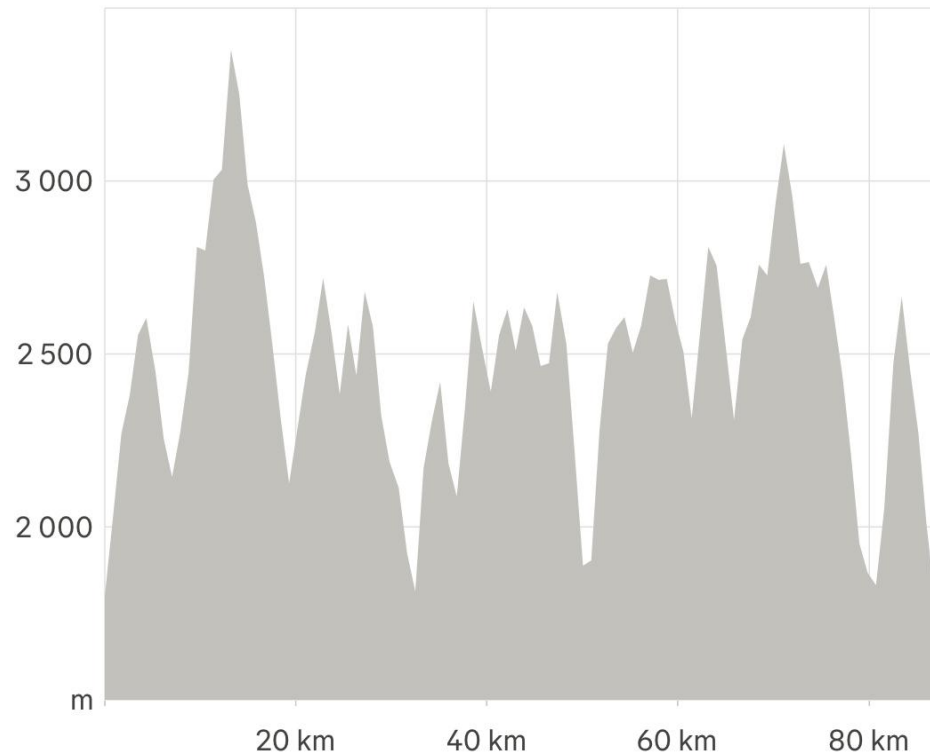
- Le ski alpin est une **forme d'entraînement par intervalles**, combinant **effort en endurance** et **effort en force musculaire**.
- L'intensité dépend de la vitesse de ski, du rayon des virages, de la pente du terrain, des conditions de neige, de l'environnement, de l'équipement, du niveau technique, de la condition physique et de l'état de santé des individus
- Fréquence cardiaque moyenne pendant le ski  $\approx$  **70 % de la FCmax**, avec des **pics >90 % de la FCmax** lors des descentes les plus exigeantes.
- Cette **alternance entre effort intense et récupération sollicite fortement le système cardiovasculaire**.

Burtscher M, Faulhaber M, Flatz M, Likar R, Nachbauer W.  
"Effects of skiing on the cardiovascular system." *Int J Sports Med.* 2001;22(1):1-7.



# 3- L'altitude

## Altitude



	ALTITUDE	PRESSION ATMOSPHERIQUE	%O <sub>2</sub> DISPONIBLE
	0 m	760 mm Hg	100 %
	1000 m	675 mm Hg	90 %
2000m < 4000m HAUTE ALTITUDE	2000 m	600 mm Hg	80 %
	3000 m	525 mm Hg	70 %
	4000 m	460 mm Hg	60 %
4000m < 6000m TRES HAUTE ALTITUDE	5000 m	405 mm Hg	50 %
	6000 m	355 mm Hg	45 %
>6000m ALTITUDE EXTRÊME	7000 m	310 mm Hg	40 %
	8000 m	265 mm Hg	35 %
	9000 m	230 mm Hg	30 %

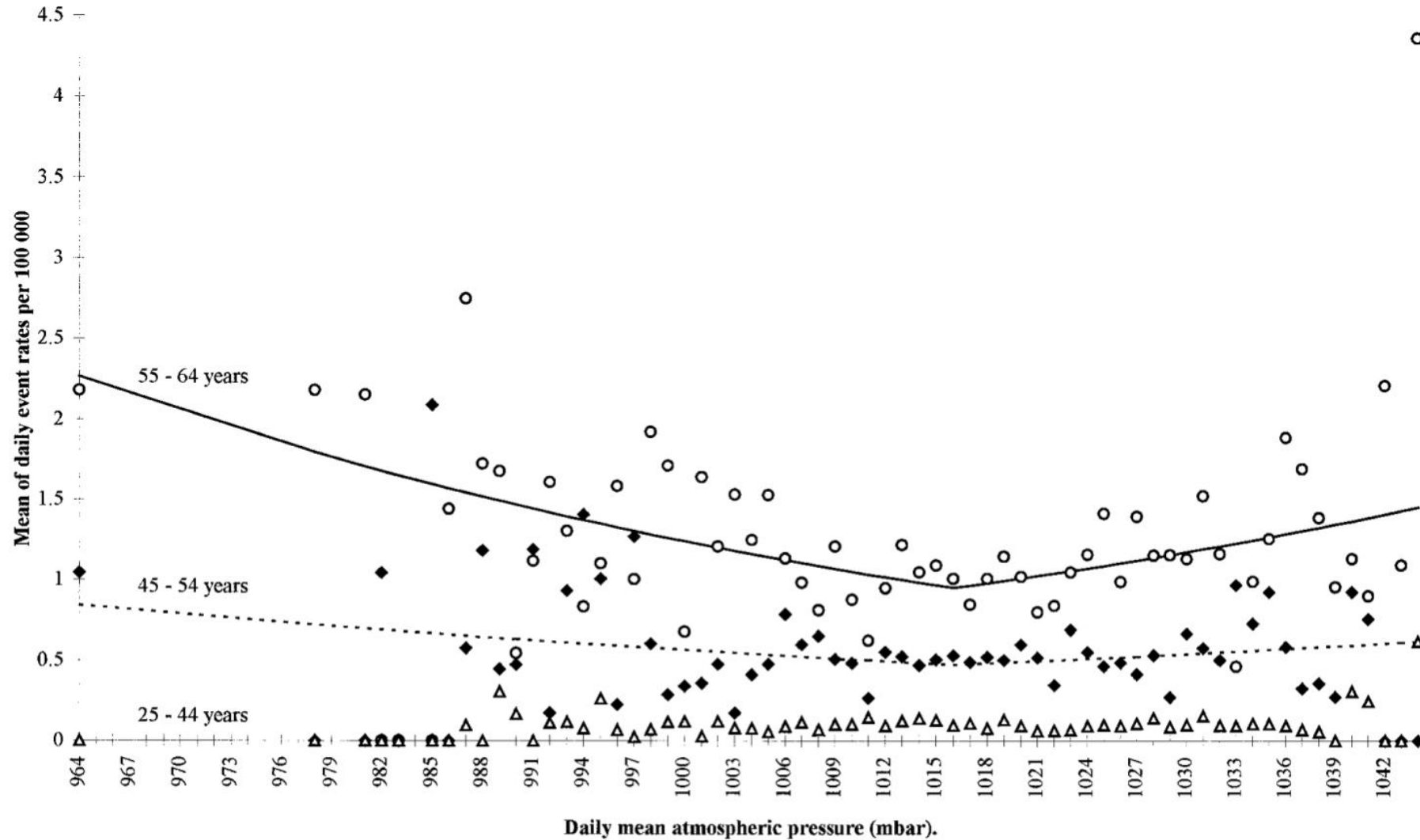
Activation sympathique → \*

↗ FC →

↗ consommation en O<sub>2</sub> →

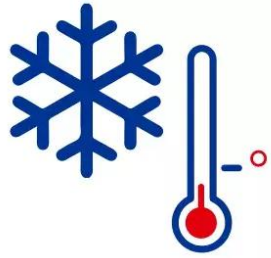
↘ seuil ischémique / rupture de plaque

\*Levine BD and al, Circulation 1997



**Figure 2.** Mean of daily event rates per 100 000 according to daily mean atmospheric pressure by age groups;  $\Delta$  indicates 25-to-44-year group;  $\blacklozenge$ , 45-to-54-year group; and  $\circ$ , 55-to-64-year group. Dashed and solid lines show event rates predicted by regression model.

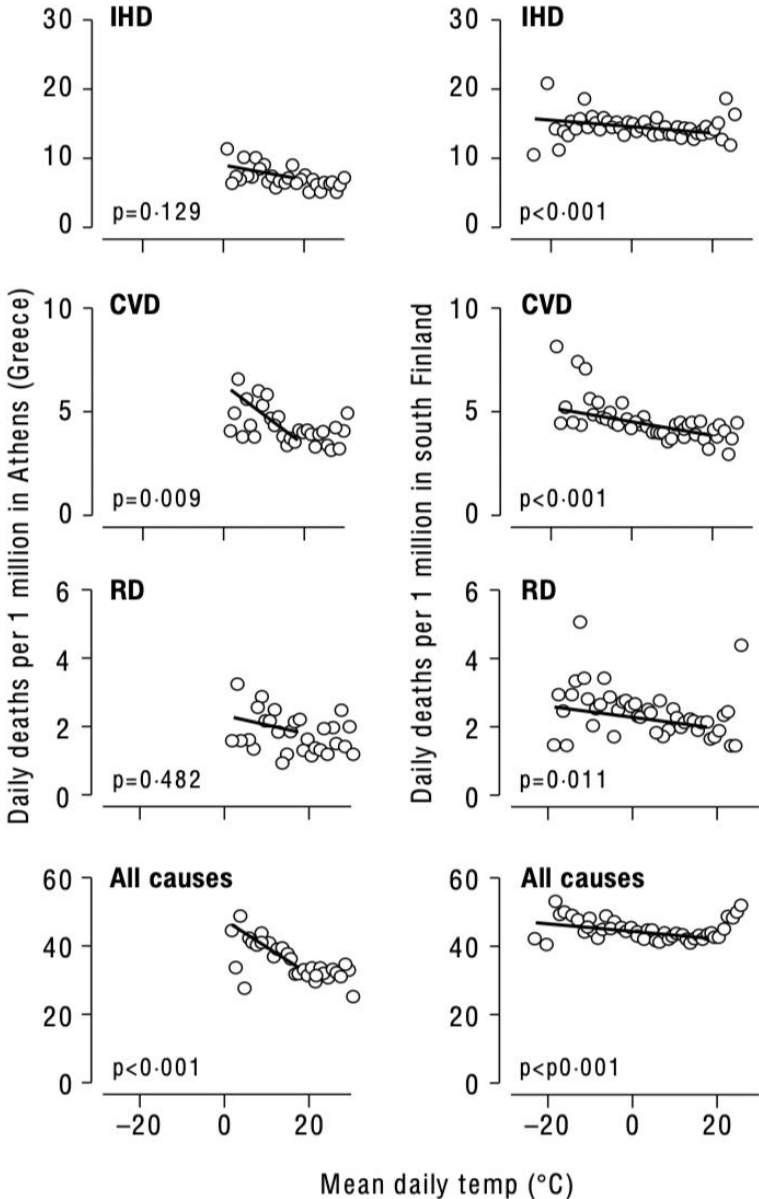
# 4- Températures froides



Activation sympathique :  
↗ FC → ↗ consommation en O<sub>2</sub>  
VasoC → HTA (↗ post charge)  
↗ Arythmie  
↗ viscosité sanguine,

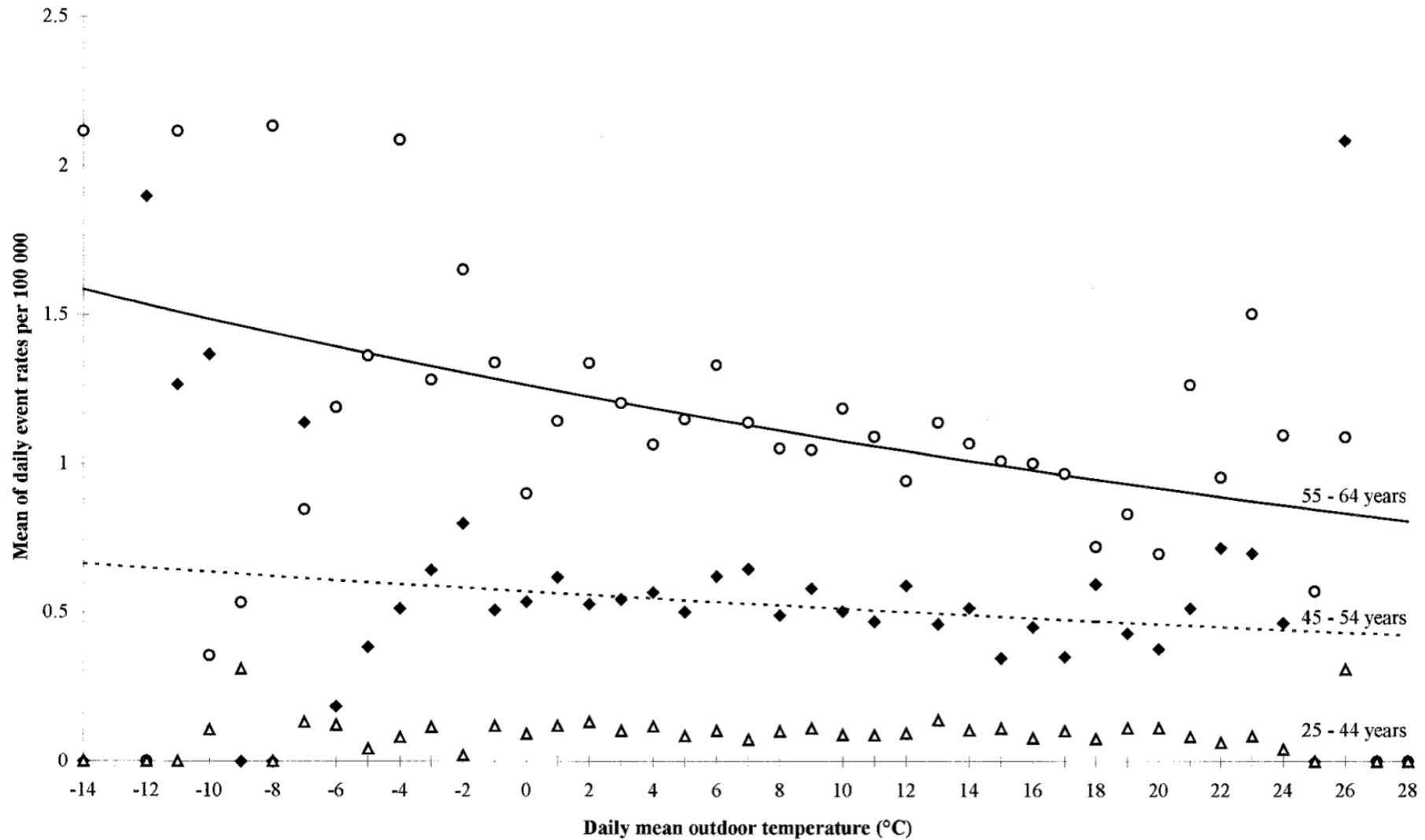
→ Les personnes âgées étant plus sensibles à ses effets.

- Les augmentations du nombre de décès par baisse de 1 °C en dessous de 18 °C étaient plus marquées dans la région chaude que dans la région froide, à la fois en valeur absolue et en pourcentage de la mortalité observée à 18 °C.



*The Eurowinter Groupe, 1997 Lancet, Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe*

Figure 1: Deaths per day per 10<sup>6</sup> population in relation to mean daily temperature in one warm and one cold region. Lagged on temperature (see methods); no allowance for influenza.



**Figure 1.** Mean of daily event rates per 100 000 individuals according to daily mean atmospheric temperature by age groups:  $\triangle$  indicates 25-to-44-year age group;  $\blacklozenge$ , 45-to-54-year group; and  $\circ$ , 55-to-64-year group. Dashed and solid lines show event rates predicted by regression model.

# 5 - Manque d'échauffement / démarrage brutal

- Etude : 10 sujets
  - EE progressive maximale : 10 ont un tracé normal
  - EE soudain et intense sans échauffement : 6/10 ont anomalie de l'onde T ou un sous ST (*Figure 1*)
- La durée des réponses ECG anormales variait de quelques battements à 8 secondes. Aucun des sujets présentant ces anomalies électrocardiographiques n'a ressenti de douleur thoracique ni d'autre symptôme de malaise.
- Ces réponses ischémiques n'étaient pas liées à l'âge ni à l'état de condition physique, et pouvaient être éliminées lorsqu'un exercice d'échauffement précédait l'activité intense et soudaine.



**Figure 1**

*Sample ECG recordings obtained immediately after sudden strenuous exercise performed without any prior warm-up activity. (Left), minor ST or T wave changes. (Right), ischemic ST segment depression.*

*Circulation, Volume XLVIII, November 1973*

# Physiopathologie

- **Déséquilibre apport/besoins en O<sub>2</sub>**
  - Les artères coronaires n'ont pas le temps de se dilater progressivement pour augmenter le flux sanguin.
  - Ce mismatch est encore plus marqué
    - par le froid ou l'altitude
    - Si une athérosclérose est déjà présente
- **Réponse hémodynamique inadaptée avec**
  - Montée rapide de la PA systolique et diastolique, ce qui augmente la postcharge cardiaque
    - et donc baisse la perfusion coronaire
    - Augmente la consommation du cœur en oxygène

# Froid + Effort

Facteur physiologique	Froid seul	Effort dans le froid : ski
Pression artérielle	↑ par vasoconstriction périphérique (hausse de 10–20 mmHg)	Hausse plus marquée car effort ↑ la postcharge
Fréquence cardiaque	Légère ↑ par stimulation sympathique	↑ rapide et importante, surtout si démarrage brutal sans échauffement
Consommation myocardique en O <sub>2</sub> (MVO <sub>2</sub> )	↑ modérée par vasoconstriction et FC	↑ très forte (FC + PA + contractilité) → risque d'ischémie myocardique
Flux coronaire	Limité par vasoconstriction et possible spasme coronaire	Mismatch entre besoin et apport → angor, infarctus chez sujets à risque
Viscosité sanguine	↑ (sang plus épais, fibrinogène ↑) → risque thrombotique	Addition du stress mécanique de l'effort → risque accru de thrombose
Risque clinique majeur	Hypertension, angor, AVC, infarctus chez sujets fragiles	Mort subite documentée

# 6- Catécholamines ...

**Table 2.** Cardiovascular and catecholamines responses at rest before ( $D_0$ , control), during ( $D_1$ – $D_8$ ), and after (R, return) 1 wk of skiing

	$D_0$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$D_7$	$D_8$	R
ADR (pg/ml)	$77 \pm 5$		$77 \pm 5$	$80 \pm 5$	$77 \pm 4$	$76 \pm 4$	$77 \pm 3$	$82 \pm 5$	$80 \pm 6$	$77 \pm 5$
NOR (pg/ml)	$153 \pm 7$		$201 \pm 11\ddagger$	$156 \pm 19$	$172 \pm 22$	$180 \pm 6\ddagger$	$202 \pm 11\ddagger$	$199 \pm 13\ddagger$	$206 \pm 14\ddagger$	$149 \pm 11$

Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), and diastolic blood pressure (DBP) were measured in the morning (M) and evening (E). Adrenaline (ADR) and noradrenaline (NOR) were measured at rest in the morning and their coefficients of variations were 6% and 8%, respectively.

v = village (altitude, 1000 m); sr = ski runs (the altitude is indicated in parentheses). Data are means  $\pm$  SE.

\* $p < 0.05$ ; † $p < 0.02$ ; ‡ $p < 0.01$ .

*JF Kahn and al, 1996, Wilderness and Environmental Medicine*

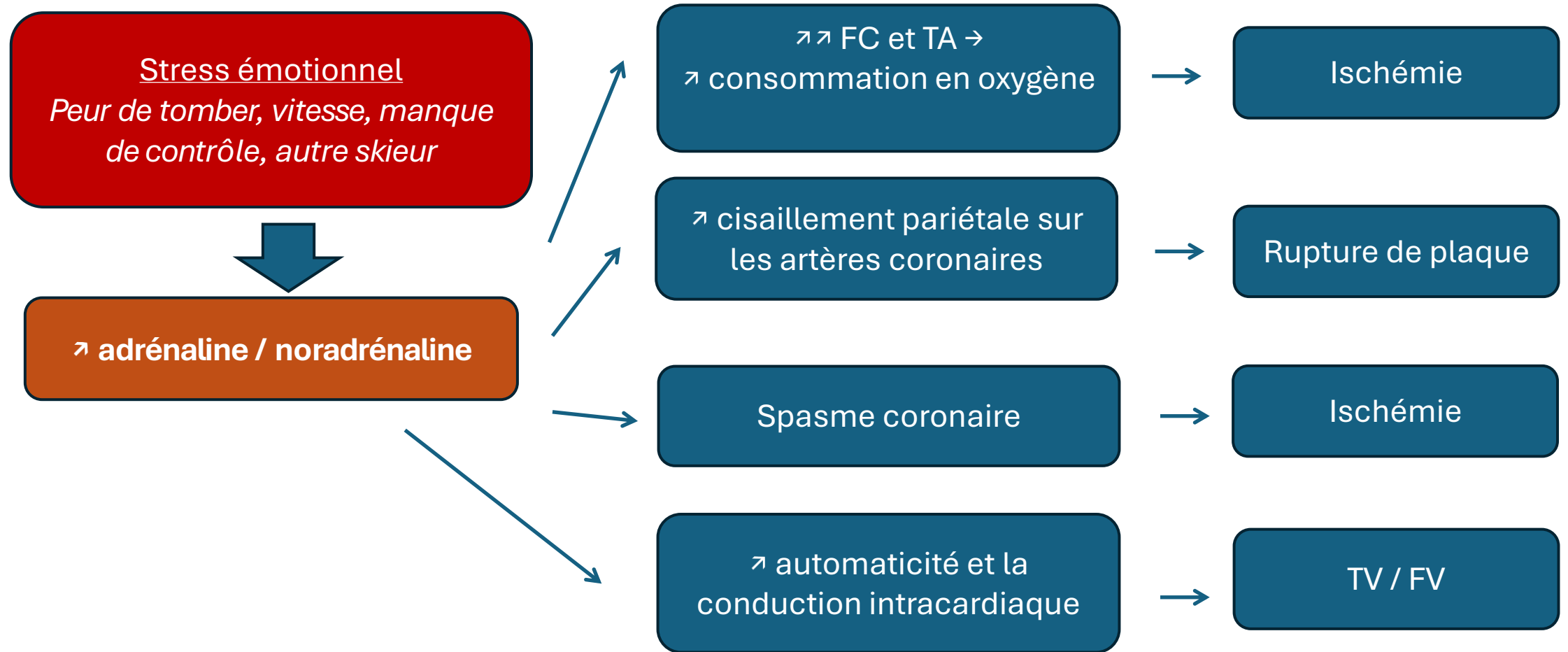
Un taux élevé de catécholamines circulantes est associé à un stress cardiovasculaire accru :

-**Hypertension artérielle** : la noradrénaline augmente la résistance périphérique

-**Tachycardie et arythmies** : l'adrénaline favorise l'automatisme cardiaque

-**Athérosclérose et inflammation** : le stress sympathique chronique augmente l'oxydation des LDL et l'inflammation endothéliale, contribuant à la progression de l'athérosclérose.

# ... et stress émotionnel



Libby P. Mechanisms of acute coronary syndromes. *N Engl J Med.* 2013.

Lanza GA, Careri G, Crea F. Mechanisms of coronary artery spasm. *Circulation.* 2011.

Zipes DP, Wellens HJJ. Sudden cardiac death. *Circulation.* 1998.

# 7- Type de skieur

- Les ECV chez les skieurs touchent surtout les >40ans, HTA, homme >femme, activité physique <1h/sem, **ATCD de maladie coronarienne**

*Brutsher, 2017, Risk and Protective Factors for Sudden Cardiac Death During Leisure Activities in the Mountains: An Update)*

- 11% des skieurs ont une maladie cardiovasculaire et prennent donc des médicaments.

!! Observance moins bonne.



Quels éléments  
influencent le  
stress  
cardiovasculaire  
dans le ski alpin ?

Chronologie du séjour

Intensité de l'effort

Altitude

Températures froides

Manque d'échauffement / démarrage brutal

Catécholamines

Type de skieur

# Mais restons optimiste

- Les événements sur les pistes étaient associés à une meilleure survie à 30 jours, soulignant ainsi l'importance de la préparation des pisteurs et de la disponibilité de défibrillateurs externes automatisés dans ce contexte

(registre du Réseau d'Urgence des Alpes du Nord entre 2004 et 2014)



# Que conseiller à nos patients ?



**Surtout chez les >40ans, HTA, homme, activité physique <1h/sem, ATCD de maladie coronarienne**

- Pratiquer une activité physique régulière en amont
- Arriver la veille, et ne skier que 3h le premier jour
- S'échauffer avant de commencer et débiter progressivement
- Eviter de skier quand il fait très froid, ou bien se couvrir
- Ne pas oublier de s'hydrater et se nourrir
- Ne pas oublier de prendre ses traitements
- *Ne pas skier la semaine des Parisien ....* Ou de façon général, skier prudemment pour éviter le stress émotionnel



**Je vous remercie de votre attention**

