

# Échelle de Fujita améliorée pour le classement des dégâts causés par le vent

21 août 2011  
Goderich, ON  
F3 confirmé  
1 décès  
37 blessés



## David Sills

Physique des nuages et temps violent - Domaine de recherche  
Division de la recherche météorologique, Direction générale des sciences et de la technologie  
Toronto, ON



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Canada

# Sommaire

---

- Bref historique du classement des dégâts causés par le vent
- L'échelle EF – Pourquoi et comment
- Évaluation de l'échelle EF au Canada
- Problèmes et solutions
- Utilisation de l'échelle EF



# Échelle de Fujita



- Élaborée par Ted Fujita de l'Univ. de Chicago dans les années 1960
- La vitesse des vents relevait de suppositions éclairées
- Nombre limité d'indicateurs de dégâts
- Utilisée pour les dégâts causés par des vents de tornades ou non
- Mise en place aux États-Unis par le NWS dans les années 1970

F-scale Category	Estimated Wind Speed Range (mph)	Typical Damage
F0	40 - 72	<i>Light damage.</i> Some damage to chimneys; branches broken off trees; shallow-rooted trees pushed over; sign boards damaged.
F1	73 - 112	<i>Moderate damage.</i> Peels surface off roofs; mobile homes pushed off foundations or overturned; moving autos blown off roads.
F2	113 - 157	<i>Considerable damage.</i> Roofs torn off frame houses; mobile homes demolished; boxcars overturned; large trees snapped or uprooted; light-object missiles generated; cars lifted off ground.
F3	158 - 206	<i>Severe damage.</i> Roofs and some walls torn off well-constructed houses; trains overturned; most trees in forest uprooted; heavy cars lifted off the ground and thrown.
F4	207 - 260	<i>Devastating damage.</i> Well-constructed houses leveled; structures with weak foundations blown away some distance; cars thrown and large missiles generated.
F5	261 - 318	<i>Incredible damage.</i> Strong frame houses leveled off foundations and swept away; automobile-sized missiles fly through the air in excess of 100 meters (109 yds); trees debarked; incredible phenomena will occur.

De Fujita (1981)



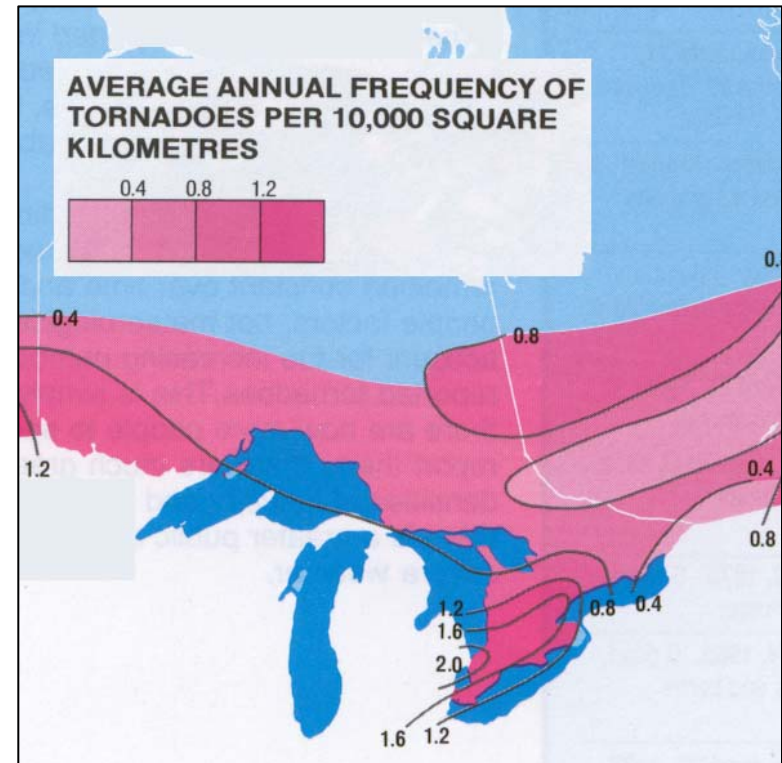
Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Canada

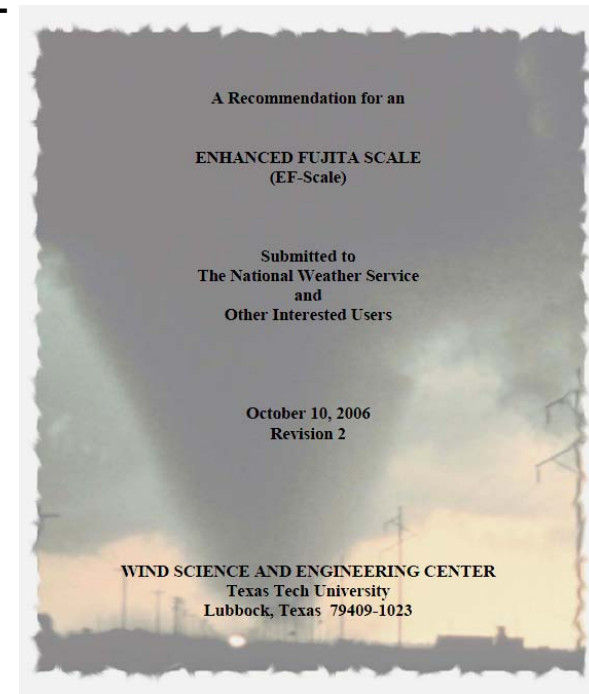
# Échelle de Fujita au Canada

- Mike Newark d'EC a commencé à établir une base de données sur les tornades canadiennes peu de temps après, en utilisant l'échelle F
- Publication de climatologie de 1950 à 1979 (Newark, 1984)
- Introduction de quelques nouveaux indicateurs de dégâts après l'élaboration d'expériences en matière d'évaluation des dégâts causés par les vents (par ex. silos, pierres tombales, etc.)



# Échelle de Fujita améliorée

- L'échelle EF a été élaborée à l'Univ. Texas Tech en impliquant de nombreux intervenants aux États-Unis.
- Importante amélioration de la corrélation entre la vitesse des vents et les dégâts occasionnés pour un grand nombre d'indicateurs de dégâts tout en restant cohérente avec la base de données existante aux É.-U.
- Utilisation adoptée aux É.-U. en 2007; Sills et McCarthy ont surveillé la progression de l'échelle et les améliorations qu'on y a apportées depuis lors
- Officiellement adoptée à EC le 1<sup>er</sup> avril 2013
- La première tornade classée à l'aide de l'échelle EF a eu lieu le 18 avril 2013 à Shelburne, ON – classée EF1





# Pourquoi la création de l'échelle EF?

- Davantage d'indicateurs de dégâts



La « Résidences uni-familiale ou semi-détachée » faisait partie du petit nombre d'indicateurs de dégâts utilisés dans l'échelle F *originale*.



# Pourquoi la création de l'échelle EF?

- Davantage d'indicateurs de dégâts
- Meilleure corrélation entre la vitesse des vents et le classement

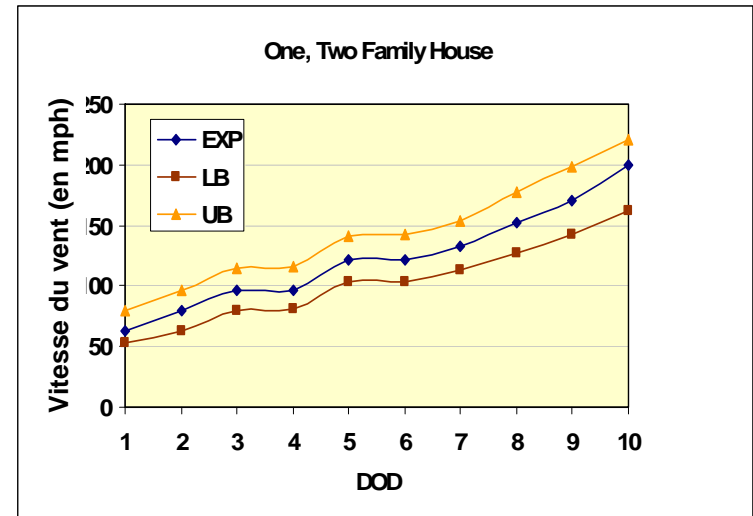


Vitesses des vents de l'échelle F trop basses. Il a été prouvé qu'une maison bien construite peut être balayée (F5) par des vents bien inférieurs à 420 km/h (Phan et Simiu, 1998).



# Pourquoi la création de l'échelle EF?

- Davantage d'indicateurs de dégâts
- Meilleure corrélation entre la vitesse des vents et le classement
- Tient compte de la variabilité des constructions



Les valeurs « attendues » ou moyennes (Exp) des vitesses des vents ainsi que les vitesses maximale (UB) et minimale (LB) sont fournies pour chaque « niveau de dégâts » lié à un indicateur de dégâts.



# Niveaux de dégâts (NI)

NI	Description des dégâts	EXP	LB	UB
1	Seuil des dégâts visibles	63	53	80
2	Tuiles et ardoises de toit (< 20 %) s'envolent, gouttières et/ou auvents endommagés, perte de revêtements vinyles ou métalliques	79	63	97
3	Verre des portes et fenêtres brisé	96	79	114
4	Soulèvement de toiture et perte d'une grande partie (> 20 %) des matériaux de couverture; effondrement des cheminées; portes de garage soufflées vers l'intérieur ou l'extérieur; effondrement de porches ou auvents	97	81	116
5	Maison entière soulevée de ses fondations	121	103	141
6	Grandes sections de toiture soufflées; la plupart des murs restent debout	122	104	142
7	Effondrement des murs extérieurs	132	113	153
8	Effondrement de la plupart des murs sauf les petites pièces intérieures	152	127	178
9	Effondrement de tous les murs	170	142	198
10	Destruction de résidence bien conçue; maison entièrement rasée	200	162	220

NI pour les ID de résidences uni-familiale ou semi-détachée (FR12), vents en mph

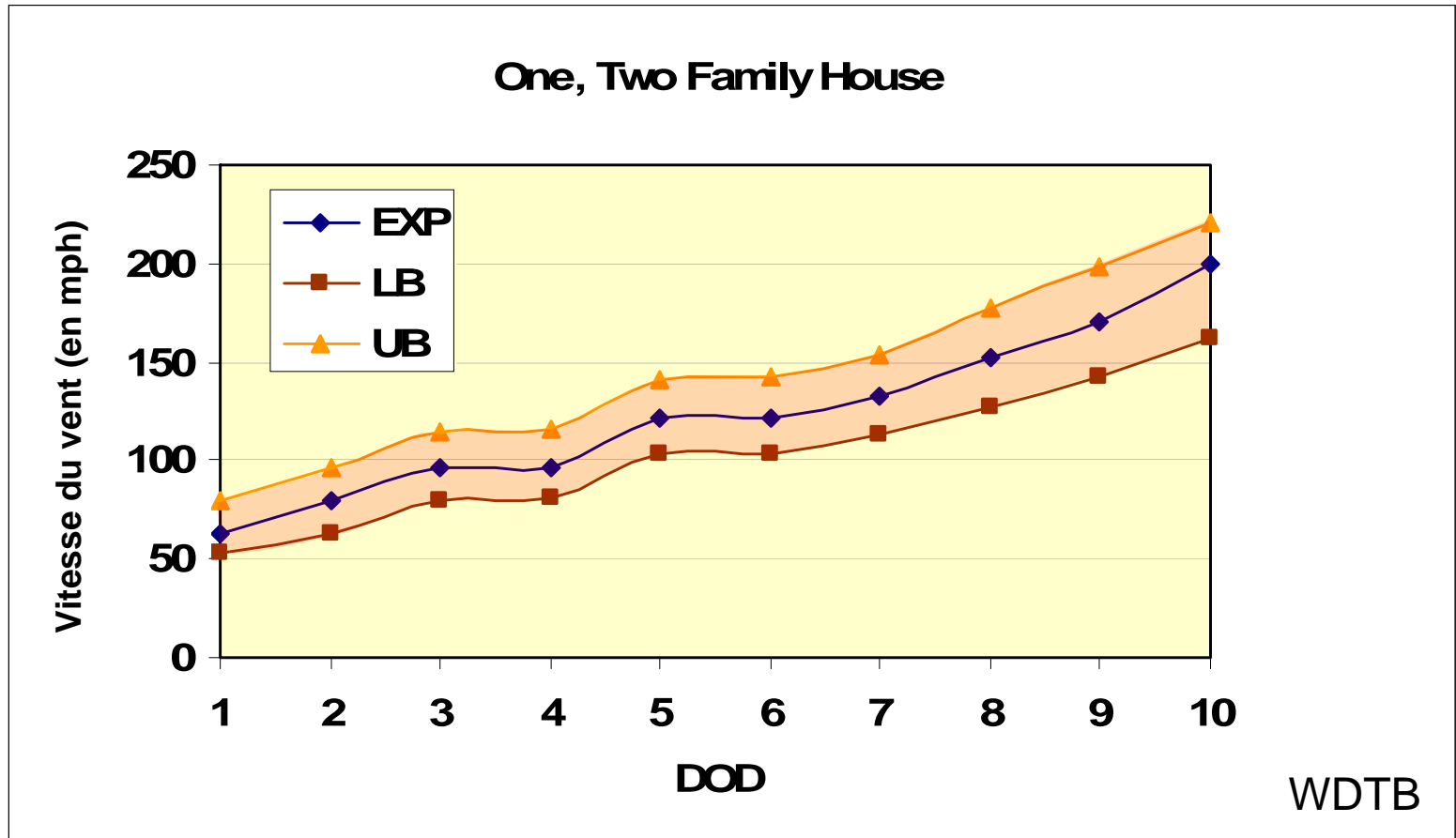


Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Canada

# Niveaux de dégâts (NI)



NI pour les ID de résidences uni-familiale ou semi-détachée (FR12)





# Comment l'échelle EF a-t-elle été créée?

---

- Élaborée en 2000-2004 par le Fujita Scale Enhancement Project dirigé par le Wind Science and Engineering Research Center de Texas Tech (McDonald et Mehta, 2006)
- Relations entre la vitesse des vents et l'intensité des dégâts obtenues par processus d'« élicitation d'experts » : utilisation de diverses études techniques et de l'expérience pratique d'experts en météorologie et en ingénierie
- Les experts comptaient deux météorologistes, deux ingénieurs, un architecte et un météorologiste / ingénieur, possédant tous une vaste expérience

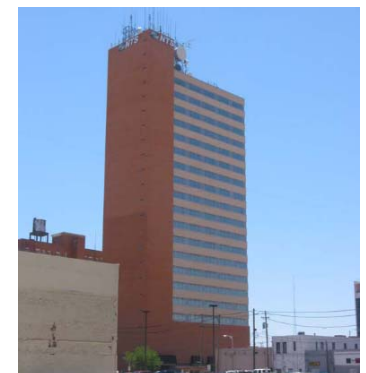
# Comment l'échelle EF a-t-elle été créée?

High-Rise Building

McDonald et Mehta (2006)

Bldg	Damage Indicator	Expected Values						Mean	Std Dev
		1	2	3	4	5	6		
HRB	1	65	80	70	75	60	70	70.00	7.07
	2	65	100	85	85	100	80	85.83	13.20
	3	85	100	95	100	80	100	93.33	8.76
	4	100	100	110	90	80	125	100.83	15.63
	5	75	110	100	110	130	100	104.17	18.00
	6	120	110	120	130	140	155	129.17	16.25
	7	120	130	110	120	250	125	142.50	53.08
	8	130	110	130	170	140	190	145.00	29.50
	9	120	130	140	140	270	155	159.17	55.54
	10	200	180	190	270	300	230	228.33	47.92

- Estimations de la « valeur attendue » (exp) brute en mph de six experts (par ex. pour les gratte-ciel)
- Différences atteignant jusqu'à 240 km/h, mais la plupart des estimations sont similaires



# Dérivation de l'échelle EF

- Une deuxième élicitation d'experts a été entreprise pour obtenir les vents moyens attendus pour chaque NI en utilisant l'échelle F originale
- Estimations en mph de six experts en évaluation de NWS (par ex. pour les arbres)
- Divergences pouvant atteindre 4 catégories d'échelle F, mais à nouveau les estimations étaient similaires

27. Trees: Hardwood (TH)

McDonald et Mehta (2006)

DOD	Damage description	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	Mean	Mean
1	Small limbs broken	0	0	0	0	0	0	61.25	61.25	61.25	61.25	61.25	61.25	61	60
2	Large branches broken	0	1	1	0	0	0	61.25	98.20	98.20	61.25	61.25	61.25	74	74
3	Trunks snapped	2	2	2	2	1	1	139.60	139.60	139.60	139.60	98.20	98.20	126	91
4	Trees uprooted	1	2	1	2	1	2	98.20	139.60	98.20	139.60	98.20	139.60	119	110
5	Trees debarked with only stubs of largest branches remaining	1	4	4	5	3	4	98.20	235.60	235.60	289.85	185.25	235.60	213	143

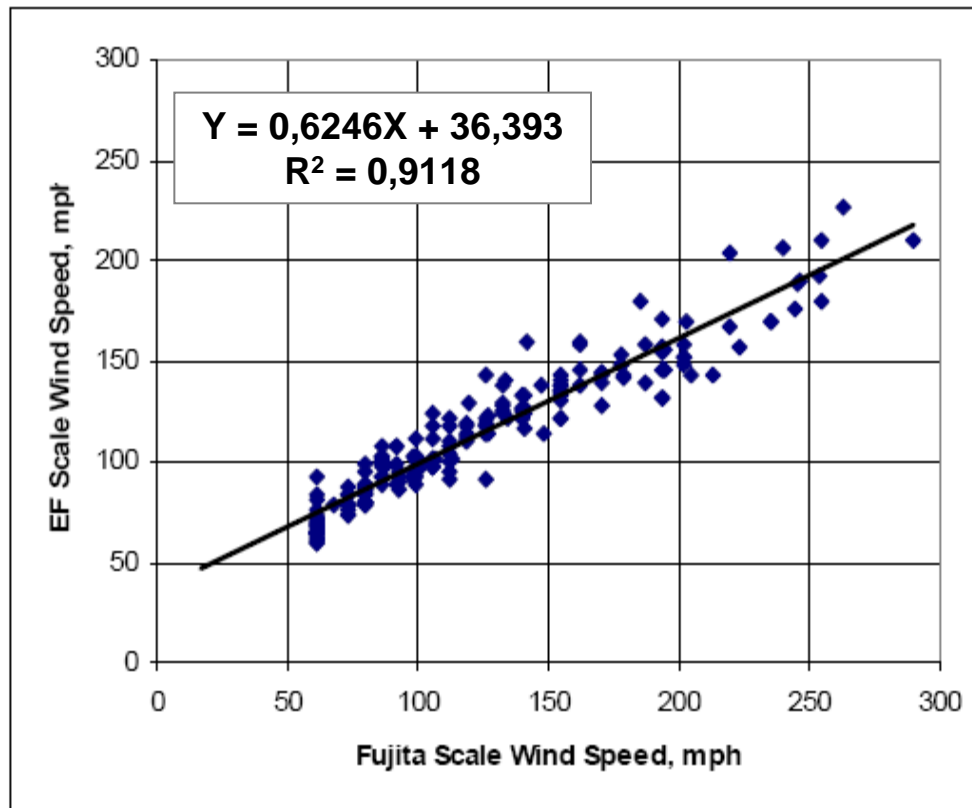
28. Trees: Softwood (TS)

DOD	Damage description	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	Mean	Mean
1	Small limbs broken	0	0	0	0	0	0	61.25	61.25	61.25	61.25	61.25	61.25	61	60
2	Large branches broken	0	1	1	0	0	0	61.25	98.20	98.20	61.25	61.25	61.25	74	74
4	Trunks snapped	1	2	1	2	1	1	98.20	139.60	98.20	139.60	98.20	98.20	112	110
3	Trees uprooted	1	2	1	1	1	2	98.20	139.60	98.20	98.20	98.20	139.60	112	91
5	Trees debarked with only stubs of largest branches remaining	1	4	4	5	3	3	98.20	235.60	235.60	289.85	185.25	185.25	205	143





# Dérivation de l'échelle EF



McDonald et Mehta (2006)

- Report graphique des valeurs « attendues » moyennes des deux processus d'élicitation d'experts
- Choix de régression *linéaire*, valeur  $R^2$  élevée indiquant une bonne corrélation
- Utilisation d'une équation de régression pour convertir les vitesses des vents de l'échelle F en nouvelles vitesses des vents pour l'échelle EF



# Dérivation de l'échelle EF

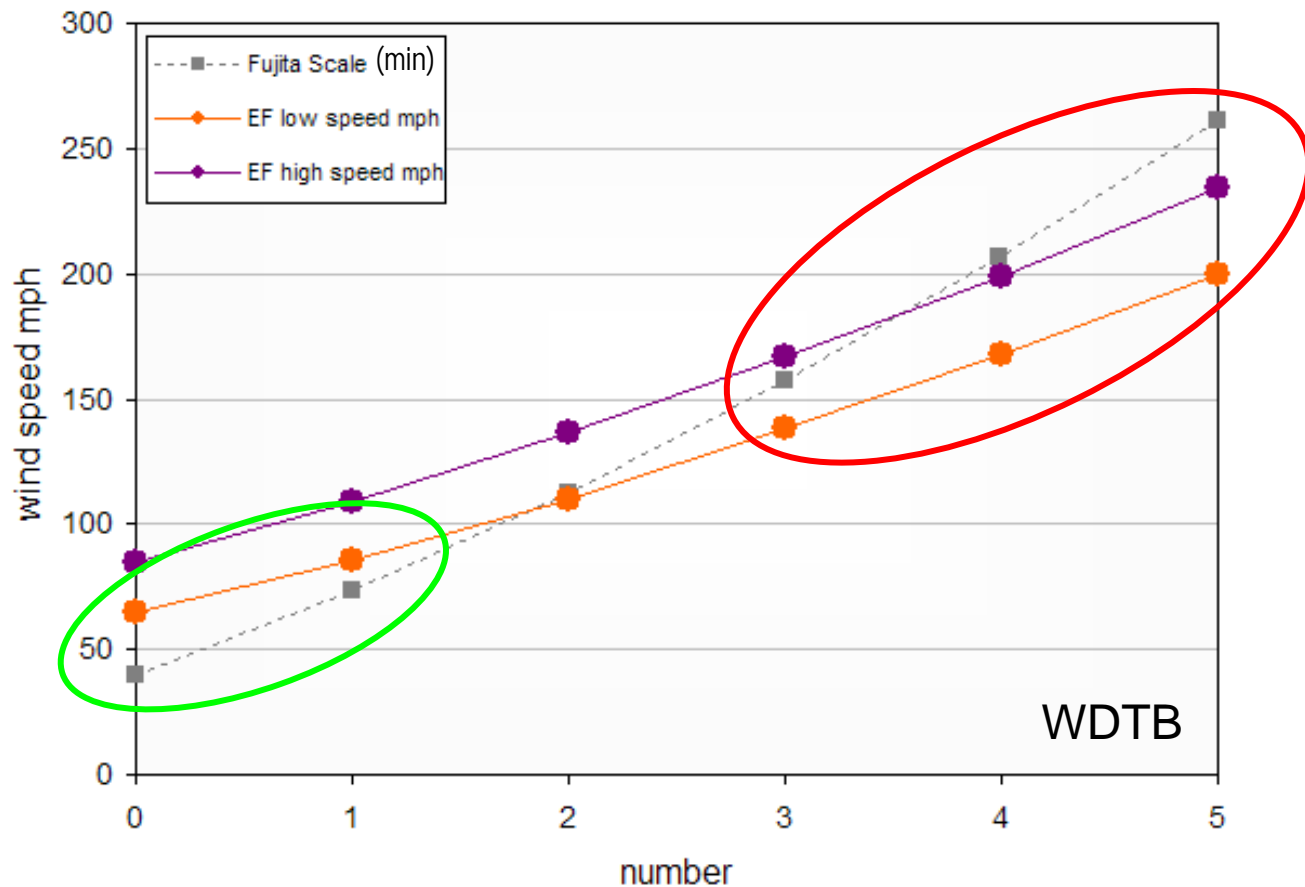
McDonald et Mehta (2006)

Fujita Scale			EF Scale	
Fujita Scale	Fastest 1/4/-mile Wind Speeds, mph	3-Second Gust Speed, mph	EF Scale	3-Second Gust Speed, mph
F0	40 - 72	45 - 78	EF0	65 - 85
F1	73 - 112	79 - 117	EF1	86 - 109
F2	113 - 157	118 - 161	EF2	110 - 137
F3	158 - 207	162 - 209	EF3	138 - 167
F4	208 - 260	210 - 261	EF4	168 - 199
F5	261 - 318	262 - 317	EF5	200 - 234

*Tous les vents à 10 m*

$$Y = 0,6246X + 36,393$$

# Échelle F / Échelle EF



# Échelle F / Échelle EF

---

- Même si les *vitesse des vents sont différentes* pour les échelles F et EF, elles présentent les *mêmes échelles de dégâts*
- Par conséquent, les classements basés sur les dégâts seront les mêmes pour les anciens événements classés avec l'échelle F que pour les événements récents classés avec l'échelle EF.
- Par exemple, un toit arraché d'une maison unifamiliale ou semi-détachée est F/EF2 et une même maison arrachée de ses fondations est F/EF5.



# Test parallèle à EC en 2011

---

- Seulement deux tornades faibles surveillées à distance dans les Prairies, 17 tornades en Ontario de F0-F3
- Quelques résultats
  - La plupart des classements F/EF identiques
  - Pylônes à demi-ferme métallique : F2 / EF3 (Watford, ON)
  - Maison de brique double : F3 / EF2 (Goderich, ON)
  - Poteaux électriques brisés : F1 / EF2 (Shauvavon, SK)
  - Différences majeures pour le classement des dégâts subis par les arbres
  - Plusieurs indicateurs de dégâts (ID) manquants : silos de ferme / trémis, églises anciennes, hangars, etc.





# Problème supplémentaire

---

## Seuil inférieur d'EF0 trop élevé

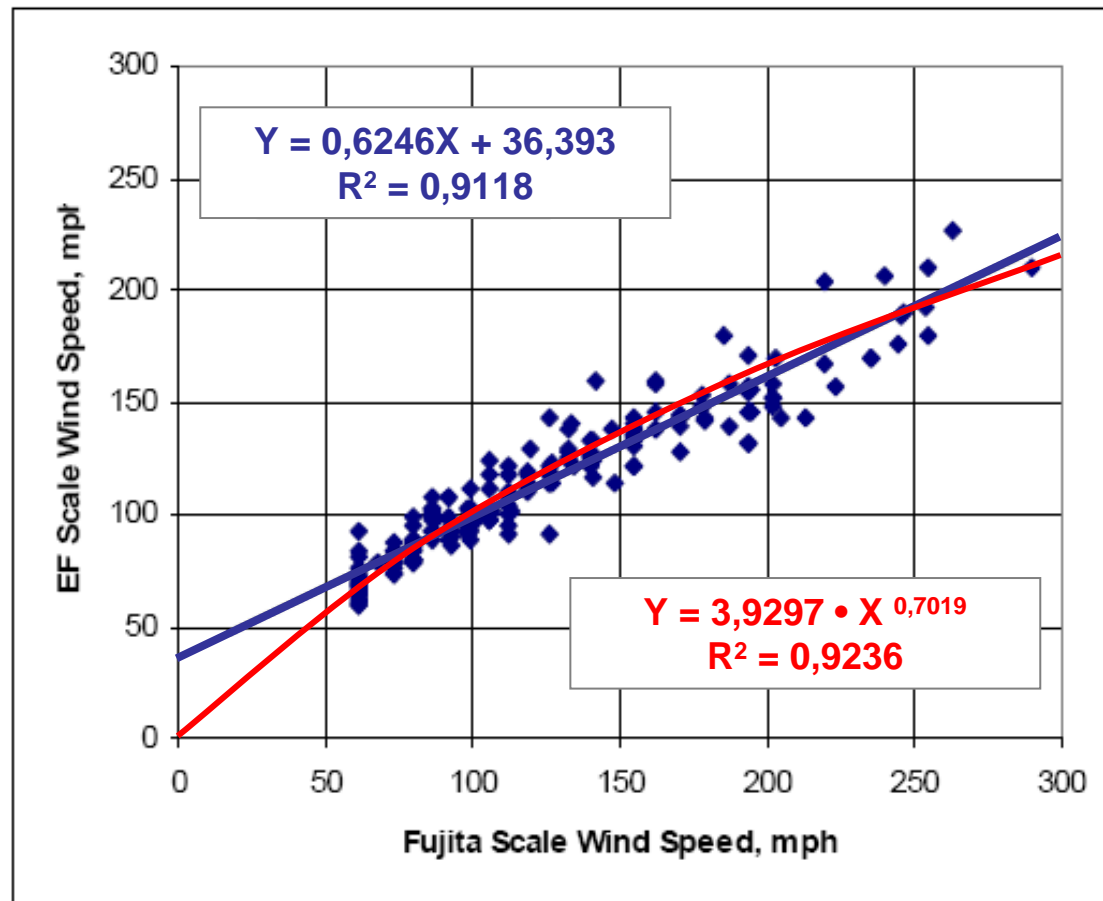
- Seuil inférieur d'EF0 = 65 mph = 105 km/h
- Seuil de 90 km/h pour les rafales de vent causant des dégâts utilisé dans le programme d'avertissement
- Même aux É.-U., seuil de 58 mph (93 km/h) utilisé pour les avertissements d'orage violent
- Il existe donc une lacune dans la vitesse des vents; il serait préférable de baisser le seuil d'EF0 à ~90 km/h



# Solutions : échelle de vitesses

En utilisant d'une régression de *fonction de puissance* au lieu d'une régression *linéaire* :

- Meilleure correspondance
- Passe par l'origine
- Seuil inférieur pour EF0 devient ~90 km/h au lieu de 105 km/h



D'après McDonald et Mehta (2006)



# Échelle de Fujita améliorée à EC

F/EF Rating	F-Scale Wind Speed Rounded to 10 km/h	EF-Scale Wind Speed Rounded to 5 km/h
0	60 – 110	90 – 130
1	120 – 170	135 – 175
2	180 – 240	180 – 220
3	250 – 320	225 – 265
4	330 – 410	270 – 310
5	420 – 510	315 or more



# Solutions : ID / NI

---

## ID/NI nouveaux et révisés pour les éléments suivants :

- Lignes de transport électrique (ETL)
- Arbres
- Églises anciennes
- Maisons en maçonnerie solide (par ex. double brique)
- Silos de ferme / trémis
- Hangars, clôtures ou mobilier de jardin

# 31 indicateurs de dégâts

Number	Damage Indicator (DI)
1	Small Barns or Farm Outbuildings (SBO)
2	One- or Two-Family Residences (FR12)
3	Manufactured Home: Single Wide (MHSW)
4	Manufactured Home: Double Wide (MHDW)
5	Apartments, Condos, Townhouses (ACT)
6	Motel (M)
7	Masonry Apartment or Motel (MAM)
8	Small Retail Building (SRB)
9	Small Professional Building (SPB)
10	Strip Mall (SM)
11	Large Shopping Mall (LSM)
12	Large, Isolated Retail Building (LIRB)
13	Automobile Showroom (ASR)
14	Automobile Service Building (ASB)
15	Elementary School (ES)
16	Junior or Senior High School (JHSH)
17	Low-Rise Building: 1 - 4 Storeys (LRB)
18	Mid-Rise Building: 5 - 20 Storeys (MRB)
19	High-Rise Building: Greater than 20 Storeys (HRB)
20	Institutional Building (IB)
21	Metal Building System (MBS)
22	Service Station Canopy (SSC)
23	Warehouse Building (WHB)
25	Free-Standing Towers (FST)
26	Free-Standing Light Poles, Luminary Poles, Flag Poles (FSP)
C1	Electrical Transmission Lines (ETL)
C2	Trees (T)
C3	Heritage Church (HC)
C4	Solid Masonry House (SMH)
C5	Farm Silos or Grain Bins
C6	Sheds, Fences or Lawn Furniture (SFLF)

Fermes /  
Résidences

Structures  
commerciales /  
de vente

Écoles

Bâtiments  
professionnels

Édifices / voûtes  
métalliques

Pylônes /  
poteaux

Nouveaux ID  
canadiens!





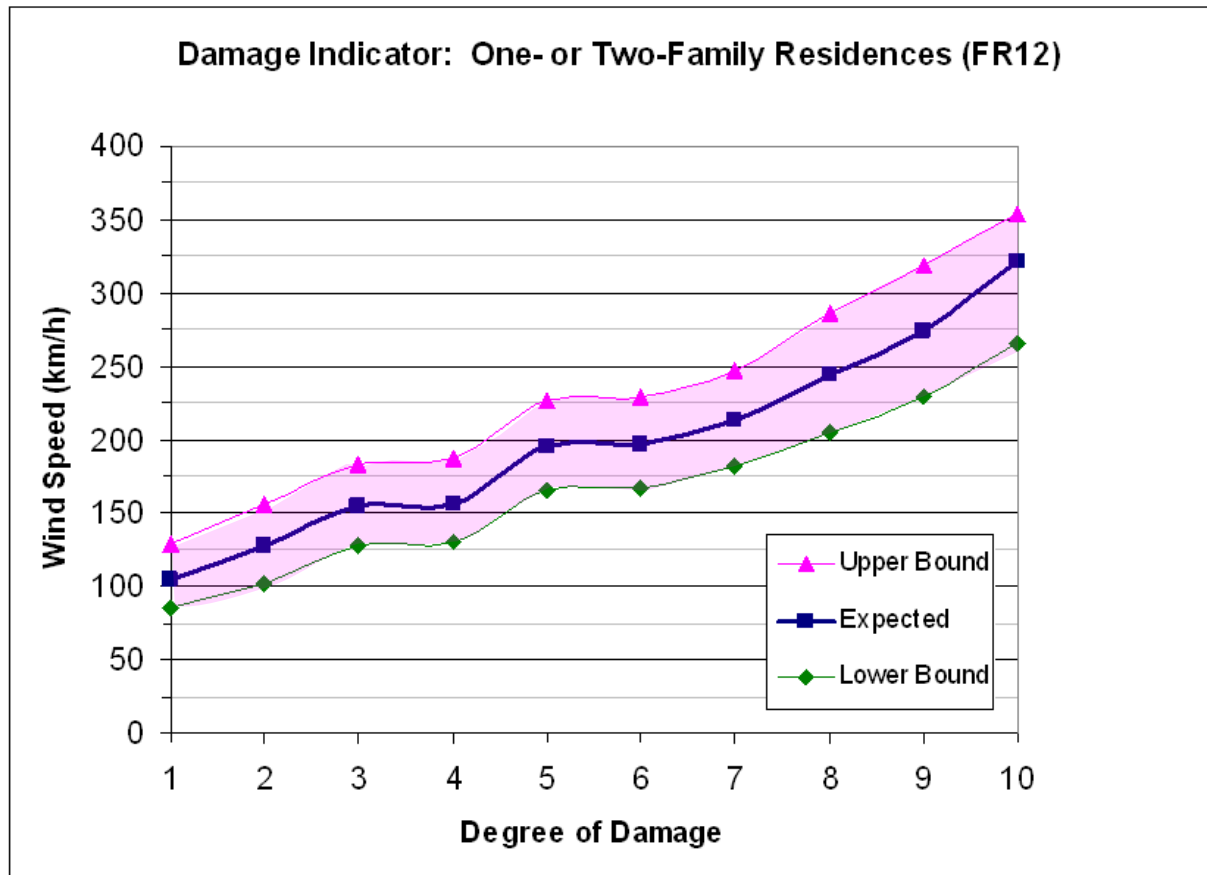
# Niveaux de dégâts (NI)

		km/h		
NI	Description des dégâts	EXP	LB	UB
1	Seuil des dégâts visibles	105	85	129
2	Tuiles et ardoises de toit s'envolent (< 20 %), gouttières et/ou auvents endommagés, perte de revêtements vinyles ou métalliques	127	101	156
3	Verre des portes et fenêtres brisé	154	127	183
4	Soulèvement de toiture et perte d'une grande partie (> 20 %) des matériaux de couverture; effondrement des cheminées; portes de garage soufflées vers l'intérieur; effondrement de porches ou auvents	156	130	187
5	Maison entière soulevée de ses fondations	195	166	227
6	Grandes sections de toiture soufflées; la plupart des murs restent debout	196	167	229
7	Effondrement des murs extérieurs	212	182	246
8	Effondrement de la plupart des murs sauf les petites pièces intérieures	245	204	286
9	Effondrement de tous les murs	274	229	319
10	Destruction de résidence bien conçue; maison entièrement rasée	322	266	354

NI pour ID de résidences uni-familiale ou semi-détachée (FR12), convertis en km/h



# Niveaux de dégâts (NI)



NI pour ID de résidences uni-familiale ou semi-détachée (FR12)



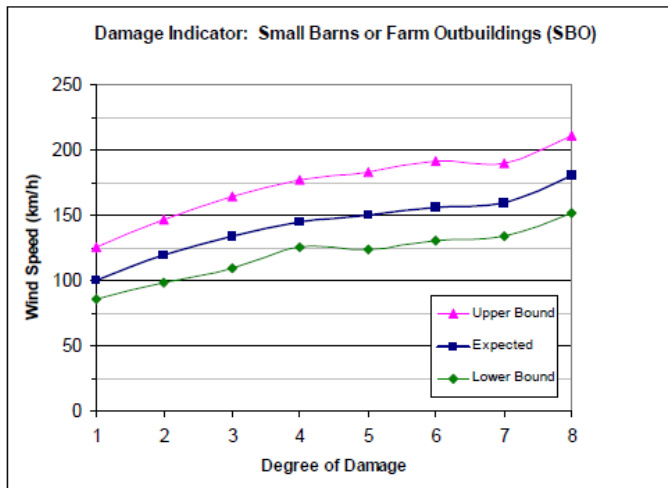
# Guide de classement de l'échelle EF

## 1. SMALL BARNS OR FARM OUTBUILDINGS (SBO)

Typical Construction:

- Less than 250 m<sup>2</sup>
- Wood or metal post and beam construction
- Wood or metal roof trusses
- Wood or metal panel siding
- Metal or wood roof
- Large doors

DOD	Damage Description	EXP	LB	UB
1	Threshold of visible damage	100	85	126
2	Loss of wood or metal roof panels	119	98	146
3	Collapse of doors	134	109	164
4	Major loss of roof panels	145	126	177
5	Uplift or collapse of roof structure	150	124	183
6	Collapse of walls	156	130	192
7	Overturning or sliding of entire structure	159	134	190
8	Total destruction of building	180	151	211



## 1. SMALL BARNS OR FARM OUTBUILDINGS (SBO)



Example of SBO DOD5 with partial loss of walls and roof structure (1999 Purple Valley, ON tornado)



Example of SBO DOD8 with barn (at centre) completely destroyed (2004 Gad's Hill tornado)





# Utilisation de l'échelle EF

---

1. Déterminer l'indicateur de dégâts pertinent
2. Évaluer le niveau de dégâts
3. Ajuster la vitesse des vents en fonction de tout écart par rapport à une qualité de construction typique et d'indicateurs de dégâts adjacents
4. Attribuer un classement d'échelle EF final (p. ex. EF2) *basé sur la vitesse des vents ajustée*
5. Le classement d'une tornade est l'EF max. de sa trajectoire

# Exemple d'échelle EF

**Indicateur de dégât principal :**



**Grange de construction médiocre entièrement détruite**

**Indicateur de dégât = « 1. SBO »**



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Canada

# Exemple d'échelle EF

**Indicateur de dégât principal :**

**Grange de construction médiocre entièrement détruite**

## 1. SMALL BARNs OR FARM OUTBUILDINGS (SBO)

DOD	Damage Description	EXP	LB	UB
1	Threshold of visible damage	100	85	126
2	Loss of wood or metal roof panels	119	98	146
3	Collapse of doors	134	109	164
4	Major loss of roof panels	145	126	177
5	Uplift or collapse of roof structure	150	124	183
6	Collapse of walls	156	130	192
7	Overturning or sliding of entire structure	159	134	190
8	Total destruction of building	180	151	211

Utilisation de la limite inférieure de NI8 du fait de la construction médiocre



# Exemple d'échelle EF

**Indicateur de dégât principal :**

**Grange de construction médiocre entièrement détruite**

151 km/h →

Classement EF	Vitesse des vents d'échelle EF arrondie à 5 km/h
0	90 – 130
1	135 – 175
2	180 – 220
3	225 – 265
4	270 – 310
5	315 ou plus

⇒ **EF1** ⇐



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

Canada



# Récapitulatif de l'échelle EF

- Pour ce qui est des différences entre les échelles F et EF, il est aisé de se souvenir de ce qui suit :  
*« Les vitesses des vents changent, les classements restent les mêmes »*

Classement EF	Vitesse des vents d'échelle EF arrondie à 5 km/h
0	90 – 130
1	135 – 175
2	180 – 220
3	225 – 265
4	270 – 310
5	315 ou plus



# Remerciements

---

- Patrick McCarthy (PASPC)
- Ed Mahoney / Jim LaDue de la direction de la formation sur les décisions d'avertissement du NWS
- Greg Kopp (Western University)



# Références

---

- Fujita, T.T., 1981 : Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1511-1534.
- McDonald, J. et K. C. Mehta, 2006 : A Recommendation for an Enhanced Fujita Scale (EF-Scale), Revision 2. Wind Science and Engineering Research Center, Texas Tech University, Lubbock, TX, 111 pp.
- Newark, M. J., 1984 : Canadian Tornadoes, 1950-1979. *Atmos.-Ocean*, **22**, 343-353.
- Phan, L.T. et E. Simiu, 1998 : The Fujita tornado intensity scale: a critique based on observations of the Jarrell tornado of May 27, 1997. NIST Tech. Note 1426, U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, MD, 20 pp.

