



Une expertise en énergie
au service de l'avenir



La filière de l'hydrolienne fluviale : un premier regard sur les coûts

OREG 2008 Symposium du Printemps

**Un avenir pour le Canada
concernant l'énergie hydrocinétique**

21 avril 2008

Philip Raphals
Directeur général
Centre Hélios

Introduction

■ Mandat

- > Présenter un premier aperçu des coûts de production de l'énergie des hydroliennes fluviales à l'horizon 2012
- > À la demande du SAEM et du MDEIE

■ Contexte

- > Peu d'informations fiables disponibles

■ Défi

- > Avancer la compréhension, sans perdre de vue les incertitudes énormes

Plan

- **Les composantes du coût unitaire**
 - > *Coût en capital*
 - > *Facteur d'utilisation*
 - > *Coûts de O&M*
 - > *Taux d'intérêt et de rendement*
 - > *Durée de vie financière*

- **Calcul des coûts unitaires**

Calcul des coûts unitaires

- L'investissement initial représente une part importante des coûts
 - > Comme toute filière renouvelable
- Calculs complexes requis pour répartir le coût d'investissement sur les années futures de production d'électricité

Détermination du coût de revient

- Approche basée sur celle d'EPRI
 - > coût d'investissement
 - Ratio dette-équité
 - Taux d'intérêt et de rendement
 - Taux d'amortissement
 - > facteur d'utilisation (f.u.)
 - > coûts d'entretien (O&M)
 - > durée de vie financière

Coûts d'investissement

- L'ensemble des sommes requises avant la mise en service du projet inclus :
 - > la partie électromécanique
 - > la structure
 - > les coûts réglementaire et juridique
 - > autres coûts (transport, installation, gestion de projet)

- Généralement exprimé en \$/kW

... Coûts d'investissement

- Coûts des projets pilotes inévitablement plus élevés qu'en phase commerciale
- Evaluation des coûts en capital
 - > Verdant Power Canada (2006, pour RNCan)
 - 3000 \$ à 7000 \$ /kW
 - > EPRI (2006)
 - 1 700 \$ à 4 000 \$ /kW

Facteur d'utilisation (f.u.)

- Représente la production moyenne de la turbine sur l'année

- Exemple :
 - > Turbine de 1 MW fonctionnant sans arrêt pendant un an (8760 heures), à pleine puissance
 - f.u. de 100% = 8760 MWh
 - f.u. de 50% = 3380 MWh

Facteur d'utilisation (f.u.)

■ Marémotrice

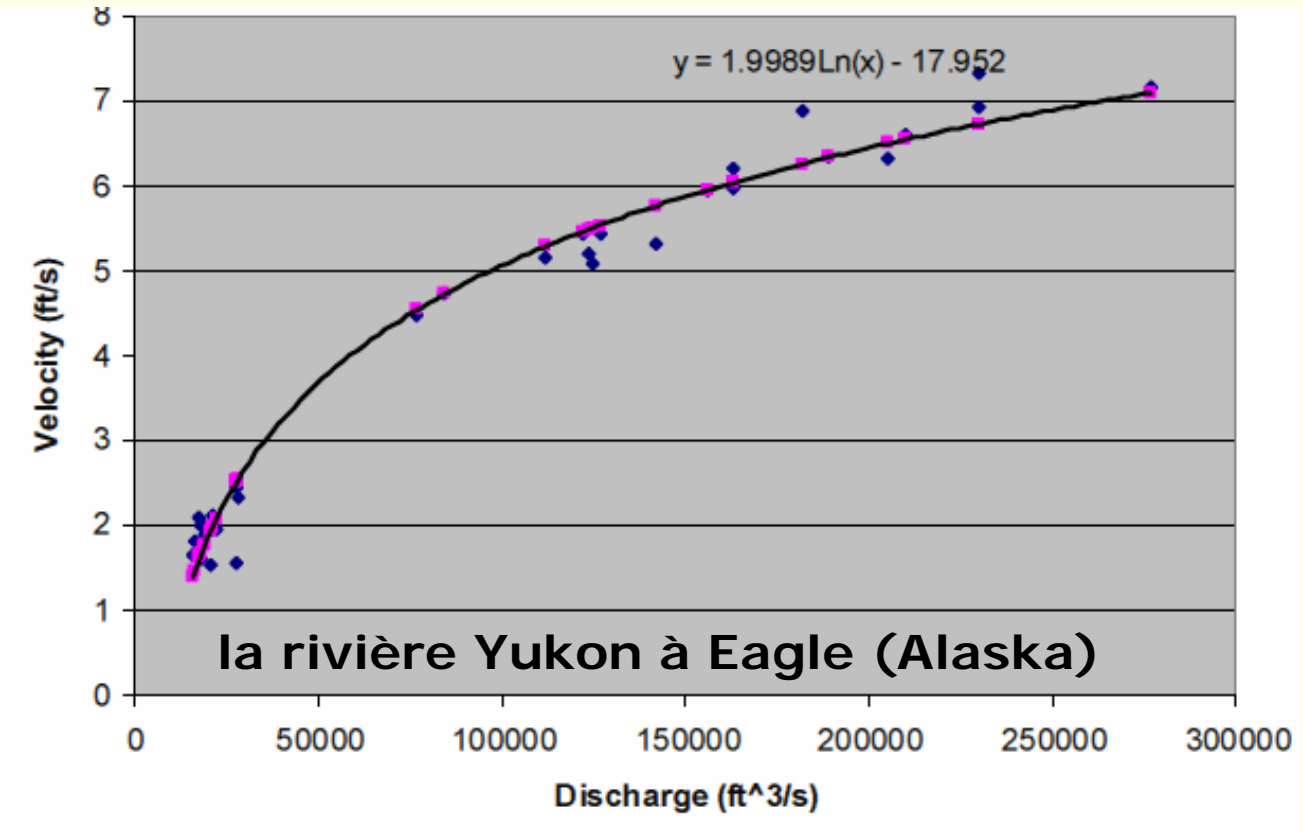
- > f.u. limité, dû au changement de marée 4 fois par jour
 - maximal théorique de 50%
 - EPRI : 30 à 45% sur 7 projets

■ Fluviale

- > situation très différente
- > hydrologie très complexe
 - variation des débits et donc de courants sur une base quotidienne et saisonnière
 - étude hydrographique requise pour connaître le profil d'un site

Relation entre débit et vitesse

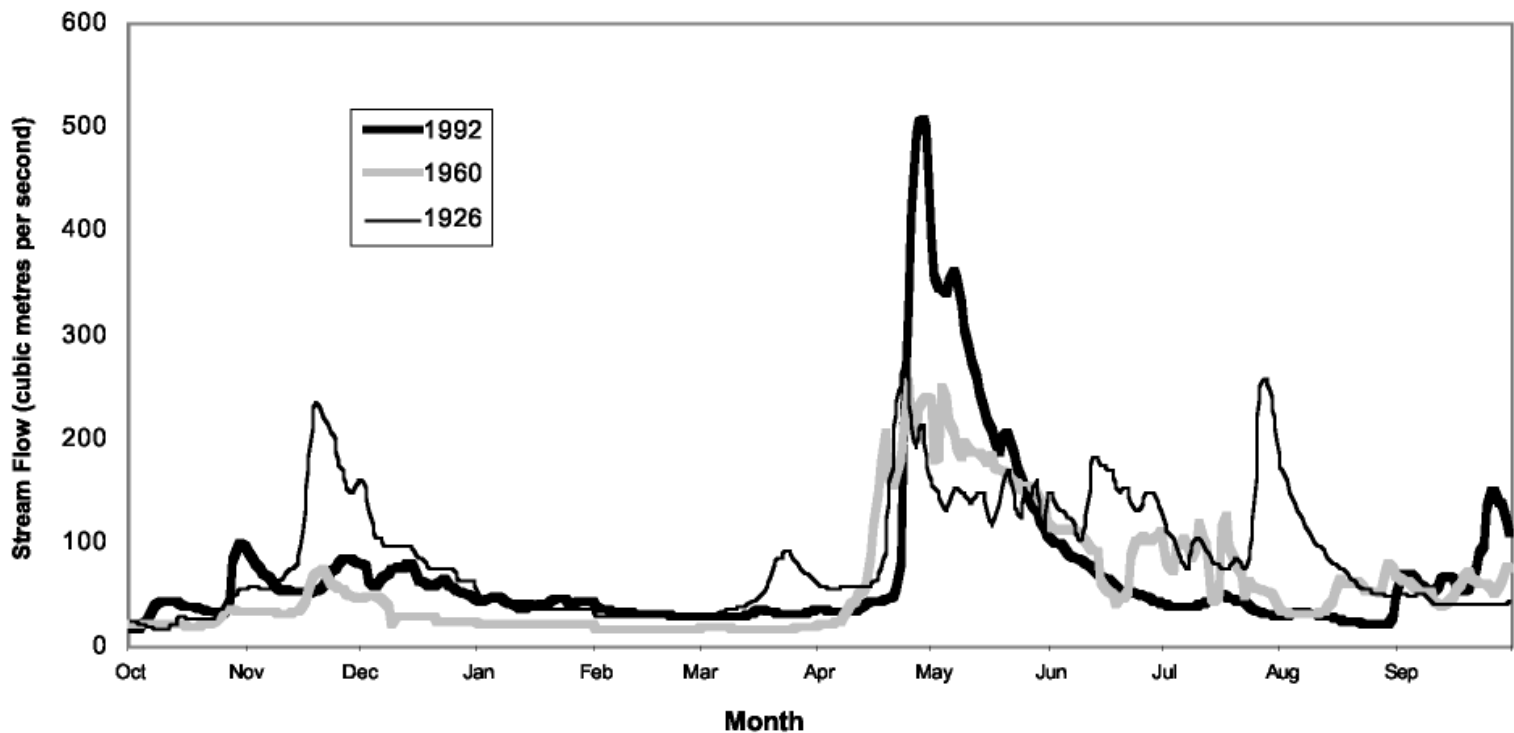
- Fonction logarithmique
 - > Paramètres précis spécifique au site



Variabilité des débits ...

D'une rivière naturelle ...

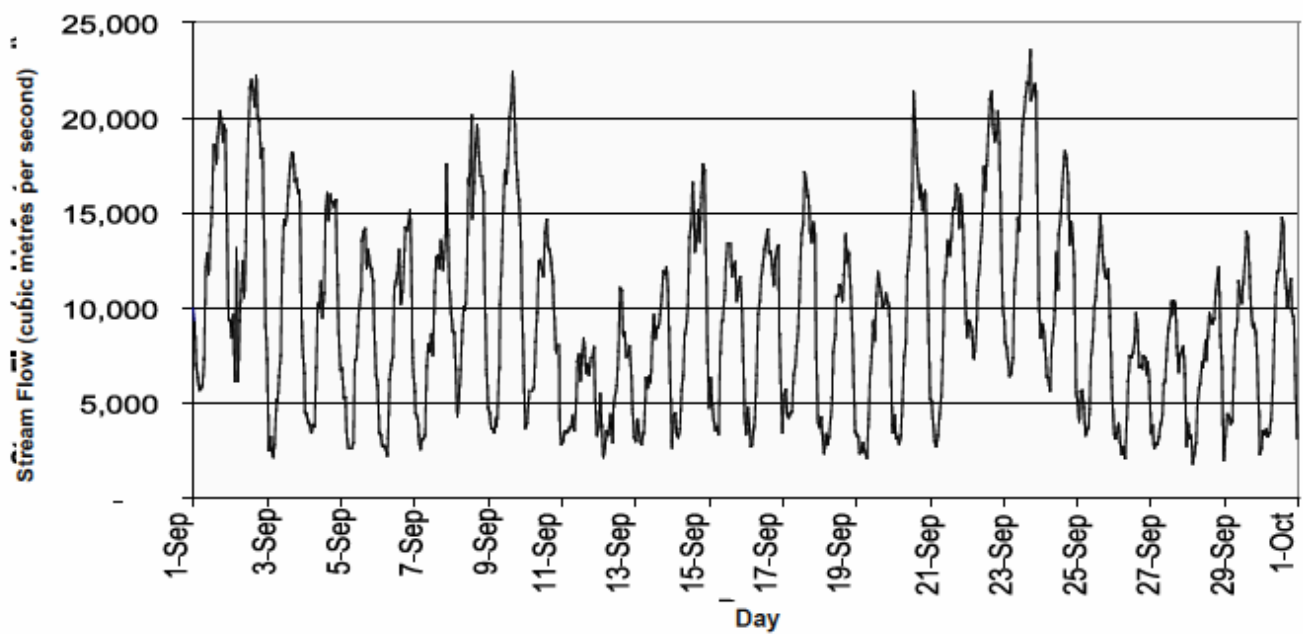
Graph 5: Daily Flows of the Coulonge River (Québec)



... Variabilité des débits

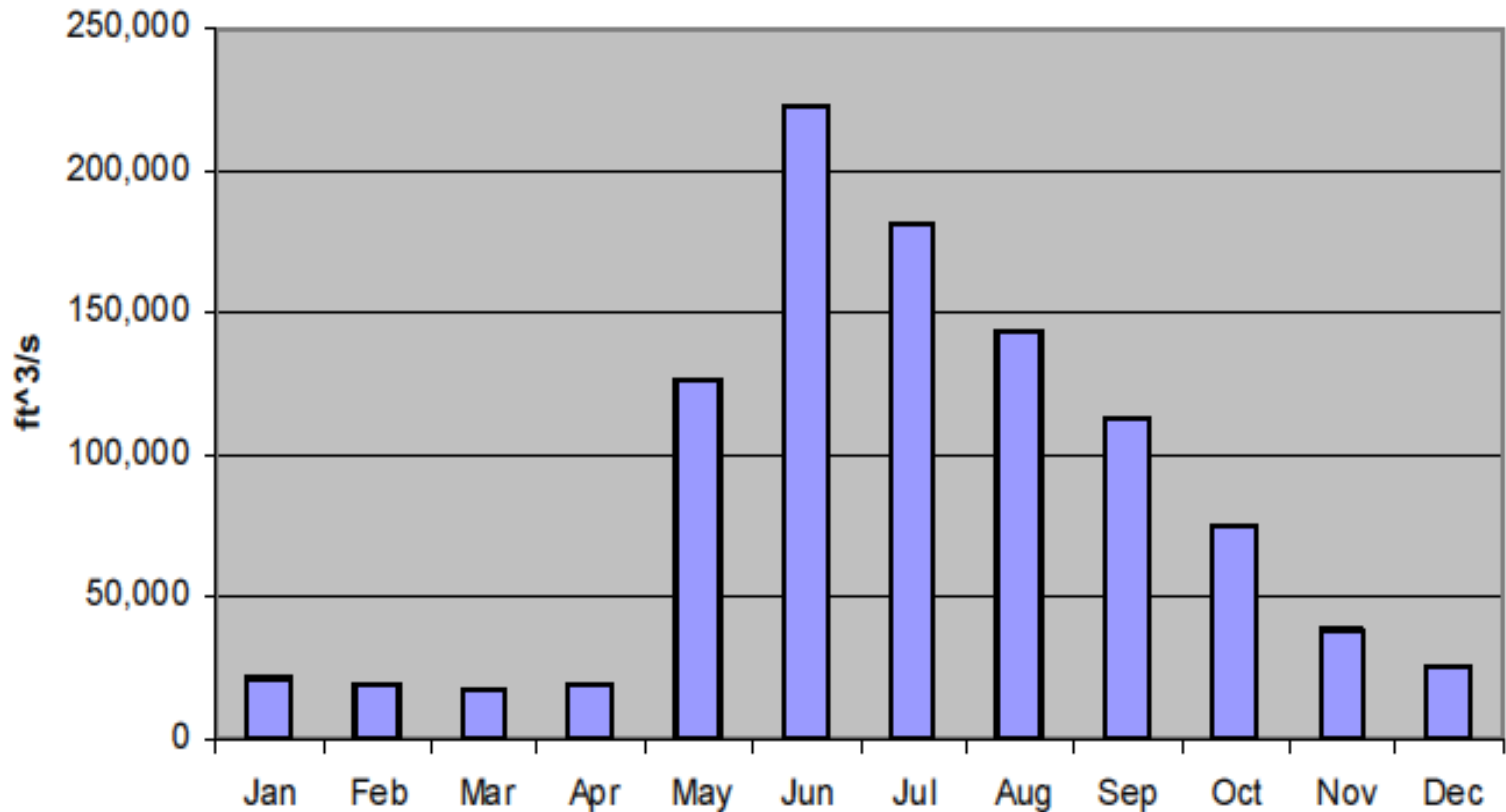
Et d'une rivière harnachée ...

Graph 6: Daily Flows of the Colorado River



Daily Streamflow Variations in the Colorado River at Lee's Ferry in September.
(U.S. Bureau of Reclamation, Upper Colorado Region, 2000, reproduced in Bergkamp *et al.*)

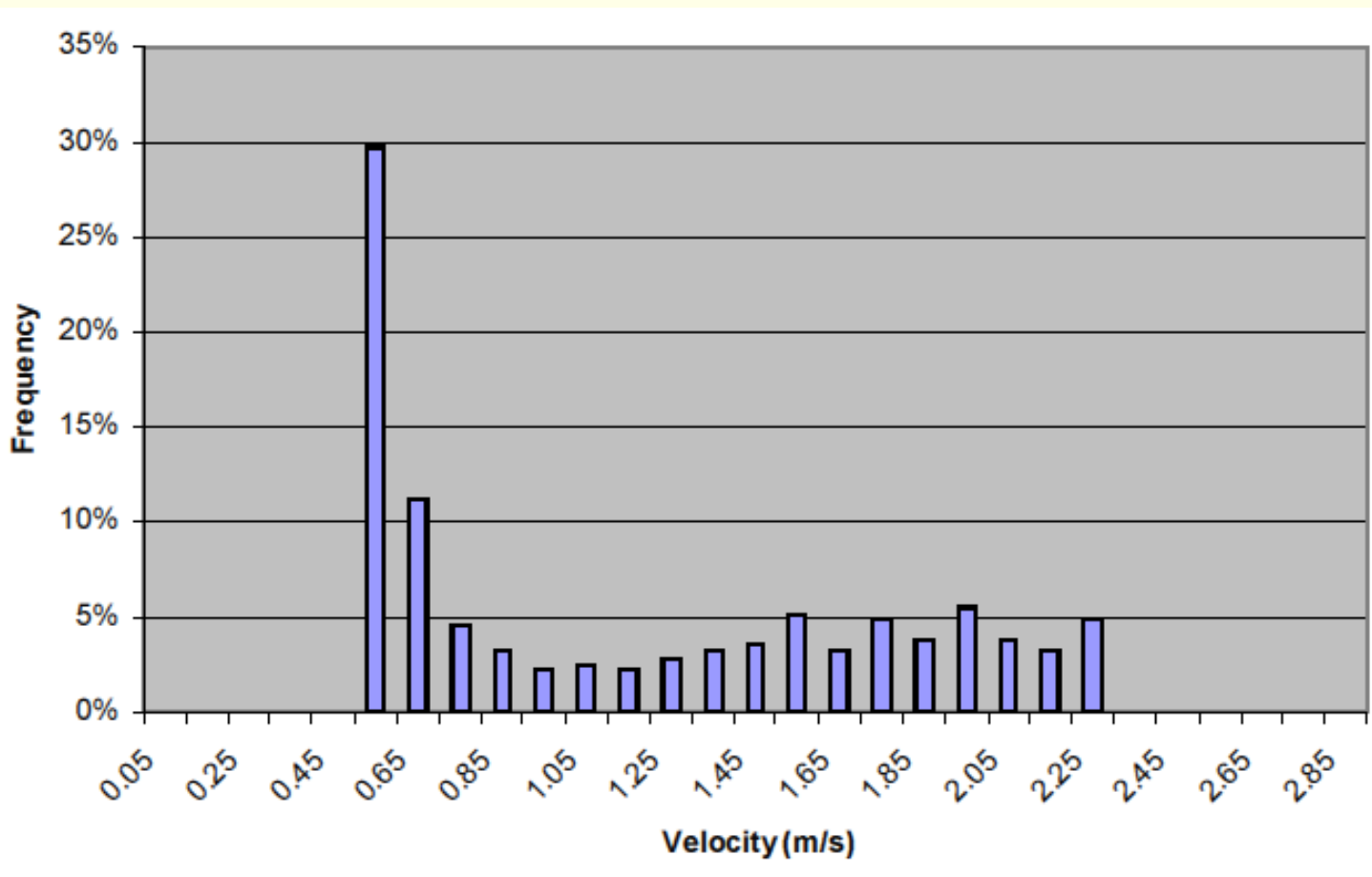
Débits mensuels moyens



la rivière Yukon à Eagle (Alaska)

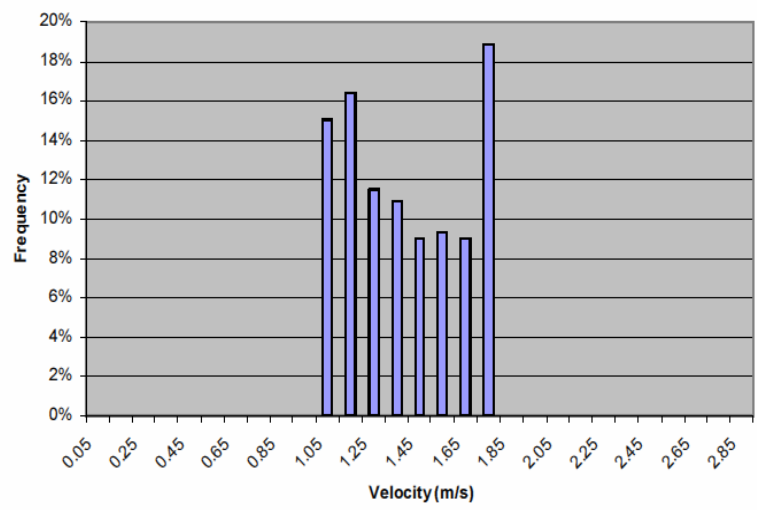
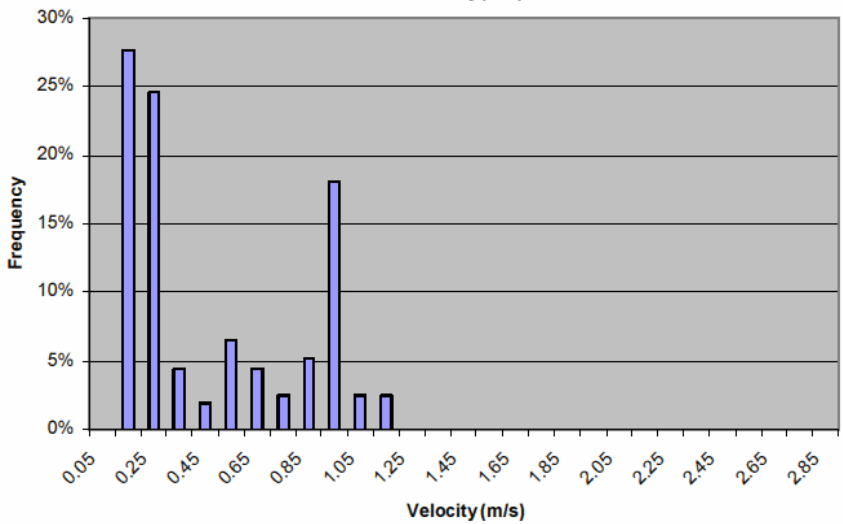
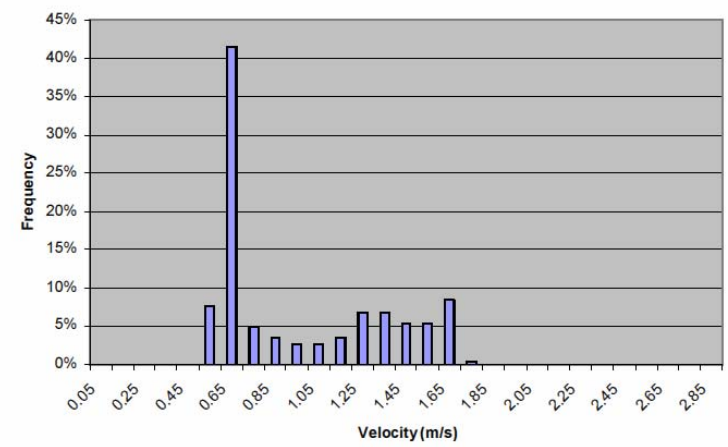
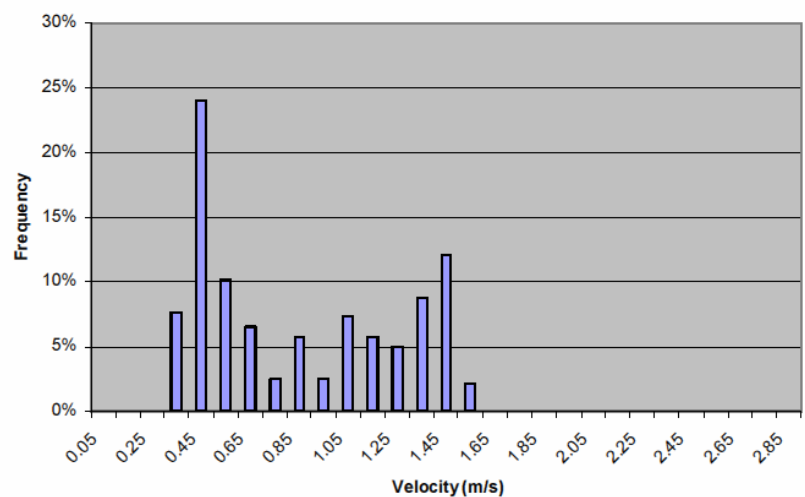
Distribution de vitesses

Rivière Yukon à Eagle



Distributions de vitesses

• Quatre autres sites en Alaska



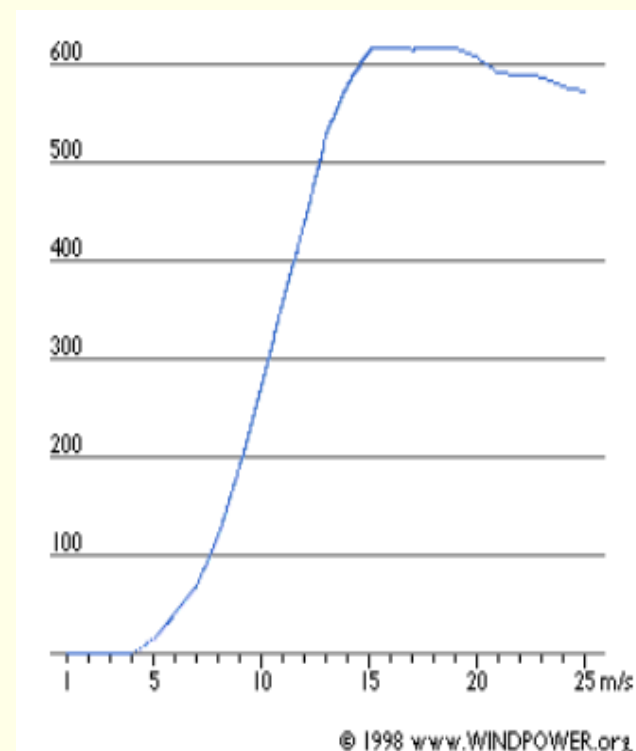
Courbe de puissance (éoliennes)

■ Production instantanée fonction de

- > vitesse des vents
- > courbe de puissance de la machine

■ Machines conçues en fonction de vitesses disponibles sur site

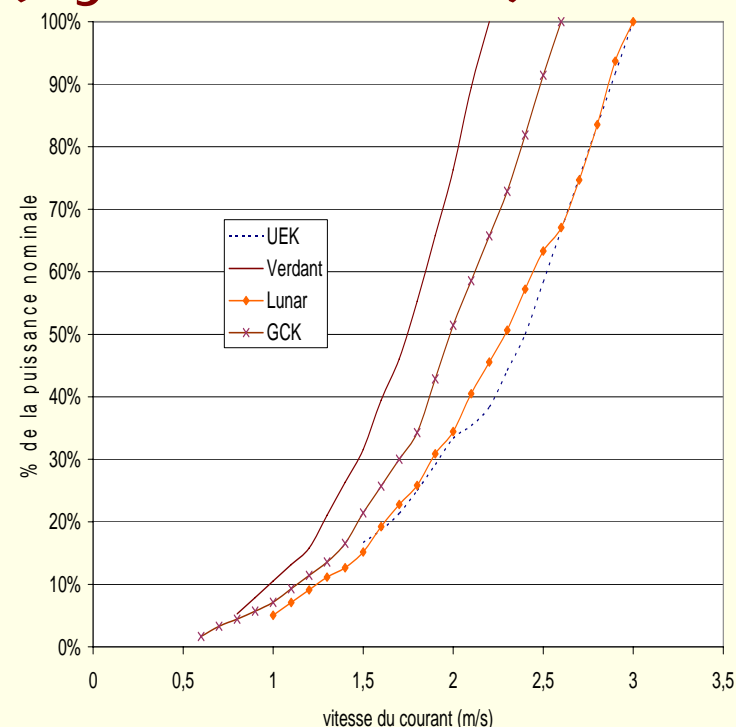
- > Pâles (superficie balayé) choisies en fonction du régime des vents



Courbe typique d'une éolienne

Courbes de puissance (hydroliennes)

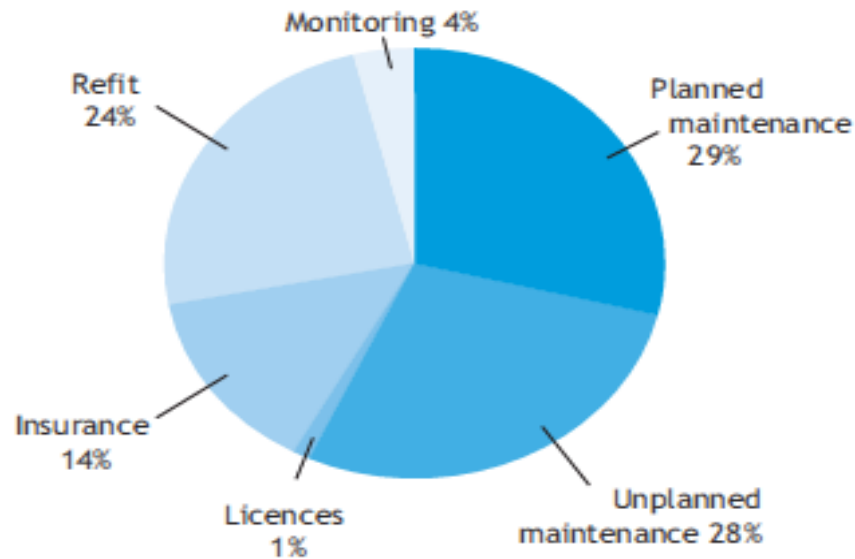
- Courbe calculées des hydroliennes
 - > Pas de plafonnement
- f.u. dépend de
 - > Définition de « puissance installée » d'une machine
 - > Relation entre
 - régime de vitesses
 - la courbe de puissance
- Peu d'information disponible sur régimes de vitesses, mais
 - > Selon informations disponibles, vitesses élevées semblent peu fréquentes



Coûts de O&M

- Peu ou pas d'expérience opérationnelle pour cette nouvelle filière

Figure 4 c) Breakdown of operation and maintenance costs for a wave farm



Coûts de O&M

- Extrapolation par rapport à la petite hydraulique
 - > Coûts annuels entre 1 et 3,2 % des coûts de construction
- Hydroliennes fluviales
 - > Plus élevé, dû au manque de maturité
 - > Coûts annuels estimés à 6% des coûts de construction

Calcul des coûts unitaires

■ Hypothèses retenues

- > Coût en capital (coût des installations) entre 1 700 \$ et 4 000 \$ le kilowatt installé
- > 65 % dette et 35 % avoir propre
- > Facteur d'utilisation (f.u.) de 50 à 90 %
- > Vie financière de 20 ans
- > O&M égal à 6 % des coûts des installations
- > Taux d'intérêt (réel) de 5 %
- > Rendement sur l'avoir propre de 15 %
- > Taux d'escompte (réel) de 7,5 %

Calcul des coûts unitaires

- Beaucoup d'incertitude
 - > Coûts d'investissement / kW installé
 - > Facteur d'utilisation
- Dépend surtout ...
 - > des régimes de vitesses sur les sites disponibles
 - > de la capacité de l'industrie de produire des machines capables d'exploiter ces courants

		Investissement requis (\$/kW)					
		1500	2000	2500	3000	3500	4000
f.u.	50%	6,5	8,6	10,8	13,0	15,1	17,3
	60%	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4
	70%	4,6	6,2	7,7	9,3	10,8	12,4
	80%	4,1	5,4	6,8	8,1	9,5	10,8
	90%	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6

Coûts unitaires (¢/kWh) (\$ 2012)

Conclusion

- Coûts unitaires entre 7 et 13 ¢/kWh semblent plausibles
 - > En fonction des hypothèses utilisées
 - > Si le défi d'apparier la technologie avec la ressource est relevé

Merci !

Philip Raphals

raphals@centrehelios.org

(514) 849-7091