



UNIL | Université de Lausanne



Vendredi 21 mars 2014

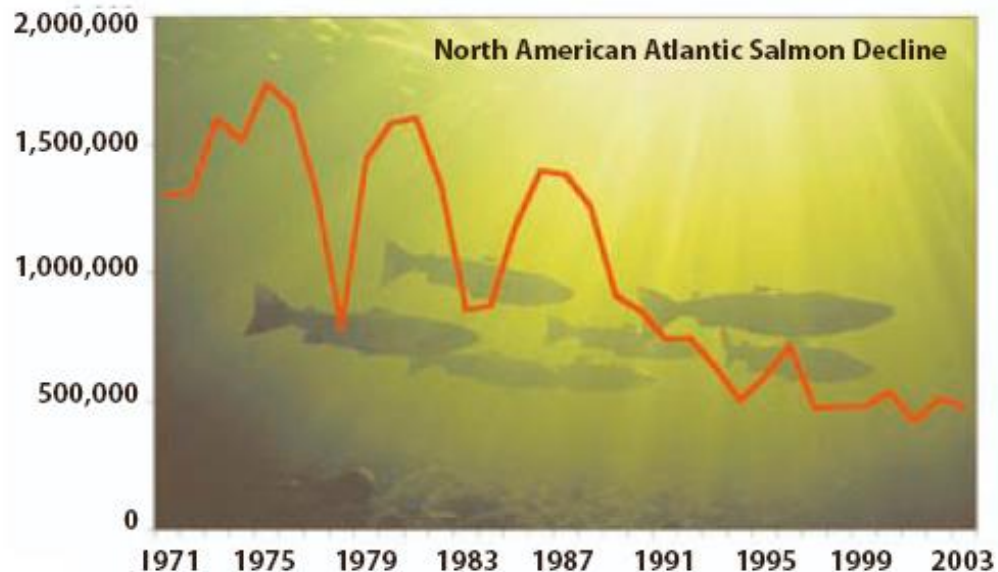
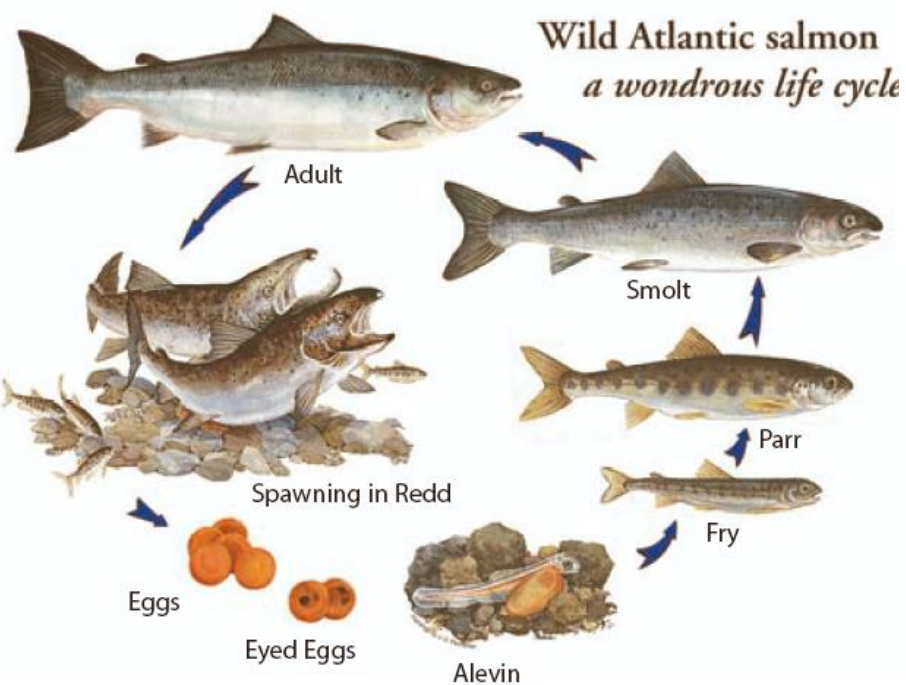
Que fait un poisson hydrauliquement et hydrologiquement heureux

Stuart N. Lane

Institut des dynamiques de la surface terrestre

stuart.lane@unil.ch

Introduction



64 hypothèses (ASF)
10 liés au bassin versant
dont 1 est « l'habitat »

Introduction

L'objective: si on va intervenir dans un bassin versant, quelle devrait être la priorité ?



Lane, S.N., 2008. What makes a fish (hydrologically) happy? A case for inverse modelling. *Hydrological Processes*, 22, 4493-5.

Que fait un poisson hydrauliquement et hydrologiquement heureux ? (une considération à deux échelles)

L'échelle des tronçons

La notion de la qualité d'habitat

Mesurer —————> Transformer

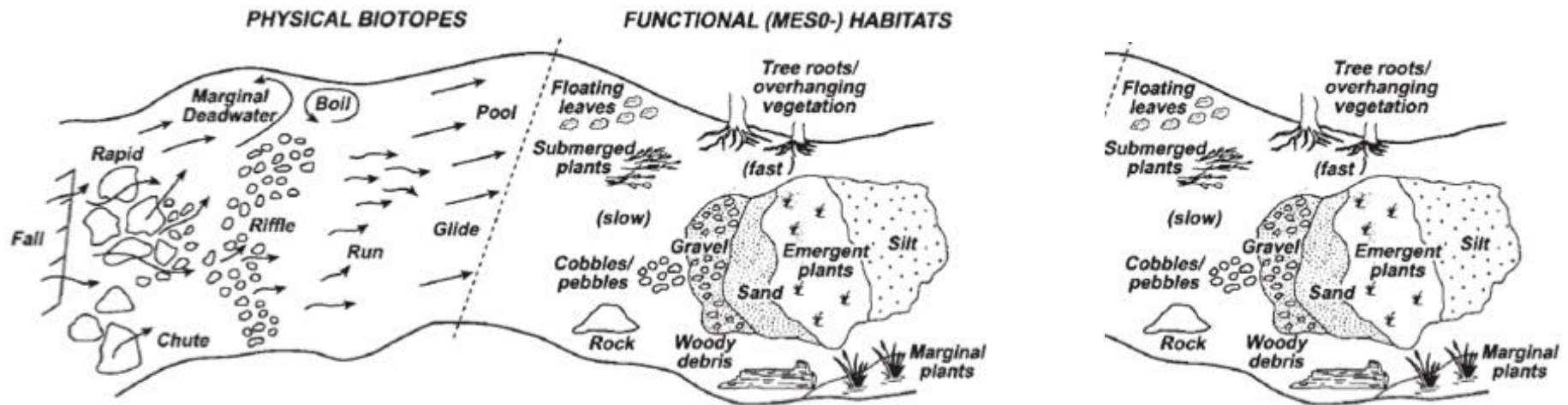


Figure 2 Physical biotopes and functional (meso-) habitats: a comparison for a hypothetical subreach

Remerciements, Newson et Newson, 2000

1. où est-il possible de vivre ?
2. combien d'organismes peuvent être soutenus ?

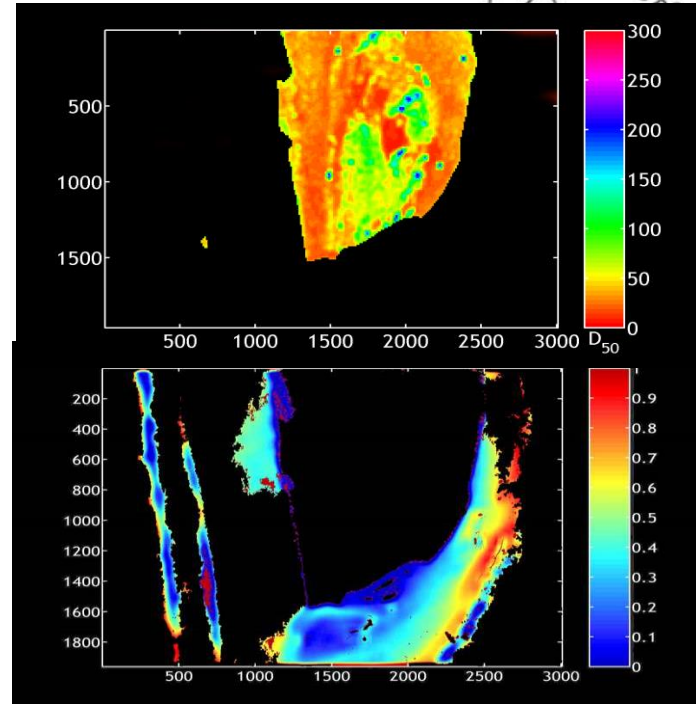
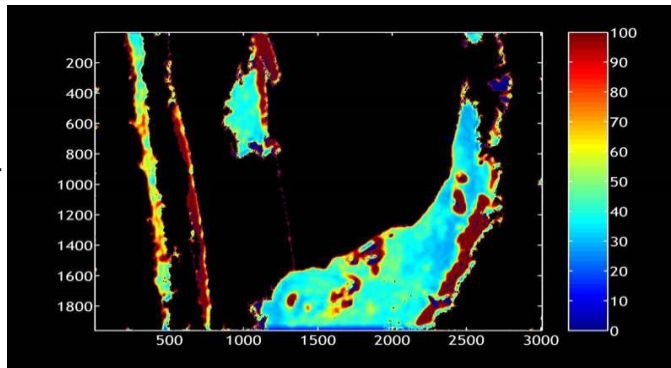
L'échelle des tronçons

Mesures des biotopes physiques

3cm resolution image

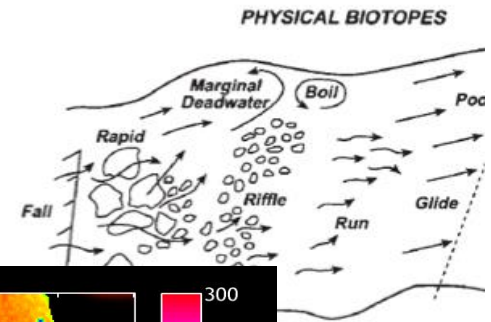


shallow area grain sizes



Dry area grain sizes

shallow area depths

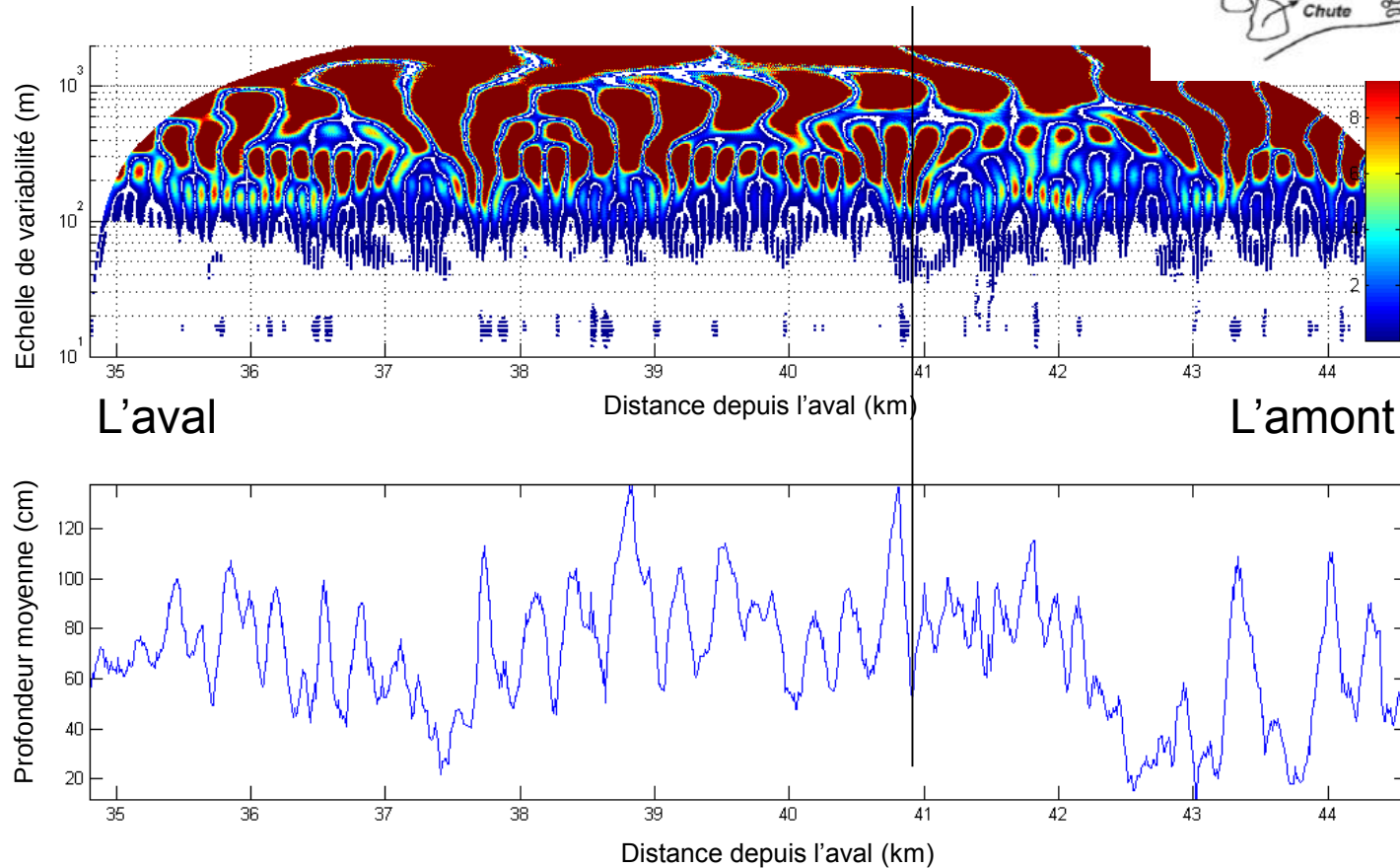
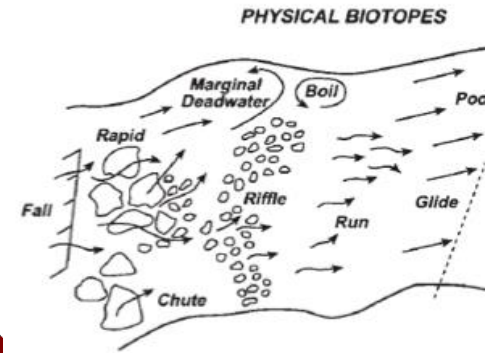


Traitement d'image automatisé permet l'extraction de la taille des grains et de la profondeur des informations pour chaque image. Les mesures de la taille des grains ont une résolution de 1m² et couvrent 86% de la branche principale de la rivière. Cela représente l'équivalent de plus de 3 millions d'échantillons de la taille des grains et 500 000 mesures de profondeur répartis sur l'ensemble de la rivière.

L'échelle des tronçons

Biotopes physiques: par ex. profondeur

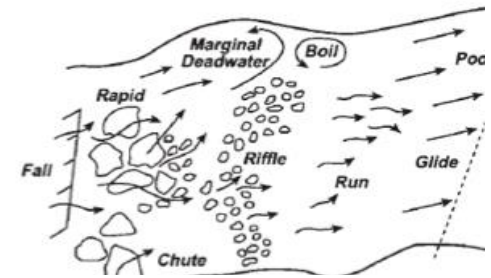
L'arrivée d'un affluent



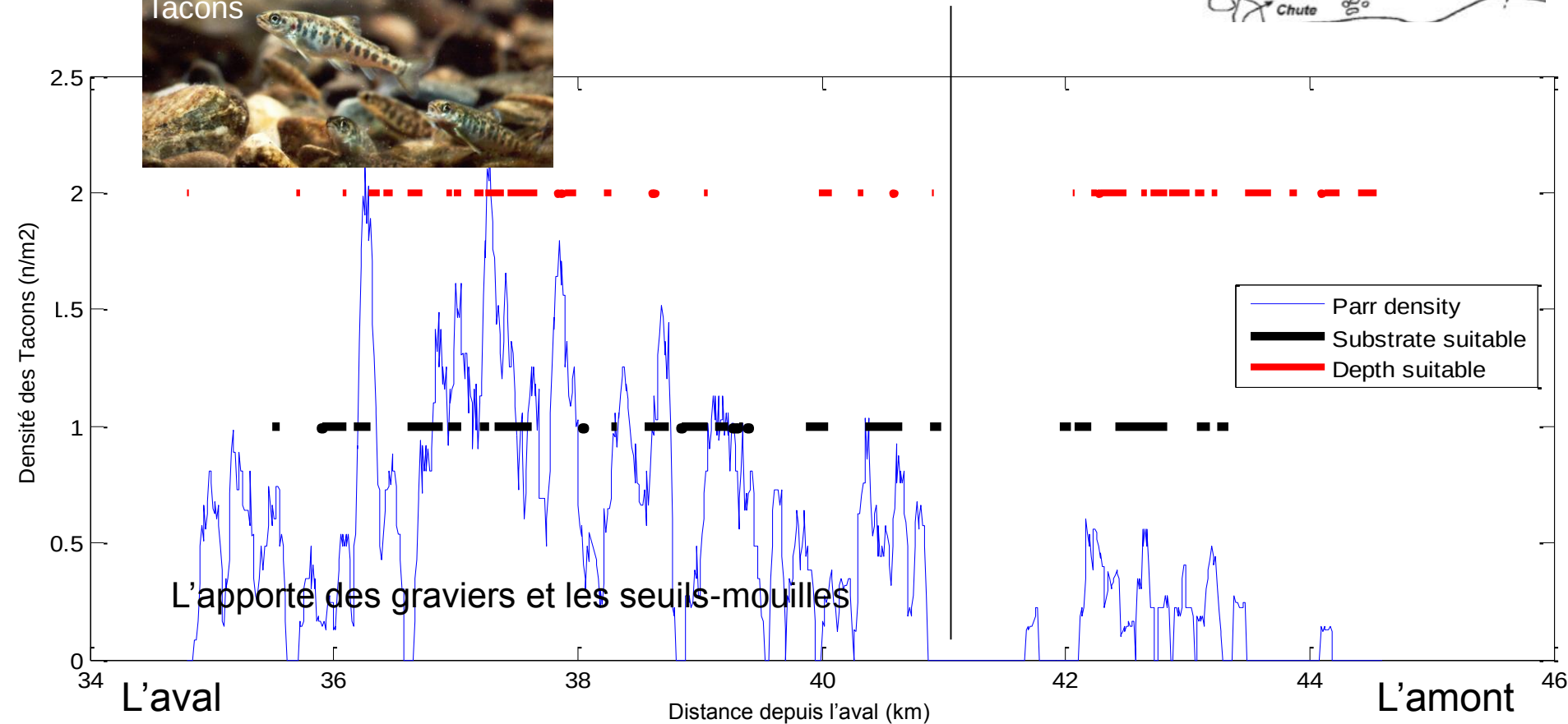
L'échelle des tronçons

Biotopes physiques: liens avec les poissons

PHYSICAL BIOTOPES



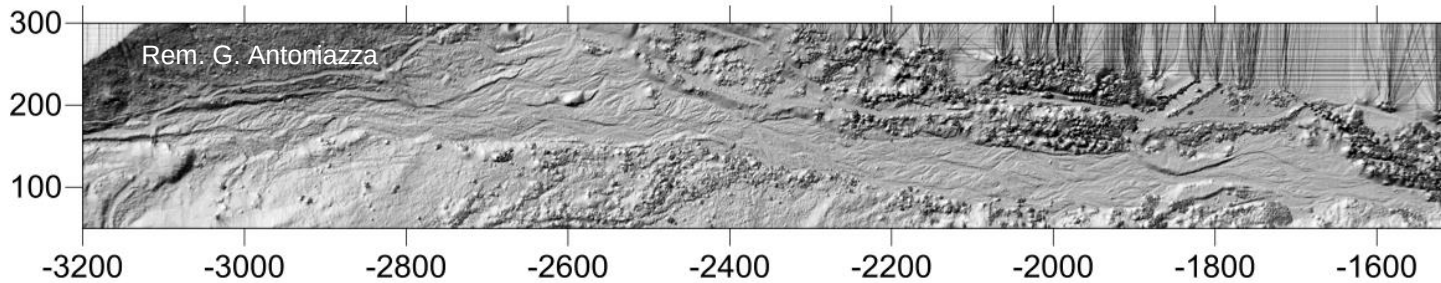
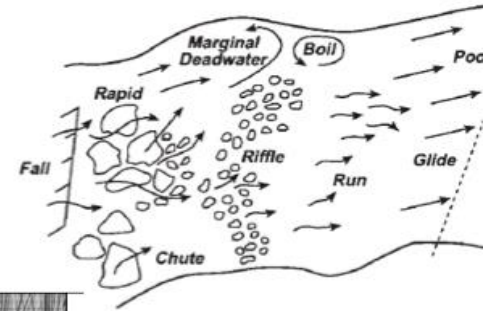
L'arrivée d'un affluent



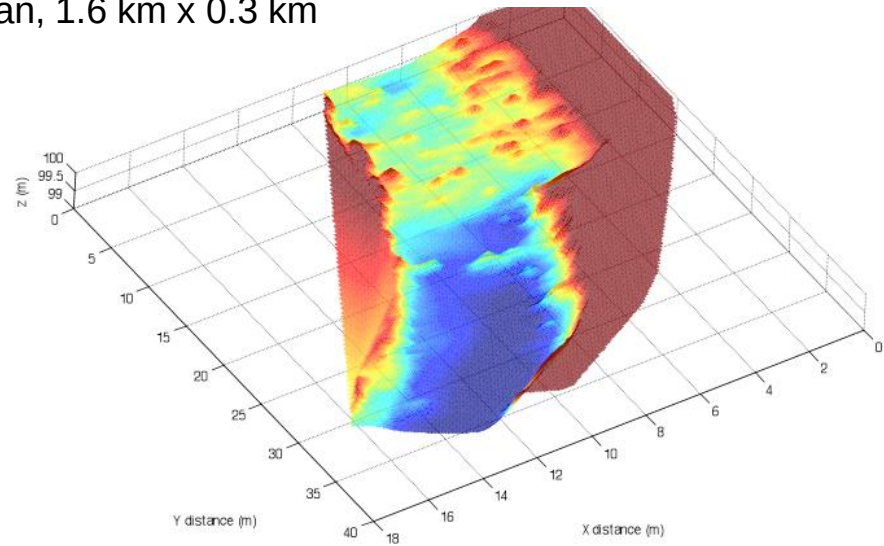
L'échelle des tronçons

Biotopes physiques: morphologie et vitesse

PHYSICAL BIOTOPES

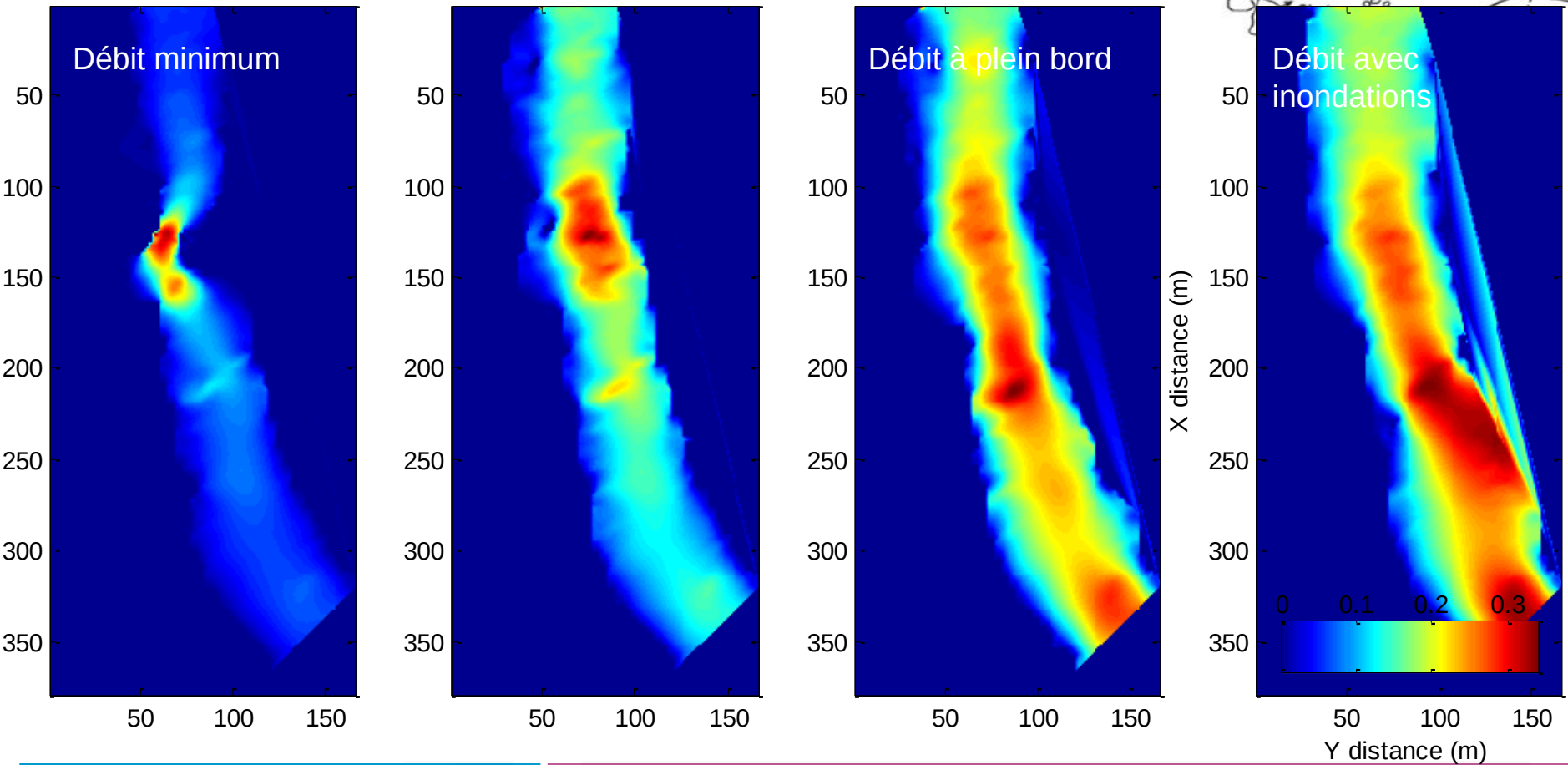
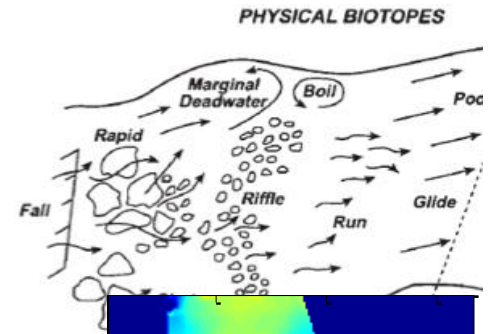


Lidar terrestre: 0.20 m résolution, 8 minutes de scan, 1.6 km x 0.3 km



L'échelle des tronçons

Biotopes physiques: modélisation hydraulique



L'échelle des tronçons

La notion de la qualité d'habitat

Mesurer → Transformer

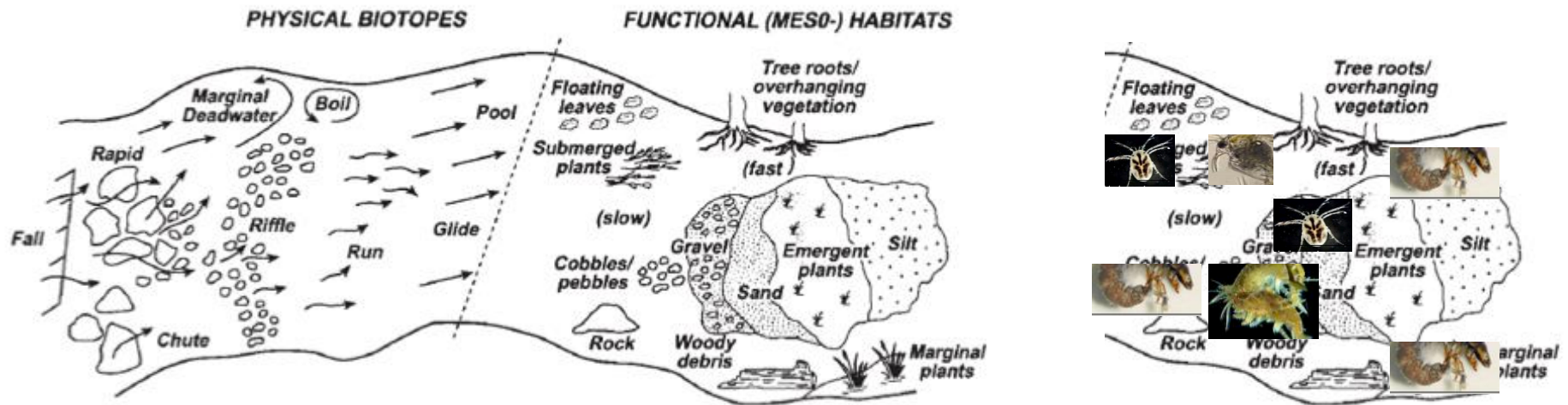


Figure 2 Physical biotopes and functional (meso-) habitats: a comparison for a hypothetical subreach

Remerciements, Newson et Newson, 2000

1. où est-il possible de vivre ?
2. combien d'organismes peuvent être soutenues ?

L'échelle des tronçons

Option 1 : l'hypothèse de la variabilité

- L'indice hydromorphique de la diversité (OFEV, 2012)
- Quantifier la diversité des éléments hydromorphiques

$$D_o = \left(1 + \frac{S_o}{m_o}\right)^{n_o}$$

- La diversité (Δ) d'un paramètre i peut-être défini par l'écart-type (σ) de ce paramètre normalisé par le moyen (μ), avec une puissance n

$$D_M = \left(1 + \frac{S_1}{m_1}\right)^{n_1} \times \dots \times \left(1 + \frac{S_o}{m_o}\right)^{n_o} \times \dots \times \left(1 + \frac{S_m}{m_m}\right)^{n_m}$$

- Avec plusieurs paramètres (m), on peut développer un index de la diversité :

$$D = \left(1 + \frac{S_d}{m_d}\right)^2 \left(1 + \frac{S_v}{m_v}\right)^2 \left(1 + \frac{S_f}{m_f}\right)^2 \left(1 + \frac{S_T}{m_T}\right)^2$$

profondeur vitesse taille des grains température

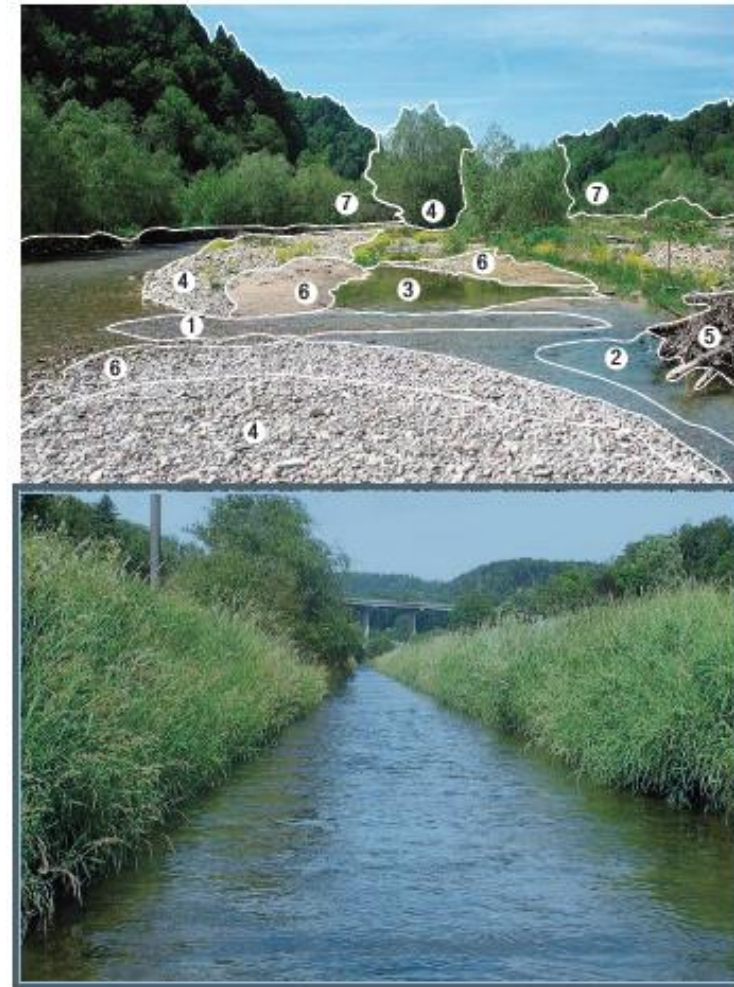


Fig. 1 En haut: tronçon de la Singine (FR) proche de l'état naturel avec des zones à fort courant (1), des zones profondes (2), des hauts-fonds (3), des bancs de gravier (4), du bois mort (5), différents substrats (6) et une large zone riveraine (7). En bas: tronçon endigué de la Bünz (AG) à faible diversité des habitats. Photos: Walter Gostner Rem. OFEV, 2012

L'échelle des tronçons

Option 2 : l'ajoute des connaissances écologiques

- Qu'est-ce que fait un poisson (par exemple) hydrauliquement heureux ?

Moi? Un bon endroit pour mes œufs et un copain pour les fertiliser

Quand tu veux frayer, qu'est-ce que tu aime?

C'est-à-dire, une vitesse entre 0.45 et 0.55 m/s et une profondeur entre 0.25 m et 0.40 m?

????



L'échelle des tronçons

Option 2 : l'ajoute des connaissances écologiques

- Qu'est-ce que fait un poisson (par exemple) hydrauliquement heureux ?



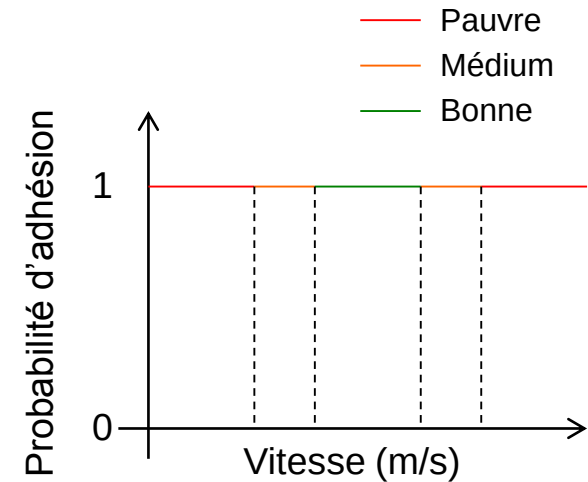
www.fs.fed.us

L'échelle des tronçons

Option 2 : l'ajoute des connaissances écologiques

- La notion de « préférence »

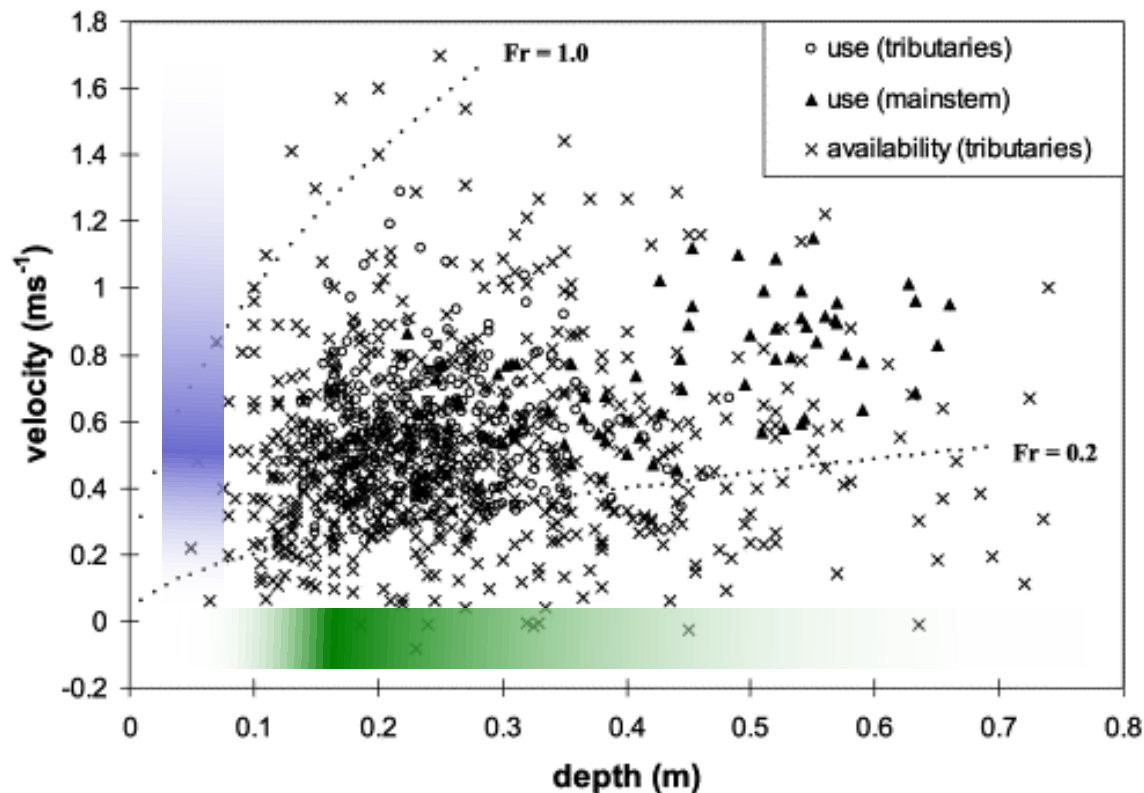
	Vitesse Pauvre	Vitesse Médium	Vitesse Bonne
Profondeur Pauvre	Habitat Pauvre	Habitat Pauvre	Habitat Peu bon
Profondeur Médium	Habitat Pauvre	Habitat Bon	Habitat Très bon
Profondeur Bonne	Habitat Peu Bon	Habitat Très bon	Habitat Excellent



L'échelle des tronçons

Option 2 : l'ajoute des connaissances écologiques

- La notion de « préférence »
- ... mais



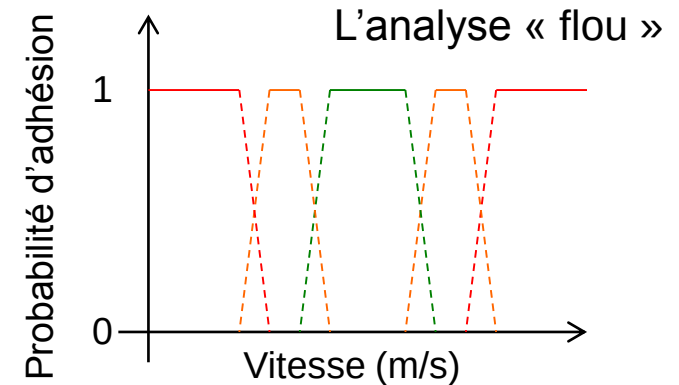
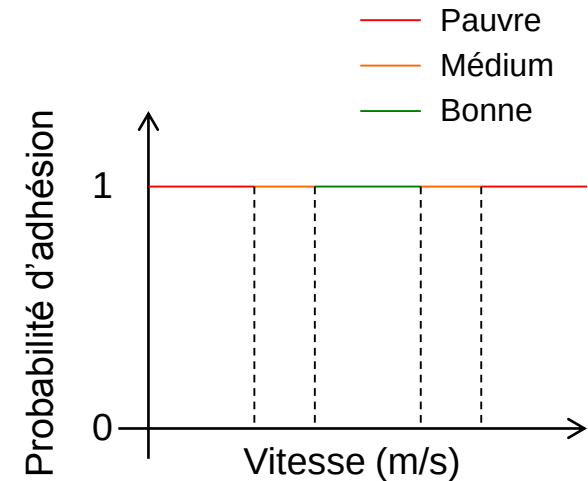
Armstrong, J.D. et al., 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. Fisheries Research, 62, 143–170

L'échelle des tronçons

Option 2 : l'ajoute des connaissances écologiques

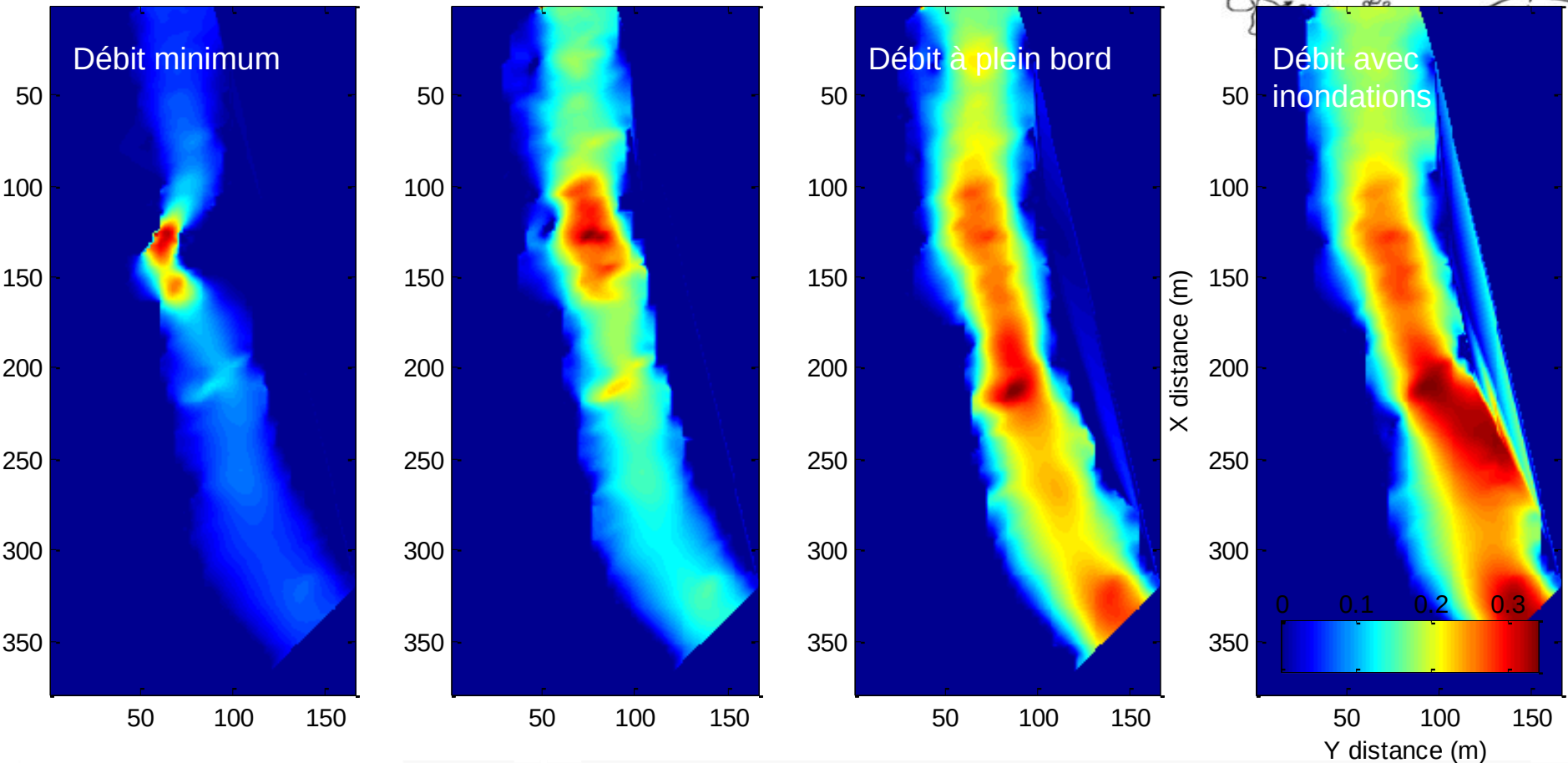
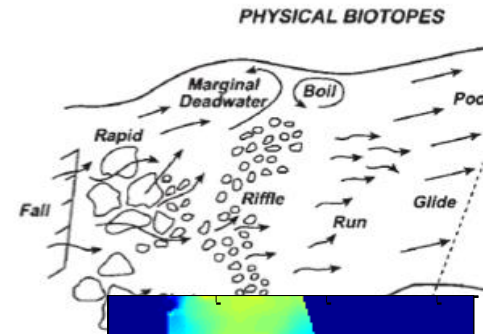
- La notion de « préférence »

	Vitesse Pauvre	Vitesse Médium	Vitesse Bonne
Profondeur Pauvre	Habitat Pauvre	Habitat Pauvre	Habitat Peu bon
Profondeur Médium	Habitat Pauvre	Habitat Bon	Habitat Très bon
Profondeur Bonne	Habitat Peu Bon	Habitat Très bon	Habitat Excellent



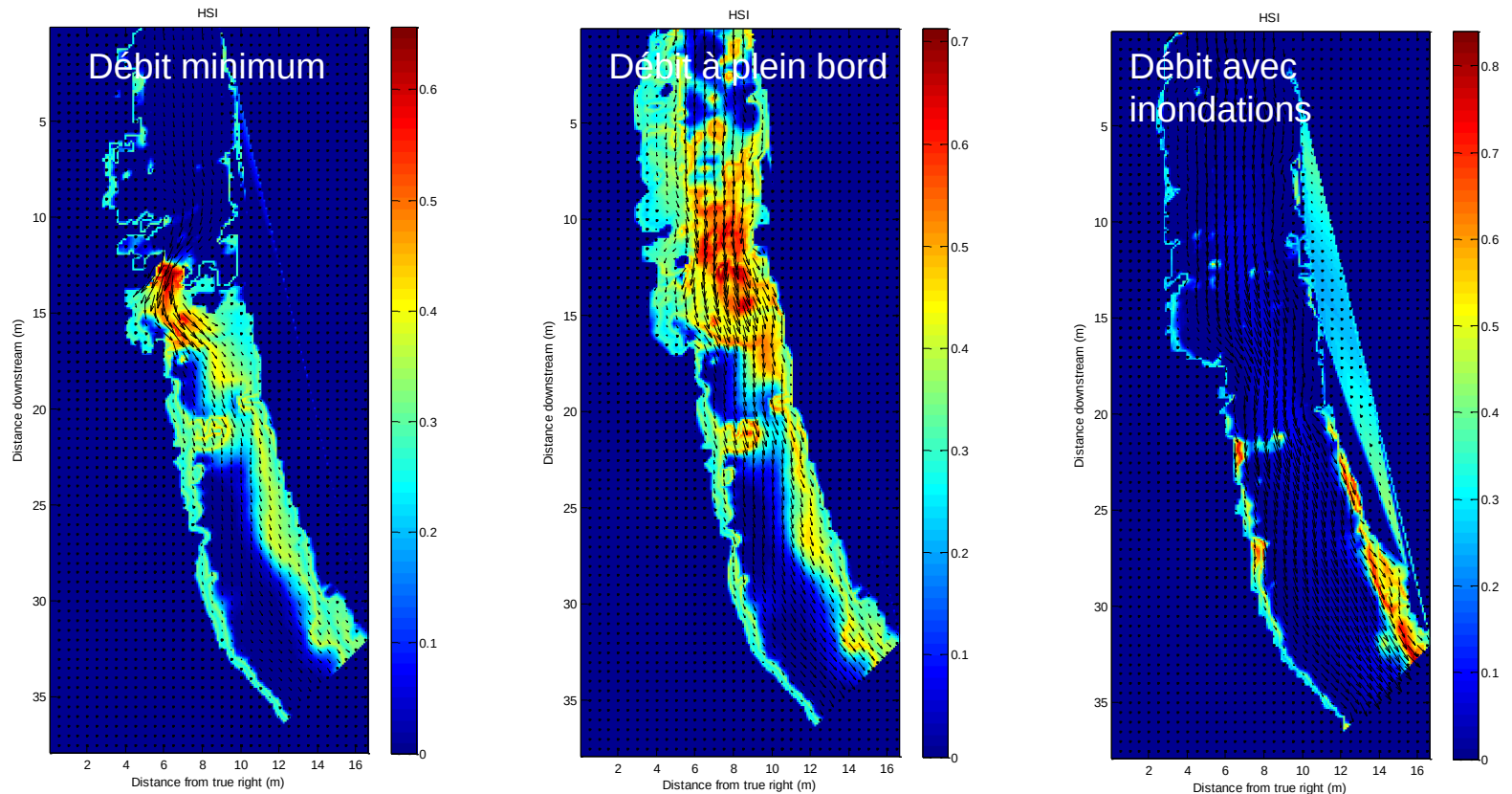
L'échelle des tronçons

Biotopes physiques



L'échelle des tronçons

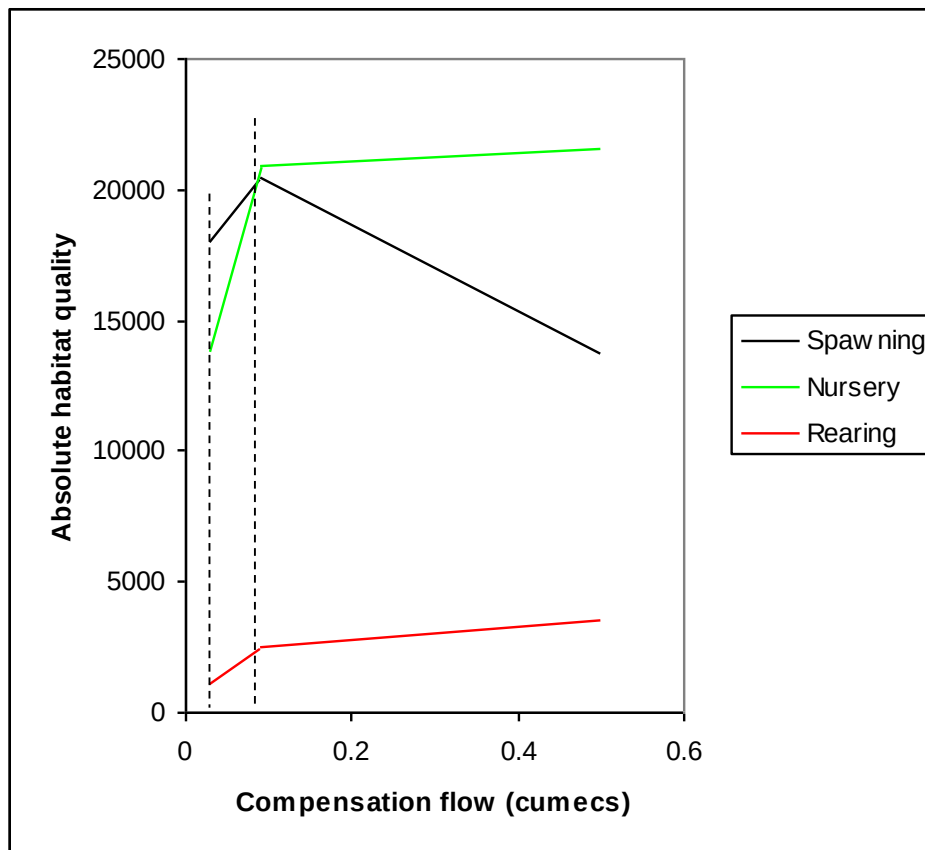
Habitat adéquation, frayage, saumon atlantique



L'échelle des tronçons

Habitat adéquat, frayage, saumon atlantique

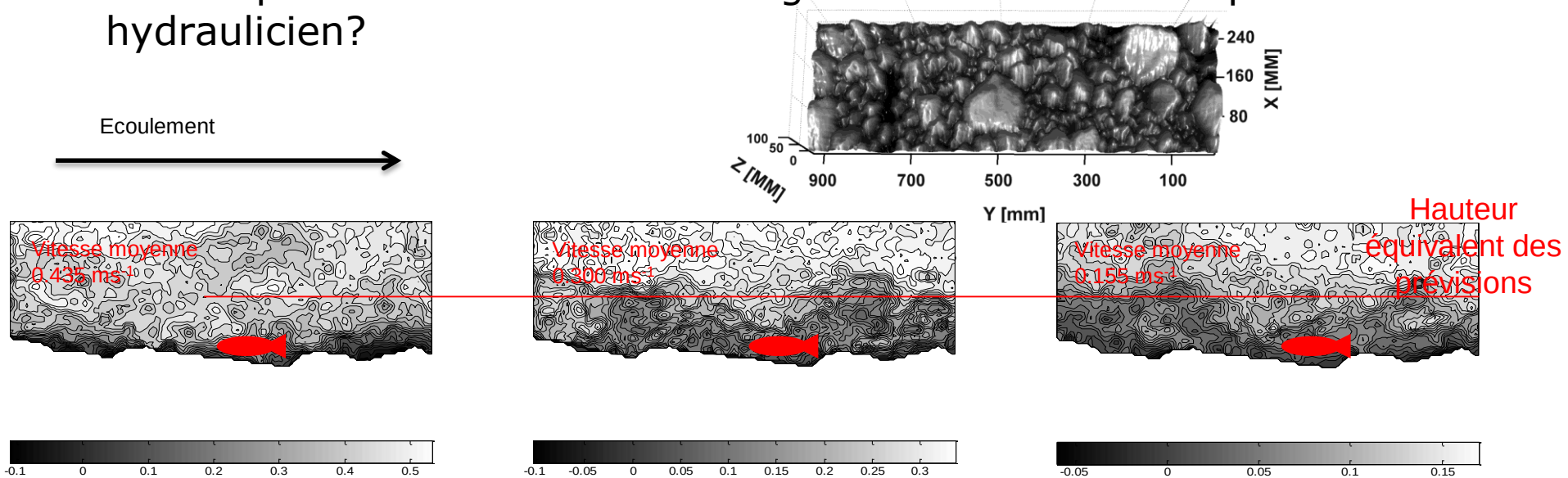
Par exemple – une étude des effets de la concession demandée



L'échelle des tronçons

Mais avec des enjeux ...

1. Une variabilité entre les espèces en terme de leurs besoins
2. L'analyse peut devenir très compliqué avec plusieurs espèces et ça nécessite des solutions – par ex. macroinvertébrés, l'analyse par groupe d'alimentation
3. Est-ce que les mesures d'un écologiste sont les mêmes qu'un hydraulicien?



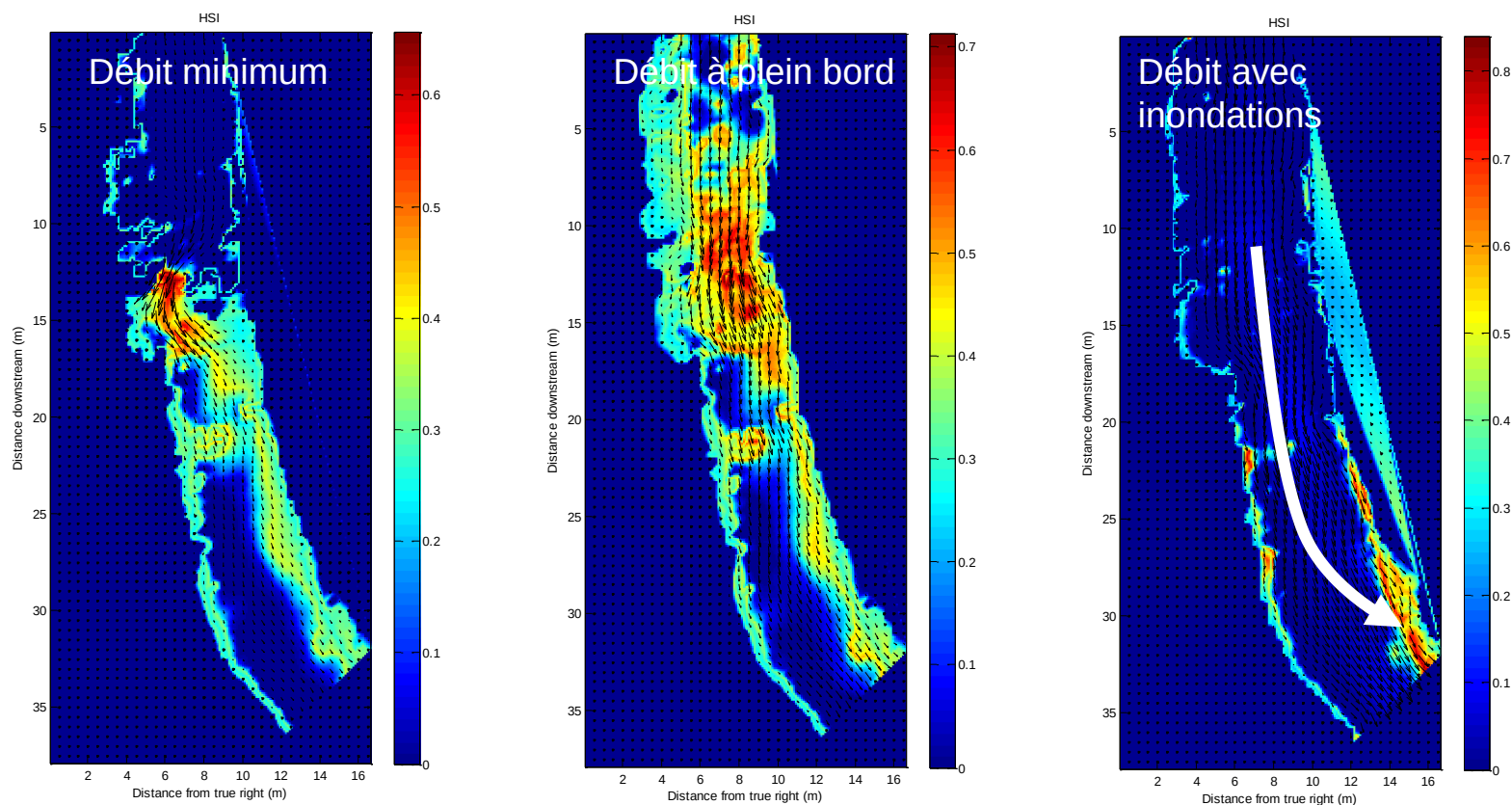
L'échelle des tronçons

Mais avec des enjeux ...

1. Une variabilité entre les espèces en terme de leurs besoins
2. L'analyse peut devenir très compliqué avec plusieurs espèces et ça nécessite des solutions – par ex. macroinvertébrés, l'analyse par groupe d'alimentation
3. Est-ce que les mesures d'un écologue sont les mêmes qu'un hydraulicien?
4. Les connexions sont de grande importance car souvent une espèce a besoin de plusieurs endroits différents
5. La variabilité par temps est de grande importance

L'échelle des tronçons

L'accès aux refuges



L'échelle des tronçons

Mais avec des enjeux ...

1. Une variabilité entre les espèces en terme de leurs besoins
2. L'analyse peut devenir très compliqué avec plusieurs espèces et ça nécessite des solutions – par ex. macroinvertébrés, l'analyse par groupe d'alimentation
3. Est-ce que les mesures d'un écologue sont les mêmes qu'un hydraulicien?
4. Les connexions sont de grande importance car souvent une espèce a besoin de plusieurs endroits différents
5. La variabilité par temps est de grande importance
6. C'est possible de sous-estimer l'habitat disponible car où se trouve un poisson n'est qu'où un poisson peut s'habiter si la densité des poissons est au maximum
7. C'est possible de surestimer l'habitat disponible car si tout l'habitat est utilisé, le comportement des poissons peut changer

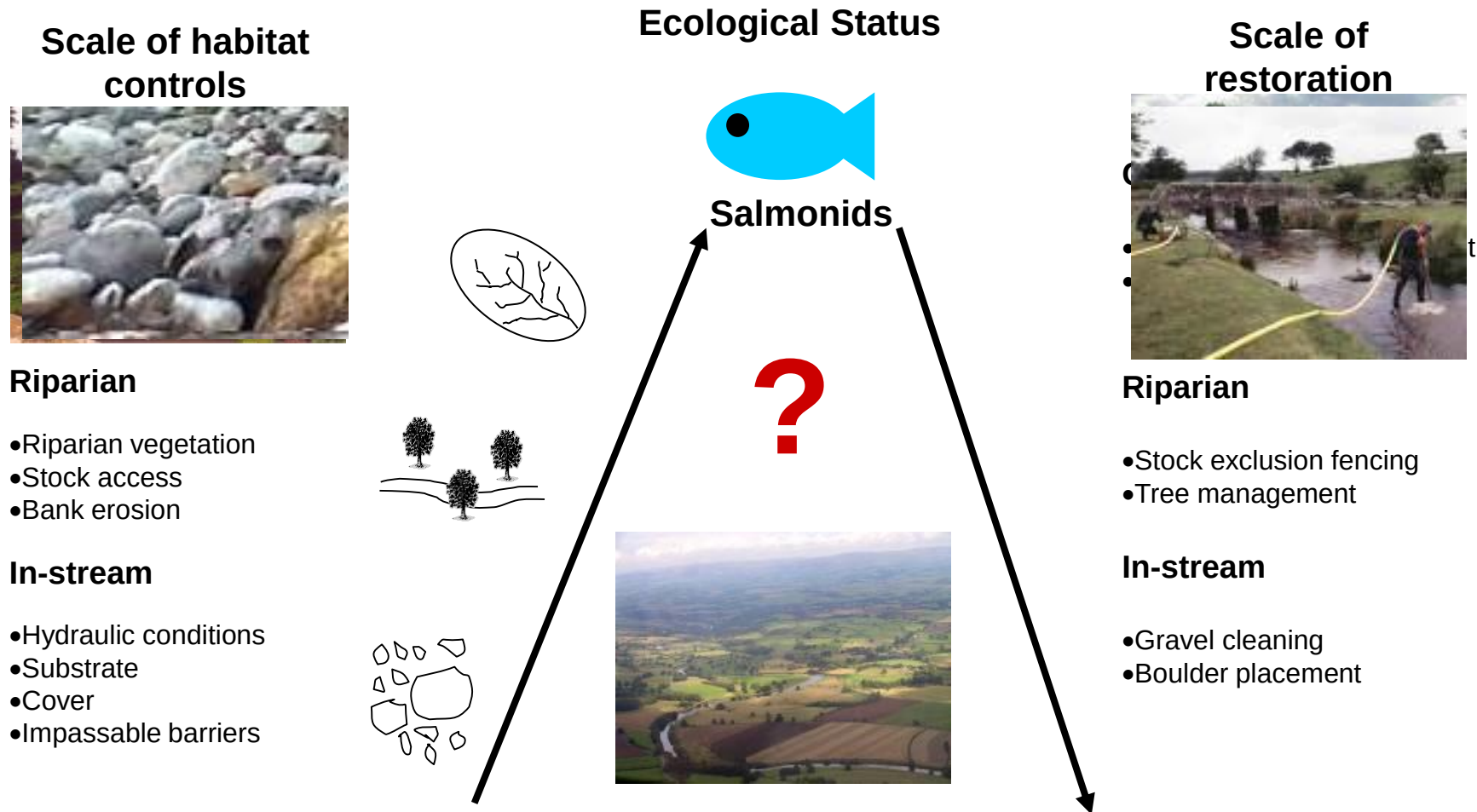
L'échelle des tronçons

... et, 8^{ième}, un enjeu qui est clé

Est-ce que c'est vraiment l'habitat
qui est le paramètre vraiment limitant ?

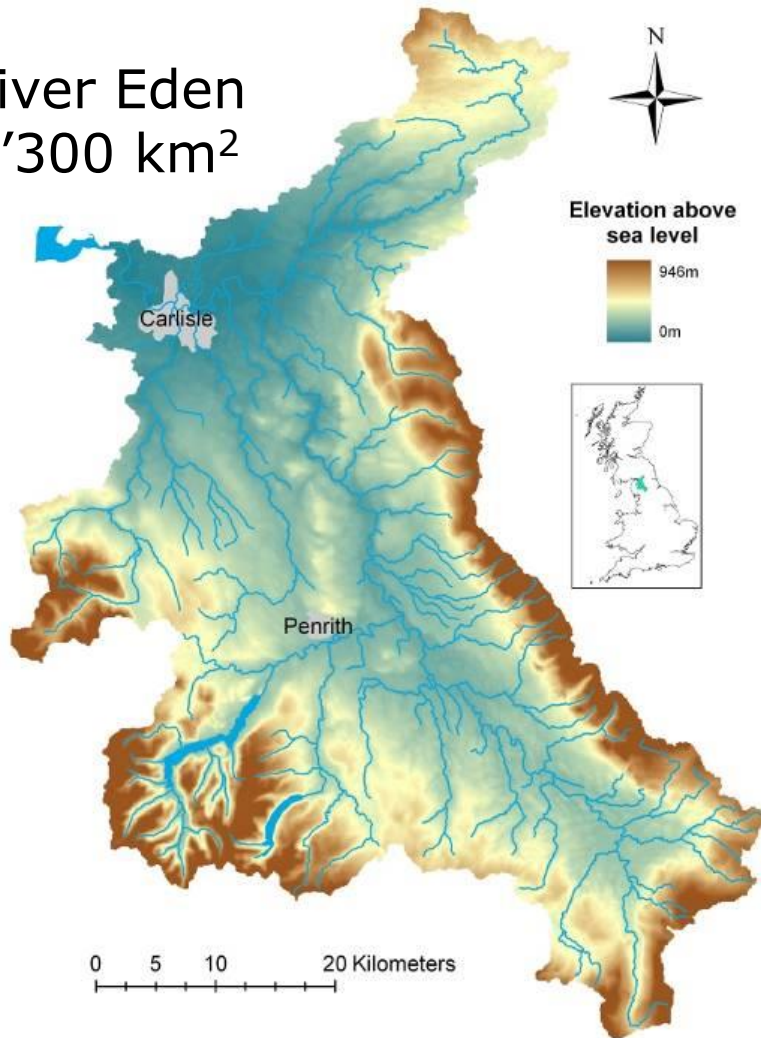
L'échelle d'un bassin versant

Des hypothèses qui varient avec l'échelle



L'échelle d'un bassin versant

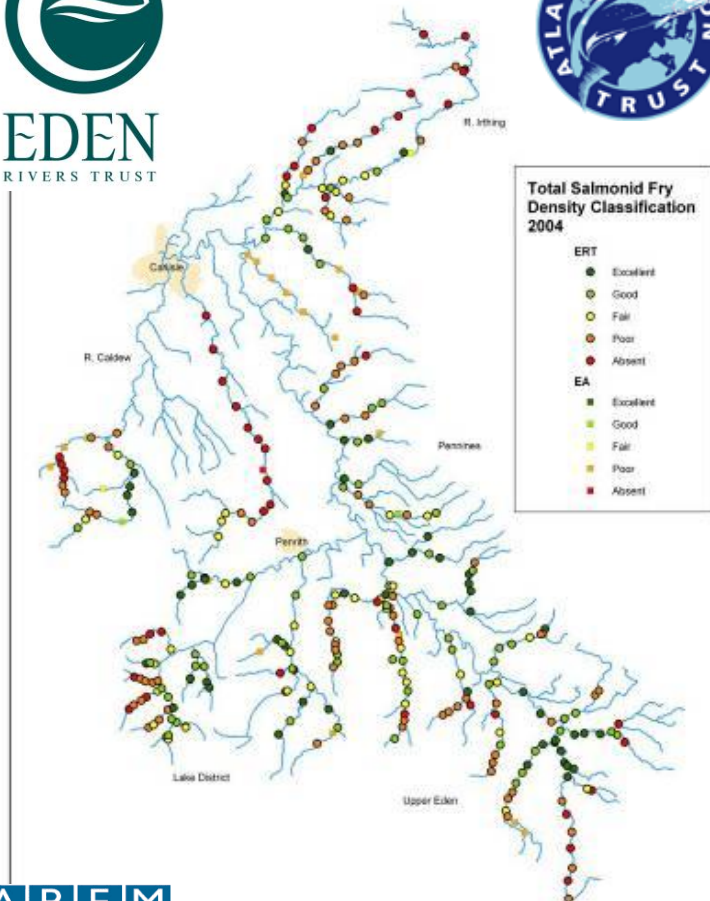
River Eden
2'300 km²



L'échelle d'un bassin versant



EDEN
RIVERS TRUST



APEM
AQUATIC SCIENTISTS

Environment
Agency

L'échelle d'un bassin versant

Deux étapes:

1. Le développement des indices qui ont un signature « écologique »
2. L'évaluation de ces indices avec des méthodes multi-variées à identifier les échelles d'importance

Avec un enjeu clé – les deux étapes doivent être informés par les poissons

L'échelle d'un bassin versant

Etape une: 1. Développement des indices : par ex. pollution diffuse

Risque d'érosion
f (sol, utilisation, topographie)



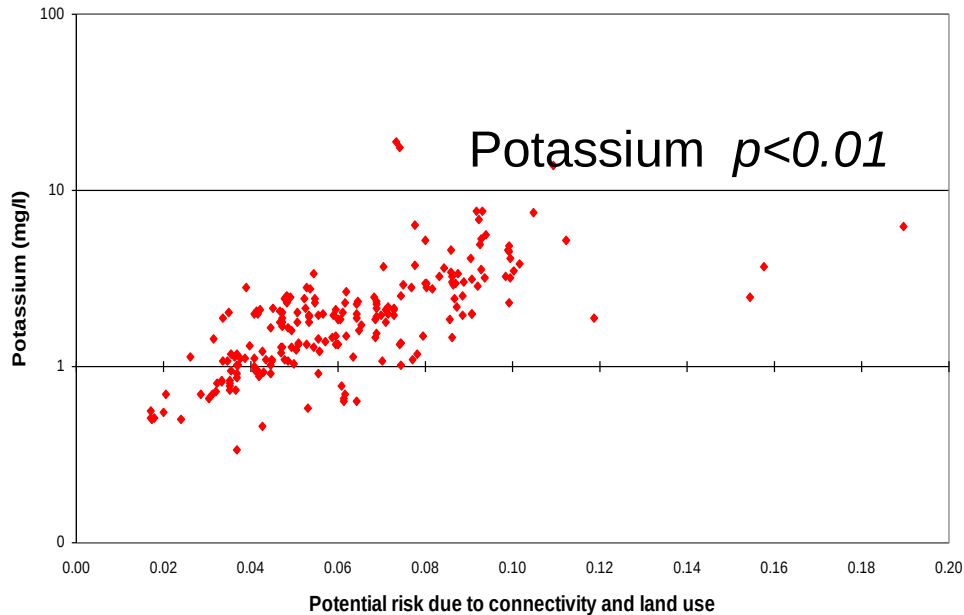
Risque de connexion
f (topographie, hydrologie)



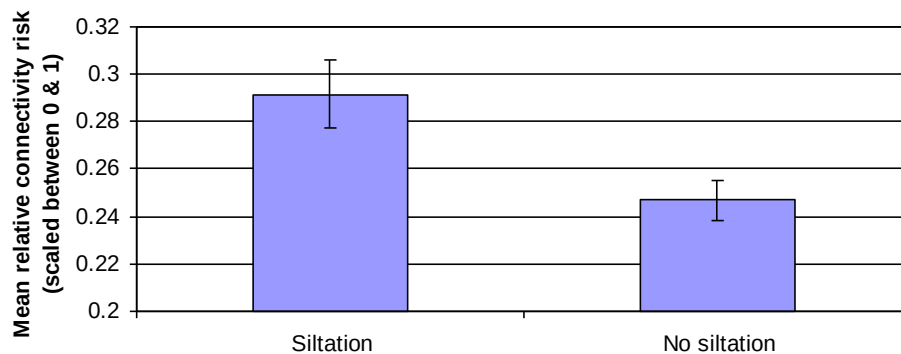
Dilution
f (hydrologie)



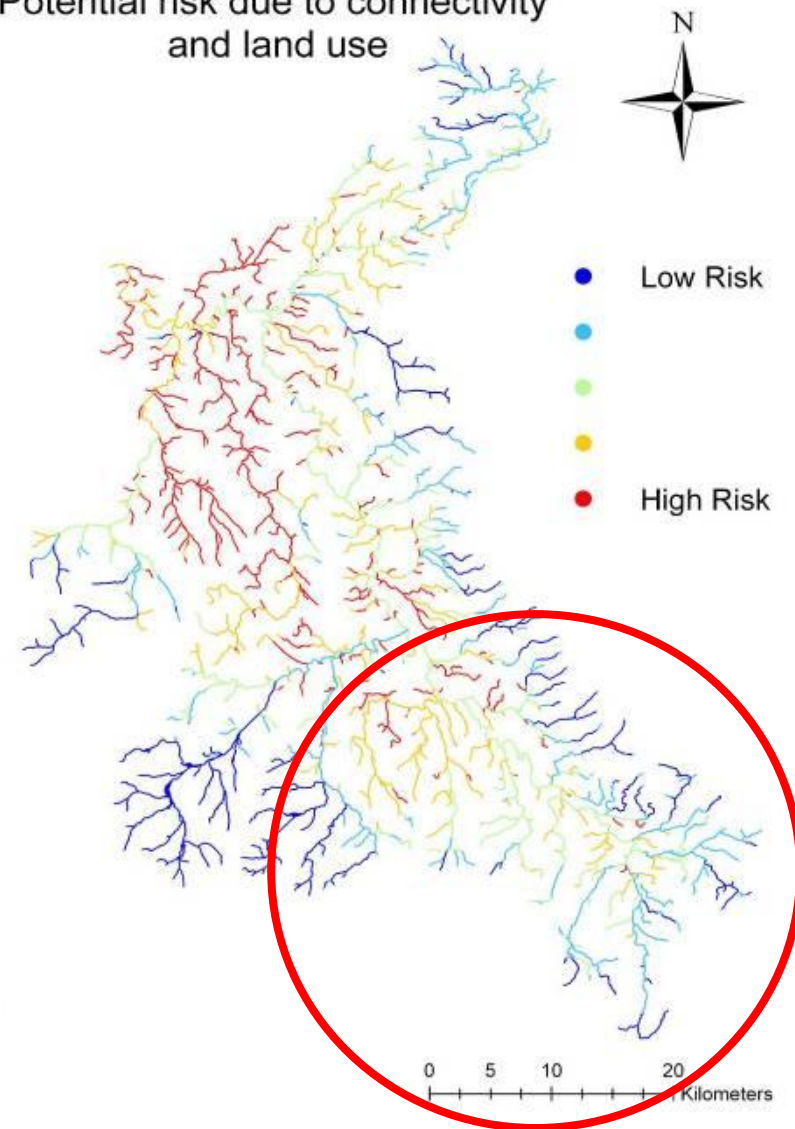
L'échelle d'un bassin v



Mean connectivity risk vs siltation of gravels

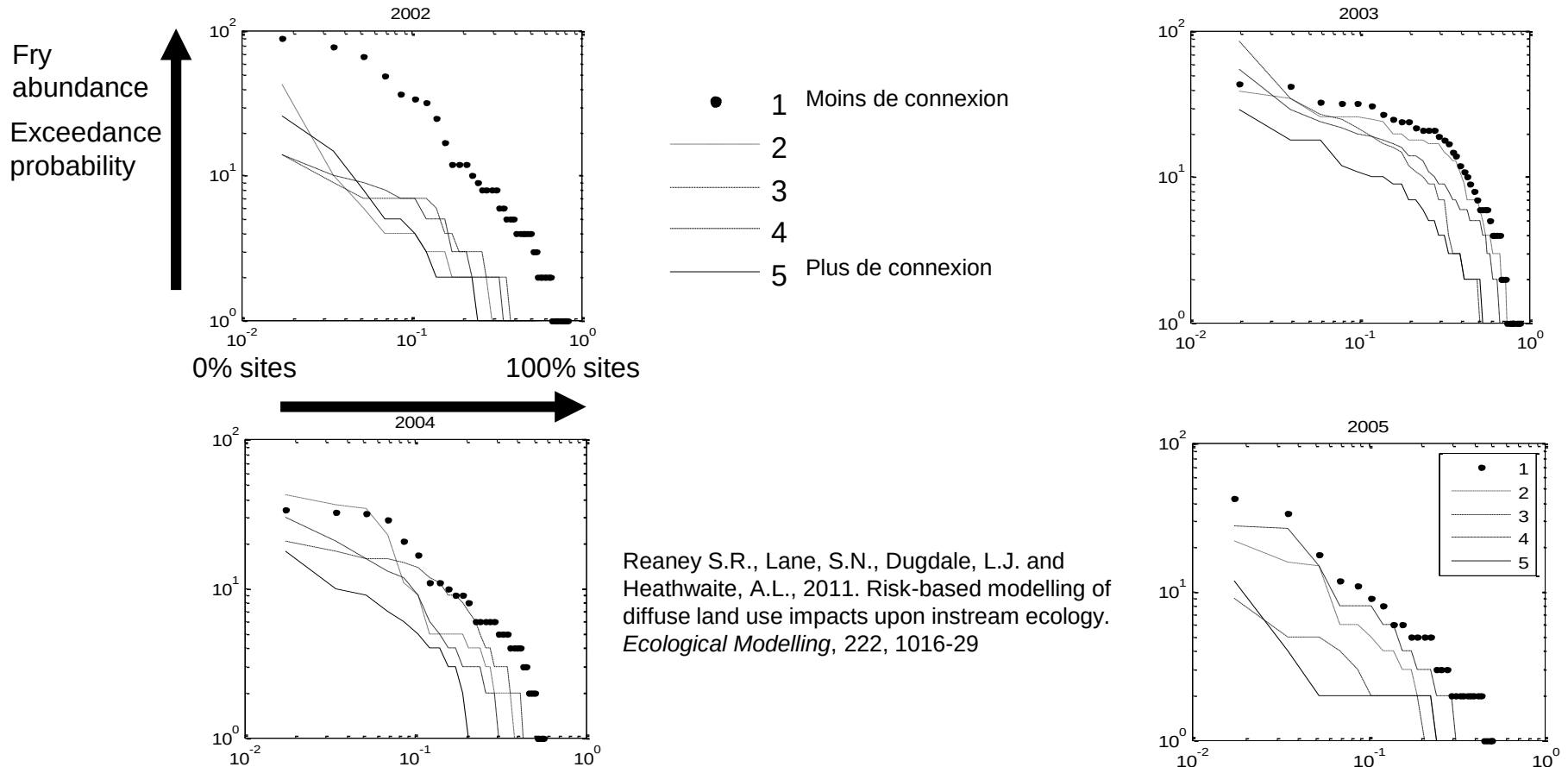


Potential risk due to connectivity and land use



L'échelle d'un bassin versant

Etape une: 1. Développement des indices



L'échelle d'un bassin versant

Etape une: 1. Développement des indices

Année	<i>p</i> valeur (t-test)	Alevin: présent	Alevin: absent
2002	0.0001	0.238 ±0.019	0.274 ±0.079
2003	0.0001	0.260 ±0.019	0.304 ±0.085
2004	0.0001	0.243 ±0.008	0.289 ±0.009
2005	0.05	0.249 ±0.024	0.269 ±0.020

niveau de
connexion
(moyen)

erreur-
type



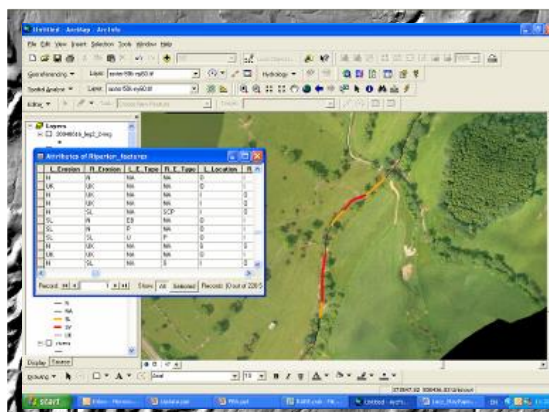
Une grande crue, 2005

L'échelle d'un bassin versant

Etape 2: méthodes multivariées



- Images aériennes
- Données topographiques
- Intégration dans un SIG avec les données semi-quantitatives liées aux poissons



Rem. Lucy Dugdale, Eden Rivers Trust

Variable	Source	GIS data type	Description and assumed impact based on expert opinion	Coding/Units	Included in salmon (S) and/or trout (T) analyses	Included in fry (F) and/or parr (P) analyses
Fish variables						
Trout fry abundance	EGIS	Raster	Trout fry production within trout parr range is assumed to affect parr production	Interpolated N5min ⁻¹ within 2,000m radius	T	P
Salmon fry abundance	EGIS	Raster	Salmon fry production within trout parr range is assumed to affect parr production	Interpolated N5min ⁻¹ within 2,000m radius	S	P
In-stream controls (tronçon)						
Dominant substrate	E	Point	Dominant substrate present within the site ranked according to assumed habitat suitability for fry. Class 3 most suitable, class 1 least suitable.	3 gravel/pebble 2 cobble/boulder 1 bedrock/sand/silt	S&T	F
Dominant substrate	E	Point	Dominant substrate present within the site ranked according to assumed habitat suitability for parr. Class 3 most suitable, class 1 least suitable.	3 cobble/boulder 2 gravel/pebble 1 bedrock/sand/silt	S&T	P
Gravel presence	E	Point	Gravel present, even if not dominant. It is assumed gravel is the preferred substrate for spawning and fry. It can be used as a proxy for proximity to spawning habitat.	1 present 0 absent	S&T	F
Gravel siltation	E	Point	Evidence of siltation within site. Silt is assumed to have a detrimental impact on habitat due to reduced oxygen levels within gravels and salmonid redds.	1 present 0 absent	S&T	F
Channel width	P	Point	Channel width is assumed to affect the ratio of bankside cover available relative to the wetted surface area. It also accounts for the scale of habitat occupied.	Metres	S&T	F&P
Impassable barrier	EA	Point	Sites upstream of impassable barriers (artificial or natural) to fish migration are assumed to have lower trout abundance and no salmon.	1 upstream of barrier 0 no barrier	T	F&P
Percentage pool	E	Point	The percentage of pool habitat within each electrofishing site is recorded. Pools are considered an important component of parr habitat.	Percentage of total area	S&T	P
Channel slope	D	Raster	Channel slope (%) at the site.	Percentage slope	S&T	F&P
Physical biotope	D	Raster	Flow types predicted from channel slope have been ranked according to their assumed habitat suitability for fry. 5 most suitable, 0 least suitable.	5 riffle 3 cascade 1 run 4 step pool 2 rapid 0 pool/glide	S&T	F

Rem. Lucy Dugdale, Eden Rivers Trust

Variable	Source	GIS data type	Description and assumed impact based on expert opinion	Coding/Units	Included in salmon (S) and/or trout (T) analyses	Included in fry (F) and/or parr (P) analyses
Riparian-scale controls « Le corridor riverain »						
Erosion presence	E	Point	Bank erosion of any type present within reach.	1 present 0 absent	S&T	F&P
Stock access	E	Point	Agricultural stock able to access the river from either or both banks. Stock access is assumed to have a detrimental impact through bank erosion & nutrient inputs.	1 access 0 no access	S&T	F&P
Erosion on both banks	P	Line	Presence of erosion on both, one or no banks. It is assumed that erosion on both banks is more detrimental than erosion on one bank or no erosion as a result of channel over-widening.	2 Erosion on both banks 1 Erosion on one bank 0 No erosion	S&T	F&P
Erosion severity	P	Line	Severe bank erosion is assumed to be more detrimental than non-severe erosion or no erosion.	2 Severe Erosion 1 Erosion but not severe 0 No erosion	S&T	F&P
Stock erosion	P	Line	Accelerated bank erosion due to stock bank trampling is assumed more detrimental to salmonids than other forms of fluvial or topographic erosion.	1 Stock erosion 0 No stock erosion	S&T	F&P
Fluvial erosion	P	Line	Bank erosion due to fluvial processes can result in bank undercutting providing cover or changes to channel morphology if severe and on both banks.	1 Fluvial erosion 0 No fluvial erosion	S&T	F&P
Overhead tree cover	P	Line	Percentage of channel cover provided by riparian trees. It is assumed that high levels of cover are detrimental to salmon due to reduced autochthonous production, but advantageous to trout due to increased cover	1 >90% 4 25-50% 2 75-90% 5 <25% 3 50-75%	S&T	F&P
Tunnelled vegetation	E	Point	Tunnelled vegetation with low levels of light penetrating the canopy is assumed to have a detrimental impact due to reduced autochthonous production.	1 tunnelled 0 not tunnelled	S&T	F&P
Riparian land cover	E	Point	Dominant adjacent land cover within the site ranked according to the degree of intensification, from 1 most intensive to 0 least intensive. It is assumed greater intensification will lead to reduced salmonid abundance.	0 other 0.05 moorland/woodland 0.3 extensive pasture 0.7 intensive pasture 1 arable	S&T	F&P

Rem. Lucy Dugdale, Eden Rivers Trust

Habitat control	Factor Number						
	1	2	3	4	5	6	7
In-stream habitat controls							
Dominant substrate	-.034	.056	.007	.017	.157	.008	.808
Gravel presence	.137	.032	.066	.003	-.001	-.015	.802
Gravel siltation	.362	.144	.239	-.044	.123	.147	.200
Channel width	.010	-.228	-.338	.349	.396	.028	-.086
Channel slope	-.199	-.071	.087	-.082	-.691	-.137	-.174
Physical biotope	-.100	-.036	-.145	.066	-.841	.092	-.040
Riparian-scale habitat controls							
Erosion presence	.138	.629	-.026	.136	.015	.003	.138
Stock access	-.120	.597	-.017	.244	-.068	.194	.114
Erosion on both banks	-.044	.890	-.005	.059	.026	-.323	-.037
Erosion severity	.086	.916	-.051	-.002	.079	-.063	-.042
Stock erosion	.060	.632	.029	-.115	.081	.621	-.087
Fluvial erosion	-.077	.405	-.078	.170	.057	-.838	.002
% overhead channel cover	-.075	.193	.146	.744	.117	-.178	.016
Tunnelled vegetation	.051	-.137	-.027	-.844	.053	-.023	-.014
Riparian land cover	.165	.316	-.193	.134	.315	.413	.076
Catchment-scale habitat controls							
<i>Catchment-channel hydrological connectivity risk</i>							
Linear	.957	.004	-.129	-.044	.082	.011	.001
Classified linear	.925	.023	-.024	-.073	.040	-.033	-.043
Non-linear	-.012	-.085	.901	.096	.054	-.009	-.005
<i>Catchment-channel hydrological connectivity risk weighted by land cover</i>							
Linear	.939	.007	.065	-.012	.094	.069	.109
Classified linear	.920	.031	-.062	-.010	.121	.079	.035
Non-linear	-.053	-.055	.910	.060	-.052	.011	.067

Rem. Lucy
Dugdale, Eden
Rivers Trust

L'échelle d'un bassin versant

Etape 2: méthodes multivariées

Factor	Name	Correlation	Habitat variables represented
1	Linear connectivity	Positive	Linear catchment-channel surface hydrological connectivity risk (weighted and unweighted by land cover) and gravel siltation
2	Bank erosion severity	Positive	Bank erosion, severe erosion, erosion on both banks, stock access and sock erosion
3	Non-linear connectivity	Positive	Non-linear catchment-channel hydrological connectivity risk (e.g. greater probability that risk falls outside the optimal range, Chapter 5, Section 5.4)
4	Overhead cover	Negative Positive	Tunnelled vegetation Decreasing percentage of overhead tree cover
5	Slope & biotope	Negative Positive	Channel slope and physical biotope Channel width
6	Fluvial erosion	Negative	Fluvial erosion
7	Gravel substrate	Positive	Dominant substrate suitability & gravel presence

Rem. Lucy Dugdale, Eden Rivers Trust

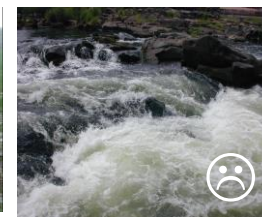
L'échelle d'un bassin versant

Etape 2: méthodes multivariées

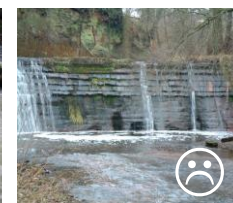
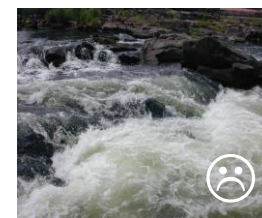
Truite



2004
32.2%



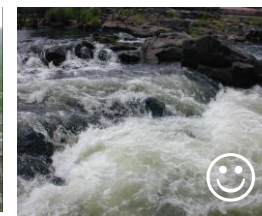
2005
17.8%



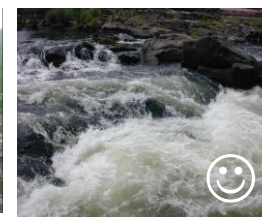
Saumon



2004
24.6%

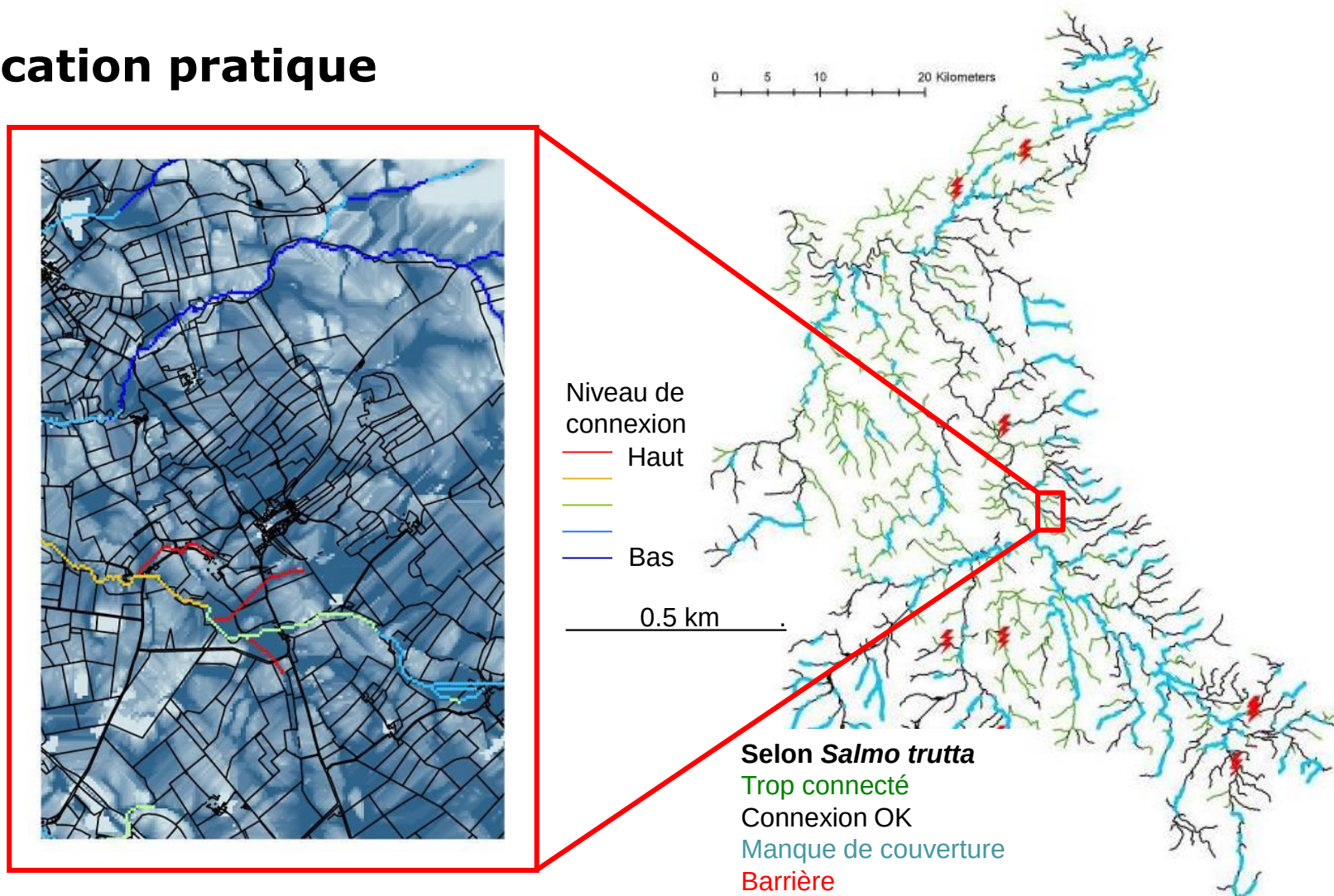


2005
15.0%



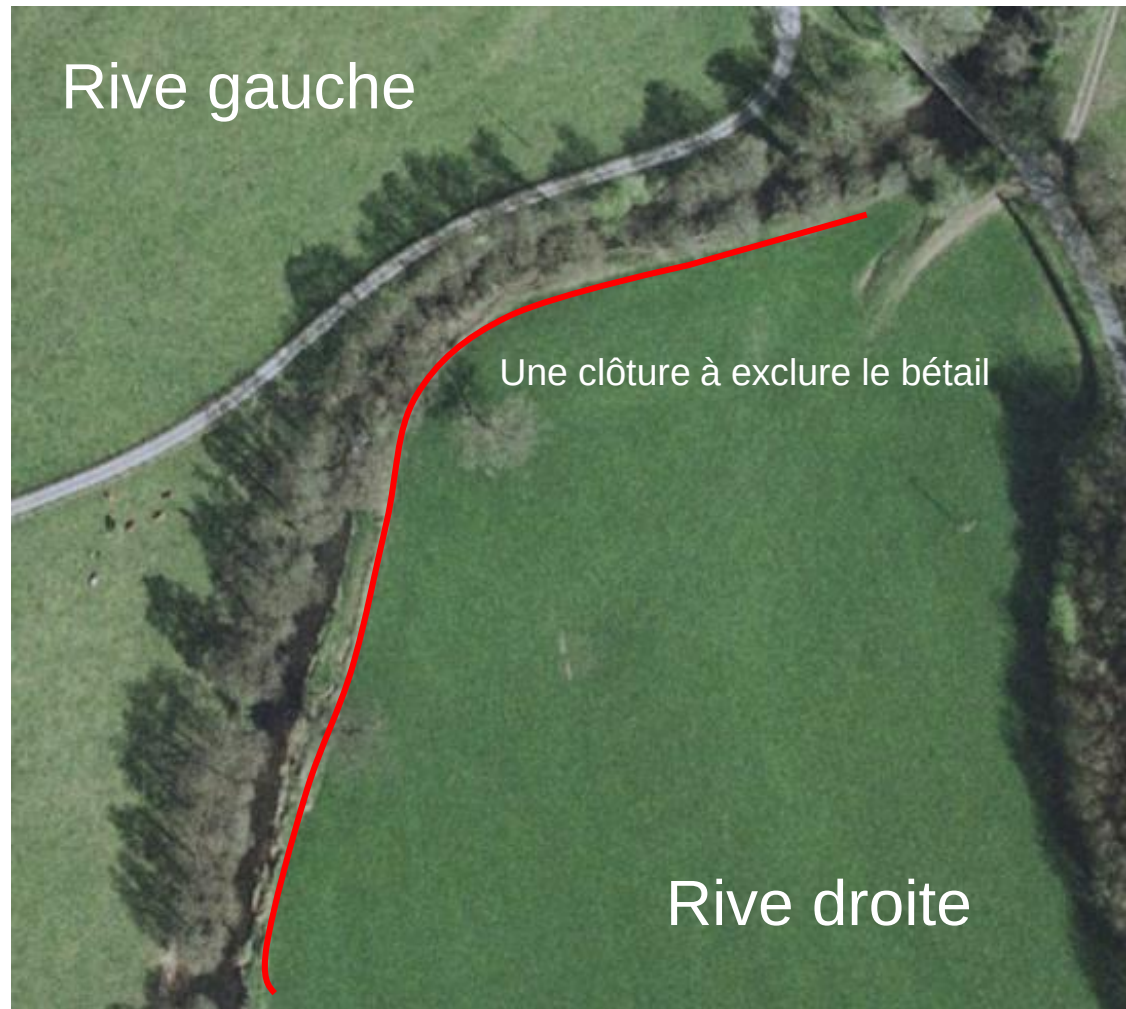
L'échelle d'un bassin versant

Application pratique



L'échelle d'un bassin versant

Application pratique



Conclusions

1. Les dernières années, les méthodes disponibles à gérer les bassins versants à améliorer l'écologie ont développé énormément
2. Mais la majorité des méthodes dépendent sur notre connaissance écologique ... et ...
3. ... les hydrauliciens et les hydrologistes souvent prennent des hypothèses qui ne sont pas justes dans les méthodes qu'ils proposent
4. Les meilleures approches impliquent une collaboration forte entre les disciplines
5. Deux grande question scientifiques
 - a. Est-ce possible d'introduire un traitement plus dynamique?
 - b. Les scientifiques ont développé des méthodes à déterminer ce que les poissons etc. aiment – mais est-ce qu'ils peuvent « parler » pour les poissons?

Remerciements

- Lucy Dugdale, Alistair Maltby and the Eden Rivers Trust
- Patrice Carbonneau, Durham University and Normand Bergeron INRS Québec
- Sim Reaney, Durham University
- David Mould, JBA Consulting

Lectures

stuart.lane@unil.ch

- Carbonneau, P.C., Lane, S.N. and Bergeron, N., 2003. Low cost close range digital photogrammetry for the quantification of fish habitat. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2837-2854.
- Dugdale, L.J., Lane, S.N. and Maltby, A., 2006. Achieving a rapid assessment of the river environment: what can remote sensing do to help? *Proceedings of the Institute of Fisheries Management Annual Conference 2005*
- Carbonneau, P.E., Bergeron, N.E. and Lane, S.N., 2005. Texture based image segmentation applied to the quantification of superficial sand in salmonid river gravels. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30, 121-7.
- Lane, S.N., Mould, D.C., Carbonneau, P.E., Hardy, R.J. and Bergeron, N.E., 2006. Fuzzy modelling of habitat suitability using 2D and 3D hydrodynamic models: biological challenges. *Riverflow 2006*, Balkema, Netherlands.
- Lane, S.N. and Carbonneau, P., 2007. High resolution remote sensing for understanding instream habitat. In Wood, P.J., Hannah, D.M. and Sadler, J.P., *Hydroecology and Ecohydrology*, 185-204.
- Lane, S.N., 2008. What makes a fish (hydrologically) happy? A case for inverse modelling. *Hydrological Processes*, 22, 4493-5.
- Reaney S.R., Lane, S.N., Dugdale, L.J. and Heathwaite, A.L., 2011. Risk-based modelling of diffuse land use impacts upon instream ecology. *Ecological Modelling*, 222, 1016-29
- Maynard, C.M. and Lane, S.N., 2012. Reservoir compensation releases and the ecology of the River Derwent, Northumberland, UK: a longitudinal study. *River Research and Applications*, 28, 692–702.
- Milledge, D.G., Lane, S.N., Heathwaite, A.L. and Reaney, S.M., 2013. A Monte Carlo approach to the inverse problem of diffuse pollution risk in agricultural catchments. *Science of the Total Environment*, 433, 434-49.