



# Αξιολόγηση ανθρωπογενών επιπτώσεων σε επίπεδο οικοσυστήματος σε ένα μεταβατικό περιβάλλον: Η περίπτωση των εκβολών του Σηκουάνα

---

Διδάσκων: ΔΡ. ΔΡΟΣΟΣ ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΑΣ

Φοιτητής: ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Ν. ΚΑΜΙΝΑΣ (Mar17030)

Μάθημα: ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2020-2021





## ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Οι ανθρωπογενείς διαταραχές ασκούν ολοένα και ισχυρότερη πίεση στα θαλάσσια και υφάλμυρα οικοσυστήματα (Halpernet et al, 2008). Αυτές οι πιέσεις, όπως η αλιεία, βυθοκόρηση, εξόρυξη, οργανική και μεταλλική μόλυνση, μεταξύ άλλων, είναι γνωστό ότι τροποποιούν τη γενική δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος (De Lange et al, 2010). Τα εκβολικά περιβάλλοντα ανταποκρίνονται ιδιαίτερα σε αυτές τις πιέσεις, διότι φιλοξενούν κοινότητες με υψηλή παραγωγικότητα και, ταυτόχρονα, σχετικά χαμηλή βιοποικιλότητα σε σύγκριση με τα παράκτια οικοσυστήματα (McLusky and Elliott, 2004).





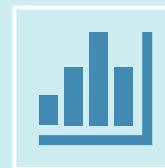
# ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



**FIG 1:** Οι εκβολές του ποταμού Σηκουάνα κατά την άμπωτη και η πόλη της Χάβρης



Σκοπός της εν λόγω μελέτης είναι η αναγνώριση, περιγραφή και παρουσίαση των επιπτώσεων σε ένα μεταβατικό οικοσύστημα, πριν και μετά το πέρας μιας μεγάλης ανθρωπογενούς διαταραχής.



Πιο συγκεκριμένα, γίνεται χρήση δεικτών οικοσυστημικής κατάστασης, αλλά και κατασκευή μοντέλων και αναπαραστάσεων για την ανάλυση των μεταβολών των οικοσυστημικών διεργασιών σε χωρο-χρονικές κλίμακες





**FIG 2:** Οι εκβολές του Σηκουάνα μέσω Sentinel 2– Copernicus  
2019

## ΠΕΡΙΟΧΉ ΜΕΛΈΤΗΣ: Εκβολές ποταμού Σηκουάνα

Την περιοχή μελέτης αποτελούν οι εκβολές του ποταμού Σηκουάνα στη βόρεια Γαλλία. Στην βόρεια όχθη τους βρίσκεται η πόλη της Χάβρης, ο λιμένας της οποίας είναι ο δεύτερος στην χώρα και πεντηκοστός στον κόσμο σε μέγεθος.

Κατά τον τελευταίο αιώνα, τα επίπεδα ρύπανσης των υδάτων και τα συχνά υποξικά φαινόμενα έχουν αυξήσει τις ανησυχίες όσον αφορά τη διαχείριση της περιοχής.

Η αλιεία που λειτουργούσε στο θαλάσσιο τμήμα των εκβολών έχει καταρρεύσει σήμερα (Daunin, 2008). Ωστόσο, οι εκβολές παραμένουν καταφύγιο για πολλά είδη, ειδικά για βενθικά ψάρια όπως αυτά της οικογένειας *Soleidae* (Riou et al, 2001).



# Περιοχή μελετης: Το έργο «Port2000»

Τα έτη 2002–2005, ένας νέος τερματικός, σταθμός εμπορευματοκιβωτίων που ονομάστηκε «Port2000» κατασκευάστηκε στο εμπορικό λιμάνι της Χάβρης και τοποθετήθηκε στη βόρεια πλευρά των εκβολών του Σηκουάνα.

Κατά τα τελευταία 30 χρόνια, ο ποταμός Σηκουάνα είχε μεγάλες διακυμάνσεις στην εκροή του, με μια περίοδο υψηλής μεταβλητότητας πριν από την κατασκευή του Port2000 και μια πιο σταθερή περίοδο μετά το πέρας του έργου που χαρακτηρίζεται από χαμηλή εκροή (Dauvin και Pezy, 2013).



**FIG 3:** Λιμένας Χάβρης-Creative commons



# Περιοχή μελετης: Το έργο «Port2000»



FIG 4: Ο ποταμός Σηκουάνα- Creative commons

Η κύρια κατασκευή του «Port2000» καταλαμβάνει έκταση περίπου 5 km<sup>2</sup> στη βόρεια πλευρά του παλαιότερου τμήματος του λιμανιού (~20% της αρχικής του επιφάνειας). Δημιουργήθηκε επίσης ένα άνοιγμα στην πλευρά των εκβολών για τη βελτίωση της ροής του ποταμού.

Αυτό προκάλεσε το σχηματισμό δύο νέων μαιάνδρισμων και μια γενική αύξηση της παλιρροιακής επιφάνειας. Ως αποτέλεσμα, Η κυκλοφορία του νερού αυξήθηκε σημαντικά.



# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ

Το θαλάσσιο τμήμα των εκβολών του Σηκουάνα χωρίστηκε σε τρία χωρικά διαμερίσματα που μοντελοποιήθηκαν ξεχωριστά (Tecchio et al, 2015).

Το κεντρικό κανάλι πλοήγησης (CH) ανάντη προς τη γέφυρα Tancarville, χωρισμένο από πλευρικά από κυματοθραύστες βυθισμένους κατά την άμπωτη.

Τη βόρεια πλευρά (FN) που περιλαμβάνει το λιμάνι της Χάβρης και φιλοξενεί το βόρειο παλιρροϊκό επίπεδο (tidal flat).

Το νότιο πλευρό (FS), που είναι προστατευμένο από το κεντρικό ρεύμα του καναλιού και φιλοξενεί ένα μεγάλο παλιρροϊακό επίπεδο (tidal flat).

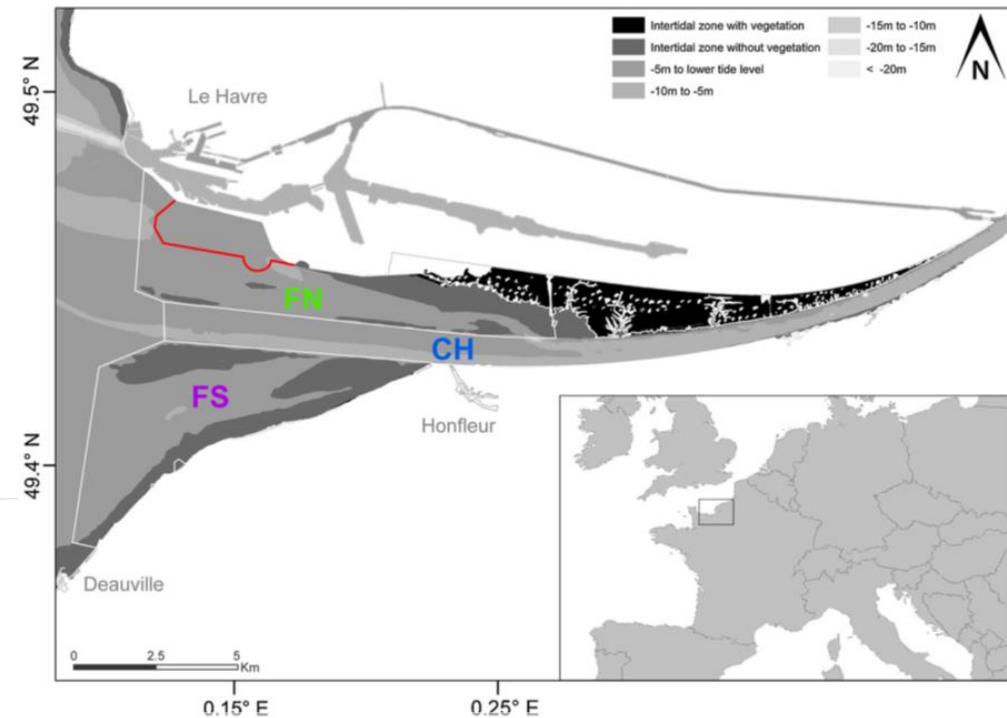
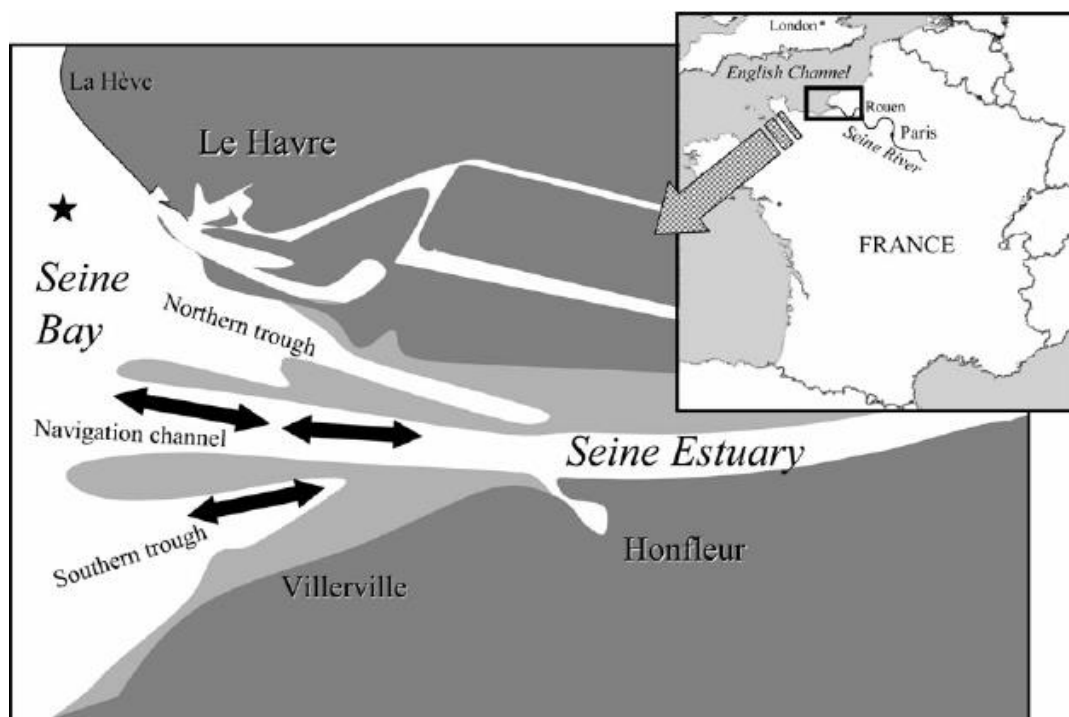


FIG 5: Διαχωρισμός περιοχών μελέτης



# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ



**FIG 6:** Αναπαράσταση βασικής γεωμορφολογίας της περιοχής-  
(Nakhlé et al, 2007)

Για καθένα από τα τρία ενδιαιτήματα, δημιουργήθηκαν δύο μοντέλα τροφικού δικτύου χρησιμοποιώντας δεδομένα από δύο διαφορετικές περιόδους: **1996–2002**, που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση πριν από την κατασκευή του Port2000, και **2005–2012**, που αντιπροσωπεύουν την παρούσα κατάσταση.

Κάθε μοντέλο αντιπροσωπεύει ένα μέσο έτος, χρησιμοποιώντας τη μέση βιομάζα των λειτουργικών διαμερισμάτων από όλα τα διαθέσιμα έτη στην αντίστοιχη περίοδο.



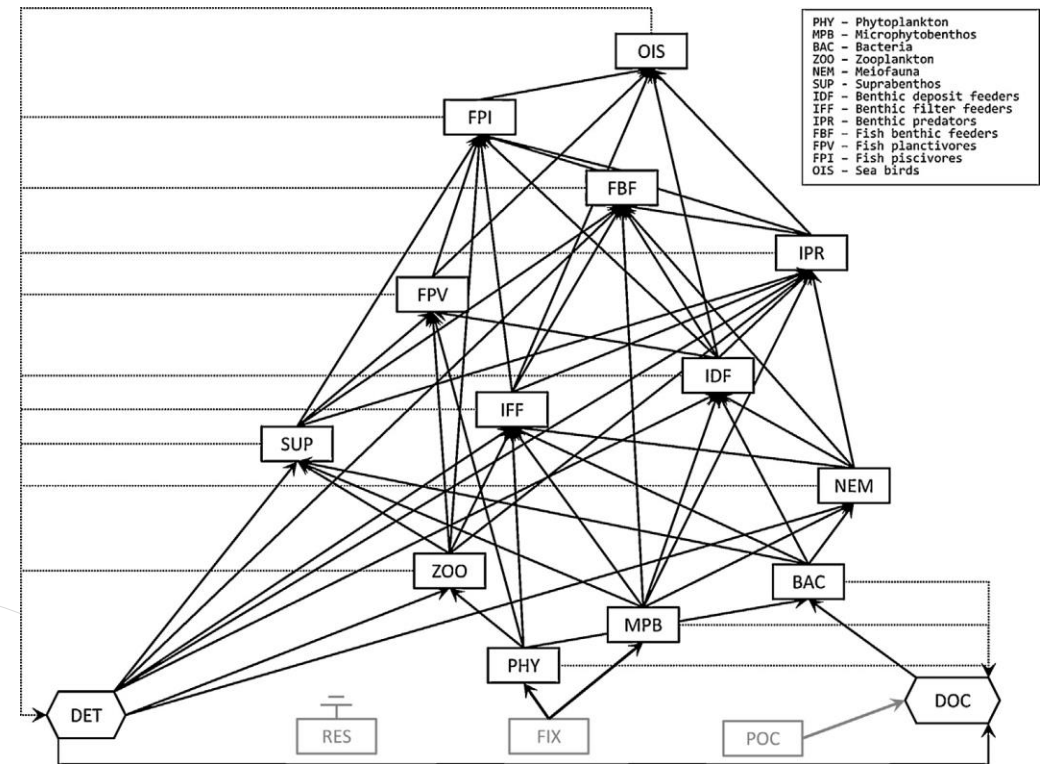
# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ : Οπτικοποίηση δεδομένων & σχέσεων

→ Οι διάφορες οικολογικές σχέσεις και διεργασίες αποτυπώνονται με την ύπαρξη «**ροών**» στο εσωτερικό και μεταξύ διαφορετικών διαμερισμάτων.

❖ Το μοντέλο καθορίζει την ταυτότητα και την κατεύθυνση των ροών θήρευσης, θνησιμότητας και εκπνοής.

❖ Οι δύο εξωτερικές μεταβλητές που εισάγονται από τον χρήστη (input) είναι:

- **(FIX)** → για τον άνθρακα που δεσμεύεται από τη φωτοσύνθεση
- **(POC)** → για την είσοδο άνθρακα από τη ροή του ποταμού.

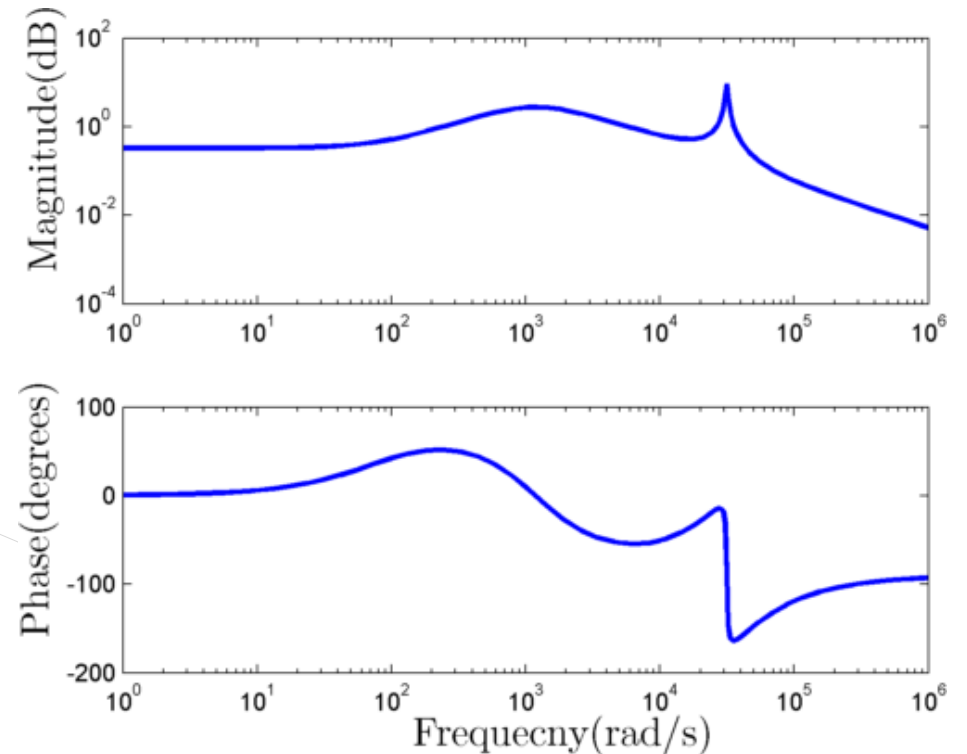


**FIG 7:** Αναπαράσταση μοντέλου τροφικού πλέγματος των τριών χωρικών διαμερισμάτων του Σηκουάνα

# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ : Τεχνικές οικοσυστημικής ανάλυσης

## Ανάστροφη γραμμική μοντελοποίηση // Linear inverse modelling (LIM-MCMC)

- Κάθε τροφικό πλέγμα αποτελείται από **15** εσωτερικές τροφικές ομάδες και **3** εξωτερικά διαμερίσματα. Συνολικά περιγράφηκαν **85** ροές μεταξύ αυτών των τμημάτων.
- Οι Βιομάζες οργανισμών τυποποιήθηκαν (standardization) ως  $gC\ m^{-2}$
- Κάθε διαμέρισμα συνδέθηκε με ροές κατανάλωσης (ως εισαγόμενες μεταβλητές), ροές απέκκρισης και θνησιμότητας, ροή αναπνοής και ροές παραγωγής.



**FIG 8:** Αναπαράσταση ενός γενικού μοντέλου με την τεχνική LIM-(Sell et al., 2013)



# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ : Τεχνικές οικοσυστημικής ανάλυσης

## Ανάστροφη γραμμική μοντελοποίηση // Linear inverse modelling (LIM-MCMC)

- Οι βιομάζες χρησιμοποιήθηκαν για την παραμετροποίηση των ροών παραγωγής, πολλαπλασιάζοντάς τις με ένα εύρος ρυθμών παραγωγής / βιομάζας (P / B), που ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία.
- Το ενεργειακό ισοζύγιο ορίστηκε ως παραγωγή (P) = κατανάλωση (Q) - έκκριση (U) - αναπνοή (R).

Η σύγκλιση των αποτελεσμάτων ελέγχθηκε με σύγκριση μέσων και τυπικών αποκλίσεων ροών μεταξύ αυξανόμενων ποσοτήτων επαναλήψεων των μοντέλων.

Στη συνέχεια, κάθε λύση αντιπροσωπεύτηκε από έναν πίνακα ροών από κάθε διαμέρισμα (compartment) «πηγής» προς τις πιθανές «καταβόθρες» και χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των δεικτών ανάλυσης οικολογικού δικτύου (ENA)



# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ: Υπολογισμοί βιομάζας οργανισμών

**TABLE 1:** Οι βιομάζες χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των ρών παραγωγής, που παρουσιάστηκαν για την περίοδο 1996–2002 (τιμές αριστερά) και για την περίοδο 2005–2012 (τιμές δεξιά).

Κωδικός κατηγορίας	Κατηγορία οργανισμων	Βιομάζα CH 1996-2002//2005-2012	Βιομάζα FN 1996-2002//2005-2012	Βιομάζα FS 1996-2002//2005-2012
1	OIS	Ψαροπουλια	--	--
2	FPI	Ψαρια-ιχθυοφάγα	0.019 // 0.044	0.060 // 0.054
3	FPV	Ψαρια-Πλανγκτονοφάγα	0.040 // 0.010	0.037 // 0.026
4	FBF	Ψαρια- τρεφόμενα από το βένθος	0.003 // 0.073	0.005 // 0.312
5	IPR	Ασπονδυλα-θηρευτες	0.163 // 1.118	17.150 // 26.880
6	IFF	Ασπονδυλα- διθηματοφάγα	0.442 // 1.963	1.897 // 4.340
7	IDF	Ασπονδυλα- Ιζηματοφάγα	0.052 // 1.420	1.587 // 1.466
8	SUP	Υπερ-Βένθος	0.713 // 0.091	1.070 // 0.103
9	ZOO	Ζωοπλαγκτον	--	--
10	NEM	Μειοπανίδα	0.427 // 0.427	0.119 // 0.119
11	BAC	Βακτηρια	--	--
12	MPB	Μικροφυτοβένθος	0.050 // 0.050	1.725 // 1.725
13	PHY	Φυτοπλαγκτόν	--	--





# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ: Δείκτες ανάλυσης οικολογικού δικτύου (ENA)

## Υπολογίστηκαν οι εξής δείκτες :

- Total system throughput (T..) (Rutledge et al., 1976; Latham, 2006).
- Detritivory/Herbivory ratio (D/H) (Ulanowicz, 1992).
- The System Omnivory Index (SOI) (Fagan, 1997; Libralato, 2008).
- The Finn's Cycling Index (FCI) (Finn, 1976, 1980).
- The Ascendency (A) (Ulanowicz and Abarca-Arenas, 1997).
- The relative Redundancy (R/DC) (Ulanowicz, 2001).
- The diversity of flows (Hr) (Rutledge et al., 1976; Ulanowicz and Norden, 1990).
- The Transfer Efficiency (TE) (Lindeman, 1942)
- The Average Mutual Information (AMI) (Hirata and Ulanowicz, 1984).

# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ : ανάλυσης οικολογικού δικτύου, ENA INDICES

Πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα πακέτα λογισμικού R: NetIndices (Kones et al, 2009) και enaR

Υπολογίστηκαν δείκτες για κάθε λύση κάθε μοντέλου, λαμβάνοντας κατανομές 200.000 τιμών έκαστη. Οι διαφορές στα μέσα των δεικτών ENA μεταξύ ενδιαιτημάτων και μεταξύ των 2 περιόδων του ίδιου οικοτόπου (δηλ. 1996–2002 και 2005–2012) δοκιμάστηκαν αρχικά από Student's t-tests.



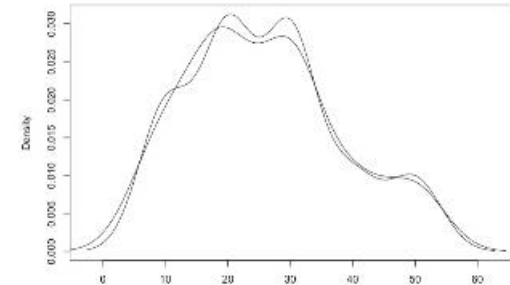
Λόγω των μεγάλων μεγεθών δειγμάτων, οι δοκιμές t-test βρήκαν διαφορές ακόμη και για μικροσκοπικές στατιστικές επιδράσεις (effects). Επομένως, εφαρμόστηκε το στατιστικό για το μέγεθος μη-παραμετρικού αποτελέσματος (non-parametric effect size) που εισήχθη από τον Cliff (1993) για να εκτιμηθεί μια στατιστική διαφορά.

## Cliff's delta

```
> treatment1 <- c(10,10,20,20,20,30,30,30,40,50)
> treatment2 <- c(12,8,20,20,18,30,30,30,40,50)
> cliff.delta(treatment1,treatment2)
```

Cliff's Delta

```
delta estimate: 0.03 (negligible)
95 percent confidence interval:
      inf      sup
-0.4603148  0.5062902
```



54

FIG 9: Γενική εφαρμογή στατιστικού σε λογισμικό R 14





# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ: Το «Δέλτα του Cliff»

Αυτό το στατιστικό εκτιμά την πιθανότητα ότι μια τυχαία επιλεγμένη τιμή σε ένα δείγμα είναι υψηλότερη από μια τυχαία επιλεγμένη τιμή στο δεύτερο δείγμα μείον την αντίστροφη πιθανότητα.

Μια θετική τιμή δείχνει ότι όλες οι τιμές στο δείγμα 1 είναι μεγαλύτερες από όλες τις τιμές στο δείγμα 2

Η σύγκριση του βαθμού αλληλεπικάλυψης των δύο κατανομών μπορεί να ανιχνεύσει εάν η σημαντική διαφορά οφείλεται σε οικολογικό παράγοντα ή μόνον στο μέγεθος του δείγματος.

# ΜΕΘΟΔΟΙ & ΥΛΙΚΑ: Το «Δέλτα του Cliff»

Ο τύπος έχει την μορφή: 
$$\hat{\delta} = \frac{P(x_{i1} > x_{i2}) - P(x_{i1} < x_{i2})}{n_1 n_2}$$

Όπου:

- $n_1, n_2$  τα μεγέθη των δυο δειγμάτων
- $x_1, x_2$  τυχαία τιμή σε κάθε ένα από τα 2 δείγματα

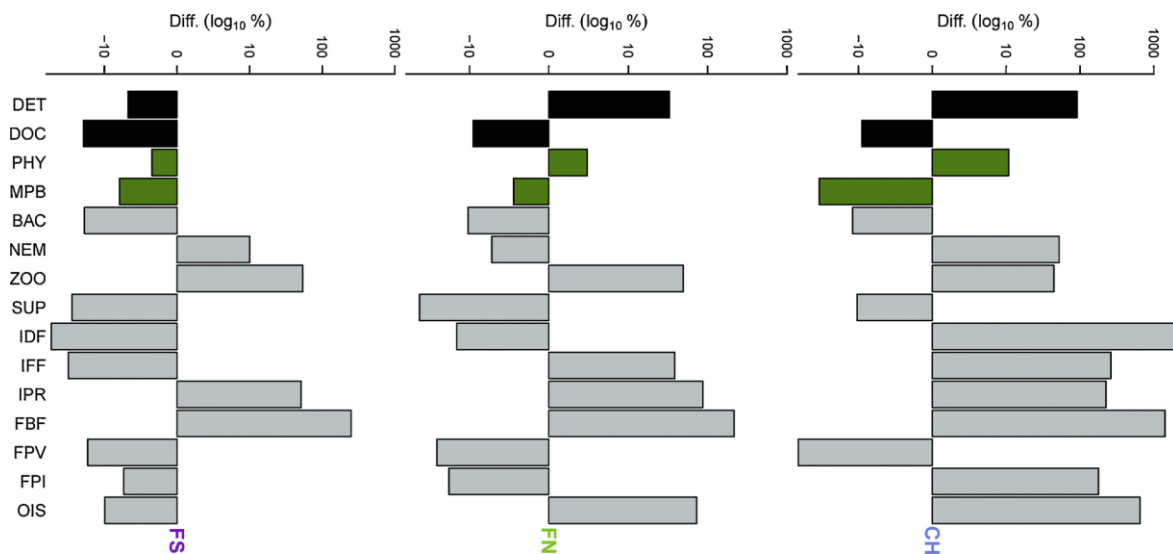
TABLE 2: Ερμηνεία αποτελεσμάτων του στατιστικού του cliff

Τιμή τύπου	Χαρακτηρισμός διαφοράς μεταξύ δειγμάτων
<0.147	Μηδαμινή
<0.33	Μικρή
<0.474	Μεσαία
>0.474	Μεγάλη





# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Ανάλυση εκτιμήσεων των ροών



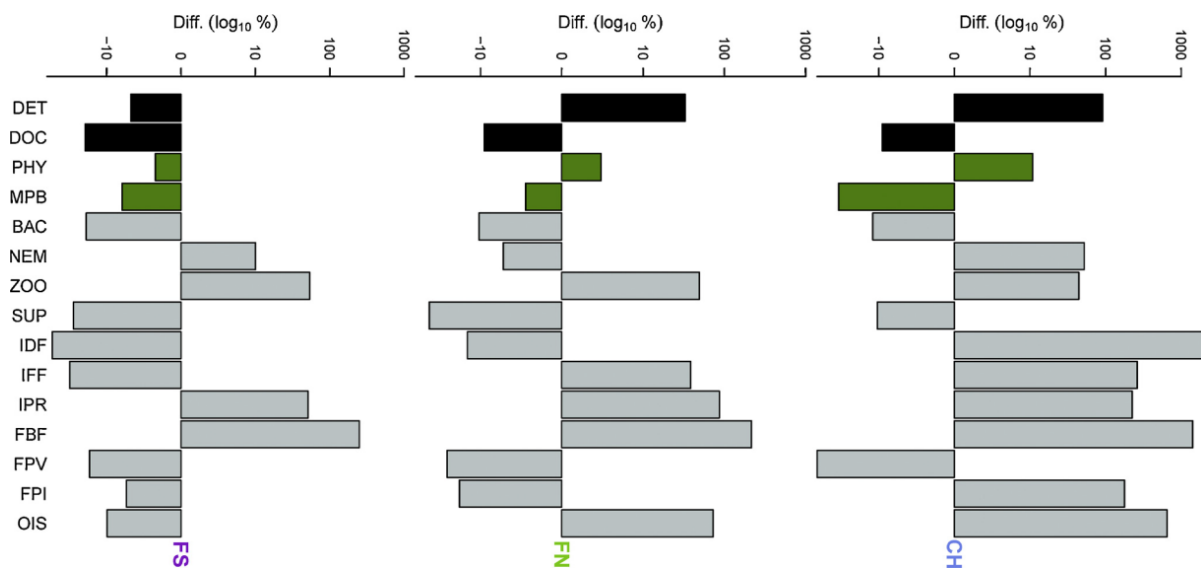
**FIG 10** : Διαφορές στις ροές μεταξύ των διαμερισμάτων για πριν και μετά την κατασκευή του τερματικού Port2000

Οι βιομάζες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραμετροποίηση των ροών παραγωγής έδειξαν διακυμάνσεις μεταξύ των περιόδων. Τα ασπόνδυλα-θηρευτές (IPR) αυξήθηκαν σε όλους τους οικοτόπους, με τη μεγαλύτερη αύξηση να είναι στο **FS**.

Το Υπερ-βένθος έδειξε μια ακραία μείωση της βιομάζας και στα τρία ενδιαιτήματα, με μείωση κατά **87,2%** στο **CH** και **90,4%** στα **FN** και **FS**.



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Ανάλυση εκτιμήσεων των ροών

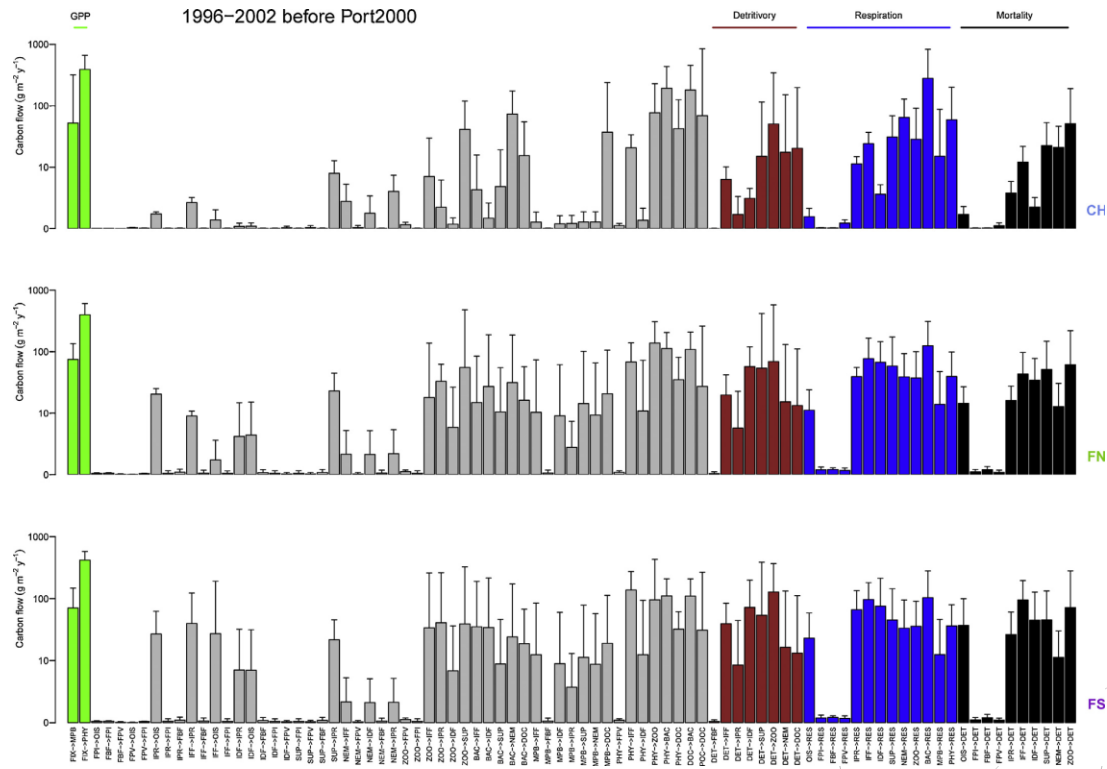


**FIG 10:** Διαφορές στις ροές των διαμερισμάτων μεταξύ πριν και μετά την κατασκευή του τερματικού Port2000

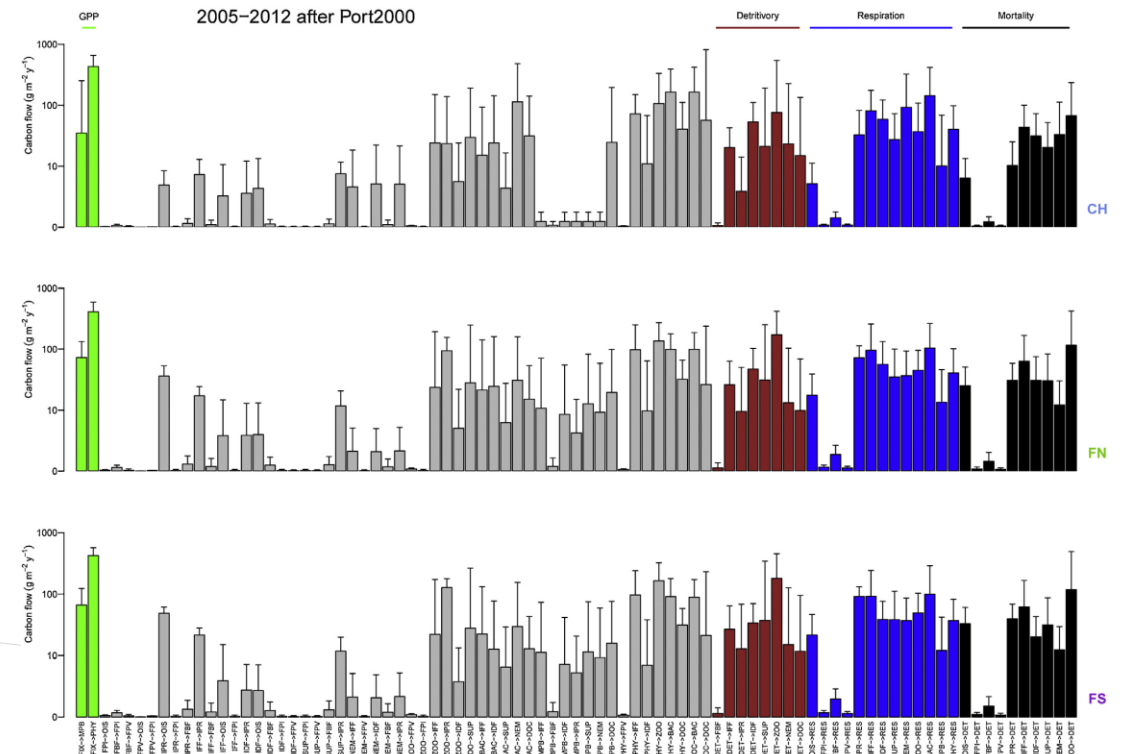
Η βιομάζα των ασπόνδυλων σε ολόκληρη την εκβολή ήταν δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερη από τη βιομάζα ψαριών, και στις δύο περιόδους.

Σε όλα τα μοντέλα, η πιο σημαντική εκτιμώμενη ροή του τροφικού πλεγματος, από την άποψη μεγέθους, ήταν η πρωτογενής παραγωγή φυτοπλαγκτού (FIX → PHY).

# Οικοσυστημική κατάσταση: πριν & μετά το έργο «Port200»



**FIG 11:** Εκτιμήσεις μέσων και τυπικών αποκλίσεων ροών στις εκβολές του Σηκουάνα για την περίοδο 1996–2002, πριν την κατασκευή του «Port2000».

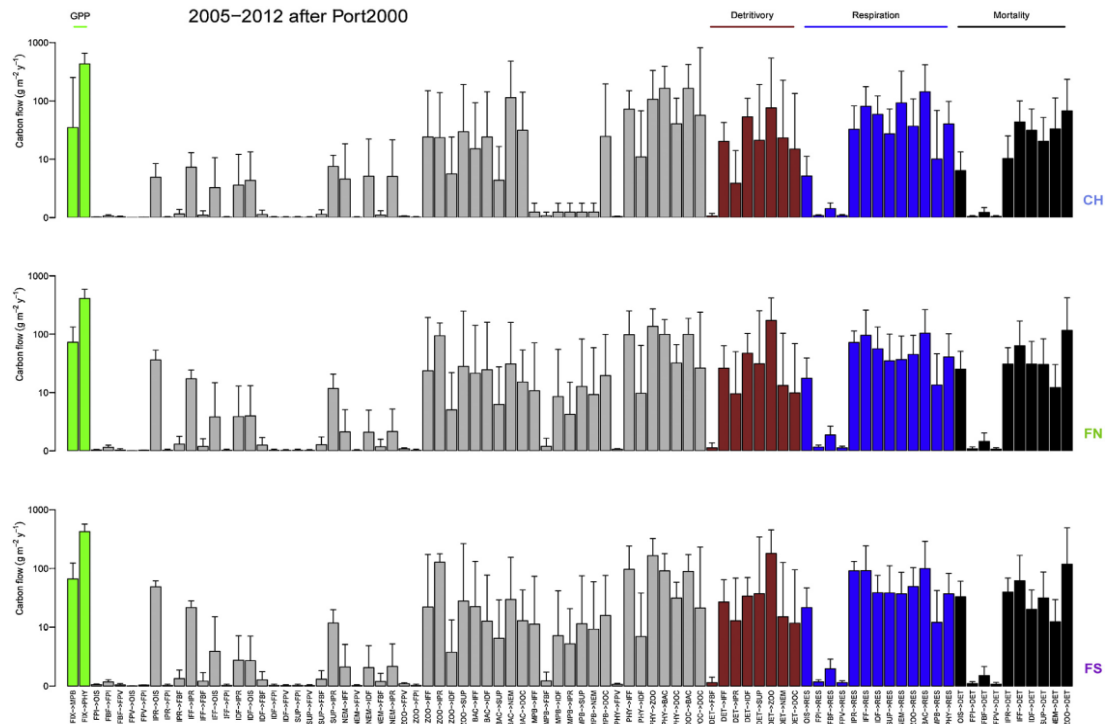


**FIG 12:** Εκτιμήσεις μέσων και τυπικών αποκλίσεων ροών στις εκβολές του Σηκουάνα για την περίοδο 2005-2012, μετά την κατασκευή του «Port2000».

X axis: Ροή άνθρακα σε  $gm^{-2}y^{-1}$ , Y axis: Σχέσεις μεταξύ ομάδων οργανισμών (της σελίδας 12)



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Μετά το έργο Port200



**FIG 12:** Εκτιμήσεις μέσω και τυπικές αποκλίσεις ροών στις εκβολές του Σηκουάνα για την περίοδο 2005-2012, μετά την κατασκευή του Port2000

## Μετά το έργο Port2000:

- Η δραστηριότητα στο βένθος (από το **IDF** στο **FBF**) αυξήθηκε έντονα σε ολόκληρο τον τροφικό πλέγμα στο CH
- Τα **MPB**, **SUP** και **FPI**, μείωναν πάντα τη συνολική τους δραστηριότητα σε όλα τα διαμερίσματα
- Τα **ZOO**, **IPR** και **FBF** αύξαναν πάντα τη δραστηριότητα
- Το **SUP** (Υπερ- βένθος) μειώθηκε σε όλους τους οικοτόπους, λόγω της μείωσης της βιομάζας και, συνεπώς, στις ροές παραγωγής.
- Η βακτηριακή δραστηριότητα (**BAC**) μειώθηκε επίσης σε όλα τα χωρικά διαμερίσματα την πιο πρόσφατη περίοδο

# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Διακύμανση παραμέτρων ανα τμήμα περιοχής

**Table 3:** Παρατηρήσεις μεταβολών των ομάδων οργανισμών για κάθε «διαμέρισμα»

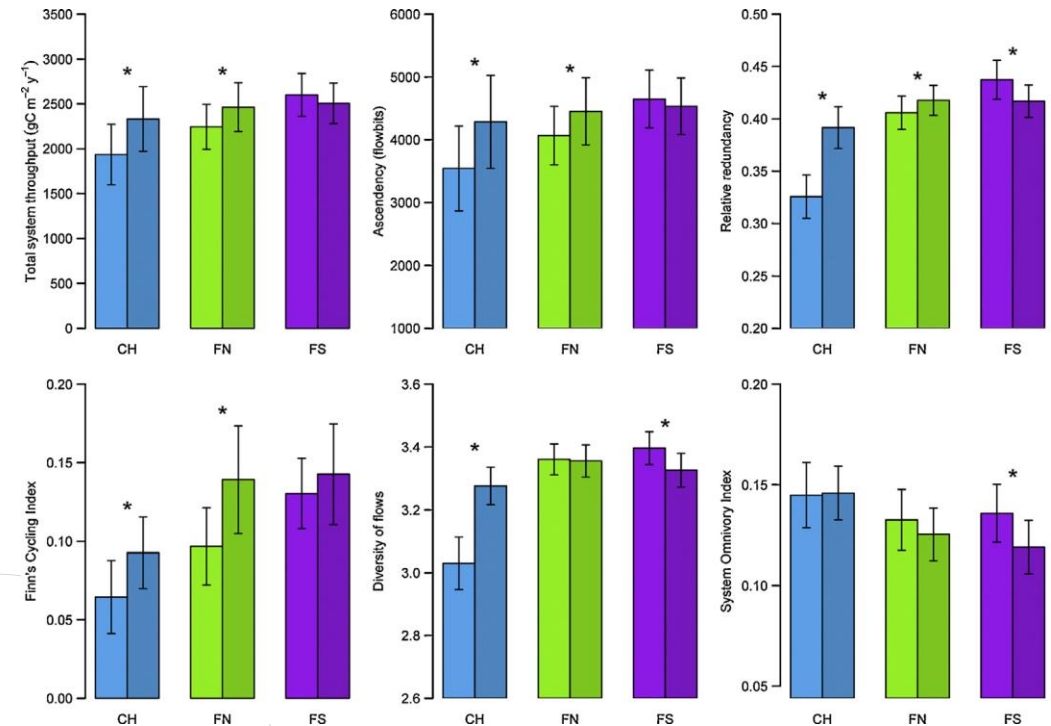
Παράμετρος	CH	FN	FS
IPR	Αυξηση	Αυξηση	Μεγιστη Αυξηση
SUP (Υπερ- βένθος)	Μεγαλη Μειωση	Μεγαλη Μειωση	Μεγαλη Μειωση
Δραστηριότητα στο βένθος (from IDF to FBF)	Μεγαλη Αυξηση	--	--
ZOO	Αυξηση	Αυξηση	Αυξηση
IDF	Μεγαλη Αυξηση	Μειωση	-
MPB	Μειωση	Μειωση	Μειωση
FPI	Μειωση	Μειωση	Μειωση
FBF	Αυξηση	Αυξηση	Αυξηση
Βακτηριακή δραστηριότητα (BAC)	Μειωση	Μειωση	Μειωση

# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Δείκτες ΕΝΑ

- Το σχήμα αυτό συγκρίνει τις περιοχές ανάλυσης για τις 2 περιόδους κατασκευής Port2000. Πριν (πρώτες ράβδους) και μετά την κατασκευή του έργου (δεύτερες ράβδους).

Σημειώνεται η διαφορά κλιμάκωσης σε κάθετους άξονες, προσαρμοσμένη στο εύρος τιμών κάθε δείκτη.

Οι αστερίσκοι υποδεικνύουν συγκρίσεις που θεωρήθηκαν σημαντικές χρησιμοποιώντας το «δέλτα του Cliff».



**FIG 13:** Δείκτες ανάλυσης οικολογικού δικτύου για όλα τα μοντελοποιημένα διαμερίσματα





**FIG 14:** Οι εκβολές του Σηκουάνα κατά την άμπωτη –  
Creative Commons

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δεν ελήφθη υπόψη η ανταλλαγή οργανικού άνθρακα μεταξύ των διαφόρων οικοτόπων, όπως η προσκόλληση σωματιδίων τροφίμων λόγω των βενθικών ρευμάτων, της εξαγωγής απεκκρίσεων και νεκρής μάζας εκτός διαμερίσματος αλλά και της μετανάστευσης του πλαγκτού

Η ποικιλία των πρωτογενών παραγωγών **ΔΕΝ** ελήφθησαν υπόψη για ανάλυση οικολογικού δικτύου

Στις σχέσεις μεταξύ οργανισμών **ΔΕΝ** ελήφθησαν υπόψη οι ροές κανιβαλισμού.

Τα μεγάλα μεγέθη δείγματος δεν επέτρεψαν την εφαρμογή παραμετρικών στατιστικών δοκιμών - αυτό επιλύθηκε εν μέρει με την εφαρμογή της στατιστικής παραμέτρου «δέλτα του Cliff» για τη μοντελοποίηση του οικοσυστήματος



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ: Εξέλιξη οικοσυστήματος μετά την διαταραχή

Σύμφωνα με τους (Odum, 1969). Τα οικοσυστήματα εξελίσσονται προς την "ωριμότητα", η οποία είναι η τελευταία φάση σε μια διαδικασία διαδοχής καταστάσεων.



Κατά την ωριμότητα, αναμένουμε αύξηση της σταθερότητας και συσσώρευση θρεπτικών συστατικών και βιομάζας που συνήθως «αποθηκεύεται» στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα (Gunderson, 2000)

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ: Πως «ωριμάζει» το οικοσύστημα μετα το έργο «Port200?»



Η νότια πλευρά (**FS**) έδειξε μείωση τόσο των αρχικών απαιτήσεων παραγωγικότητας (φυτοφάγων) όσο και αποικοδόμησης, διατηρώντας συνολικά μια σταθερή δραστηριότητα συστήματος και αναλογία D / H



Σε όλες τις περιπτώσεις, το **FS** έδειξε να είναι η λιγότερο επιβαρυσμένη περιοχή των εκβολών



Η εικόνα που ανακτάται από την ανάλυση οικολογικού δικτύου (ENA) είναι αυτή ενός διαρκώς μεταβαλλόμενου τροφικού πλέγματος. Προτείνεται ότι η συνεχής ανθρώπινη παρέμβαση στη ζώνη **CH** δεν επιτρέπει τη σταθερή δυναμική του οικοσυστήματος στο βένθος.





# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι δείκτες ENA που προέρχονται άμεσα από τη θεωρία Lindeman (1942) φαίνονται πολλά υποσχόμενα εργαλεία - αν και δεν είναι ακόμη πλήρως λειτουργικοί - για να συμμορφωθούν με την εντολή της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον καθορισμό της κατάστασης της υγείας των οικοσυστημάτων.

Για την καλύτερη διάκριση μεταξύ των διαφόρων παραγόντων που έδρασαν στις εκβολές κατά την ίδια περίοδο, υποστηρίζεται ότι η συμπερίληψη της χρονικά μεταβαλλόμενης υδροδυναμικής θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στις μελλοντικές προσπάθειες μοντελοποίησης.

Τα αποτελέσματα απέδειξαν έναν συνδυασμό αλλαγών στη δομή και τη λειτουργία των εκβολών του Σηκουάνα - ειδικά στις δύο πλευρές του - μεταξύ των δύο περιόδων πριν και μετά την κατασκευή του «Port2000».



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Κύρια μελέτη:

Tecchio, Samuele, et al. "Evaluating ecosystem-level anthropogenic impacts in a stressed transitional environment: The case of the Seine estuary." *Ecological Indicators* 61 (2016): 833-845.

## Συνοδός βιβλιογραφία

- Nakhlé, K., et al. "Cadmium and mercury in Seine Estuary flounders and mussels: the results of two decades of monitoring." *ICES Journal of Marine Science* 64.5 (2007): 929-938.
- Cliff, Norman. "Dominance statistics: Ordinal analyses to answer ordinal questions." *Psychological bulletin* 114.3 (1993): 494.
- Davin, Jean-Claude. "The main characteristics, problems, and prospects for Western European coastal seas." *Marine Pollution Bulletin* 57.1-5 (2008): 22-40.
- Riou, Philippe, Olivier Le Pape, and Stuart I. Rogers. "Relative contributions of different sole and plaice nurseries to the adult population in the Eastern Channel: application of a combined method using generalized linear models and a geographic information system." *Aquatic living resources* 14.2 (2001): 125-135.
- Davin, Jean-Claude, and Jean-Philippe Pezy. "Long-term changes of the Seine estuary suprabenthos (1996–2012)." *Journal of experimental marine biology and ecology* 448 (2013): 93-103.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

