

Ifremer/LEAD/RST 2008-01

Décembre 2008

FRAPPIER Julie
 SOULARD Benoît
 BELIAEFF Benoît
 DELLA PATRONA Luc
 HERLIN José
 COATANEA Denis

Premières approches pour l'analyse des données d'élevages de crevettes marines en Nouvelle-Calédonie



Premières approches pour l'analyse des données d'élevages de crevettes marines en Nouvelle-Calédonie



Sommaire

1. Introduction : la crevetticulture en Calédonie	5
2. La base de données SYLOG	8
3. Matériels et Méthodes	11
3.1. Paramètres mesurés	11
3.2. Volumétrie de SYLOG	12
3.3. Analyse exploratoire	14
3.3.1. Sélection des indices	14
3.3.2. Relations entre indices de productivité et variables explicatives	22
3.3.3. Modélisation	22
3.3.4. Analyse en Composantes Principales	23
4. Résultats	24
4.1. Résumé par variable	24
4.2. Corrélations entre indices	25
4.3. Approche multifactorielle	46
4.4. Zoom sur la campagne 2006/2007	50
5. Discussion - Conclusion	51
5.1. Qualité des données	51
5.2. Influence des facteurs environnementaux	51
5.3. Premières conclusions	53
6. Références bibliographiques	54
7. Annexes Script R	56
8. Annexe graphique	58



Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des fermes et année d'installation de SIVU	10
Tableau 2 : Nombres d'élevages saisis dans SIVU selon la campagne de production et le mois d'ensemencement (au 01/01/2008)	12
Tableau 3 : Nombre d'élevages saisis dans SIVU par ferme et par mois d'ensemencement	12
Tableau 4 : Volumétrie par paramètre (au 01/01/2008). Le nombre d'élevages est celui pour lesquels on a au moins une donnée pour le paramètre considéré, sur les 235 élevages répertoriés dans SIVU	13
Tableau 5 : Résumé (moyenne, minimum et maximum, nombres d'élevages pris en compte) des indices sur la base des 111 élevages ensemencés en octobre, novembre et décembre	24
Tableau 6 : Résumé (moyenne, minimum et maximum, nombres d'élevages pris en compte) des indices sur la base des 32 élevages ensemencés en janvier et février	24
Tableau 7 : Tableau de l'analyse de variance	25
Tableau 8-A : Matrice de corrélation r des indices pour les élevages d'octobre, novembre et décembre. Les cases sont grisées si le coefficient de corrélation linéaire est significatif	27
Tableau 8-B : Matrice de corrélation r des indices pour les élevages de janvier, février. Les cases sont grisées si le coefficient de corrélation linéaire est significatif	27
Tableau 9 : Tableau comparatif des résultats d'élevages des fermes Webuihoone et Sodacal pour les campagnes 2005/2006 et 2006/2007	50

Table des figures

Figure 1 : Implantation des exploitations crevetticoles en Nouvelle-Calédonie en 2008	6
Figure 2 : Formulaire Saisie de données du module Ferme de SIVU	8
Figure 3 : Formulaire pour la saisie des différents paramètres d'élevage	9
Figure 4 : Evolution du nombre de fermes utilisatrices de SIVU	10
Figure 5 : Histogramme de fréquence (nombre d'individus) de la durée de l'élevage jusqu'à la première pêche partielle	15
Figure 6 : Histogramme de fréquence (nombre d'individus) de l'indice de conversion pondéré	16
Figure 7 : Série temporelle des températures journalières mesurées jusqu'à la première pêche ($t_{pp} = 124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. L'intégrale I_{pp} de la température est représentée par la surface grisée sous la courbe	18
Figure 8 : Série temporelle des températures journalières mesurées jusqu'à la première pêche ($t_{pp} = 124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. Estimation de la tendance de la série de températures au moyen d'un LOESS	19
Figure 9 : Evolution temporelle des résidus issus du LOESS	19
Figure 10 : Série temporelle des concentrations en oxygène dissous mesurées le matin jusqu'à la première pêche ($t_{pp} = 124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. Estimation de la tendance de la série des oxygènes par la méthode LOESS	20
Figure 11 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des moyennes de température matinale (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés	29
Figure 12 : Rendement (t/ha) en fonction des variations de température matinale (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes	30
Figure 13 : Séries brutes des températures matinales (°C) pour les deux élevages extrêmes identifiés sur la figure 12 (ronds pointillés)	31
Figure 14 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des concentrations minimales moyennes en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés	32
Figure 15 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des variations de concentrations minimales en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes	33
Figure 16 : Séries brutes des concentrations minimales en oxygène dissous (mg/L) pour les deux élevages identifiés sur la figure 15 (ronds pointillés)	34
Figure 17 : Productivité biologique en fonction de la variabilité des écarts journaliers des concentrations en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes	35
Figure 18 : Séries brutes des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L) pour les deux élevages identifiés sur la figure 17 (ronds pointillés)	36
Figure 19 : Séries brutes des écarts journaliers en oxygène dissous en mg/L (en rouge) et des renouvellements d'eau en % (en bleue) pour l'élevage à forte variabilité identifié sur la figure 17 (rond pointillé rouge)	37
Figure 20 : Rendement (t/ha) en fonction de la variabilité des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué	38
Figure 21 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des moyennes de Secchi (cm). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés	39
Figure 22 : Rendement (t/ha) en fonction des moyennes de températures matinales (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué	40
Figure 23 : Survie (%) en fonction des variations de températures matinales (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué	41
Figure 24 : Rendement (t/ha) en fonction des variations des températures matinales (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes	42
Figure 25 : Séries brutes des températures matinales (°C) pour les deux élevages identifiés sur la figure 24 (ronds pointillés)	43
Figure 26 : Rendement (t/ha) en fonction des concentrations minimales moyennes en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué	44
Figure 27 : Rendement (t/ha) en fonction des écarts moyens journaliers en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés	45
Figure 28 : Analyse en Composantes principales des variables dites "explicatives" pour les élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels	46
Figure 29 : Analyse en Composantes principales des indices de productivité pour les élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels	47
Figure 30 : Analyse en Composantes principales des variables dites "explicatives" pour les élevages ensemencés sur la période janvier-février. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels	48
Figure 31 : Analyse en Composantes principales des indices de productivité pour les élevages ensemencés sur la période de janvier-février. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels	49

1. Introduction : la crevetticulture en Calédonie

Avec une production annuelle estimée à 2350 tonnes en 2007, la crevette d'élevage est aujourd'hui le premier produit agroalimentaire exporté en Nouvelle-Calédonie. La crevetticulture néo-calédonienne se situe au deuxième rang des exportations, très loin cependant derrière les exportations minières (nickel). Le territoire compte 5 écloséries et 18 fermes d'élevages toutes réparties sur la côte Ouest du territoire (Figure 1). Les fermes calédoniennes vont de quelques hectares à plus de cent, pour une surface totale de 730 hectares, et sont situées sur le littoral en arrière des zones de mangroves. Les crevettes sont élevées à densité variable selon les fermes. Les élevages pratiqués en Nouvelle-Calédonie sont de deux types (Fonfreyde et al., 2004) :

- semi-intensif intensifié : bassins de 3 à 4 ha ensemencés avec 25 à 35 crevettes au m², aéré ;
- semi-intensif : pratiqué en majorité sur le territoire, généralement non aéré, avec des densités comprises entre 6 et 22 animaux au m².

L'espèce introduite, la crevette *Litopenaeus stylirostris*, est originaire du Mexique et s'adapte bien au climat sub-tropical Calédonien. Appelée aussi la crevette bleue, *L. stylirostris* a été retenue en raison de sa tolérance aux variations de température, de ses bonnes performances de croissance et de sa robustesse dans les conditions d'élevage locales.

Cependant des mortalités ont fait leur apparition au début de l'année 1993, et ont affecté les crevettes au cours du grossissement en bassins en saison fraîche (Mermoud et al., 1998). L'agent responsable de cette maladie appelée "syndrome d'hiver" ou "syndrome 93" est une bactérie (*Vibrio penaeicida*) (Costa et al., 1998).

Les variations climatiques (chute de température), de quantité et qualité du phytoplancton notamment et la faiblesse physiologique de l'animal qui en découle, sont des facteurs majeurs dans l'apparition du "syndrome 93" (Goarant, 2004).

Le "syndrome d'hiver", lié à de fortes chutes de température, a contraint les éleveurs à envisager une production estivale. Les pics de production se situent entre mars et juin, janvier et février étant des périodes intermédiaires. L'ensemencement des bassins se déroule donc la plupart du temps entre octobre et décembre, pour une durée d'élevage moyenne de 7 mois.

En 1997, une autre bactérie (*Vibrio nigripulchritudo*) provoque à son tour des mortalités en saison chaude. Cette maladie, que l'on nommera "syndrome d'été" (Goarant, 2006), n'affecte pas toutes les exploitations de Nouvelle-Calédonie bien que des épisodes opportunistes temporaires de vibrioses aient été recensés dans presque toutes. Les déséquilibres de l'écosystème (milieu d'élevage) et les températures élevées notamment sont des facteurs majeurs dans son apparition (Lemonnier et al., 2006).

Dans ce contexte, la bancarisation des données zootechniques et environnementales récoltées au cours d'un élevage a été considérée comme

importante pour la compréhension de ces phénomènes (Jackson et Austin, 2004 ; Martin et al., 2004).

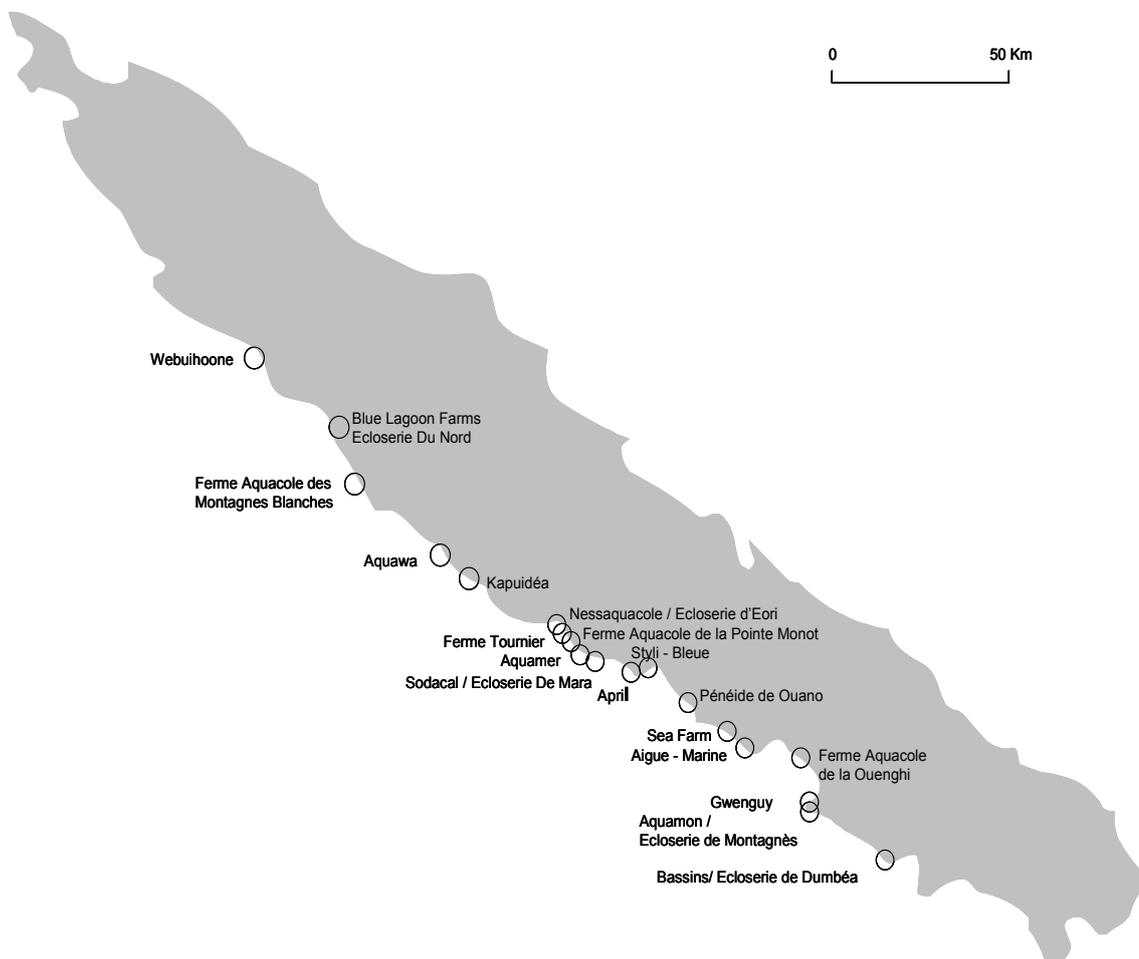


Figure 1 : Implantation des exploitations crevettecologiques en Nouvelle-Calédonie en 2008.

La démarche d'analyse exploratoire des données bancarisées a consisté dans un premier temps à dresser un **état des lieux** des données disponibles et de leur qualité.

Une fois cette étape achevée, il est possible de procéder, sur la base d'un jeu de données "propre", à **l'identification d'indices pertinents** :

- **de productivité**, à partir des pêches réalisées ;
- **explicatifs de la productivité** et de sa **variabilité** : sur la base des paramètres mesurés dans les bassins de grossissement (température, oxygène, ration...).



La démarche proposée est donc la suivante :

- identification des indices de productivité et des variables explicatives de la productivité et de sa variabilité ;
- exploration graphique :
 - mise en relation des indices de productivité d'une part avec les variables environnementales ou zootechniques d'autre part, pris deux à deux ;
 - analyse multidimensionnelle pour représenter les élevages dans l'espace des variables explicatives.
- modélisation : identification d'un effet ferme.



2. La base de données STYLOG

STYLOG (STYlirostris LOGiciels) a été développé sous Access ® par Benoît Soulard (Ifremer DAC/Koné) sous la forme d'une base de données informatisée par ferme.

Les épisodes de mortalité affectant l'activité crevetticole néo-calédonienne ont conduit l'Ifremer à proposer la création de la base de données STYLOG.

L'objectif initial pour les chercheurs était donc de disposer rapidement de l'information sous une forme standardisée pour leur permettre de réaliser des diagnostics de mortalités précis et de mieux comprendre le contexte environnemental de l'apparition de ces phénomènes.

A l'origine, les aquaculteurs utilisaient au mieux de multiples fichiers Excel ® pour le suivi de leurs élevages et la création de prévisionnels.

Après un inventaire des logiciels existants sur le marché, est apparue la nécessité de créer un outil spécifique à la filière crevetticole néo-calédonienne.

Access ® s'est révélé comme le plus adapté de par sa compatibilité avec les logiciels déjà utilisés pour le développement de STYLOG (STYlirostris LOGiciels).

Une démarche de sensibilisation auprès des aquaculteurs a été menée pour montrer l'intérêt d'archiver l'intégralité des données dans un seul et même outil.

D'un projet initial de base de données est né un véritable outil de gestion de fermes aquacoles permettant à la fois l'archivage et la mise en forme des données (graphiques, prévisionnels d'élevage, synthèses des pêches, résumés d'élevage...).

Les données des élevages sont stockées dans le module ferme de STYLOG à l'aide de formulaires de saisie thématiques (alimentation, aération, pêches...) (Figures 2 et 3).



Figure 2 : Formulaire Saisie de données du module Ferme de STYLOG



DATE (jj/mm/aaaa)	Températures			Renouv. (%)	Secchi (cm)	Turbi (°/oo)	Pluie (mm)	Mortes				
	Mini	Maxi	Moy.					Bords	Méans	Moines	Fond	
102 04.02.2007	27,3	28,9	27,3	28,9	28,1	24,8						
103 05.02.2007	26,0	28,4	26,0	28,4	27,2	29,6						
104 06.02.2007	26,0	28,0	26,0	28,0	27,0	27,1			1			
105 07.02.2007	26,5	28,4	26,5	28,4	27,5	26,6				1		
106 08.02.2007	27,1	29,0	27,1	29,0	28,1	24,1						
107 09.02.2007	27,1	30,3	27,1	30,3	28,7	17,0	55	38,5			30	
108 10.02.2007	28,1	31,6	28,1	31,6	29,8	13,3			30			30
109 11.02.2007	27,9	31,0	27,9	31,0	29,5	22,7		50				20 000
110 12.02.2007	26,8	30,6	26,8	30,6	28,7	21,9	60	35,0		3	0	25 000
111 13.02.2007	26,5	30,8	26,5	30,8	28,7	20,9					58	20 000
112 14.02.2007	28,0	31,4	28,0	31,4	29,7	30,4				1		24
113 15.02.2007	26,9	30,1	26,9	30,1	28,5	28,5						30
114 16.02.2007	26,9	29,6	26,9	29,6	28,3	34,2	60	35,5		1		11
115 17.02.2007	26,5	29,2	26,5	29,2	27,9	31,4						7
116 18.02.2007	26,6	29,3	26,6	29,3	28,0	25,3						1
117 19.02.2007	26,1	27,6	26,1	27,6	26,9	23,8	55	36,0				1
118 20.02.2007	25,3	27,8	25,3	27,8	26,6	17,1						

Figure 3 : Formulaire pour la saisie des différents paramètres d'élevage

Des modules annexes au module ferme de **STYLOG** sont envisagés :

- un module Veille Clinique (à l'état de prototype) permettant l'archivage des données de diagnostic (bactériologie, biologie moléculaire)
- un module éclosionerie (en projet).

Les objectifs aujourd'hui sont multiples, à la fois pour les chercheurs et la profession :

- aide aux aquaculteurs dans leurs prises de décisions quotidiennes ;
- comparaisons des élevages ;
- aide à la compréhension des phénomènes (mortalités...)
- produits de synthèse d'élevage : élaboration d'indices de productivité, bulletins à l'échelle de la ferme et de la filière.

Au 1^{er} janvier 2008, 10 fermes intègrent leurs données dans la base de données **STYLOG** sur 18 au total (Tableau 1). Huit d'entre elles l'utilisent quotidiennement et transmettent leurs jeux de données à l'Ifremer qui les administre. Après deux fermes en 2001, le chiffre a doublé en 2004 mais depuis, seule une nouvelle ferme a intégré le groupe des utilisateurs de **STYLOG** (Figure 4).

Fermes et codification STYLOG	Installation de STYLOG
Aigue-Marine (AM)	2003
April (APR)	2004
Aquamer (AMER)	2004
Aquamon (AMON)	2003
Montagnes Blanches (FAMB)	2004
Ferme Aquacole de la Ouenghi (FAO)	2004
La Pointe Monot (LPM)	2004
Sodacal (SOD)	2003
Stylibleue	2007
Tournier (TOU)	2004
Webuihoone (VOH)	2001

Tableau 1 : Liste des fermes et année d'installation de **STYLOG**

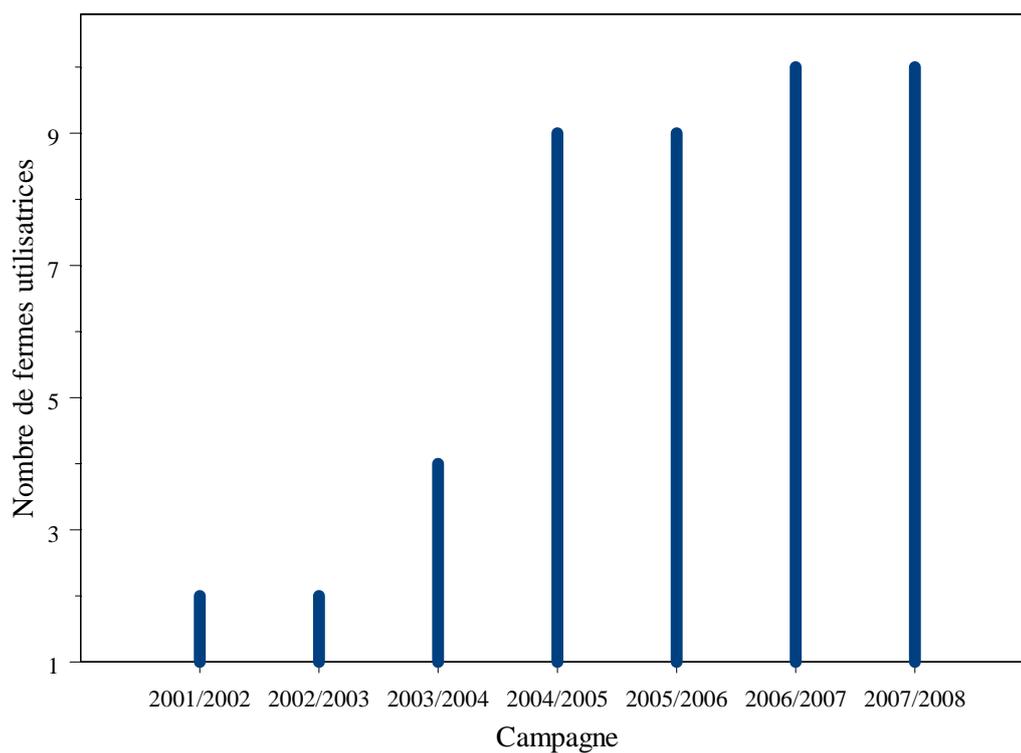


Figure 4 : Evolution du nombre de fermes utilisatrices de **STYLOG**



3. Matériels et Méthodes

3.1. Paramètres mesurés

Les données saisies dans SYL06 par les aquaculteurs sont de différentes natures (liste non exhaustive)

Physico-chimie :

- Température de l'eau (°C)
- Oxygène dissous (mg/L)
- Salinité (‰)
- pH
- Secchi (cm)

Compartiment phytoplanctonique :

- Populations phytoplanctoniques (cellules/ml)
- Fluorimétrie (µg/L)

Météorologie :

- Pluviométrie (mm)
- Température de l'air (°C)
- Ensoleillement

Zootecnie :

- Durée d'assec (j)
- Travaux pendant l'assec (% sol labouré)
- Densité initiale à l'ensemencement (PL/m²)
- Fertilisation : urée (kg)
- Aération (nombre d'aérateurs, puissance d'aération en CV/24 h)
- Renouvellement d'eau (%)
- Ration (kg)

Echantillonnage :

Les échantillonnages permettent aux aquaculteurs d'estimer la biomasse dans le bassin, et de suivre la croissance des animaux au fil de l'élevage.

- Nombre d'animaux capturés et poids (g)
- Défauts des animaux (*black spots, cicatrices, tordues...*)
- Stades de mue

Pêche :

- Type de pêche (pêche partielle ou pêche finale)
- Dates des pêches
- Quantités pêchées (g)
- Poids moyen (g)

3.2. Volumétrie de STYLOG

Sur la base des 11 fermes, la volumétrie est voisine des 2 000 000 données ce qui représente des informations sur 235 élevages au 01/01/2008.

En ôtant les données d'élevages atypiques qui ne suivent pas le protocole d'élevage standard, les élevages de type intensif (les élevages d'Aquamer et ceux d'un bassin de Webuihoone) ou les élevages d'Aigue-Marine qui sont des données d'expérimentations, on obtient alors 196 élevages exploitables via 8 bases de données STYLOG, 1 base de données correspondant à 1 ferme (Tableaux 2 et 3).

On dénombre 111 élevagesensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre dont 54 en octobre, contre 32 sur la période de janvier-février, saison propice aux pathologies hivernales dites "syndrome d'hiver" (Tableau 2).

	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	juin	juillet	août	TOTAL
1992		1				1					2
1995	1										1
1997		2									2
1998		2	1								3
1999		2									2
2000		1	1							1	3
2001	2	4	3			1				2	12
2002	2	5	3	2	1	1				2	16
2003		7	4	2	1	1				3	18
2004	6	5	9	3	1	2		4		6	36
2005	2	14	5	5		8				6	40
2006		10		13		5	2			6	36
2007	2	1	2	4	3	7	2		4		25
TOTAL	15	54	28	29	6	26	4	4	4	26	196

Tableau 2 : Nombres d'élevages saisis dans STYLOG selon la campagne de production et le mois d'ensemencement (au 01/01/2008).

	sept.	oct.	nov.	dec.	jan.	fev.	mars	juin	juil.	août	TOTAL
AMON	0	11	5	3	2	7	0	0	0	10	38
AWA	0	1	0	1	0	0	1	0	0	4	7
FAO /APR	1	9	6	1	1	2	0	0	0	0	20
FAMB	0	5	2	3	0	0	0	0	0	0	10
LPM	1	1	1	1	0	3	0	0	0	1	8
SOD	5	9	5	11	0	10	2	4	4	8	58
TOU	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
VOH	8	9	9	9	3	4	1	0	0	3	46
TOTAL	15	54	28	29	6	26	4	4	4	26	196

Tableau 3 : Nombre d'élevages saisis dans STYLOG par ferme et par mois d'ensemencement (au 01/01/2008).

Le taux de remplissage de SYLOG (Tableau 4) est hétérogène entre fermes, et entre variables :

Les données des variables température, oxygène dissous et ration sont journalières et bien renseignées dans SYLOG pour l'ensemble des 8 fermes.

La présence de données de renouvellement dépend de la configuration de la ferme ; en effet pour certaines configurations (comme pour Sodacal) il est difficile de calculer exactement la quantité d'eau pompée par bassin pour pouvoir renouveler.

Les données de Secchi, Salinité et pH sont renseignées en moyenne 1 à 2 fois par semaine.

Enfin, pour les variables de type production primaire, la mesure de chlorophylle a a débuté seulement en 2005 pour 2 fermes, tandis que les comptages phytoplanctoniques ne sont pas faits systématiquement.

	Nombre de données	Fréquence Théorique	données manquantes (%)	Nombre d'élevages
T°C	38842	2 fois par jour	1	206
Ration	37391	journalière	0	212
[O ₂]	35821	1 à 2 fois par jour	0	206
Renouvellement	21211	journalière	46	133
Secchi	15461	1 à 2 fois par semaine	61	186
pH matin	11870	1 à 2 fois par semaine	70	150
Salinité	9450	1 à 2 fois par semaine	76	181
pH soir	8014	1 à 2 fois par semaine	80	87
Phyto	3362	1 fois par semaine	91	117
Chl a	1577	1 fois par semaine	96	23

Tableau 4 : Volumétrie par paramètre (au 01/01/2008). Le nombre d'élevages est celui pour lesquels on a au moins une donnée pour le paramètre considéré, sur les 235 élevages répertoriés dans SYLOG.



3.3. Analyse exploratoire

3.3.1. Sélection des indices

- Indices de productivité

i. Vitesse de croissance

$$v_{PP} = \frac{\bar{w}_{PP}}{t_{PP}} \text{ (en g/jour)}$$

où \bar{w}_{PP} est le poids moyen à la première pêche en g
 t_{PP} est la durée jusqu'à la première pêche en jours

Les comparaisons des vitesses de croissance des animaux recevant différents types d'aliment, issus de bassins et/ou de fermes distincts, d'une année à une autre sur une même enceinte sont des outils indispensables à la profession. Classiquement, la vitesse de croissance est calculée sur la période démarrant à la fin du pré-grossissement soit environ « 1 g » et se terminant à la vidange finale.

Or, l'estimation du poids moyen initial ≈ 1 g est très aléatoire car elle dépend étroitement de l'« effort de pêche », des caractéristiques de l'engin de capture utilisé et en particulier de sa sélectivité (chalut à maille fine 2 mm ou éperviers de différents vides de maille 8, 10, 12 mm).

Par ailleurs, le nombre important de pêches partielles (en moyenne 10 +/- 5) avant la vidange finale serait source de déséquilibre environnemental pour l'écosystème bassin et donc de stress physiologique pour la crevette (Della Patrona, comm. pers.), l'étendue de cette période pouvant s'étaler sur plus de trois voire quatre mois au cours desquels des changements climatiques peuvent survenir. Les choix stratégiques des quotas de calibres qui régissent les biomasses résiduelles, sont autant de facteurs qui influent sur la vitesse de croissance.

De sorte qu'il a été choisi d'utiliser la vitesse de croissance calculée sur la période démarrant à l'ensemencement (poids initial approximé à 0) et s'achevant à la première pêche partielle (entre 17 et 20 grammes). La figure 5 représente l'histogramme de fréquences de la durée de cette période, en général dans l'intervalle 100-120 jours.



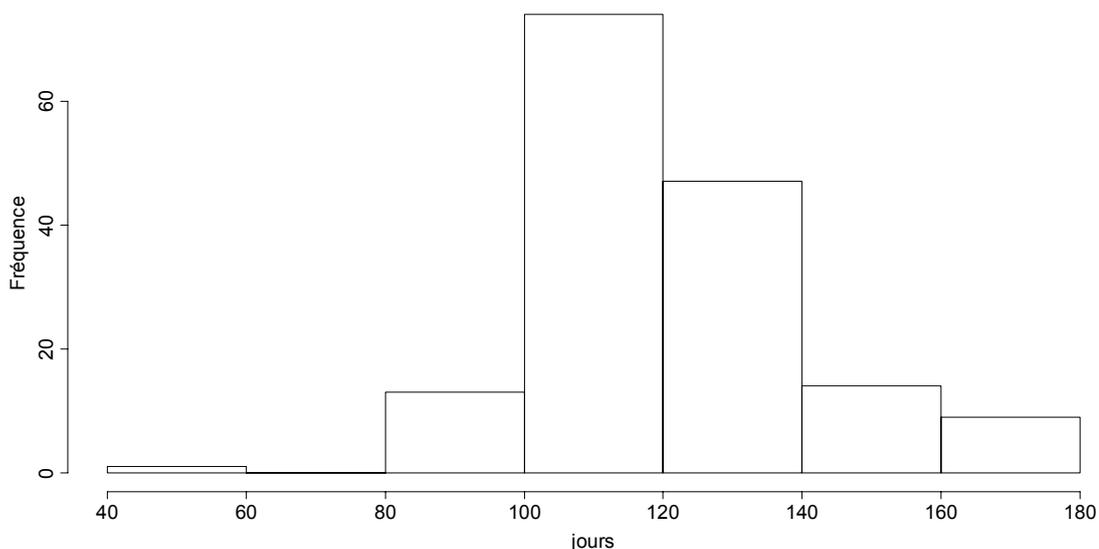


Figure 5 : Histogramme de fréquence (nombre d'individus) de la durée de l'élevage jusqu'à la première pêche partielle.

ii. Indice de conversion pondéré

$$IC_w = \frac{\sum_{i=0}^f R_i}{P_f \cdot \bar{w}_f} \times 100 \text{ (en g}^{-1}\text{)}$$

où R_k est la ration cumulée jusqu'à la $k^{\text{ème}}$ pêche

P_f est le poids total des crevettes pêchées jusqu'à la pêche finale en kg

L'interprétation de l'indice de conversion classique (quantité d'aliment distribué/quantité de crevettes pêchées) n'a de sens que si elle est assortie du poids moyen pondéré correspondant des animaux. A titre d'exemple un indice de conversion de 1,8 ne peut être évalué que par rapport au poids moyen du cheptel et éventuellement de la densité initiale (dans le cas où celle-ci est inhabituelle $< 10/m^2$ ou $> 45/m^2$). Il sera qualifié de médiocre pour un poids moyen de 18 g et d'excellent pour un poids moyen de 28 g.

Nous utiliserons l'indice de conversion pondéré, en divisant l'indice de conversion par le poids moyen pondéré sur la durée de l'élevage et en multipliant par 100 pour disposer d'une échelle plus lisible.

La figure 6 présente, sur la base des indices de conversion et des poids moyens pondérés obtenus pour l'ensemble des élevages dans STYLOG, l'histogramme de fréquences de l'indice de conversion pondéré. 40 élevages sur 196 ont obtenus des indices compris entre 7 et 8 g^{-1} , il peut être qualifié de bon indice et correspond à un indice de conversion autour de 2 assorti d'un poids moyen pondéré à 28 g.



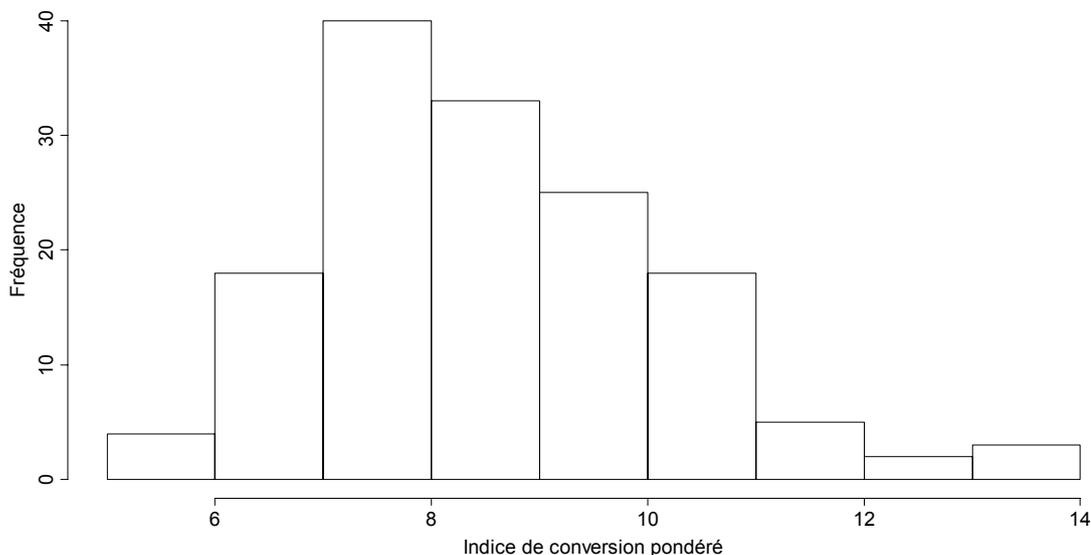


Figure 6 : Histogramme de fréquence (nombre d'individus) de l'indice de conversion pondéré.

iii. Productivité "économique"

Dans la fiche biotechnique 91.05 intitulée "Uniformisation du vocabulaire « aquaculture crevette » en Nouvelle Calédonie" (Galinié, 1991) avaient été données plusieurs définitions :

- Rendement extrapolé (tonne/hectare/an) : poids de crevettes produites pendant l'élevage en tonne x 365/durée de l'élevage en jours/surface du bassin en hectare
- Rendement net (tonne/hectare/j) : poids de crevettes pêchées pendant l'élevage en tonne x 365 /durée de l'élevage et de son assec initial en jours/surface du bassin en hectare

L'extrapolation de la production d'un élevage à un an ne présentant que très peu d'intérêt pour les aquaculteurs, il a été choisi de calculer un rendement par élevage plus informatif sans tenir compte de la durée d'élevage :

$$r = \frac{P_f}{1000 \times s} \text{ en t/ha}$$

où s est la surface du bassin pour l'élevage considéré en ha



iv. Productivité biologique

$$PB = \frac{P_f \times 1000}{nPL} \text{ (en kg.1000 PL}^{-1}\text{)}$$

où nPL est le nombre de post-larvesensemencées pour l'élevage considéré

Ce critère a été proposé par Clifford (1992). En 1997, Le même auteur définit une grille d'évaluation de la production des élevages de *L. stylirostris* de 0 à 25 kg/1000 post-larves.

Cet indice intègre la notion de survie via le nombre de post-larvesensemencées.

v. Survie

$$S = \frac{\sum_{k=PP}^f \frac{P_k \times 1000}{\bar{w}_k}}{nPL} \times 100 \text{ (en \%)}$$

où P_k est le poids total des crevettes issues de la $k^{\text{ième}}$ pêche en kg

L'indice S correspond au nombre d'animaux pêchés par rapport au nombre de post-larvesensemencées, exprimé en pourcentage. Le nombre d'animaux pêchés est calculé comme la somme du rapport entre le poids total de crevettes pêchées en g et \bar{w}_k , le poids moyen pondéré estimé à chaque pêche partielle.

- Choix des variables explicatives

Par souci d'homogénéité, l'ensemble des variables explicatives choisies couplées aux variables réponses sera calculé uniquement sur la période de l'élevage précédant la première pêche partielle.

En effet, on considère que la date de première pêche marque un changement dans le milieu qui modifierait sensiblement les relations à rechercher entre la productivité et ces variables.

i. Température du bassin

1. moyenne des températures du matin

On calcule la moyenne des températures des bassins mesurées le matin jusqu'à la première pêche.

2. intégrale des températures du matin

$$I_{PP} = \frac{\int_{i=0}^{PP} T_i}{t_{PP}} \text{ en } ^\circ\text{C.j}$$

où T_i est la température mesurée au $i^{\text{ème}}$ jour de l'élevage considéré

Cette variable traduisant la notion de "degrés jours" est représentative de l'énergie totale apportée par la température dans le bassin jusqu'à la première pêche. Elle se traduit comme l'aire de la surface grise sous la courbe (Figure 7).

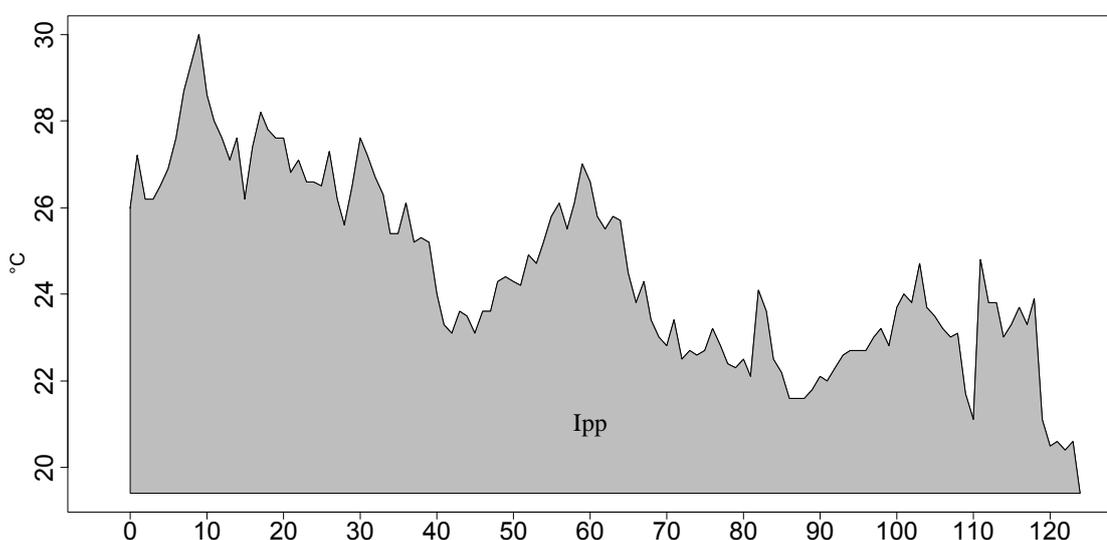


Figure 7 : Série temporelle des températures journalières mesurées jusqu'à la première pêche ($t_{PP} = 124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. L'intégrale I_{PP} de la température est représentée par la surface grisée sous la courbe.

3. variation des températures du matin

On calcule l'écart type des résidus du lissage de la série des températures mesurées le matin (Figure 8). La méthode de lissage utilisée est la méthode LOESS (Cleveland et Devlin, 1988) correspondant à une régression polynomiale locale pondérée. Cette technique consiste à ajuster un polynôme en chaque point du jeu de données suivant la méthode des moindres carrés pondérés sur un intervalle glissant en abscisse. L'écart-type des résidus ainsi obtenus permet de quantifier les variations des températures autour d'une tendance générale (Figure 9).

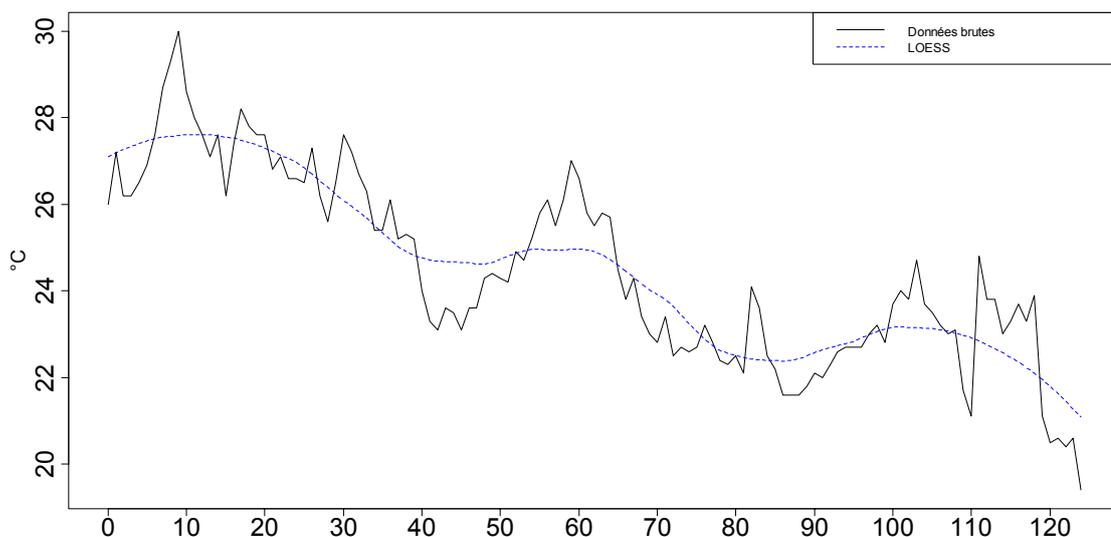


Figure 8 : Série temporelle des températures journalières mesurées jusqu'à la première pêche ($t_{pp} = 124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. Estimation de la tendance de la série de températures au moyen d'un LOESS.

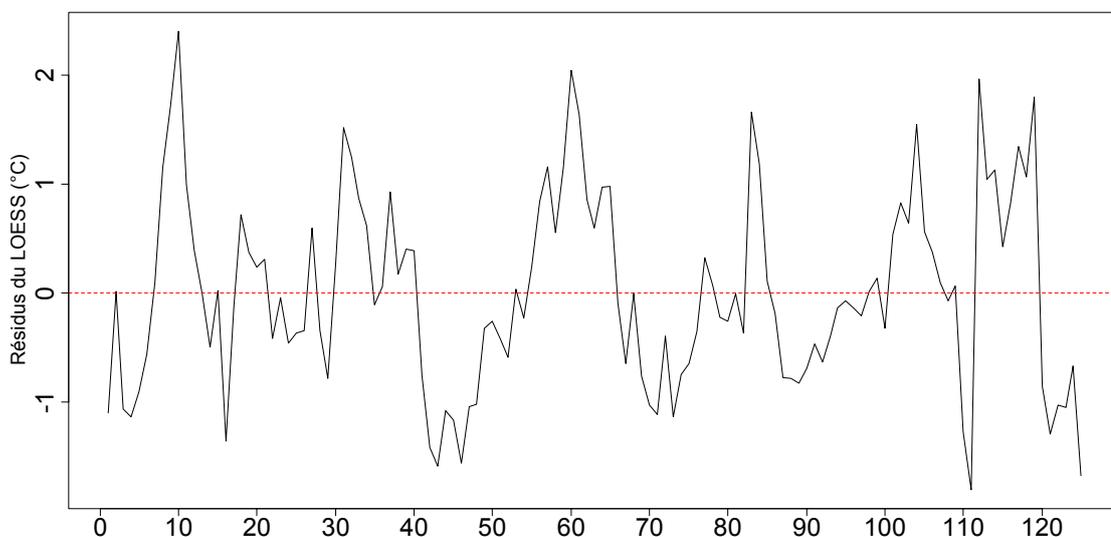


Figure 9 : Evolution temporelle des résidus issus du LOESS.

ii. Concentration en oxygène dissous

1. moyennes des valeurs matinales

On calcule la moyenne des concentrations en oxygène dissous mesurées le matin jusqu'à la première pêche.

2. variation des valeurs matinales

On calcule la variance des concentrations en oxygène dissous matinales jusqu'à la première pêche, autour du lissage estimé par la méthode LOESS (cf. i.3) (Figure 10).

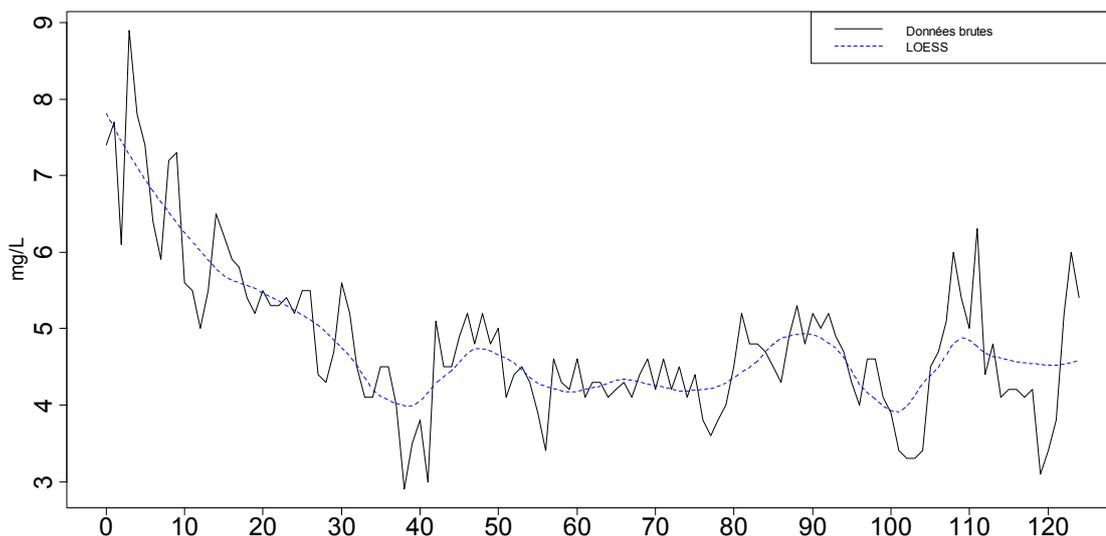


Figure 10 : Série temporelle des concentrations en oxygène dissous mesurées le matin jusqu'à la première pêche ($t_p=124$ jours) dans un bassin ensemencé en mars 2007. Estimation de la tendance de la série des oxygènes par la méthode LOESS.

3. écarts journaliers en oxygène

Les écarts journaliers en oxygène, c'est-à-dire ici la différence de concentration en oxygène dissous entre la valeur maximale et la minimale, est liée à l'activité photosynthétique du phytoplancton et donc à sa production d'oxygène. Pour estimer cette différence, on calcule la moyenne des écarts journaliers en oxygène ; le calcul de l'écart-type donne une estimation de la variabilité des écarts journaliers en oxygène au cours d'un élevage.

$$\Delta_{oxy} = \frac{\sum_{i=0}^p \Delta_{oxy_i}}{t_p} = \frac{1}{t_p} \sum_{i=0}^p ([O_2]_{i,soir} - [O_2]_{i,matin})$$

$$s\Delta_{oxy} = \sqrt{\frac{1}{t_p - 1} \sum_{i=0}^p (\Delta_{oxy_i} - \Delta_{oxy})^2}$$

iii. Quantité d'aliment

On cherche la relation entre les variables réponses et la quantité d'aliment apportée jusqu'à la première pêche, rapportée à la surface du bassin (en ha) et au nombre de jours avant la première pêche (R_1), ou rapportée au nombre de 1000 post-larves (R_2) :

$$R_1 = \frac{\sum_{i=0}^{PP} R_i}{S \times t_{PP}} \quad (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1})$$

$$R_2 = \frac{\sum_{i=0}^{PP} R_i}{\frac{nPL}{1000}} \quad (\text{kg} \cdot 1000 \text{ PL}^{-1})$$

Remarque : Il est néanmoins plus juste de considérer la variable productivité comme explicative de la ration distribuée, puisque l'aquaculteur nourrit de façon plus importante lorsque la biomasse de crevettes dans le bassin est plus importante.

- Paramètres écartés de l'étude

La durée des **assecs** n'est interprétable que dans les cas extrêmes : inférieure à 10 jours, ou supérieure à 4 mois. La période inter-élevages n'a donc pas été retenue comme paramètre explicatif.

La mesure de disparition du disque de **Secchi** (transparence), qui est fonction de la population phytoplanctonique présente dans le bassin et/ou des particules en suspension, rend son interprétation délicate, d'autant plus que ce paramètre n'a probablement pas été mesuré de la même façon entre les fermes et dans le temps.

L'utilisation de la mesure de **pH** dans la colonne d'eau serait pertinente dans notre étude mais nous ne disposons pas de données suffisantes (DPI, 2006).

Les comptages **phytoplanctoniques** ne sont pas utilisables compte tenu des difficultés d'identification taxonomique et du nombre important de données manquantes.

3.3.2. Relations entre indices de productivité et variables explicatives

L'étude des corrélations entre indices nous permet de mesurer l'intensité de la liaison linéaire entre les différentes variables en prenant l'ensemble des données des 8 fermes.

Les élevages ont été partagés en 2 groupes pour lesquels l'ensemencement a été effectué dans des conditions climatiques proches :

- élevages ensemencés en octobre, novembre et décembre ;
- élevages ensemencés en janvier, février.

Ces deux périodes sont les périodes d'ensemencement les plus fréquentes et pour lesquels on possède le plus de données dans SYLOG, compte tenu de la saisonnalité des productions ; le nombre d'élevages pour les autres mois d'ensemencement a été considéré comme non suffisant.

Chaque indice de productivité est exprimé graphiquement en fonction de chaque paramètre physico-chimique, biologique ou zootechnique. Lorsque le coefficient de corrélation linéaire est significatif, une droite de régression linéaire est surimposée au nuage de points.

3.3.3. Modélisation

Le facteur "pratique culturale" qui rend compte de la gestion zootechnique est pris en compte dans notre étude.

Globalement, un indice de productivité Y est exprimé en fonction d'un paramètre physico-chimique ou zootechnique X .

La valeur d'un indice de productivité pour l'élevage j de la ferme i s'exprime selon l'équation suivante :

$$Y_{ij} = \mu + a.X_{ij} + a_i.X_{ij} + b_i + \varepsilon_{ij}$$

où μ est la constante générale du modèle

a est la pente commune à l'ensemble des fermes

a_i est la pente de la relation pour la ferme i

b_i est l'ordonnée à l'origine pour la ferme i

ε_{ij} est l'erreur aléatoire avec $\varepsilon_{ij} \approx N(0, \sigma^2)$

Le modèle de l'analyse de variance (la commande *lm* sous R) sera utilisé pour tester l'influence d'une variable X (indice physico-chimique, zootechnique...), du facteur ferme, de l'interaction X *ferme sur un indice de productivité.

3.3.4. Analyse en Composantes Principales

Les données doivent également être analysées en tenant compte de leur caractère multidimensionnel ; l'analyse en composantes principales (ACP) est alors une méthode particulièrement puissante pour explorer la structure de données telles que celles archivées dans SYLOG. Elle permet de représenter les élevages dans un espace de dimension réduite en prenant en compte les corrélations entre les différentes variables choisies.

Les p indices ou paramètres choisis sur les n élevages considérés dans SYLOG sont rassemblés dans un tableau rectangulaire à n lignes et p colonnes. Un premier tableau regroupe uniquement les variables physico-chimiques, biologiques et zootechniques, dites explicatives, et un second tableau les variables de productivité. Ces deux tableaux feront l'objet d'analyses distinctes et les élevages seront regroupés en fonction de la période d'ensemencement.

4. Résultats

4.1. Résumé par variable

Les deux tableaux suivants résument les valeurs minima, maxima et moyennes prises par les différents indices sur la base des élevages sélectionnés dans SYLOG selon la période d'ensemencement, ainsi que le nombre d'élevages pour lesquels on dispose d'assez de données pour calculer l'indice, ou pour lesquels on possède les données de pêches (date de première pêche) :

	minimum	moyenne	maximum	nombre d'élevages pris en compte (sur 111)
Température matin (°C)	24.4	26.3	28.5	94
Oxygène dissous matin (mg/L)	2.4	4.1	5.9	90
Salinité (ppm)	33.8	38.5	43.1	90
Secchi (cm)	31.1	58.9	82.1	83
Ration cumulée (kg/ha/j)	16	40	57	93
Ration cumulée (kg/1000 PL)	9	24	35	93
Fluorimétrie <i>in vivo</i> : Chl. a (µg/L)	24.4	37.3	52.6	7
Densité à l'ensemencement (PL/m ²)	11.9	19.9	26.7	111
Rendement (t/ha)	0.5	3.4	5.2	96
Survie (%)	12.6	58.8	97.3	95
Vitesse de croissance (g/j)	0.10	0.17	0.24	95
Productivité (kg/1000 PL)	2.9	16.9	27.1	96
Indice de conversion	1.6	2.3	3.2	89
Poids moyen pondéré (g)	19.4	28.4	34.9	97
Indice de conversion pondéré (g ⁻¹)	5.6	8.1	11.6	89

Tableau 5 : Résumé (moyenne, minimum et maximum, nombres d'élevages pris en compte) des indices sur la base des 111 élevages ensemencés en octobre, novembre et décembre.

	minimum	moyenne	maximum	nombre d'élevages pris en compte (sur 32)
Température matin (°C)	23.0	24.9	26.9	25
Oxygène dissous matin (mg/L)	3.2	4.4	6.1	24
Salinité (ppm)	33.1	36.1	38.0	16
Secchi (cm)	33.2	56.9	78.2	19
Ration cumulée (kg/ha/j)	17	35	50	25
Ration cumulée (kg/1000 PL)	16	23	40	25
Fluorimétrie <i>in vivo</i> : Chl. a (µg/L)	48.7	50.2	53.1	4
Densité à l'ensemencement (PL/m ²)	6.9	17.8	27.9	32
Rendement (t/ha)	0.9	2.3	4.2	26
Survie (%)	25.3	52.6	86.2	25
Vitesse de croissance (g/j)	0.13	0.18	0.24	25
Productivité (kg/1000 PL)	5.1	13.1	21.7	26
Indice de conversion	1.5	2.2	3.5	25
Poids moyen pondéré (g)	19.6	23.7	31.6	26
Indice de conversion pondéré (g ⁻¹)	6.2	9.2	13.6	25

Tableau 6 : Résumé (moyenne, minimum et maximum, nombres d'élevages pris en compte) des indices sur la base des 32 élevages ensemencés en janvier et février.

4.2. Corrélations entre indices

Les tableaux 8A et 8B présentent les corrélations pour l'ensemble des couples d'indices calculés sur la base des élevages ensemencés sur les périodes d'octobre-novembre-décembre (8-A) et de janvier-février (8-B).

On observe peu de coefficients significatifs. Les indices survie, rendement et productivité biologique sont fortement corrélés positivement et apparaissent comme une information redondante. L'indice de conversion et la survie sont fortement corrélés négativement, ce qui montre qu'une bonne survie est reliée à un bon indice de conversion et réciproquement. La ration cumulée est fortement corrélée positivement aux indices productivité biologique, rendement et survie mais ne semble pas montrer de lien fort avec la vitesse de croissance et le poids moyen pondéré.

Pour les élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre, il n'existerait pas de lien entre la température et la productivité (Figures 11 et 12). Cependant, on observe un regroupement des élevages par ferme, ce qui montrerait l'existence d'un "effet ferme". D'après les séries brutes de température (Figure 13) pour deux fermes éloignées géographiquement (Webuihoone au Nord et FAO plus au Sud), les différences de températures sont notables en terme de moyenne et de variations au cours d'un élevage.

Il n'existe pas non plus de lien entre les valeurs moyennes d'oxygène ou les variations d'oxygène et la productivité (Figures 14 et 15). Les séries brutes des valeurs d'oxygène mesurées sur les deux fermes sont cependant très différentes (Figure 16).

La Figure 17 ne montre pas de lien entre la variabilité des écarts journaliers en oxygène dissous et l'indice de productivité biologique pour l'ensemble des fermes, mais un lien fort semble exister entre ces deux indices pour les fermes Sodacal et Webuihonne. L'analyse de variance réalisée sur le jeu de données d'élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre avec la ferme en facteur fixe, les variations des $\Delta[O_2]$ calculées sur la base des 111 élevages disponibles (25 élevages manquants) en variable indépendante en fonction de la variable dépendante productivité, prouve que l'effet du facteur $s\Delta[O_2]$ est significatif pour les fermes Webuihonne et Sodacal (Tableau 7).

	Ferme	Nombre d'élevages	Statistique t de Student	Valeur de p	< 0.05 = *
Interaction entre le facteur ferme et $s\Delta[O_2]$	Aquamon	17	0.938	0.351	
	Ferme Aquacole de la Ouenghi	14	1.423	0.159	
	Aquawa	1	NA	NA	
	Ferme Aquacole de Montagnes Blanches	6	0.964	0.338	
	La Pointe Monot	2	- 0.612	0.543	
	Sodacal	21	2.878	0.005	*
	Webuihoone	18	2.535	0.013	*

Tableau 7 : Tableau de l'analyse de variance.

Si l'on regarde les séries temporelles des variations journalières en oxygène pour ces deux fermes (Figure 18), l'élevage de la ferme Webuihoone qui présente les plus fortes fluctuations a eu un meilleur rendement (4.9 contre 2 t/ha), une meilleure survie (74.2 contre 47.2 %) et une meilleure productivité (24.5 contre 12.5 kg/1000 PL). On remarque de plus concernant l'élevage de Webuihoone, pour lequel on possède les données de renouvellement d'eau, que les pics des variations journalières en oxygène correspondent aux instants de forts renouvellements appliqués par l'aquaculteur (Figure 19).

La Figure 20 nous permet de confirmer qu'il existe bien un lien fort entre la variabilité des écarts journaliers en oxygène dissous et le rendement pour l'ensemble des fermes. On note également un lien fort entre la ration cumulée et les écarts journaliers en oxygène (tableau 8A, $r=0.61$), la ration pouvant être considérée comme le marqueur de l'augmentation de la biomasse en crevette dans le bassin. La production phytoplanctonique est la résultante des différents processus se déroulant dans le bassin dont la fertilisation induite par l'alimentation.

Les valeurs moyennes de Secchi calculées pour chaque élevage ne semblent pas liées à un indice de productivité (Figure 21) ; on observe cependant des écarts importants de mesures entre les fermes, attribuables éventuellement à une hétérogénéité dans les protocoles de mesure du Secchi (Soulard, comm. pers.), comme déjà mentionné auparavant.

Pour les élevagesensemencés sur la période de janvier-février (Tableau 8-B), les corrélations entre les indices diffèrent nettement de celles observées sur la période d'octobre-novembre-décembre.

Les valeurs moyennes de température matinale sont, pour cette période, fortement corrélées positivement au rendement (Figure 22) et à la ration cumulée rapportée à la densité.

Les variations de température au cours d'un élevage et les indices survie et rendement ont respectivement un coefficient de corrélation négatif et significatif (Figures 23 et 24).

Les concentrations moyennes en oxygène dissous du matin sont également corrélées négativement au rendement (Figure 26), et à la ration cumulée par hectare et par jour.

La ration cumulée est fortement corrélée, comme pour les élevages d'octobre à décembre, aux trois indices de productivité : productivité biologique, rendement et survie.

Contrairement aux élevagesensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre, les écarts journaliers en oxygène ne sont pas corrélés avec la productivité (Figure 27). Notons toutefois que le poids moyen pondéré est lié fortement à la ration cumulée rapportée à la densité ($r = 0.79$).

	Moyenne T ^c	Intégrale T ^c	Variations T ^c	Moyenne [O ₂]	Variations [O ₂]	Δ[O ₂] moyen	Variations Δ[O ₂]	Moyenne Secchi	Ration (kg/ha/j)	Ration (kg/1000PL)	Productivité (kg/1000PL)	Rendement (t/ha)	Survie	Vitesse de croissance	Poids moyen pondéré
Intégrale T ^c	-0.05														
Variations T ^c	-0.15	0.18													
Moyenne [O ₂]	-0.2	-0.17	-0.06												
Variations [O ₂]	-0.17	-0.06	0.28	0.08											
Δ[O ₂] moyen	0.04	-0.2	-0.26	-0.17	0.21										
Variations Δ[O ₂]	0.19	-0.08	0	-0.03	0.51	0.71									
Moyenne Secchi	0.11	-0.35	-0.12	0.06	-0.11	0.07	0.12								
Ration (kg/ha/j)	0.15	0.01	-0.08	-0.19	0.28	0.55	0.61	-0.06							
Ration (kg/1000PL)	0.19	-0.09	-0.22	-0.05	0.15	0.3	0.21	0.09	0.73						
Productivité (kg/1000PL)	0.38	-0.28	-0.11	-0.1	0.25	0.27	0.41	0.27	0.53	0.68					
Rendement (t/ha)	0.28	-0.16	0.01	-0.14	0.34	0.41	0.6	0.19	0.71	0.55	0.88				
Survie	0.37	-0.36	-0.02	-0.09	0.26	0.25	0.4	0.26	0.48	0.58	0.94	0.82			
Vitesse de croissance	0.26	-0.33	-0.26	-0.09	-0.16	0.09	0.04	0.22	-0.03	0.02	0.17	0.12	0.06		
Poids moyen pondéré	-0.07	0.24	-0.19	-0.02	0.02	0.02	-0.06	0.01	0.26	0.3	0.23	0.26	-0.03	0.21	
Indice de Conversion	-0.29	0.35	-0.08	-0.03	-0.15	0.01	-0.21	-0.31	0.21	0.15	-0.48	-0.44	-0.55	-0.17	0.22

Tableau 8-A : Matrice de corrélation r des indices pour les élevages d'octobre, novembre et décembre. Les cases sont grisées si le coefficient de corrélation linéaire est significatif.

	Moyenne T ^c	Intégrale T ^c	Variations T ^c	Moyenne [O ₂]	Variations [O ₂]	Δ[O ₂] moyen	Variations Δ[O ₂]	Moyenne Secchi	Ration (kg/ha/j)	Ration (kg/1000PL)	Productivité (kg/1000PL)	Rendement (t/ha)	Survie	Vitesse de croissance	Poids moyen pondéré
Intégrale T ^c	-0.33														
Variations T ^c	-0.53	0.1													
Moyenne [O ₂]	-0.67	0.23	0.56												
Variations [O ₂]	-0.45	0.25	0.48	0.28											
Δ[O ₂] moyen	0.36	-0.06	-0.28	-0.25	-0.1										
Variations Δ[O ₂]	0.29	-0.38	-0.09	-0.13	-0.06	0.67									
Moyenne Secchi	0.19	0.22	-0.22	-0.25	-0.19	0.2	-0.16								
Ration (kg/ha/j)	0.72	0.18	-0.47	-0.63	0	0.59	0.24	0.1							
Ration (kg/1000PL)	0.37	0.18	-0.18	-0.37	-0.27	-0.01	-0.17	0.49	0.24						
Productivité (kg/1000PL)	0.45	0.14	-0.49	-0.5	-0.19	0.34	-0.02	0.48	0.53	0.81					
Rendement (t/ha)	0.64	0	-0.73	-0.68	-0.21	0.51	0.17	0.35	0.81	0.46	0.83				
Survie	0.47	0.17	-0.63	-0.56	-0.25	0.31	-0.13	0.56	0.57	0.69	0.97	0.88			
Vitesse de croissance	0.59	-0.55	-0.38	-0.44	-0.21	0.03	0.16	0.13	0.36	0.36	0.34	0.42	0.35		
Poids moyen pondéré	0.06	0.44	0.06	0.04	-0.12	-0.25	-0.34	0.52	0.09	0.79	0.49	0.12	0.43	0.35	
Indice de Conversion	-0.25	-0.07	0.61	0.36	0.03	-0.45	0.01	-0.35	-0.56	-0.28	-0.76	-0.82	-0.81	-0.23	-0.04

Tableau 8-B : Matrice de corrélation r des indices pour les élevages de janvier et février. Les cases sont grisées si le coefficient de corrélation linéaire est significatif.

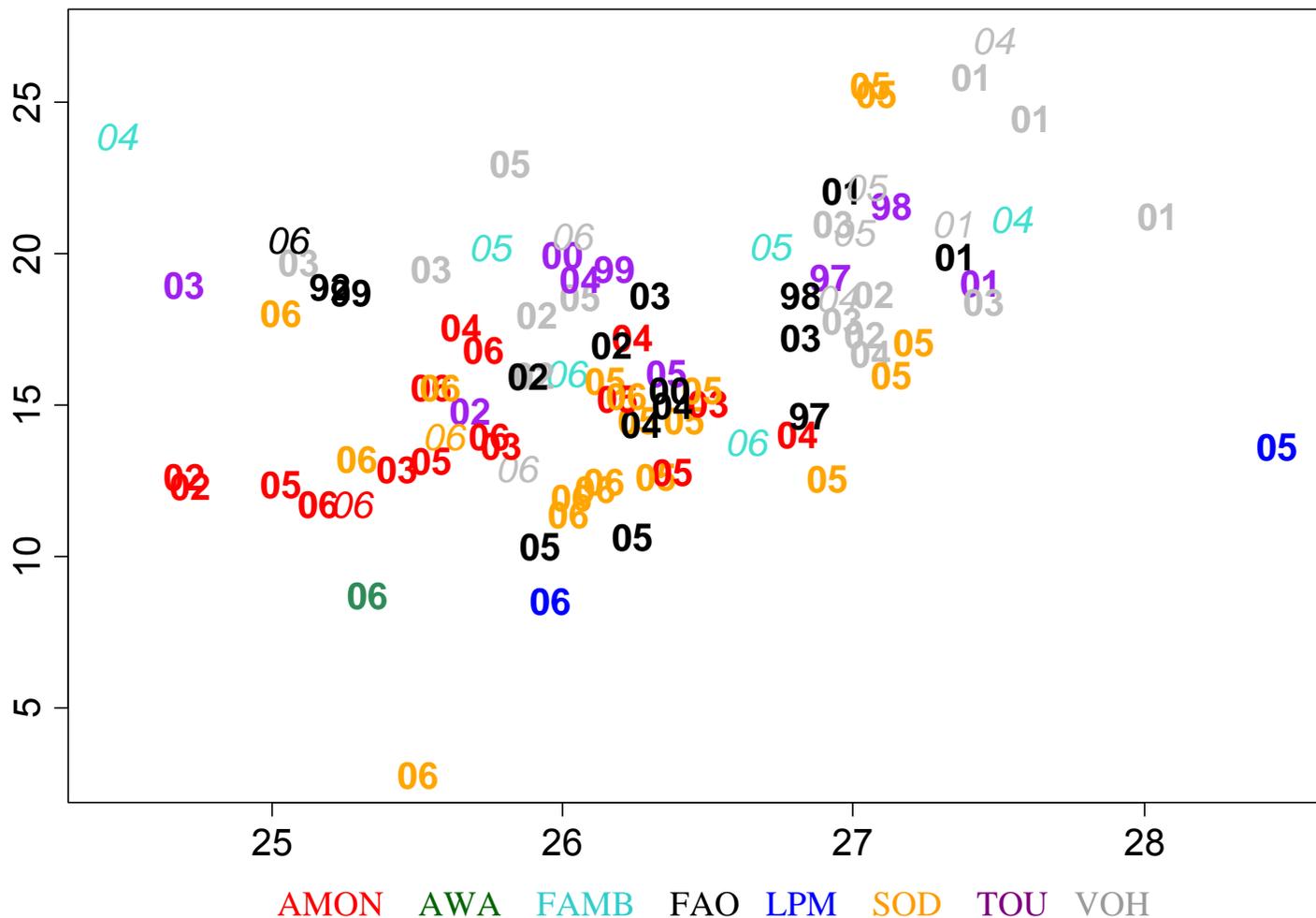


Figure 11 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des moyennes de température matinale (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés.



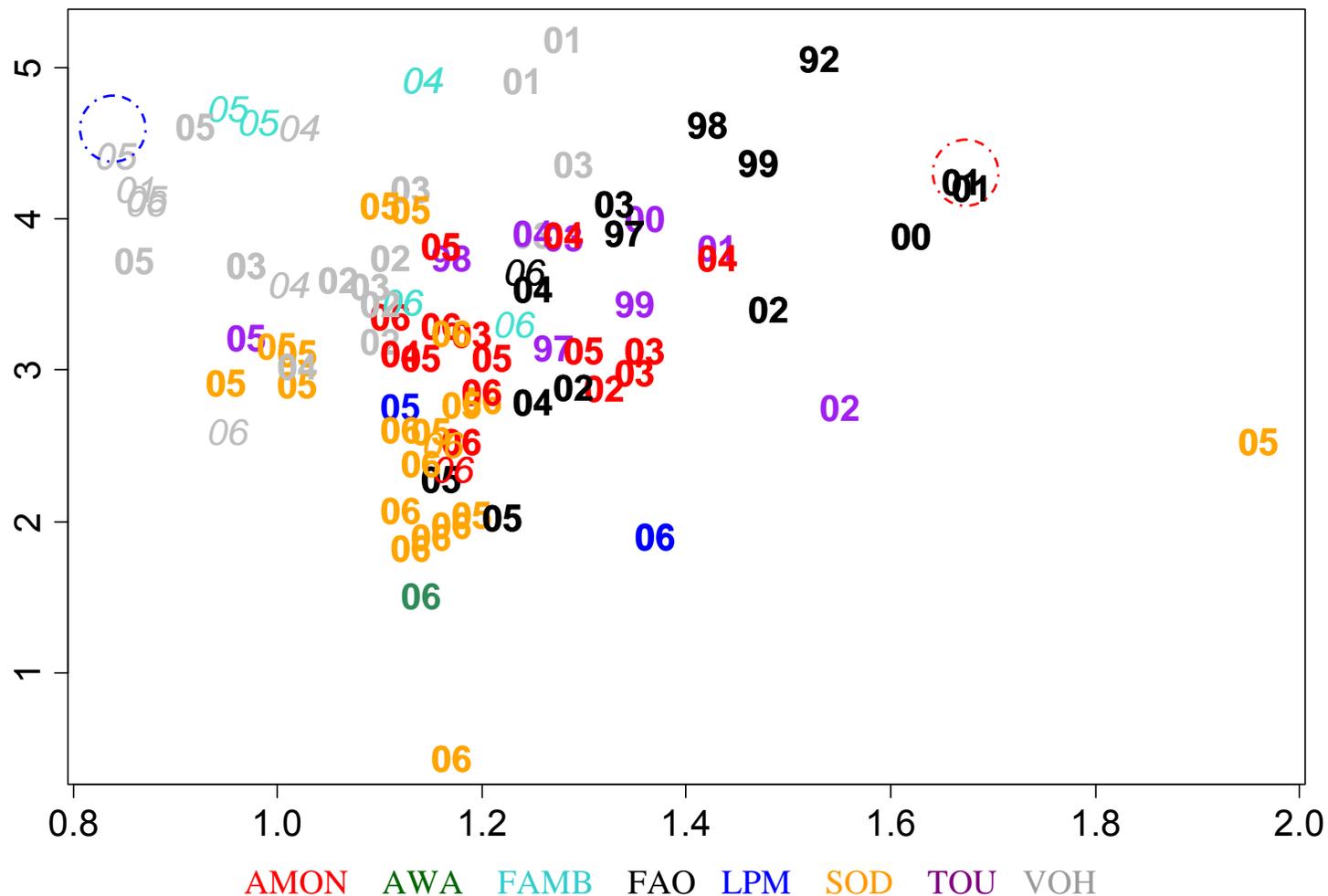


Figure 12 : Rendement (t/ha) en fonction des variations de température matinale (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes.



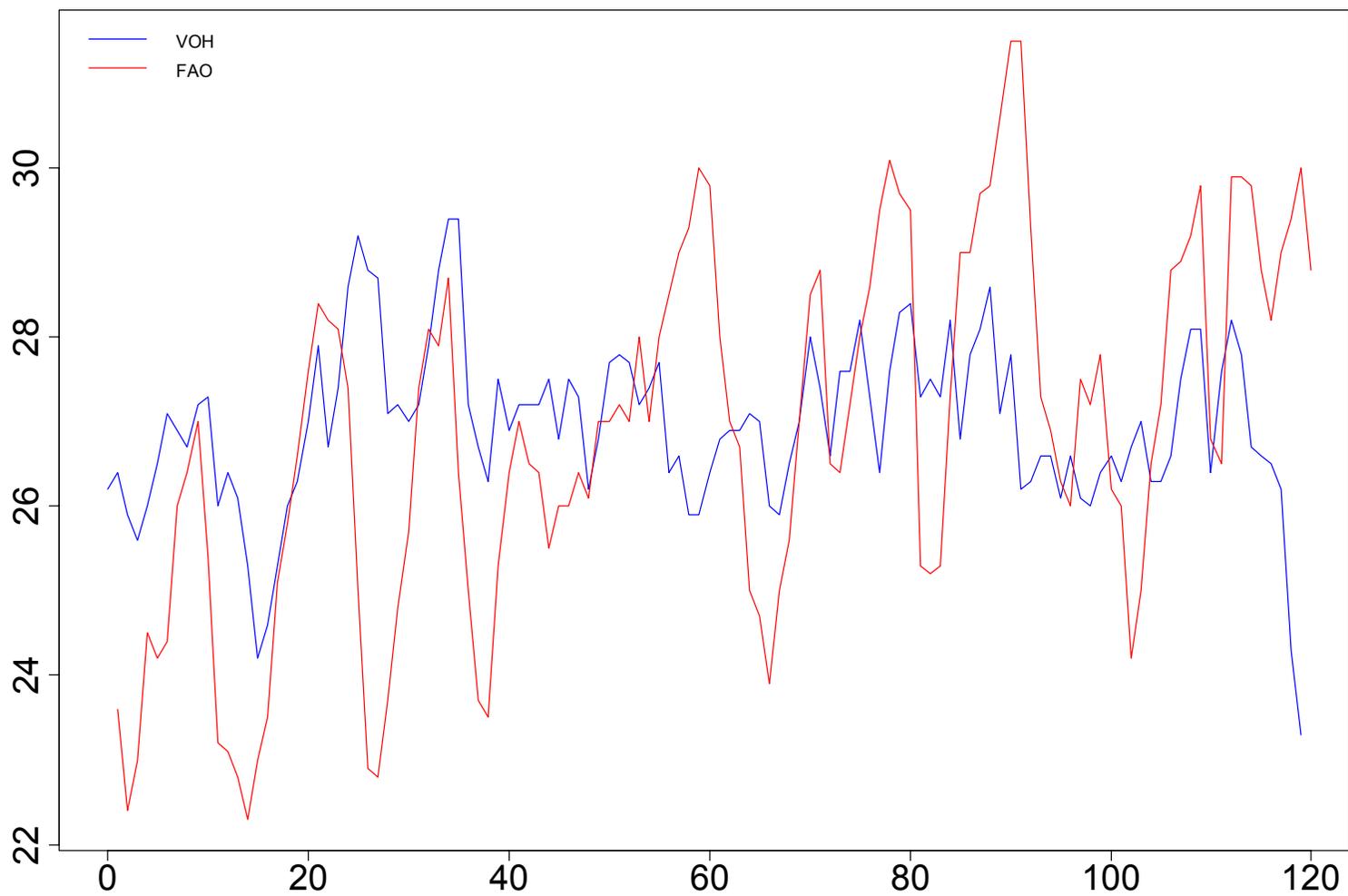


Figure 13 : Séries brutes des températures matinales (°C) pour les deux élevages extrêmes identifiés sur la figure 12 (ronds pointillés).



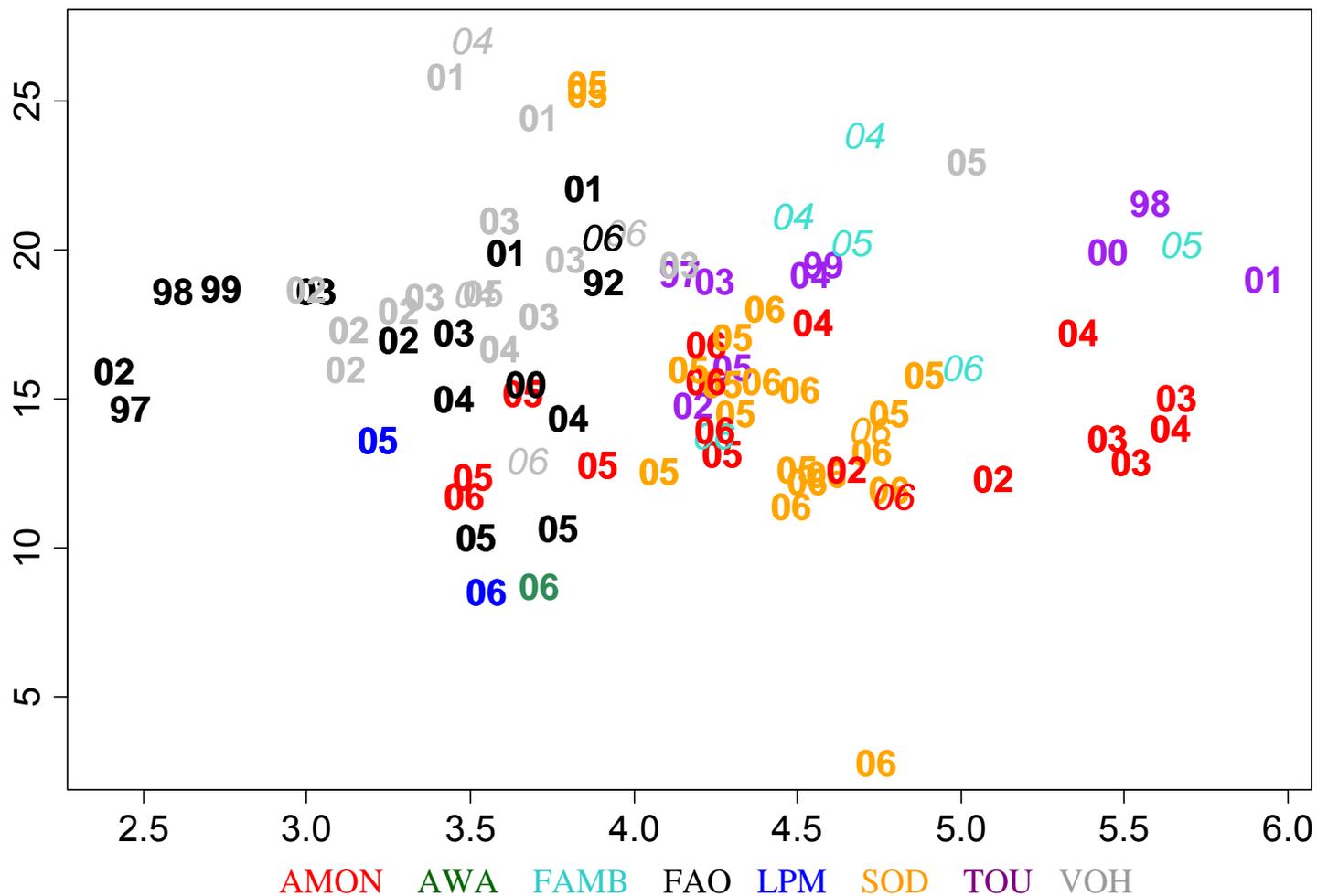


Figure 14 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des concentrations minimales moyennes en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevagesensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés.



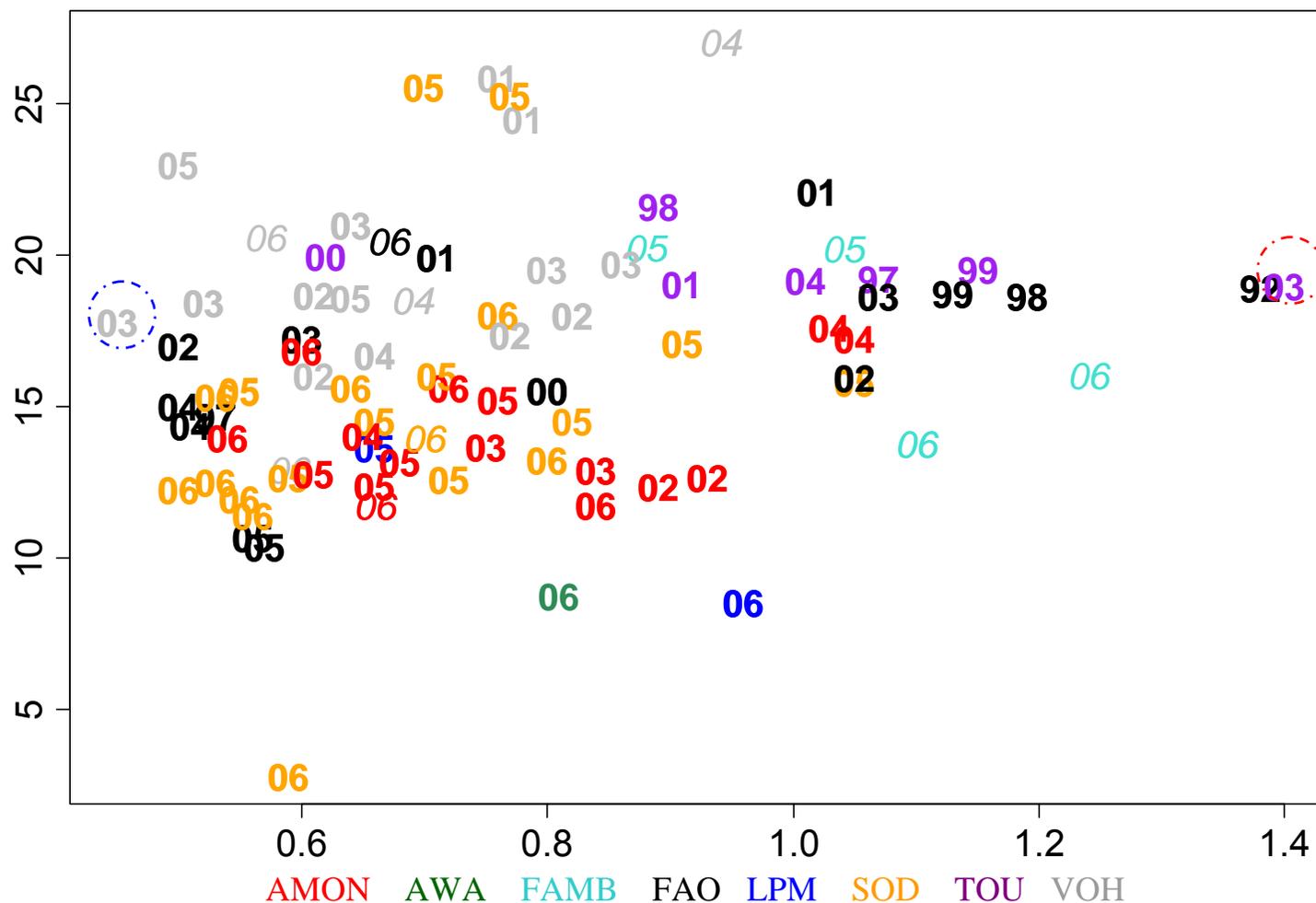


Figure 15 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des variations de concentrations minimales en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevagesensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes.



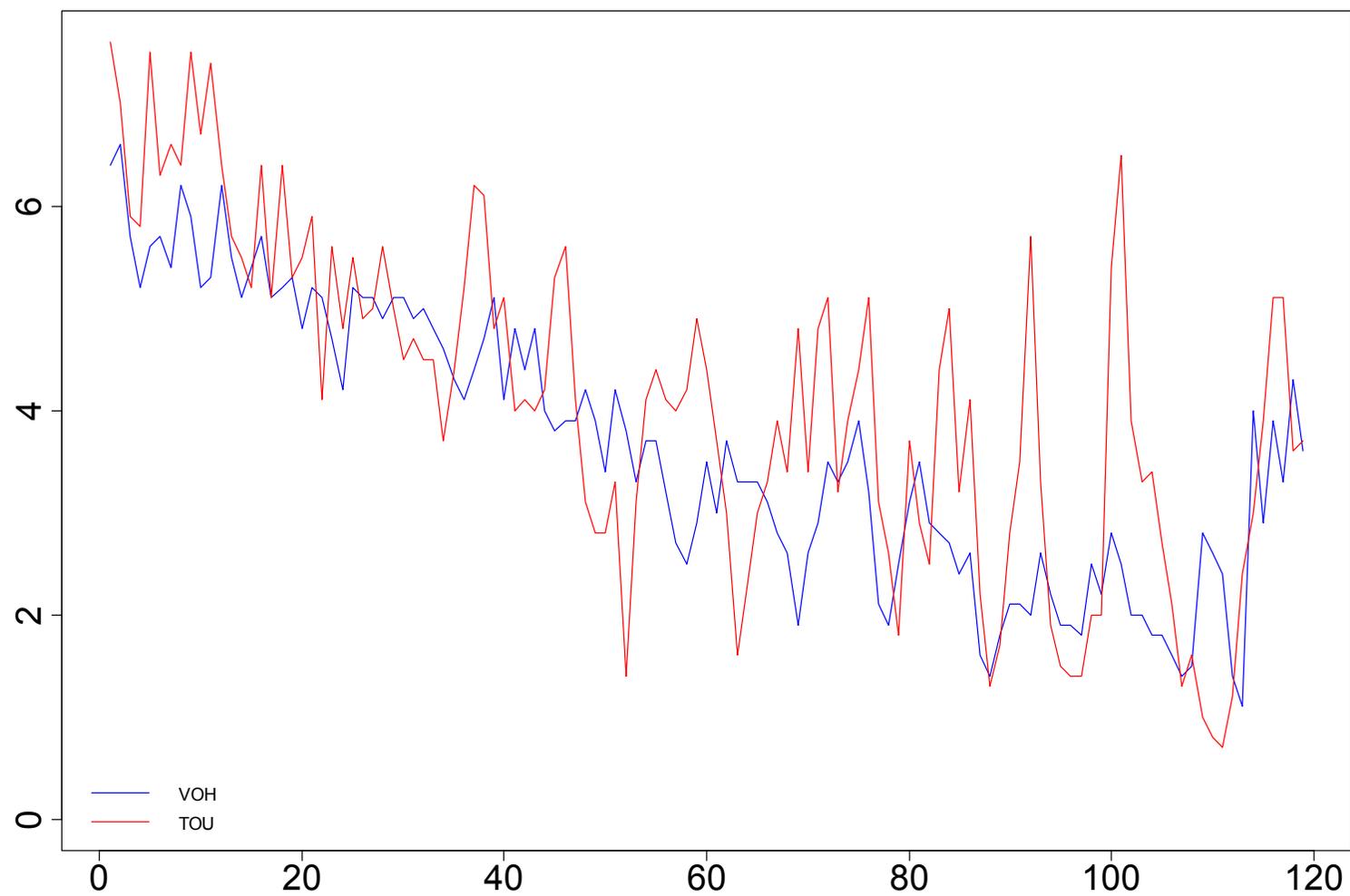


Figure 16 : Séries brutes des concentrations minimales en oxygène dissous (mg/L) pour les deux élevages identifiés sur la figure 15 (ronds pointillés).

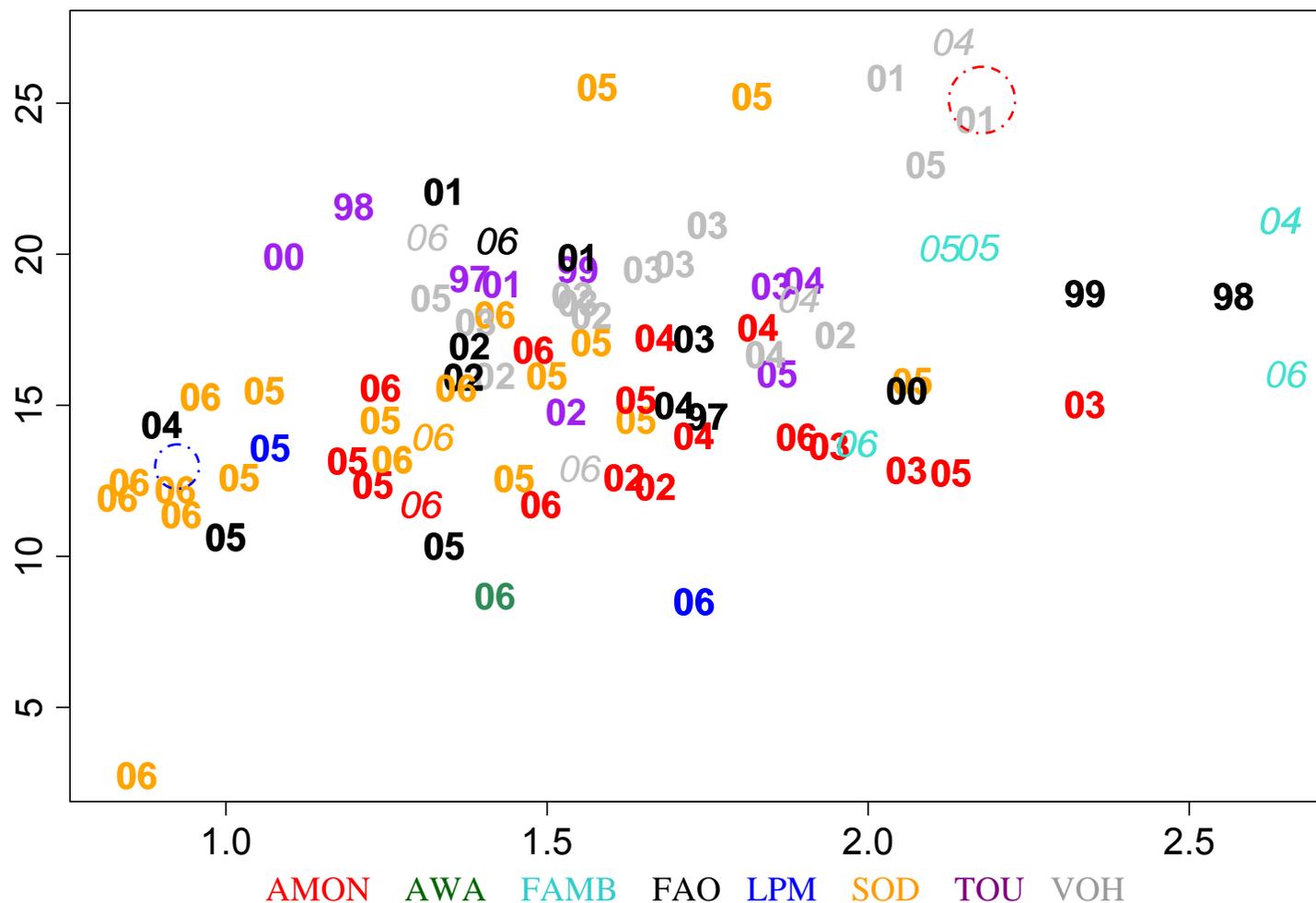


Figure 17 : Productivité biologique en fonction de la variabilité des écarts journaliers des concentrations en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevagesensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes.



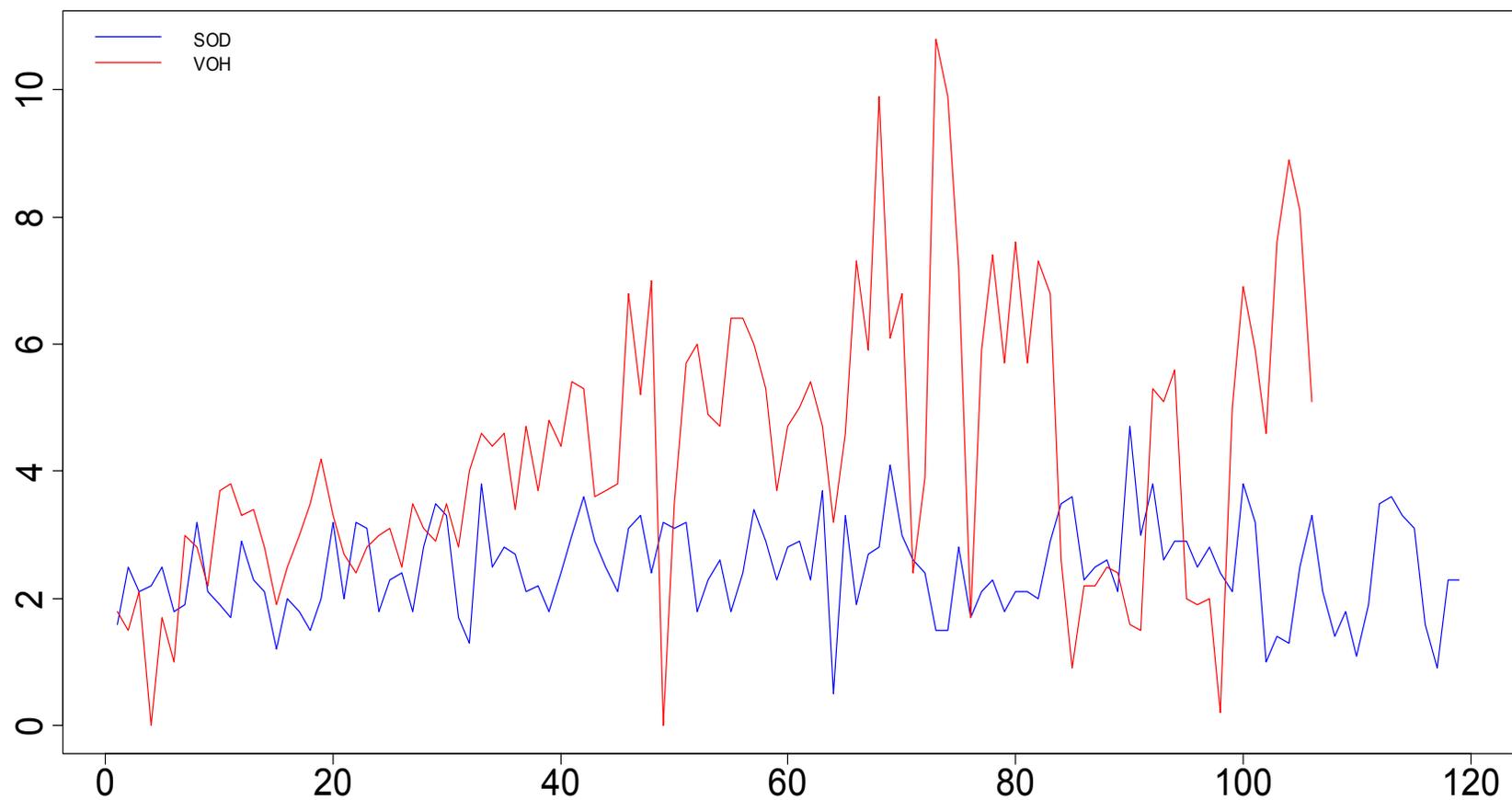


Figure 18 : Séries brutes des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L) pour les deux élevages identifiés sur la figure 17 (ronds pointillés).

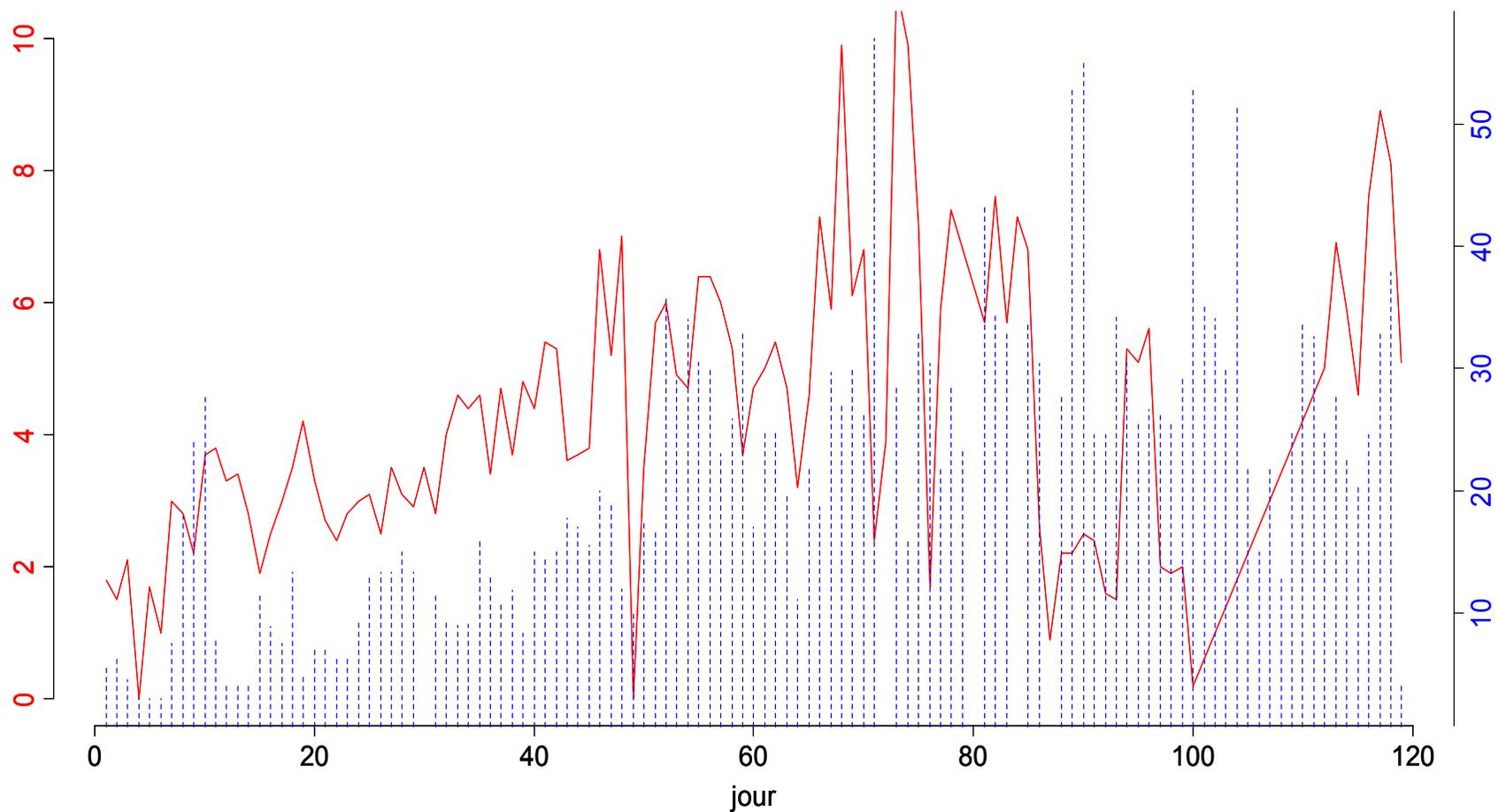


Figure 19 : Séries brutes des écarts journaliers en oxygène dissous en mg/L (en rouge) et des renouvellements d'eau en % (en bleue) pour l'élevage à forte variabilité identifié sur la figure 17 (rond pointillé rouge).

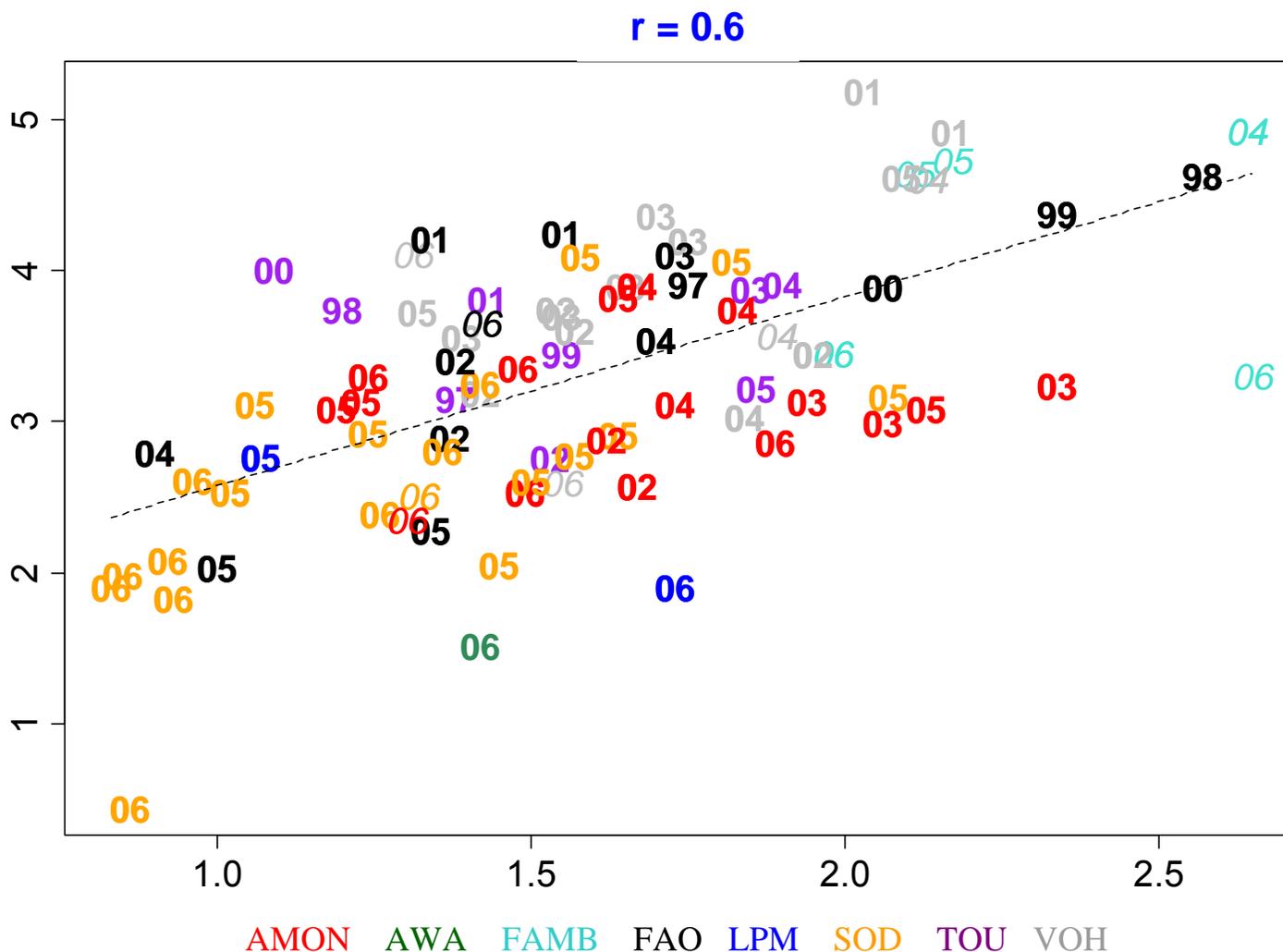


Figure 20 : Rendement (t/ha) en fonction de la variabilité des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué.



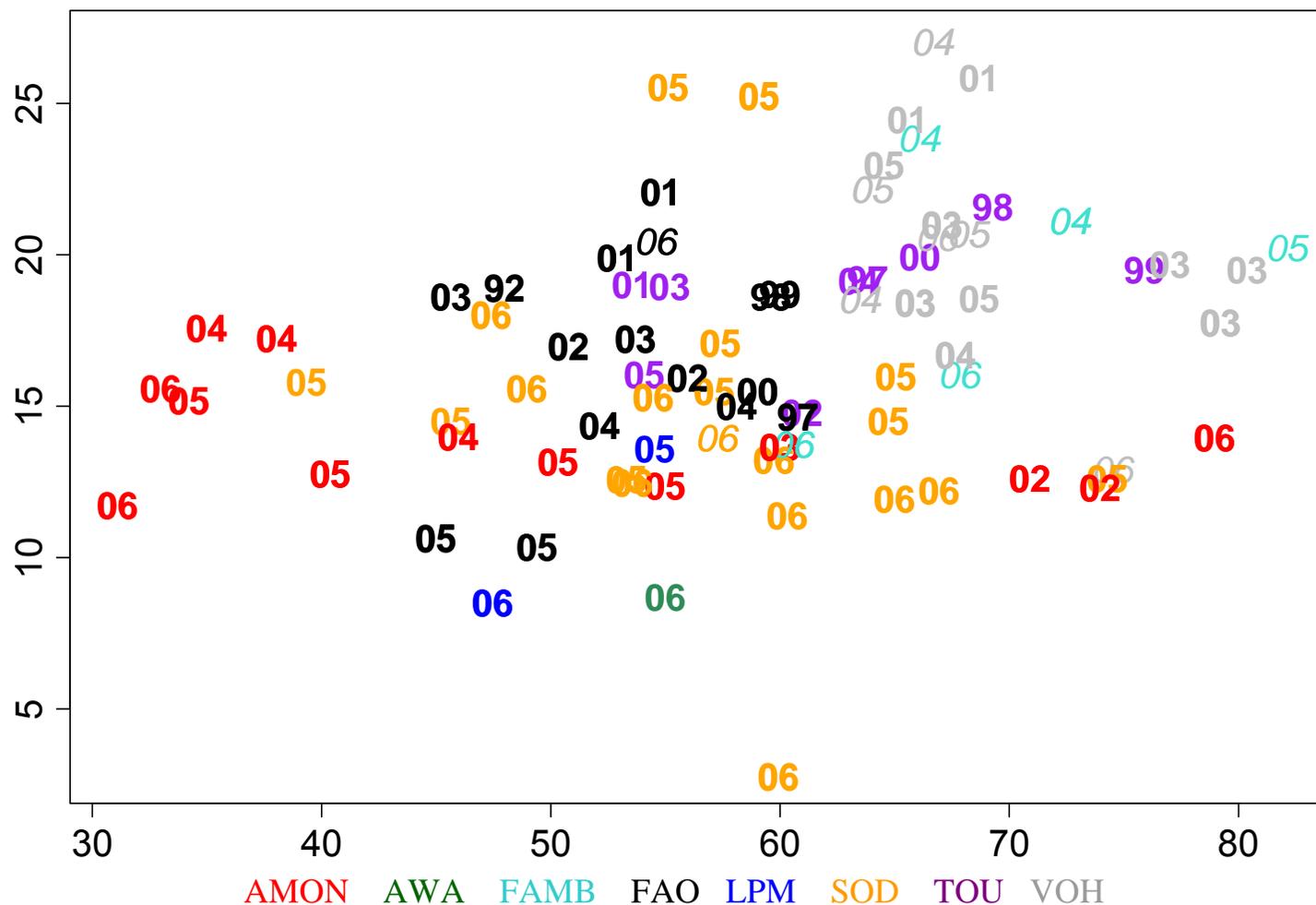


Figure 21 : Productivité biologique (kg/1000 PL) en fonction des moyennes de Secchi (cm). Les individus sont des élevages ensemencés en octobre, novembre, décembre, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés.



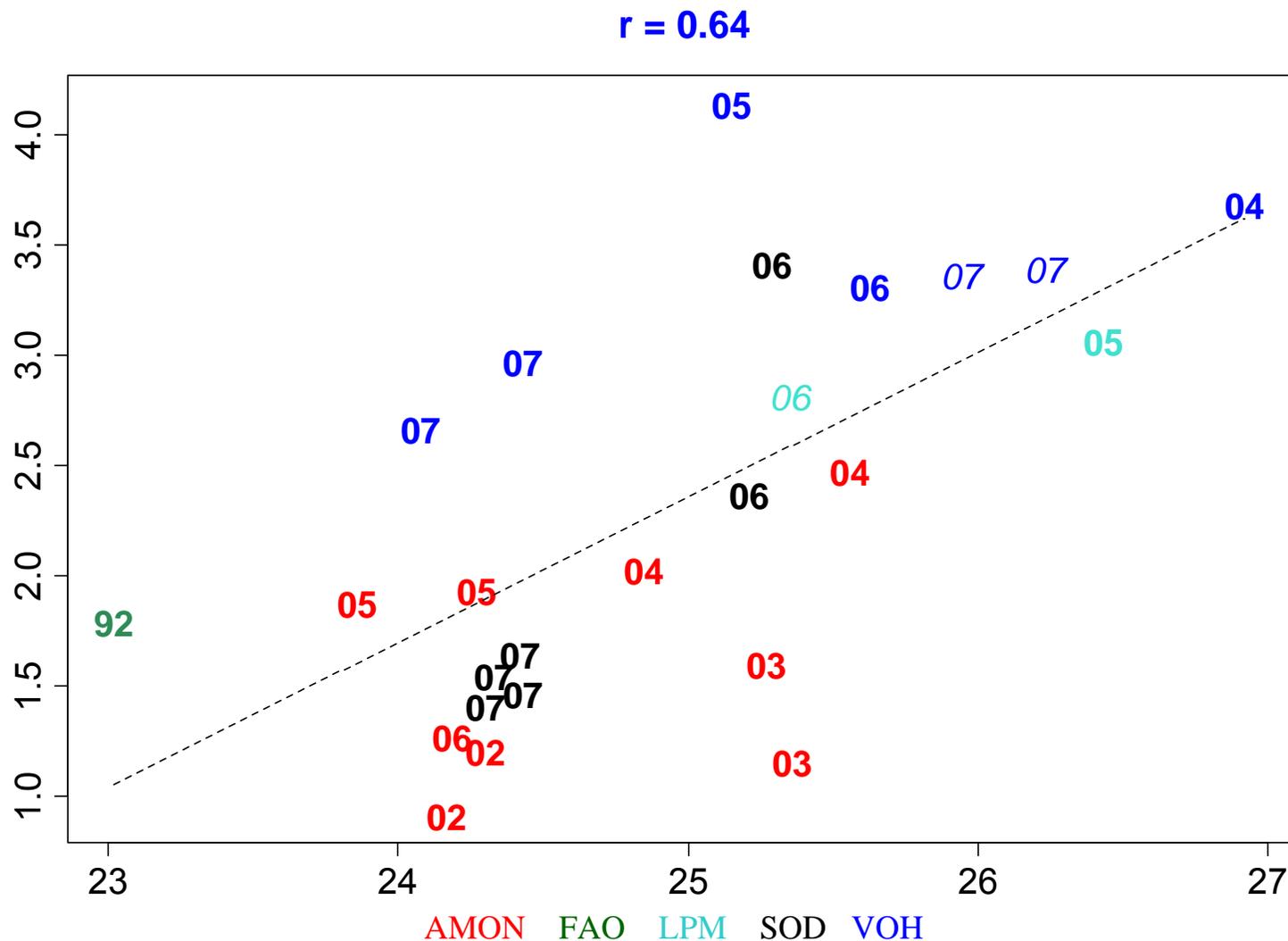


Figure 22 : Rendement (t/ha) en fonction des moyennes de températures matinales (°C). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué.



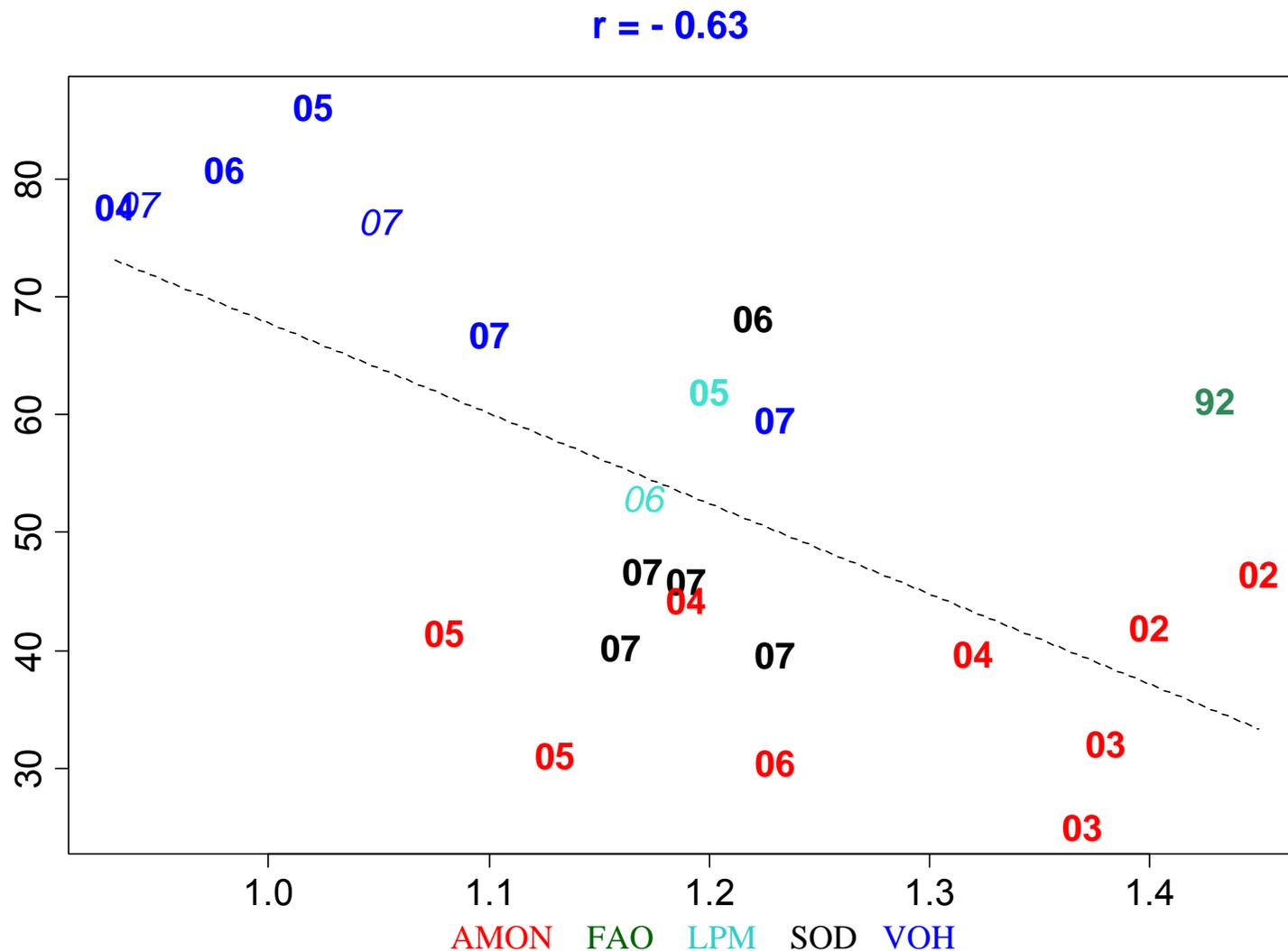


Figure 23 : Survie (%) en fonction des variations de températures matinales (°C). Les individus sont des élevagesensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué.



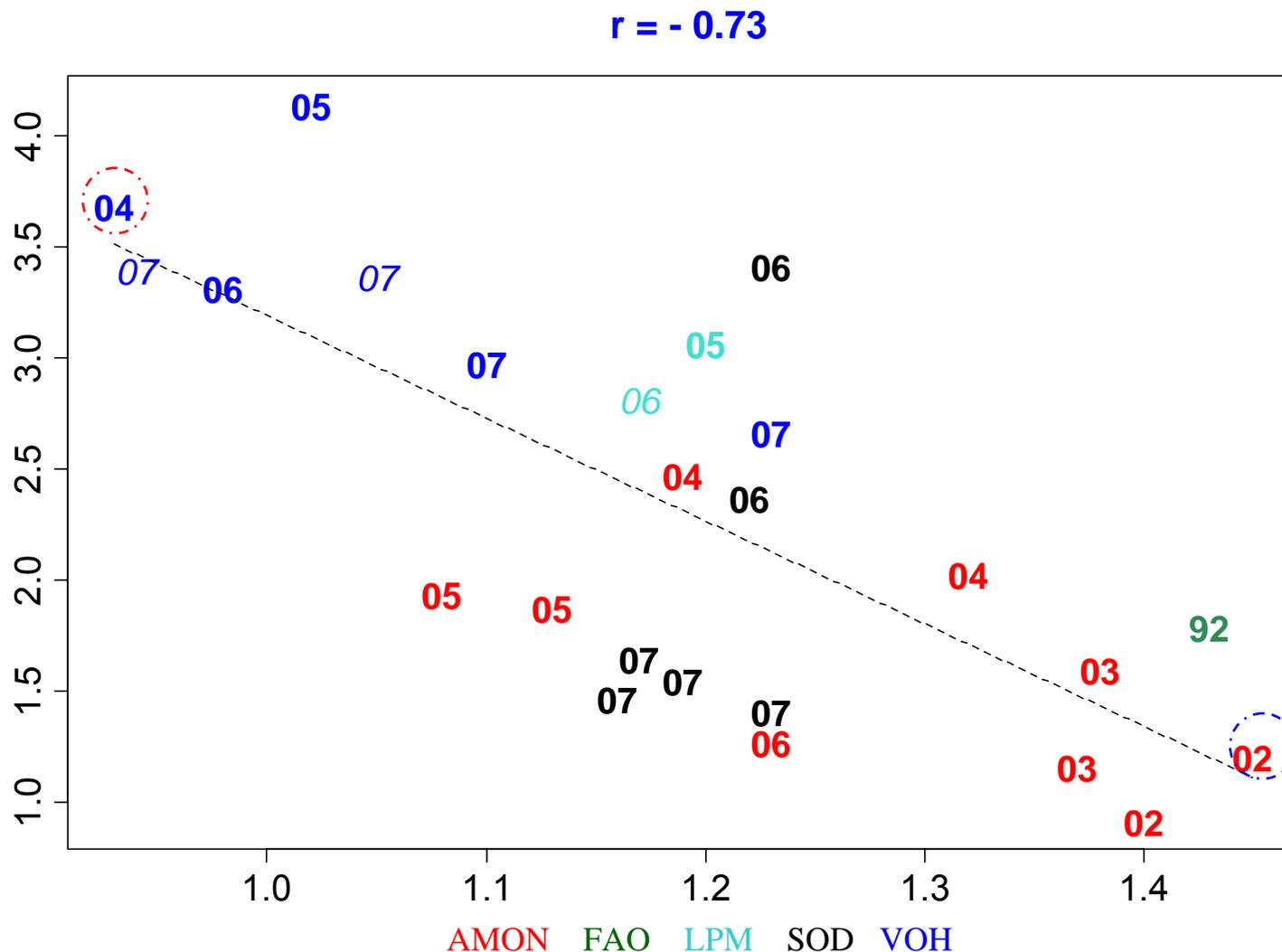


Figure 24 : Rendement (t/ha) en fonction des variations des températures matinales (°C). Les individus sont des élevagesensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué. Les élevages entourés en pointillés représentent les élevages extrêmes



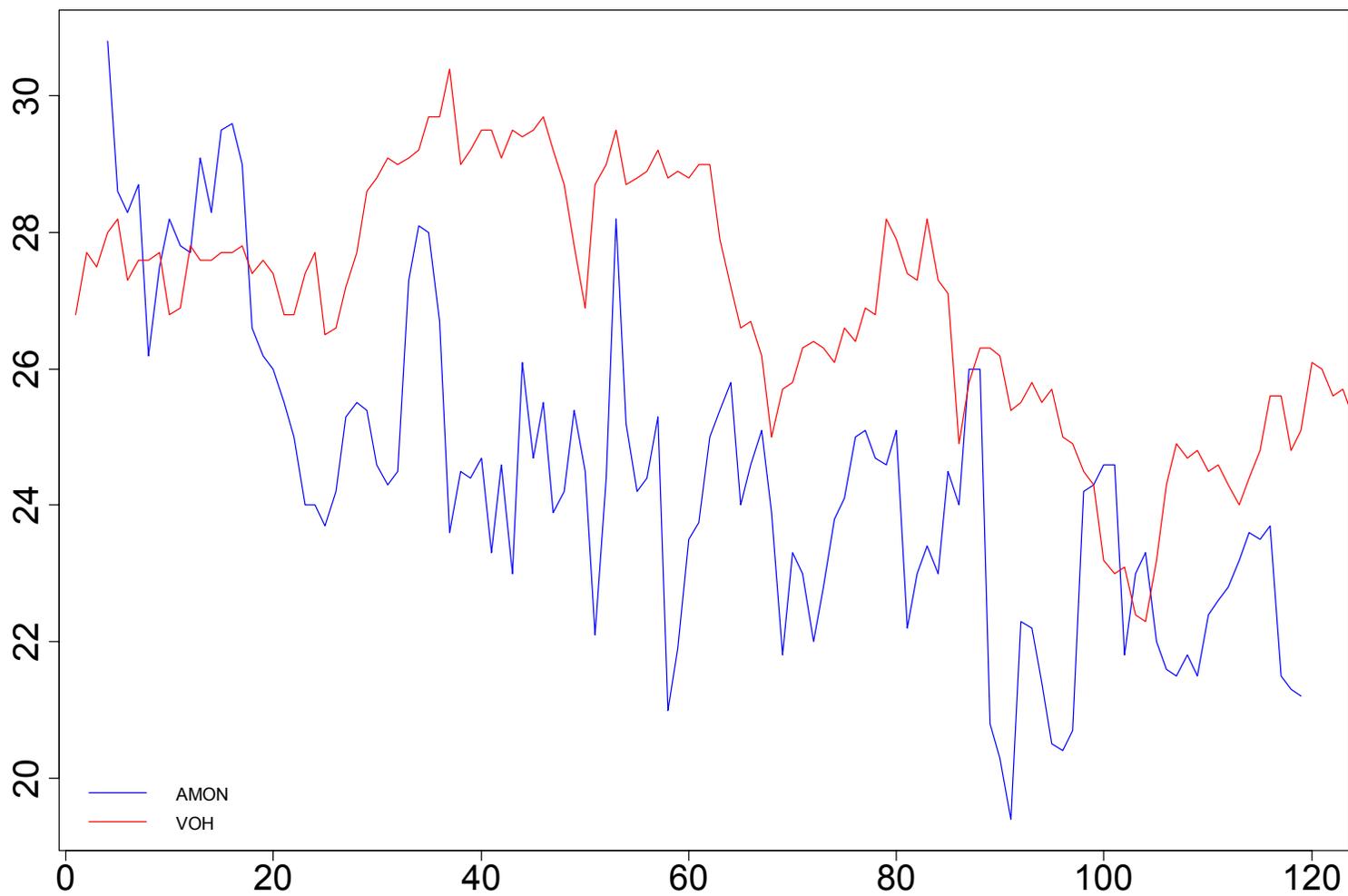


Figure 25 : Séries brutes des températures matinales (°C) pour les deux élevages identifiés sur la figure 24 (ronds pointillés).



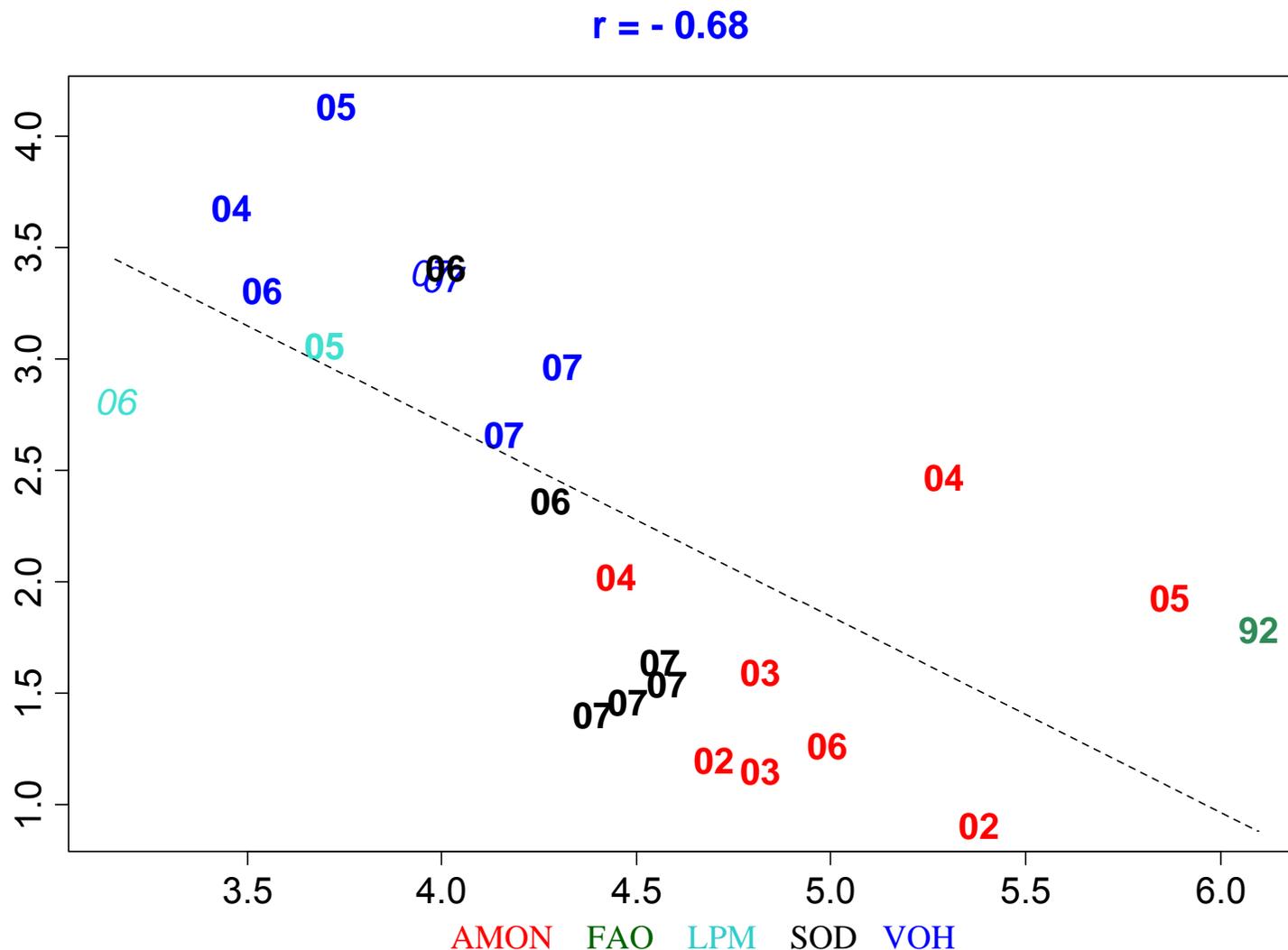


Figure 26 : Rendement (t/ha) en fonction des concentrations minimales moyennes en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevages ensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés. La droite de régression en pointillé est estimée par la méthode des moindres carrés, et un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué.



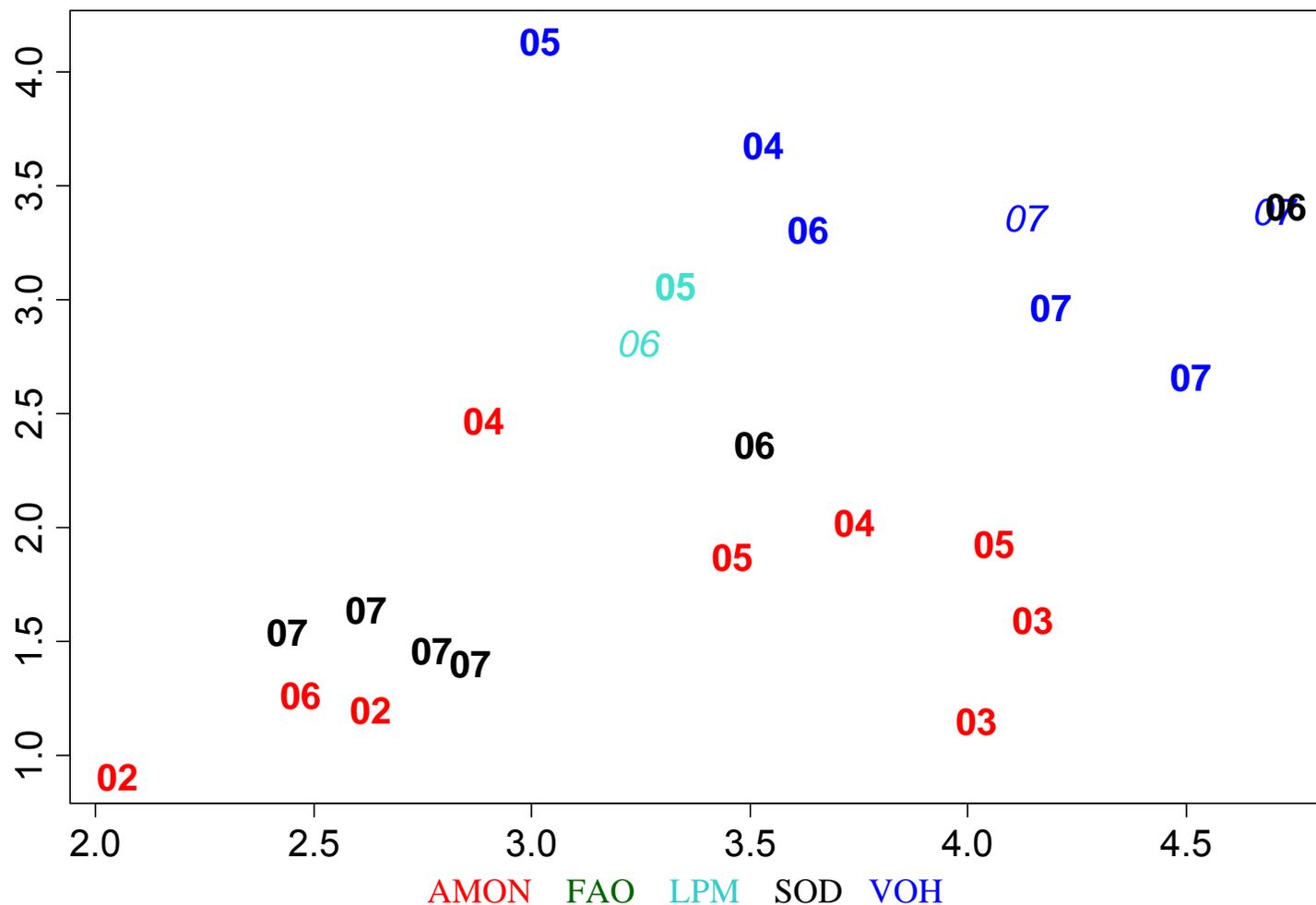


Figure 27 : Rendement (t/ha) en fonction des écarts moyens journaliers en oxygène dissous (mg/L). Les individus sont des élevagesensemencés en janvier et février, avec la couleur correspondant à la ferme, le chiffre correspondant à l'année d'ensemencement. Les individus en italique représentent les élevages aérés.



4.3. Approche multifactorielle

La Figure 28 b. représente les variables "environnementales" pour les élevages d'octobre, novembre et décembre dans le plan formé par le premier et le deuxième axe factoriel. La part d'inertie expliquée par le plan formé de ces deux axes est de bonne qualité : 46% de la variabilité est représentée (pour les trois axes : 64 %). En examinant les coordonnées des variables sur le cercle de corrélation (Figure 28 a.), on remarque qu'en majorité les variables sont négatives sur le premier axe, notamment les variables "écarts moyen journaliers en oxygène", "variabilité des écarts journaliers en oxygène" et "variations des concentrations matinales en oxygène dissous" et sont significativement positivement corrélées entre elles (cf. Tableau 8-A). Nous pouvons donner, grâce au cercle de corrélation et la position des variables, une interprétation des axes. Dans notre cas, le premier axe est clairement lié aux écarts en oxygène, alors que le deuxième axe opposerait des élevages présentant des concentrations matinales faibles en oxygène dissous à des valeurs fortes de variations de température. Ces tendances sont particulièrement intéressantes à dégager pour l'interprétation du nuage de points des élevages, en associant la couleur de la ferme correspondante (Figure 28 b.). Sur la base des variables *oxygène* dont on dispose, certains élevages de la ferme aquacole de Montagnes Blanches sont assez particuliers, ainsi qu'un élevage de Tournier. Pour cet élevage les variations d'oxygène le matin et les écarts journaliers en oxygène ont été nettement plus faibles que la moyenne, et les températures très élevées.

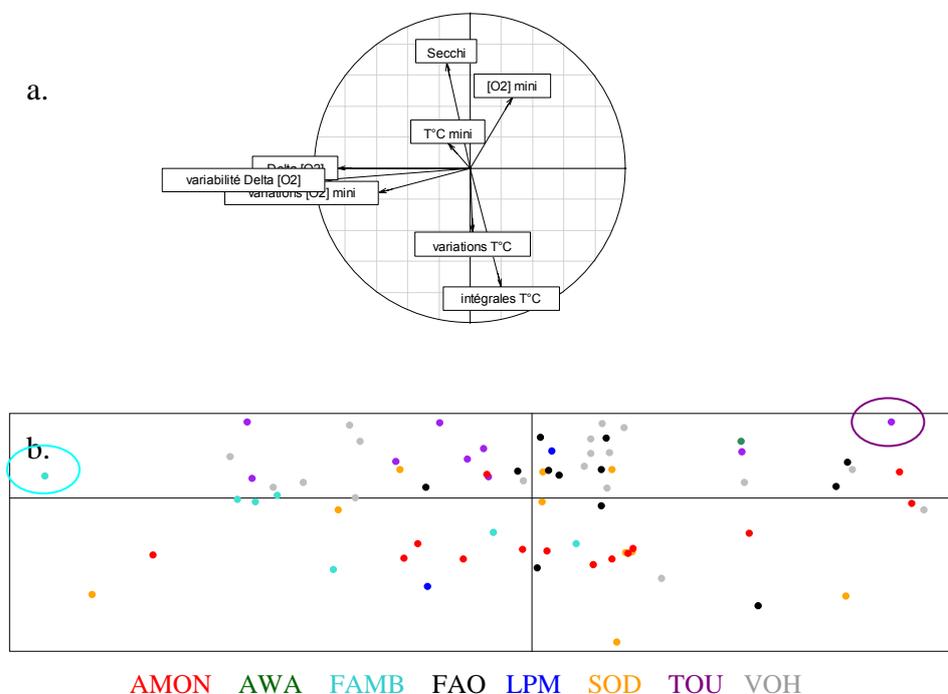


Figure 28 : Analyse en Composantes principales des variables dites "explicatives" pour les élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels.

La représentation des indices de productivité des élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre, sur les deux premiers axes factoriels, est de très bonne qualité (76.5%).

D'après le cercle de corrélation (Figure 29-a), les indices productivité biologique (caché sur la figure), rendement et survie sont significativement positivement corrélés et sont les variables qui contribuent le plus à l'axe 1. Le premier facteur sera celui de la productivité de l'élevage couplé à l'indice de conversion. Les variables ayant les plus fortes coordonnées selon l'axe 2 sont les variables vitesse de croissance et poids moyen pondéré, on peut donc donner l'étiquette croissance au deuxième facteur.

Sur la base des indices de productivité dont on dispose, on voit par exemple sur le graphique que l'élevage de Montagnes Blanches (Figure 29-b) ressort, avec une survie en moyenne plus élevée, alors qu'un élevage de Webuihonne est particulier, avec une "productivité" faible mais une bonne "croissance". Deux élevages de la ferme Aquamon semblent également particuliers et partagent des caractéristiques de faible "croissance".

En couplant les deux ACP effectuées sur le jeu de données d'élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre, une sur les variables explicatives et une sur les indices de productivité, on remarque que les élevages qui ont une bonne "productivité" sont ceux qui ont des écarts journaliers en oxygène plus élevés (en terme de moyenne et de variabilité). La relation entre les variables "environnementales" et la croissance est elle beaucoup plus hasardeuse, tendant à confirmer que la gestion zootechnique est prépondérante dans l'explication de la variabilité générale.

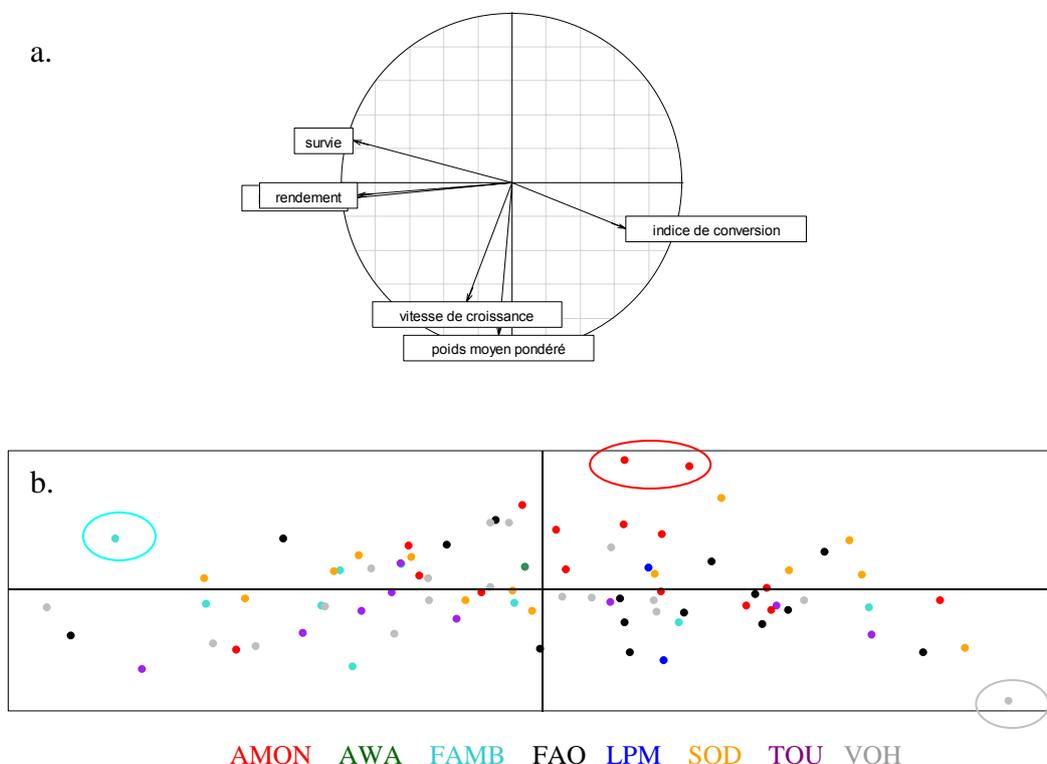


Figure 29 : Analyse en Composantes principales des indices de productivité pour les élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels.

La Figure 30-a représente l'analyse des composantes principales des variables explicatives de la productivité sur la base de 17 élevages ensemencés sur la période de janvier-février sur les deux premiers axes factoriels, avec une représentativité de 56.1% de la variabilité.

Le premier axe est clairement lié à la température, et le deuxième serait lié aux écarts en oxygène.

A l'aide de la représentation des élevages sur le plan formé par les deux axes (Figure 30 b.), on voit qu'un élevage d'Aquamon et un élevage de Pointe Monot se différencient. En regardant les données on remarque que pour ces deux élevages les écarts journaliers en oxygène varient fortement au cours du grossissement, avec des moyennes plus élevées que pour l'ensemble des élevages.

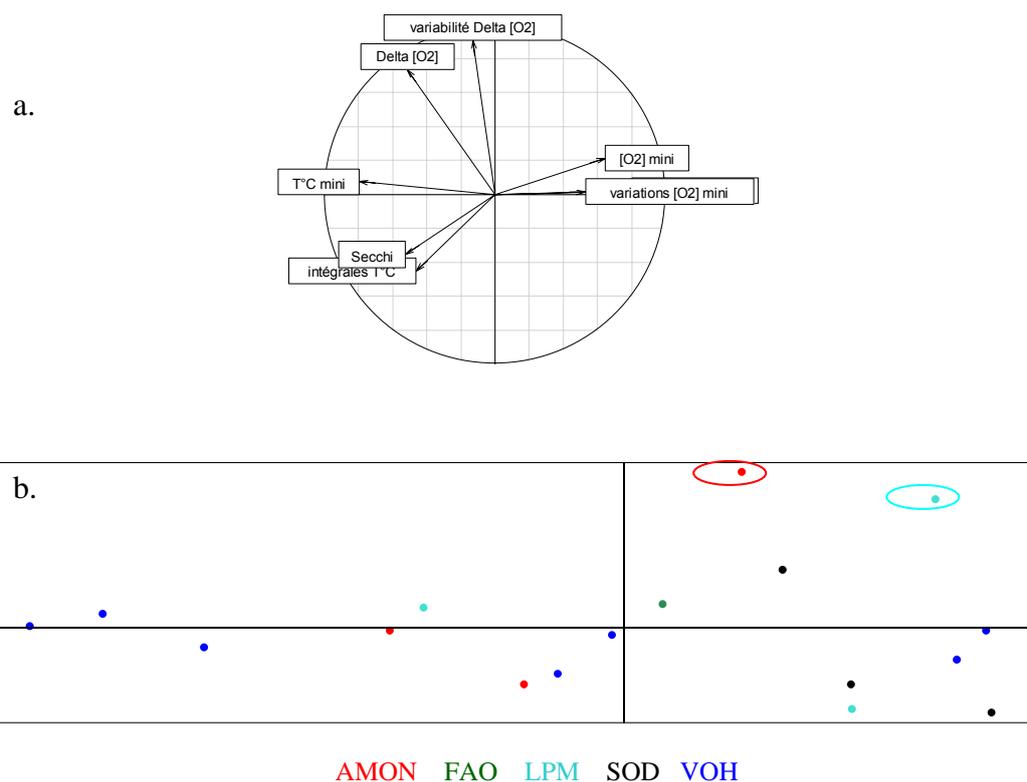


Figure 30 : Analyse en Composantes principales des variables dites "explicatives" pour les élevages ensemencés sur la période janvier-février. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels.

L'ACP des indices de productivité est effectuée sur la base des mêmes individus sur les deux premiers axes factoriels avec une représentativité de 88.1 % (Figure 31).

On retrouve sur le premier axe le facteur productivité avec les trois indices fortement positivement corrélés entre eux : productivité biologique, rendement et survie, et on peut également donner la signification croissance au deuxième axe.

Un élevage de Webuihoone est particulier, avec une vitesse de croissance plus élevée que la moyenne.

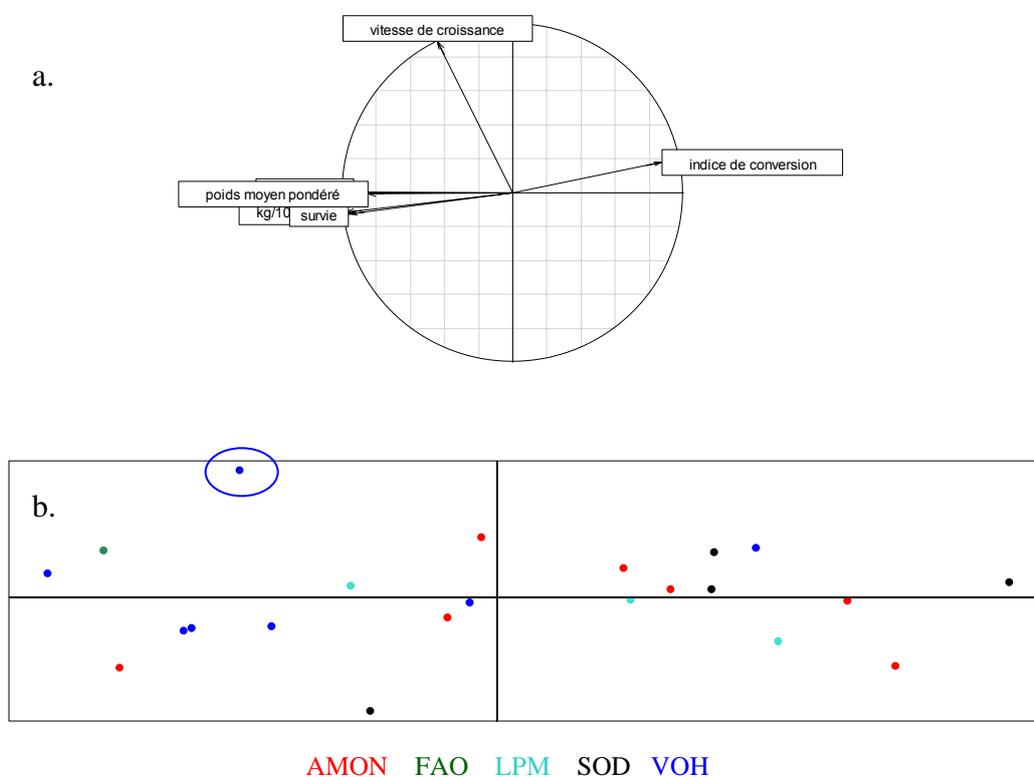


Figure 31 : Analyse en Composantes principales des indices de productivité pour les élevagesensemencés sur la période de janvier-février. a. Le cercle de corrélation. b. Le nuage de points des élevages dans le plan formé par les deux premiers axes factoriels.

4.4. Zoom sur la campagne 2006/2007

Un déficit de 600 tonnes a été observé au terme de la campagne 2006/2007 à l'échelle de la filière, en comparant à la campagne précédente.

On possède uniquement dans SYLOG les données de 22 élevages sur 6 fermes pour la dernière campagne, ce qui représente approximativement 1/3 des données de la filière.

D'après les données issues de ces 22 élevages, la baisse de productivité peut s'expliquer par un déficit en post-larves, 11 millions de post-larves en moins dans les bassins de grossissement (à l'échelle de la filière) cette année-là par rapport à la campagne précédente.

Cette diminution s'explique également par des ensemencements plus tardifs, dus aux retards dans les productions de post-larves en éclosure, et des élevages plus courts dans le temps se terminant à l'inter-saison (températures plus faibles en début de saison fraîche), voire en dessous de leur optimum, à l'origine de stress et fragilisation des animaux.

Le Tableau 9 montre les résultats d'élevages pour les deux fermes dont on possède un nombre d'élevages suffisant dans SYLOG pour pouvoir comparer les campagnes entre elles.

Pour ces deux fermes, on remarque un déficit important en post-larves à l'ensemencement, et des tonnages à la pêche beaucoup plus faibles que ceux obtenus lors de la campagne 2005/2006.

Ferme	Paramètre	2005/2006	2006/2007	Delta
Webuihoone	Superficie (ha)	25.4	25.4	0
	Durées d'élevage (jours)	196	183	-13
	Nombre de PLensemencées (en millions)	5.2	4.7	-0.5
	Quantités pêchées (tonnes)	96.6	87.6	-9
	Rendement (t/ha)	3.7	3.5	-0.2
	Indice de conversion	2	2	0
	Poids moyen pondéré (g)	30.1	26.3	-3.8
Sodacal	Superficie (ha)	140	105	-35
	Durées d'élevage (jours)	195	192	-3
	Nombre de PLensemencées (en millions)	25.2	18.4	-6.8
	Quantités pêchées (tonnes)	365	212	-153
	Rendement (t/ha)	2.6	2	-0.6
	Indice de conversion	2.0	2.5	+0.5
	Poids moyen pondéré (g)	24.1	24.5	+0.4

Tableau 9 : Tableau comparatif des résultats d'élevages des fermes Webuihoone et Sodacal pour les campagnes 2005/2006 et 2006/2007

5. Discussion - Conclusion

5.1. Qualité des données

Le problème majeur rencontré lors de l'analyse préliminaire des données de SYLOG est le manque de données.

Seulement 1/3 des fermes du territoire sont des utilisatrices régulières, ce qui représente peu de données pour avoir une bonne représentativité de la filière crevette en Nouvelle-Calédonie.

Il est à noter que les élevages qui ont obtenu les moins bonnes productivités n'ont pas tous été saisis dans la base, pouvant rendre difficile la justification des relations entre facteurs environnementaux et indices de productivité.

Les jeux de données sont hétérogènes entre fermes, en terme de quantité de données, qualité, fréquence de mesures et protocoles de mesures.

Le traitement statistique des données de SYLOG, à l'aide du logiciel R, a révélé en premier lieu l'existence de données aberrantes telles que :

- codes élevages erronés.
- erreurs de saisies (ex : température à 3 chiffres).
- dates de pêches manquantes.
- type de prélèvement (épervier, pêche partielle ou pêche finale) non renseigné.
- fabricant et type d'aliment mal renseigné...

Certaines variables (fluorimétrie, populations phytoplanctoniques, pH, salinité,...) n'ont pas pu être intégrées dans notre analyse. Ces variables sont pourtant nécessaires voire indispensables pour aider à la compréhension des phénomènes, et en particulier celles directement liés au compartiment phytoplanctonique.

L'hétérogénéité des données dans SYLOG rend de plus difficile la comparaison entre fermes.

Une première étape nécessaire est la standardisation des protocoles de mesures pour éviter tout biais dans les comparaisons inter-sites, et la mise en place d'une codification homogène pour les paramètres de type qualitatifs (fabricants d'aliment, outils de labour, ...), aujourd'hui difficilement exploitables.

5.2. Influence des facteurs environnementaux

Ces analyses préliminaires réalisées sur les données de SYLOG indiquent des corrélations entre certains paramètres "environnementaux" et la productivité d'un élevage.



Ensemencement sur la période d'octobre-novembre-décembre

L'étude des corrélations pour les élevages ensemencés en octobre, novembre ou décembre, semble montrer l'importance des variations journalières en oxygène. Les bonnes productivités sont généralement couplées à des écarts de variations journalières en oxygène importants (Figure 20), en lien avec une productivité forte du milieu d'élevage. La difficulté pour l'éleveur est alors de contrôler de façon optimale cette production au moyen en particulier du renouvellement d'eau, une des trois "manettes" du contrôle avec l'aération et l'alimentation.

La relation forte existante entre la variabilité des écarts journaliers et la productivité semble aller dans ce sens, puisqu'on pourrait imputer les fluctuations inter-jours de l'écart entre l'oxygène du matin et l'oxygène mesuré le soir aux renouvellements opérés par l'éleveur dans l'objectif d'éviter "l'emballement" du système (Figure 19), sans doute exacerbé par l'aliment apporté au bassin.

Ensemencement sur la période de janvier-février

Un bon rendement serait, pour les élevages ensemencés en début d'année (janvier-février), principalement lié à des températures plus élevées pour la saison (Figure 22) avec de faibles variations sur la période avant la première pêche (Figure 23).

Ce résultat obtenu avec les données issues de SYLOG, viendrait confirmer les hypothèses émises dans DESANS (Collectif DAC, 2006), notamment à propos du referendum thermique de la crevette qui se situerait dans la gamme ~22 à 28°C. Cette condition est certainement nécessaire mais non suffisante.

Les concentrations minimales en oxygène dissous tiennent également un rôle important en cette saison, puisque les valeurs moyennes sont fortement corrélées négativement au rendement (Figure 26). Un rendement moyen, voire mauvais serait alors lié à des valeurs minimales d'oxygène élevées témoignant d'une consommation moindre et donc d'une productivité faible dans le bassin.

Contrairement aux élevages ensemencés sur la période d'octobre-novembre-décembre, les écarts journaliers en oxygène ne semblent avoir aucun lien avec la productivité (Figure 27).

La mise en relation des différents indices retenus a permis également de montrer visuellement un regroupement des élevages par ferme, attestant vraisemblablement de la prépondérance du savoir-faire zootechnique dans la productivité. Ce savoir-faire est variable d'une ferme à l'autre, mais peut également varier dans le temps pour une même ferme compte tenu des éventuelles inflexions zootechniques consciemment (ou non ?) recherchées par les éleveurs.

La position géographique de la ferme, les conditions climatiques, le lieu de pompage, et la réaction de l'éleveur sont autant de facteurs qui peuvent influencer sur l'état d'un bassin, et le résultat final de l'élevage.

On peut donc attribuer une bonne productivité à des facteurs contrôlables, tels que la bonne gestion zootechnique de l'éleveur (notamment pour le contrôle du

bloom phytoplanctonique), conjointement à des facteurs non contrôlables et non prévisibles tels que les conditions climatiques ou même la qualité de l'eau puisée directement dans les baies du lagon calédonien et pour lesquels on ne dispose pas d'information. La mesure de la qualité de l'eau au niveau du pompage n'est en effet pas une donnée disponible dans SYLOG, elle fait l'objet de mesures ponctuelles dans le cadre de manipulations expérimentales sur les fermes.

La réaction de l'éleveur est perceptible à travers les mesures quotidiennes des paramètres entrés dans SYLOG tels que la fertilisation, l'oxygène dissous, le renouvellement d'eau, la ration,...

5.3. Premières conclusions

A partir des données disponibles dans SYLOG, on a pu identifier des indices pertinents capables de synthétiser l'information contenue dans la base et fournir des éléments explicatifs de la productivité des élevages calédoniens archivés dans SYLOG. On peut distinguer alors des facteurs sur lesquels le fermier n'a pas ou peu de prise comme la température, sensible pour les élevages ensemencés en janvier ou février, et/ou la durée d'élevage qui pénalise mécaniquement la productivité, des facteurs attestant de la gestion zootechnique comme les variations en oxygène dissous, marqueur de la productivité primaire du bassin.

La qualification d'un élevage comme "bon" ou "mauvais" reste cependant une question encore difficile à appréhender, sur la base des données disponibles. Une manière de procéder, par analogie, est d'estimer des courbes de référence par variable pour une ferme donnée, et ainsi pouvoir juger de la qualité d'un élevage en le comparant à cette courbe moyenne. On peut alors *a posteriori* tenter d'identifier le ou les facteurs présentant un écart substantiel en comparaison aux élevages dits de référence.

L'édition d'un bulletin technique annuel par ferme est en cours de réalisation et a pour but de synthétiser les résultats obtenus, en les confrontant justement à un ou des élevages de référence choisis par le fermier.

En perspective de recherche, il serait souhaitable d'évaluer l'intérêt de la mesure haute fréquence pour la définition d'indicateurs de productivité plus à même de fournir une aide à la gestion zootechnique en cours d'élevage.

6. Références bibliographiques

Cleveland W.S, Devlin S.J (1988). "Locally-Weighted Fitting : An Approach to Fitting Analysis by Local Fitting." *Journal of the American Statistical Association*, 83:596-610.

Clifford H.C (1992). "Marine shrimp pond management : a review." Proc. of the Special Session on Shrimp Farming, *World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA, USA, 110-137.

Clifford H.C (1997). "Standard operating manual for managing Supershrimp ponds." *Supershrimp S.A. Technical services division*. 92p.

Collectif DAC (2006). "Défi Santé Stylirostris 2002-2006. Rapport Final DESANS." Ifremer, Département Aquaculture en Calédonie. 199 pp.

Costa R., Mermoud I., Koblavi S., Morlet B., Haffner P., Berthe F., Le Groumellec M., Grimont P. (1998). "Isolation and characterization of bacteria associated with a *Penaeus stylirostris* disease (Syndrome 93) in New Caledonia. *Aquaculture* 164 : 297-309.

Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland (2006). "Australian prawn farming manual. Health management for profit." 157 pp.

Fonfreyde C., Capo S., Guillaume M. (2004). "La filière crevette en Nouvelle-Calédonie : situation actuelle, développement et besoins de recherche." In : Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38 : 13-17.

Galinié C. (1991). Uniformisation du vocabulaire "aquaculture crevette" en Nouvelle Calédonie, GIE Recherche Aquacole, Station Aquacole de Saint-Vincent.

Goarant C., Ansquer D., Herlin J., Domalain D., Imbert F., de Decker S. (2006). "Summer Syndrome" in *Litopenaeus stylirostris* in New Caledonia: Pathology and epidemiology of the etiological agent, *Vibrio nigripulchritudo*." *Aquaculture* 253 :105-113.

Jackson C., Austin M. (2004). "Data management for professional shrimp farm operation." In : Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38 : 147-149.



Lemonnier H., Herbland A., Salery L., Soulard B. (2006). "Summer syndrome" in *Litopenaeus stylirostris* grow out ponds in New Caledonia : zootechnical and environmental factors." *Aquaculture* 261 : 1039-1047.

Martin A.G., Masson J.C., Soulard B. (2004). "Les bases de données en aquaculture : exemples, intérêts et contraintes, système proposé pour la crevetticulture en Nouvelle-Calédonie." In : Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38 : 246-254.

Mermoud I., Costa R., Mari J., Bonami J.R., Hasson K., Lightener D.V. (1998). "Investigations of *Penaeus stylirostris* disease (Syndrome 93) in New Caledonia exploring a viral hypothesis". *Aquaculture* 164 : 311-322.



7. Annexes Script R

Graphiques des corrélations :

```

v<-c(11:13,17,18,21,22,26,43,34)
m<-length(v)
namexp<-c("Moyennes des températures matinales","Intégrales des températures matinales",
"Variations des températures matinales", "Concentrations matinales moyennes en oxygène
dissous","Variations des concentrations matinales en oxygène dissous","Ecart moyen
journaliers des concentrations en oxygène dissous","Variabilité des écarts journaliers
des concentrations en oxygène dissous","Moyennes du Secchi","Ration cumulée par hectare
et par jour","Ration cumulée pour 1000 Post-larves ensemencées")
plotx<-c("moytempmin","integtempmin","sdtempmin","moyo2min","sdo2min","moydeltao2",
"sdeltao2","secchi","rationhaj","ration1000pl")
uexp<-
c("(°C)","(°C.j)","(°C)","(mg/L)","(mg/L)","(mg/L)","(mg/L)","(cm)","(kg/ha/j)","(kg/
1000 PL)")
# variables réponses
r<-c(36:38,27,32,31)
nrep<-length(r)
namrep<-c("Productivité","Rendement","Survie","Vitesse de croissance","Poids moyen
pondéré","Indice de conversion")
urep<-c("kg/1000 PL","t/ha","%", "g/j", "g", " ")
ploty<-c("prod","r","survie","vc","pm","ic")
couleur<-c("red","seagreen","turquoise","black","blue","orange","purple","gray")
a<-levels(as.factor(as.character(t$Code_Ferme)))
n = length(summary(as.factor(as.character(t$Code_Ferme))))
colour = as.integer(as.factor(as.character(t$Code_Ferme)))
camp <- as.factor(as.character(t$campagne))
colo<-couleur[colour]
# fonction graphique
plotgraph<-function(i,j){
  x<-t[,v[i]]
  y<-t[,r[j]]
  plot(x,y,ylab="",xlab=paste(namexp[i],uexp[i]),type='n',cex.axis=1.8,cex.lab=1.8)
  title(ylab=urep[j],line=2.5,cex.lab=1.8)
  for(k in 1:length(x)){
    if(t$Aération[k]==0){
      text(y[k]~x[k],label=camp[k],cex=1.8,col=colo[k],font=2)
    }
    if(t$Aération[k]==1){
      text(y[k]~x[k],label=camp[k],cex=1.8,col=colo[k],font=3)
    }
  }
  l<-length(y)
  lml<-lm(y~x)
  yl<-min(lml$fitted.values)
  yn<-max(lml$fitted.values)
  x1<-min(x,na.rm=T)
  xn<-max(x,na.rm=T)
  r2<-summary(lml)$r.squared
  alpha<-r2/(sqrt(1-r2^2))*sqrt(1-2)
  dd<-lml$df.residual
  stat<-qt(0.975,dd)
  if(alpha>stat){
    correlation<-cor(x,y,use="complete.obs")
    if(correlation>0){
      lines(c(x1,xn),c(yl,yn),lty=2)}
    if(correlation<0){
      lines(c(x1,xn),c(yn,yl),lty=2)}
    mtext(side=3,line=1,paste("r = ",round(correlation,2)),cex=1.8,col='blue')
  }
}
for (j in nrep:1){
  for (i in (m-2):1) {
    windows(width=14.9,height=10.7)
    plotgraph(i,j)
    savePlot(filename=paste(ploty[j],"_",plotx[i]),type="wmf")
  }
}
graphics.off()

```

Graphiques ACP :

```

library(ade4)
n = length(summary(as.factor(as.character(t$"Code_Ferme"))))
couleur<-c("red","seagreen","turquoise","black","blue","orange","purple","gray")
a<-levels(as.factor(as.character(t$"Code_Ferme")))
couleur = as.integer(as.factor(as.character(t$"Code_Ferme")))
colo<-couleur[couleur]
# variables explicatives
acpopt<-dudi.pca(tab,scale=T)
acpopt$eig
pve <- 100 * acpopt$eig/sum(acpopt$eig)
pve
cumsum(pve)
par(mfrow=c(2,1))
s.corcircle(acpopt$co,xax=1,yax=2,lab=c("T°C mini","intégrales T°C","variations
T°C","[O2] mini","variations [O2] mini","Delta [O2]","variabilité Delta [O2]","Secchi"))
plot(acpopt$li, xaxt = "n", yaxt = "n",xlab="",ylab="")
for (i in 1:nrow(tab)){
points(acpopt$li[i,1],acpopt$li[i,2],col=colo[i],lwd=4)
abline(h=0,v=0)
}
# variables productivité
tab<-na.omit(t[,c(36:38,27,31:32)])
acpopt<-dudi.pca(tab,scale=T)
acpopt$eig
pve <- 100 * acpopt$eig/sum(acpopt$eig)
pve
cumsum(pve)
par(mfrow=c(2,1))
s.corcircle(acpopt$co,xax=1,yax=2,lab=c("kg/1000 PL","rendement","survie",
"vitesse de croissance","indice de conversion","poids moyen pondéré"))
plot(acpopt$li, xaxt = "n", yaxt = "n",xlab="",ylab="")
for (i in 1:nrow(tab)){
points(acpopt$li[i,1],acpopt$li[i,2],col=colo[i],lwd=4)
abline(h=0,v=0)
}

```

Annexe graphique

Sommaire

1. Introduction	60
2. Elevages octobre / novembre / décembre	62
3. Elevages janvier / février	93

1. Introduction

L'annexe graphique fournit l'ensemble des graphiques de chaque indice de productivité exprimé en fonction de chaque paramètre physico-chimique, biologique ou zootechnique présentés dans le rapport.

L'annexe graphique se divise en 2 parties et 7 sous parties. Les graphiques sont présentés par indices de productivité à l'intérieur de chacune des parties. Les 2 parties portent sur le regroupement des élevages par période d'ensemencement, elles sont :

- élevages "saison chaude" : ensemencés en octobre, novembre ou décembre,
- élevages "saison fraîche" : ensemencés en janvier ou février.

Les graphiques sont présentés de la façon suivante :

Définition de la variable réponse (indice de productivité) : une définition complète de la variable, l'explication du calcul de l'indice et son unité.

Variable explicative : en abscisse du graphique avec son unité.

Numéros et couleurs des individus : les numéros à 2 chiffres des individus (élevages) représentés indiquent l'année d'ensemencement pour l'élevage considéré et une couleur est donnée pour la ferme correspondante.

Coefficient de corrélation : un calcul du coefficient de corrélation linéaire est effectué sur le nuage d'individus, et est indiqué sur le graphique s'il est significatif.

Droite de régression : une droite de régression linéaire, estimée par la méthode des moindres carrés ordinaires, est surimposée au nuage de points si la corrélation entre les deux variables est significative.

Codification des fermes : les utilisateurs de Stylog trouveront une codification des fermes en bas de chaque page avec une couleur associée.

Liste des variables représentées et leurs unités

Les indices de productivité :

- productivité biologique (kg/1000 PL)
- rendement (t/ha)
- survie (%)
- vitesse de croissance (g/j)
- poids moyen pondéré (g)
- indice de conversion (s.u)

Les variables explicatives de la productivité :

- moyenne des températures matinales (°C)
- intégrale des températures matinales (°C.j)
- variation des températures matinales (°C)
- concentrations matinales moyennes en oxygène dissous (mg/L)
- variation des concentrations matinales en oxygène dissous (mg/L)
- moyenne des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L)
- variabilité des écarts journaliers en oxygène dissous (mg/L)
- moyenne du Secchi (cm)
- ration cumulée (kg/ha/j) *
- ration cumulée (kg/1000 PL) *

Liste des abréviations

Les fermes :

AWA :	Aquawa (Poya)
AMON:	Aquamon (Tontouta)
FAO :	ferme Aquacole de la Ouenghi (Boulouparis)
FAMB:	Ferme Aquacole des Montagnes Blanches (Poya)
LPM :	La Pointe Monot (Moindou)
SOD :	Sodacal (Bourail)
TOU :	Tournier (Moindou)
VOH :	Webuihoone (Voh)

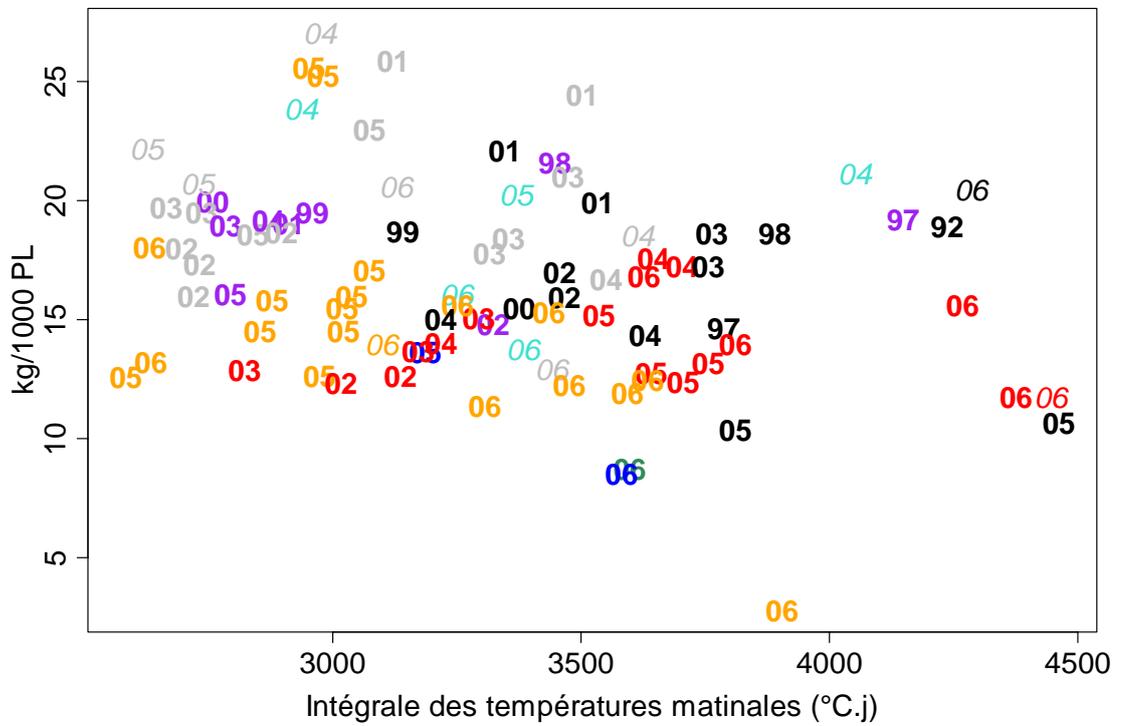
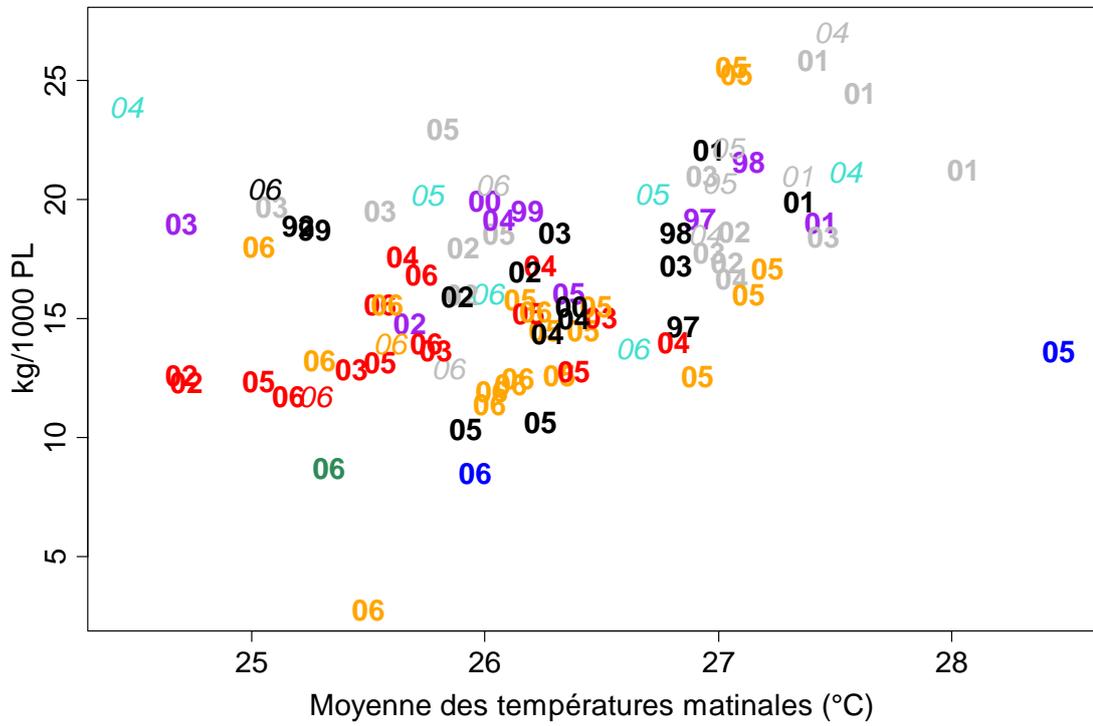
Statistiques :

r : coefficient de corrélation linéaire, $-1 \leq cor \leq 1$

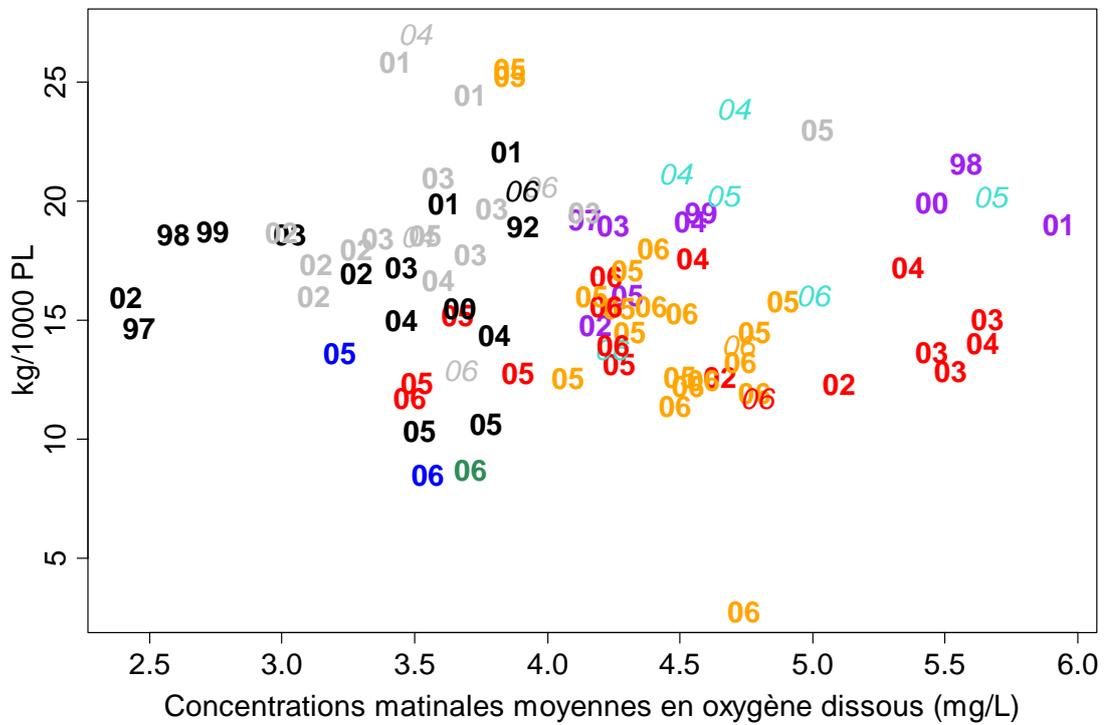
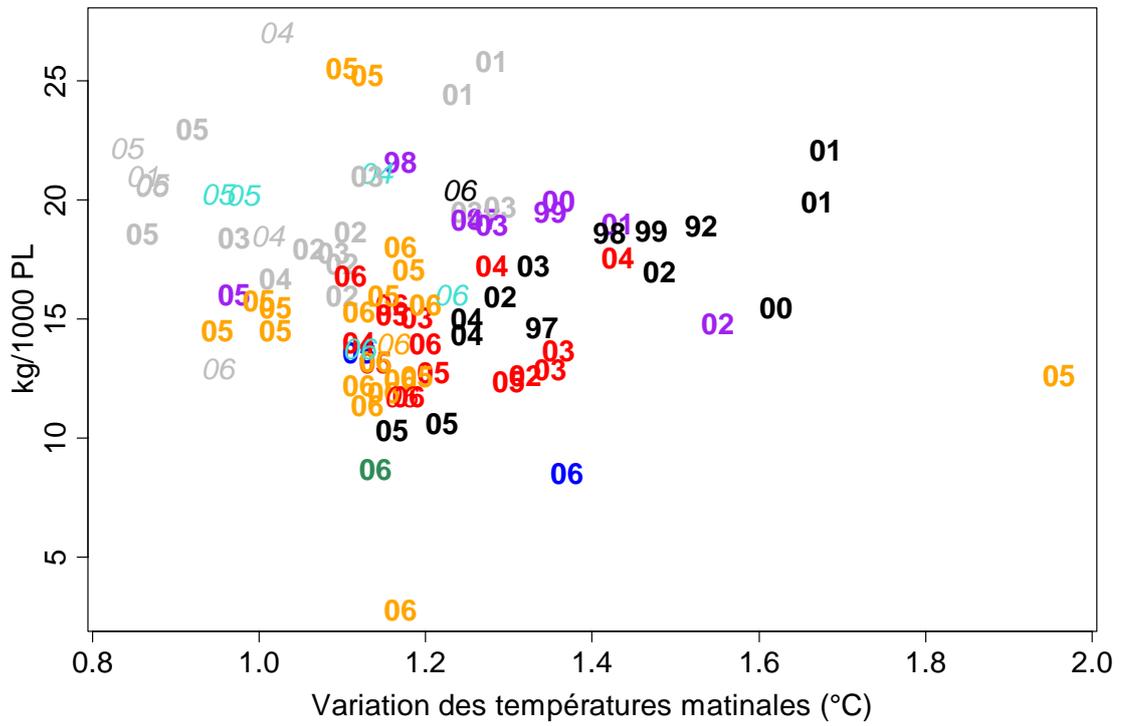
* Les variables rations cumulées seront exprimées graphiquement en ordonnées en fonction de chaque indice de productivité en abscisses.

2. Elevages octobre / novembre / décembre

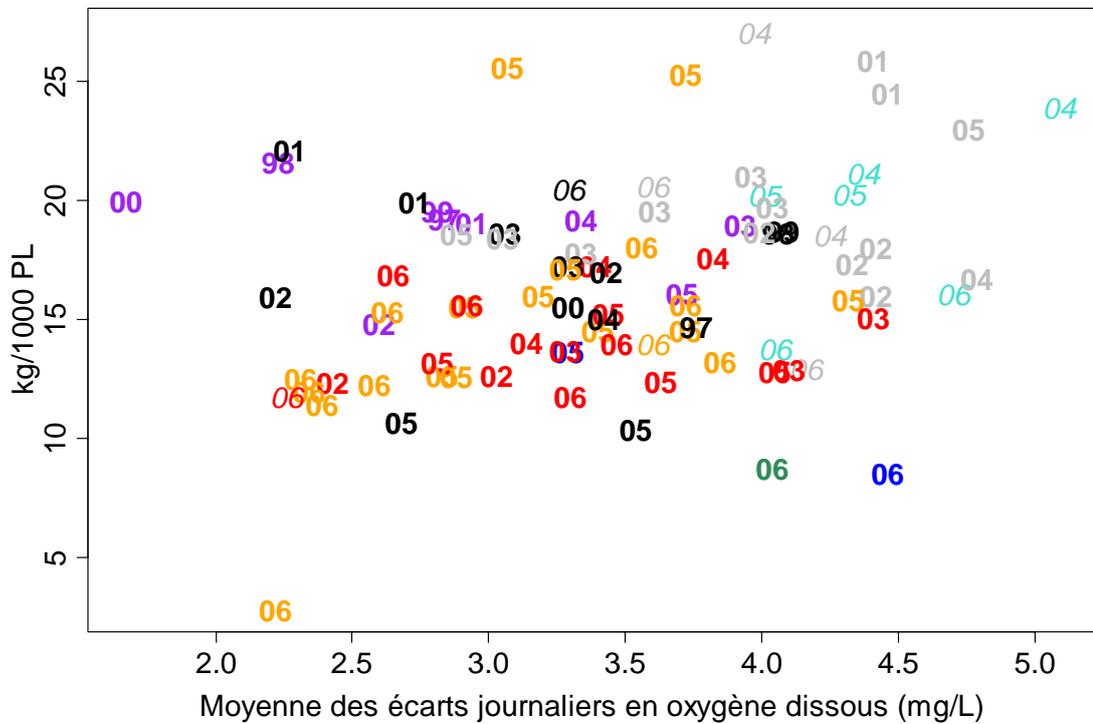
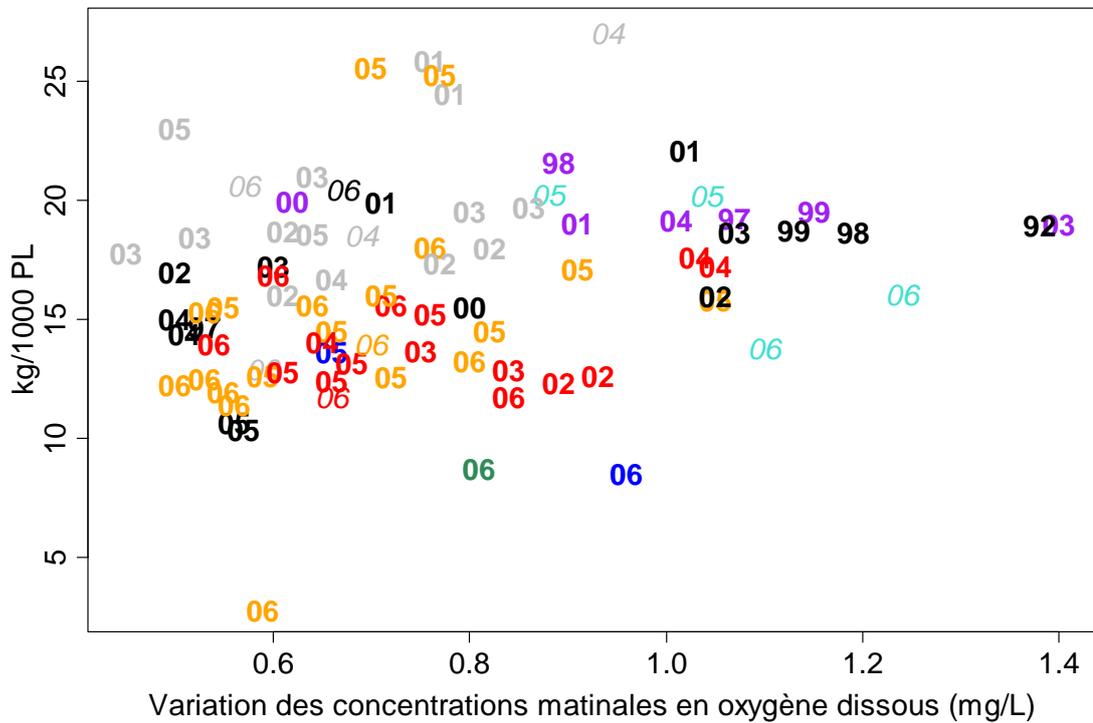
Productivité biologique



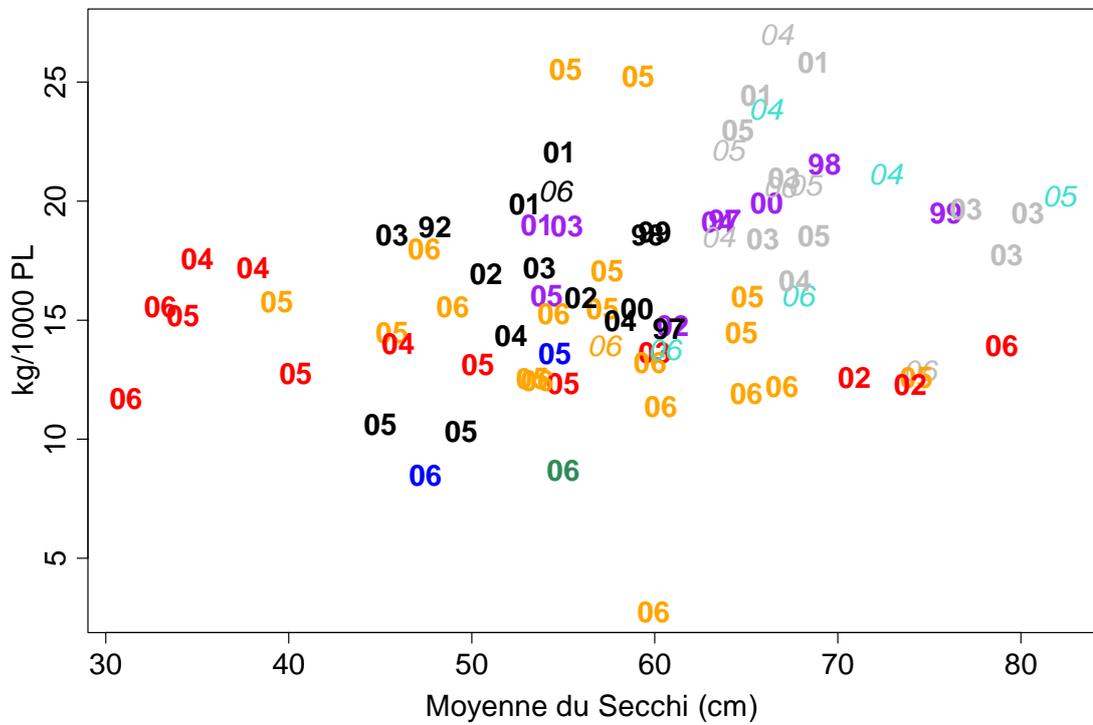
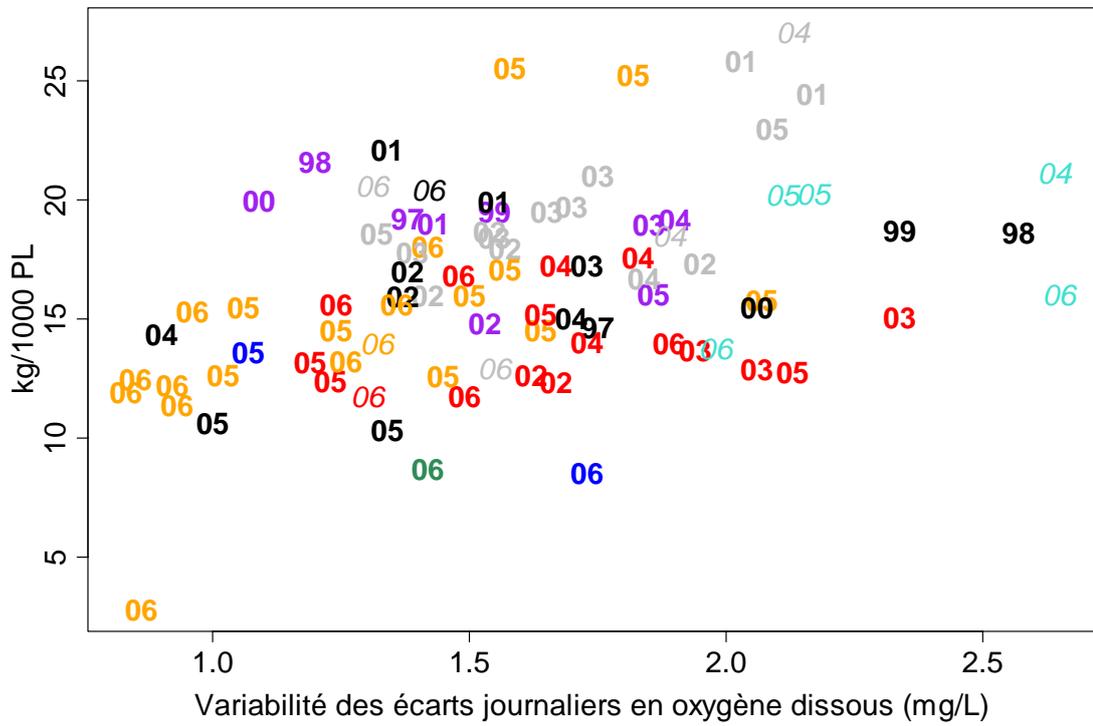
Productivité biologique



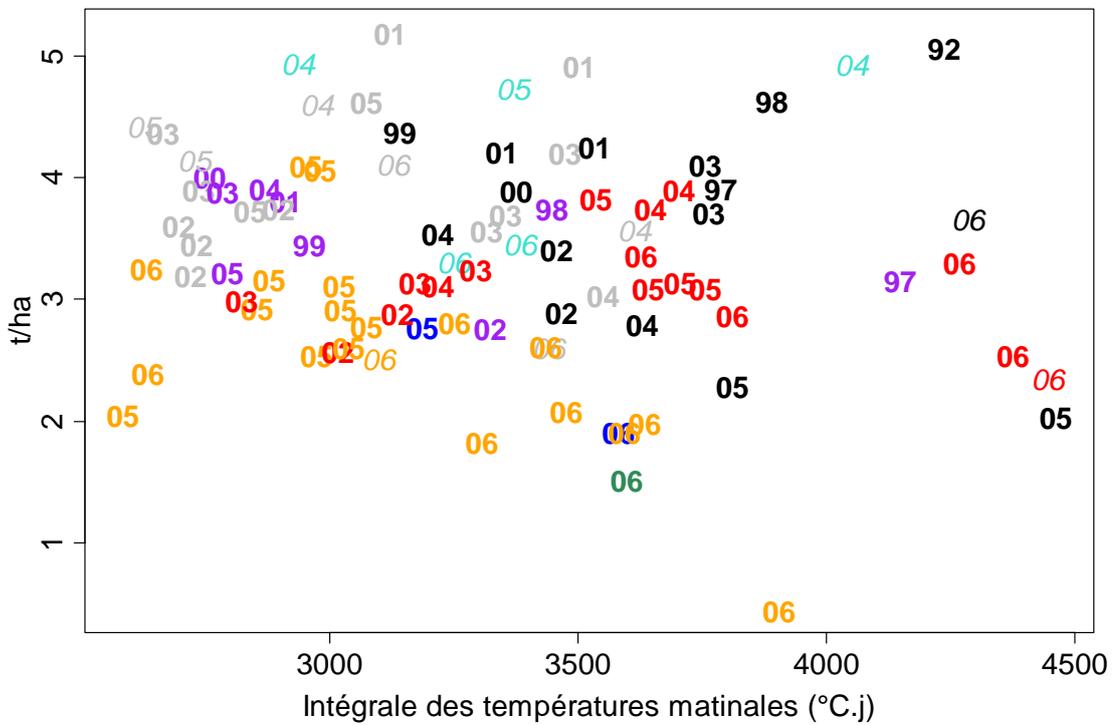
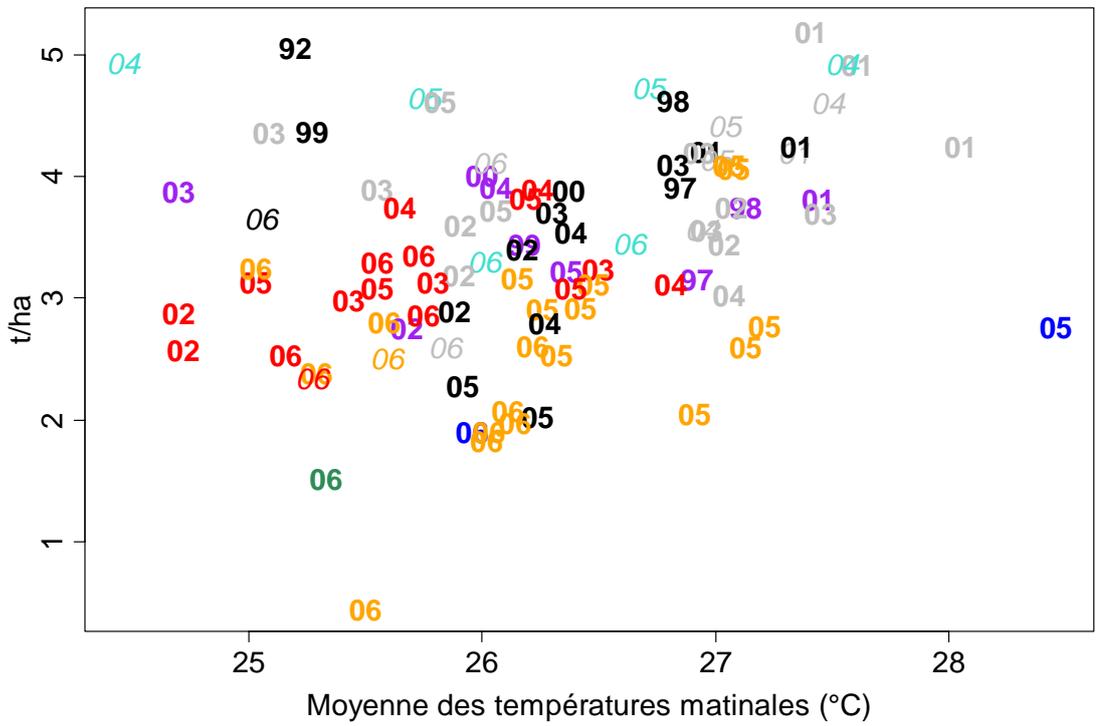
Productivité biologique



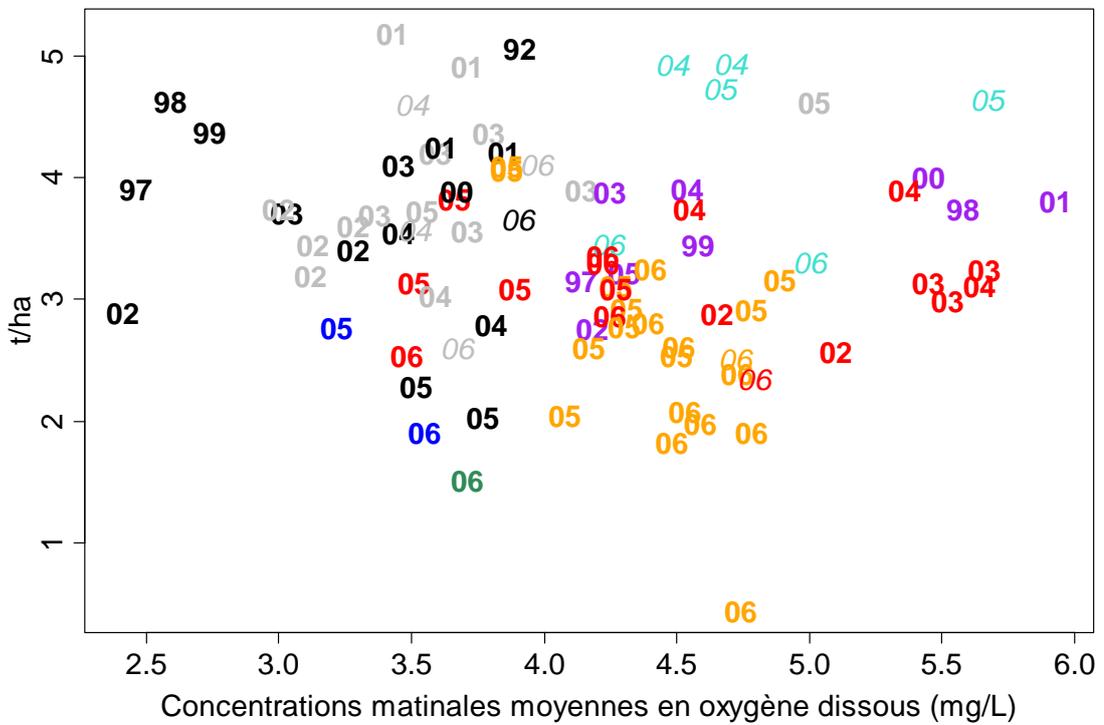
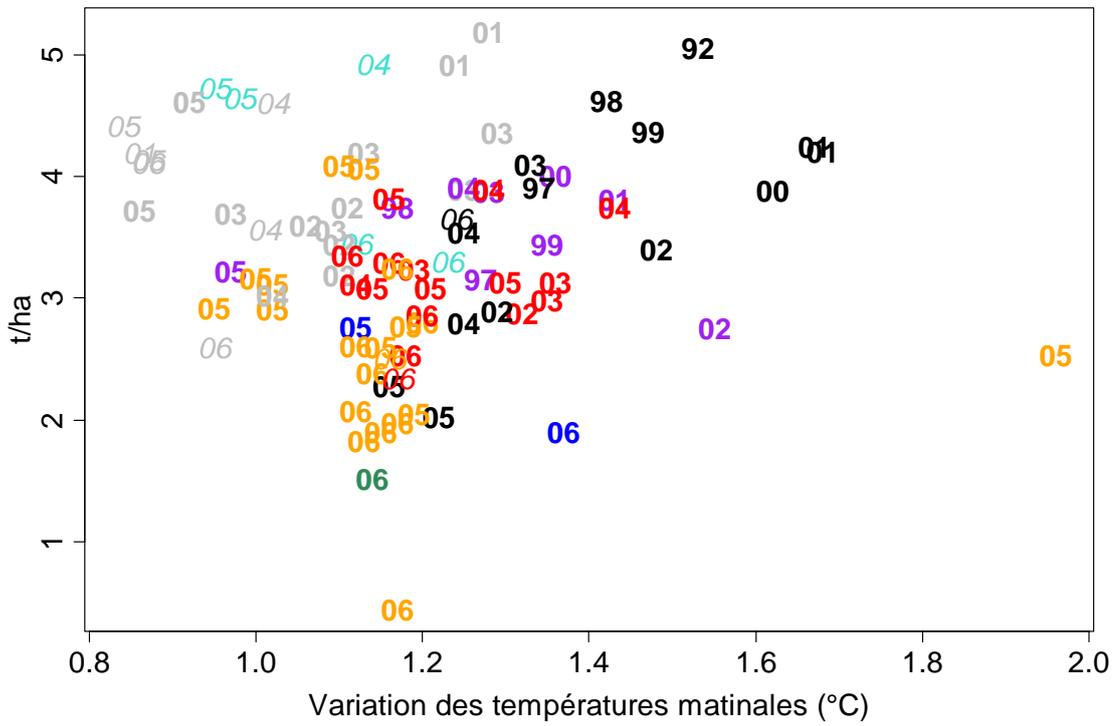
Productivité biologique



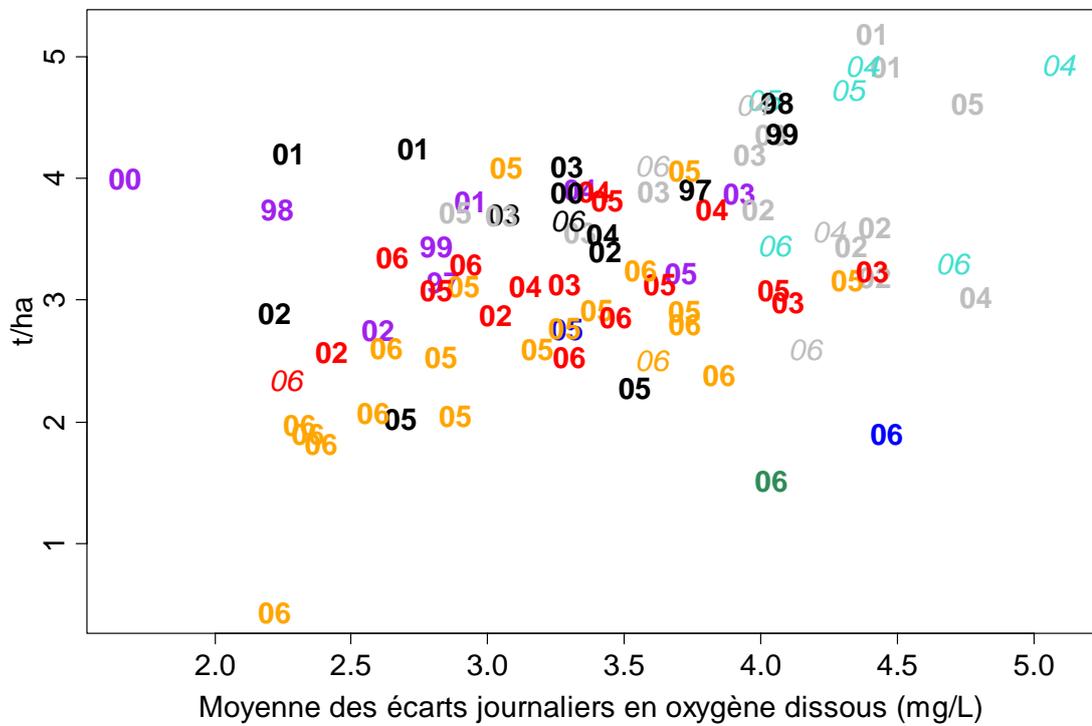
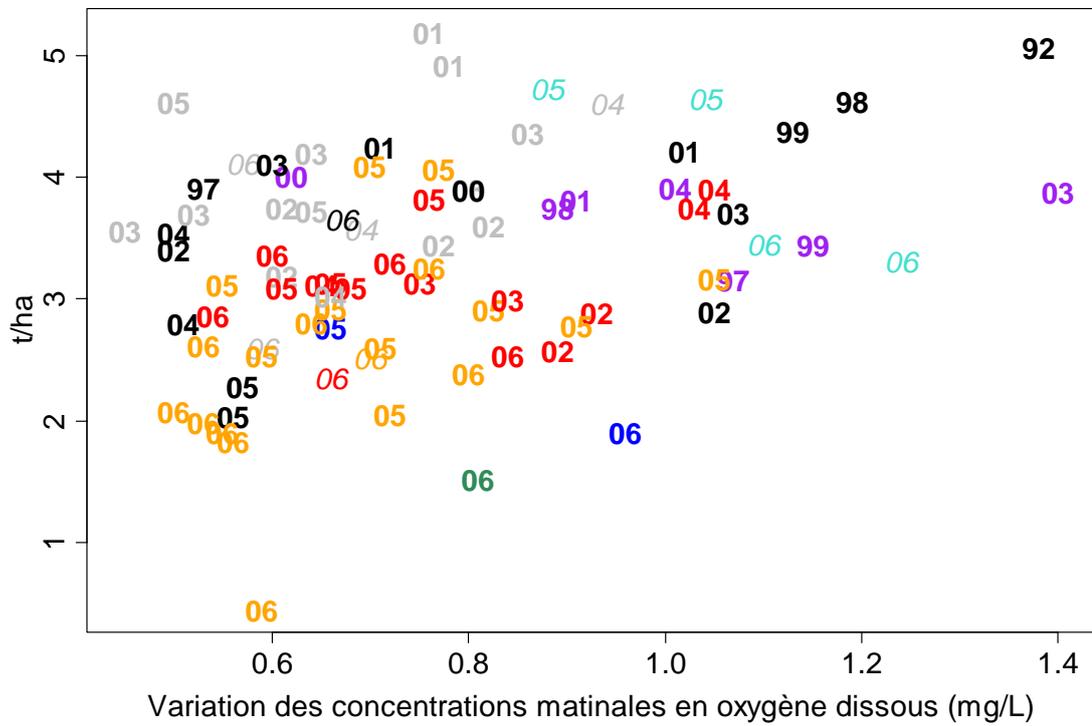
Rendement



Rendement

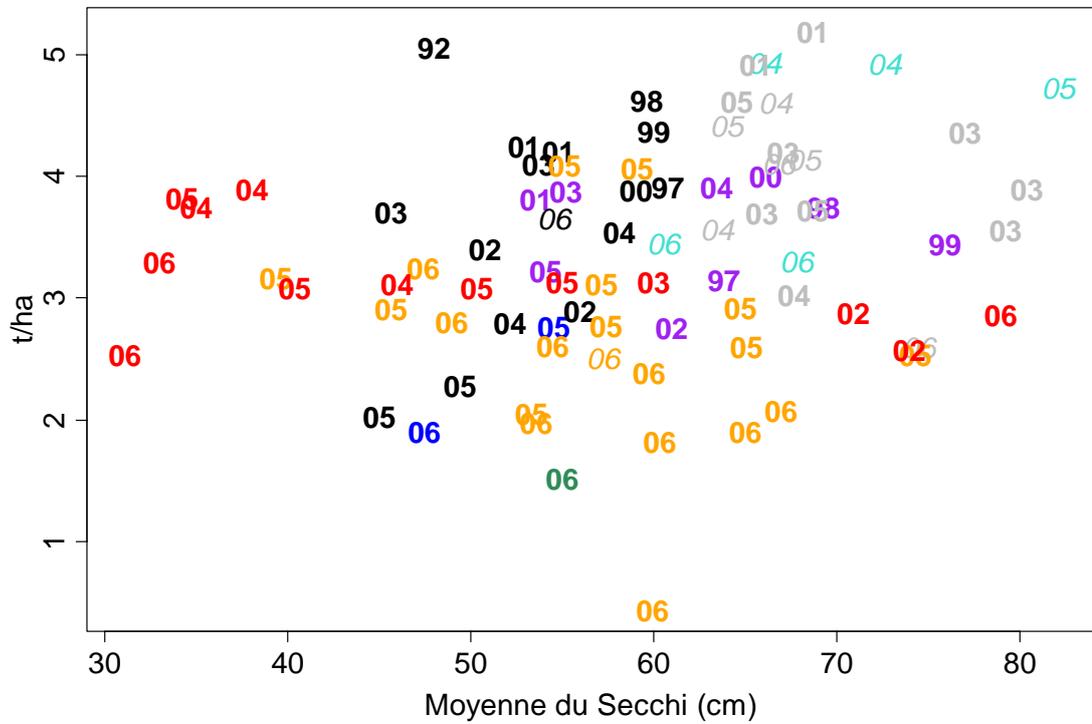
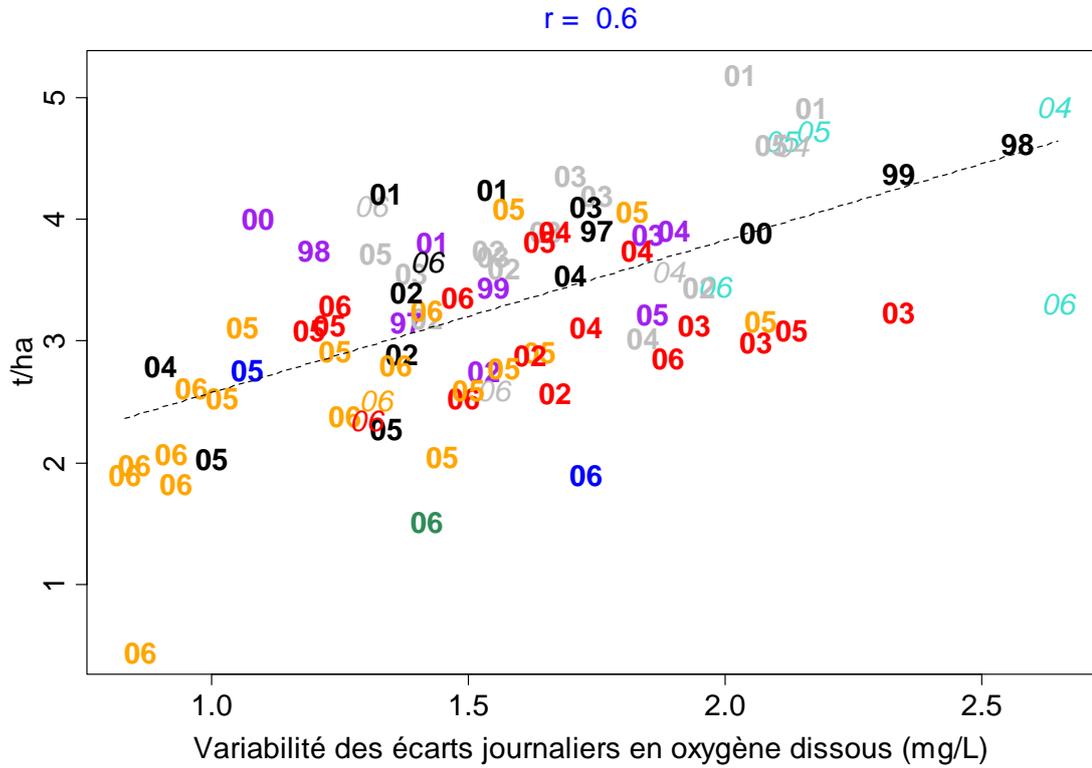


Rendement



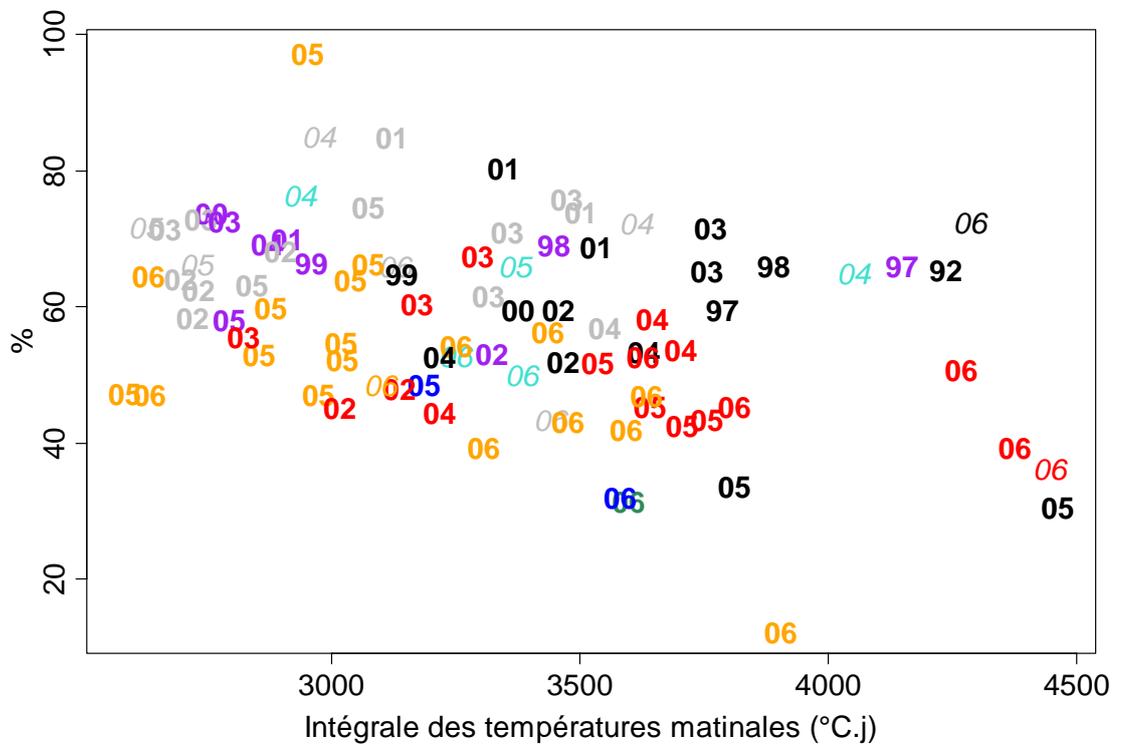
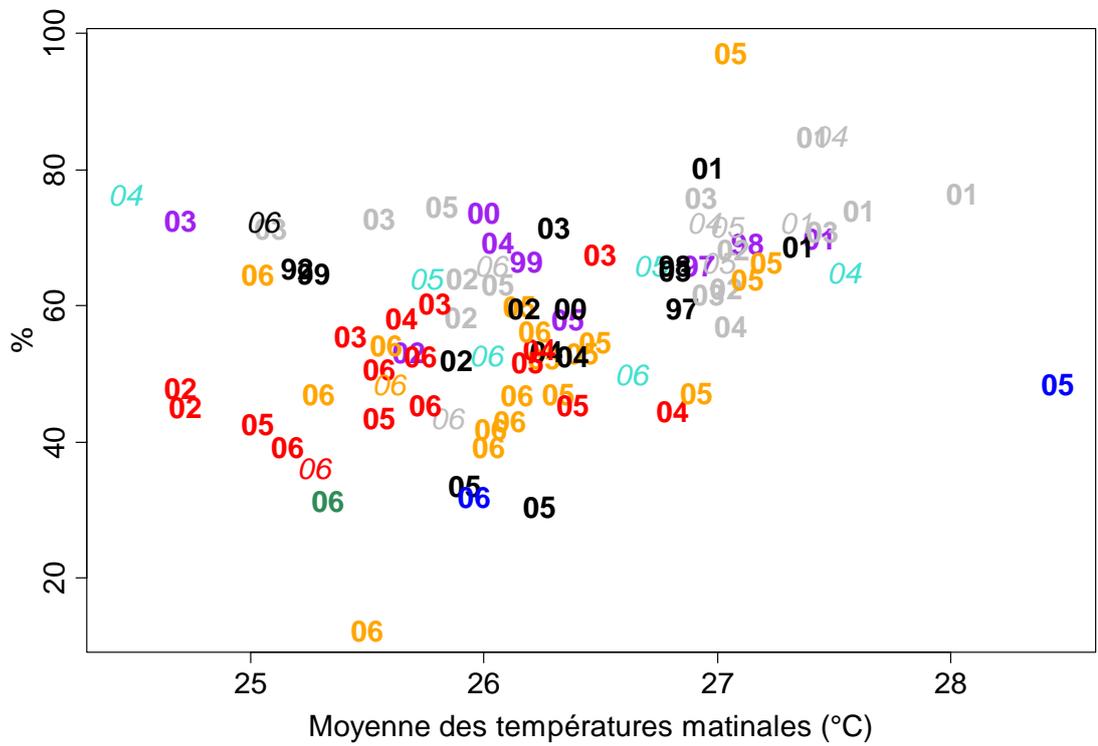
- | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| AMON | AWA | FAMB | FAO | LPM | SOD | TOU | VOH |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|

Rendement

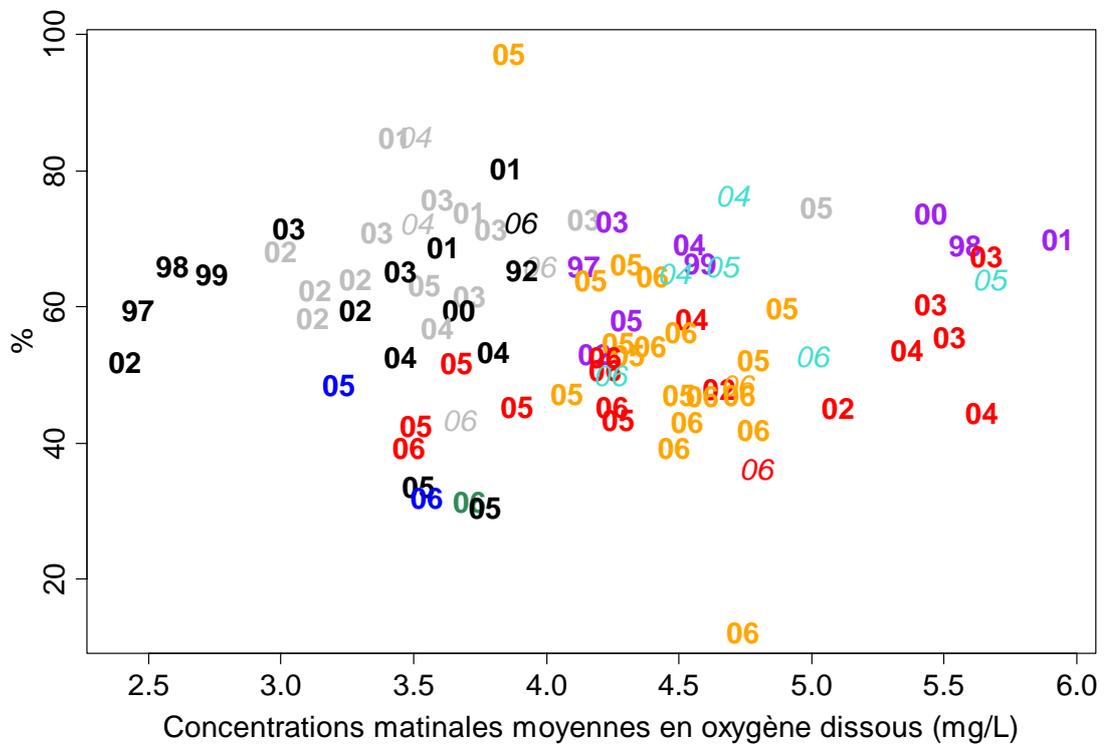
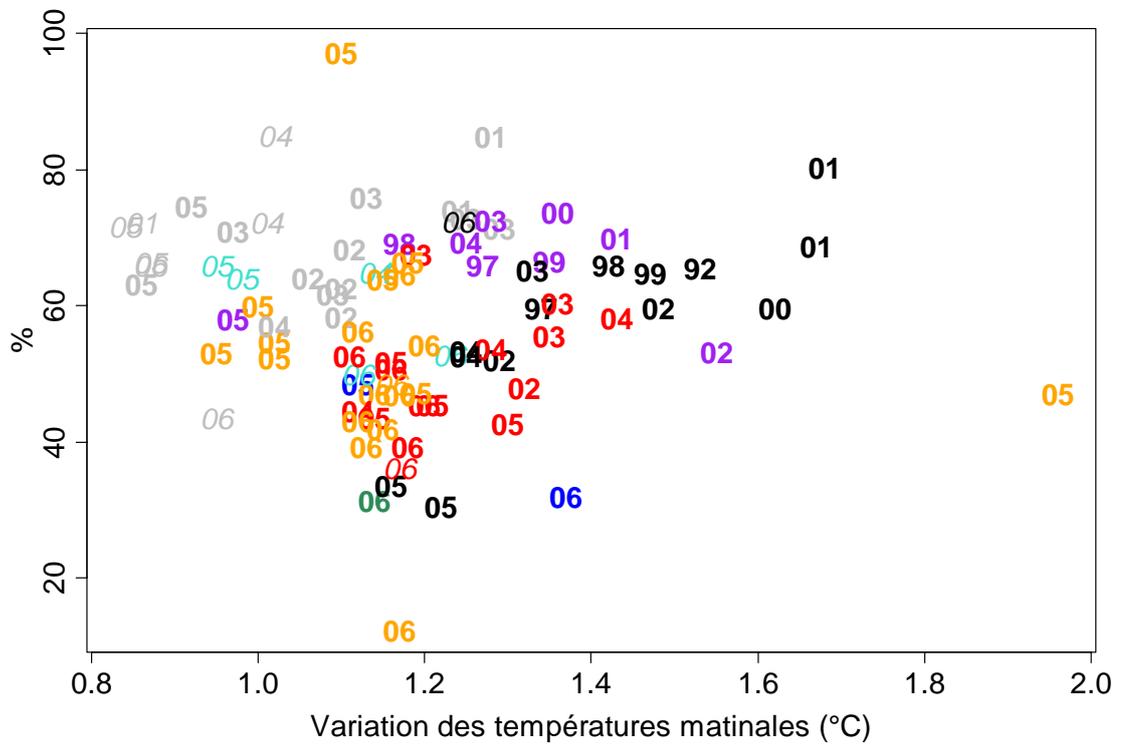


- | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| AMON | AWA | FAMB | FAO | LPM | SOD | TOU | VOH |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|

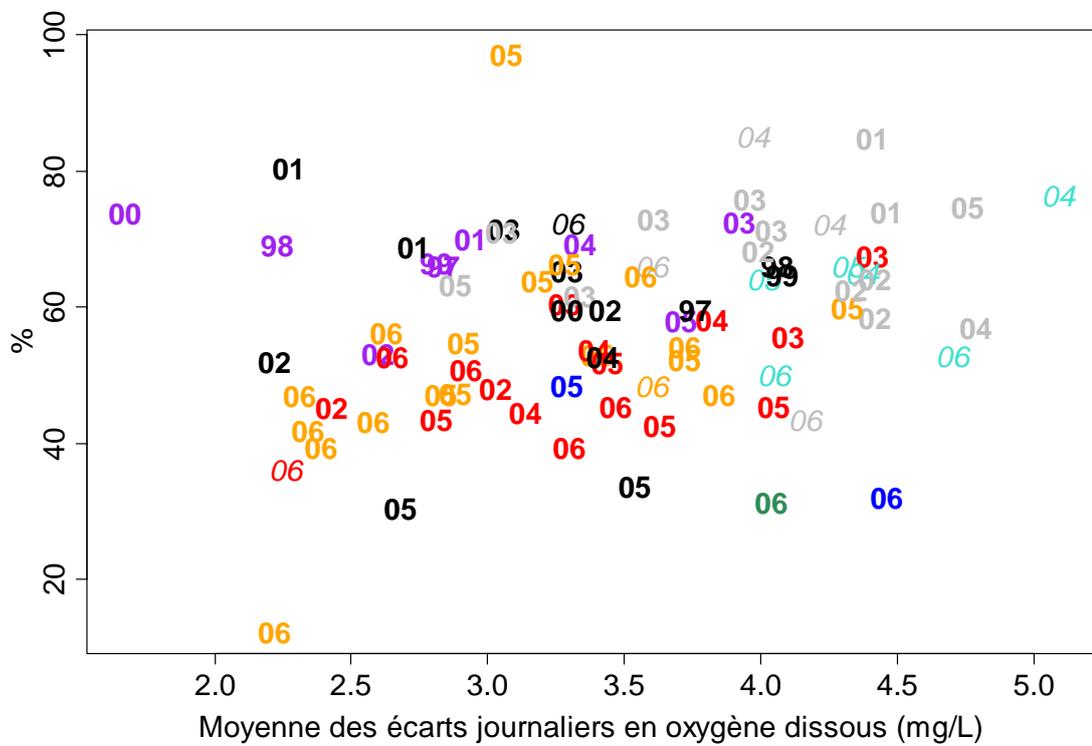
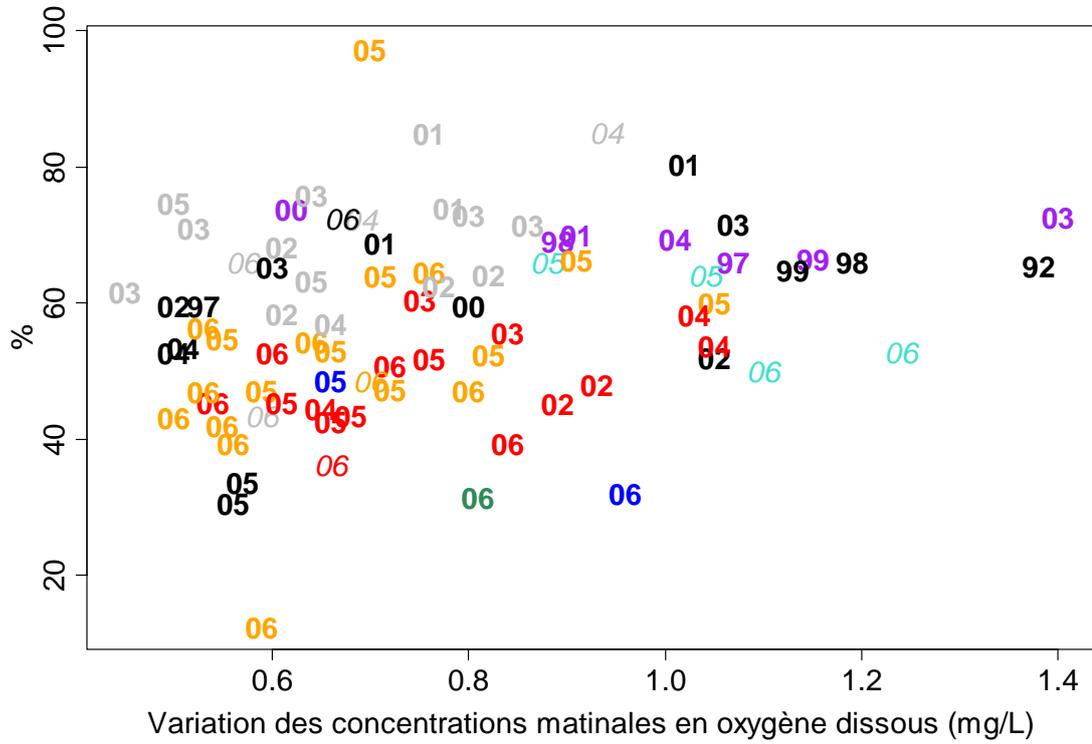
Survie



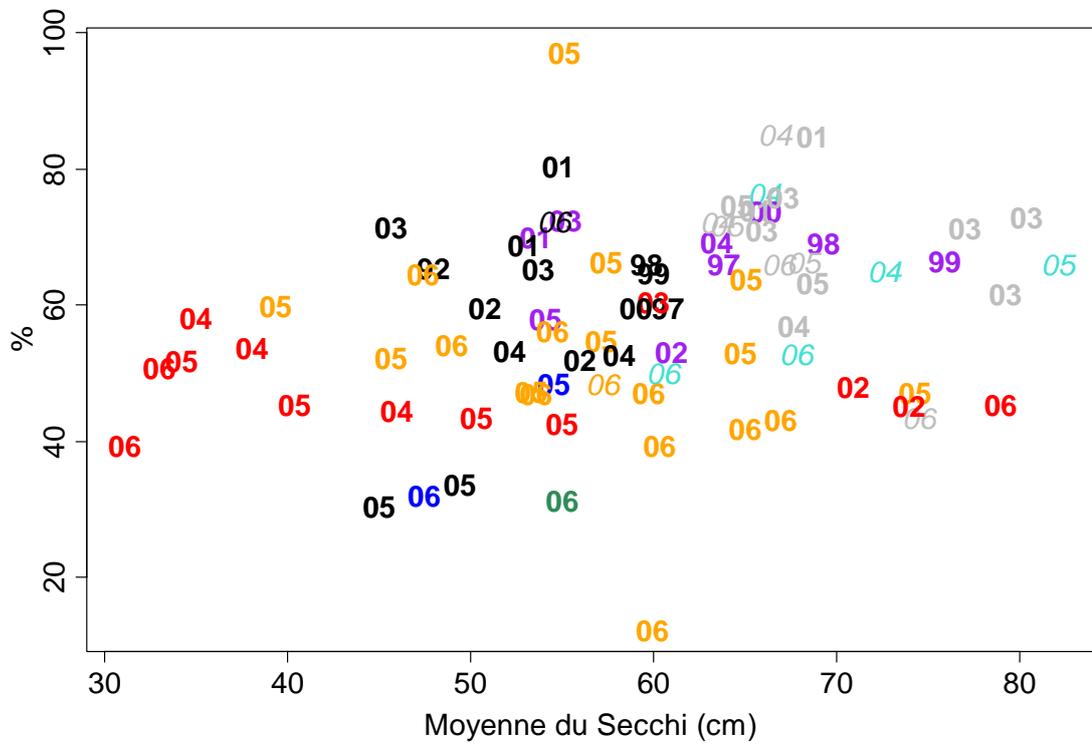
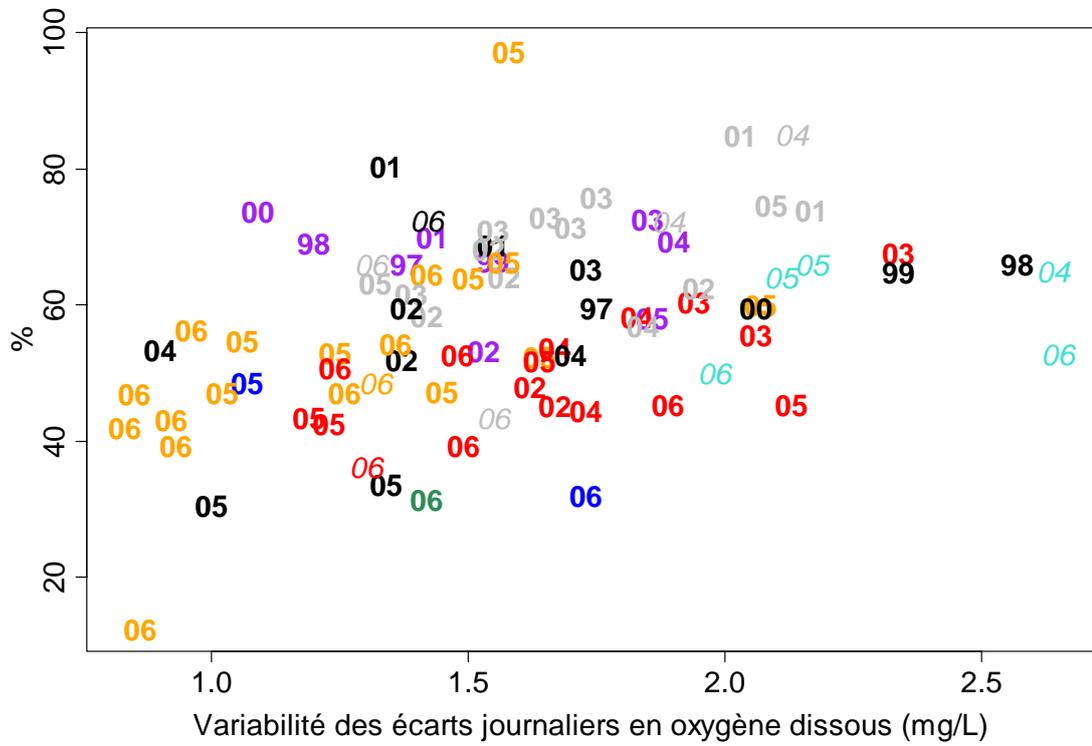
Survie



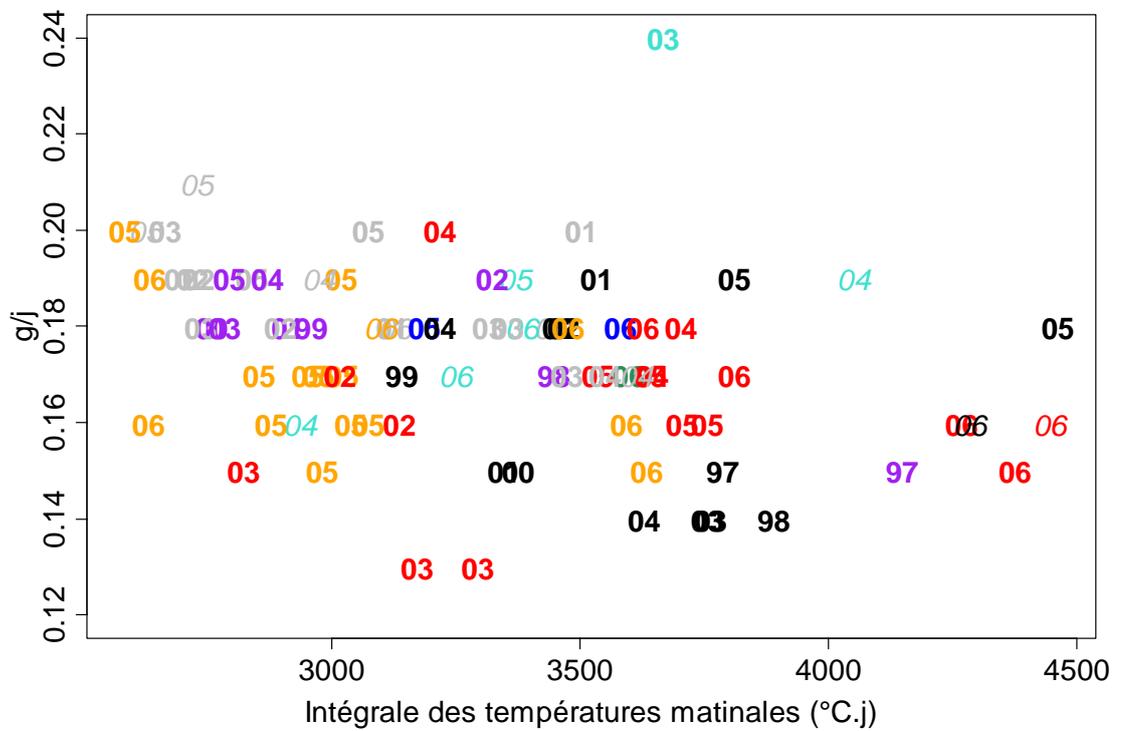
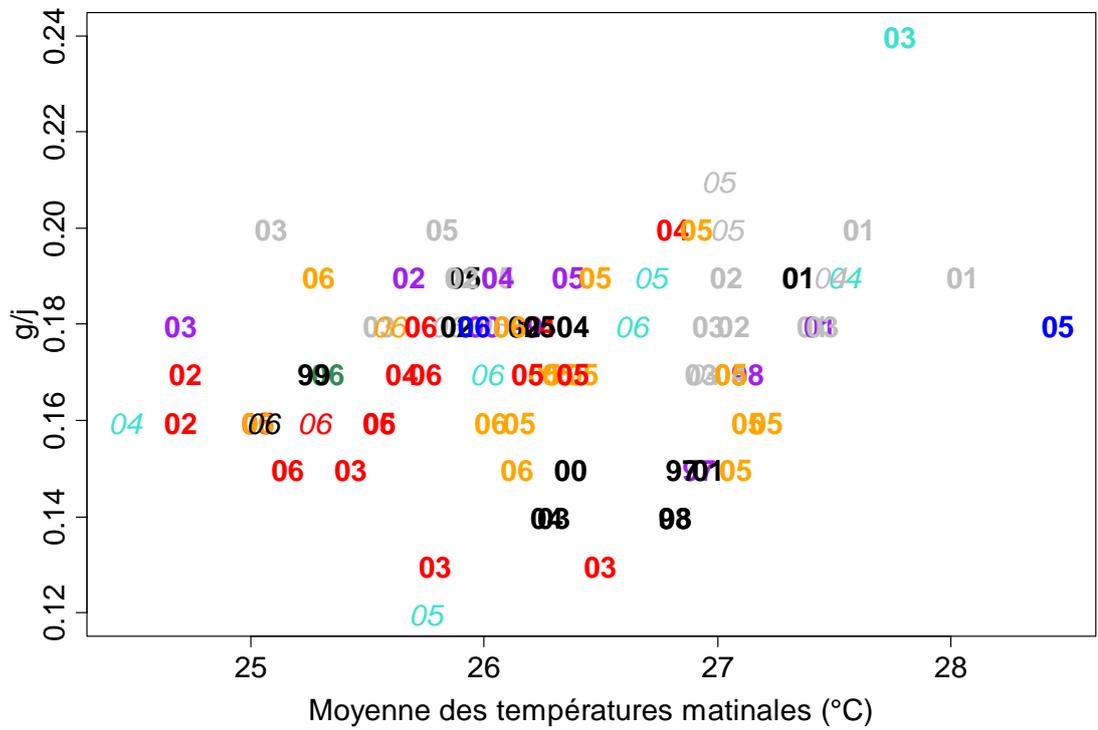
Survie



Survie

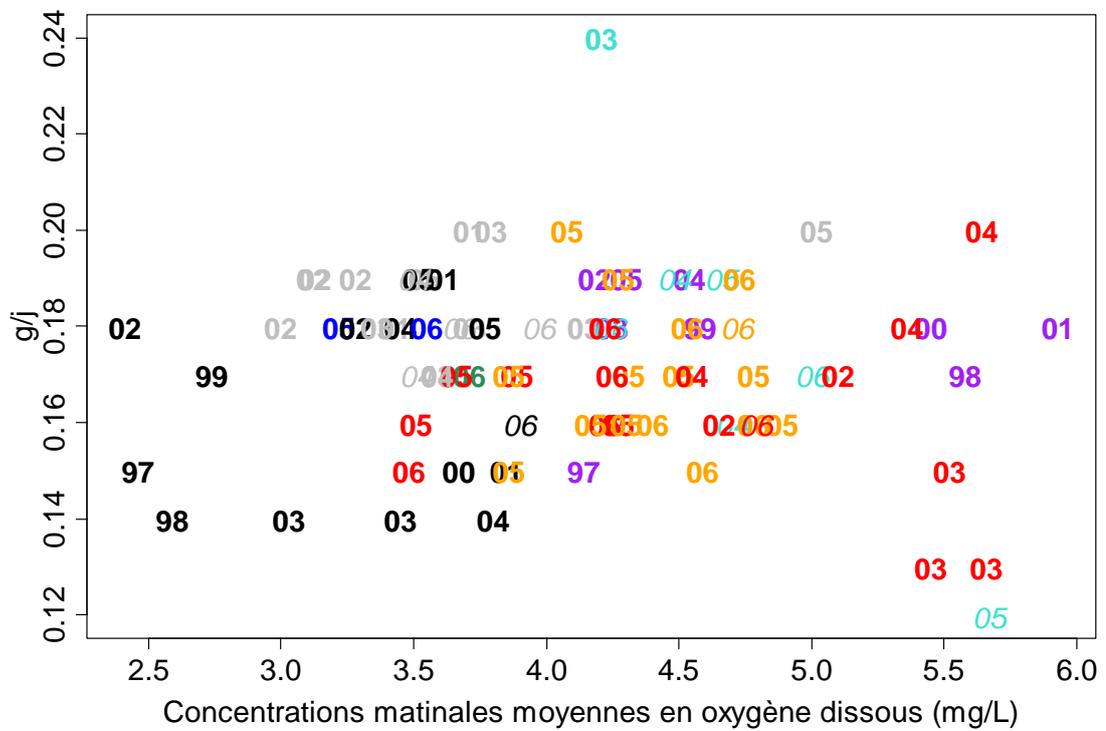
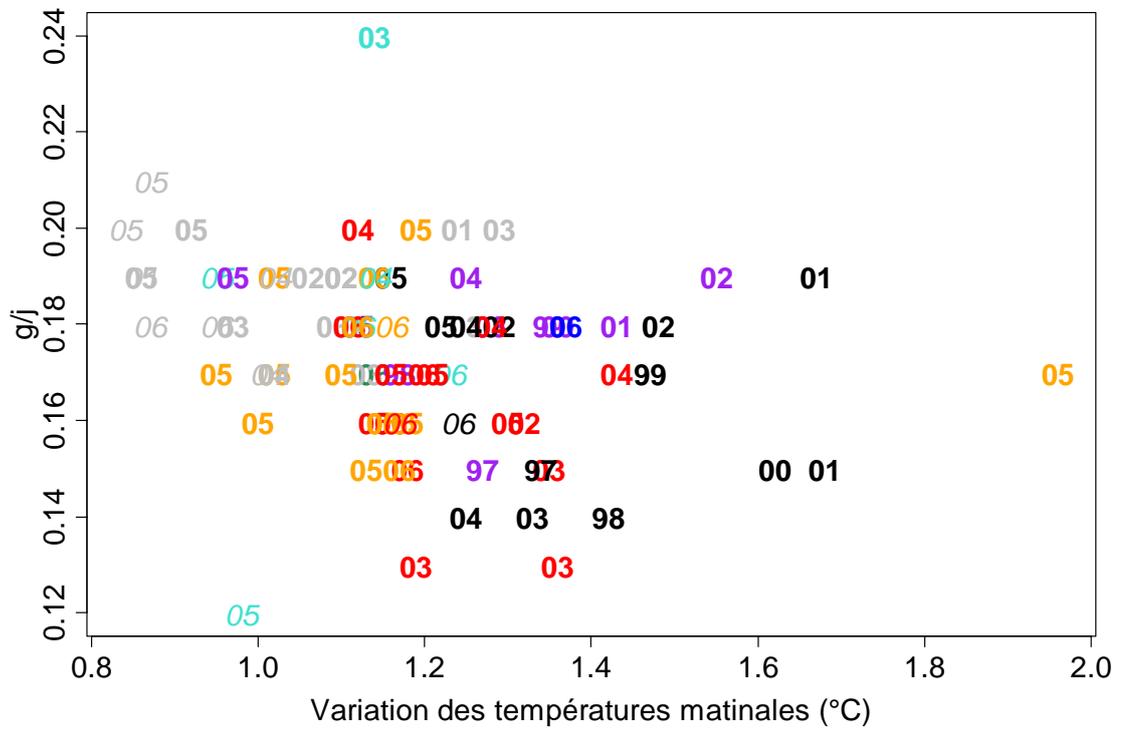


Vitesse de croissance à la première pêche



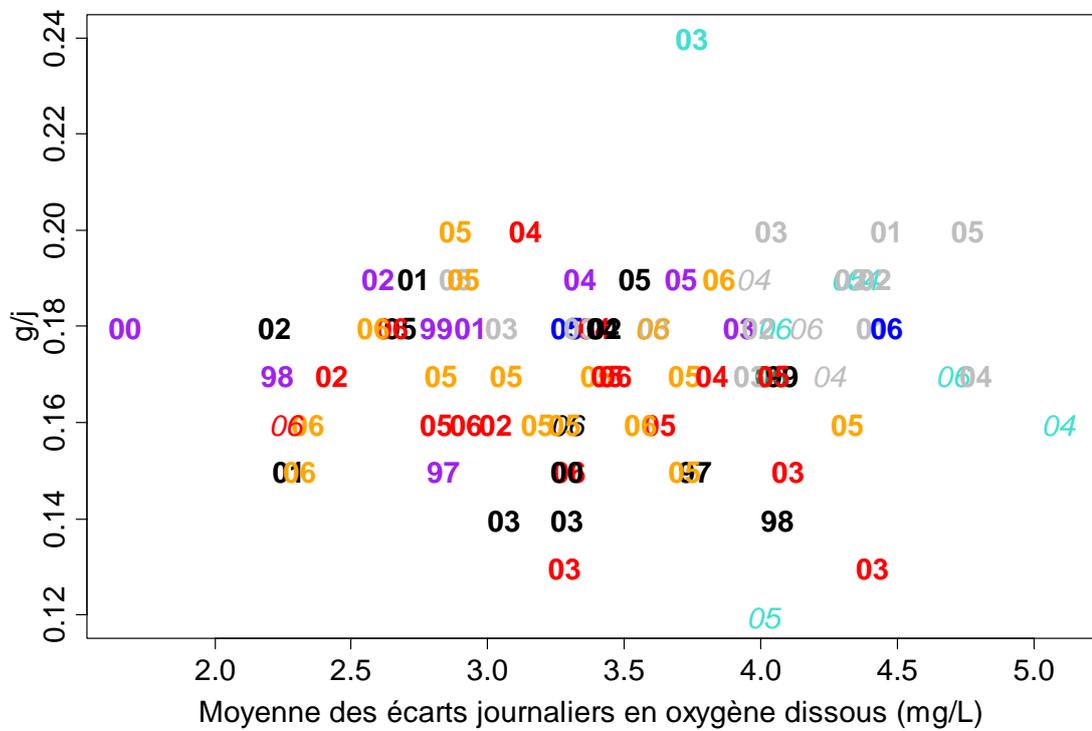
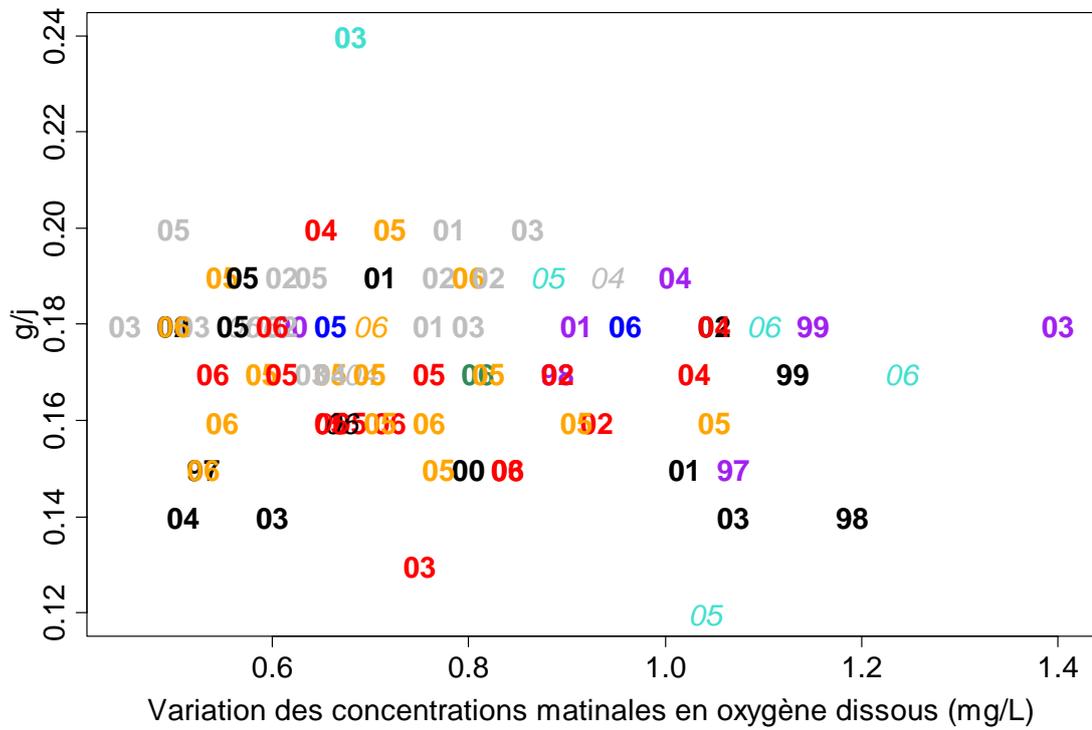
AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



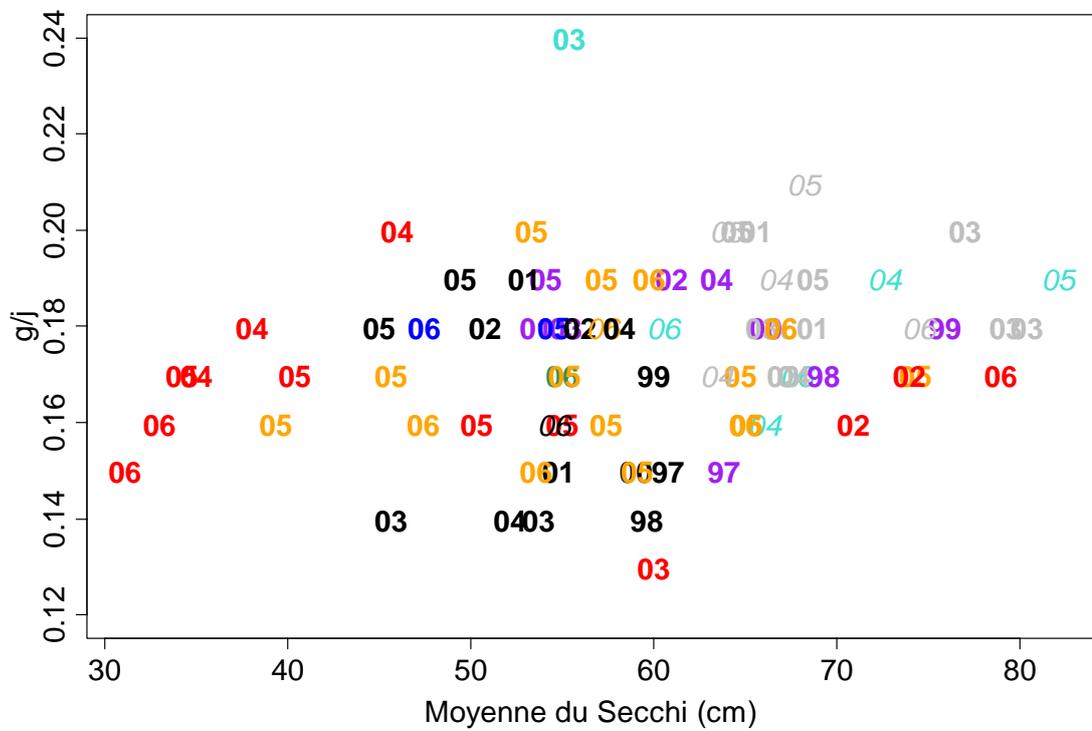
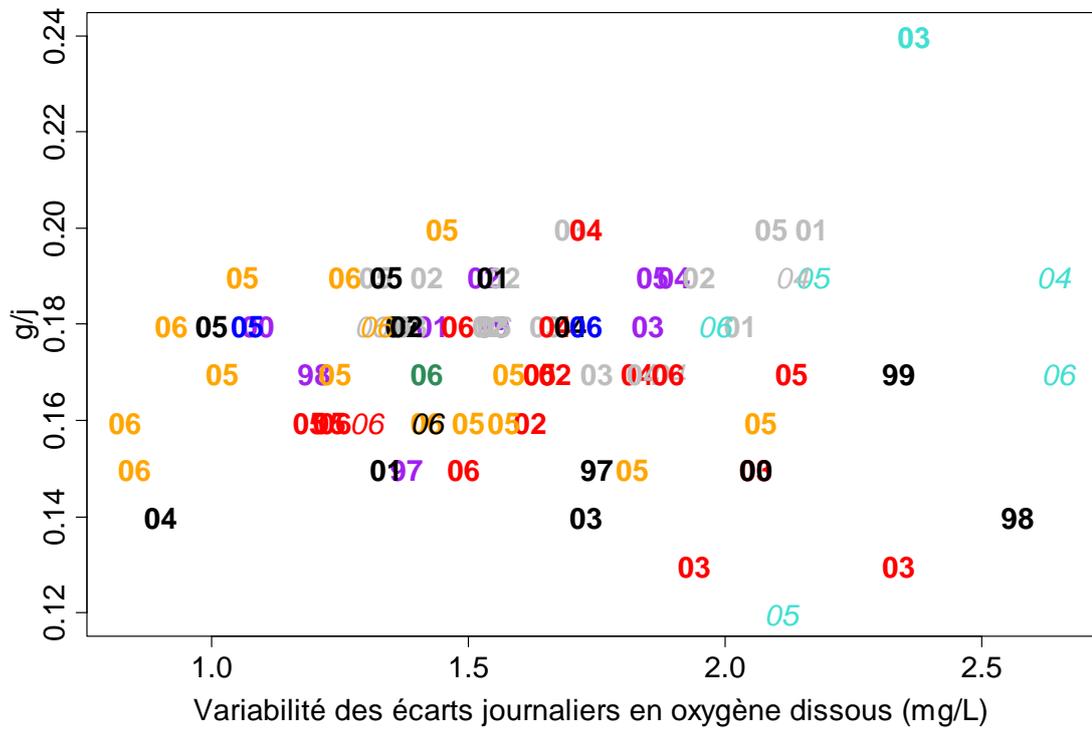
AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



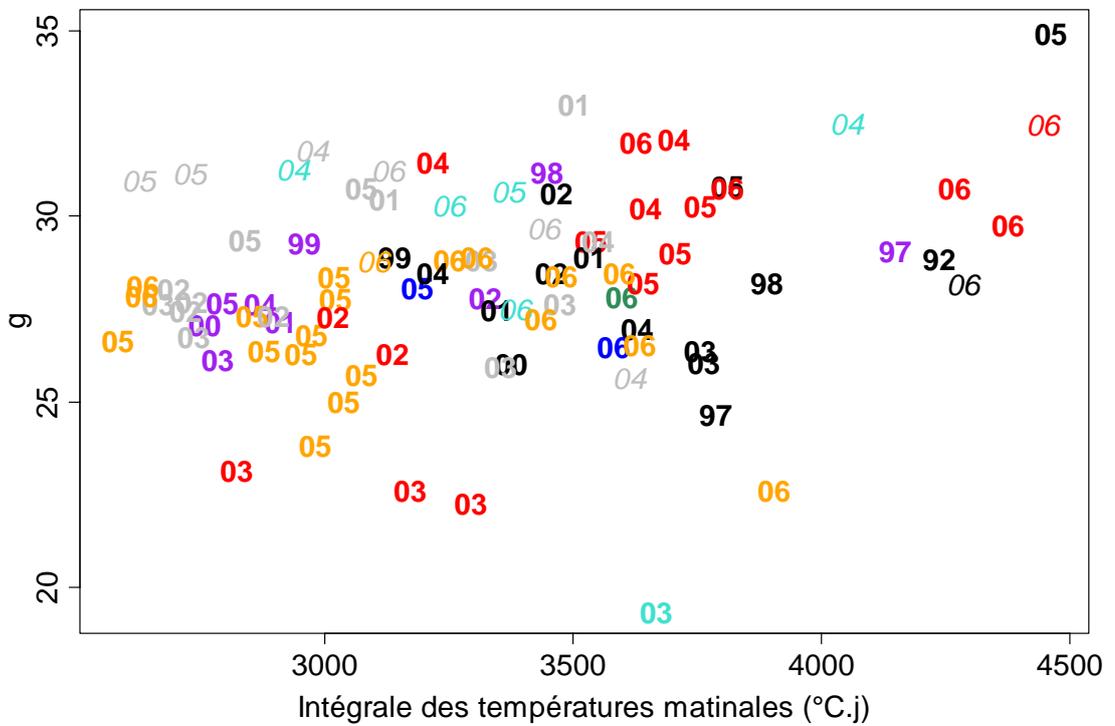
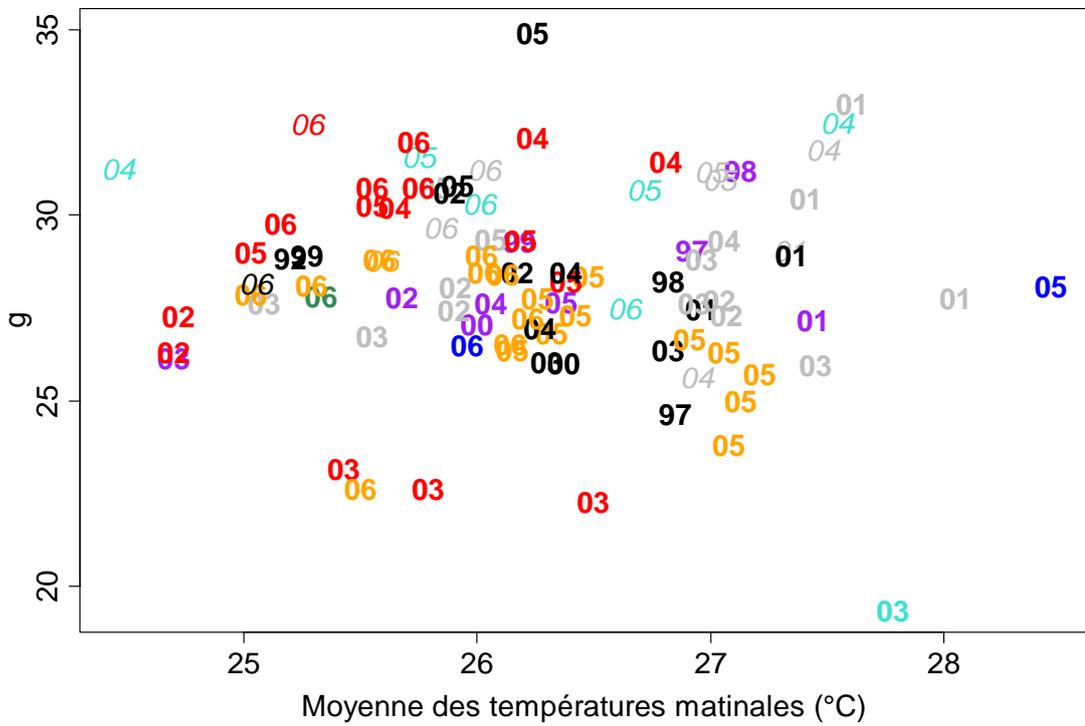
AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Vitesse de croissance à la première pêche

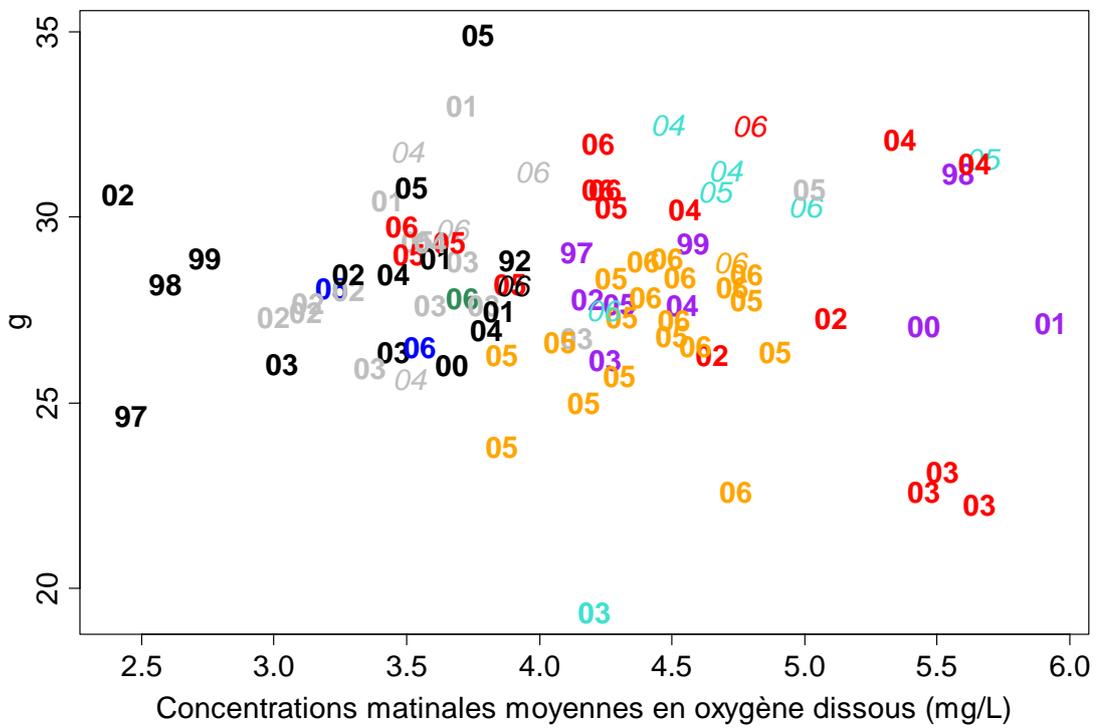
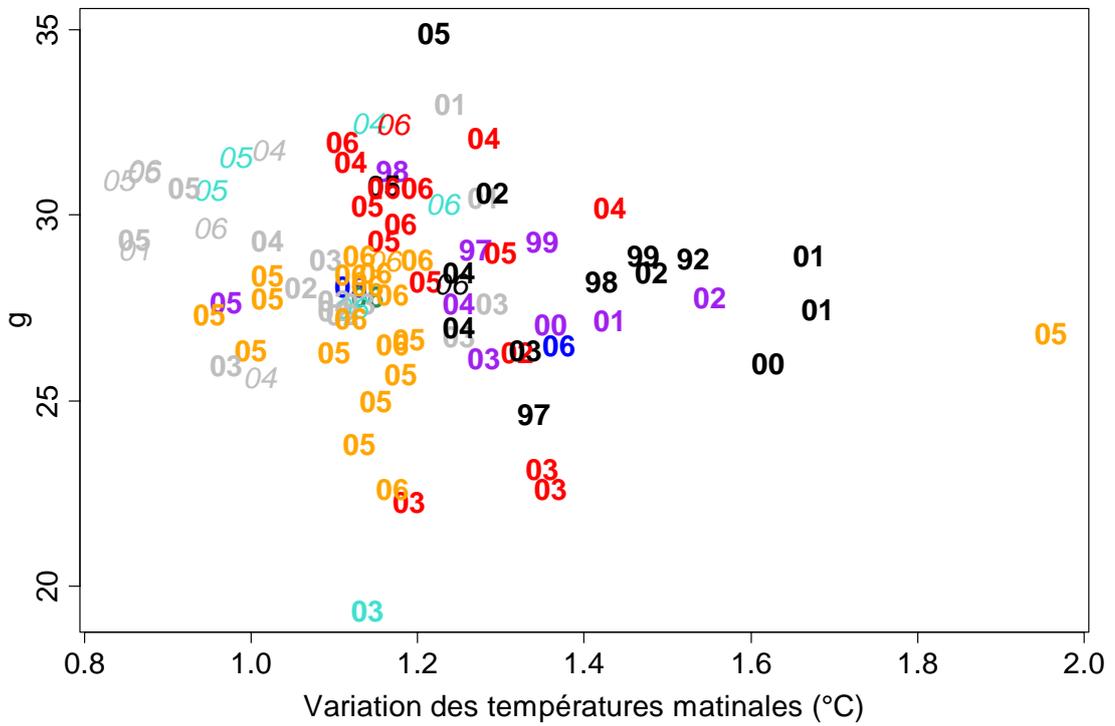


AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Poids moyen pondéré

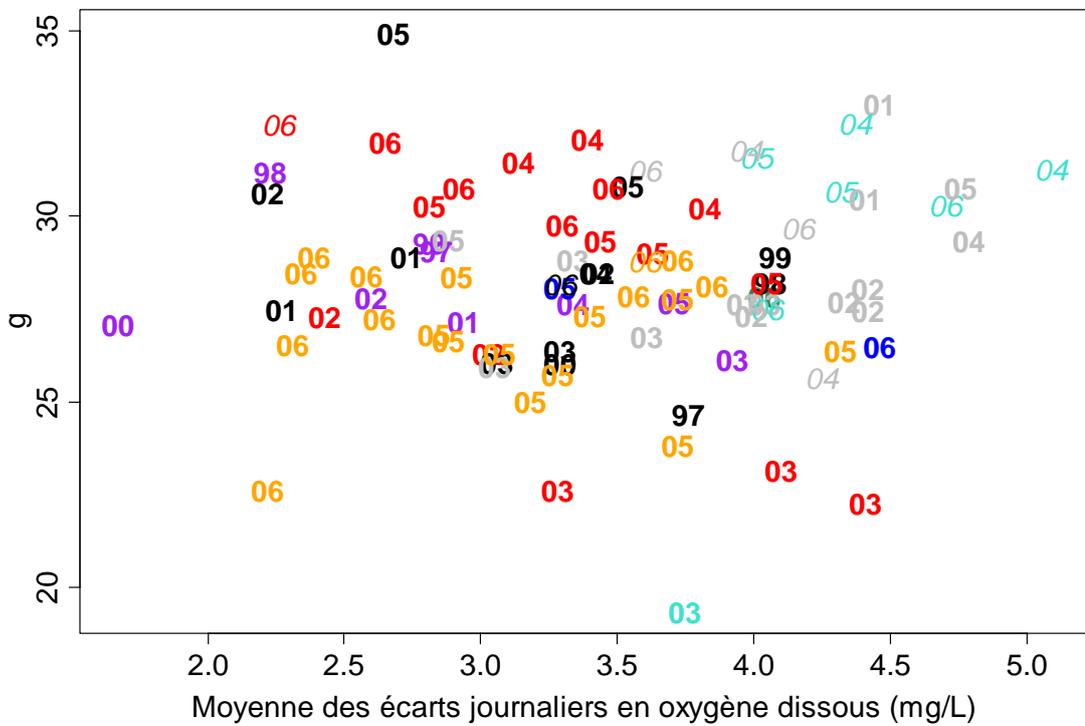
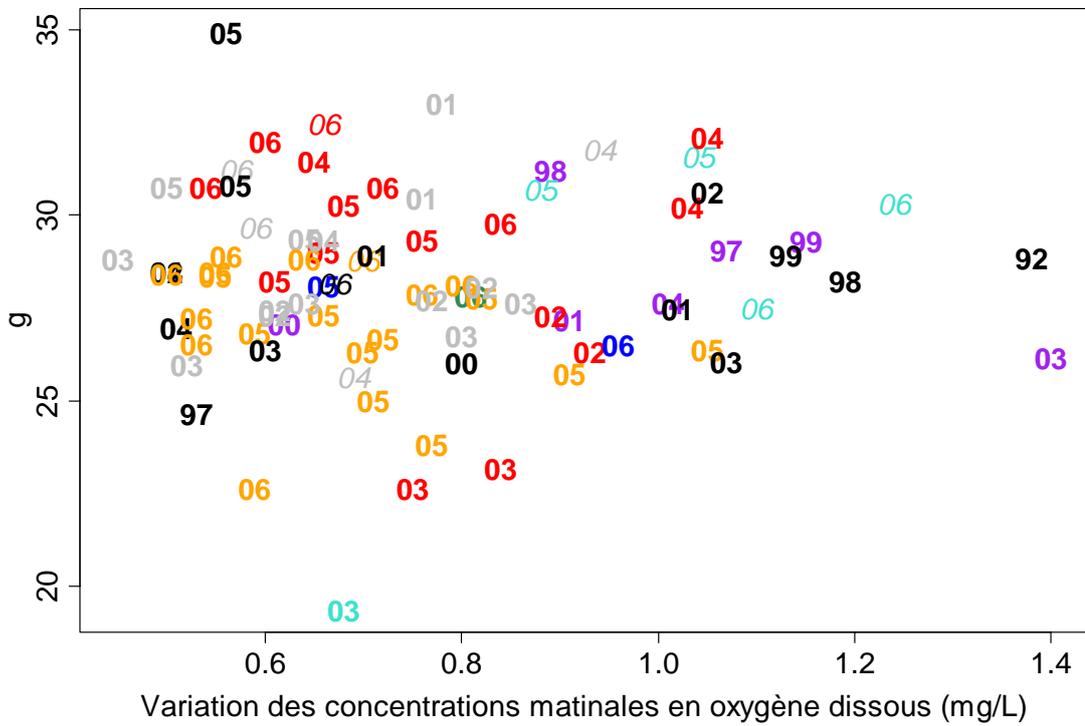


Poids moyen pondéré



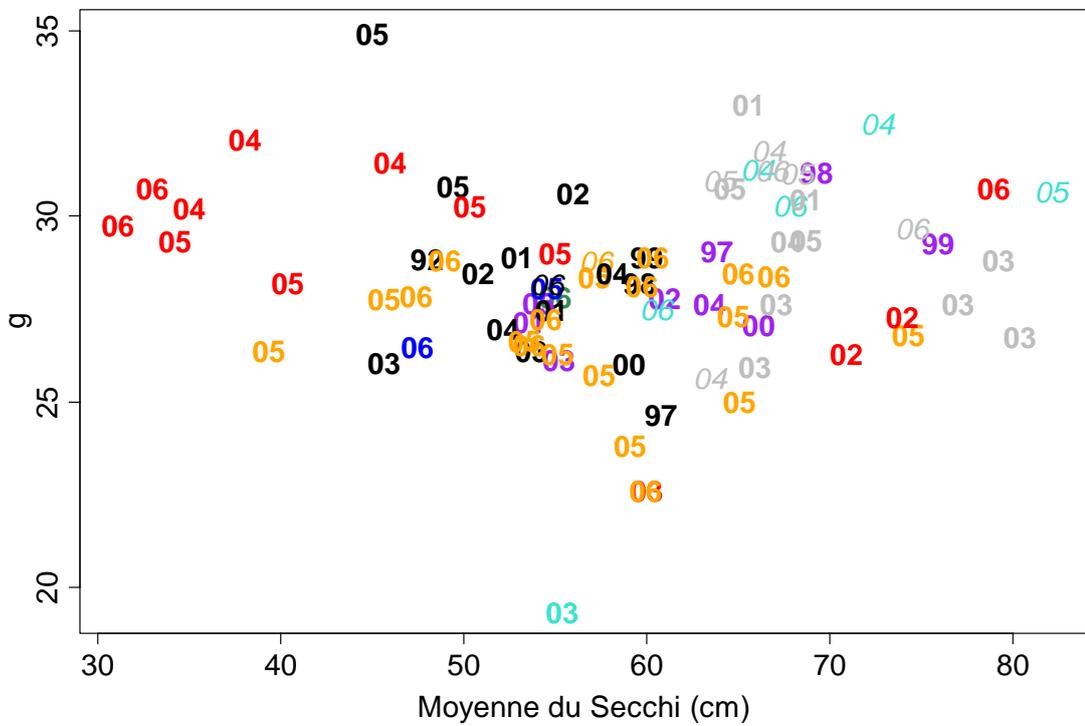
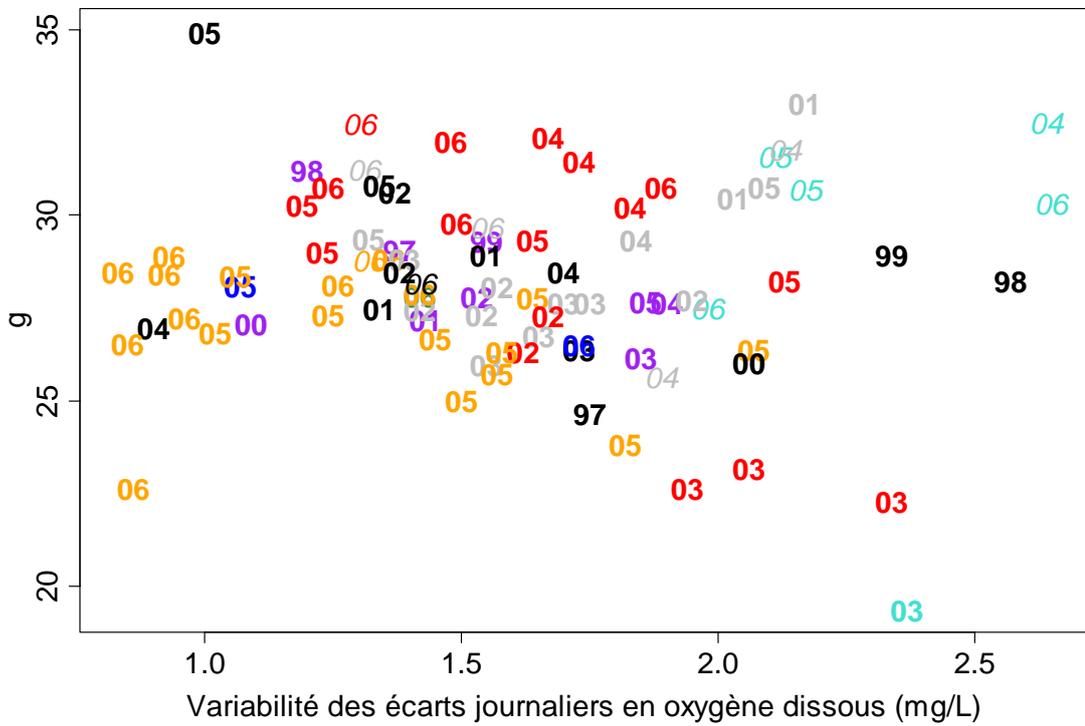
AMON
 AWA
 FAMB
 FAO
 LPM
 SOD
 TOU
 VOH

Poids moyen pondéré

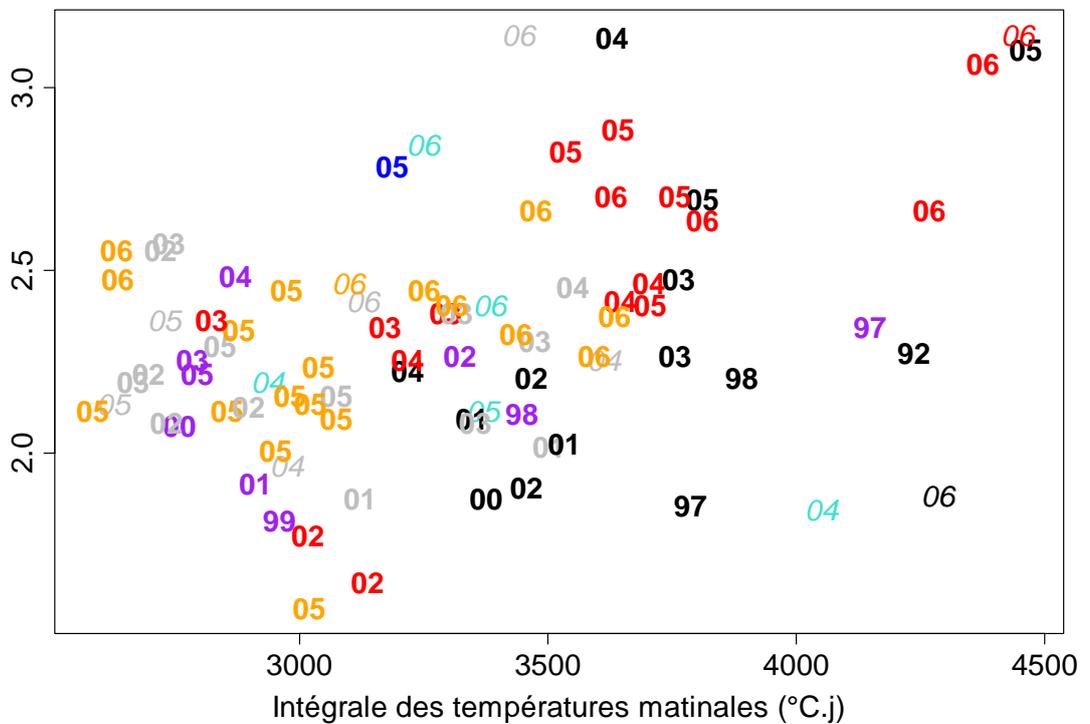
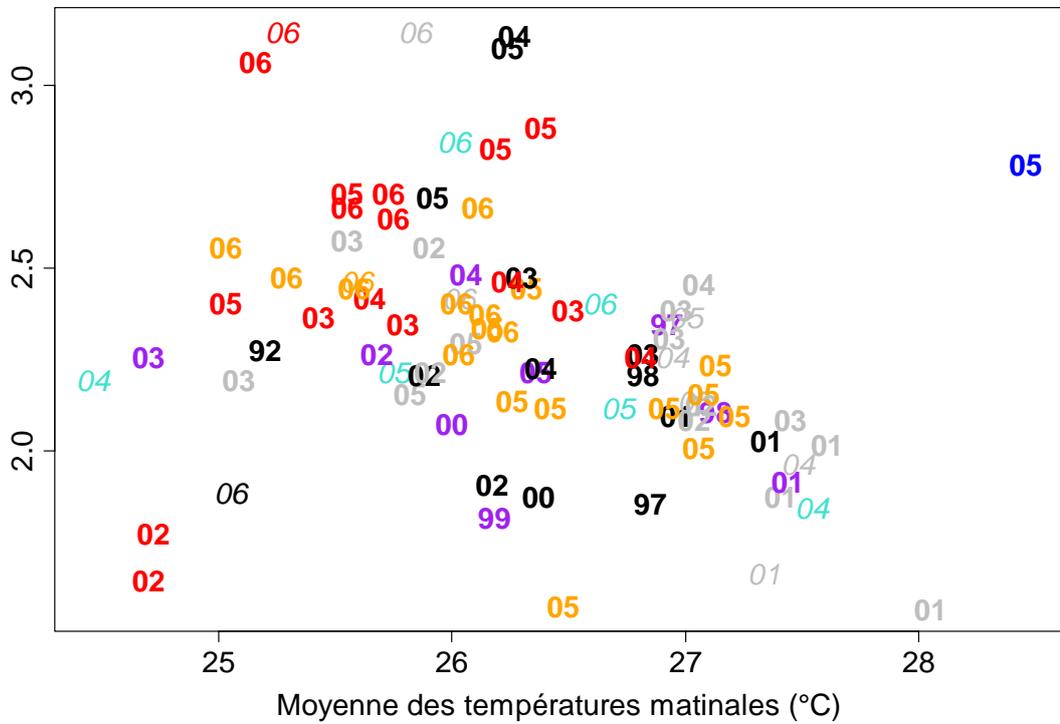


- | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| AMON | AWA | FAMB | FAO | LPM | SOD | TOU | VOH |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|

Poids moyen pondéré

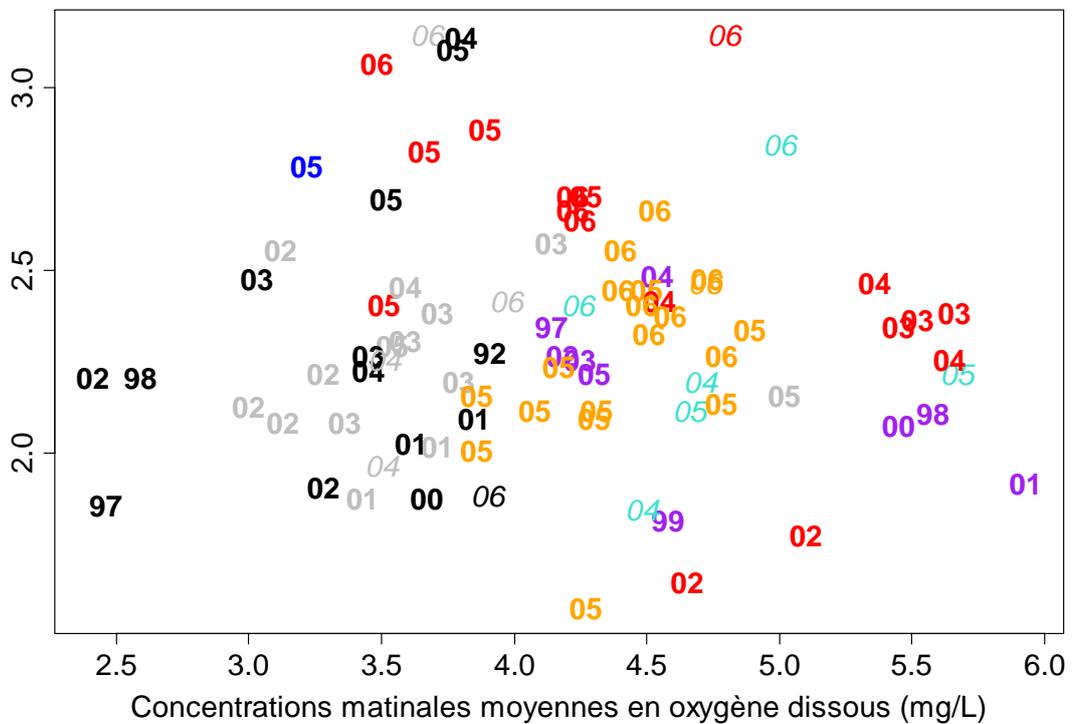
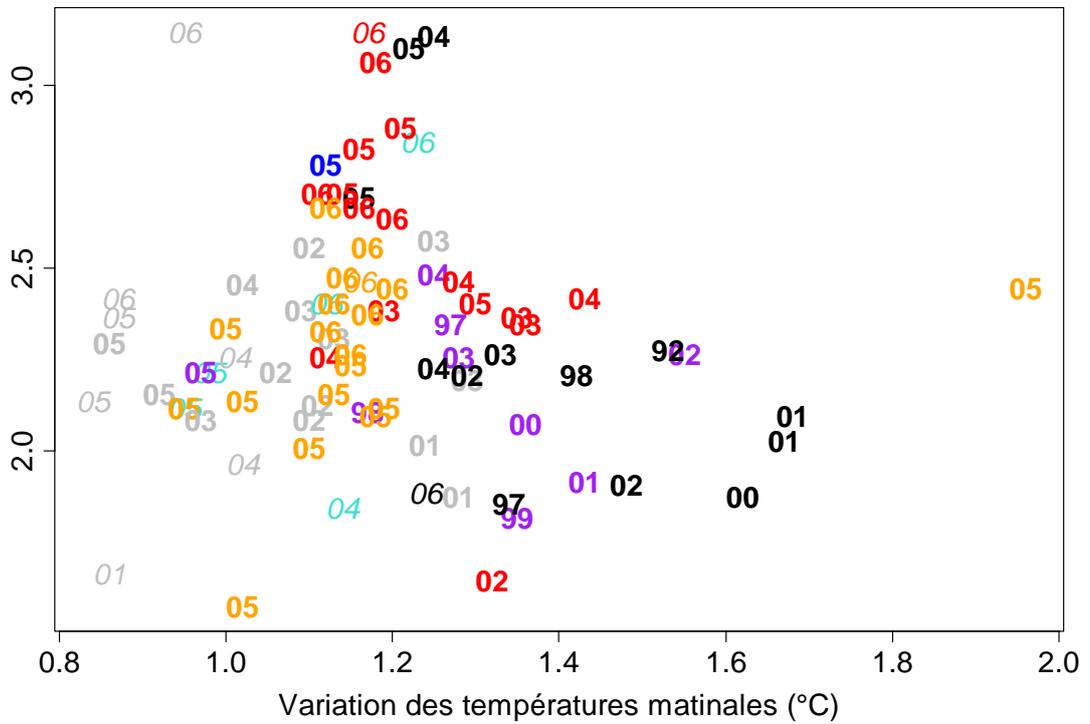


Indice de conversion



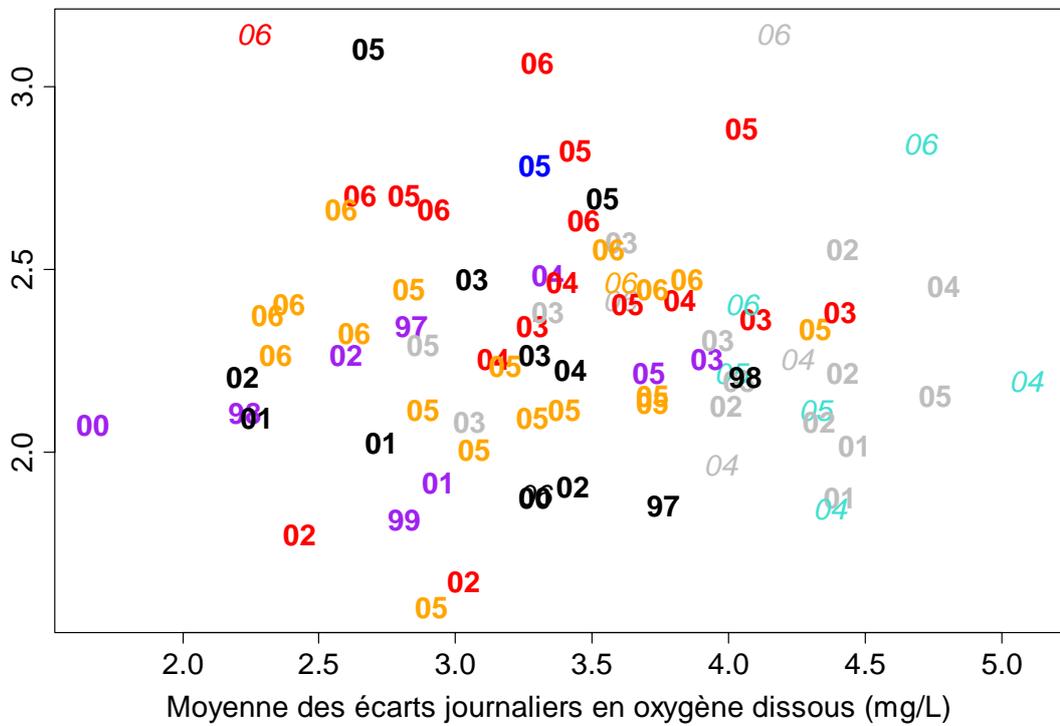
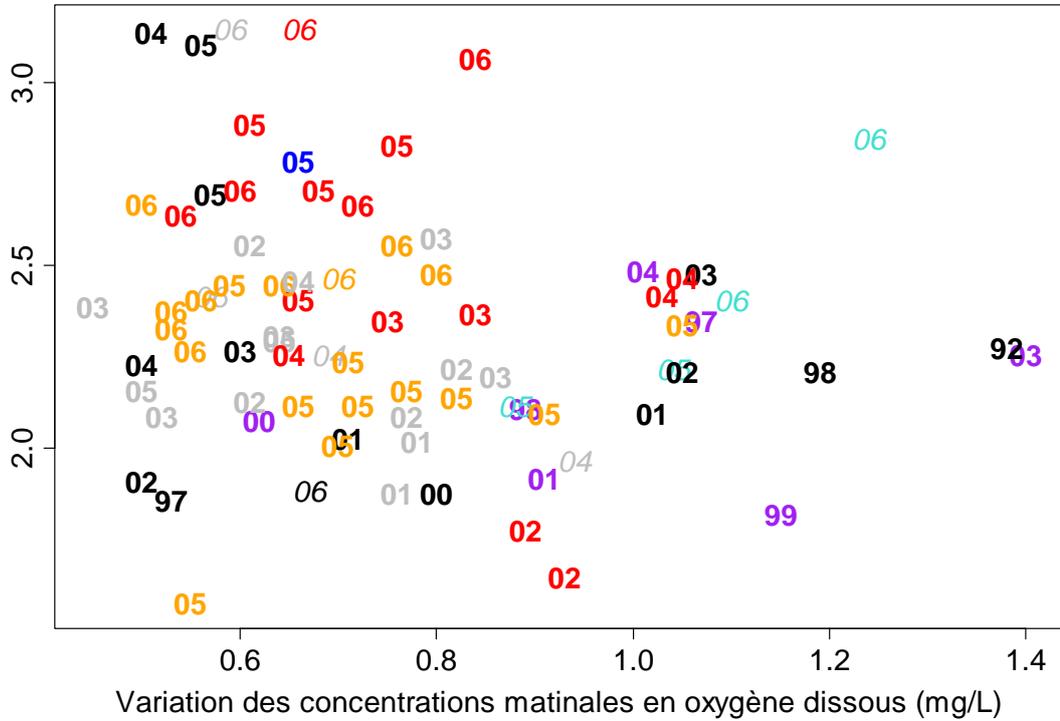
AMON
 AWA
 FAMB
 FAO
 LPM
 SOD
 TOU
 VOH

Indice de conversion



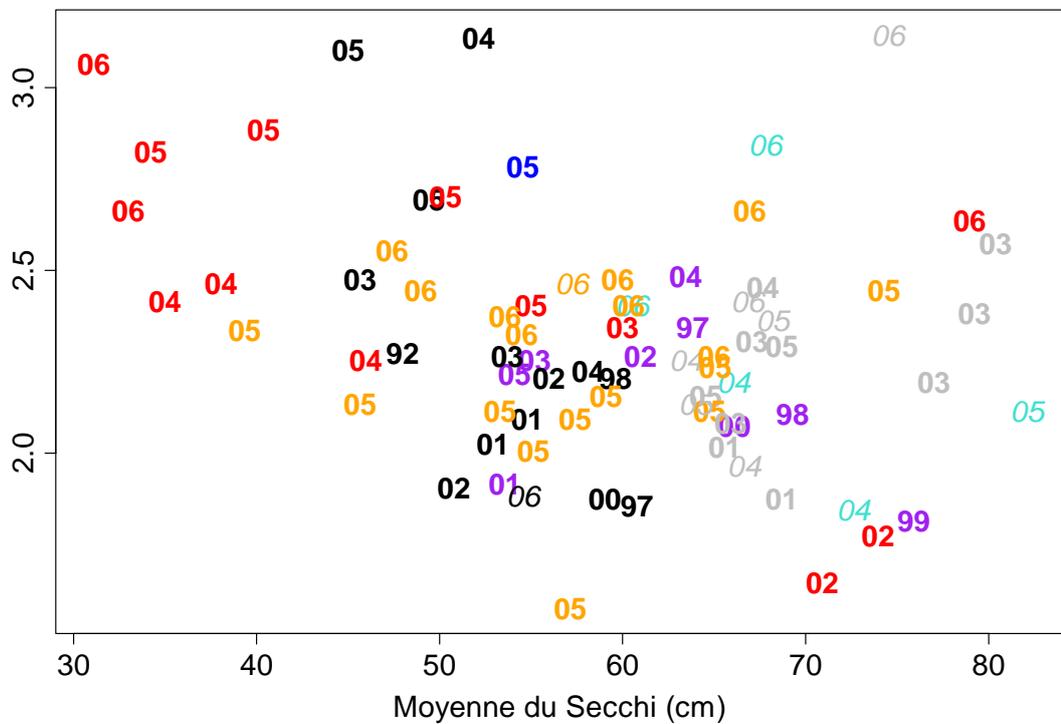
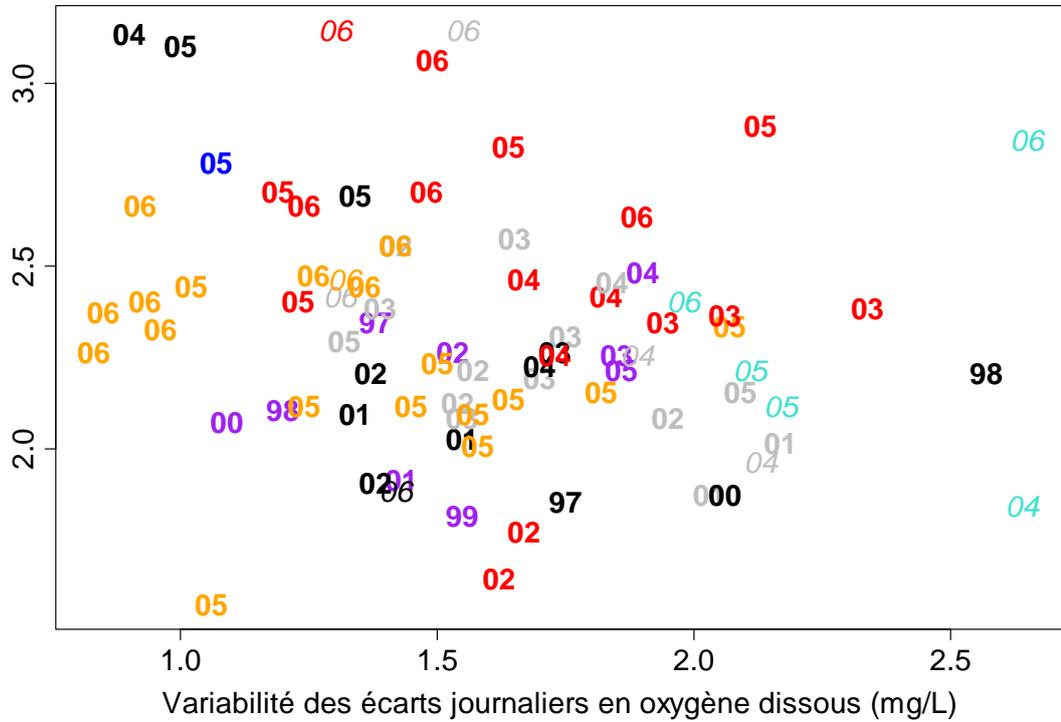
AMON
AWA
FAMB
FAO
LPM
SOD
TOU
VOH

Indice de conversion



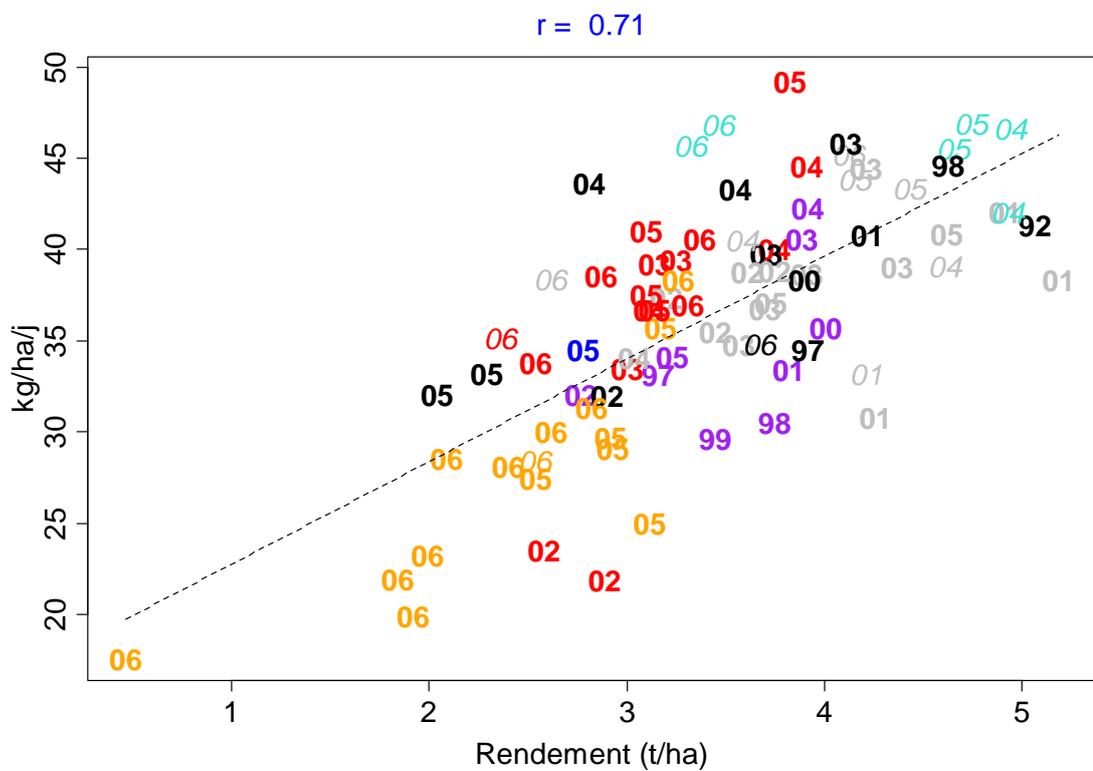
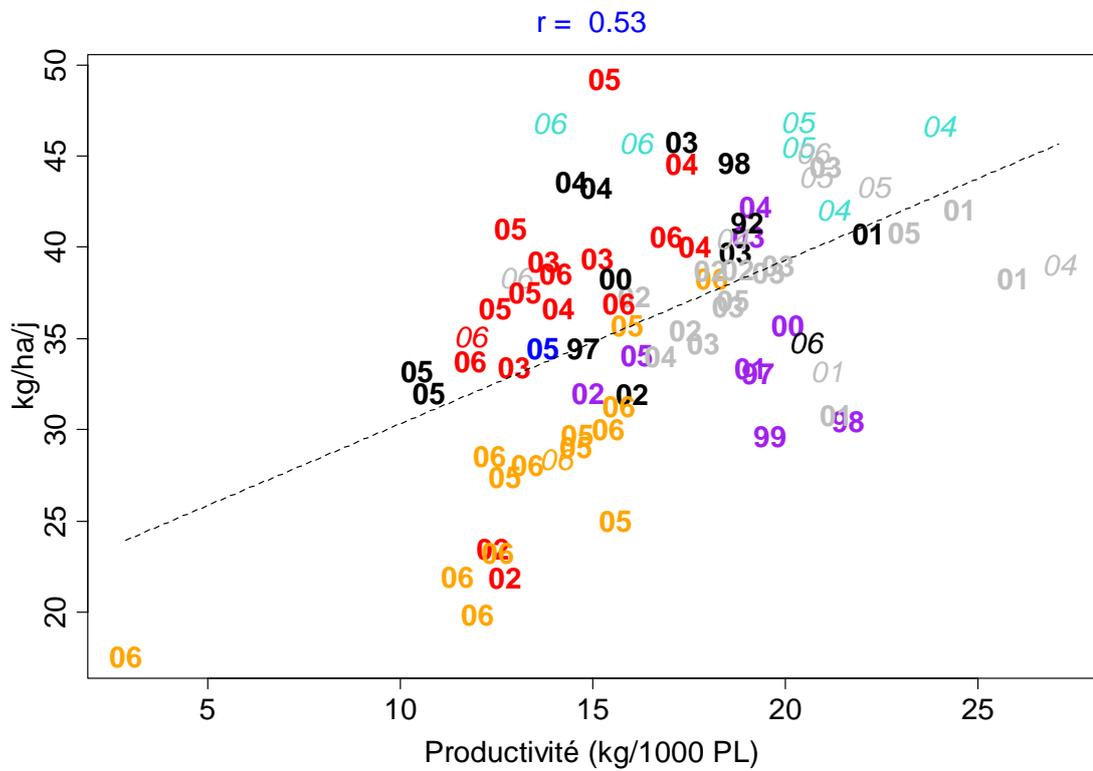
AMON
 AWA
 FAMB
 FAO
 LPM
 SOD
 TOU
 VOH

Indice de conversion



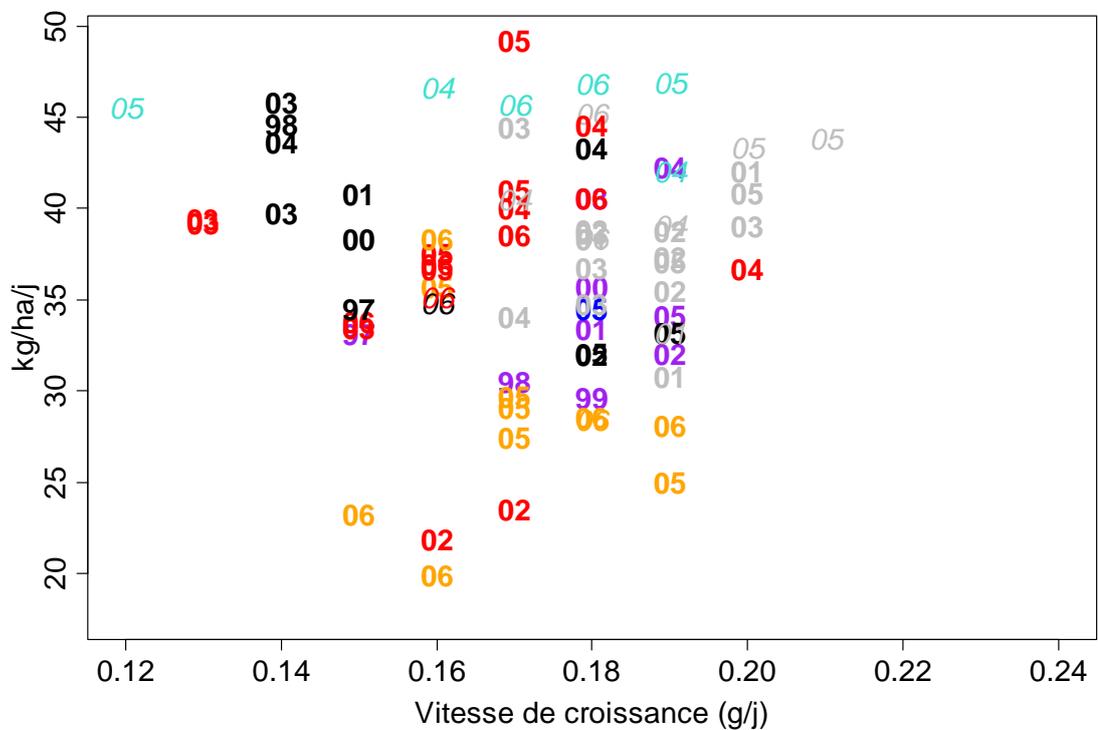
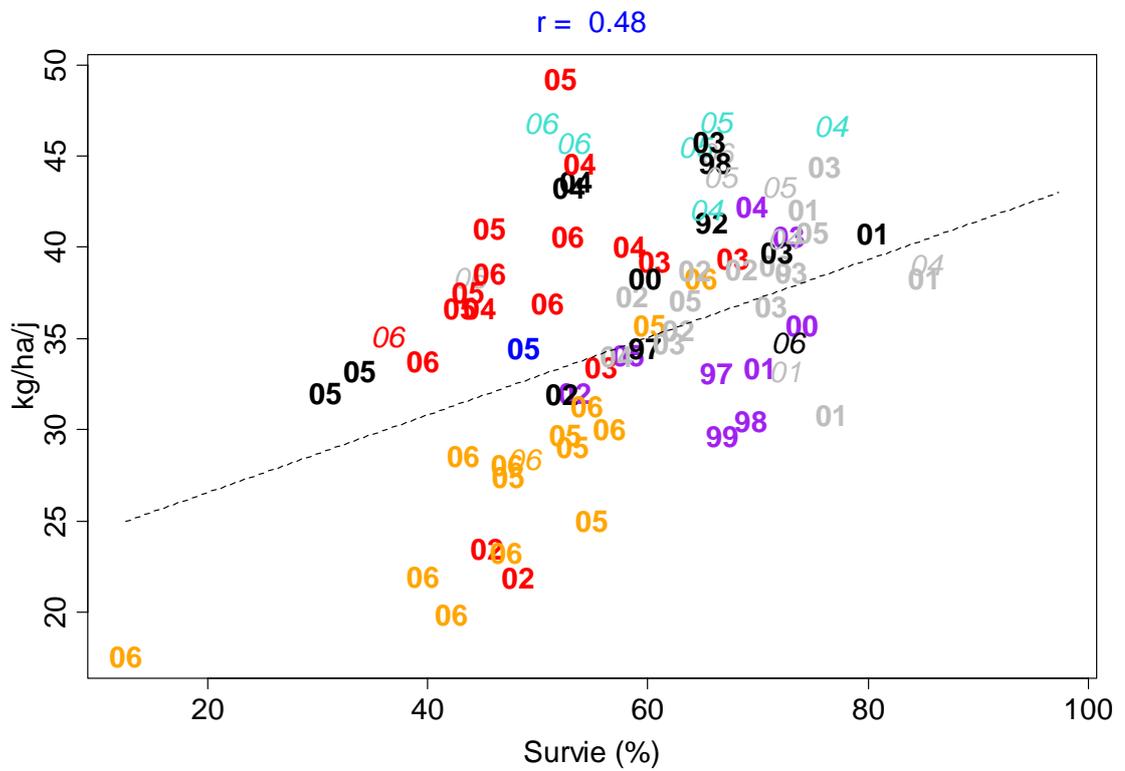
AMON
AWA
FAMB
FAO
LPM
SOD
TOU
VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



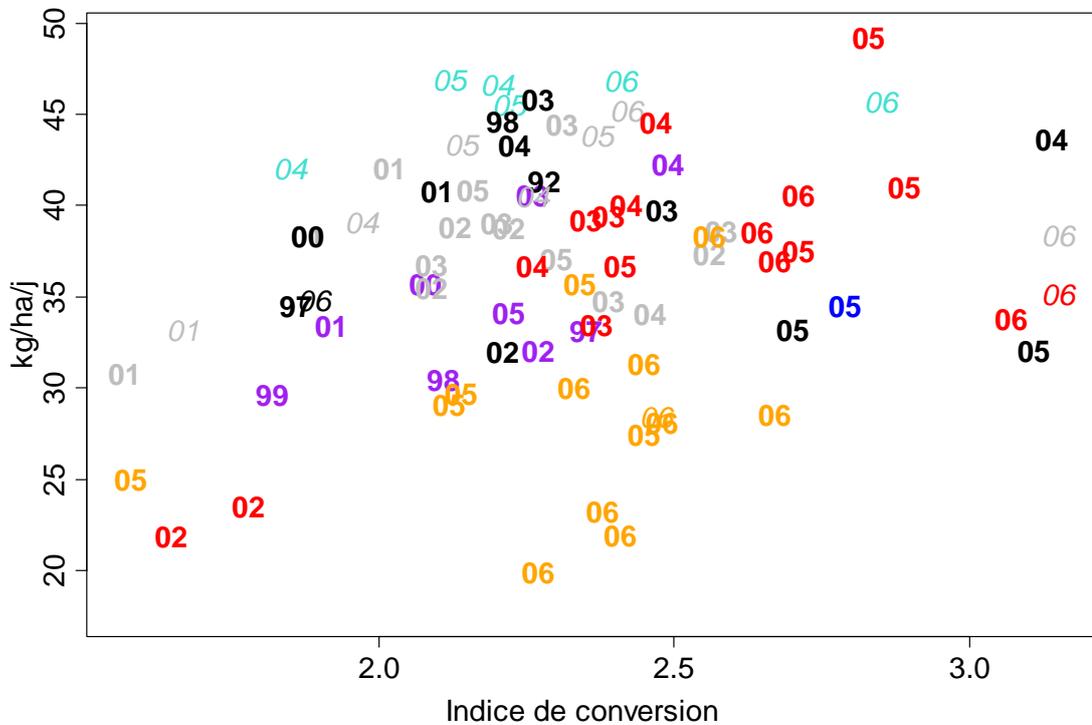
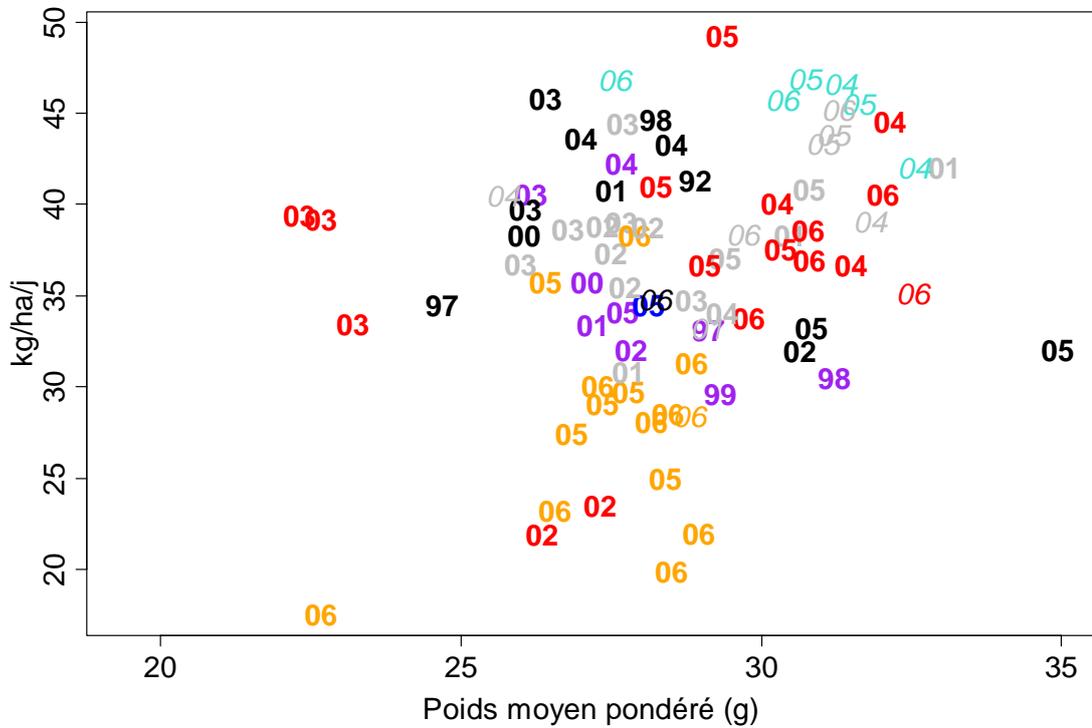
AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



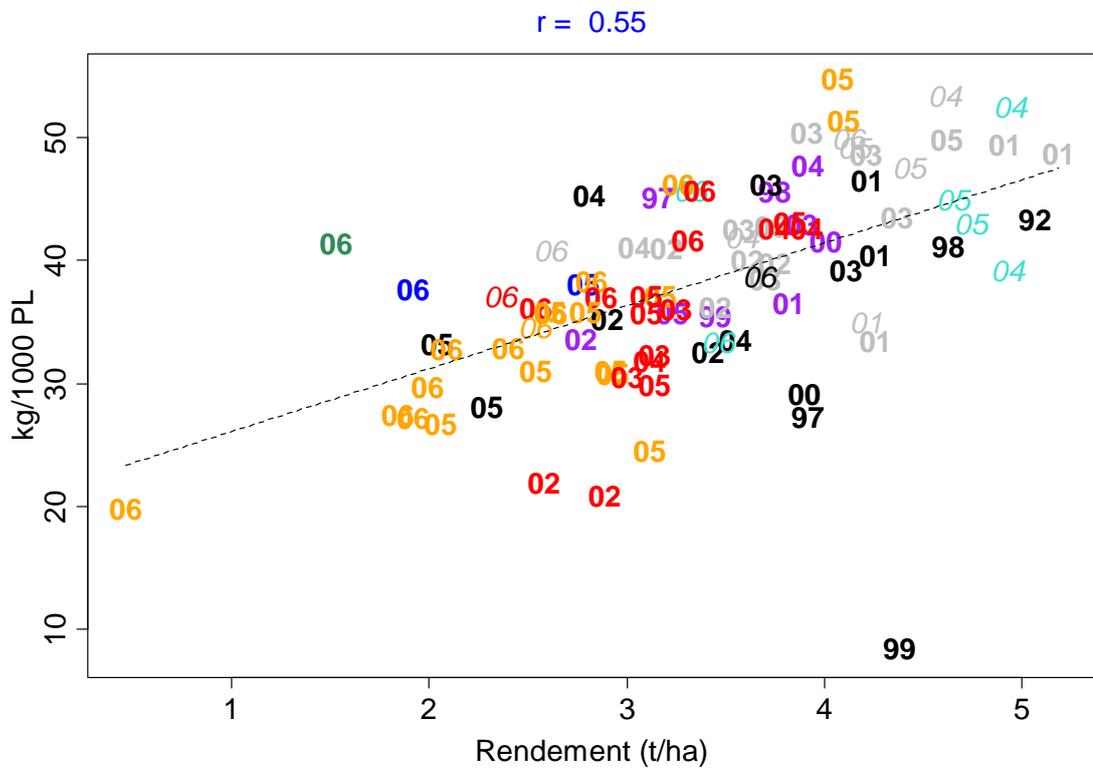
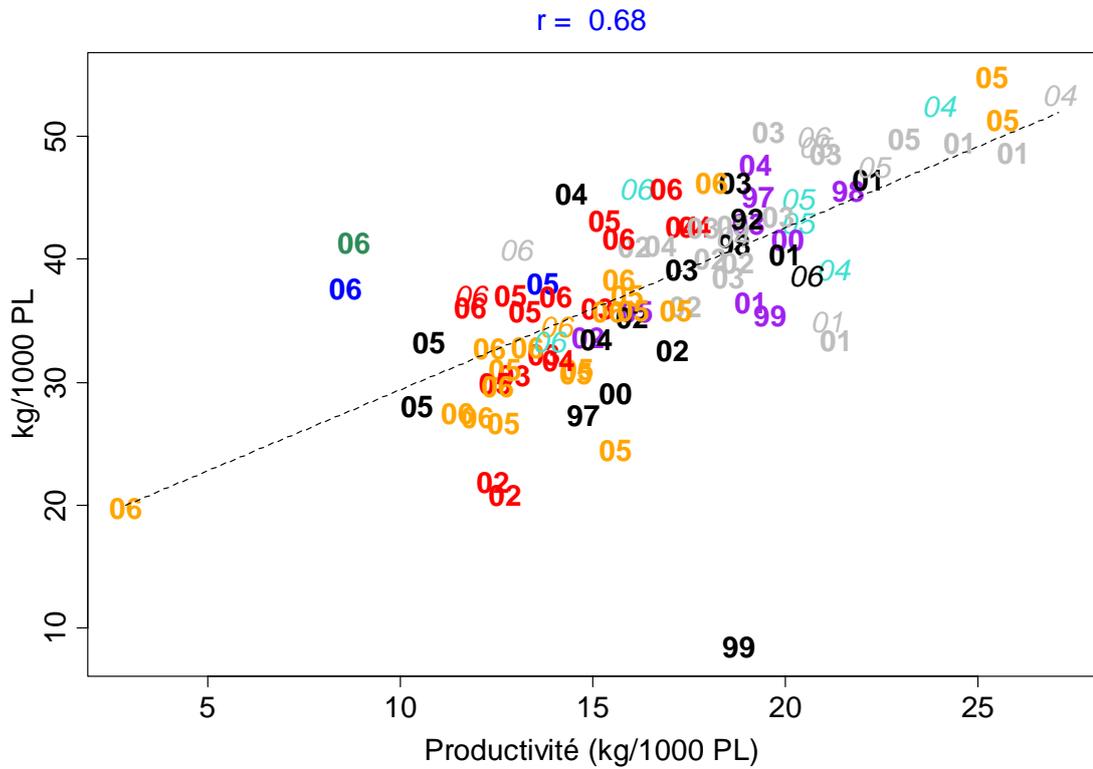
AMON
AWA
FAMB
FAO
LPM
SOD
TOU
VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



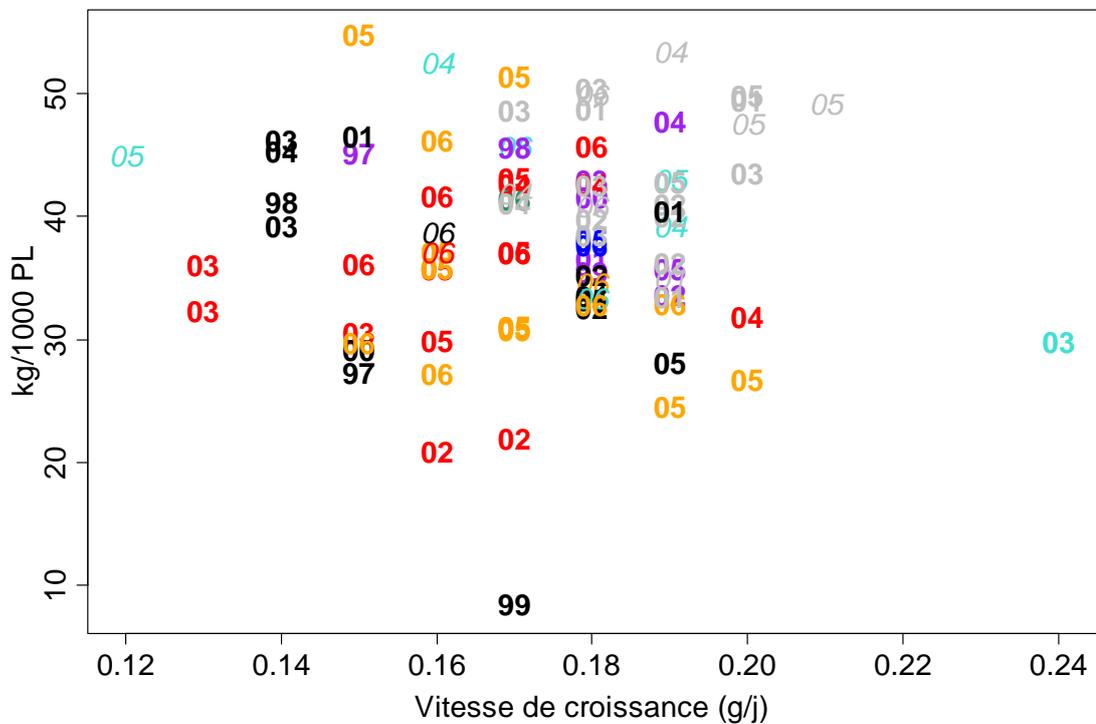
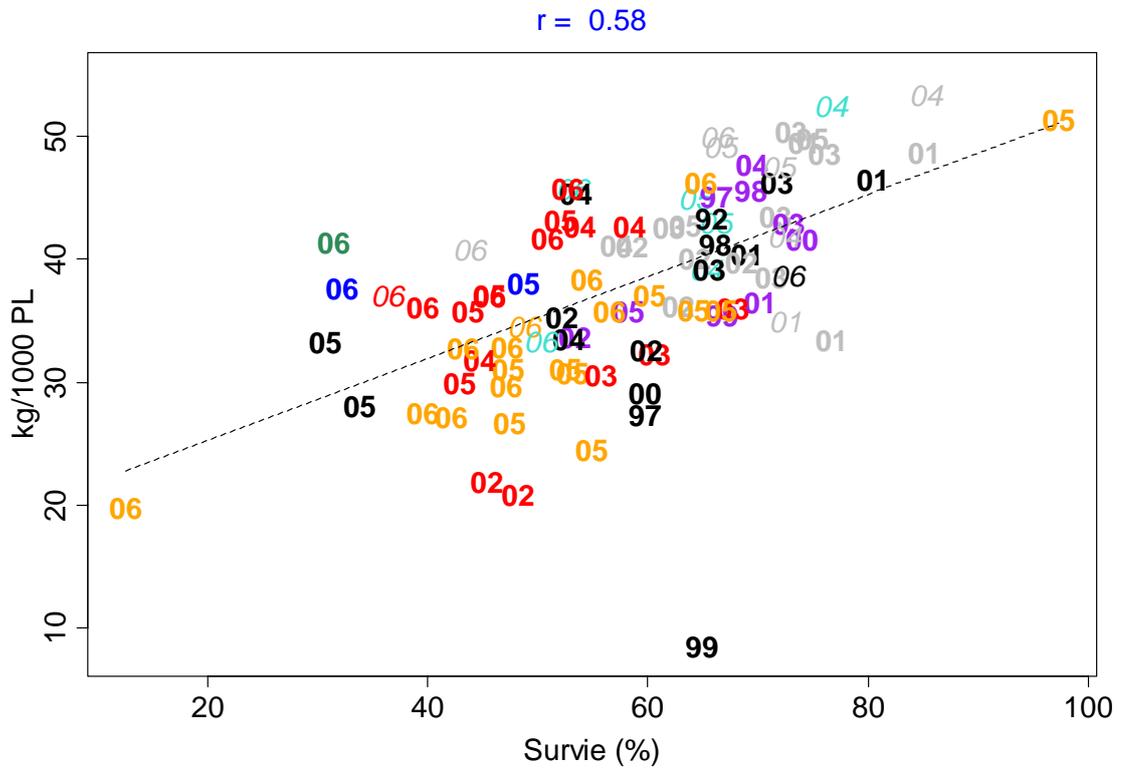
AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



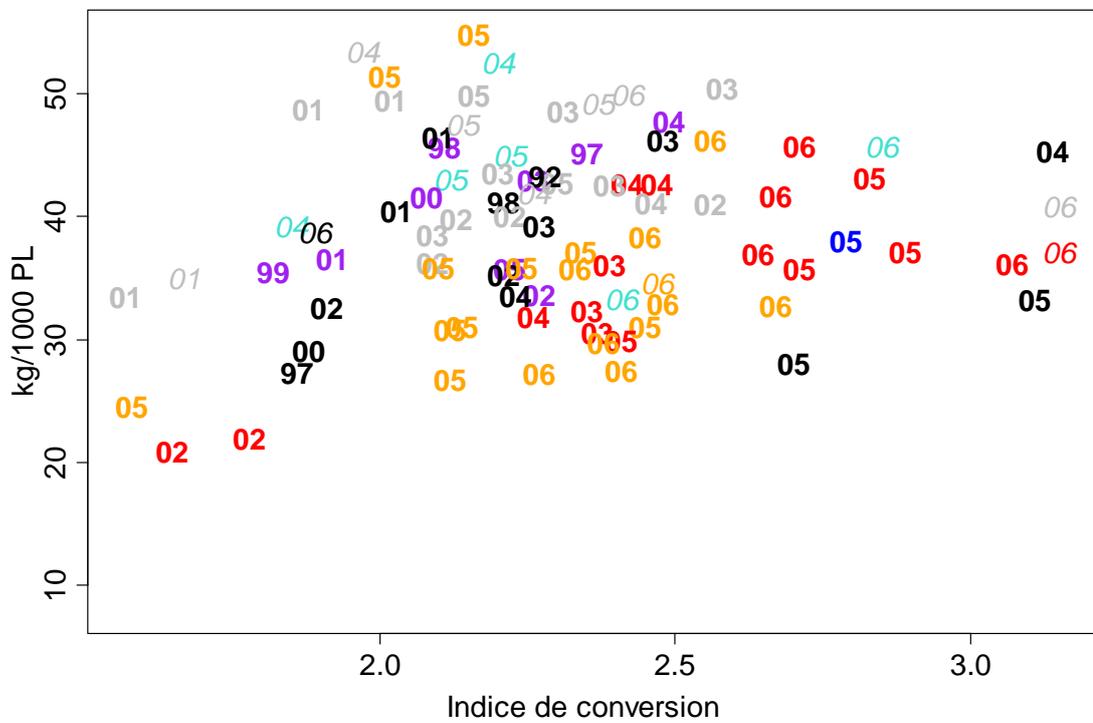
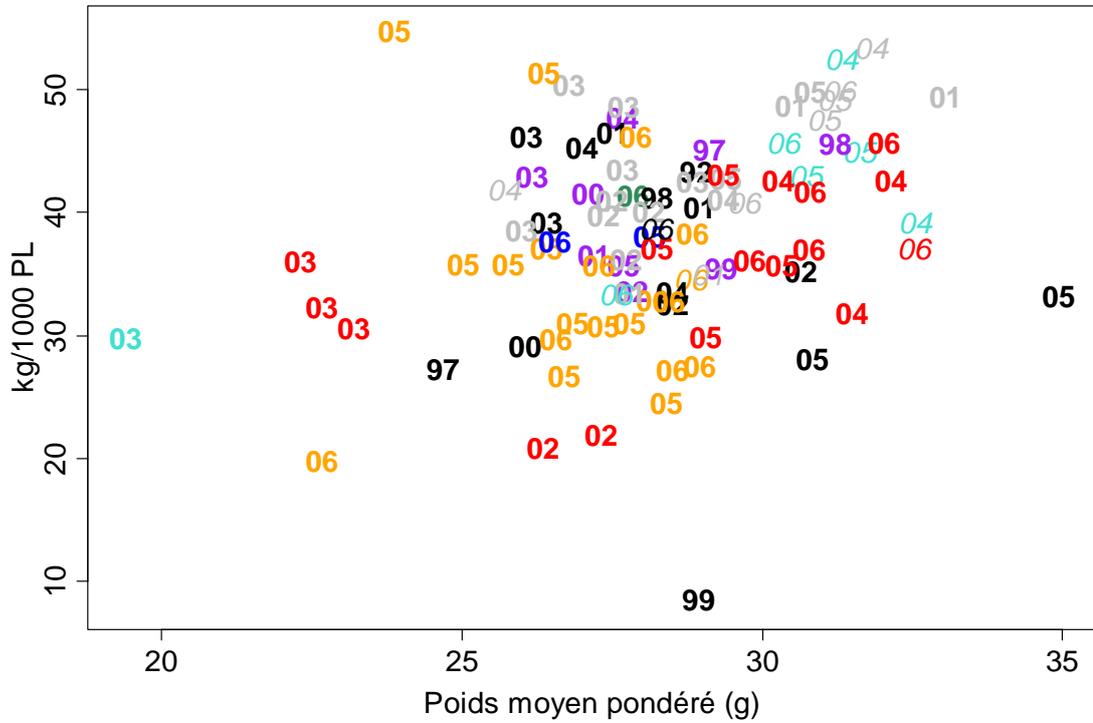
- | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| AMON | AWA | FAMB | FAO | LPM | SOD | TOU | VOH |
|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|

Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

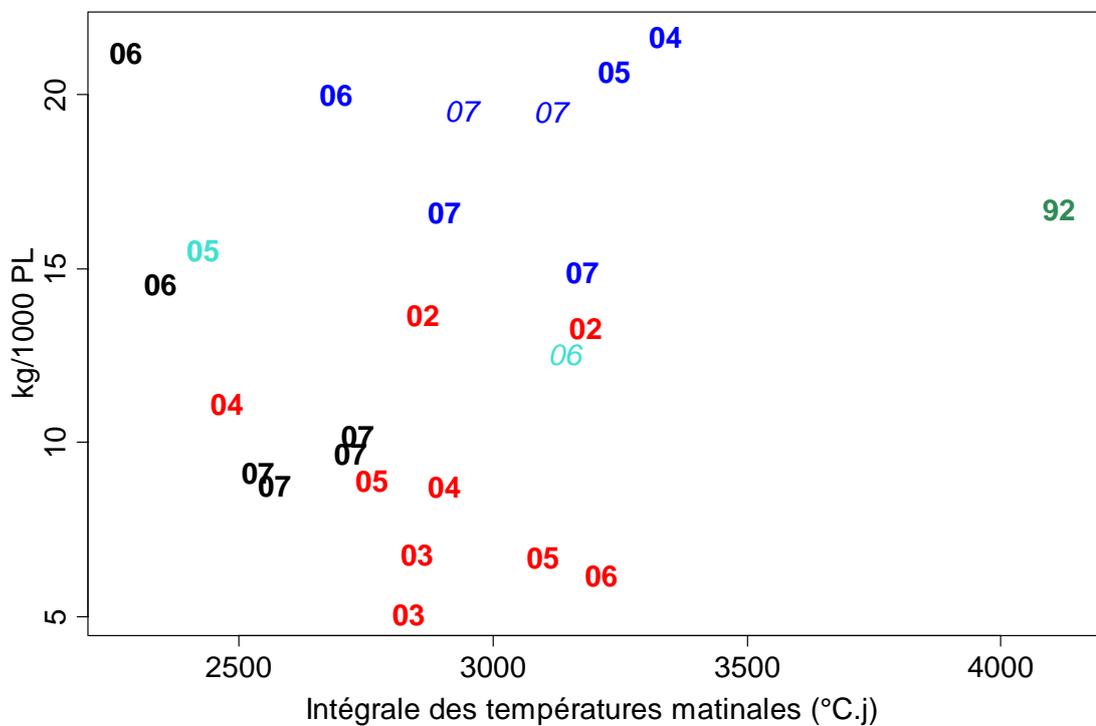
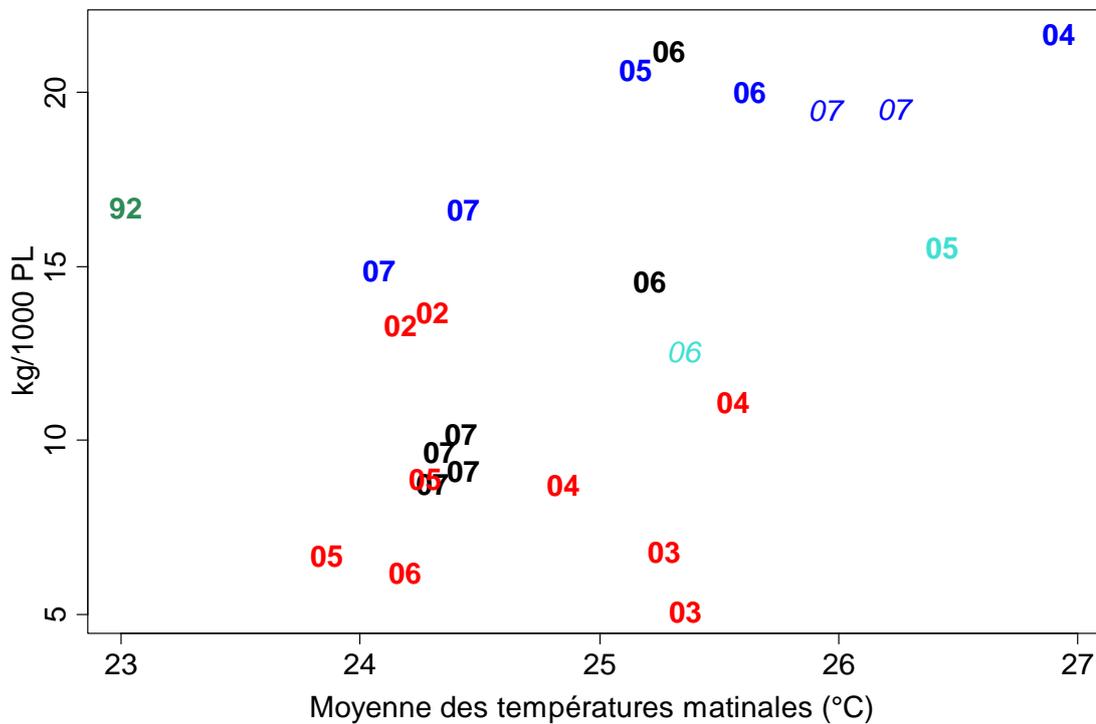
Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



AMON AWA FAMB FAO LPM SOD TOU VOH

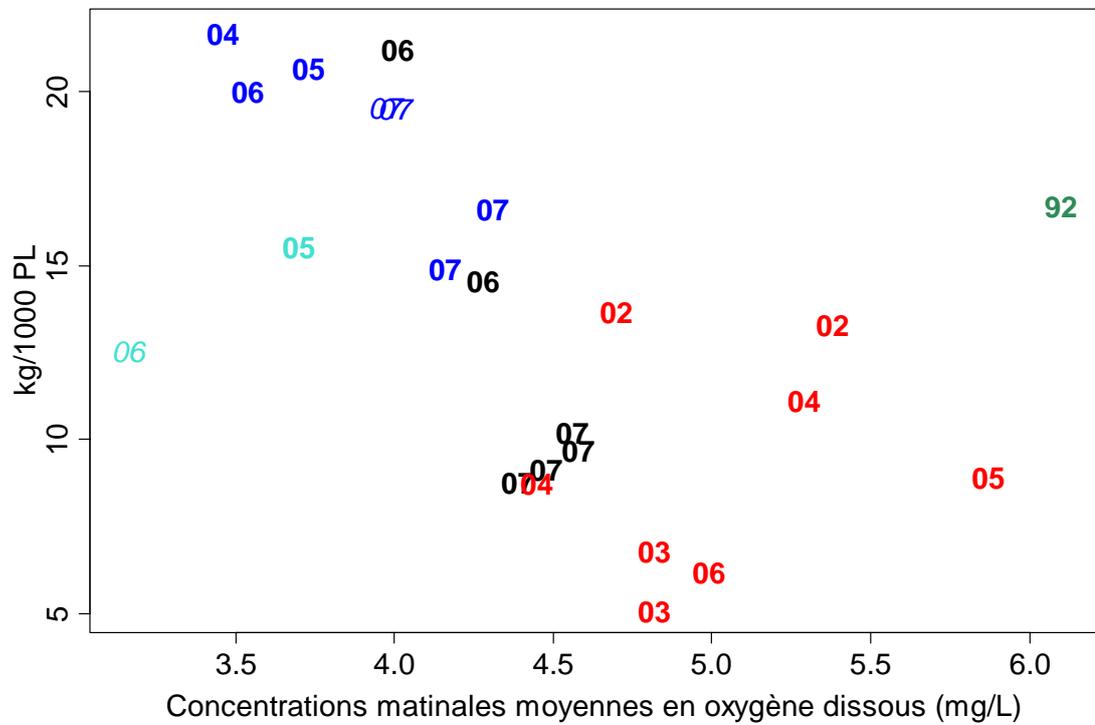
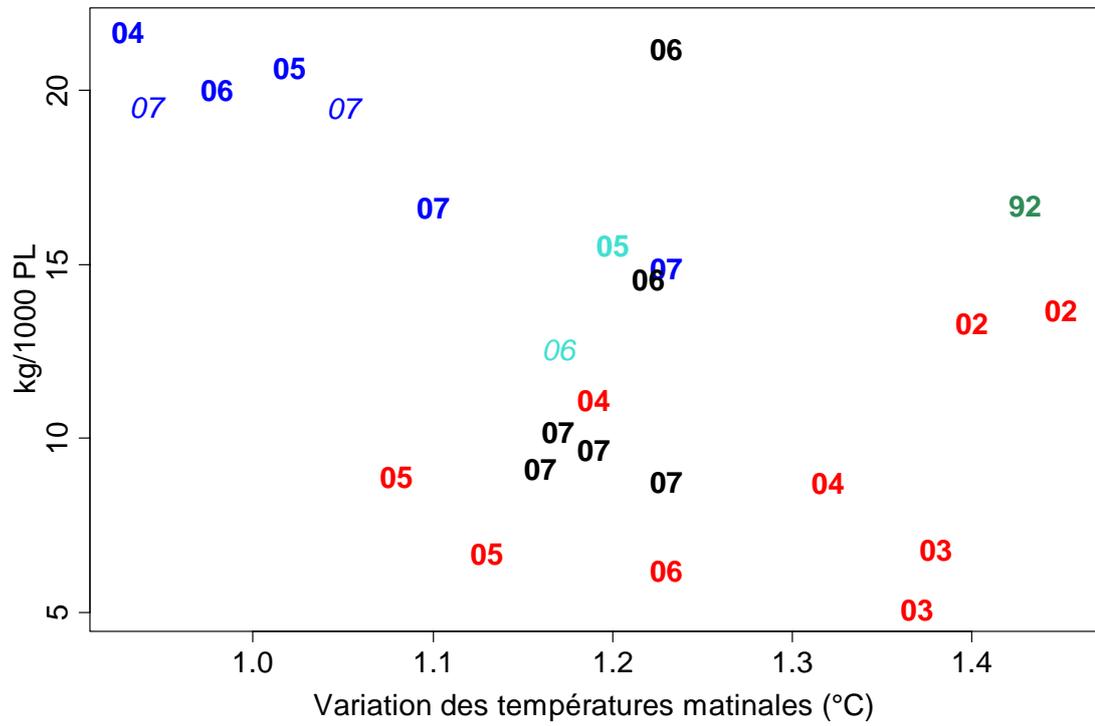
3. Elevages janvier / février

Productivité biologique



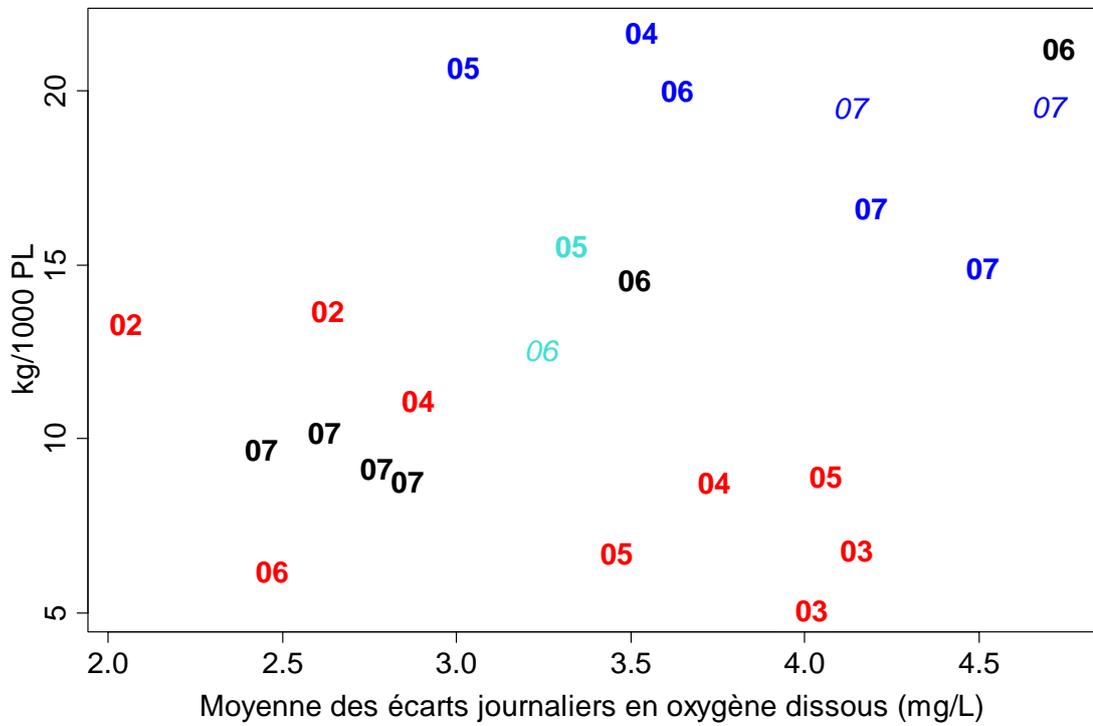
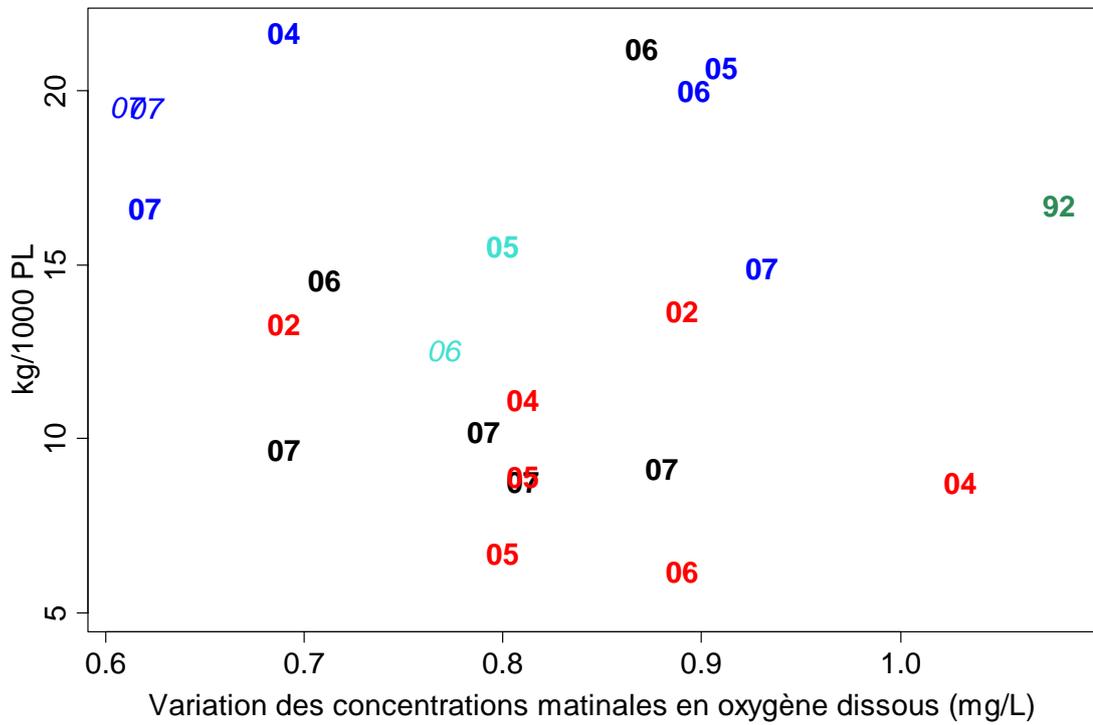
AMON FAO LPM SOD VOH

Productivité biologique



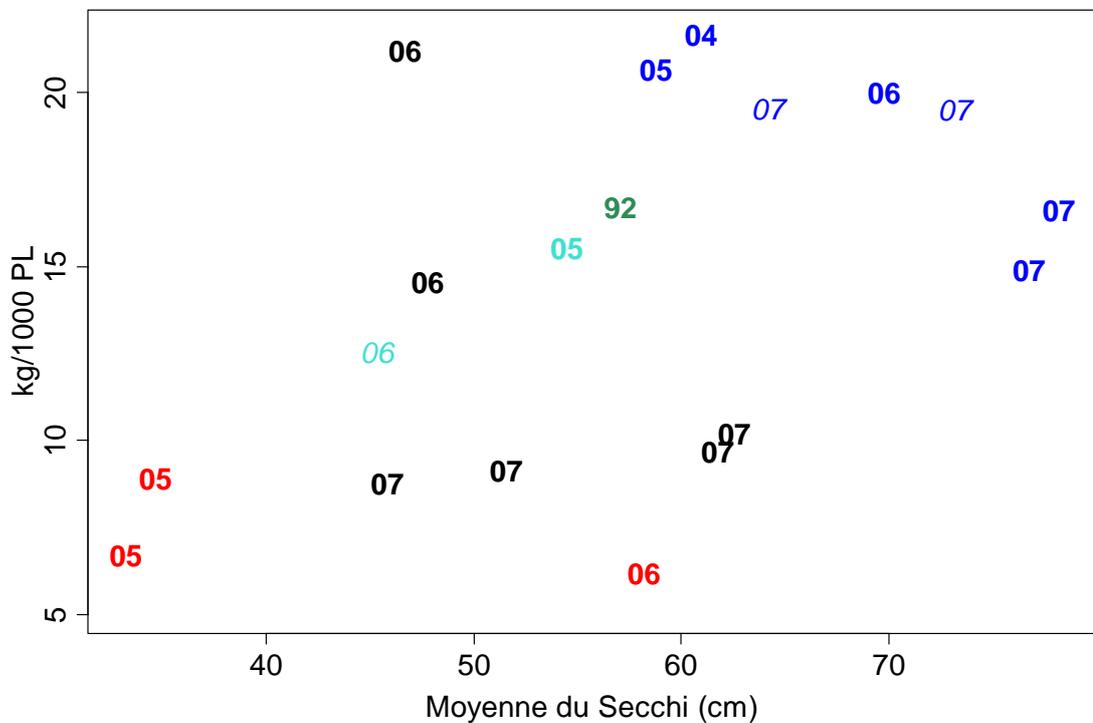
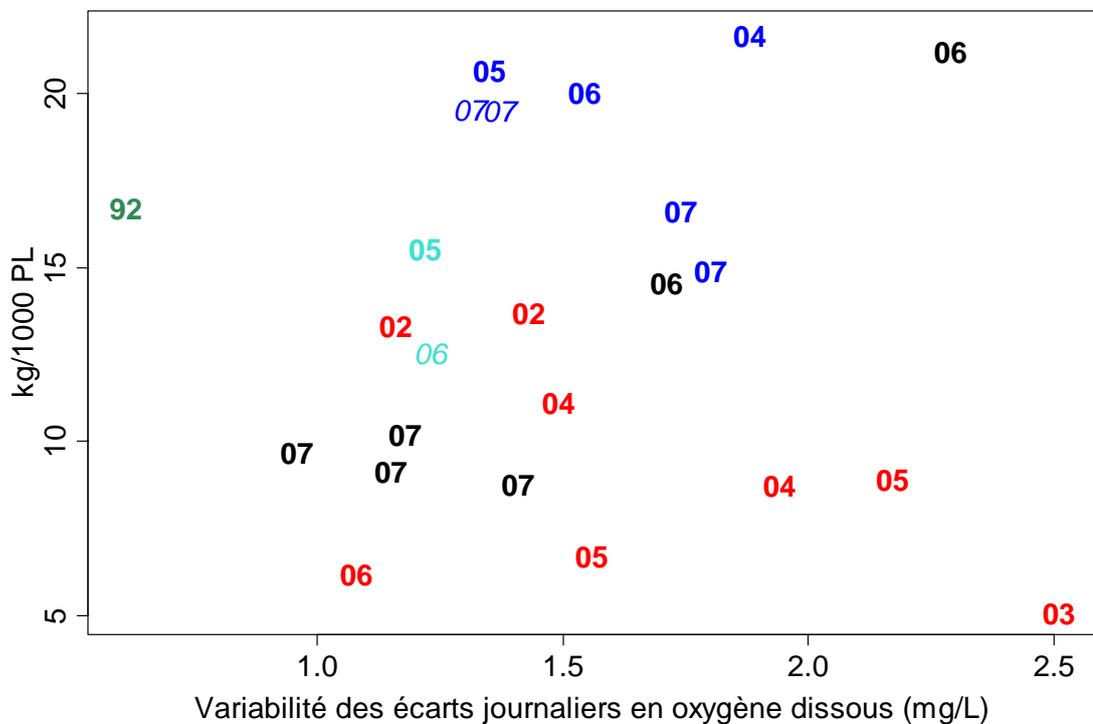
AMON FAO LPM SOD VOH

Productivité biologique



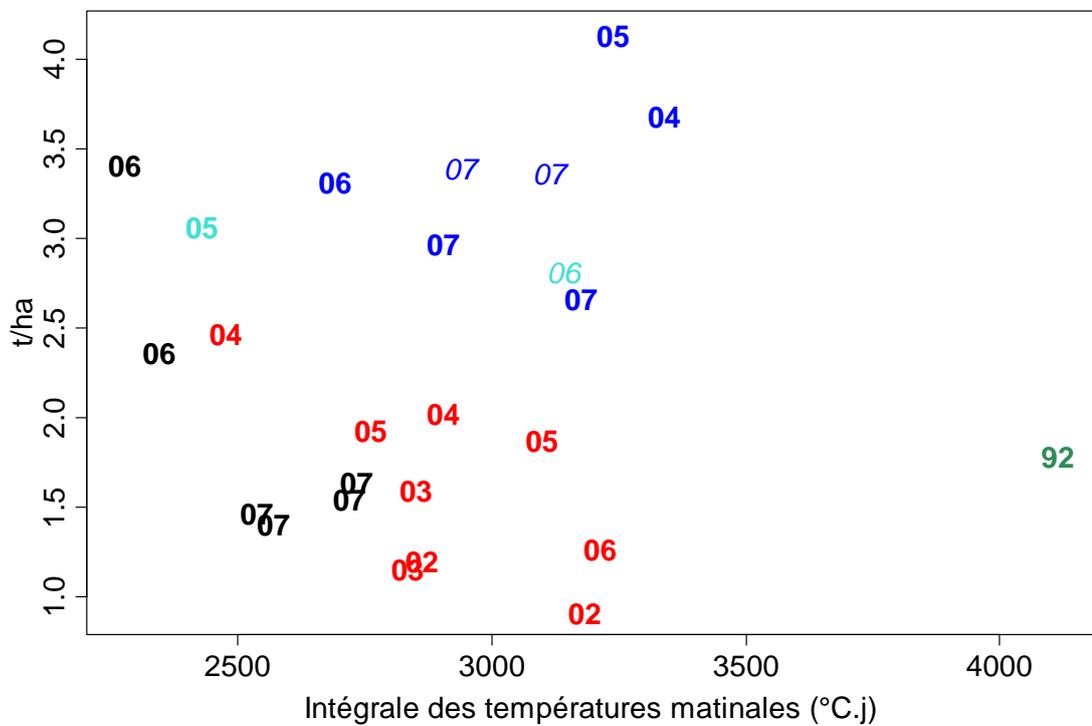
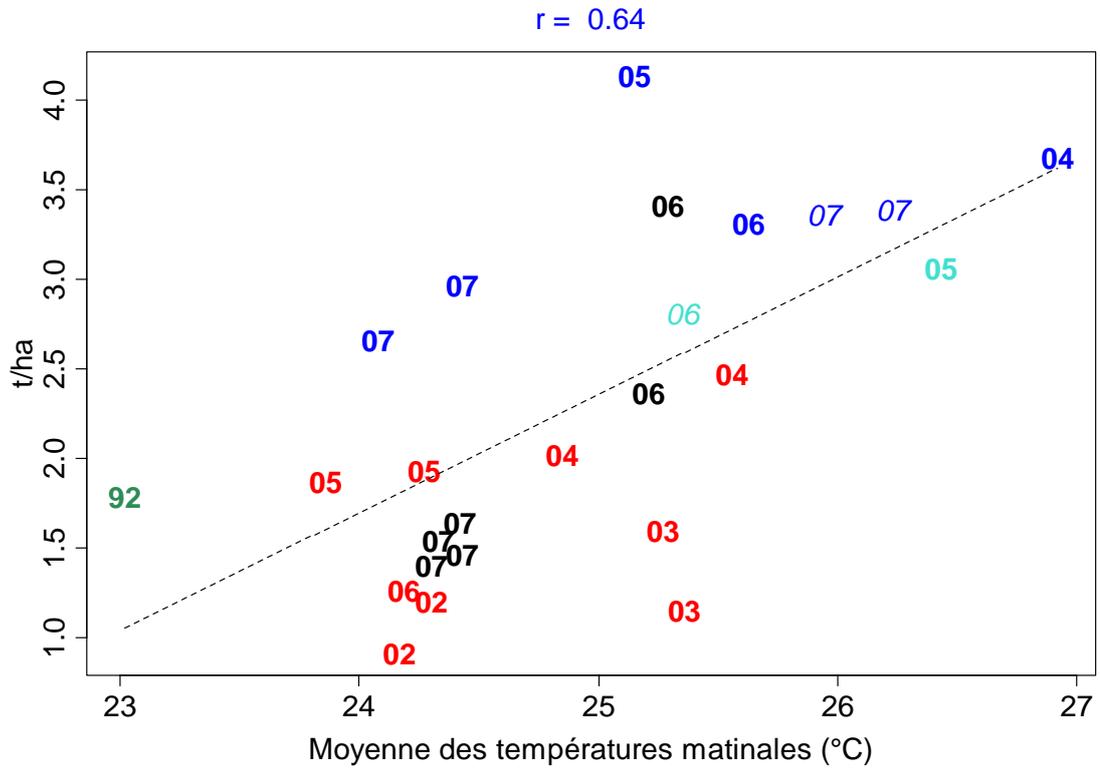
AMON FAO LPM SOD VOH

Productivité biologique



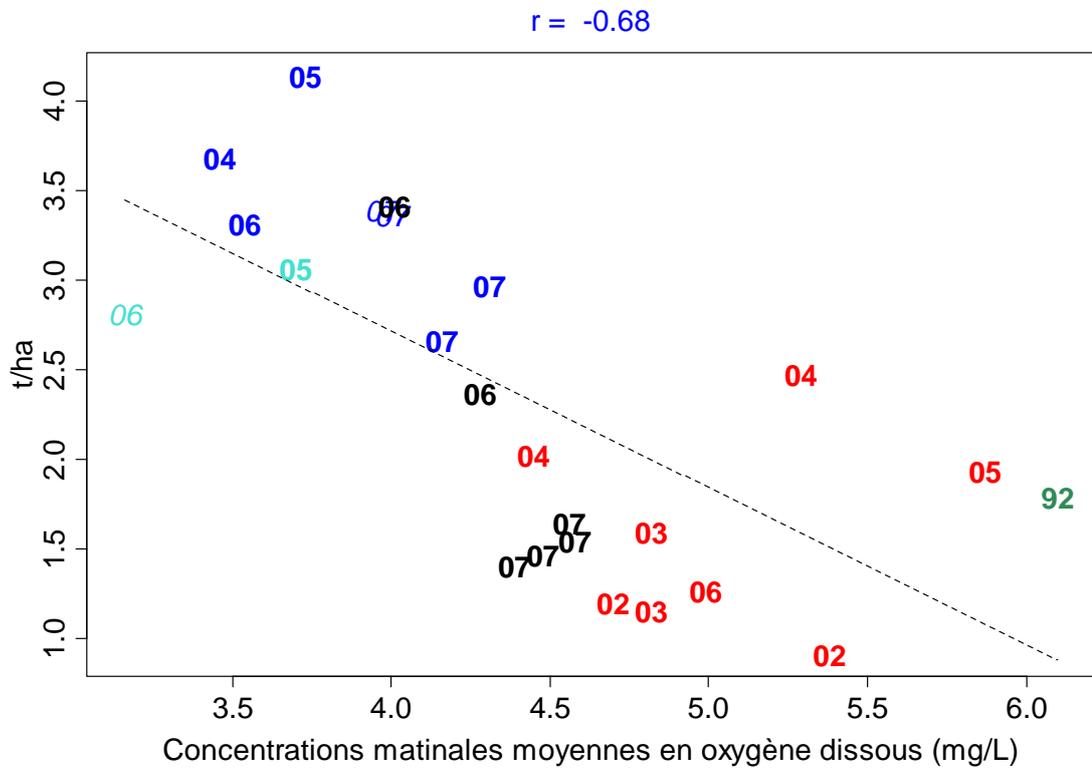
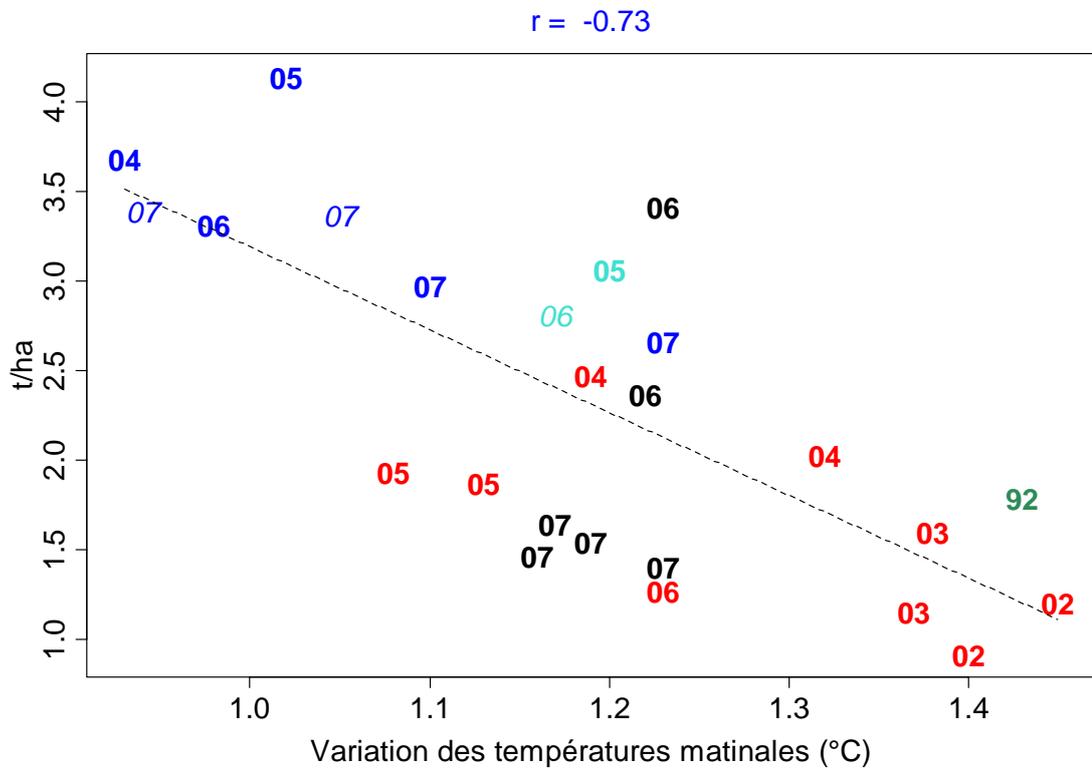
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Rendement



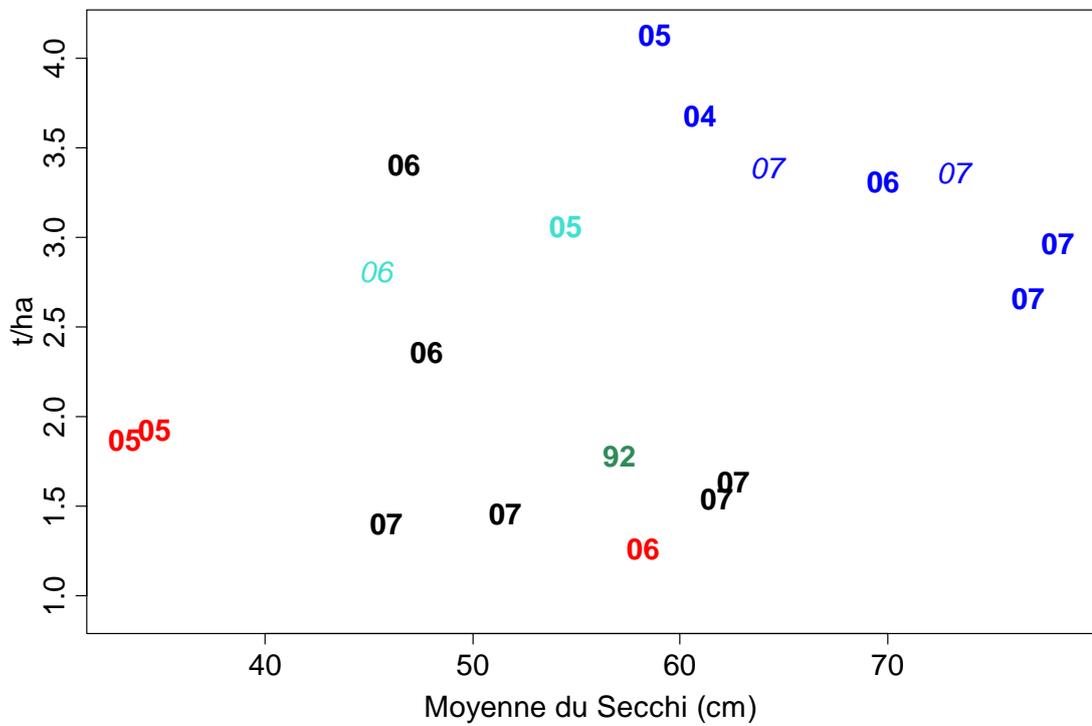
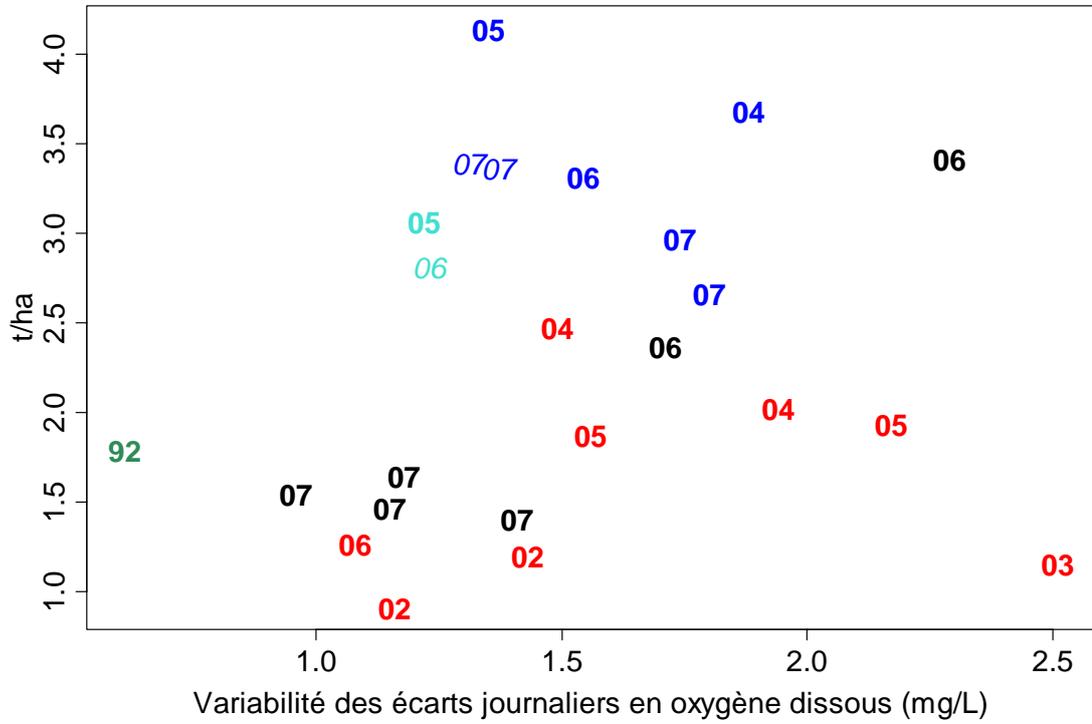
AMON
FAO
LPM
SOD
VOH

Rendement



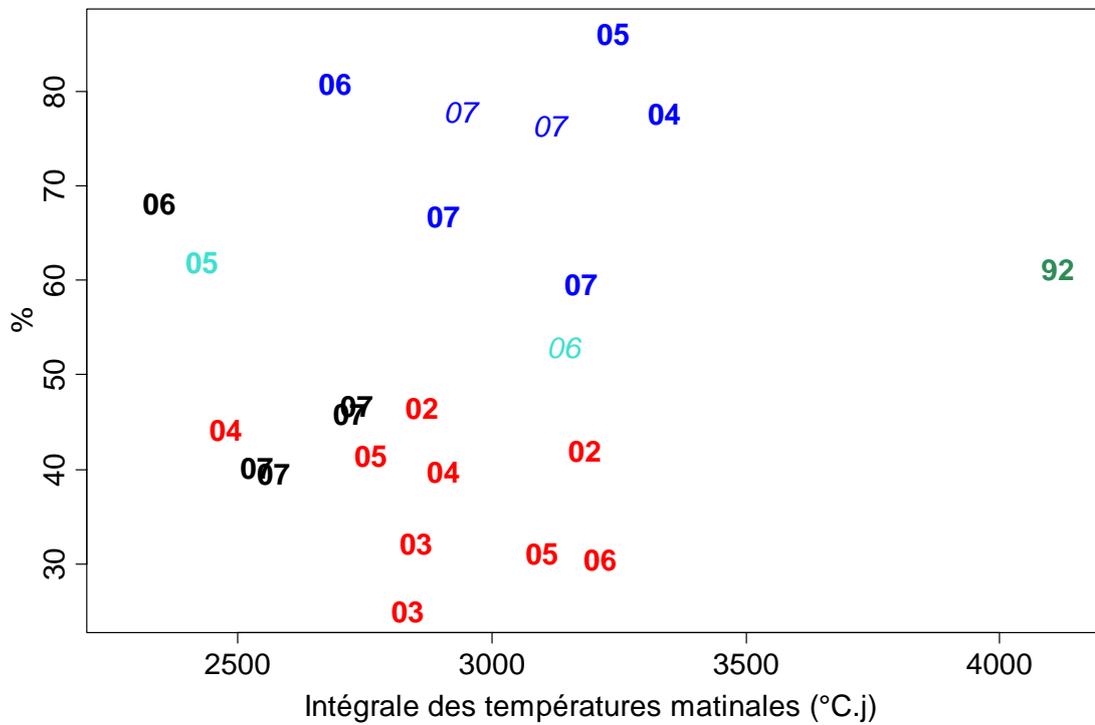
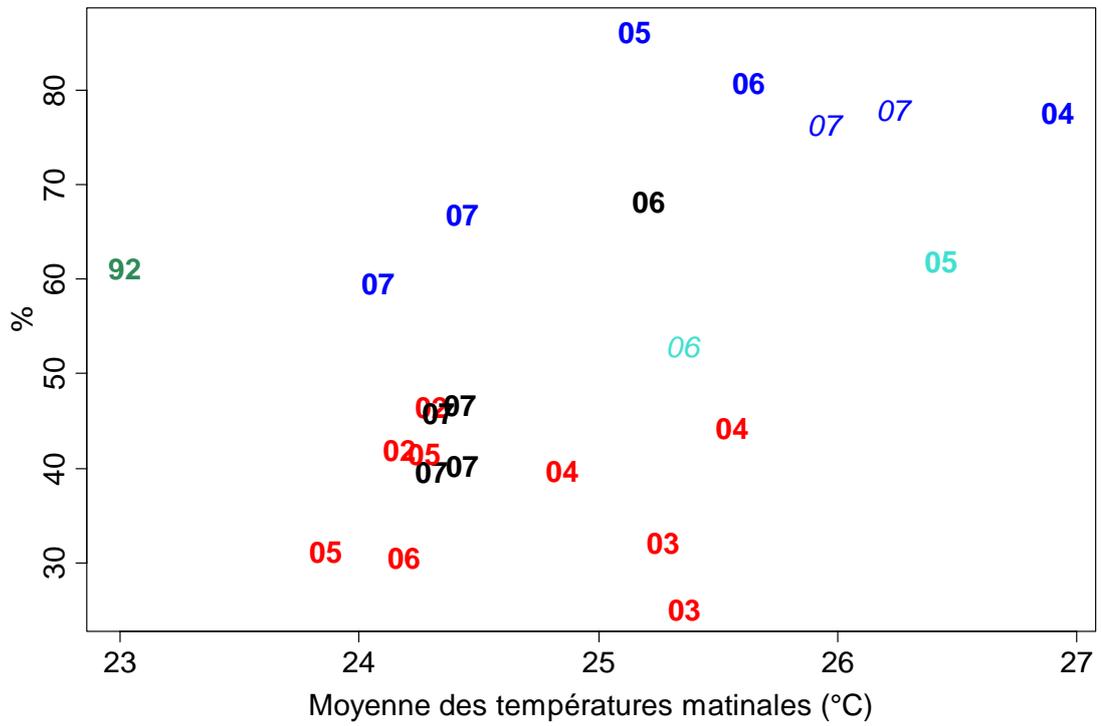
AMON FAO LPM SOD VOH

Rendement



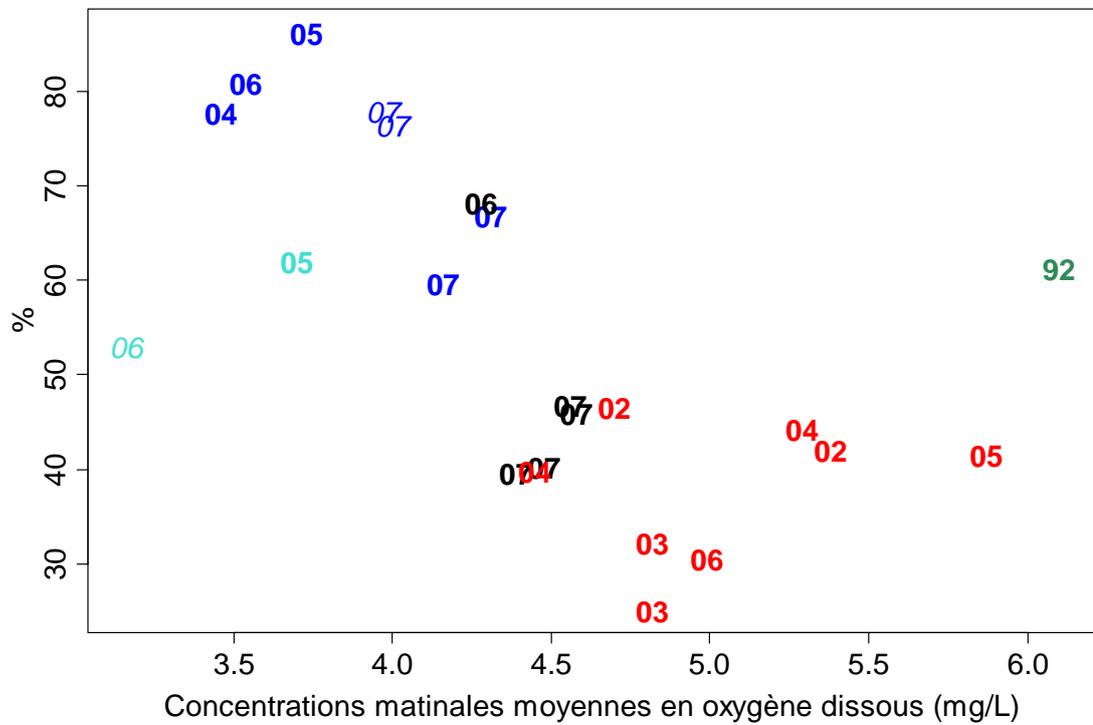
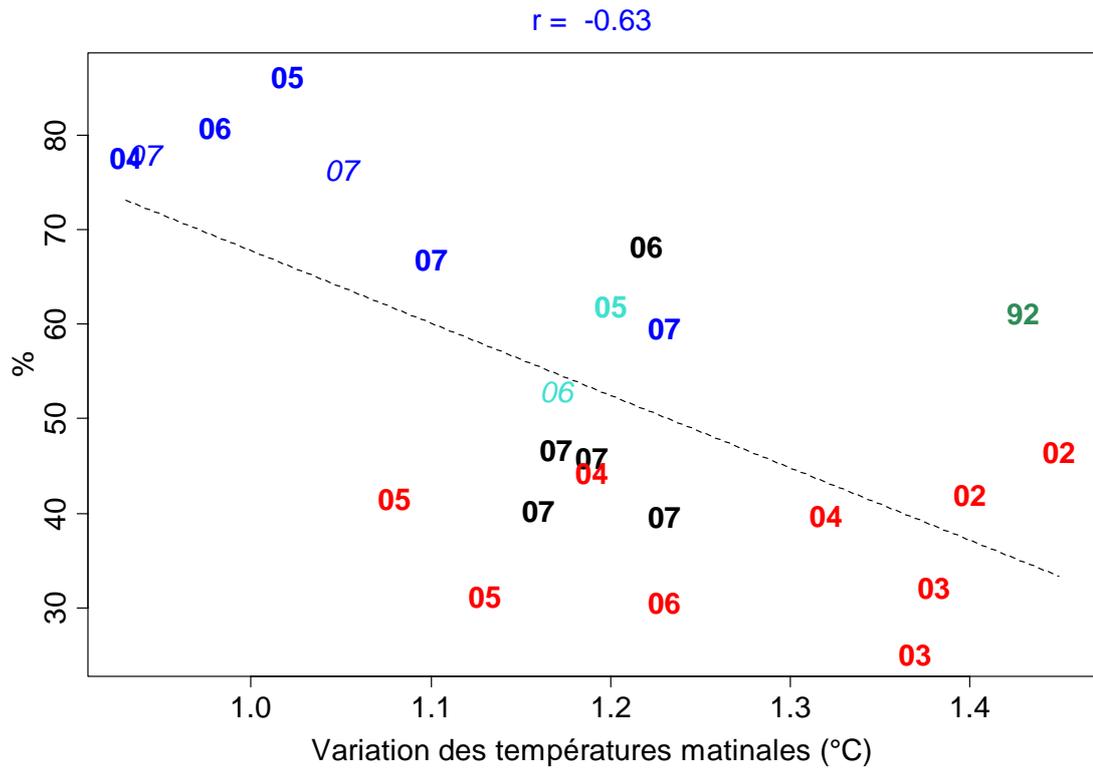
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Survie



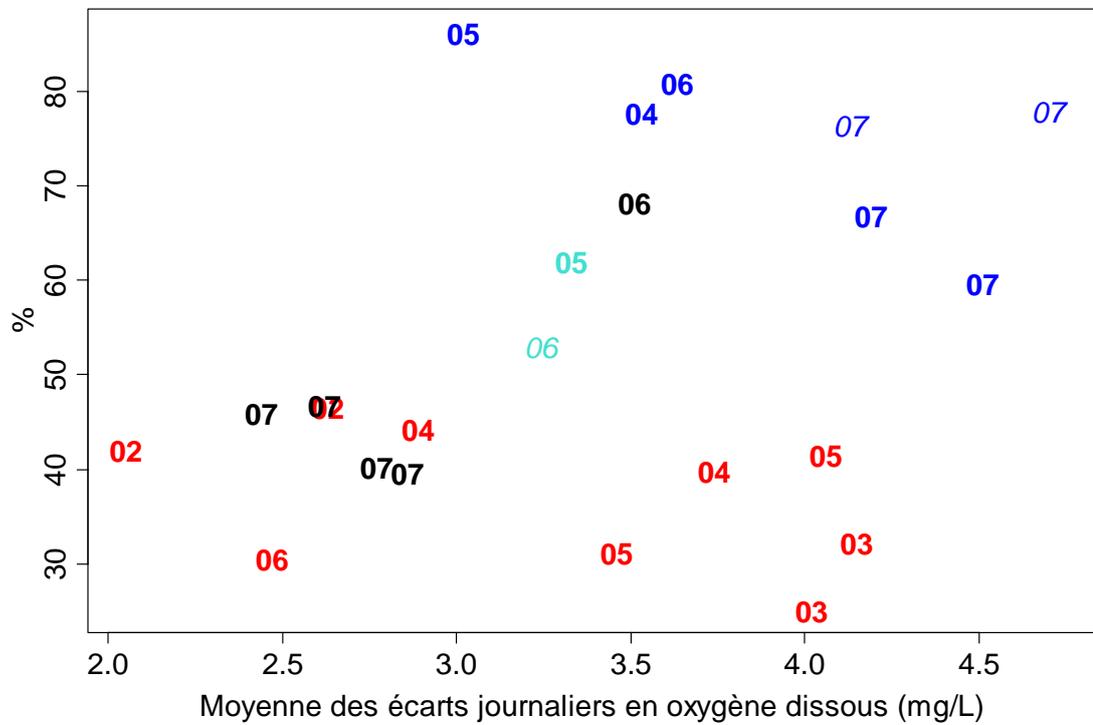
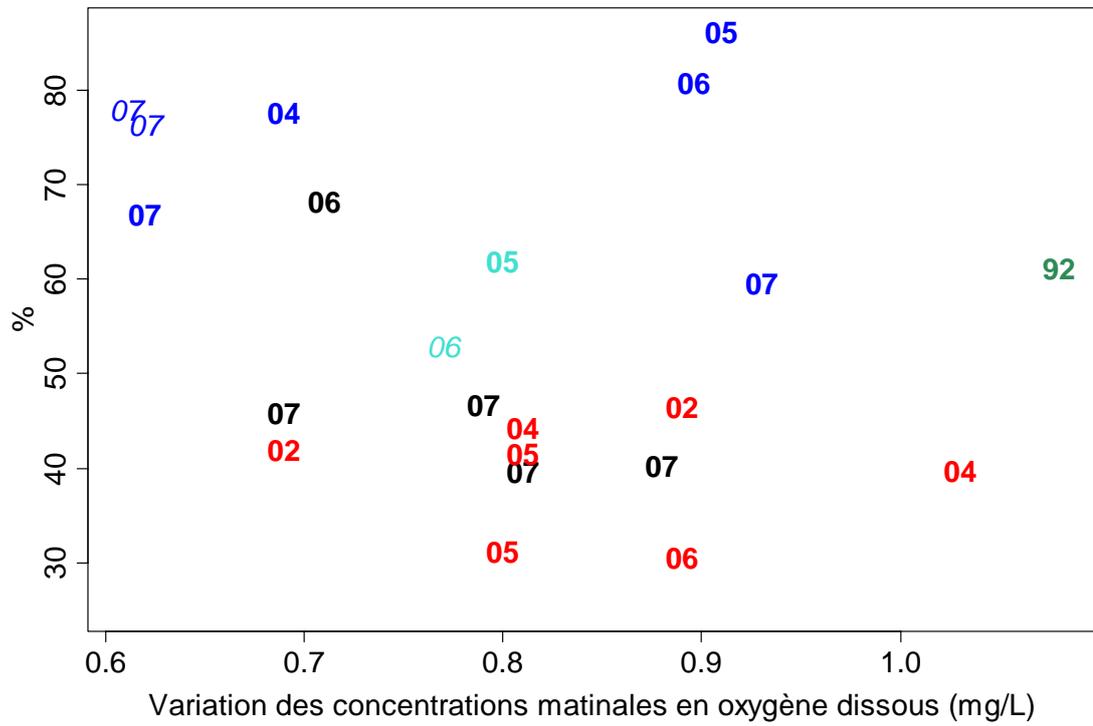
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Survie



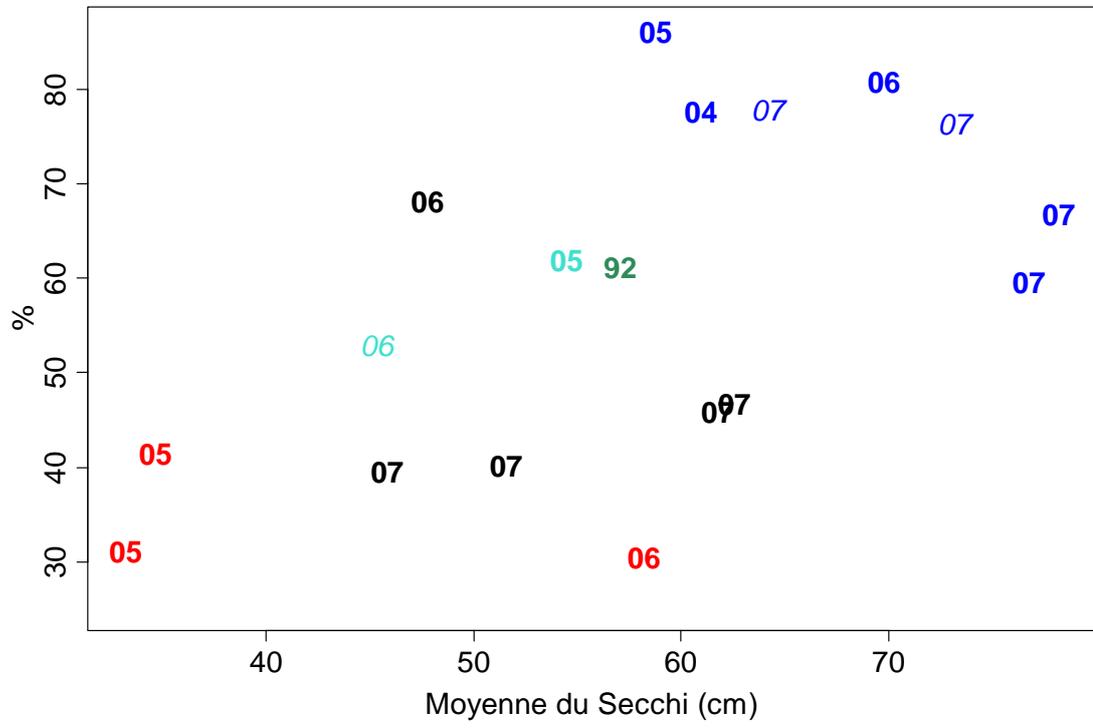
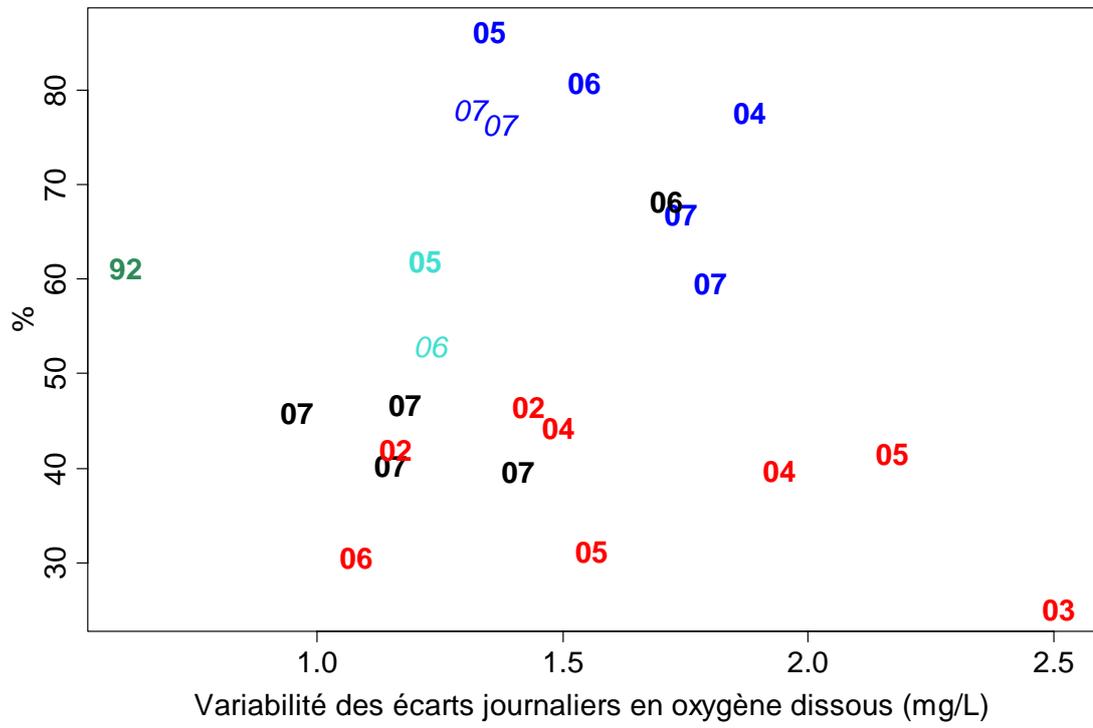
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Survie



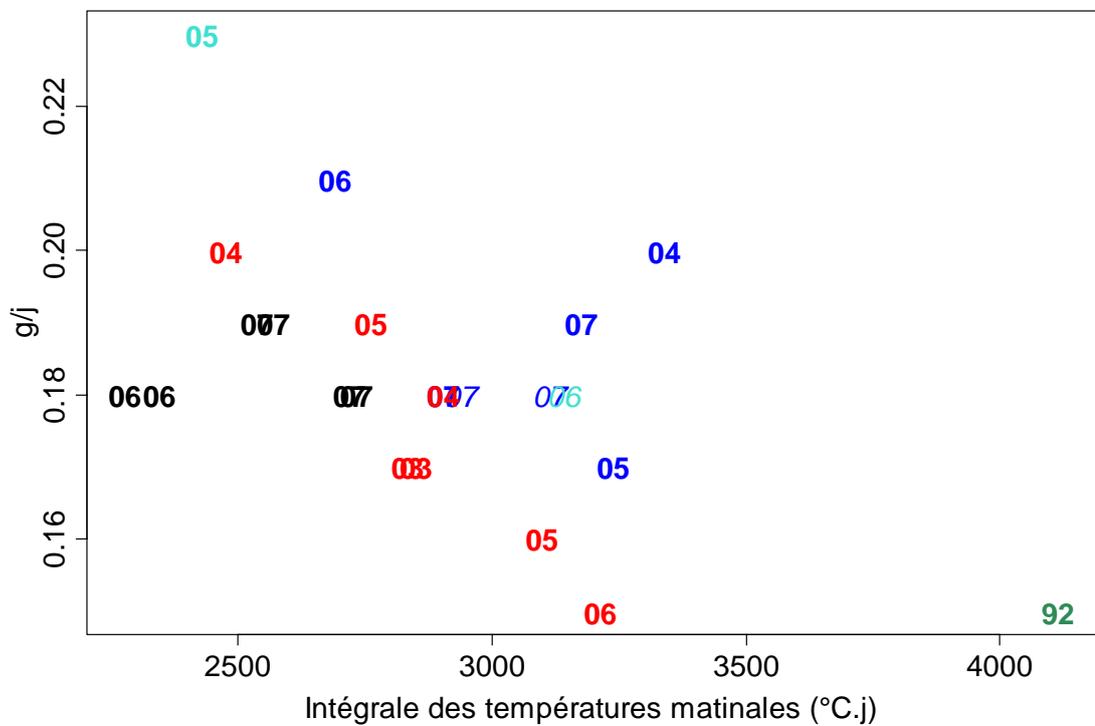
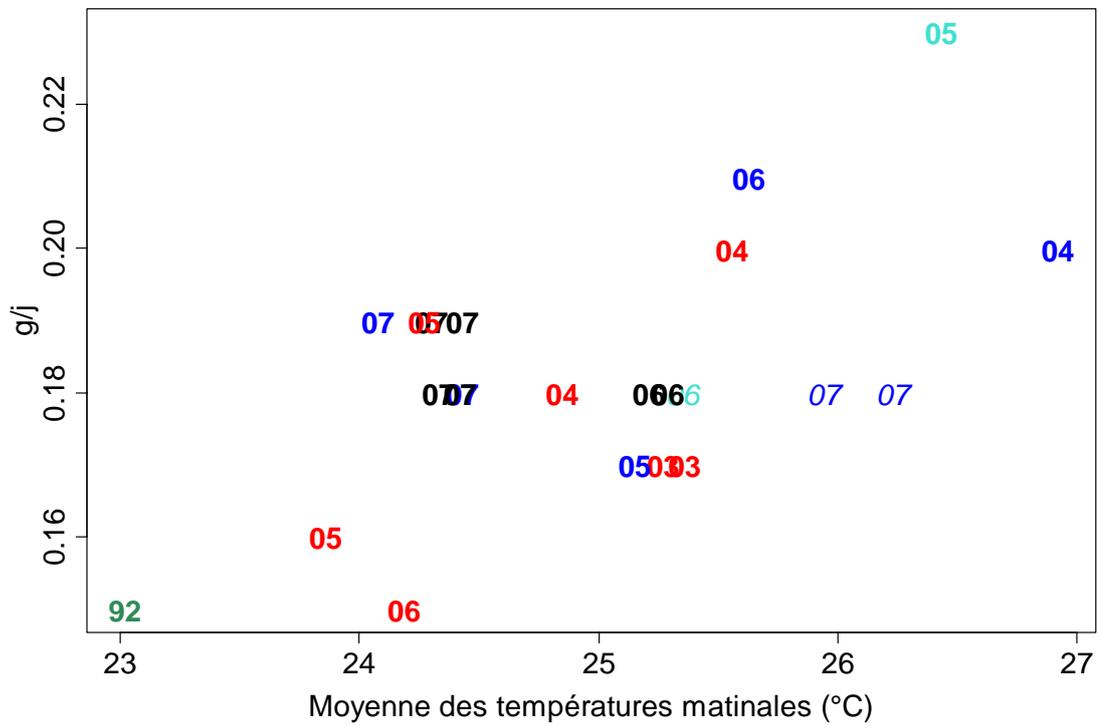
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Survie



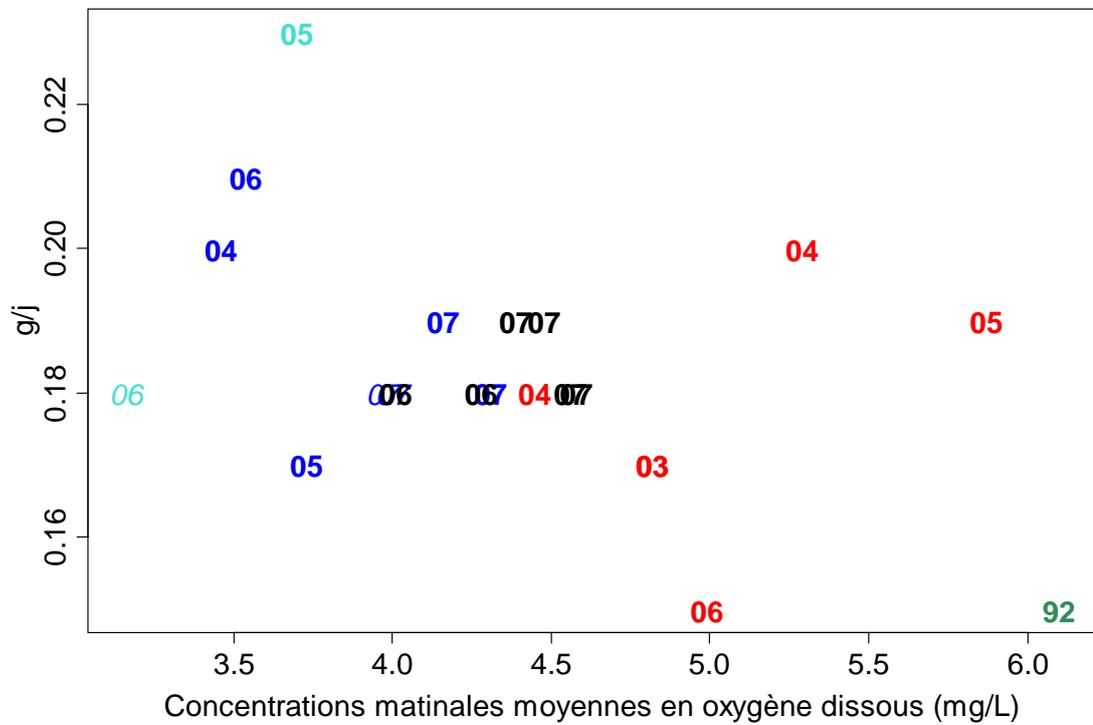
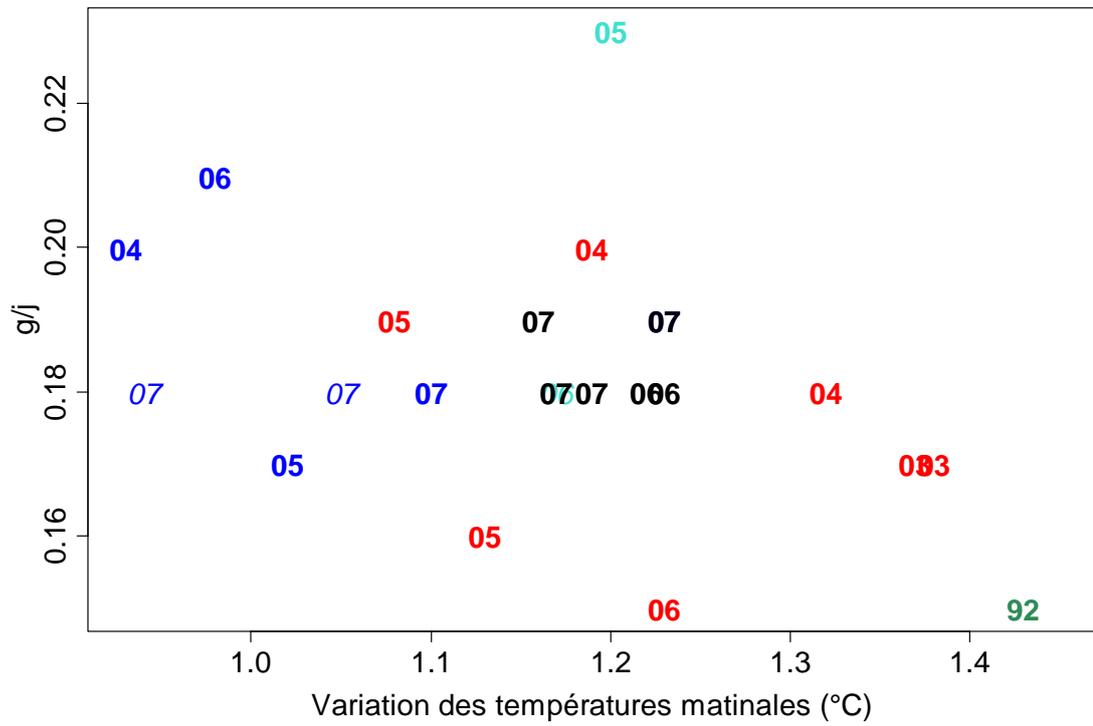
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



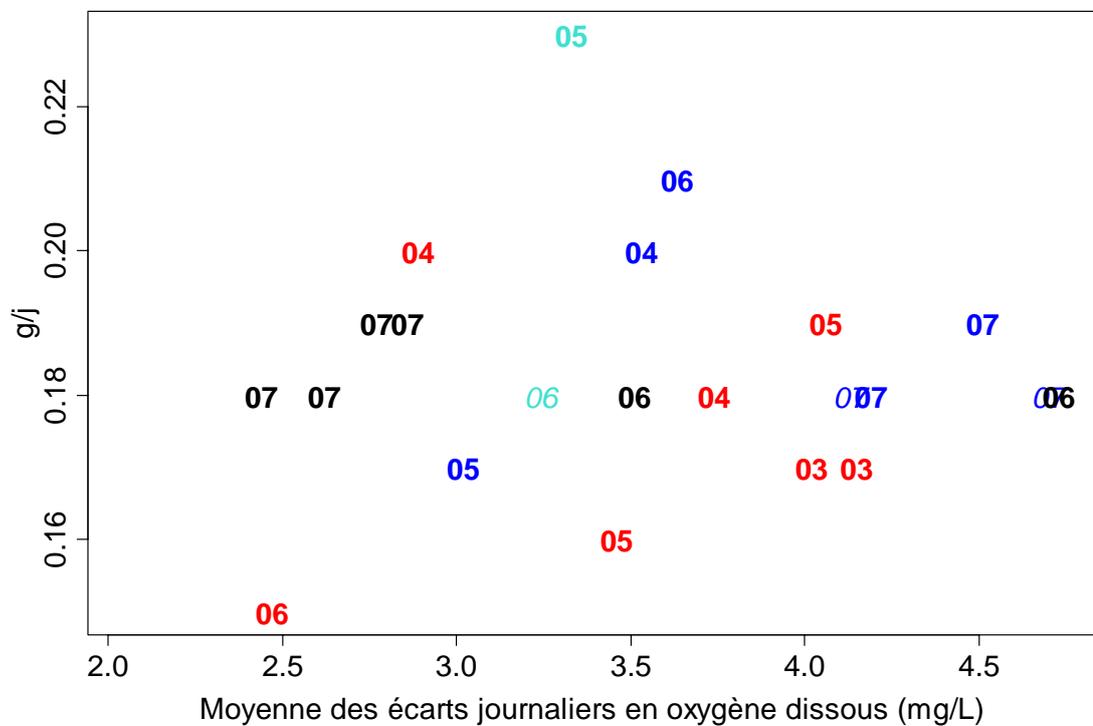
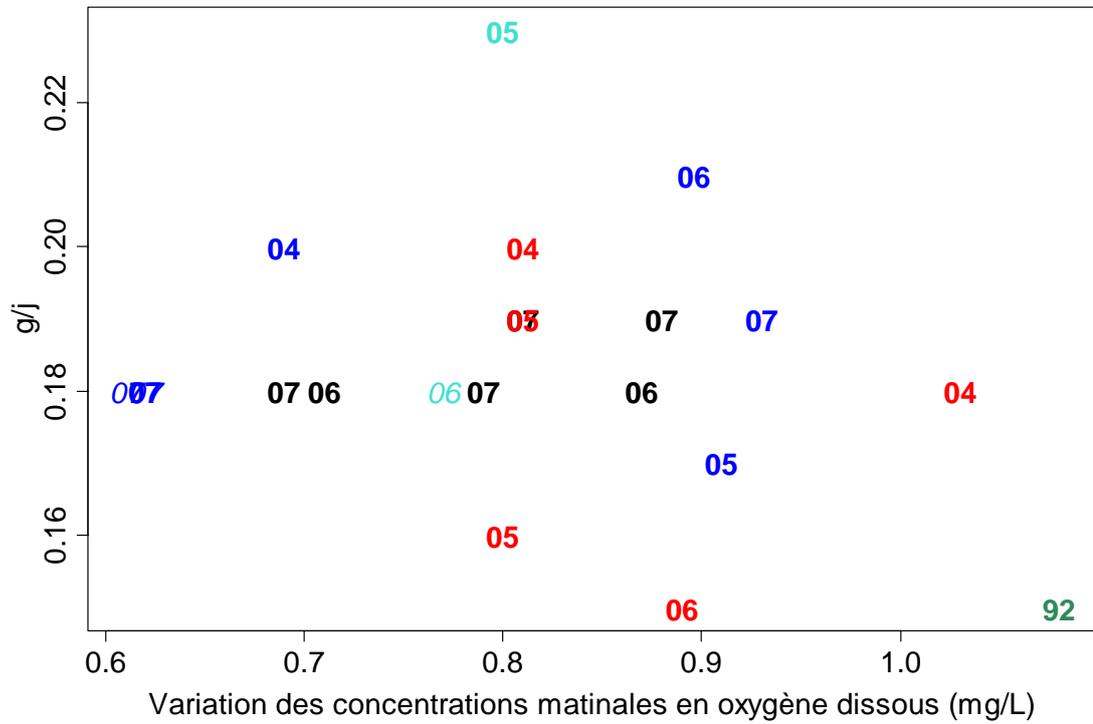
AMON FAO LPM SOD VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



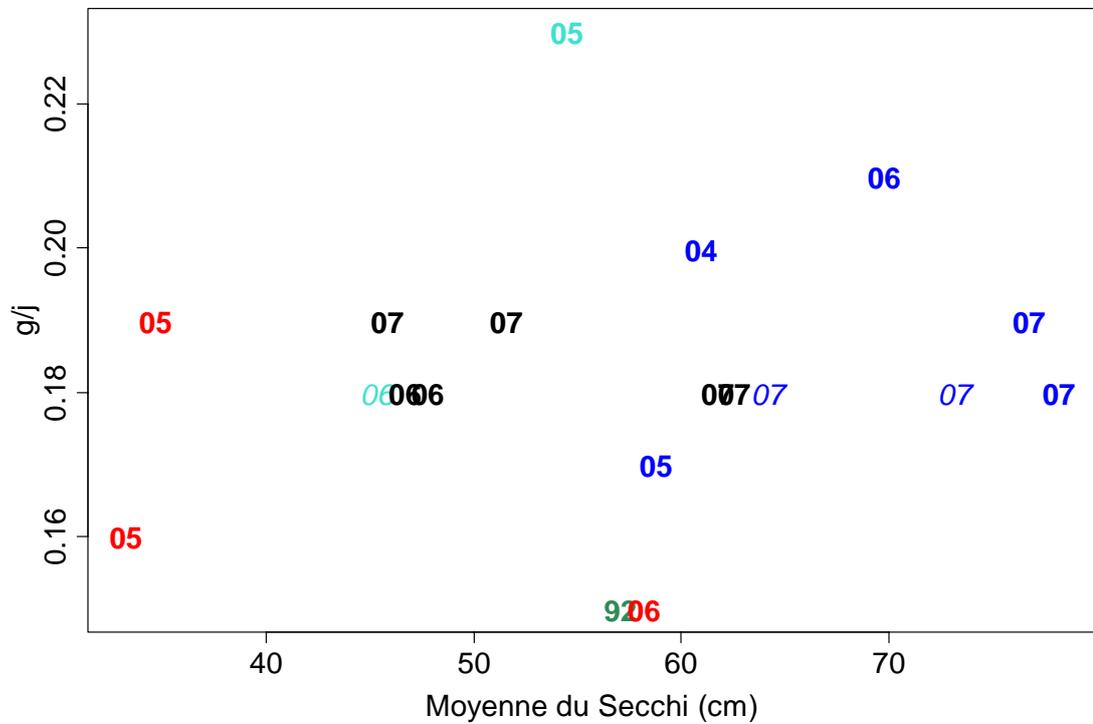
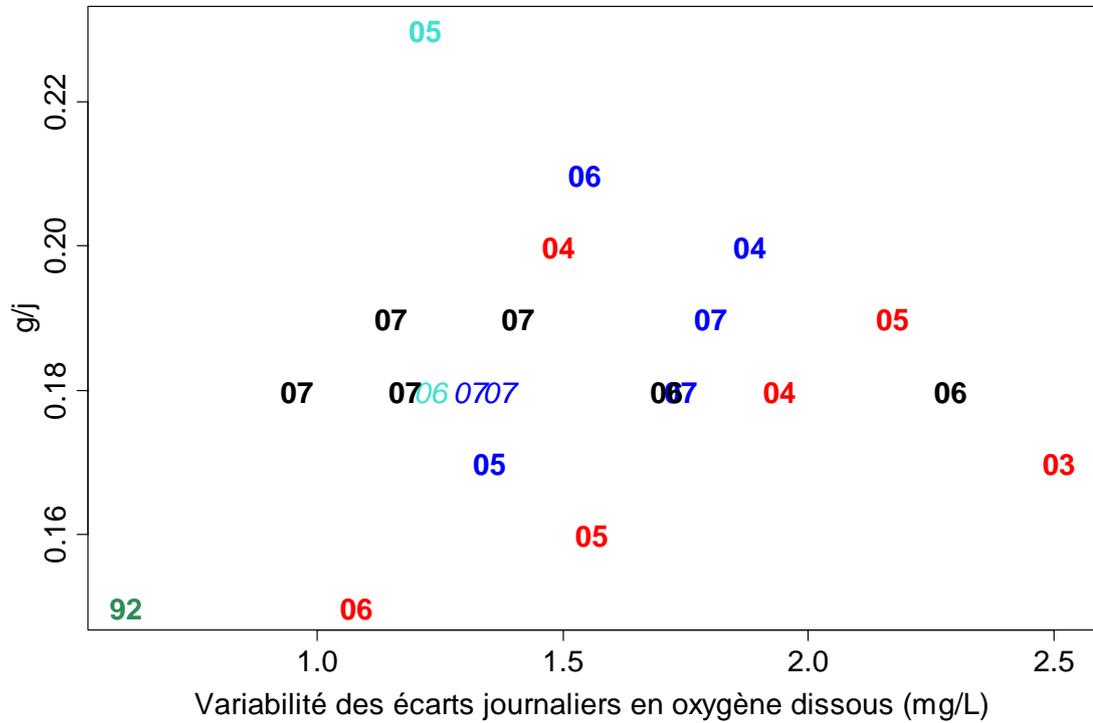
AMON FAO LPM SOD VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



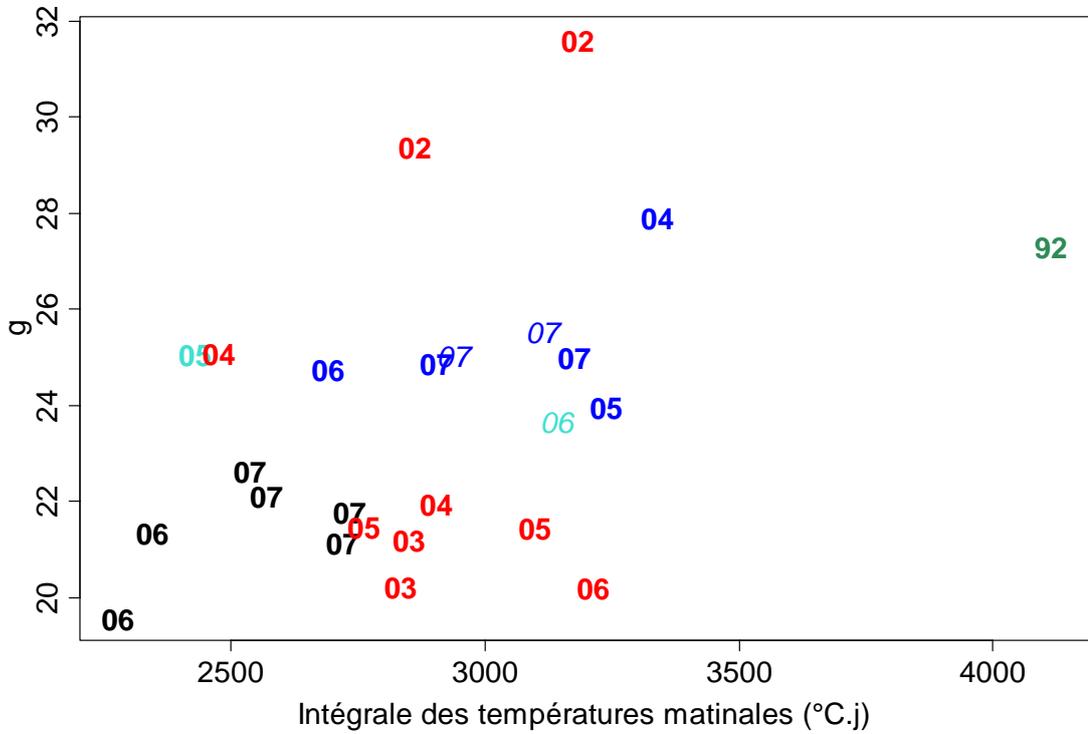
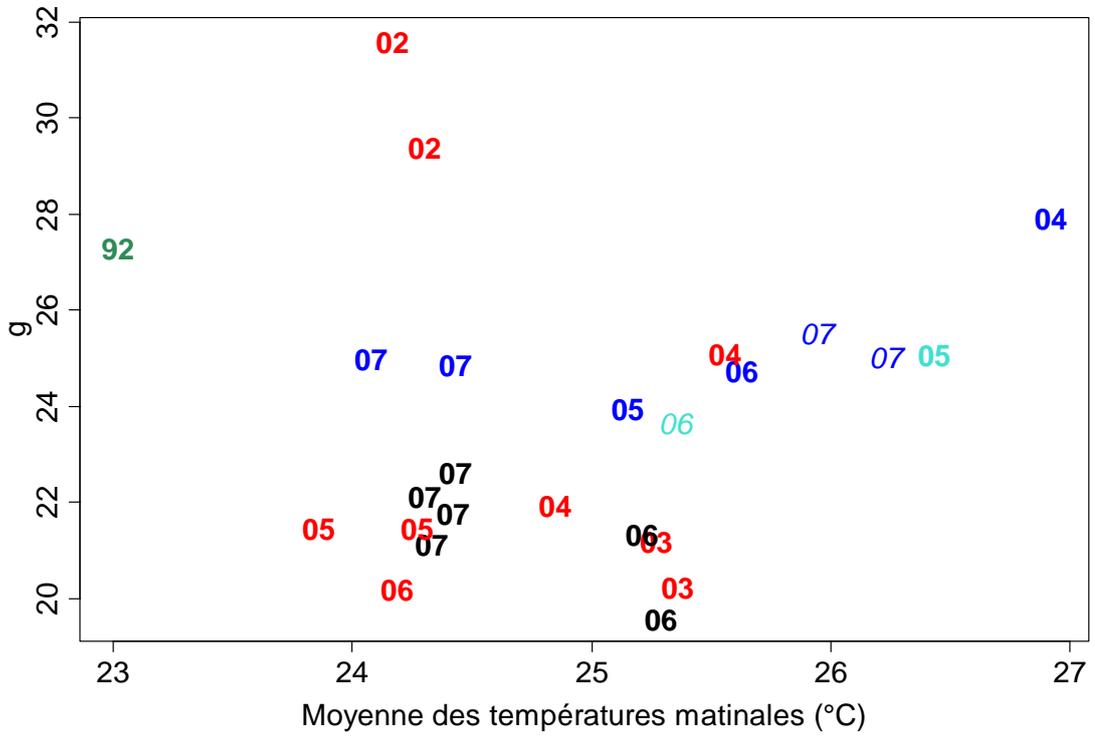
AMON FAO LPM SOD VOH

Vitesse de croissance à la première pêche



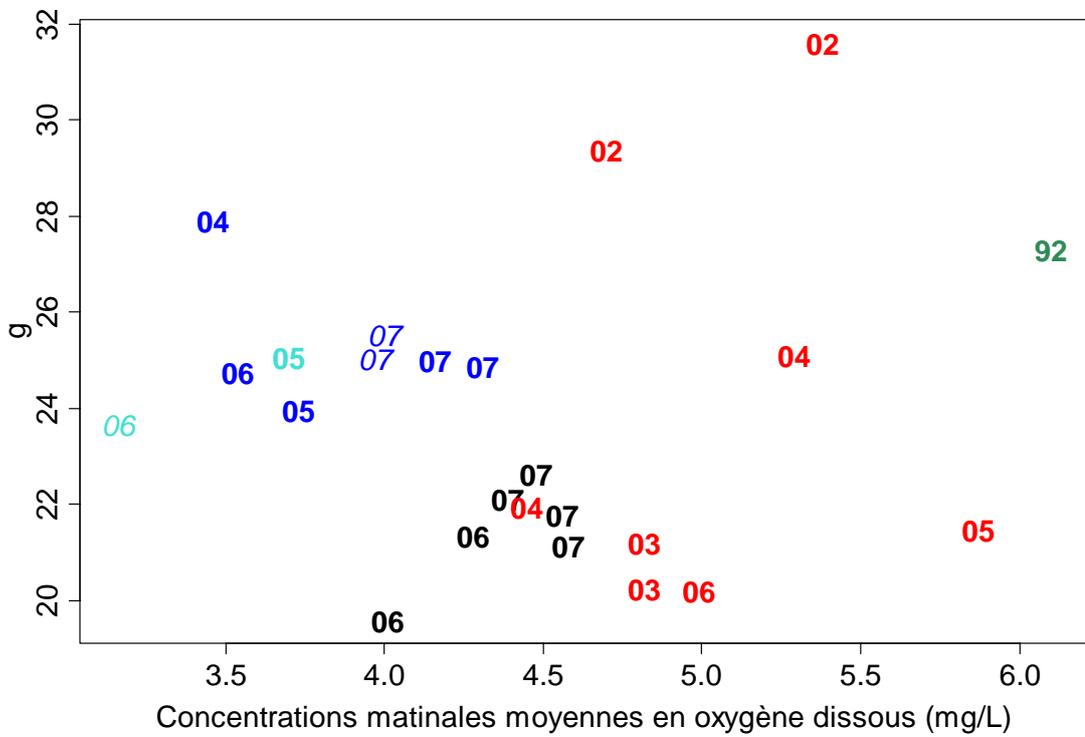
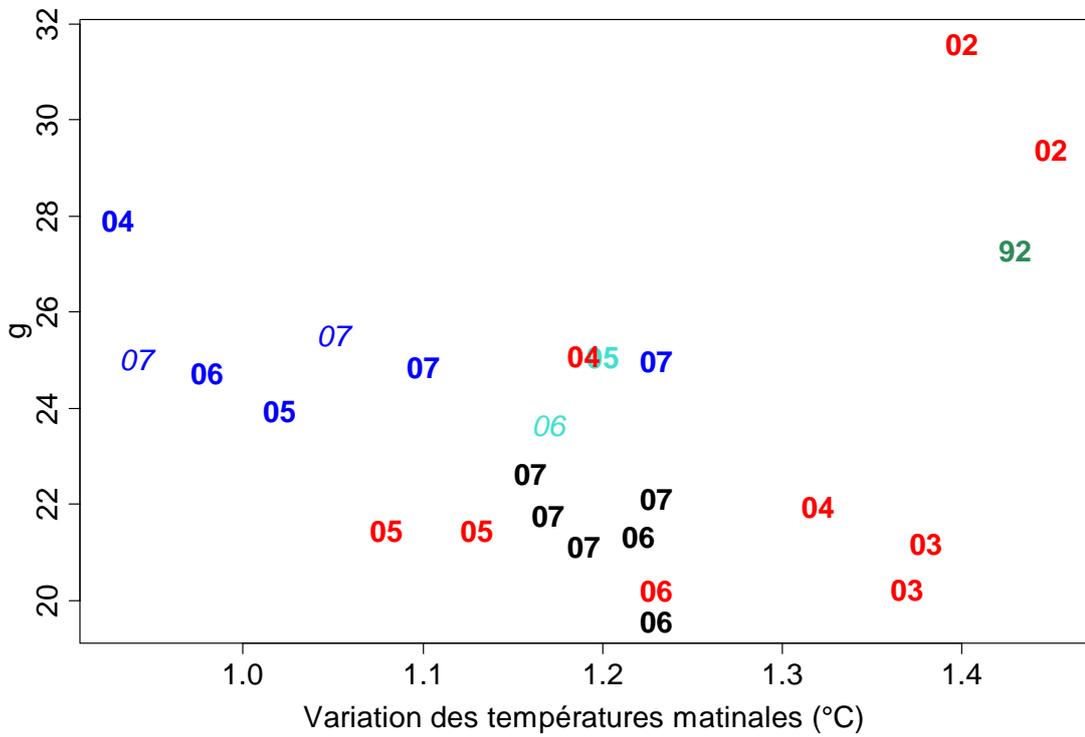
AMON FAO LPM SOD VOH

Poids moyen pondéré



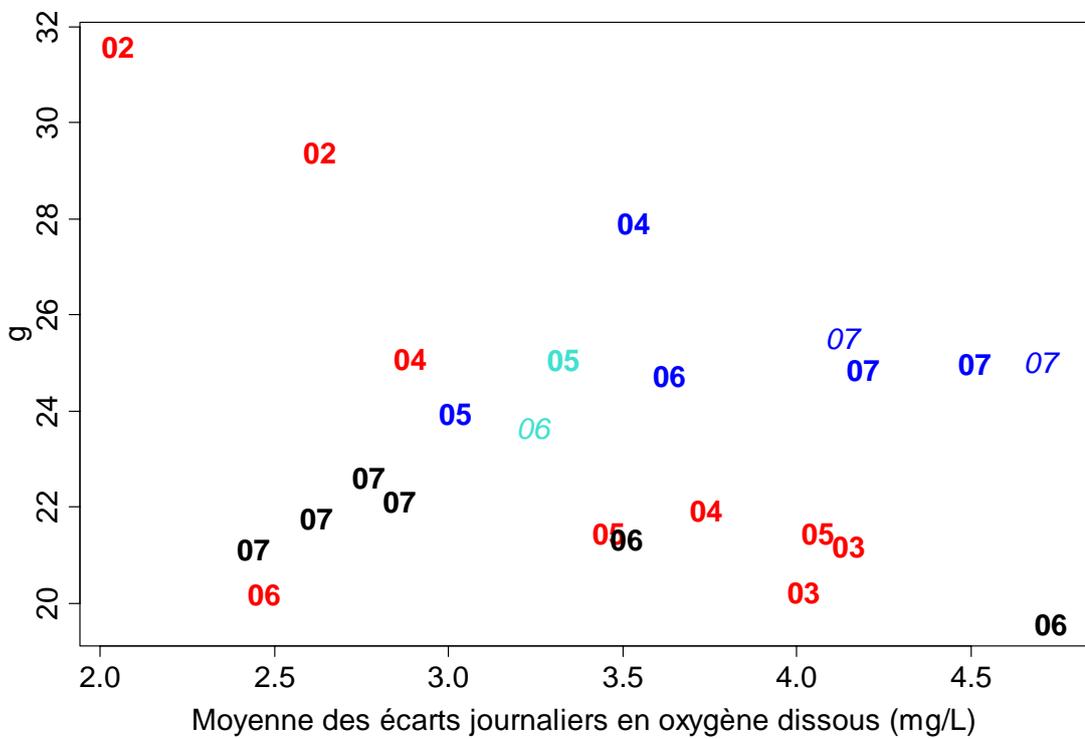
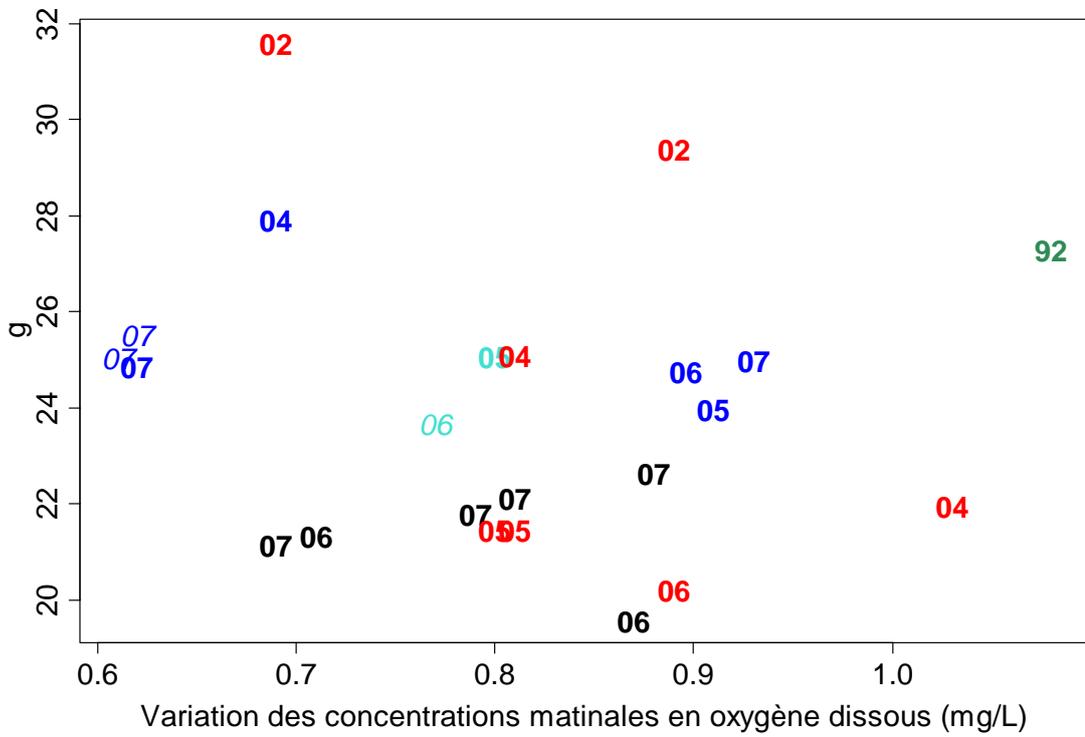
AMON FAO LPM SOD VOH

Poids moyen pondéré



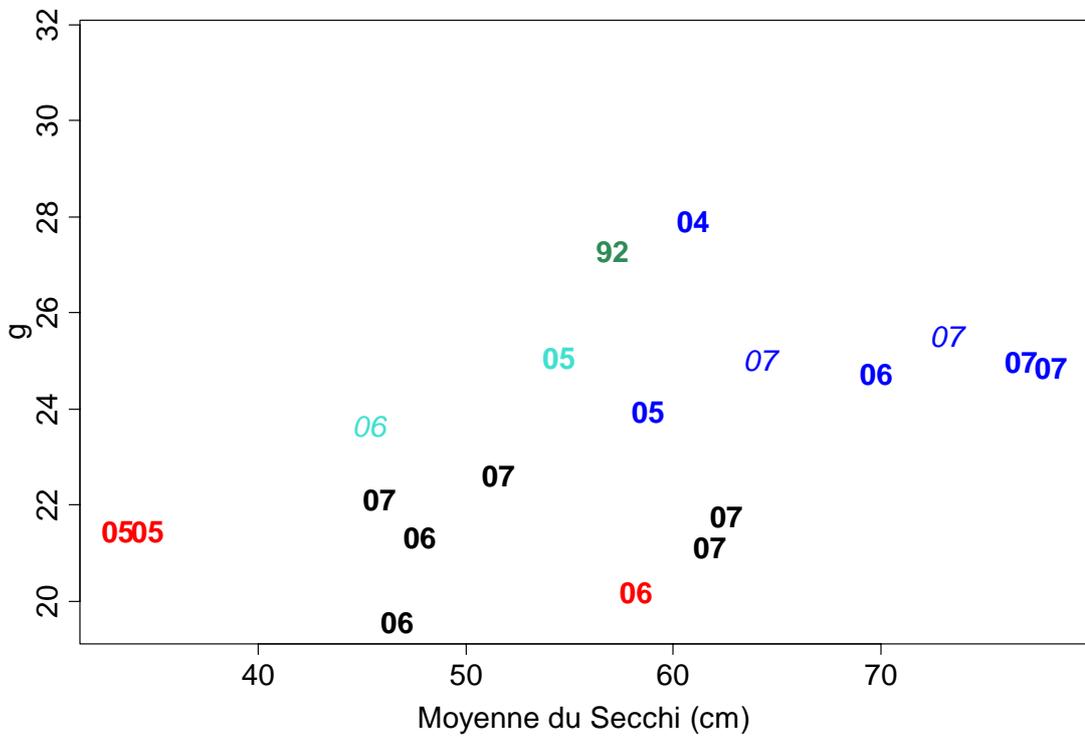
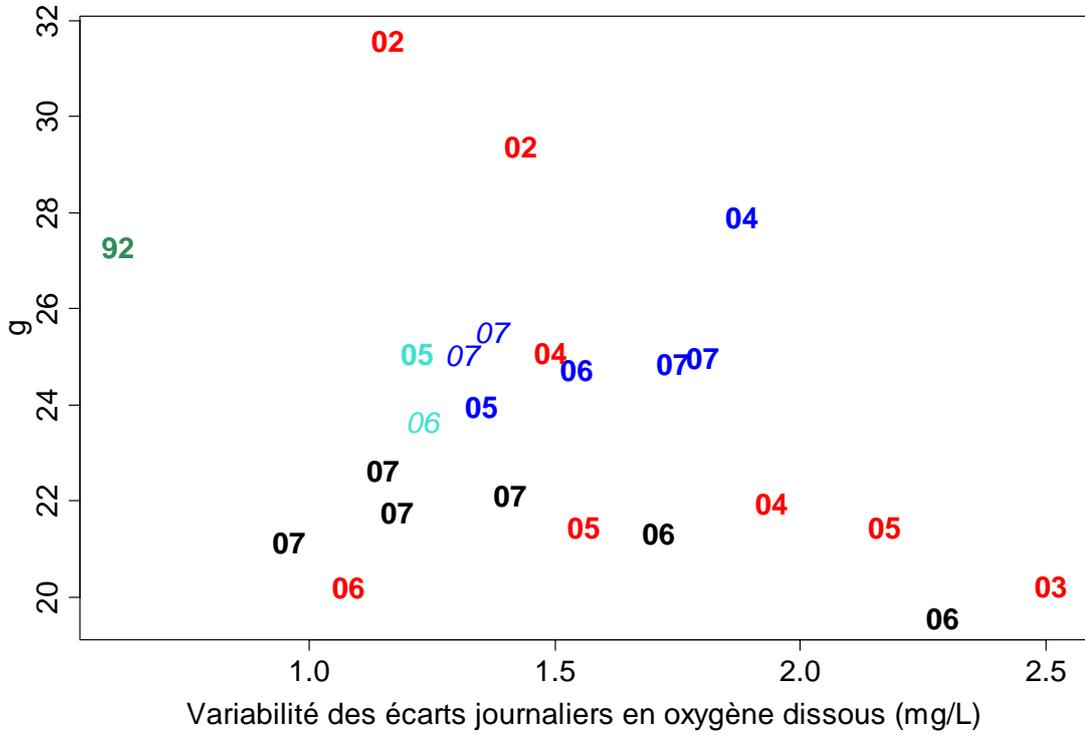
AMON FAO LPM SOD VOH

Poids moyen pondéré



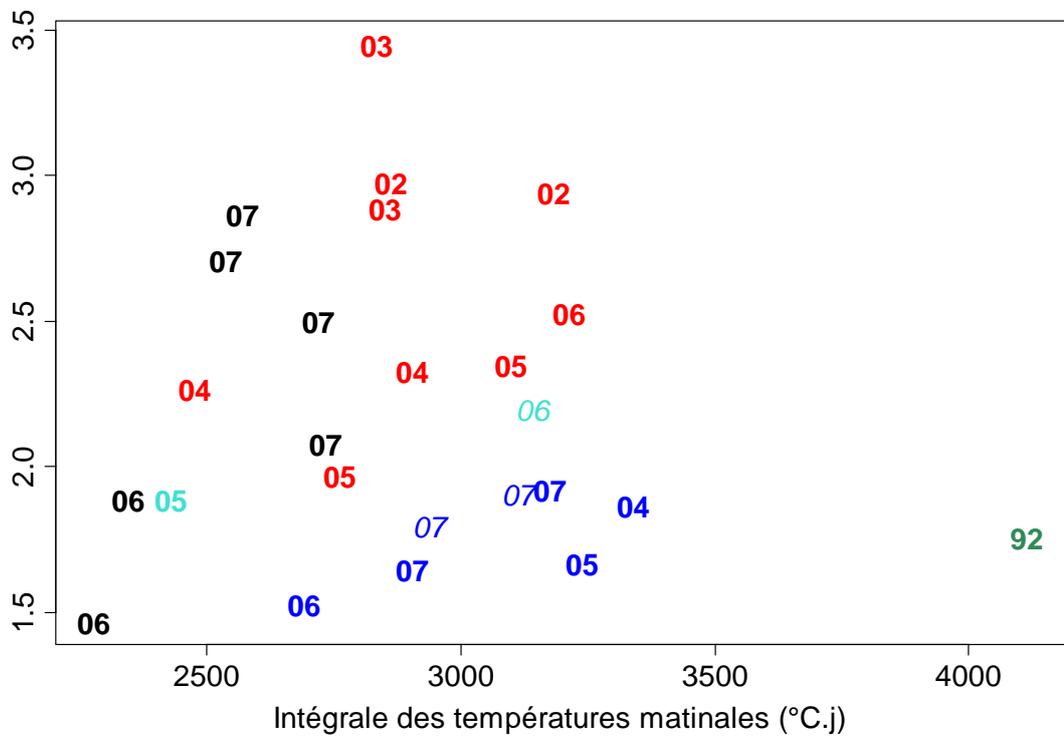
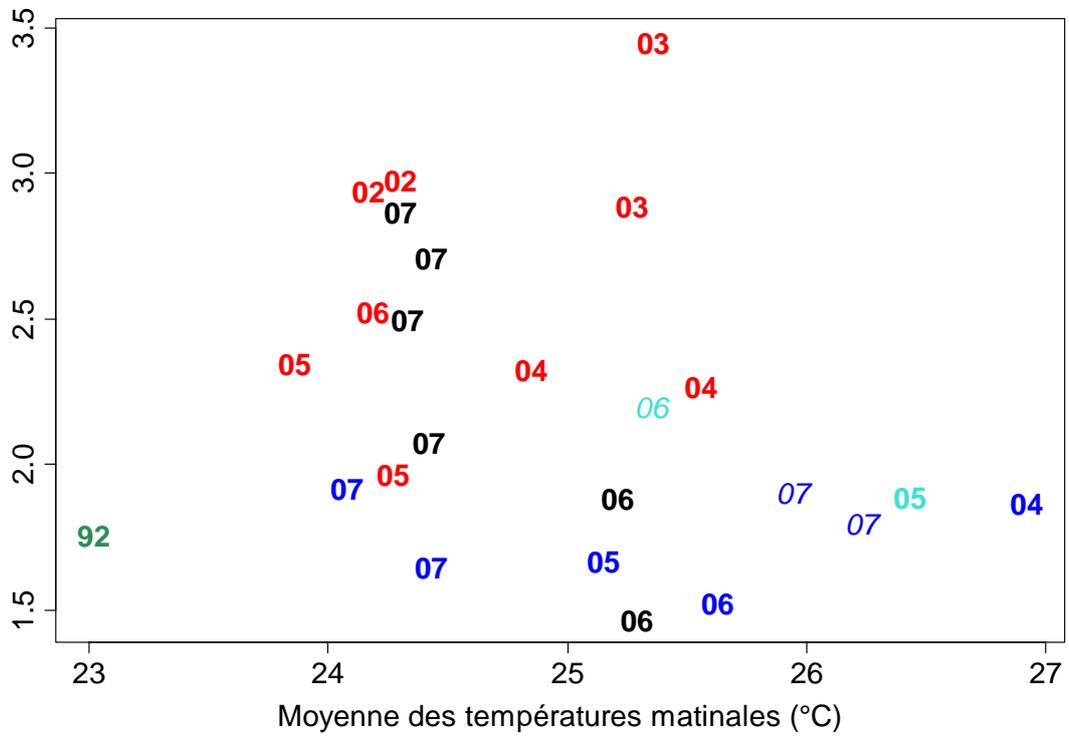
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Poids moyen pondéré



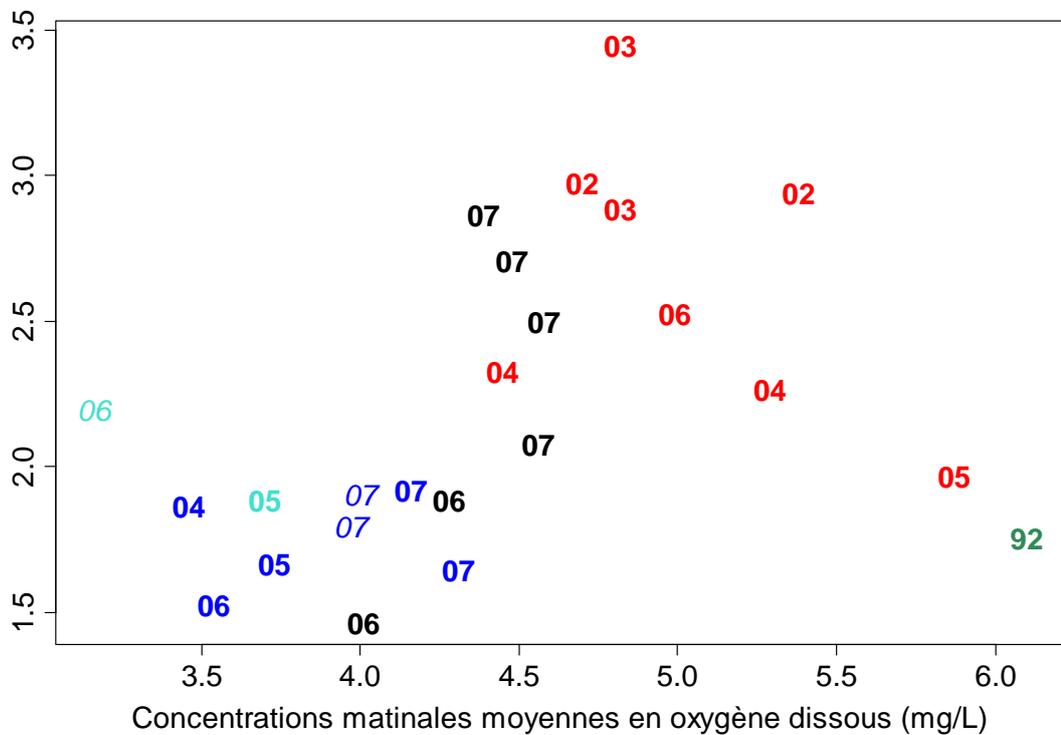
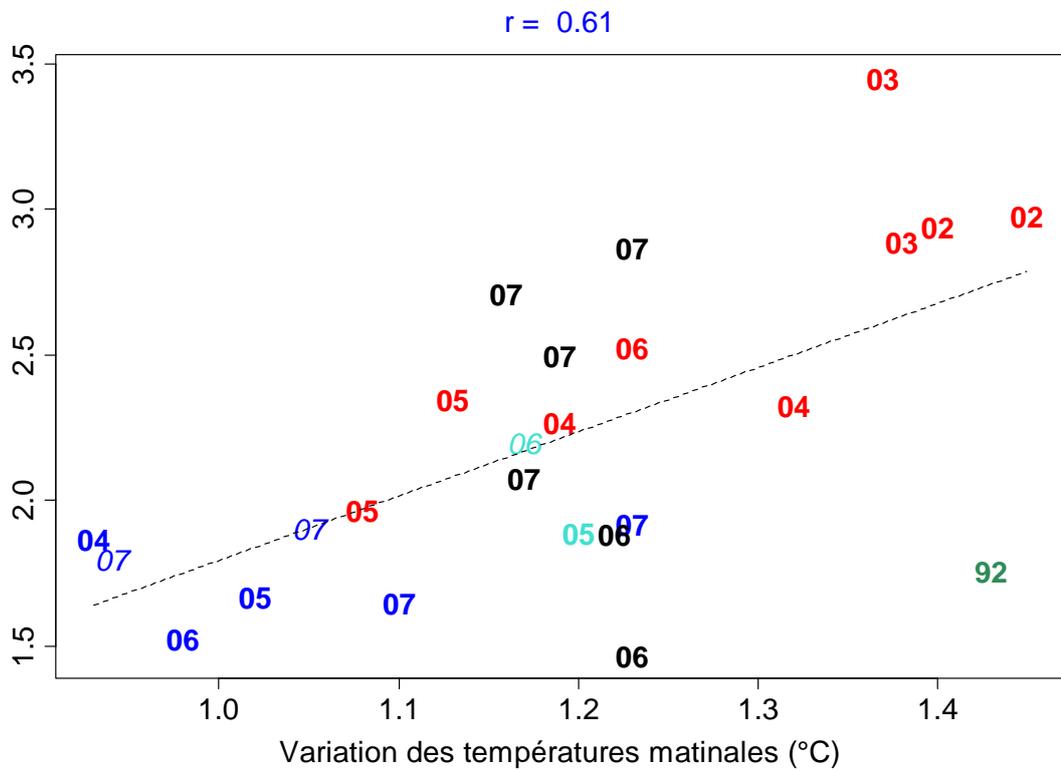
AMON FAO LPM SOD VOH

Indice de conversion



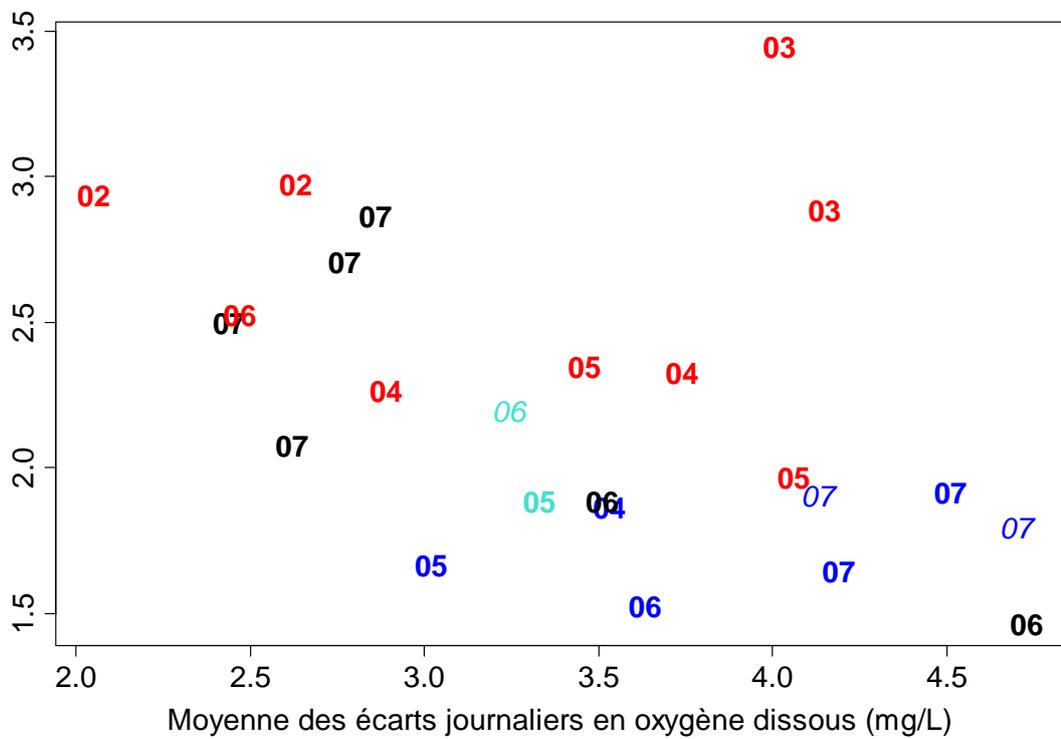
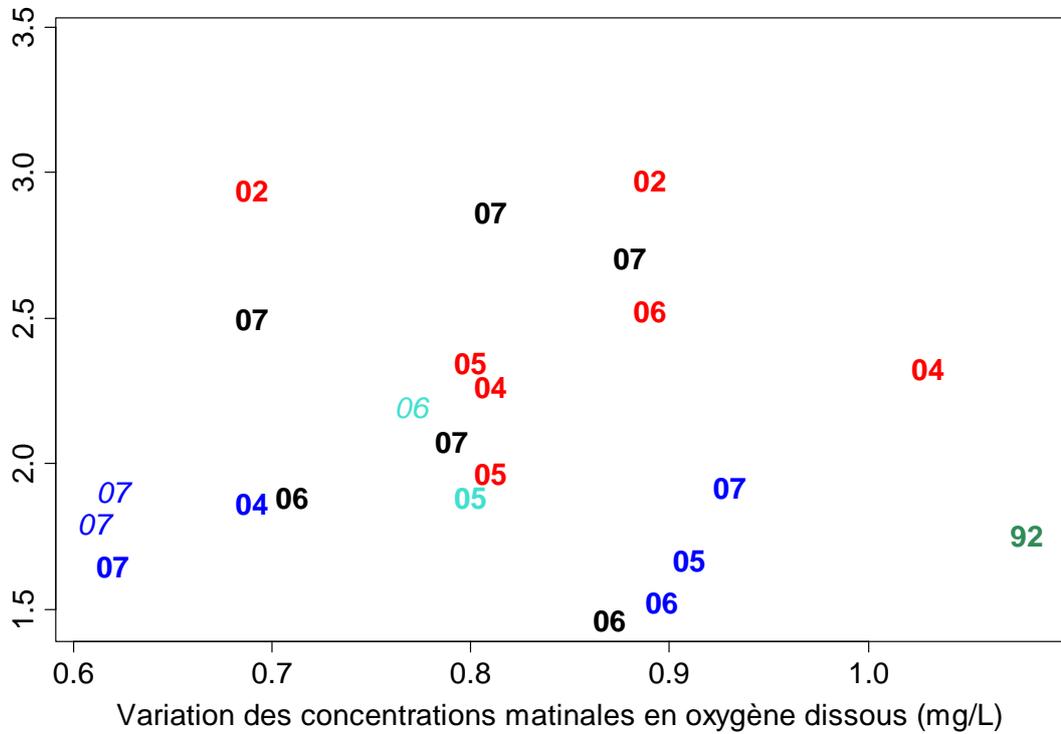
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Indice de conversion



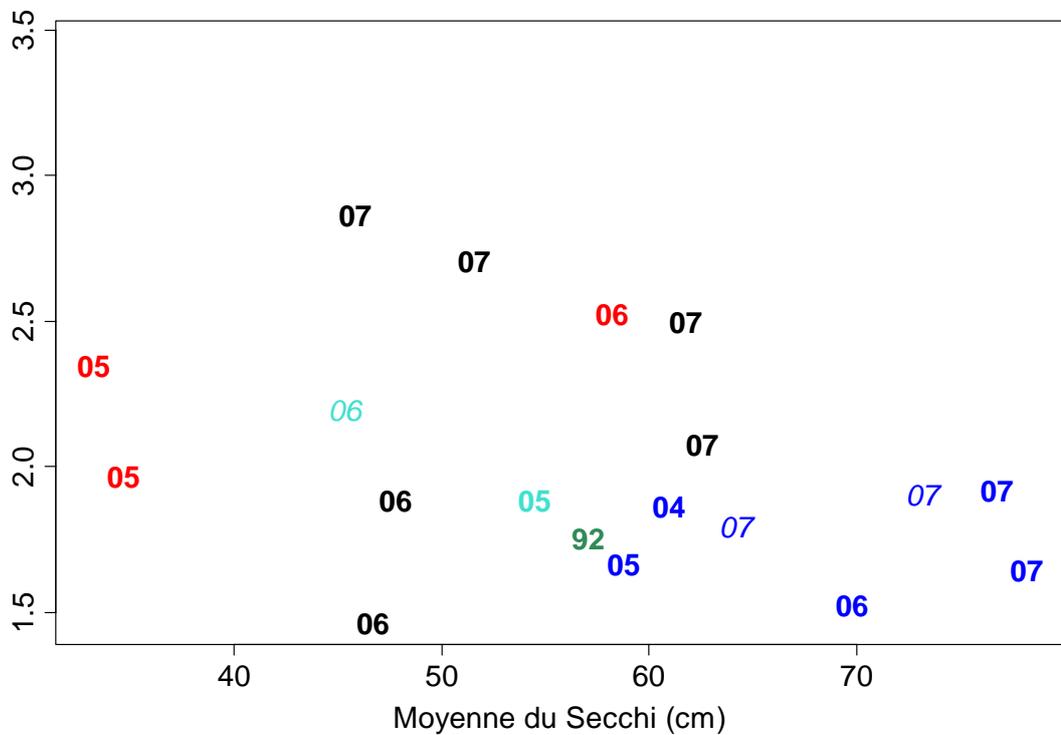
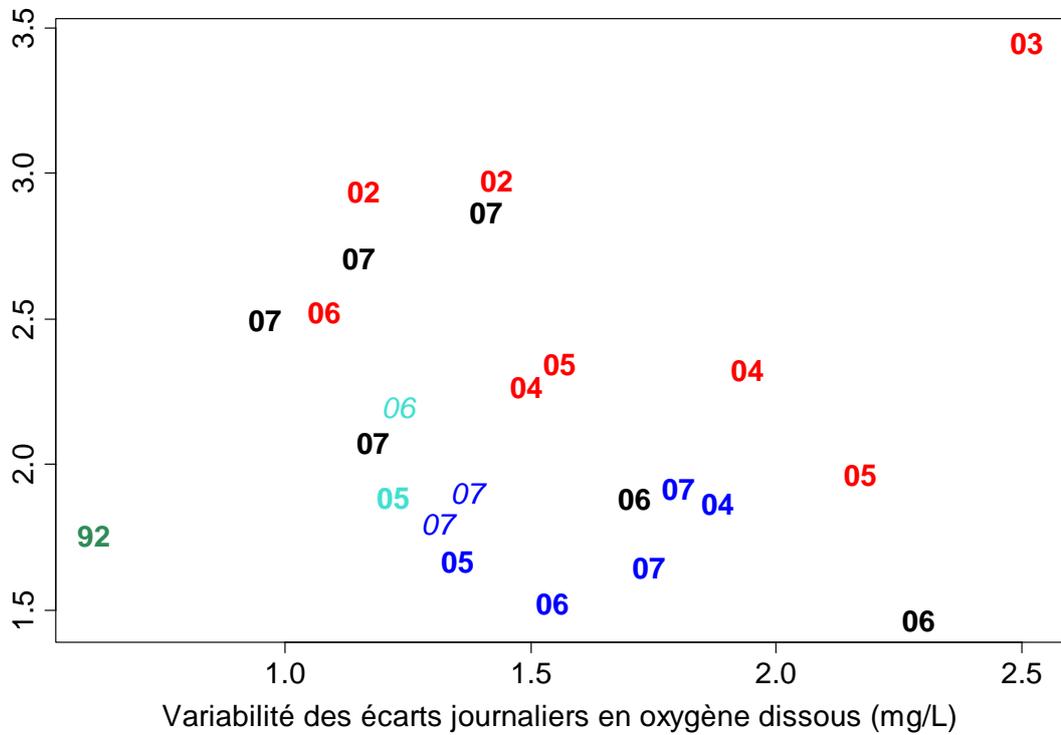
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Indice de conversion



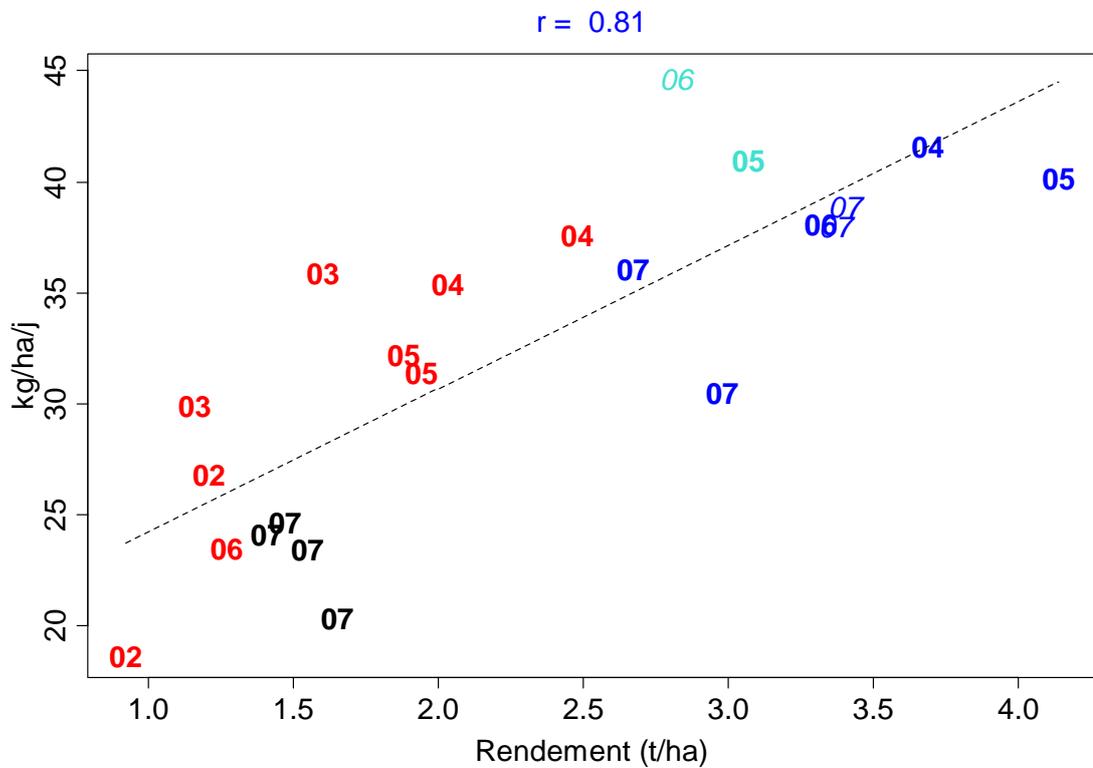
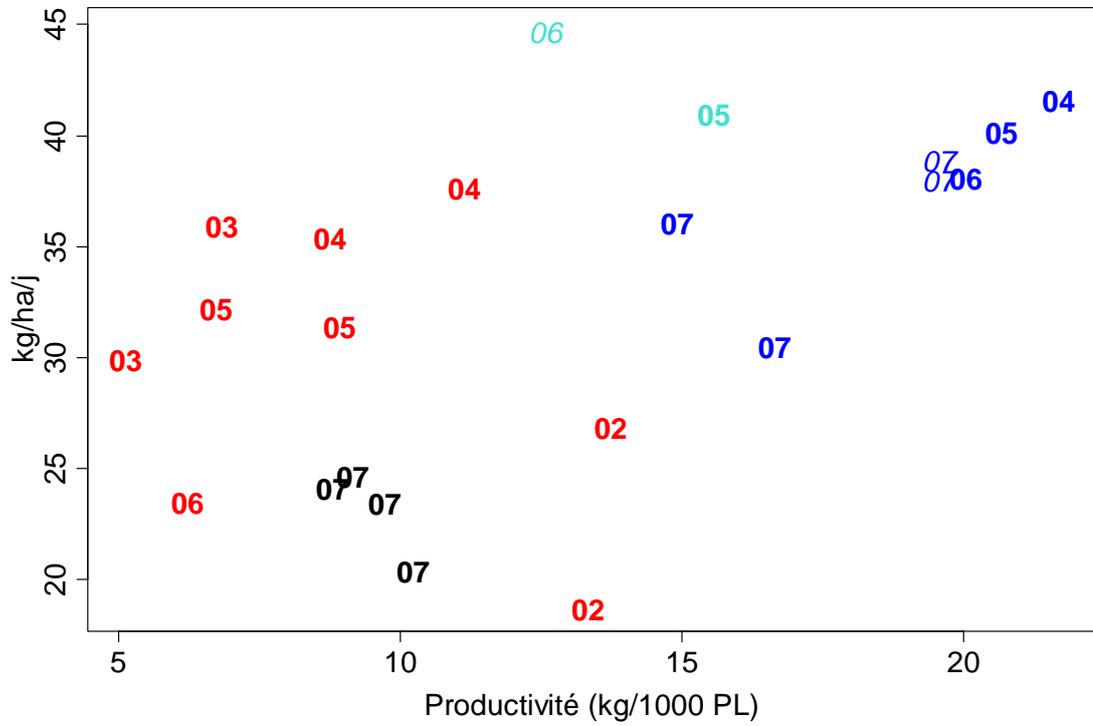
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Indice de conversion



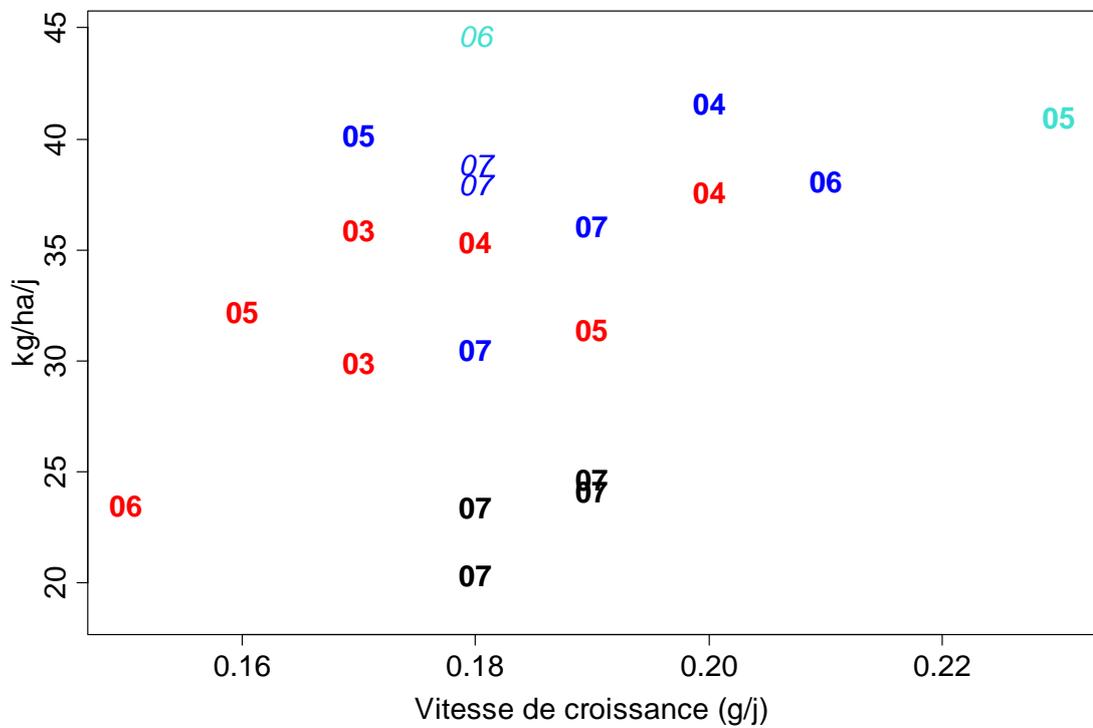
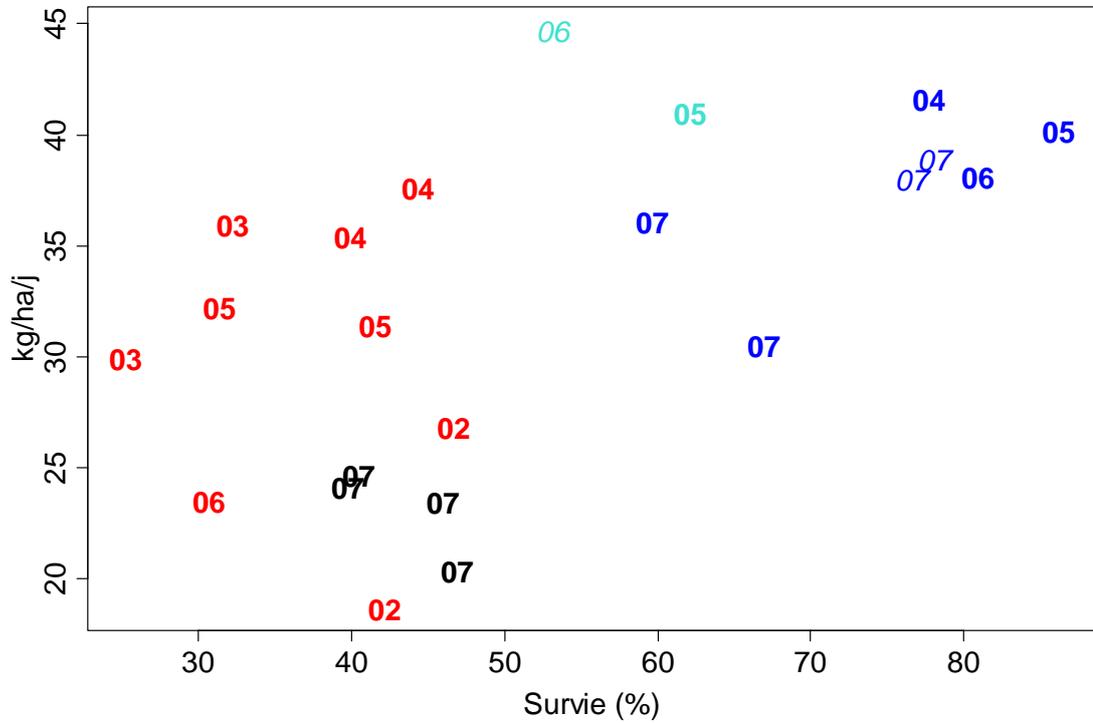
AMON
 FAO
 LPM
 SOD
 VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



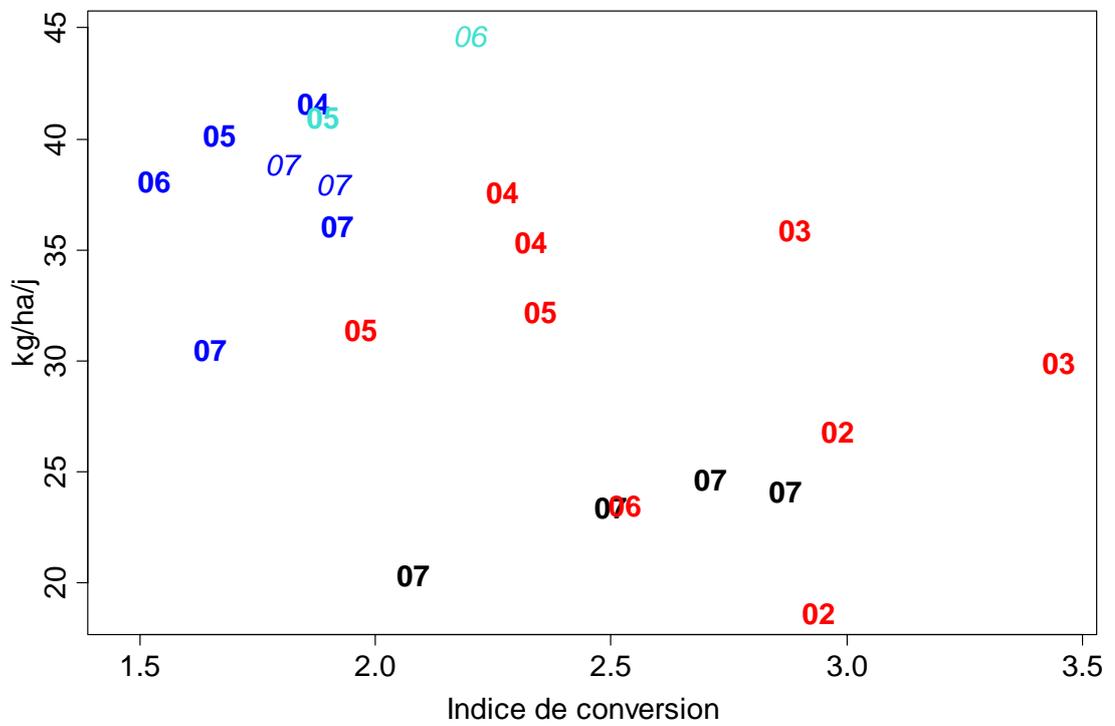
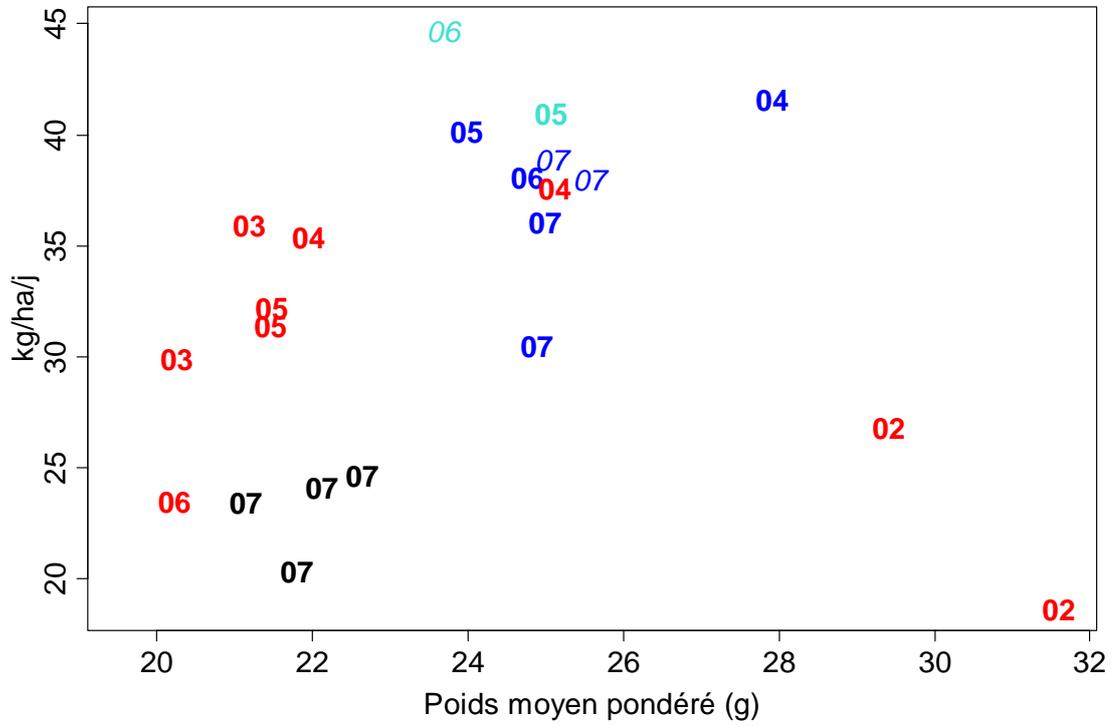
AMON FAO LPM SOD VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



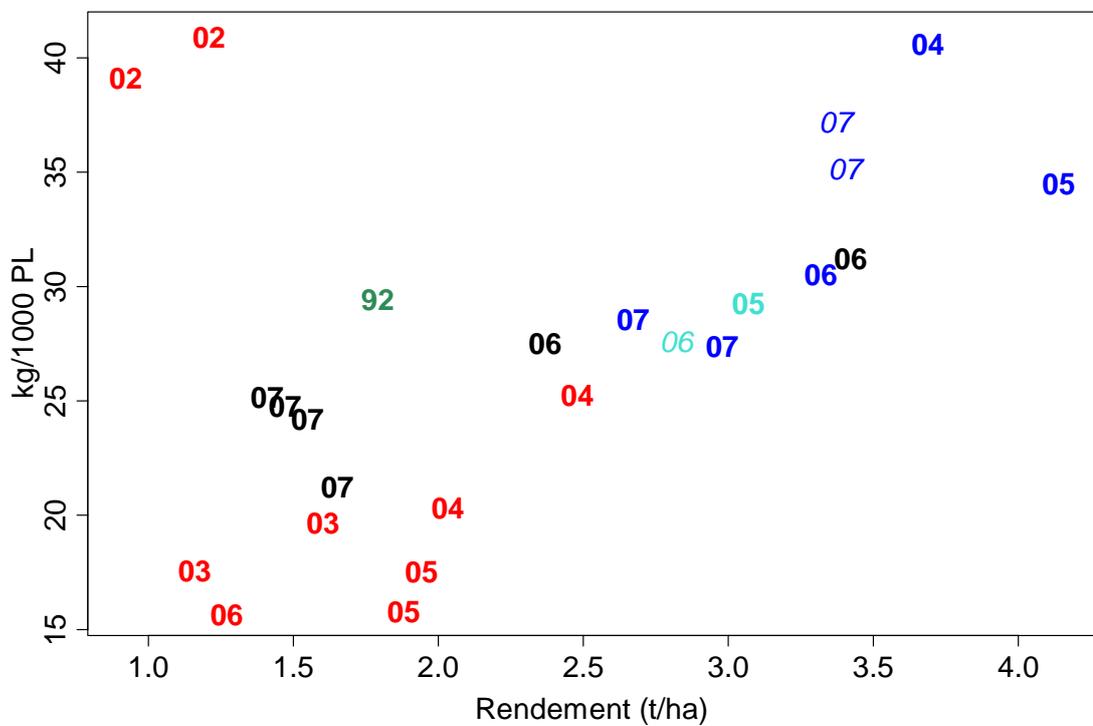
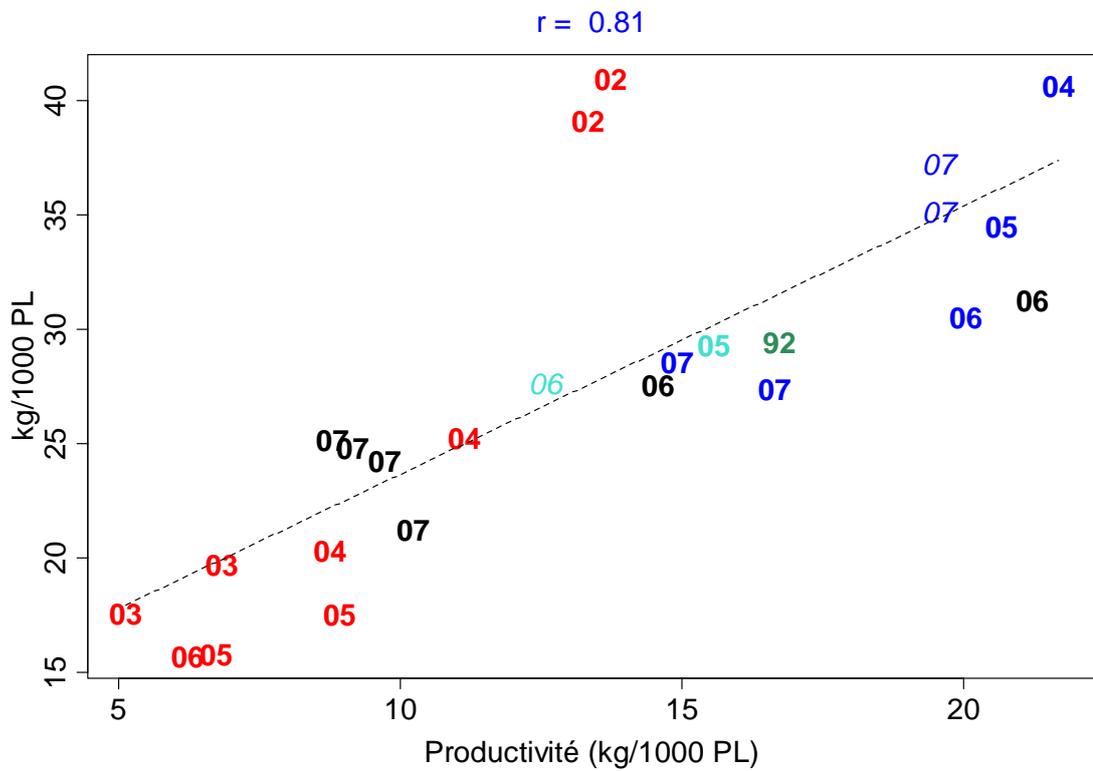
AMON FAO LPM SOD VOH

Ration cumulée par hectare et par jour



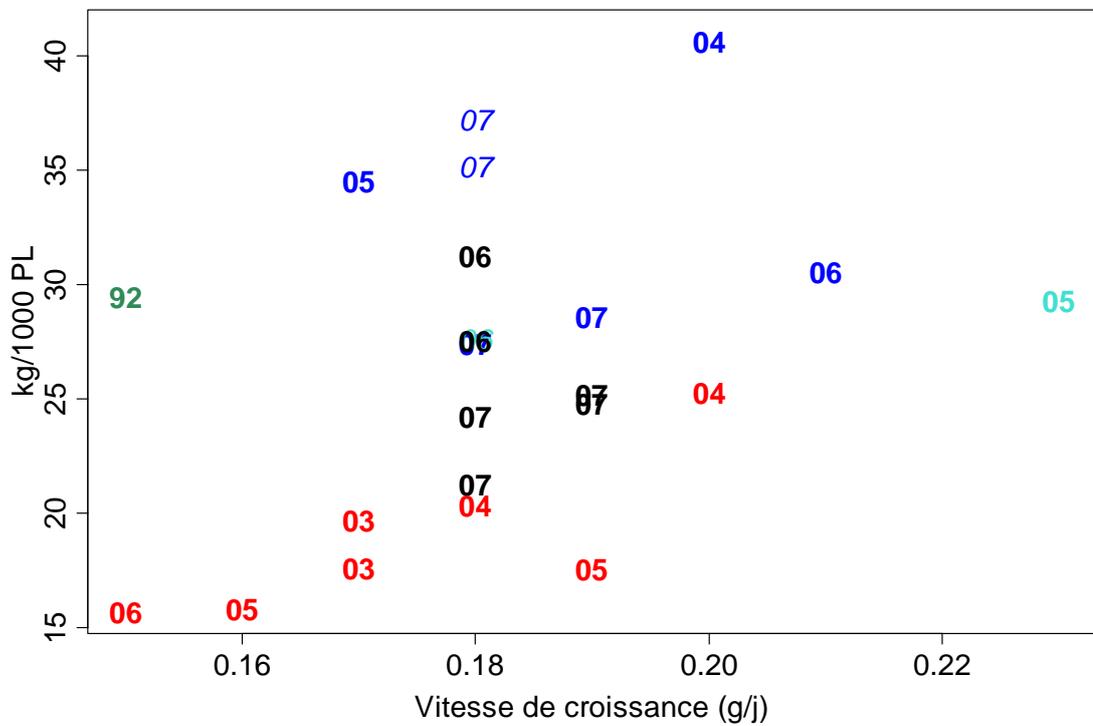
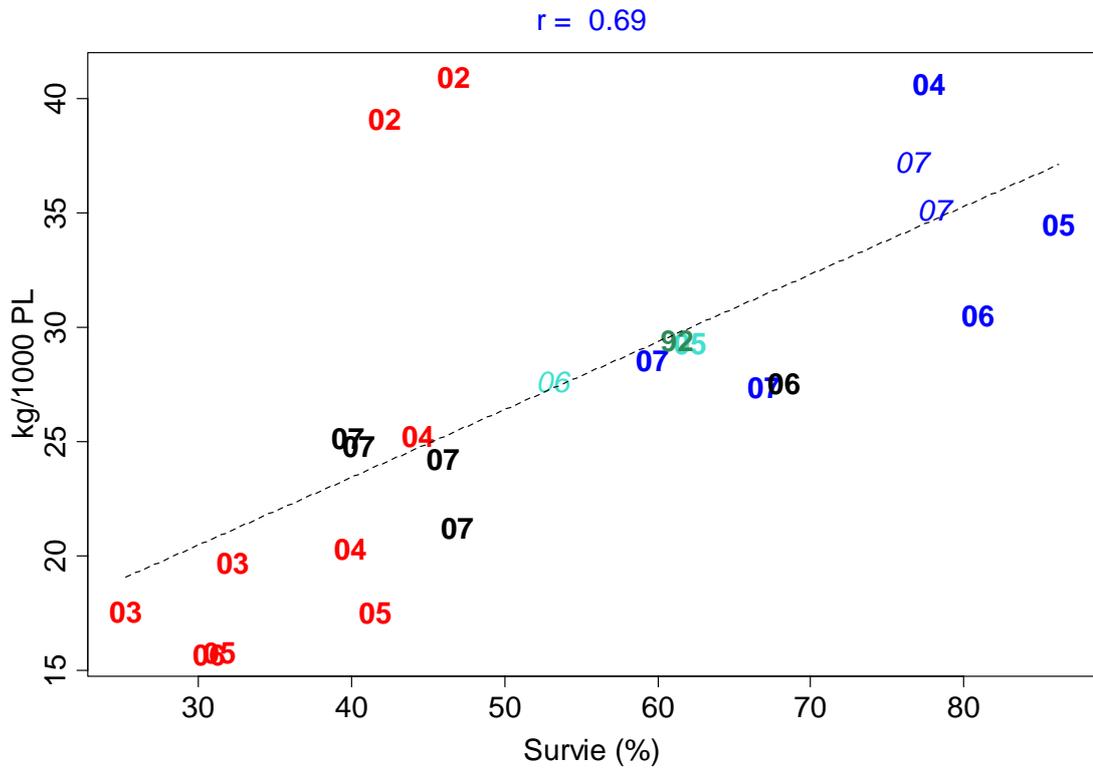
AMON FAO LPM SOD VOH

Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



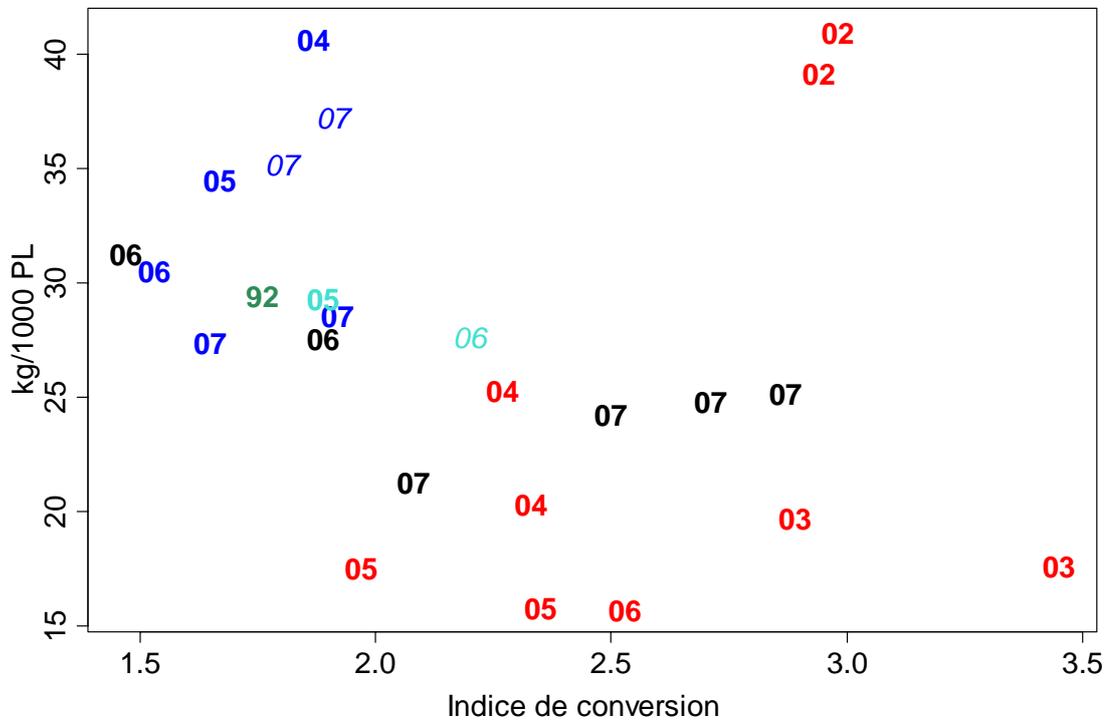
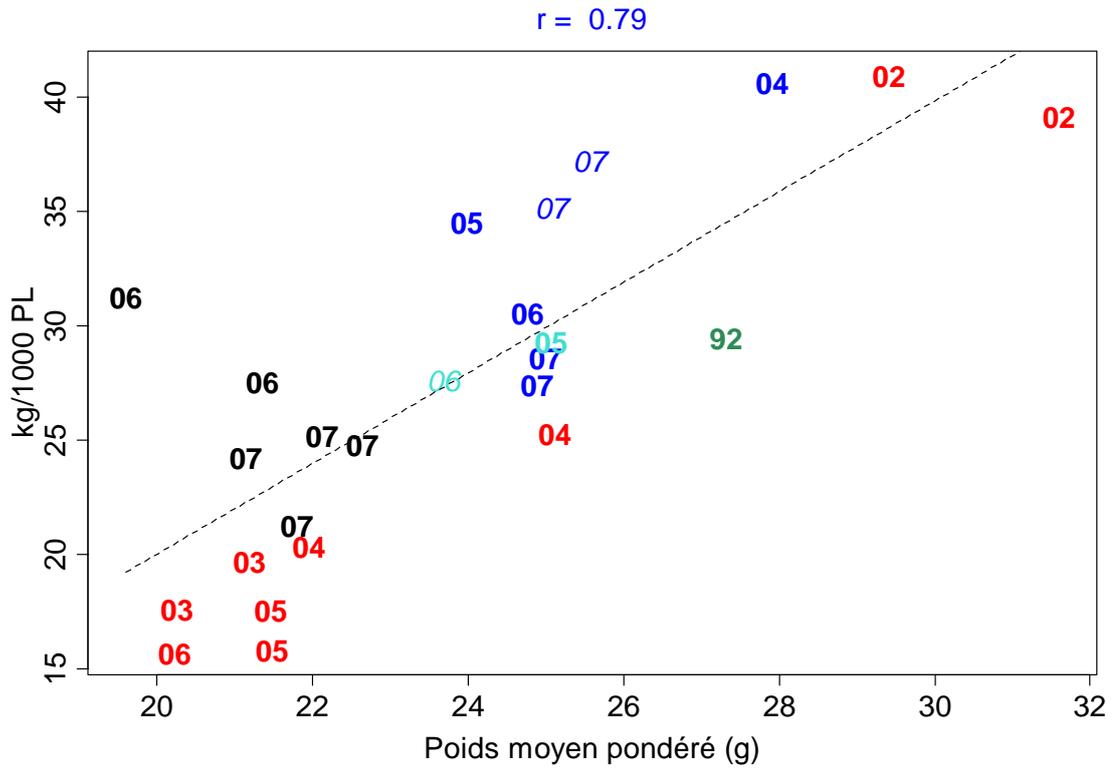
AMON FAO LPM SOD VOH

Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



AMON FAO LPM SOD VOH

Ration cumulée pour 1000 PL ensemencées



AMON FAO LPM SOD VOH