ANNEXES

Etude pluridisciplinaire des populations de truite commune (*Salmo trutta L.*) des torrents haut-savoyards soumises à repeuplements : diversité intra-spécifique, évaluation des pratiques de gestion et ingénierie de la conservation de populations natives

Université de Savoie
Ecole doctorale Sciences et Ingénierie des Systèmes de l'Environnement et des Organisations

THÈSE

Présentée et soutenue par

Arnaud CAUDRON

ANNEXE 1

Population	Bassin Versant	Riviere	Station
Arl 01	L'Arly	L'Arly	PRAZ SUR ARLY
Arl 02	L'Arly	Le Planay	PONT LE PLANAY
Arl 03	L'Arly	La Chaise	LE BOUCHET
Arl 04	Arly	La Chaise	ST FERREOL
Arl 05	L'Arly	LaChaise(Bief)	BIEF AVAL
Arv 01	Arve	Bronze	BUTTEX
Arv 02	Arve	Bronze	CASCADE DU DARD
Arv 03	Arve	Foron de Reignier	LES SONGETS
Arv 04	Arve	Foron de Reignier	PONT DE FORON
Arv 05	Arve	Viaison	PONT DU LOUP
Arv 06	Arve	Arve Aval	PIEGE D'ARTHAZ
Arv 07	Arve	Ugine (Passy)	MARLIOZ
Arv 08	Arve	R. Trélechamp	RESERVE N
Arv 10	Arve	Arve	AVAL ARTHAZ
Arv 11	Arve	Arve	AMONT ARTHAZ
BaD 01	Léman	Brevon	BELLECOMBE
BaD 02	Léman	Brevon	AMONT LAC VALLON
BaD 03	Léman	Brevon	CHEZ MAURICE
BaD 04	Léman	Brevon	RESERVE DE PECHE
BaD 05	Léman	Basse Dranse	DOUCEUR+EGLISE
BaD 06	Léman	Basse Dranse	PASSE VONGY
BoN 01	Arve/BonNant	R. de la Gde Combe	MORANCHES
BoN 02	Arve/BonNant	Bon Nant	DECHETTERIE
Bor 01	Borne	Borne	GRAND BORNAND
Bor 02	Borne	Borne	ENTREMONT CHEF LIEU
Bor 03	Borne	Borne	PONT L'ESSERT
Bor 04	Borne	Borne	AMONT PONT BEFFAY
Bor 05	Borne	Borne	DEBIT RESERVE
Bor 06	Borne	Borne	ST PIERRE. AVAL MINOTERIE
Bor 07	Borne	La Duche	LIEU-DIT LA DUCHE
Bor 08	Borne	L'Overan	OVERAN AMONT
Bor 09	Borne	L'Overan	OVERAN AVAL
Chr 01	Chéran	Chéran	CUSY
Chr 02	Chéran	Veize	GRUFFY
Chr 03	Chéran	Rui de Mûres	MURE
Chr 04	Chéran	Eparris	EPARRIS
Chr 06	Chéran	Nt de la Nanche	BOUSSY
Chr 08	Chéran	La Vergogne	COMBACHENEX
Chr 09	Chéran	Nephaz	LIGNY
Chr 10	Chéran	Nephaz	LES PRAILLATS
Chr 11	Chéran	Chéran	RUMILLY
Chr 12	Chéran	Chéran	ALBY
Chr 13	Chéran	Chéran	AVAL BANGE
Chr 14	Chéran	Chéran	LESCHERAINE
Chr 15	Chéran	Chéran	PLAN DE CHERES
Chr 16	Chéran	Chéran	BELLEVAUX
Chr 17	Chéran	Nant de Chéral	NANT DE CHER AVAL
Chr 18	Chéran	Nant Ste Reine	SAINTE REINE AMONT
Chr 19	Chéran	Chéran	AILLON
Chr 20	Chéran	Nant d'Aillon	NANT D'AILLON AMONT
Chr 21	Chéran	Chéran	CARLET
Diz 01	Arve	La Diosaz	VILLY
DrA 01	Leman	Dranse/DrAbon	AMONT CHATEL
DrA 02	Leman	Dranse/DrAbon	AVAL CHUTE CHATEL
DrA 03	Leman	Dranse/DrAbon	CHATEL CENTRE
DrA 04	Leman	Dranse/DrAbon	ABONDANCE A3
DrA 05	Leman	le chevenne	CHEVENNE MEDIAN
DrA 06		le chevenne	CHEVENNE AVAL
DrA 07	Leman	Dranse/DrAbon	ABONDANCE A1-A2
DrA 08	Leman	Dranse/DrAbon	RICHEBOURG
DrA 09	Leman	Dranse/DrAbon	AVAL SOUS LE PAS
DrA 10	Leman	Dranse/DrAbon	BELLEGARDE
DrA 11	Leman	Dranse/DrAbon	AVAL EAUX NOIRES
DrA 12	Leman	Dranse/DrAbon	BERNEX LANGIN
DrA 13	Leman	Dranse/DrAbon	GRANGE BLANCHE
DrA 14	Leman	le chevenne	AMONT OBSTACLES
DrM 01	Leman	Dranse de la Manche	AMONT MORZINE
DrM 02	Leman	Dranse de Morzine	CIMETIERE MORZINE
DrM 03	Leman	Dranse de Morzine	GENDARMERIE
DrM 04	Leman	Dranse de Montriond	AMONT ALBERTANS
DrM 05	Leman	Dranse de Montriond	AVAL ALBERTANS
DrM 06	Leman	Dranse de Montriond	EMBOUCHURE-ROUTE
DrM 07	Leman	Dranse de Morzine	LA BESSENTIERE
EaN 01	Arve	EauNoire	COL MONTETS
EaN 02	Arve	EauNoire	VALLORCINE
Fie 01	Fier	Fier	LA GUTARY
Fie 02	Fier	Le Chamfroid	BELLE FLEURIE
Fie 03	Fier	Le Chamfroid	LES CLEFS
Fie 04	Fier	Fier	SALLE DES FETES THONES
Fie 05	Fier	Nom	LOMBARDES + PATINOIRE
Fie 06	Fier	Nom	BOURGEAL
Fie 07	Fier	Nom	PT LUIDEFOUR

Population	Bassin Versant	Riviere	Station
Fie 08	Fier	Nom	VACHERIE
Fie 09	Fier	Nom	GARE ROUTIERE
Fie 10	Fier	Nant de Thuy	AMONT CHEF LIEU
Fie 11	Fier	Fier	LA BELLE INCONNUE
Fie 12	Fier	Le Mélèze	LA CLOUTRE
Fie 13	Fier	Le Mélèze	LA COMBETTAZ
Fie 14	Fier	Fier	ANNECY
Fie 15	Fier	Viéran	PROMERY
Fie 16	Fier	Nant Calvi	LES TENALLES
Fie 17	Fier	Nant Calvi	CHAUMONTET
Fie 18	Fier	Nant Calvi	AVL MEYTHET
Fil 01	Fillière	Fillière	JOURDIL
Fil 02	Fillière	Fillière	PONT NANT SEC
Fil 03	Fillière	Fillière	CHEZ MILLIARD
Fil 04	Fillière	Fillière	PONT LONGCHAMPS
Fil 05	Fillière	Fillière	MOULIN DE LA CULAZ
Fil 06	Fillière	Fillière	PONT DE VILLAZ
Fil 07	Fillière	Le Flan	MONT PITON
Fil 08	Fillière	Le Daudens	PONT DAUDENS
Fil 09	Fillière	Le Daudens	AVL LE PLOT
Fil 10	Fillière	Le Crenant	DISOUCHES
Fil 11	Fillière	Le Crenant	CRENANT AVAL
FnZ 01	Léman	Foron de Sciez	MOULIN DES ESSERTS
FnZ 02	Léman	Foron de Sciez	FORON AVAL
FoS 01	Foron-Scionzier	Foron-Scionzier	MOUILLES D'EN HAUT
FoS 02	Foron-Scionzier	Foron-Scionzier	MOUILLES D'EN BAS
FoS 03	Foron-Scionzier	Foron-Scionzier	PONT ST CHARLES
Gif 01	Giffre	Giffre	AMONT BRAIRET
Gif 02	Giffre	Giffre	GORGES DE TINES
Gif 03	Giffre	Giffre	PONT REVE-PONT
Gif 04	Giffre	Giffre	PONT SAMOENS
Gif 05	Giffre	Giffre	GRAVIERE
Gif 06	Giffre	Giffre	PONT DES THEZIERES
Gif 07	Giffre	Giffre	PONT DE BOCHE
Gif 08	Giffre	Giffre	MARIGNIER
Gif 09	Giffre	Giffre des fonds	SALVAGNY
Gif 10	Giffre	F. de Tanninges	BONNAVAZ
Gif 11	Giffre	F. de Tanninges	PONT DE FRY
Gif 12	Giffre	F. de Tanninges	AVAL CHEF LIEU
Gif 13	Giffre	F de Mieussy	LES MOUILLES
Gif 14	Giffre	F de Mieussy	PONT D907 ET
Gif 15	Giffre	Risse	PONT DE LEMY
Gif 16	Giffre	Risse	PONT DE LEMY
Gif 17	Giffre	Risse	STEP-CONFL HISSON
Gif 18	Giffre	Le Hisson	SCIERIE LA PALLUD
LcA 01	Lac d'Annecy	EauMorte	Am St Ruph
LcA 02	Lac d'Annecy	EauMorte	LE VILLARET
LcA 03	Lac d'Annecy	EauMorte	AMONT BOULODROME
LcA 04	Lac d'Annecy	Laudon	AMONT SCIERIE
LcA 05	Lac d'Annecy	Laudon	AVAL SCIERIE
Men 01	Menoge	Menoge	AMT STEP MOULIN
Men 02	Menoge	Menoge	LES PRES AVL SEUIL
Men 03	Menoge	Menoge	PONT ST ANDRE
Men 04	Menoge	Menoge	LE PONT MORAND
Men 05	Menoge	Menoge	LES MOULINS
Men 06	Menoge	Rau des Arces	LES ARCES
Men 07	Menoge	Brevon de Saxel	CHEZ LES LOYATS
Men 08	Menoge	Brevon de Saxel	LES BIOLLES
Men 09	Menoge	Foron de Fillinges	PONT BOEX
Men 10	Menoge	Foron de Fillinges	PONT BOVET
Men 11	Menoge	Foron de Fillinges	PONT DE FILLINGES
Men 12	Menoge	Foron de Fillinges	COUVETTE
MoF 01	Léman	La Morge Française	LA MORGE FRANCAISE
Mor 1	MorgeMenthonnex	MorgeMenthonnex	MOULIN GERBAZ
Mor 2	MorgeMenthonnex	Pte Morge	AVL RAU DE BULE
Mor 3	MorgeMenthonnex	Pte Morge	PT DE FORAZ
Pam 01	Léman	Les Blaves	LES BLAVES RESERVE
Pam 02	Léman	Pamphiot	AVAL RD
ReD 01	Léman	Redon	LE CHENE
ReD 02	Léman	La Gurnaz	LA GURNAZ
ReD 03	Léman	Redon	MOULIN RIEUX
ReD 04	Léman	Redon	AVAL RN 5
Uss 01	Les Usses	Les Usses	FALCONNET
Uss 02	Les Usses	Les Usses	PONT D23 CHEZ
Uss 03	Les Usses	Les Usses	LES GOTHS
Uss 04	Les Usses	Les Usses	PONT DRILLOT
Uss 05	Les Usses	Les Usses	PONT SARZIN
Uss 06	Les Usses	Les Usses	AVAL FRANGY
Uss 08	Les Usses	Les Petites Usses	LES BALMETTES
Uss 09	Les Usses	Les Petites Usses	BONLIEU
Uss 10	Les Usses	Le Fornant	AMONT CASCADE

ANNEXE 2

POP	Arl01	Arl02	Arl03	Arl04	Arl05	Arv01	Arv02	Arv03	Arv04	Arv05	Arv06	Arv07	Arv08	Arv10	Arv11	BaD01	BaD02	BaD03	BaD04	BaD05	BaD06	BoN01	BoN02	Bor01	Bor02	Bor03	Bor04	Bor05	Bor06	Bor07	Bor08	Bor09	Chr01	Chr02	Chr03	Chr04	Chr06	Chr08	Chr09	Chr10	Chr11	Chr12	Chr13	Chr14	Chr15	Chr16	Chr17	Chr18	Chr19
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	10	10	10	10	10	10	10	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	37	11	10	12	10	10	10	10	17	28	9	19	14	10	14	10	18
Str591																																																	
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03
148	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
149	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,50	0,60	0,15	0,10	0,10	0,70	0,60	0,65	0,10	0,35	0,30	0,85	0,95	0,55	0,54	0,75	0,65	0,55	0,25	0,35	0,40	0,65	0,58	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,80	0,05	0,04	0,41	0,85	0,54	0,45	0,45	0,65	0,55	0,15	0,07	0,11	0,26	0,36	0,70	0,07	0,65	0,36
152	0,45	0,40	0,05	0,10	0,05	0,15	0,15	0,20	0,00	0,00	0,25	0,05	0,05	0,20	0,11	0,15	0,00	0,05	0,00	0,05	0,10	0,10	0,21	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,25	0,20	0,05	0,00	0,41	0,05	0,17	0,30	0,20	0,20	0,05	0,03	0,05	0,00	0,08	0,00	0,10	0,07	0,25	0,03
156	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
164	0,00	0,00	0,20	0,15	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,00	0,00	0,15	0,16	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,20	0,18	0,18	0,17	0,05	0,18	0,10	0,07	0,00	0,06
166	0,00	0,00	0,25	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,00	0,05	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,20	0,30	0,22	0,05	0,00	0,35	0,77	0,09	0,00	0,00	0,00	0,35	0,15	0,15	0,38	0,50	0,67	0,58	0,46	0,05	0,71	0,10	0,44
167	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170	0,00	0,00	0,20	0,20	0,15	0,05	0,15	0,00	0,00	0,15	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,30	0,05	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,05	0,18	0,09	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
172	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
176	0,00	0,00	0,00	0,05	0,25	0,05	0,00	0,05	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03
178	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,15	0,30	0,20	0,05	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,05	0,00	0,00	0,05	0,10	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
192	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,10	0,05	0,20	0,00	0,00	0,10	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,10	0,45	0,45	0,30	0,50	0,56	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,20	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,25	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
286	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,57	0,51	0,86	0,83	0,81	0,51	0,62	0,56	0,69	0,84	0,83	0,28	0,10	0,67	0,69	0,43	0,57	0,70	0,81	0,85	0,83	0,55	0,63	0,64	0,77	0,72	0,84	0,68	0,66	0,60	0,34	0,83	0,38	0,68	0,28	0,68	0,68	0,67	0,54	0,66	0,79	0,71	0,54	0,60	0,65	0,51	0,49	0,53	0,68
H obs	0,60	0,60	0,90	0,80	0,80	0,50	0,60	0,60	0,70	0,80	0,70	0,30	0,10	0,50	0,71	0,50	0,70	0,80	0,80	0,60	0,80	0,70	0,58	0,50	0,80	0,80	0,60	0,50	0,56	0,80	0,40	0,70	0,41	0,45	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70	0,88	0,75	0,56	0,74	0,57	0,40	0,43	0,60	0,72
Str541																																																	
130	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,05	0,05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
132	0,90	0,90	0,15	0,25	0,30	0,90	0,65	0,80	0,25	0,25	0,60	0,85	1,00	0,65	0,68	0,95	0,95	0,50	0,10	0,40	0,40	0,65	0,79	0,70	0,15	0,10	0,05	0,20	0,30	0,70	0,80	0,10	0,09	0,95	0,75	0,67	1,00	0,95	0,80	0,75	0,24	0,09	0,33	0,13	0,18	0,75	0,32	0,65	0,33
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
136	0,00	0,00	0,80	0,70	0,70	0,10	0,35	0,10	0,75	0,75	0,40	0,15	0,00	0,35	0,32	0,00	0,05	0,40	0,90	0,60	0,55	0,30	0,13	0,30	0,85	0,90	0,95	0,80	0,70	0,30	0,00	0,90	0,91	0,05	0,05	0,29	0,00	0,05	0,20	0,25	0,74	0,91	0,67	0,87	0,79	0,20	0,64	0,35	0,67
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,19	0,19	0,35	0,47	0,44	0,19	0,48	0,36	0,39	0,39	0,51	0,27	0,00	0,48	0,45	0,10	0,10	0,61	0,19	0,51	0,56	0,51	0,37	0,44	0,27	0,19	0,10	0,34	0,44	0,44	0,34	0,19	0,17	0,09	0,42	0,49	0,00	0,10	0,34	0,39	0,42	0,17	0,47	0,23	0,36	0,42	0,50	0,48	0,46
H obs	0,20	0,20	0,10	0,40	0,60	0,20	0,50	0,20	0,10	0,30	0,00	0,10	0,00	0,30	0,21	0,10	0,10	0,50	0,20	0,40	0,40	0,70	0,25	0,00	0,30	0,20	0,10	0,40	0,40	0,20	0,40	0,00	0,19	0,09	0,30	0,33	0,00	0,10	0,20	0,50	0,47	0,18	0,44	0,26	0,43	0,20	0,36	0,50	0,44
N moy allèle	2,5	2,5	5,0	5,0	4,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	1,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	2,0	2,5	3,5	2,0	3,5	2,5	2,5	3,0	3,5
Nt allèle	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	56	40	40	40	40	40	40	40	48	40	40	40	40	40	40	40	40	40	148	44	40	48	40	40	40	40	68	112	36	76	56	40	56	40	72
N allèle REA	40	40	8	10	9	35	28	35	7	11	23	35	40	28	39	38	32	25	7	16	19	29	41	28	3	2	1	4	6	31	40	4	10	37	39	34	35	32	33	27	15	12	8	18	15	32	15	31	27
Taux REA	100	100	20	25	22	88	70	88	18	28	58	88	100	70	70	95	80	63	18	40	48	73	85	70	8	5	3	10	15	78	100	10	7	84	98	71	88	80	83	68	22	11	22	24	27	80	27	78	38

En gras : les 52 secteurs présentant un taux d'allèle atlantique ≤ à 25%

En gris : les 4 secteurs non retenus car influencés par les repeuplements REM

En jaune : les 36 secteurs utilisés pour l'étude de la structuration génétique des populations REM

POP	Chr20	Chr21	Dlz01	DrA01	DrA02	DrA03	DrA04	DrA05	DrA06	DrA07	DrA08	DrA09	DrA10	DrA11	DrA12	DrA13	DrM01	DrM02	DrM03	DrM04	DrM05	DrM06	DrM07	EaN01	EaN02	Fie01	Fie02	Fie03	Fie04	Fie05	Fie06	Fie07	Fie08	Fie09	Fie10	Fie11	Fie12	Fie13	Fie14	Fie15	Fie16	Fie17	Fie18	Fil01	Fil02	Fil03	Fil04	Fil05	Fil06
N	30	12	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	17	10	10	10	10	10	10	10	10
Str591																																																	
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05
148	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
149	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,47	0,25	0,75	0,65	0,05	0,05	0,00	0,10	0,06	0,10	0,10	0,10	0,17	0,00	0,80	0,65	0,00	0,05	0,05	0,45	0,25	0,30	0,05	0,30	0,55	0,00	0,25	0,05	0,10	0,55	0,65	0,05	0,15	0,10	0,55	0,05	0,20	0,10	0,00	0,50	0,00	0,45	0,25	0,20	0,00	0,05	0,05	0,00	0,05
152	0,07	0,13	0,15	0,15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,20	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,20	0,15	0,30	0,05	0,10	0,20	0,00	0,10	0,05	0,00	0,35	0,00	0,30	0,25	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
156	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
164	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,20	0,35	0,15	0,20	0,10	0,05	0,15	0,20	0,20	0,00	0,15	0,20	0,15	0,40	0,15	0,00	0,00	0,10	0,40	0,40	0,25	0,40	0,20	0,30
166	0,35	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,05	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,15	0,20	0,00	0,05	0,20	0,05	0,00	0,10	0,65	0,05	0,65	0,50	0,15	0,05	0,20	0,20	0,50	0,25	0,45	0,45	0,65	0,50	0,00	1,00	0,15	0,25	0,20	0,35	0,55	0,45	0,75	0,50
167	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170	0,00	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,09	0,28	0,10	0,15	0,10	0,22	0,35	0,05	0,05	0,55	0,15	0,25	0,10	0,15	0,10	0,30	0,05	0,15	0,15	0,20	0,10	0,15	0,00	0,10	0,25	0,15	0,05	0,00	0,15	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,05	0,15	0,10	0,25	0,15	0,05	0,05	0,10
172	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
176	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
178	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,10	0,25	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
192	0,00	0,00	0,00	0,10	0,30	0,30	0,15	0,01	0,17	0,10	0,15	0,20	0,17	0,05	0,05	0,10	0,05	0,15	0,15	0,00	0,00	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,05	0,20	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,40	0,69	0,33	0,60	0,15	0,30	0,17	0,15	0,00	0,05	0,00	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,00	0,10	0,06	0,05	0,25	0,00	0,11	0,25	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05	0,11	0,05	0,00	0,00	0,10	0,20	0,05	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
286	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,65	0,65	0,43	0,56	0,84	0,84	0,76	0,51	0,82	0,64	0,89	0,86	0,89	0,82	0,37	0,58	0,65	0,89	0,88	0,74	0,91	0,86	0,87	0,81	0,68	0,54	0,80	0,57	0,71	0,66	0,57	0,82	0,87	0,72	0,63	0,77	0,74	0,57	0,62	0,64	0,00	0,72	0,82	0,78	0,69	0,64	0,66	0,42	0,68
H obs	0,53	0,50	0,50	0,20	0,80	0,90	0,60	0,40	1,00	0,70	0,80	0,60	0,78	0,50	0,30	0,60	0,80	0,80	0,90	0,60	0,90	0,80	0,90	1,00	0,40	0,50	0,90	0,60	0,70	0,50	0,60	0,80	0,90	0,50	0,60	0,50	0,60	0,50	0,50	0,90	0,00	0,70	0,70	0,50	0,30	0,80	0,90	0,30	0,60
Str541																																																	
130	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
132	0,53	0,42	0,95	0,70	0,20	0,10	0,05	0,09	0,00	0,10	0,15	0,15	0,11	0,00	0,60	0,80	0,15	0,00	0,15	0,30	0,25	0,65	0,20	0,55	0,50	0,25	0,35	0,20	0,10	0,75	0,65	0,25	0,25	0,20	0,65	0,05	0,35	0,10	0,10	0,85	0,00	0,80	0,60	0,30	0,00	0,05	0,00	0,05	0,20
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
136	0,43	0,58	0,00	0,30	0,80	0,90	0,95	0,90	1,00	0,90	0,85	0,85	0,83	1,00	0,20	0,20	0,85	1,00	0,85	0,70	0,75	0,35	0,80	0,45	0,50	0,75	0,65	0,80	0,90	0,25	0,25	0,65	0,75	0,80	0,35	0,95	0,65	0,90	0,90	0,15	1,00	0,15	0,40	0,65	0,90	0,95	1,00	0,95	0,80
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,54	0,51	0,10	0,44	0,34	0,19	0,10	0,18	0,00	0,19	0,27	0,27	0,31	0,00	0,59	0,34	0,27	0,00	0,27	0,44	0,39	0,48	0,34	0,52	0,53	0,39	0,48	0,34	0,19	0,39	0,53	0,53	0,39	0,34	0,48	0,10	0,48	0,19	0,19	0,27	0,00	0,35	0,51	0,51	0,19	0,10	0,00	0,10	0,34
H obs	0,50	0,17	0,10	0,40	0,20	0,20	0,10	0,13	0,00	0,20	0,10	0,10	0,22	0,00	0,40	0,20	0,30	0,00	0,30	0,20	0,30	0,50	0,20	0,30	0,40	0,50	0,50	0,20	0,20	0,10	0,30	0,30	0,30	0,20	0,50	0,10	0,50	0,20	0,20	0,30	0,00	0,40	0,40	0,20	0,20	0,10	0,00	0,10	0,40
N moy allèle	1,5	2,5	2,5	4,0	2,5	3,0	2,5	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	2,0	3,5	2,5	2,0	3,5	4,5	5,0	2,5	4,0	2,5	5,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	1,5	1,5	2,5	3,0	2,5	1,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	1,5	1,5
Nt allèle	120	48	40	40	40	40	40	40	36	40	40	40	36	40	40	40	40	40	44	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	68	40	40	40	40	40	40	40	40
N allèle REA	66	19	38	30	5	3	2	4	1	4	5	6	6	0	33	31	3	1	3	15	10	20	5	21	23	5	14	5	4	30	31	14	10	8	28	2	13	5	2	34	0	33	22	13	0	2	2	1	6
Taux REA	55	40	95	75	13	8	5	10	3	10	13	15	17	0	83	78	8	3	10	38	25	50	13	53	58	13	35	13	10	75	78	35	25	20	70	5	33	13	5	85	0	83	55	33	0	5	5	3	15

POP	Fil07	Fil08	**Fil09**	Fil10	Fil11	FnZ01	FnZ02	FoS01	**FoS02**	**FoS03**	Gif01	Gif02	Gif03	Gif04	Gif05	Gif06	Gif07	Gif08	Gif09	Gif10	Gif11	Gif12	Gif13	Gif14	Gif15	Gif16	Gif17	Gif18	LcA01	LcA02	LcA03	LcA04	LcA05	Men01	Men02	Men03	Men04	Men05	Men06	Men07	Men08	Men09	Men10	Men11	Men12	MoF01	Mor01	Mor02	Mor03
N	10	10	**10**	10	10	10	10	9	**10**	**10**	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10
Str591																																																	
134	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
148	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
149	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,35	0,80	**0,05**	0,40	0,25	0,70	0,95	0,39	**0,10**	**0,10**	0,35	0,40	0,75	0,65	0,75	0,61	0,70	0,60	0,30	0,65	0,27	0,65	0,80	0,75	0,80	0,65	0,45	0,67	0,70	0,20	0,40	0,75	0,45	0,45	0,20	0,30	0,35	0,45	0,50	0,65	0,25	0,35	0,30	0,33	0,60	0,70	0,60	0,65	0,15
152	0,15	0,10	**0,00**	0,20	0,10	0,25	0,00	0,06	**0,05**	**0,00**	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,22	0,10	0,15	0,15	0,15	0,36	0,20	0,05	0,05	0,05	0,00	0,30	0,11	0,30	0,05	0,05	0,20	0,30	0,15	0,25	0,05	0,15	0,10	0,05	0,10	0,20	0,25	0,05	0,11	0,00	0,15	0,05	0,20	0,10
156	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,05**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
162	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
164	0,00	0,00	**0,15**	0,10	0,25	0,00	0,00	0,00	**0,10**	**0,15**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,20	0,00	0,05	0,00	0,20	0,05	0,10	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05
166	0,50	0,00	**0,70**	0,30	0,40	0,00	0,00	0,11	**0,05**	**0,15**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,36	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,05	0,15	0,00	0,05	0,30	0,05	0,00	0,10	0,00	0,10	0,20	0,00	0,22	0,25	0,00	0,20	0,05	0,60
167	0,00	0,10	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170	0,00	0,00	**0,10**	0,00	0,00	0,05	0,00	0,06	**0,30**	**0,15**	0,30	0,45	0,15	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,35	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20	0,25	0,00	0,05	0,10	0,05	0,15	0,10	0,30	0,10	0,00	0,20	0,00	0,15	0,06	0,00	0,00	0,10	0,05	0,10
172	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	**0,15**	**0,20**	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,10	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
176	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	**0,20**	**0,20**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,15	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
178	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
182	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	**0,00**	**0,00**	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,10	0,05	0,00	0,10	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,25	0,17	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
192	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,10	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00
200	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,05**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
216	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
286	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,64	0,36	**0,50**	0,74	0,74	0,47	0,10	0,79	**0,86**	**0,88**	0,79	0,66	0,43	0,55	0,45	0,60	0,51	0,63	0,78	0,57	0,69	0,56	0,35	0,44	0,37	0,54	0,73	0,56	0,44	0,81	0,77	0,42	0,72	0,78	0,86	0,82	0,86	0,72	0,75	0,57	0,87	0,79	0,84	0,83	0,59	0,49	0,62	0,56	0,63
H obs	0,60	0,20	**0,50**	0,80	0,40	0,40	0,10	0,89	**1,00**	**1,00**	0,70	0,60	0,40	0,50	0,50	0,67	0,50	0,60	0,90	0,40	0,73	0,60	0,40	0,50	0,40	0,40	0,70	0,67	0,20	1,00	0,70	0,50	0,80	0,90	0,80	0,80	0,70	0,70	0,60	0,50	0,80	0,70	0,50	0,89	0,70	0,40	0,70	0,60	0,80
Str541																																																	
130	0,05	0,05	**0,00**	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,05	0,00
132	0,40	0,95	**0,20**	0,60	0,25	0,75	0,90	0,39	**0,15**	**0,15**	0,65	0,50	0,65	0,85	0,75	0,65	0,85	0,65	0,50	0,80	0,50	0,75	0,75	1,00	0,80	0,85	0,75	0,80	0,90	0,40	0,25	1,00	0,70	0,30	0,30	0,25	0,45	0,40	0,55	0,75	0,50	0,55	0,60	0,44	0,70	0,70	0,70	0,65	0,35
134	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
136	0,55	0,00	**0,80**	0,35	0,75	0,25	0,10	0,61	**0,85**	**0,85**	0,35	0,50	0,35	0,15	0,20	0,35	0,15	0,35	0,50	0,15	0,50	0,25	0,25	0,00	0,00	0,05	0,25	0,20	0,00	0,60	0,70	0,00	0,30	0,70	0,70	0,75	0,55	0,55	0,45	0,20	0,50	0,45	0,40	0,56	0,25	0,25	0,30	0,30	0,65
138	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,56	0,10	**0,34**	0,54	0,39	0,39	0,19	0,50	**0,27**	**0,27**	0,48	0,53	0,48	0,27	0,42	0,48	0,27	0,48	0,53	0,35	0,52	0,39	0,39	0,00	0,35	0,28	0,39	0,34	0,19	0,51	0,47	0,00	0,44	0,44	0,44	0,39	0,52	0,56	0,52	0,42	0,53	0,52	0,51	0,52	0,47	0,47	0,44	0,51	0,48
H obs	0,40	0,10	**0,40**	0,60	0,30	0,50	0,20	0,33	**0,30**	**0,30**	0,30	0,60	0,50	0,30	0,50	0,30	0,30	0,30	0,60	0,40	0,27	0,10	0,30	0,00	0,40	0,30	0,10	0,40	0,20	0,40	0,30	0,00	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30	0,60	0,30	0,20	0,22	0,40	0,40	0,60	0,50	0,50
N moy allèle	3,5	2,5	**2,0**	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	**2,0**	**2,5**	3,0	3,5	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,5	4,0	2,0	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	4,0	4,0	2,5	3,5	1,0	3,0	2,5	2,5	2,5	4,0	3,0	3,5	2,0	2,0	2,5	3,0	2,0	3,5	4,0	3,0	3,0	1,5	1,5	2,5
Nt allèle	40	40	40	40	40	40	40	36	**40**	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	44	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	36	40	40	40	40	40
N allèle REA	19	38	**5**	25	11	34	38	17	**6**	**5**	21	20	30	34	32	31	33	28	19	34	21	32	32	37	38	37	30	34	40	13	15	39	29	18	15	12	19	20	24	31	19	23	19	16	27	32	27	31	12
Taux REA	48	95	**13**	63	27	85	95	42	**15**	**13**	53	50	75	85	80	77	83	70	48	85	47	80	80	93	95	93	75	85	100	33	38	98	73	45	38	30	48	50	60	78	48	58	48	44	68	80	68	78	30

POP	Pam01	Pam02	ReD01	ReD02	ReD03	ReD04	Uss01	Uss02	**Uss03**	**Uss04**	Uss05	**Uss06**	Uss08	**Uss09**	Uss10
N	10	10	10	10	10	10	10	10	**10**	**10**	10	**10**	10	**10**	10
Str591															
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
146	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,10	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
148	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
149	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
150	0,75	0,60	0,60	0,80	0,90	0,80	0,70	0,70	**0,05**	**0,05**	0,15	**0,05**	0,50	**0,15**	0,60
152	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00	0,05	0,25	0,10	**0,00**	**0,15**	0,30	**0,10**	0,10	**0,05**	0,25
156	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
164	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	**0,00**	**0,15**	0,15	**0,10**	0,00	**0,20**	0,00
166	0,05	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,05	0,00	**0,40**	**0,55**	0,15	**0,55**	0,40	**0,50**	0,10
167	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
168	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
170	0,00	0,05	0,25	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
172	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
176	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,15**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
178	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	**0,05**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,05
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,15**	**0,05**	0,05	**0,00**	0,00	**0,10**	0,00
188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
190	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
192	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
194	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,05**	**0,00**	0,05	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
198	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,10**	0,00	**0,00**	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,10**	**0,05**	0,05	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,05	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,05**	**0,00**	0,05	**0,10**	0,00	**0,00**	0,00
216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
286	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
H n.b	0,44	0,62	0,59	0,36	0,19	0,36	0,47	0,51	**0,82**	**0,68**	0,87	**0,69**	0,61	**0,71**	0,59
H obs	0,50	0,80	0,70	0,20	0,20	0,10	0,30	0,50	**0,80**	**0,60**	0,80	**0,80**	0,70	**0,70**	0,70

Str541															
130	0,00	0,00	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	**0,05**	**0,00**	0,05	**0,00**	0,00	**0,00**	0,10
132	0,80	0,75	0,90	0,70	0,70	0,70	0,85	0,90	**0,30**	**0,25**	0,35	**0,35**	0,65	**0,25**	0,70
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
136	0,20	0,25	0,05	0,25	0,10	0,25	0,10	0,05	**0,65**	**0,75**	0,60	**0,65**	0,35	**0,75**	0,20
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
H n.b	0,34	0,39	0,19	0,47	0,48	0,47	0,28	0,19	**0,51**	**0,39**	0,54	**0,48**	0,48	**0,39**	0,48
H obs	0,20	0,50	0,20	0,10	0,40	0,40	0,30	0,20	**0,60**	**0,30**	0,50	**0,50**	0,50	**0,50**	0,40

N moy allèle	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	2,5	2,5	**3,5**	**1,5**	1,5	**4,0**	2,5	**3,5**	2,5

Nt allèle	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
N allèle REA	33	29	33	33	36	31	38	38	**8**	**9**	17	10	25	**9**	33
Taux REA	83	73	83	83	90	78	93	93	**20**	**23**	43	**25**	63	**23**	83

ANNEXE 3

POP	Arl 03	Arl 04	Arl 05	Bor 02	Bor 03	Bor 04	Bor 05	Bor 09	Chr 01	Chr 12	DrA 03	DrA 04	DrA 05	DrA 06	DrA 07	DrA 08	DrA 09	DrA 10	DrA 11	DrM 01
N	12	24	12	14	10	16	30	20	37	28	30	30	40	29	29	30	30	30	30	19
Str591																				
146	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
150	0,25	0,08	0,08	0,07	0,00	0,00	0,05	0,18	0,04	0,07	0,03	0,07	0,10	0,03	0,07	0,05	0,15	0,17	0,00	0,05
152	0,04	0,13	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
164	0,17	0,23	0,08	0,04	0,10	0,06	0,03	0,08	0,16	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
166	0,21	0,17	0,38	0,32	0,10	0,19	0,33	0,35	0,77	0,50	0,00	0,03	0,01	0,05	0,03	0,10	0,07	0,05	0,00	0,18
168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170	0,17	0,25	0,13	0,07	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,09	0,23	0,27	0,09	0,24	0,10	0,15	0,17	0,13	0,23	0,24
172	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
176	0,04	0,13	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00
186	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,00	0,00	0,03
188	0,00	0,00	0,00	0,29	0,30	0,16	0,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,08	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,08	0,02	0,05
192	0,08	0,00	0,00	0,18	0,50	0,50	0,47	0,20	0,00	0,00	0,15	0,12	0,01	0,09	0,16	0,08	0,13	0,10	0,05	0,16
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
194	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,33	0,69	0,36	0,48	0,28	0,20	0,18	0,25	0,08
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
198	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,05	0,10	0,14	0,07	0,18	0,05	0,10	0,25	0,08
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,09	0,03	0,05	0,10	0,13	0,08	0,08
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
212	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,86	0,84	0,80	0,80	0,67	0,70	0,67	0,81	0,38	0,71	0,81	0,81	0,51	0,79	0,73	0,85	0,89	0,89	0,82	0,88
H obs	0,83	0,79	0,75	0,79	0,90	0,56	0,57	0,70	0,41	0,75	0,87	0,80	0,40	0,79	0,76	0,77	0,57	0,80	0,80	0,74
Str542																				
99	0,46	0,38	0,25	0,75	0,70	0,72	0,65	0,63	0,76	0,77	0,20	0,25	0,01	0,22	0,36	0,37	0,25	0,30	0,18	0,21
101	0,04	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,15	0,13	0,60	0,60	0,89	0,72	0,48	0,38	0,40	0,35	0,58	0,53
105	0,17	0,23	0,35	0,07	0,30	0,25	0,12	0,15	0,00	0,02	0,15	0,03	0,00	0,03	0,07	0,15	0,18	0,18	0,18	0,21
130	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00
132	0,29	0,27	0,40	0,14	0,00	0,03	0,22	0,23	0,09	0,09	0,05	0,12	0,09	0,02	0,09	0,10	0,15	0,13	0,05	0,05
H n.b	0,70	0,74	0,69	0,43	0,44	0,43	0,53	0,55	0,40	0,39	0,58	0,57	0,21	0,43	0,63	0,70	0,73	0,75	0,60	0,65
H obs	0,33	0,75	0,90	0,29	0,60	0,44	0,40	0,20	0,41	0,32	0,63	0,60	0,15	0,48	0,66	0,57	0,70	0,80	0,60	0,68
OMM1105																				
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
142	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
146	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,07	0,00	0,03	0,11	0,03	0,05	0,03	0,02	0,08
154	0,00	0,00	0,23	0,11	0,05	0,13	0,00	0,03	0,11	0,16	0,00	0,00	0,19	0,05	0,07	0,03	0,03	0,03	0,00	0,05
158	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,27	0,22	0,56	0,28	0,14	0,13	0,17	0,28	0,28	0,00
162	0,04	0,00	0,05	0,29	0,25	0,16	0,32	0,13	0,03	0,02	0,08	0,00	0,13	0,16	0,05	0,08	0,05	0,08	0,12	0,13
166	0,08	0,15	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,03	0,00
170	0,04	0,08	0,05	0,29	0,10	0,28	0,22	0,33	0,16	0,09	0,03	0,03	0,00	0,05	0,02	0,07	0,03	0,03	0,00	0,00
174	0,25	0,25	0,00	0,11	0,25	0,03	0,05	0,05	0,30	0,20	0,18	0,00	0,00	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07	0,12	0,13
175	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
178	0,13	0,17	0,00	0,07	0,25	0,28	0,28	0,05	0,12	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
179	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,14	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
183	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,18	0,15	0,01	0,14	0,09	0,15	0,12	0,15	0,18	0,05
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03
194	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,02	0,11
198	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0,14	0,13	0,03	0,03	0,08	0,03
202	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,03	0,09	0,08	0,07	0,00	0,03	0,00
206	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,09	0,02	0,20	0,00	0,00	0,17	0,27	0,00	0,10	0,13	0,13	0,15	0,05	0,05	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
218	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
222	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
226	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
230	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
234	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
237	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
241	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
245	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
249	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
257	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
261	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
265	0,08	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
269	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
273	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
277	0,00	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00
281	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
285	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,05	0,00	0,03
289	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00
293	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
297	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
299	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
301	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
303	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
307	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
309	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
311	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
313	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
435	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,92	0,88	0,81	0,83	0,84	0,82	0,78	0,85	0,85	0,90	0,84	0,86	0,64	0,87	0,92	0,91	0,93	0,88	0,86	0,92
H obs	0,83	0,71	0,73	0,93	0,70	0,81	0,67	0,85	0,89	0,82	0,80	0,83	0,63	0,79	0,96	0,90	0,87	0,90	0,87	1,00
OMM1172																				
99	0,58	0,81	0,70	0,89	0,75	1,00	0,87	0,78	0,92	0,82	0,62	0,48	0,10	0,40	0,55	0,47	0,50	0,38	0,57	0,63
100	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,00	0,03
101	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
103	0,04	0,08	0,20	0,04	0,25	0,00	0,02	0,00	0,04	0,07	0,32	0,37	0,82	0,60	0,40	0,47	0,38	0,42	0,43	0,34
104	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
110	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
112	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
114	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
116	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
118	0,13	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00
120	0,04	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
122	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
124	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
126	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
128	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
132	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,66	0,34	0,49	0,21	0,39	0,00	0,25	0,40	0,16	0,32	0,53	0,64	0,32	0,49	0,55	0,57	0,61	0,68	0,50	0,50
H obs	0,58	0,38	0,40	0,14	0,30	0,00	0,23	0,20	0,16	0,29	0,57	0,63	0,28	0,52	0,62	0,57	0,50	0,63	0,47	0,53

POP	DrM 02	DrM 03	DrM 07	Fie 04	Fie 11	Fie 14	Fie 16	Fil 01	Fil 02	Fil 03	Fil 04	Uss 03	Uss 04	Uss 05	Uss 06	Uss 09	AILLON	AZOLIN	GOURNAY	CBS
N	17	36	19	26	30	13	17	18	30	22	13	11	16	13	11	12	24	30	35	29
Str591																				
146	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
150	0,06	0,10	0,11	0,06	0,02	0,00	0,00	0,14	0,07	0,07	0,08	0,09	0,06	0,23	0,09	0,13	0,63	0,78	0,79	0,41
152	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	0,23	0,14	0,04	0,33	0,22	0,21	0,00
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
164	0,00	0,00	0,00	0,10	0,27	0,35	0,00	0,42	0,38	0,32	0,35	0,00	0,19	0,12	0,09	0,21	0,00	0,00	0,00	0,09
166	0,09	0,22	0,16	0,69	0,43	0,54	1,00	0,28	0,37	0,52	0,50	0,45	0,44	0,19	0,50	0,50	0,02	0,00	0,00	0,09
168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170	0,32	0,24	0,11	0,08	0,20	0,08	0,00	0,06	0,17	0,09	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
172	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
174	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
176	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
182	0,03	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,03	0,04	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,02
188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
192	0,18	0,17	0,13	0,08	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0,12	0,07	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,06	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200	0,06	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
212	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,85	0,86	0,89	0,51	0,71	0,61	0,00	0,73	0,70	0,63	0,65	0,78	0,77	0,87	0,73	0,71	0,51	0,35	0,34	0,77
H obs	0,76	0,81	0,95	0,46	0,50	0,54	0,00	0,67	0,57	0,68	0,77	0,64	0,75	0,77	0,82	0,67	0,58	0,37	0,37	0,79
Str542																				
99	0,12	0,08	0,18	0,79	0,78	0,69	1,00	0,53	0,75	0,73	0,88	0,36	0,38	0,21	0,23	0,50	0,00	0,00	0,00	0,53
101	0,59	0,53	0,42	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,41	0,25	0,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,05
105	0,18	0,22	0,24	0,12	0,10	0,19	0,00	0,19	0,13	0,23	0,08	0,09	0,00	0,08	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
132	0,12	0,17	0,16	0,10	0,10	0,12	0,00	0,25	0,12	0,05	0,04	0,27	0,22	0,42	0,41	0,25	0,94	1,00	1,00	0,33
H n.b	0,61	0,65	0,73	0,36	0,37	0,49	0,00	0,64	0,41	0,43	0,22	0,77	0,67	0,74	0,73	0,65	0,12	0,00	0,00	0,61
H obs	0,59	0,72	0,74	0,31	0,37	0,54	0,00	0,50	0,47	0,36	0,23	0,82	0,44	0,67	0,73	0,58	0,13	0,00	0,00	0,70
OMM1105																				
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
142	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	0,17	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
154	0,03	0,06	0,03	0,08	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,12	0,09	0,13	0,00	0,00	0,00	0,03
158	0,24	0,15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,62	0,14	0,07	0,10	0,04	0,09	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
162	0,12	0,04	0,06	0,06	0,13	0,13	0,00	0,08	0,05	0,12	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
166	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,25	0,13	0,12	0,04	0,09	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
170	0,00	0,01	0,00	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,03	0,01	0,11	0,15	0,25	0,25	0,00	0,08	0,17	0,26	0,12	0,23	0,17	0,12	0,18	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
175	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00
178	0,00	0,00	0,00	0,42	0,40	0,46	0,38	0,11	0,40	0,26	0,42	0,41	0,17	0,15	0,41	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
179	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
182	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,04	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
183	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00
186	0,18	0,22	0,19	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,13	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
194	0,09	0,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,15	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
206	0,12	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
214	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
218	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08
222	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
226	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
230	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
234	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
237	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,08	0,09	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,22	0,18	0,10
245	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00
249	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
257	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03	0,00
261	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,02	0,00
265	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,12	0,00	0,04	0,13	0,13	0,27	0,07
269	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,04	0,05	0,00	0,02	0,12	0,03	0,00
273	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
277	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	0,05	0,04	0,00	0,07	0,04	0,00	0,04	0,13	0,00	0,08	0,05
281	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,05	0,00
285	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,07	0,08	0,00	0,00
289	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,00	0,06	0,00
293	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,00	0,00
297	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,05	0,00
299	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
301	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
303	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
307	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
309	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
311	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00
313	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
435	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,05	0,00
H n.b	0,88	0,89	0,91	0,78	0,77	0,74	0,49	0,90	0,79	0,84	0,81	0,79	0,94	0,95	0,81	0,82	0,94	0,89	0,87	0,92
H obs	0,71	0,67	0,83	0,85	0,83	0,83	0,65	0,83	0,70	0,95	0,92	0,36	0,80	0,92	0,73	0,92	1,00	0,80	0,85	0,93
OMM1172																				
99	0,59	0,69	0,55	0,96	0,90	1,00	1,00	0,69	0,90	0,93	0,88	0,77	0,44	0,42	0,68	0,75	0,00	0,00	0,00	0,17
100	0,00	0,06	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,05	0,04	0,00	0,06	0,08	0,00	0,04	0,22	0,32	0,07	0,03
101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
103	0,35	0,19	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
104	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,05	0,06	0,23	0,05	0,08	0,17	0,25	0,26	0,15
110	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
112	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,11	0,00	0,10	0,03
114	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,11	0,03	0,01	0,00
118	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09	0,00	0,09	0,00	0,13	0,17	0,10	0,00
122	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,05
124	0,06	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,09	0,09	0,04	0,00	0,08	0,07	0,08	0,09	0,00
126	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
128	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,07	0,15	0,32	0,03
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
132	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
140	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,54	0,48	0,61	0,08	0,19	0,00	0,00	0,51	0,19	0,13	0,22	0,41	0,77	0,77	0,54	0,44	0,89	0,79	0,80	0,81
H obs	0,41	0,39	0,79	0,08	0,20	0,00	0,00	0,44	0,20	0,14	0,23	0,36	0,81	0,69	0,45	0,42	0,83	0,77	0,76	0,83

En rouge : les allèles considérés REM

En bleu : les allèles considérés REA

POP	Arl 03	Arl 04	Arl 05	Bor 02	Bor 03	Bor 04	Bor 05	Bor 09	Chr 01	Chr 12	DrA 03	DrA 04	DrA 05	DrA 06	DrA 07	DrA 08	DrA 09	DrA 10	DrA 11	DrM 01
N	12	24	12	14	10	16	30	20	37	28	30	30	40	29	29	30	30	30	30	19
OMM1443																				
156	0,08	0,17	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,03	0,06	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	0,17	0,15	0,00	0,14	0,20	0,09	0,12	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
166	0,29	0,33	0,30	0,43	0,65	0,59	0,52	0,38	0,71	0,57	0,55	0,63	0,74	0,59	0,61	0,50	0,53	0,52	0,70	0,37
168	0,13	0,06	0,00	0,36	0,15	0,16	0,15	0,18	0,10	0,16	0,40	0,27	0,20	0,41	0,38	0,40	0,30	0,28	0,28	0,53
170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,00	0,10	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
176	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
180	0,13	0,04	0,35	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
204	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
206	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
208	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
216	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
218	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
222	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
224	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,08
226	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
228	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
230	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
232	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
236	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
240	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
242	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
244	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
246	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
298	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,88	0,84	0,73	0,69	0,54	0,62	0,70	0,80	0,49	0,62	0,55	0,53	0,42	0,49	0,50	0,60	0,63	0,66	0,44	0,60
H obs	0,75	0,92	0,90	0,71	0,70	0,69	0,60	0,90	0,44	0,64	0,60	0,50	0,43	0,48	0,57	0,50	0,50	0,70	0,27	0,47
OMM1154																				
116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
122	0,21	0,10	0,08	0,07	0,00	0,00	0,07	0,20	0,01	0,07	0,02	0,08	0,09	0,00	0,03	0,03	0,05	0,13	0,00	0,03
128	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
130	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
132	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00
141	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	0,13	0,29	0,38	0,04	0,15	0,06	0,02	0,08	0,34	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
189	0,13	0,17	0,08	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,26	0,27	0,03	0,00	0,00	0,12	0,02	0,02	0,13	0,12	0,08	0,05
191	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,10	0,07	0,13
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,12	0,05	0,05	0,07	0,12	0,10	0,12	0,17	0,26
195	0,25	0,19	0,21	0,14	0,15	0,44	0,32	0,25	0,04	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
197	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
199	0,00	0,04	0,04	0,07	0,00	0,00	0,02	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
201	0,08	0,10	0,21	0,18	0,35	0,16	0,28	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
207	0,04	0,10	0,00	0,50	0,35	0,31	0,22	0,28	0,00	0,09	0,77	0,70	0,85	0,81	0,81	0,75	0,57	0,43	0,67	0,53
209	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
H n.b	0,88	0,84	0,79	0,71	0,75	0,70	0,78	0,82	0,77	0,87	0,41	0,50	0,27	0,33	0,34	0,42	0,65	0,77	0,52	0,65
H obs	0,83	0,88	0,75	0,71	0,70	0,81	0,83	0,60	0,65	0,96	0,37	0,40	0,18	0,34	0,34	0,37	0,50	0,77	0,57	0,63
0MM1164																				
100	0,00	0,00	0,00	0,21	0,11	0,03	0,07	0,10	0,00	0,00	0,35	0,18	0,04	0,12	0,14	0,27	0,20	0,15	0,18	0,11
101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,02	0,00
102	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
104	0,04	0,00	0,21	0,18	0,33	0,38	0,17	0,13	0,82	0,55	0,28	0,45	0,26	0,41	0,36	0,25	0,30	0,20	0,17	0,32
105	0,63	0,65	0,71	0,54	0,56	0,56	0,68	0,50	0,14	0,27	0,30	0,22	0,20	0,26	0,43	0,30	0,27	0,40	0,58	0,42
107	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,39	0,17	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,13
180	0,04	0,13	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,18	0,00	0,05	0,07	0,07	0,03	0,02	0,02	0,00	0,10	0,12	0,00	0,03
181	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
182	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
184	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
187	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,04	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00
188	0,17	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00
189	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
H n.b	0,59	0,56	0,47	0,65	0,60	0,56	0,51	0,71	0,31	0,63	0,71	0,72	0,75	0,73	0,67	0,78	0,80	0,77	0,61	0,71
H obs	0,42	0,46	0,58	0,29	0,67	0,44	0,40	0,65	0,19	0,64	0,67	0,73	0,90	0,90	0,55	0,80	0,60	0,83	0,53	0,68
N allèle	8,6	7,7	5,0	5,6	3,6	4,4	7,4	7,9	7,3	8,0	6,3	8,4	6,3	5,4	6,9	8,0	10,0	9,9	6,0	6,4

POP	DrM 02	DrM 03	DrM 07	Fie 04	Fie 11	Fie 14	Fie 16	Fil 01	Fil 02	Fil 03	Fil 04	Uss 03	Uss 04	Uss 05	Uss 06	Uss 09	AILLON	AZOLIN	GOURNAY	CBS
N	17	36	19	26	30	13	17	18	30	22	13	11	16	13	11	12	24	30	35	29
OMM1443																				
156	0,00	0,00	0,03	0,17	0,32	0,31	0,26	0,11	0,20	0,34	0,31	0,23	0,22	0,08	0,14	0,08	0,00	0,00	0,00	0,36
160	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,08	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
166	0,59	0,28	0,75	0,52	0,40	0,50	0,68	0,33	0,28	0,25	0,38	0,41	0,44	0,23	0,55	0,50	0,00	0,00	0,00	0,36
168	0,35	0,56	0,17	0,15	0,13	0,19	0,00	0,06	0,05	0,11	0,15	0,23	0,06	0,08	0,05	0,25	0,02	0,00	0,01	0,03
170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,17	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
176	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
180	0,00	0,06	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,04	0,00	0,09	0,12	0,14	0,04	0,17	0,24	0,03	0,14
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
198	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,10	0,39	0,00
200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,19	0,04	0,00
202	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,05	0,00	0,12	0,12	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
206	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
208	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02
214	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,00	0,09	0,03
218	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
220	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
222	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00
224	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,05	0,04	0,10	0,09	0,09	0,00
226	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,12	0,00	0,00	0,07	0,16	0,11	0,00
228	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
230	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,05	0,06	0,08	0,00	0,04	0,02	0,07	0,03	0,00
232	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
236	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
240	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
242	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
244	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
246	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
298	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,54	0,61	0,42	0,68	0,73	0,64	0,48	0,86	0,84	0,80	0,75	0,76	0,76	0,92	0,69	0,70	0,92	0,86	0,82	0,73
H obs	0,41	0,59	0,50	0,73	0,60	0,62	0,65	0,83	0,87	0,68	0,92	0,73	0,69	0,77	0,73	0,75	0,86	0,93	0,86	0,62
OMM1154																				
116	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,01	0,00
120	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00
121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
122	0,06	0,04	0,08	0,04	0,03	0,00	0,00	0,22	0,07	0,05	0,12	0,09	0,03	0,19	0,23	0,08	0,56	0,50	0,71	0,23
128	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
130	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,08	0,00	0,08	0,17	0,17	0,21	0,08
132	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,09	0,19	0,19	0,05	0,08	0,17	0,20	0,01	0,00
141	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00	0,19	0,28	0,20	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
189	0,09	0,04	0,08	0,17	0,10	0,12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,18	0,06	0,04	0,05	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
191	0,00	0,01	0,08	0,12	0,07	0,12	0,00	0,00	0,03	0,16	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,35	0,39	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,06	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,32
195	0,00	0,01	0,00	0,52	0,60	0,58	0,00	0,42	0,42	0,34	0,50	0,00	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08
197	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
199	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,08	1,00	0,06	0,17	0,16	0,23	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
201	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,14	0,04	0,00	0,00	0,00	0,20
202	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
207	0,50	0,40	0,58	0,02	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,45	0,44	0,35	0,55	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
209	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,63	0,69	0,64	0,69	0,62	0,65	0,00	0,75	0,72	0,81	0,70	0,77	0,77	0,82	0,66	0,82	0,63	0,68	0,45	0,80
H obs	0,53	0,56	0,58	0,54	0,57	0,54	0,00	0,78	0,67	0,68	0,46	0,82	0,81	0,69	0,36	0,92	0,58	0,60	0,46	0,80
0MM1164																				
100	0,29	0,18	0,21	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
102	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
103	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,25	0,04	0,09	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
104	0,18	0,31	0,32	0,17	0,05	0,19	0,00	0,03	0,07	0,02	0,29	0,14	0,25	0,04	0,18	0,13	0,00	0,00	0,00	0,32
105	0,44	0,40	0,34	0,79	0,90	0,81	1,00	0,72	0,87	0,89	0,67	0,27	0,19	0,38	0,32	0,33	0,00	0,00	0,00	0,38
107	0,06	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,13	0,12	0,18	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
180	0,03	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	0,05	0,04	0,00	0,06	0,23	0,05	0,00	0,60	0,34	0,66	0,22
181	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,04	0,00	0,13	0,06	0,00	0,07	0,03
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,06	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,08	0,08	0,07	0,03	0,00
185	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,22	0,00	0,00
187	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03
188	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,09	0,00	0,04	0,09	0,04	0,15	0,33	0,17	0,02
189	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H n.b	0,70	0,72	0,75	0,35	0,19	0,32	0,00	0,48	0,25	0,22	0,49	0,88	0,84	0,81	0,84	0,83	0,61	0,73	0,54	0,72
H obs	0,65	0,72	0,74	0,38	0,13	0,23	0,00	0,33	0,23	0,23	0,67	1,00	0,81	0,77	0,82	0,67	0,63	0,76	0,60	0,77
N allèle	5,9	8,6	7,1	5,9	7,1	3,6	1,4	8,0	6,4	5,9	5,1	6,7	8,6	9,7	6,3	6,6	9,0	5,7	7,0	7,9

ANNEXE 4

Evidence of two contrasted brown trout populations spatially separated in the River Borne (France) and shift in management towards conservation of the native lineage

A. Caudron*+, A. Champigneulle+ and R. Guyomard§

* Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 St Martin Bellevue, France. a.caudron@wanadoo.fr. tel: +33 450469396 fax: +33 450469051.

+ INRA-CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon Cedex, France.

§ INRA Laboratoire de génétique des Poissons, Domaine de Vilvert, 78352 Jouy en Josas.

short title: spatial study of a brown trout population

Abstract

A multidisciplinary study combining allowed to detect two contrasted brown trout (*Salmo trutta*) populations in the River Borne, a typical fast-flowing mountain stream in the Northern French Alps. The following parameters were investigated: 1) the contribution of restocking assessed at stage 0+ and at the adult stage in angling harvest, using otolith fluoromarking, 2) using genotyping to identify a large population of the native Mediterranean lineage and 3) a demographic study of the population *in situ* in the Fall. The findings combine to reveal contrasting situations in two zones of the river, either side of an obstacle that the trout could not get cross. Downstream of the obstacle, the downstream zone of the river harboured an important (around 10,000 adults) natural population of native trout, characterized by having a high level of Mediterranean alleles (82 to 97%), a high trout density (43 to 55 individuals $100m^{-2}$), and predominantly a natural recruitment of juveniles (51 to 82%). In contrast, the trout population in the upstream zone, which was characterized by a high level of domesticated Atlantic alleles (78 to 100%), appeared to be artificially maintained by restocking (90 to 100%), and had a very low density of fish (1 to 2 individuals $100m^{-2}$). The hypothetical explanations of these sharply contrasted situations are discussed in connection with the presence of an impassable obstacle, a catastrophic flooding, an upstream-downstream increasing gradient of the water quality and the stocking and fishing pressure. The results demonstrate that a native and well adapted native population can resist to a sudden and major devastating spate flood and to intensive stockings issued from an alien domestic lineage. This justified a shift of management towards conservation and rehabilitation of the native population. This case study is described and discussed.

Key-words: multidisciplinary study, otolith marking, genetic, conservation, *Salmo trutta*

INTRODUCTION

The brown trout (*Salmo trutta* L.) is the most common salmonid species in Europe. It is of considerable socio-economic interest (angling, symbol of the water quality) and heritage value, due to its great intra-species diversity. In this regard, Bernachez (2001) identified 5 different evolutionary lineages within the range of distribution of this species (Atlantic, Mediterranean, Danubian, Adriatic, Marmoratus), each of which should be viewed as an

evolutionary significant unit or ESU (Waples, 1995). In France, two evolutionary lineages can be distinguished on the basis of several genetic markers (allozymes, mtDNA and nDNA), the Atlantic Lineage (AL) in the Atlantic catchment area, and the Mediterranean lineage (ML) in the Mediterranean catchment area (Guyomard, 1989; Bernatchez *et al*., 1992; Launey *et al*., 2003*a*). For more than a century, the entire French territory has been subjected to intensive restocking with trout alevins derived from domesticated trout of the AL lineage (Krieg & Guyomard, 1985; Launey *et al*., 2003*a*). This systematic restockings have led to the massive introduction of domesticated AL trout into areas naturally inhabited by the ML lineage, as well as to hybridization and/or to the decline or disappearance of native ML populations. Several studies have also revealed the detrimental impact that this restocking with AL can have on the genetic integrity of the native populations of brown trout within the Mediterranean zone (Barbat-Leterrier *et al*., 1989; Guyomard, 1989; Beaudou *et al*., 1994; Largiader *et al*.,1996; Poteaux *et al*., 1998; Berrebi *et al*., 2000).

Furthermore, a synthetic study carried out by 20 geneticists accross Europe (Laikre *et al*., 1999) has highlighted the ecological importance of the various different lineages of the *S. trutta* species for preserving its intra-specific diversity. To protect the biodiversity still present and long-term management of the brown trout species, these authors and Crivelli *et al.*, (2000) stressed the necessity, to manage trout at the population level, rather than at the species level. Native populations having survived in hard environments have a high conservation value for their capability of adaptation. So, the study of such populations in their environmental and managing context has a great scientific interest.

In this perspective, a multidisciplinary study has been undertaken over the huge hydrographic network (3 800 km of river) of Haute-Savoie, which is located in the Northern French Alps in the natural geographic range of the ML. This approach involved: 1) genotyping in order to identify remaining native populations of ML trout and 2) a large-scale assessment of the restocking operations carried out by the fishery managers. This large scale survey of rivers allowed us to select the Borne River as a model river representative of typical hard environment in the mountain context with: strong spates, fragmentation by dams, pollution (generally upstream and linked to ski stations and/or cattle wintering) and high stocking pressure with domestic AL strains. This case study is analysed here by a multidisciplinary approach which was followed by a change in the management practices towards the conservation and rehabilitation of the native ML population.

MATERIALS AND METHODS

DESCRIPTION OF THE SITE STUDIED

The study reported here was carried out on the Borne, which is a major tributary of the Arve, in turn, a tributary of the Rhône. The Borne, located in the Northern French alpine zone, belongs to the geographic range of the Mediterranean lineage (Guyomard, 1989; Bernatchez *et al*., 1992; Estoup *et al*., 2000, Launey *et al*., 2003*a*). This mountain stream is 32 km in length, and has the typical characteristics of a fast-flowing mountain stream in the Northern French alpine zone, with a mean slope of 3·3%. Its catchment area is 158 km², and ranges in altitude from 2750 to 400 meters. The Borne River is fragmented by several artificial impassable (in the upstream direction) dams. A major dam (dam1 in Fig.1) fragments the main river in a dowstream and an upstream zone, this terminology being used in the rest of the text. In relation with the existence of two other impassable dams (2 and 3) located in the lower part of the downstream zone (Fig. 1) the main part of the Borne River is closed, i.e. not connected with the River Arve .

In this type of fast-flowing mountain stream, trout populations can sporadically experience very hard living conditions such as severe flash flooding. A major flooding event, of a type expected every 400 years, occurred in the upper catchment area of the Borne river in July 1987. The flood occurred after a violent storm (rainfall>700mm in a day) hit the upstream part of the catchment area, leading to flow rates of more than 200 m^3/s. By comparison, the annual average flow is 2 m^3/s and the value of the decennial flood is around 75 m^3/s. This violent flooding led to 31 human deaths, major flooding of inhabited zones, numerous landslides and the destruction of roads and bridges. Other impacts on the quality of the water also occuring from the upstream parts of this watercourse are related to the development of tourism and farming activities (long lasting cattle wintering).

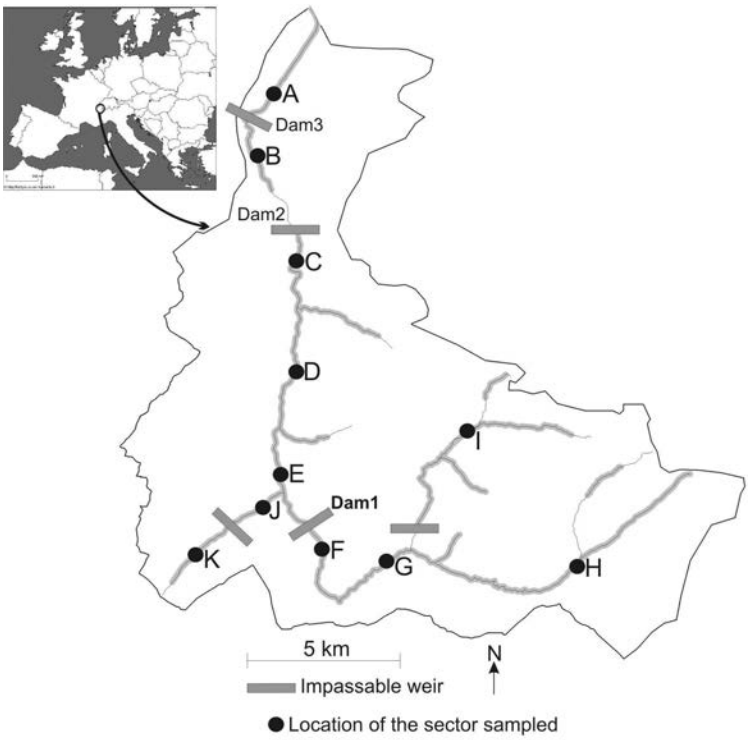


Figure 1. Parts of the Borne catchment which are stocked (highlighting) and sampling sectors (full circle).

TROUT RESTOCKING MEASURES

Stocking in Borne river began in 1913, with the creation of a hatchery at Vizille (department of Isère) that produced trout alevins. Initially, 20,000 alevins per year were stocked, but this was gradually increased to reach several hundred thousand fish. The Figure 2 shows the number of fish introduced after the major flood, between 1988 and 2004. In 1989, 1990 and 1991, the numbers of trout introduced by the fisheries managers were markedly increased to offset the damage caused by the catastrophic flooding in 1987. Most stocking was carried out using 4-5 cm juveniles before the summer, after the snow has melted and the hydrological conditions of the stream have stabilized. In the studied sections, the fish were released throughout all the stream (Fig. 1). Genetic studies showed that the Vizille strain is a domesticated stock of the Atlantic lineage (Launey *et al*., 2003a).

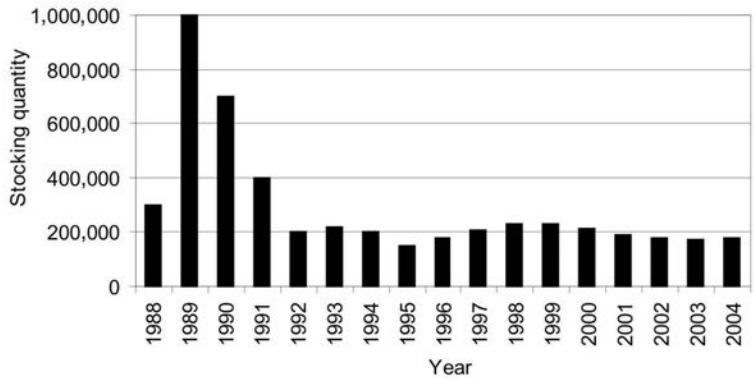


Figure 2. Numbers of brown trout released at fry stage into the Borne River between 1988 and 2004.

INVESTIGATIONS OF THE TROUT POPULATION AT THE SCALE OF THE CATCHMENT AREA

Contribution of restocked fish to stage 0+ and to anglers' catches

For three consecutive years, in 2002, 2003 and 2004, all the alevins released into the environment were marked at the yolk-sack fry stage by means of otolith fluoromarking using alizarin red S (Caudron & Champigneulle, 2006).

In order to determine the relative contributions of natural recruitment and restocking to the 0+ stage, samples of 0+ individuals were collected by electro-fishing in the Fall of 2002. Eight stations located on the main stream of the Borne and its main tributaries were sampled (Table I, Fig. 1). Each station extended a few hundred meters to avoid sampling families and provide a representative sample of the *in-situ* population in the different habitats. In each sector, fish within the size range likely to contain 0+ individuals were randomly sampled. Fish were euthanized with an overdose of clove oil and stored at – 18 °C.

This study of the contribution of restocking to stage 0+ *in situ* was extended to later stages in anglers' catches respecting minimal 23 cm legal size for three consecutive years, 2004, 2005 and 2006. Volunteer anglers provided information about their catches from March to October (date, exact location, and size) and they took the required samples (head and scales). The age of all the individuals sampled, both juveniles and adults, was determined by scalimetry to select only the cohorts potentially marked. For each trout examined, the head was dissected, the otoliths (sagittae) were removed, prepared and examined to see whether they had been marked, using the method described by Caudron and Champigneulle (2006).

Location	Sector	Length (m) of the sector sampled	Stocking contribution	Genotyping	Demography
Main stream	A	650	X	X	X
	B	350	-	X	-
	C	300	X	X	-
	D	200	-	X	X
	E	500	X	X	X
	F	500	X	-	X
	G	400	X	X	X
	H	500	X	X	X
Tributaries	I	500	X	-	-
	J	200	X	X	-
	K	400	-	X	-

Table I. Main characteristics and investigations carried out for each sector sampled.

Identification of native ML populations by genotyping

The samples were obtained by electro-fishing on 9 sectors, 8 of them being in the same places surveyed at 0+ stage (Table I, Fig. 1). A fin clip was kept in 96 % ethanol for genotyping. Ages were determined by scalimetry and 10 individuals at least 2+ in age were genotyped per sector. Genotyping was carried out using markers for two diagnostic microsatellites, Str541 and Str 591, the alleles of which can be unambiguously traced to the AL or ML (Estoup *et al*., 1999, 2000). DNA was extracted using Chelex resin, following the method described by Estoup *et al*. (1996). PCR amplifications were carried out using the method described by Launey *et al*. (2003*b*).

For each sector, the introgression rate was estimated from the mean frequency of the Atlantic alleles at the Str541 and Str591 loci (the number of Atlantic alleles found at Str541 and at Str591 divided by the total number of alleles).

Demographic characteristics of the population

In october 2004, a quantitative inventory of the population *in situ* in the main stream was carried out by electro-fishing six stations (Table I, Fig. 1) . All the fish caught were measured and weighted. The densities and biomasses were estimated at each electrofished station using the two removal method (De Lury ,1947).

DATA ANALYSIS

At each of the sites studied, the contribution of the marked individuals was expressed as a percentage. The 95% confidence intervals of these marking levels were calculated using Beyer's tables (1986). The respective contributions of marked and unmarked fish were compared using a Chi-squared test.

The allele frequencies at each locus, the observed heterozygosity (Hobs) and the unbiased expected heterozygosity (Hnb) were computed using GENETIX 4.05 (Belkhir *et al*., 1996-2004)

The information obtained from anglers' catches was input into a Geographic Information System (GIS) using Mapinfo 7.0 software to provide the mapping of their location.

RESULTS

CONTRIBUTION OF TROUT RESTOCKING TO THE 0+ STAGE IN FALL

In the four upstream sectors of the river (F, G, H, and I), the contributions of restocked individuals evaluated at the 0+ stage in the Fall were very high, ranging from 90 to 100% (Table II). These 4 sectors were all located in the upstream zone of the catchment area, upstream of the dam1 (Fig. 1).

In contrast, the contribution of restocked fish was lower than that of natural recruitment in the downstream sectors A, C, E and J, with values ranging from 0 to 49% (Table II). These contributions were significantly ($P<0.01$) smaller than those in the 4 sectors located in the upstream zone.

Zone identified	Sector	Stocking contribution (%) (n) (CL 95%)	Introgression rate (%)	Demography		
				Surface (m²)	Density (ind 100m⁻²)	Biomass (kg ha⁻¹)
Downstream zone	A	18 (28) (6-40%)	18	1755	14	53
	B	-	10	-	-	-
	C	43 (35) (26-61%)	3	-	-	-
	D	-	5	1475	43	200
	E	49 (70) (34-66%)	8	1060	55	267
	J	0 (48) (0-7%)	10	-	-	-
Upstream zone	F	90 (20) (68-99%)	-	1860	14	73
	G	100 (49) (#100%)	100	1400	1	11
	H	100 (100) (#100%)	78	465	2	21
	I	100 (42) (#100%)	-	-	-	-
	K	-	100	-	-	-

Table II. Restocking contribution measured at stage 0+ in autumn, introgression rate (% of the Atlantic alleles), and the estimated total density estimations and biomasse estimations for each sector. The sectors codes are the same as in Figure 2.

CONTRIBUTION OF RESTOCKED TROUT TO THE ANGLERS' CATCHES

The proportions of marked and unmarked trout caught during the three angling seasons differed strikingly between the upper and lower part of the Borne catchment (22 versus 100%, $P<0.01$; Fig. 3).

The age class contribution to angling catches was also different between zones. Indeed, in the upstream zone most of the fish caught (88%) consisted of young age classes 1+ and 2+, whereas in the downstream zone most of the fish caught (90%) belonged to age classes 2+ and 3+. The percentage of catches at 1+ stage was significantly ($P<0{\cdot}01$) higher in the upstream zone (39%) than in the downstream zone (2%). In contrast, the percentage of trout caught at aged 3+ was significantly ($P<0{\cdot}01$) higher (52%) in the dowstream zone than in the upstream zone (12%) (Fig. 3).

In the upstream zone, all the trout of the three monitored age classes were marked. In contrast, in the downstream zone, the percentage of marked fish per age class was significantly lower ($P<0\ 05$) in the 3+ (7%) than in the 1+ and 2+ age classes (50% and 47% respectively) (Fig. 3). In the downstream zone, for the cohort 2002, there was no significant ($P>0{\cdot}05$) change in marked fish between stage 0+ in the *in-situ* population (37%) and stage 2+ in anglers' catches (53%). The percentage of marked fish in the anglers' catches then dropped down significantly ($P<0{\cdot}01$) to 11% at stage 3+, and to 0% stage 4+ (Fig. 3).

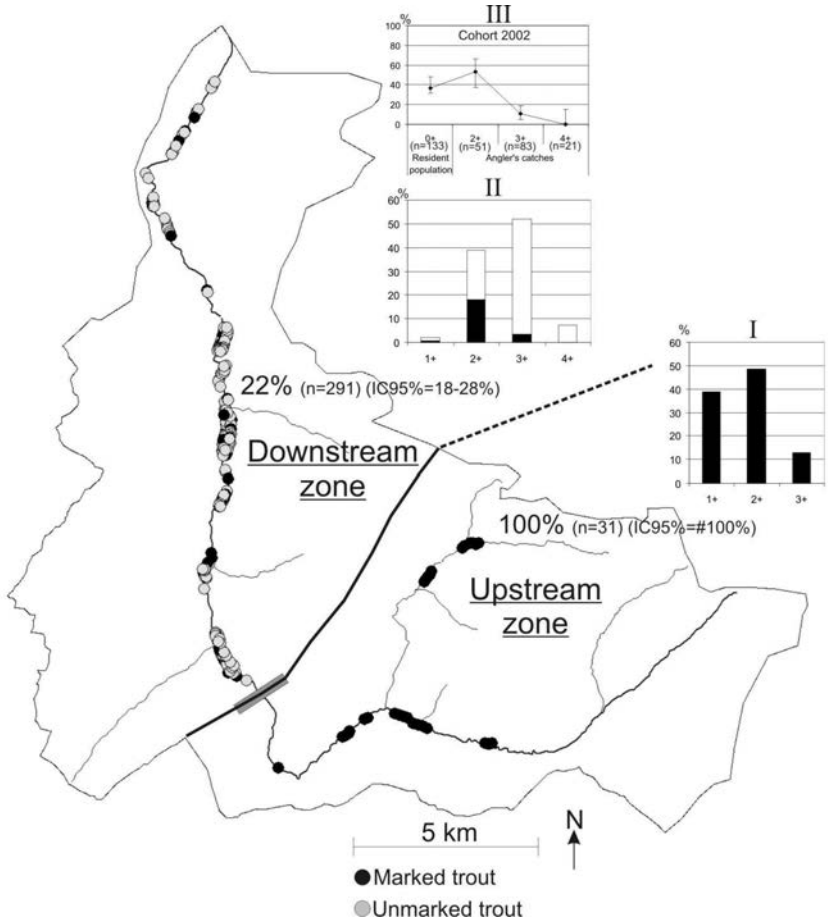


Figure 3. Location and characteristics of the trout caught by anglers during the three fishing seasons of 2004, 2005 and 2006. (I) distribution by age class of the trout angled on the upstream zone; (II) distribution by age class of the trout angled on the downstream zone; (III) change in the proportion of marked fish from the 2002 cohort at stage 0+ in the *in-situ* population and at older stages in the anglers' catches.

RATE OF INTROGRESSION OF THE *IN-SITU* POPULATION

Locus	Hatchery	Samples								
Str591	Stock	A	B	C	D	E	G	H	J	K
150	**0.6333**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.8571**	**0.6000**	**0.0500**	**0.8000**
152	**0.3167**	**0.0556**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.1429**	**0.2500**	**0.0500**	**0.2000**
164	0.0000	0.1111	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.0000	0.0000	0.1500	0.0000
166	0.0333	0.2222	0.3000	0.2000	0.1000	0.1500	0.0000	0.0500	0.3500	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0000
188	0.0000	0.0556	0.0500	0.2000	0.3000	0.1500	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.1500	0.0000	0.1000	0.0000	0.0000	0.1500	0.0000
192	0.0000	0.5556	0.5000	0.3000	0.4500	0.4500	0.0000	0.0000	0.2000	0.0000
194	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0000
H n.b.	0.5014	0.6601	0.6789	0.8368	0.7211	0.7684	0.2637	0.6000	0.8263	0.3368
H obs.	0.5333	0.5556	0.5000	0.6000	0.8000	0.8000	0.2857	0.8000	0.7000	0.4000
Str541										
130	**0.0333**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.2000**
132	**0.9500**	**0.3000**	**0.2000**	**0.0500**	**0.1000**	**0.1500**	**1.0000**	**0.7000**	**0.1000**	**0.8000**
136	0.0167	0.7000	0.8000	0.9500	0.9000	0.8500	0.0000	0.3000	0.9000	0.0000
H n.b.	0.0969	0.4421	0.3368	0.1000	0.1895	0.2684	0.0000	0.4421	0.1895	0.3368
H obs.	0.1000	0.4000	0.4000	0.1000	0.2000	0.3000	0.0000	0.2000	0.0000	0.4000
N allele	3.5	3.5	3.5	4	3.5	4	1.5	3.5	4.5	2

Table III. Allele frequencies observed at the Str591 and Str541 loci in the nine samples studied (n=10 individuals per sector) and in Vizille hatchery stock (according to Launey *et al*., 2003a). In bold: alleles of Atlantic origin. H n.b.: unbiased expected heterozygosity; H obs.: observed heterozygosity; N allele: mean number of alleles per population.

Genetic analyses identified three Atlantic alleles and ten Mediterranean alleles at locus Str591, and two Atlantic alleles and one Mediterranean allele at locus Str541 (Table III).

The low percentages of Atlantic alleles found in 6 sectors (A, B, C, D, E, and J) located in the downstream zone demonstrate the presence of a native ML population with little introgression in the downstream zone of the Borne (Table II and III). In contrast, in three sectors (G, H, and K) located in the upstream zone, the levels of introgression were very high, ranging from 78 to 100%, and were all significantly larger ($P<0{\cdot}01$) than the levels found in the 6 sectors in the downstream zone (Table II and III).

On two sectors (G and K), the findings show that Atlantic alleles 150 and 132 were fixed at loci Str591 and Str541, respectively (Table III).

The findings as a whole indicate, on the one hand, that the native population remains geographically highly localized to the downstream zone of the Borne. In contrast, the trout found on the upstream sectors were of Atlantic origin, and very probably derived from restocking with domesticated AL trout.

The genetic composition at Str541 and Str591 micosatellites of the hatchery stock (Vizille strain) used by fishery managers is indicated in table III.

DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE POPULATION *IN SITU*

In the two upper sectors (G and H) of the upstream zone in the main stream, the demographic investigation indicated that only a very small number of trout was present, with densities of only 1 to 2 individuals per $100m^{-2}$ and low biomasses of 11 to 21 kg ha^{-1}. In contrast, the median sectors D and E in the downstream zone, displayed densities 20 to 40 times greater (43 to 55 individuals $100m^{-2}$) and biomasses 10 to 20 times greater (200 to 267 kg) than in the upstream zone (Table II). Sector F, in the lower part of the upstream zone, is in a slightly better demographic situation than in the median and upper parts of the upstream zone. The sector F shows a density of 14 individuals $100m^{-2}$ and a biomass of 73 kg ha^{-1}, but still far below the values found for sector E, which is located less than 3 km downstream but below the dam1.

The medium results found for sector A (14 individuals $100m^{-2}$ and 53 kg ha^{-1}) should be related to the fact that this sector is in an urban zone with a very deteriorated river habitat.

The densities for different size classes observed (Fig 4) in the Fall, after the fishing season, indicate that, in sectors A, D, and E, size structures were equilibrated with rather good densities (for a mountain mainstream) of young of the year, measuring less than 100 mm. Moreover, there was a good proportion of fish with a length broadly above the minimum legal size of 230 mm in sectors D and E. In contrast, in sectors G and H, no juvenile was caught, and all the fish present were between 170 and 239 mm.

Extrapolation of the density values calculated in electrofished sectors to the surface of the downstream zone led to estimate the size of the adult Mediterranean population to about 10,000 individuals. Most of this ML population inhabited the segment comprised between dam1 and dam3.

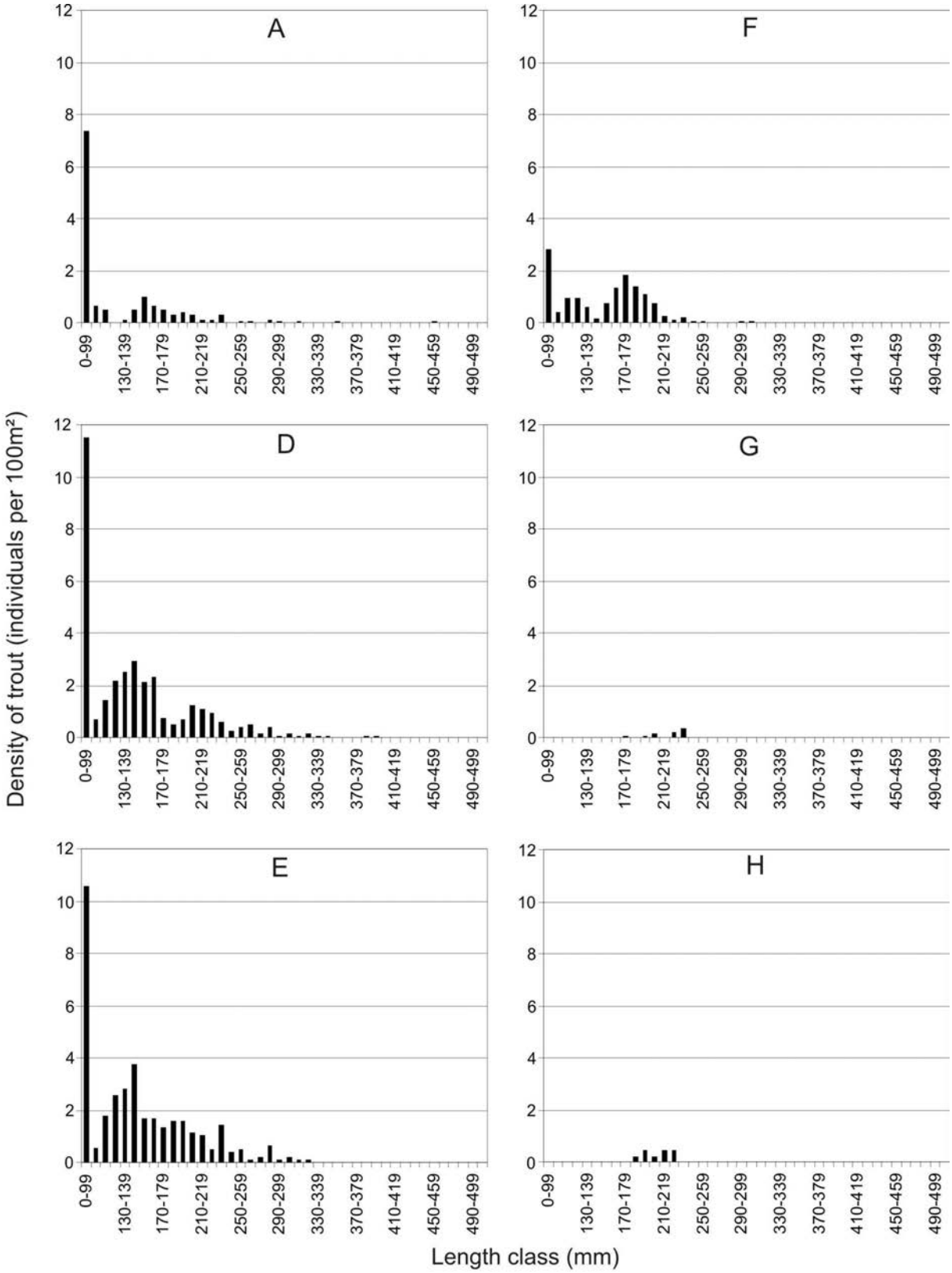


Figure 4. Histogram of densities (individuals/100m²) by size classes of the trout caught by a electric fishing (two passages) of the standing population at six study stations.

DISCUSSION

SPATIAL STRUCTURING OF POPULATIONS IN THE RIVER BORNE

The approach adopted here has made it possible to determine the status and characteristics of the resident trout populations in the Borne catchment area.

All our findings (genotyping, restocking contribution, angling catches and demography) led to recognize two different zones in this catchment area. A downstream zone which has a large (around 10,000 adults) native functional population of native ML trout, with little introgression by AL alleles, is still present in spite of intensive stocking. And An upstream zone which has a small unfunctional population of domesticated AL origin which is mainly maintained by restocking. The boundary between these two zones appeared to be located at the level of an impassable obstacle.

Several factors (alone or in conjunction) could have contributed to this situation: 1) the existence of an impassable obstacle, 2) the occurrence of a major flood triggered upstream in 1987, 3) the poor water quality of the upstream zone and a lower ability of trout to survive at embryo-larval stages, 4) the intensive stocking with domestic AL strains and angling pressure on AL trout at a young age.

The sudden flood that occurred in july 1987 was extremely violent and damages were particularly severe in the upstream zone. However, the impassable obstable prevented the possibitity of recolonization of the upstream zone by trout issued from supposed downstream "refuge" zones. No demographic and genetic data are available before and just after the 1987 floods and it canot be proved that the low population of brown trout in the upstream zone is the result of this flood. Nevertheless, the presence of the native trout in the downtream zone of the Borne river (between dam 1 and dams 2-3) is a proof that this native and closed population resisted to this sudden and major devastating flood. In contrast, the restocking practices after the floods with a very large numbers of AL fish seem to have been inefficient to restore functionnal populations. Major floods can have very destructive effects on salmonid populations (Propst & Stefferud, 1997; Sato, 2006; Vincenzi *et al*., 2008) but it is always difficult to know if the mortality is total or only partial. Several examples of natural recolonisation have been reported after hydrological catastrophes for different salmonid species: *Salmo marmoratus* (Vincenzi *et al*., 2008), *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) (Roghair *et al*., 2002), Gila trout *Oncorhynchus gilae* (Miller) (Propst & Stefferud, 1997), cutthroat trout *Oncorhynchus clarki* (Richardson) (Swanson *et al*., 1998; Lamberti *et al*. 1991). Beaudou *et al*. (1995) reported that the recolonization a Corsican river devastated by flooding was re-colonized by the endemic brow trout population that was refuged in the tributaries rather than the large-scale releases carried out after the flood.

In the present case, apart from the prevention of recolonisation by the native population from the downsream zone due to the obstacle, the failure to develop a functional population in the upstream zone could also result from the poor water quality in winter, i.e. during the development of the very vulnerable embryo-larval stages. A regular monitoring started in 2006 (Caudron, unpublished data) shows that, in G and H sectors, concentrations of ammonium and phosphate in the water during the period of embryo-larval development exceed 1mg/l, a value which can result in massive mortality of the eggs in the gravel beds (Rubin & Glimsäter, 1996; Massa *et al*., 1998 & 2000; Dorioz & Ombredane, 2004; Gillet, personal communication). Since restocking with domesticated AL trout was not able to provide juveniles by natural spawning (100% of 0+ marked), but released alevins did grow correctly is an argument in favour of an early harmful impact of the poor water quality, on the embryo-larval phases. The recent physico-chemical data also show that the high concentrations of ammonium and phosphate gradually decline downstream in sectors F and E

to reach values (<0.3 mg/l) that are consistent with the embryo-larval survival. This implies that there may be a decreasing pollution gradient between the upper and lower parts of the upstream zone. However we still need to find a link between this and an increasing gradient in the functionality of the trout population. Whatever the link is, the water quality in the upstream zone seems to be an important parameter that should be taken into account both in order to explain the current status of the trout population in the catchment area, and also to decide what should be done to conserve and rehabilitate the native population.

The lack of natural recruitment of juveniles issued from this AL population in the upstream zone could also be reinforced by the angling pressure. Indeed the results showed that anglers catches are mainly made at young ages 1+ and 2+ and electrofishing results suggest that there are almost no more 3+ trout in the fall after the angling season. Therefore, few potential mature AL females are still present in the upstream zone at spawning period.

SHIFT IN MANAGEMENT: CONSERVATION AND NATIVE POPULATION SUPPLEMENTATION

These results led to change the management of trout populations in the river Borne. First, AL restocking in the whole Borne watershed was stopped in order to prevent the risk of further introgression of the ML native population. This conservation measure in favour of the native populations of trout had already been proposed in Spain (Araguas *et al*., 2004; Almodovar *et al*., 2006; Araguas *et al*., 2008) and Denmark (Hansen *et al*., 1995) and it appears to limit the introgression (Almodovar *et al*., 2001; Araguas *et al*., 2008). The downstream zone which harbors the ML population has been sanctuarized, but angling is still allowed . Indeed, several authors (Garcia-Marin *et al*. 1998, 1999 ; Mezzera & Largiader, 2001; Champigneulle & Cachera, 2003) have suggested that the introduced trout and hybrids are much easily caught than wild brown trout. Similar results have also been reported in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) (Dwyer & Piper, 1984) and Cutthroat trout (*O. clarki)* (Dwyer, 1990). The results obtained on the Borne also show that the restocked AL individuals have a tendency to be caught soon, mainly while young, at the 1+ and 2+ stages. This implies that angling could contribute to reduce the proportion of AL genes in the River Borne and so positively contribute to the conservation of the native ML population.

Other management interventions have been concentrated in the upstream zone where, the management efforts are primarily focussed on the rehabilitation of a dominant and functional ML population, with the aim of extending the distribution area of the ML population located downstream of the impassable dam1. In addition, the recolonisation of the tributaries at the head of the catchment area would be a precautionary measure if major accidental pollution of the main stream were to occur.

In agreement with the guidelines of Minckley (1995), trout (1600) were translocated from the downstream zone to the lower part of the upstream zone while waiting for a fish-pass construction programmed in 2009. The stretch of the river that remained to be colonized upstream is significant since it represents more than 10 km of the main stream. Several authors had shown that the stretch of the recipient river zone is a crucial factor for a successful translocation (Harig *et al*., 2000; Hilderbrand & Kershner, 2000; Harig & Fausch, 2002*)*. The proximity between the donor site and the recipient site also reduced sanitary risks which must be taken into account (Leighton, 2002). Finally, this strategy was more conservative, less time-consuming and less onerous to implement than producing restocking with trout of native origin produced in a hatchery. Translocation is a measure that has been used for several species for the purpose of conserving and preserving allele diversity (Stockwell *et al*., 1995) and evolutionary processes (Moritz, 1999). It has been found to be a

viable operation for maintaining populations of cutthroat trout in fragmented habitats (Schmetterling, 2003).

Regular monitoring of water quality has been implemented to assess the pollution level in particular in the upstream zone, where polluting activities are concentrated and where an improvement of the water quality is expected. Finally, a monitoring of the spatio-temporal dynamics of demographic and genetic characteristics of the Borne trout population is in progress to assess the impact of the new management strategy, and of the water quality improvement.

CONCLUSION

This multidisciplinary approach allowed to discover two resident trout populations, one native and one non-native, with very different characteristics and dynamics which co-exist in different zones of the same river. The study suggested that the fragmentation of rivers by obstacles, combined with severe floods, upstream poor water quality, intensive stocking and fishing, can have a major impact on the relative spatial distribution of natural and sustained populations of trout. The spatial distribution of the trout populations observed in this basin showed the importance, in mountain stream, to conserve well adapted native ML population and the results justified a shift of management towards conservation and rehabilitation of the native population.

Acknowledgements

We would like to thank Martine Andriamanga from the INRA fish genetics laboratory of Jouy-en-Josas (France) for carrying out the genetic analyses. We would also like to thank the volunteer anglers who kindly agreed to contribute to this study.

References

Almodóvar, A., Suárez, J., Nicola, G.G. & Nuevo, M. (2001). Genetic introgression between wild and stocked brown trout *Salmo trutta* in the Douro river basin (Spain). *Journal of Fish Biology* **59 (sup A)**, 68-74.

Almodóvar, A., Nicola, G.G., Elvira, B. & García-Marín, J.L. (2006). Introgression variability among Iberian brown trout evolutionary significant units: the influence of local management and environmental features. *Freshwater Biology* **51**, 1175-1187.

Araguas, R.M., Sanz, N., Pla, C. & Garcia-Marin, J.L. (2004). Breakdown of the brown trout evolutionary history due to hybridization between native and cultivated fish. *Journal of Fish Biology* **65** (Issue S1), 28-37.

Araguas, R.M., Sanz, N., Fernandez, R., Utter, F.M., Pla, C. & Garcia-Marin, J.L. (2008). Genetic refuges for a self-sustained fishery : experience in wild brown trout populations in the eastern Pyrenees. *Ecology of Freshwater Fish* (under press).

Barbat-Leterrier, A., Guyomard, R. & Krieg, F. (1989). Introgression between introduced domesticated strains and mediterranean native populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquatic Living Resources* **2**, 215-223.

Beaudou, D., Cattaneo-Berrebi, G. & Berrebi, P. (1994). Impacts génétiques des repeuplements en truites communes (*Salmo trutta* L.) sur les populations en place : cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* **332**, 83-92.

Beaudou, D., Baril, D,. Roche, B., Lebaron, M., Cattaneo-Berrebi, G. & Berrebi, P. (1995). Recolonisation d'un cours d'eau corse dévasté: contribution respective des truites sauvages et domestiques. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* **337/338/339**, 259-266.

Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N. & Bonhomme, F. (1996-2004). GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Intéractions, CNRS UMR5171, Université de Montpellier II, France.

Bernatchez, L., Guyomard, R. & Bonhomme, F. (1992) DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *Salmo trutta* populations. *Molecular Ecology* **1**, 161-173.

Bernatchez, L. (2001). The evolutionary history of brown trout *Salmo trutta* L. inferred from phylogeographic, nested clade and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* **55**, 351-379.

Berrebi, P., Poteaux, C., Fissier, M. & Cattaneo-Berrebi, G. (2000). Stocking impact and allozyme diversity in brown trout from Mediterranean southern France. *Journal of Fish Biology* **56**, 949-960.

Beyer, W. H. (1986). *Handbook of Tables for Probability and Statistics* (2nd edn). Boca Raton: CRC Press.

Caudron, A. & Champigneulle, A. (2006). Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'alizarine Red S. *Cybium* **30**, 65-72.

Champigneulle, A. & Cachera, S. (2003). Evaluation of large scale stocking of early stages of brown trout, Salmo trutta, to angler catches in the French Swiss part of the River Doubs. *Fisheries Management and Ecology* **10**, 79-85.

Crivelli, A., Poizat, G., Berrebi, P., Jesensek, D. & Rubin, J. F. (2000). Conservation biology applied to fish: the exemple of a project for rehabiliting the marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Cybium* **24**, 211-230.

DeLury, D.B. (1947). On the estimation of giological populations. *Biometrics* **3**, 145-167.

Dorioz, J.-M., Ombredane, D. (2004). Effet de la gestion des bassins versants sur les transferts particulaires et dissous et sur la qualité biologique des eaux de surfaces en zone d'élevage. Action structurante INRA-CEMAGREF. Rapport de coordination , 28p.

Dwyer, W.P., Piper, R.G. (1984). Three –year hatchery and field evaliuation of four strains of rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* **4**, 216-221.

Dwyer, W.P. (1990). Catchability of three strains of cuttroat trout. *North American Journal of Fisheries Management* **10**, 458-461.

Estoup, A., Largiader, C.R., Perrot, E. & Chourrout, D. (1996). Rapid one-tube extraction for reliable PCR detection of fish poplymorphic markers and transgenes. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* **5**, 295-298.

Estoup, A., Cornuet, J.M., Rousset, F. & Guyomard, R. (1999). Juxtaposed microsatelitte systems as diagnostic markers for admixture: theoritical aspects. *Molecular Biology and Evolution* **16**, 898-908.

Estoup, A., Largiader, C. R., Cornuet, J. M,. Gharbi, K., Presa, P. & Guyomard, R. (2000). Juxtaposed microsatellite systems as diagnostic markers for admixture: an empirical evaluation with brown trout (*Salmo trutta L.*) as model organism. *Molecular Ecology* **9**, 1873-1886.

Garcia-Marin, J.L,. Sanz, N. & Pla, C. (1998). Proportions of native and introduced brown trout in adjacent fished and unfished spanish rivers. *Conservation Biology* **12**, 313-319?

Garcia-Marin, J.L., Sanz, N. & Pla, C. (1999). Erosion of the native genetic resources of brown trout in Spain. *Ecology of Freshwater Fish* **8**, 151-158.

Guyomard, R. (1989). Gestion génétique des populations naturelles : l'exemple de la truite commune. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **314**, 136-145.

Hansen, M.M., Hynes, R.A. Loeschke, V. & Rasmussen, G. (1995). Assessment of the stocked or wild origin of anadromous brown trout (Salmo trutta) in a Danish river system, using mitochondrial DNA RFLP analysis. *Molecular Ecology* **4**, 189-198.

Harig, A. L. & Fausch, K. D. (2002). Minimum habitat requirements for establishing translocated cutthroat trout populations. *Ecological Application* **12**, 535-551.

Harig, A. L. Fausch, K. D. & Young, M. K. (2000). Factors influencing success of greenback cutthroat trout translocations. *North American Journal of Fisheries Management* **20**, 994-1004.

Hilderbrand, R.H., & Kershner, J.L. (2000). Conserving inland Cutthroat trout in small streams. How much stream is enough? *North Americain Journal of Fisheries Management* **20**, 513-520.

Krieg, F. & Guyomard, R. (1985). Population genetics of french brown trout *(Salmo trutta L.)*: large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Génétique Sélection Evolution* **17**, 225-242

Lamberti, G.A., Gregory, S.V., Ashkenas, L.R., Wildman, R.C. & Moore, K.M.S. (1991). Stream ecosystem recovery following a catactrophic debris flow. *Canadian Journal of Fiheries and Aquatic Sciences* **48**, 196-208.

Largiader, C.R., Scholl, A. & Guyomard, R. (1996). The role of natural and artificial propagation on the genetic diversity of brown trout (*Salmo trutta* L.) of the upper Rhône drainage. In *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe* (Krchhofer, A. & Hefti, D. Ed). pp 181-197. Birk hauser Verlag Basel. Switzerland.

Launey, S., Krieg, F., Champigneulle, A. & Guyomard, R. (2003*a*). Ecotypes sympatriques migrateurs et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.) : différenciation génétique et effet des repeuplements. Les Actes du BRG **4**, 63-78.

Launey, S., Krieg, F., Haffray, P., Bruant, J. S., Vannier, A. & Guyomard, R. (2003*b*). Twelve new microsatellite markers for gilted seabream (*Sparus aurata* L.): characterization, polymorphism and linkage. *Molecular Ecology Notes* **3**, 457-459.

Leighton, F.A. (2002). Health risk assessment of the translocation of wild animals. *Revue Scientifique et Technique de l'Office Internationale d'Epizootie* **21**, 187-195.

Massa, F., Grimaldi, C., Baglinière, J.L. & Prunet, P. (1998). Evolution des caractéristiques physico-chimique de deux zones de frayères à sédimentation contrastée et premiers résultats de survie embryo-larvaire de truite commune (*Salmo trutta*). *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* **350/351**, 359-379.

Massa, F. Baglinière, J.L. Prunet, P. & Grimaldi, C. (2000). Survie embryo-larvaire de la truite (salmo trutta) et conditions chimiques dans les frayères. *Cybium* **24**, 129-140.

Mezzera, M. & Largiader, C.R. (2001). Evidence for selective angling of intoduced trout and their hybrids in a stocked brown trout population. *Journal of Fish Biology* **59**, 287-301.

Minckley, W.L. (1995). Translocation as a tool for conserving imperiled fishes: esperiences in western united states. *Biological Conservation* **72**, 297-309.

Moritz, C. (1999). Conservation units and translocations: strategies for conserving evolutionary processes. *Hereditas* **130**, 217-228.

Poteaux, C., Beaudou, D. & Berrebi, P. (1998). Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *Journal of Fish Biology* **53**, 701-713.

Propst, D.L. & Stefferud, J.A. (1997). Population dynamics of Gila trout in the Gila river drainage of the southwestern United States. *Journal of Fish Biology* **51**, 1137-1154.

Roghair, C.N, Dollorr, C.F. & Underwood, M.K. (2002). Response of a brook trout population and instream habitat to a catastrophic flood and debris flow. *Transaction of the American Fisheries Society* **131**, 718-730.

Rubin, J.F. & Glimsäter, C. (1996). Egg-to-fry survival of the sea trout in some stream of Gotland. *Journal of Fish Biology* **48**, 585-606

Sato, T. (2006). Dramatic decline in population abundance of Salvelinus leucomaenis after a severe flood and debris flow in a high gradient stream. *Journal of Fish Biology* **69**, 1840-1854.

Schmetterling, D. (2003). Reconnecting a fragmented river: movements of westslope cutthroat trout and bull trout after transport upstream of milltown dam, Montana. *North American Journal of Fisheries Management* **23**, 721-731.

Stockwell, C.A., Mulvey, M. & Vinyard, G.L. (1995). Translocation and the preservation of allelic diversity. *Conservation Biology* **10**, 1133-1141.

Swanson, F.J., Johnson, S.L., Gregory, S.V. & Acker, S.A. (1998). Flood disturbance in a forest mountain landscape: interactions of land use and floods. *Bioscience* **48**, 681-689.

Vincenzi, S., Crivelli, A., Jesensek, D., Rubin, J.F., Poizat, G. & De Leo, G. (2008). Potential factors controlling the population viability of newly introduced endangered marble trout populations. *Biological Conservation* **141**, 198-210.

Waples, R.S., (1995). Evolutionary significant units and the conservation of biological diversity under the endangered species act. In *Evolution and the Aquatic Ecosystm: Defining Unique Units in Population Conservation* (Nielsen, J.L., ed), pp 8-27. Bethesda, MD: American Fisheries Society.

Website Reference

Laikre, L. (Ed.) (1999). *Conservation genetic management of Bronw trout (Salmo trutta) in Europe*. Report by the concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in the Brown trout (*Salmo trutta*) (“Troutconcert”; EU FAIR CT97-3882). 91p. http//www.dfu.min.dk/ffi/consreport/index.htm.

ANNEXE 5

ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA CONTRIBUTION DU REPEUPLEMENT EN TRUITE (*SALMO TRUTTA* L.) RÉALISÉ A DES STADES PRÉCOCES DANS LE BASSIN AMONT DU FIER (74).

A. CAUDRON (1), A. CHAMPIGNEULLE (2)

(1) Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 1 rue de l'Industrie, 74000 ANNECY, France.

(2) INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, BP 511, 74203 THONON Cedex, France.

Reçu le 23 novembre 2001 — *Received 23 November, 2001*
Accepté le 14 mars 2002 — *Accepted 14 March, 2002*

RÉSUMÉ

Les pratiques de repeuplement en truite à des stades précoces (alevins nourris et truitelles 3-5 cm) ont été évaluées par la technique de fluoromarquage des otolithes sur le bassin amont du Fier pour trois cohortes (1995, 1996, 1997).

La contribution du repeuplement et du recrutement naturel a été suivie à la fois dans la population en place et dans les captures par pêche à la ligne.

Au stade 0+ en place à l'automne, la contribution des poissons alevinés est relativement importante pour les trois cohortes considérées. Cependant, l'analyse du rapport entre le nombre d'alevins introduits au printemps et le nombre de truitelles recapturées à l'automne fait apparaître un taux d'implantation très faible des 0+ marqués quelle que soit la densité alevinée. La contribution des marqués chute brutalement au stade 1+ en place (cohorte 95 et 96) et devient très faible. Cette tendance se poursuit au stade 2+ en place pour la cohorte 95 avec des taux de marqués qui diminuent encore.

Dans les captures par pêche à la ligne le taux de 2+ marqués est supérieur à celui observé dans la population en place à l'automne mais la contribution du recrutement naturel reste toujours dominante. Ensuite, la contribution de repeuplement suit la même dynamique que dans la population en place puisqu'il diminue avec l'âge. Elle devient négligeable au stade 3+ et nulle à partir de 4+.

Mots-clés : Truite fario, repeuplement, marquage, otolithes, pêche à la ligne.

SPATIO-TEMPORAL EVOLUTION OF THE CONTRIBUTION OF BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) RESTOCKING REALISED AT PRECOCIOUS STAGES IN THE UPSTREAM PART OF THE RIVER FIER BASIN.

ABSTRACT

The technique of fluoromarking otoliths has been used to evaluate the practices of brown trout (*Salmo trutta* L.) stocking at precocious stages (fed fry and 3-5 cm trouts long), in the upstream part of the river Fier, with regards to three cohorts (1995, 1996, 1997).

The stocking and the natural recruitment contribution has been observed through the standing population and through the angling catches.

For each of the three cohorts, there is a rather high contribution of the stocked fry at the autumnal 0+ standing population. However, the ratio between the initially stocked fry and the recaptured ones at the automn reveals a relatively low implantation rates, whatever the stocked fry density has been. The contribution of the stocked fry in the 1+ standing population (1995, 1996 cohorts) brutally decrease, down to a low value. For the 2+ standing population (1995 cohort), this contribution is even lower.

The angling catches show a higher rate of 2+ marked fishes compared to the rate of marked trout in the standing population but the natural recruitment contribution is always prevailing. At later stages, the stocking contribution decreases with the age. It becomes negligible at the 3+ stage and vanishes at the 4+ stage.

Key-words : brown trout, restocking, marking, otoliths, angling.

INTRODUCTION

Depuis le milieu du XIXème siècle, des opérations régulières d'empoissonnements en truite commune (*Salmo trutta* L.) sont pratiquées en France en vue de compenser la diminution du potentiel de recrutement naturel liée aux altérations de l'habitat et pour tenter de répondre à la demande des pêcheurs (THIBAULT, 1983). En effet, l'objectif principal des repeuplements pratiqués par les gestionnaires est d'aboutir au maintien et/ou à une augmentation sensible du stock de poissons adultes capturables par pêche à la ligne.

Plusieurs études traitent de l'impact, en particulier génétique, de ces repeuplements sur les populations sauvages (GUYOMARD, 1991 ; POTEAUX et BERREBI, 1997) mais peu (BEAUDOU, 1993 ; CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1990) s'intéressent à l'efficacité proprement dite de ces pratiques en terme de quantification de leur contribution aux populations en place et aux captures par la pêche de loisir.

Les principaux travaux publiés sur ce sujet jusqu'à récemment proposaient un suivi de la contribution des poissons de repeuplement uniquement à des stades jeunes (0+ et/ou 1+), à des échelles d'étude géographiquement restreintes et avec des quantités de poissons suivis faibles car limitées par les possibilités de marquage existantes (CRESSWELL, 1981).

Le développement de nouvelles techniques de fluoromarquages des otolithes sur les salmonidés (TSUKAMOTO *et al.*, 1989 ; ROJAS BELTRAN *et al.*, 1995a, b ; CHAMPIGNEULLE et ROJAS BELTRAN, 2001) ont permis d'entreprendre des suivis de grandes quantités de poissons alevinés à des stades précoces. Des études ont été réalisées dans ce sens conjointement sur le Doubs (DEGORGI et CHAMPIGNEULLE, 2000) et sur le Fier amont. Les résultats obtenus sur le Fier sont l'objet de cette présente publication.

L'approche expérimentale mise en place avait pour objectifs d'évaluer au sein d'un sous-bassin hydrographique l'efficacité des méthodes de repeuplement telles qu'elles sont pratiquées actuellement sur ce site par les gestionnaires de la pêche. Pour cela, l'évolution de la dynamique de la contribution du repeuplement a été suivie à différents stades de développement (juvéniles et adultes) dans la population en place durant trois années consécutives et dans les captures des pêcheurs pendant les trois autres années suivantes. Ce travail a été entrepris à une large échelle spatiale puisque l'efficacité du repeuplement a été suivi sur les 35 km du réseau hydrographique amont du Fier comprenant la rivière principale et deux affluents.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Localisation de l'étude

Le Fier est l'un des principaux cours d'eau de Haute-Savoie. Il prend sa source à 2 011 m d'altitude au pied du Mont Charvin dans le massif des Aravis et se jette en rive gauche du Rhône à l'aval de Seyssel. Son cours long de 69 km est orienté Est-Ouest et draine un bassin versant d'une superficie de 1 386 km^2 (Figure 1).

La zone d'étude regroupe le Fier et deux de ses principaux affluents situés à proximité de Thônes, le Nom et le Chamfroid (Figure 1).

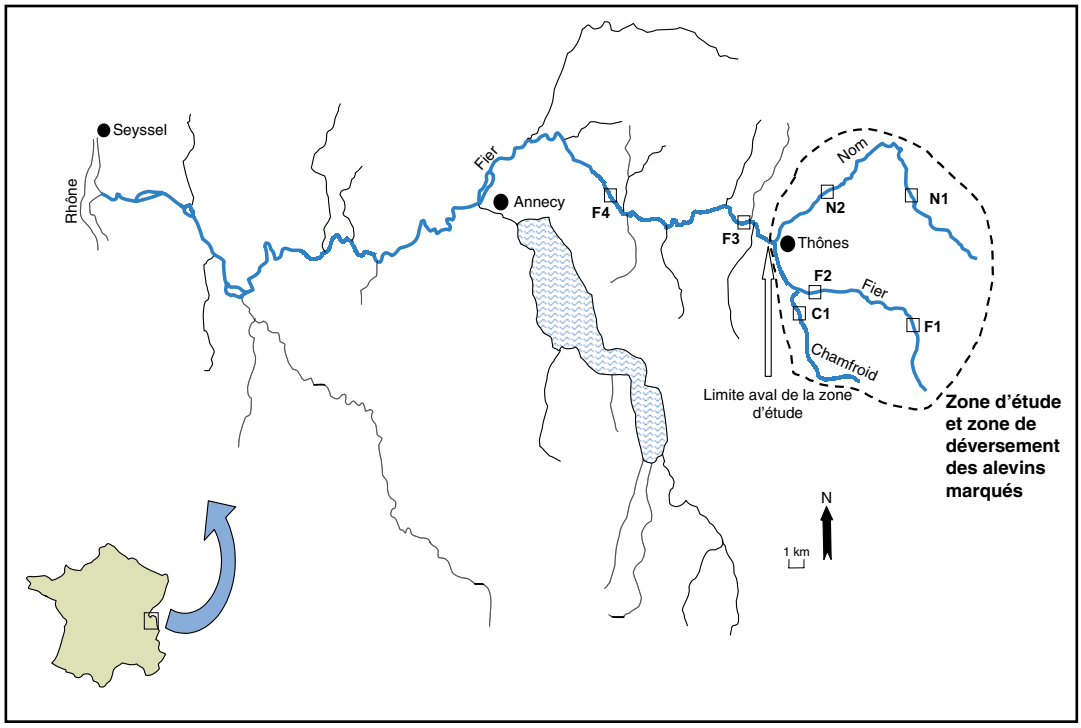


Figure 1
Présentation du bassin du Fier, localisation de la zone d'étude et de déversement des alevins marqués et des stations d'échantillonnages.

Figure 1
Map of the River Fier basin, localization of the upstream zone under study and used for the stocking of marked fry and the sampling stations.

Le Nom, d'une longueur de 17 km pour un bassin versant de 73 km^2, se jette dans le Fier à Thônes. Le Chamfroid, lui, conflue avec le cours principal à l'amont de Thônes après avoir parcouru 7 km. La limite aval de cette zone d'étude est matérialisée par un seuil artificiel constituant un obstacle infranchissable uniquement à la montaison et quelles que soient les conditions de débit.

Dans le secteur étudié, le Fier et ses affluents sont classés en première catégorie piscicole et leur peuplement pisciaire est constitué pour l'essentiel par la truite commune (*Salmo trutta*) et le chabot (*Cottus gobio*). Les pêches électriques d'inventaire réalisées sur la zone d'étude ont montré des densités totales de truites variant de 15 à 70 individus/100 m^2 et des biomasses totales de truites comprises entre 50 et 150 kg/ha (RAYMOND, comm. pers.). Le Fier et ses affluents sur la zone concernée sont des torrents à fond de blocs et galets présentant un régime hydrologique de type nival à influence secondaire pluviale. Leur bassin versant, en dehors des zones urbanisées, est de type agricole et boisé.

Protocole de l'étude

Marquage des poissons de repeuplement

En 1995, 1996 et 1997, l'ensemble des truitelles (40 000 à 60 000/an) destinées à être alevinées dans le réseau hydrographique du Fier à l'amont de Thônes ont été marquées par fluoromarquage des otolithes (Tableau I). L'ensemble des poissons alevinés est issu d'une souche domestique d'origine génétique atlantique au niveau de l'ADN mitochodrial (BAUMANN, 1999).

Chaque année, les repeuplements ont été réalisés de manière à répartir la totalité des truitelles de façon homogène sur l'ensemble du linéaire (cours principal et affluents) concerné par la zone d'étude. Ceci correspond à des mises en charge variant principalement entre 13 et 30 individus/100 m^2.

Ces marquages ont été réalisés à la tétracycline en 1995-96 et à l'alizarine redS en 1997 selon les techniques décrites respectivement par ROJAS BELTRAN *et al.* (1995b) et CHAMPIGNEULLE et ROJAS BELTRAN (2001). Les alevinages sur la zone concernée ont été effectués par les gardes pisciculteurs de l'AAPPMA « Annecy-Rivières » au stade alevins nourris et surtout truitelle, entre 3 et 5 cm. Les poissons ont été introduits au mois de juin de chaque année après la fonte des neiges afin d'assurer des conditions hydrologiques favorables et stables.

Des lots témoins, marqués avec les techniques utilisées, gardés en pisciculture ont permis de vérifier la bonne prise du marquage ainsi que la pérennité de la marque : 100 % encore marqués à 4 ans.

Le reste du bassin versant du Fier est régulièrement repeuplé en alevins non marqués. Cependant, le seuil infranchissable marquant la limite aval de la zone d'étude évite toute remontée de ces poissons qui pourraient invalider nos résultats.

Echantillonnage par pêche électrique

Des pêches électriques d'inventaire (méthode de DE LURY : 2 passages consécutifs) ou de sondage (1 seul passage) ont eu lieu en automne de chaque année sur 5 stations de la zone de déversement réparties de la façon suivante : F1 et F2 respectivement en amont et en aval du Fier, N1 et N2 respectivement en amont et en aval du Nom et C1 en aval du Chamfroid (Tableau II, Figure 1).

Tableau I

Quantités alevinées et répartition des alevins marqués sur la zone d'étude en 1995, 96 et 97.

Table I

Stocking data and repartition of stocked marked fish in the study zone for 1995, 96 and 97.

Zone d'étude			Année 1995		Année 1996		Année 1997		Total des 3 années		TOTAL
Sous bassin	Cours d'eau	Longueur en km	Stade alevins nourris	Stade truitelle (3-5 cm)	Stade alevins nourris	Stade truitelle (3-5 cm)	Stade alevins nourris	Stade truitelle (3-5 cm)	Stade alevins nourris	Stade truitelle (3-5 cm)	
Fier	Le Fier	12		23 000	6 230	16 770	6 230	16 770	12 460	56 540	69 000
Nom	Le Nom	13		14 200		21 900		18 050		54 150	54 150
	Ruisseau des Prises	2		2 200		2 800		2 500		7 500	15 000
	Ruisseau de Merdassier	0,5		600		700		650		1 950	1 950
Chamfroid	Le Chamfroid	4,5		3 000	3 000		3 000		6 000	3 000	9 000
	Ruisseau des Grangettes	1		700	700		700		1 400	700	2 100
	Ruisseau de Belchamps	0,5		300	300		300		600	300	900
TOTAL		33,5		44 000	10 230	42 170	10 230	37 970	20 460	124 140	152 100

Tableau II

Principales caractéristiques des stations d'échantillonnage et densité alevinée sur celles-ci pour la période 1995-97.

Table II

Main sampling stations characteristics and stocking densities for the given stations within the period 1995-1997.

Station	Largeur moyenne de la station (en m)	Surface (m^2)	Habitats (en %)			Densité alevinée / 100 m^2		
			Courant	Plat	Profond (> 0,60 cm)	1995	1996	1997
F1	5	450	90	0	10	30	30	30
F2	9,5	874	80	0	20	30	30	30
N1	5,5	402	75	5	20	16	24	20
N2	9,5	874	80	0	20	16	24	20
C1	6,5	670	90	0	10	13	13	13

Deux stations additionnelles, F3 et F4, situées sur le cours de la rivière principale, en aval de la zone de déversement des marqués, ont été également échantillonnées en 1995 et 1996 mais uniquement par sondage pour repérer la présence éventuelle de juvéniles qui auraient dévalé de la zone de déversement en amont.

Pour chacune de ces stations, un échantillon de truites a été sacrifié au hasard dans des gammes de taille susceptibles de contenir les différentes classes d'âge recherchées (0+, 1+ et 2+). La taille finale des échantillons examinés dans les différentes classes d'âge a résulté des lectures d'âge. En 1995 et 96, les objectifs visés étaient un minimum de 30 0+ et de 30 1+ par station. Le sacrifice de grands nombres de truites 2+ étant plus difficile à obtenir des gestionnaires, leur échantillonnage a été limité a une cohorte (1995). Par contre des truites d'âge 2+ et supérieur ont été échantillonnées dans la pêche.

Echantillon récolté par les pêcheurs volontaires

Durant trois autres années consécutives, 1998, 1999 et 2000, des échantillonnages ont été réalisés à l'aide de pêcheurs volontaires qui ont accepté de récolter des données sur leurs captures (date, lieu, taille) et de faire des prélèvements (écailles et tête). Cet échantillonnage s'étend sur l'ensemble des trois saisons de pêche de mars à octobre et porte uniquement sur des poissons capturés à la ligne dépassant la taille légale de 23 cm (longueur totale). L'effort d'échantillonnage se répartit non seulement sur la zone de déversement des marqués, mais aussi sur l'aval du cours principal du Fier jusqu'à Annecy (Figure 1).

Cette technique d'échantillonnage permet d'une part de suivre l'évolution des cohortes marquées jusqu'au stade adulte et donc de compléter les échantillons prélevés dans la population en place à des stades plus jeunes, et d'autre part de connaître la contribution réelle, dans le panier des pêcheurs, des poissons alevinés plusieurs années auparavant.

Récolte et traitement des données

Examen des truites

L'âge de chaque poisson a été estimé par scalimétrie. Le prélèvement d'écailles a été effectué au niveau de la zone optimale définie par OMBREDANE et RICHARD (1990).

Pour chaque truite échantillonnée, la tête est disséquée pour accéder aux sacculi contenant les otolithes (sagittae). Ensuite chaque sagitta (2 par poisson) est collée sur une lame de verre, polie jusqu'au centre, et enfin, observée au microscope Zeiss Axiolab à épifluorescence (lampe à vapeur de mercure HBO 50), pour repérer la présence éventuelle d'une marque.

Tests statistiques utilisés

Les intervalles de confiance à 95 % des impacts d'alevinage ont été calculés à partir des tables de WILLIAM et BEYER (1986).

La comparaison des distributions des effectifs a été faite à l'aide du Chi carré et du test exact de Fisher (*in* SPRENT, 1992) dans le cas des petits échantillons. Ces tests statistiques ont été réalisés en utilisant les logiciels STAT ITCF et Excel sous Windows.

RÉSULTATS

Contributions du repeuplement et du recrutement naturel pour les cohortes 1995, 1996 et 1997

Dans la population en place (0+, 1+, 2+) (Tableau III)

L'impact de l'alevinage au stade 0+ en place en début automne pour les cohortes 95 et 96, est très faible à fort et présente des variations interstations très importantes. En effet, celles-ci varient de 2,3 à 85,7 % en 1995 et de 11,7 à 75,6 % en 1996 (Tableau III).

En 1997, de faibles échantillons de 0+ ont été récoltés sur 2 stations lors des pêches électriques (Tableau III). Sur les trois autres stations F1, F2 et N2, les taux de 0+ marqués sont élevés variant de 68,6 à 92,3 % sans différence interstations significative.

Au stade 1+ en place, l'impact de l'alevinage montre une gamme de variation interstation plus forte pour la cohorte 95 (0 à 63,6 %) que pour la cohorte 96 (0 à 23,2 %).

Pour la cohorte 95, deux stations, F2 et N2, montrent un effondrement significatif ($p < 0,001$) du taux de marqués avec respectivement 9,6 % et 0 % de poissons alevinés.

La contribution du repeuplement baisse légèrement sur la station C1 (5,3 %) et reste faible pour N1 (8 %). Pour ces deux stations, les variations observées ne sont pas significatives (Tableau III).

Pour la cohorte 96, seule la station C1 (0 %) montre un taux de 1+ marqués significativement plus faible que sur les autres stations ($p < 0,05$). Toutes les autres stations ont un impact de l'alevinage au stade 1+ statistiquement comparable ($p < 0,01$) avec des valeurs comprises entre 14,8 et 23,2 %. Un résultat marquant est que la contribution de marqués baisse de façon significative ($p < 0,01$) entre le stade 0+ et 1+ pour toutes les stations.

L'impact d'alevinage de la station F1 est beaucoup plus faible pour la cohorte 96 que pour la cohorte 95 puisqu'il passe de 63,6 % à 17,5 %. Sur les autres stations, le taux de 1+ marqués est identique pour les deux cohortes (Tableau III).

Au stade 2+ (cohorte 1995), les faibles échantillons collectés (sauf pour la station N2) illustrent la difficulté de prélever après la saison de pêche des poissons dont la longueur totale est susceptible d'être supérieure à la taille limite de capture soit 23 cm. Cependant, seules deux stations sur cinq, F1 et N2, contiennent encore des poissons alevinés 2 ans auparavant mais à des taux faibles (respectivement 11,1 % et 3,5 %). De plus la contribution de l'alevinage mesurée au stade 2+ sur la station F1 est significativement plus faible ($p < 0,05$) que celle mesurée au stade 1+ sur cette même station (Tableau III).

Pour la cohorte 1995, toutes les stations de la zone de déversement montrent une diminution importante (voire même une disparition complète pour certaines d'entre elles) du pourcentage de marqués en fonction de l'âge sauf pour la station N1 qui présente une légère augmentation non significative entre le stade 0+ et le stade 1+ (Tableau III).

Sur l'ensemble regroupé des stations de la zone d'étude, le taux de marqués au stade 0+ est moyen (39,7 %). Il baisse de façon significative ($p < 0,001$) au stade 1+ et 2+ ne représentant respectivement plus que 20,4 et 3,1 % de la population en place sur les secteurs échantillonnés.

Tableau III

Impact de l'alevinage (en %) par station et par cohorte sur la zone d'étude dans la population en place et dans la pêche. (n) taille de l'échantillon, (IC 95 %) indice de confiance à 95 %.

Table III

Percentage of marked fish among different cohorts for the standing population in each station and for samples of angled catches (for the overall study zone). (n) sample size, (IC 95%) confidence limits at 95's level.

		Population automnale en place			Captures dans la pêche		
		0+ % (n) (*IC 95 %*)	1+ % (n) (*IC 95 %*)	2+ % (n) (*IC 95 %*)	2+ % (n) (*IC 95 %*)	3+ % (n) (*IC 95 %*)	4/5+ % (n) (*IC 95 %*)
Cohorte 95	F1	**85,7 %** (21) (*63,7-97*)	**63,6 %** (33) (*43,7-78,9*)	**11,1 %** (9) (*0,3-48,3*)	X	X	X
	F2	**52,9 %** (34) (*35,1-70,2*)	**0 %** (13) (*0-24,7*)	**0 %** (9) (*0-33,6*)	X	X	X
	N1	**2,3 %** (44) (*0,1-11,5*)	**8 %** (25) (*1-27*)	**0 %** (18) (*0-18,5*)	X	X	X
	N2	**61,8 %** (55) (*49,6-76,2*)	**9,5 %** (52) (*3,3-21,8*)	**3,5 %** (57) (*0,5-13,2*)	X	X	X
	C1	**15 %** (40) (*5,6-29,2*)	**5,3 %** (19) (*0,1-26*)	**0 %** (3) (*0-70,8*)	X	X	X
	Total Zone d'étude	**39,7 %** (194) (*37-52*)	**20,4 %** (142) (*15,3-30*)	**3,1 %** (96) (*0,6-8,3*)	X	**9,5 %** (21) (*0-31,7*)	**0 %** (5) (*0-8,1*)
Cohorte 96	F1	**39,7 %** (68) (*27,6-52,2*)	**17,5 %** (40) (*7-31,4*)	X	X	X	X
	F2	**75,6 %** (119) (*63,4-80,8*)	**14,8 %** (27) (*4,4-34,9*)	X	X	X	X
	N1	**61,7 %** (107) (*49,7-69,7*)	**23,2 %** (56) (*12,5-35,3*)	X	X	X	X
	N2	**71,9 %** (32) (*51,9-85,8*)	**16,7 %** (18) (*3,4-39,6*)	X	X	X	X
	C1	**11,7 %** (103) (*6,9-21,7*)	**0 %** (61) (*0-6*)	X	X	X	X
	Total Zone d'étude	**50,8 %** (429) (*45-55*)	**13,4 %** (202) (*7,7-16,4*)	X	**20 %** (45) (*9,8-35,3*)	**7,7 %** (13) (*0,2-36*)	**0 %** (19) (*0-17,6*)
Cohorte 97	F1	**68,6 %** (51) *(54,1-80,9)*	X	X	X	X	X
	F2	**92,3 %** (13) *(64-99,8)*	X	X	X	X	X
	N1	**50 %** (2) *(1,3-98,7)*	X	X	X	X	X
	N2	**88,2 %** (17) *(63,6-98,5)*	X	X	X	X	X
	C1	**100 %** (1) (*0-100*)	X	X	X	X	X
	Total Zone d'étude	**76,2 %** (84) (*64,1-84*)	X	X	**11,8 %** (34) *(3,3-27,5)*	**0 %** (28) (*0-12,3*)	X

Pour la cohorte 96, sur l'ensemble regroupé des stations de la zone d'étude, le taux de 0+ marqués est assez fort (50,8 %), même légèrement supérieur à celui observé pour la cohorte 95. Au stade 1+, la contribution des poissons alevinés baisse de façon importante et significative ($p < 0,001$) avec seulement 13,4 % de marqués. Le taux de 1+ marqués de la cohorte 96 est significativement plus faible ($p < 0,05$) que celui de la cohorte 95 (Tableau III).

Pour l'ensemble des 0+ échantillonnés en 1997 sur la zone de déversement, la contribution des marqués est élevée (76,2 %) et augmente de façon significative ($p < 0,001$) par rapport à la cohorte 95 (39,7 %) et 96 (50,8 %) (Tableau III).

Dans la pêche (2+, 3+, ≥ 4+) (Tableau III)

Pour les 3 cohortes, la contribution de l'alevinage dans les captures par pêche à la ligne présente une évolution comparable caractérisée par une diminution du taux de marqués avec l'âge (Tableau III). Par exemple pour la cohorte 96, le taux de marqués dans les captures des pêcheurs passe de 20 % à 2+ à 7,7 % à 3+ et devient nul à 4+.

Globalement, la contribution des poissons alevinés dans les captures par pêche à la ligne reste très nettement inférieure à celle du recrutement naturel. Elle devient même nulle à partir du stade 4+ pour les cohorte 95, 96 et du stade 3+ pour la cohorte 97.

Cependant, le taux de 2+ marqués dans la pêche pour la cohorte 97 est significativement supérieur ($p < 0,05$) à celui observé dans la population en place pour la cohorte 95. Pour cette dernière, le taux de marqués parmi les 3+ pêchés à la ligne (9,5 %) est légèrement supérieur au taux de marqués parmi les 2+ de la population automnale en place (3,1 %). De même, pour la cohorte 96, le taux de marqués parmi les 2+ pêchés à la ligne (20 %) est légèrement supérieur au taux moyen de 1+ marqués capturés sur la zone d'étude (13,4 %).

Echantillonnage en aval de la zone de déversement des marqués

Les résultats des échantillons récoltés par pêche électrique et capture à la ligne en aval de la zone de déversement des marqués sont présentés par classe d'âge dans le Tableau IV.

Tableau IV
Résultats par classe d'âge des échantillonnages réalisés en aval de la zone d'étude dans la population en place et dans la pêche. (n) taille de l'échantillon, (IC 95 %) indice de confiance à 95 %.

Table IV
Percent of marked fish among samples realized downstream the studied zone among the standing population and in anglers catches. (n) sample size, (IC 95%) confidence limits at 95's level.

	0+ % (n) (*IC 95 %*)	1+ % (n) (*IC 95 %*)	2+ % (n) (*IC 95 %*)	3+ % (n) (*IC 95 %*)	4+/5+ % (n) (*IC 95 %*)
Population en place (F3 + F4)	**0 %** (221) (*0-1,8*)	**0 %** (13) (*0-24,7*)	X	X	X
Captures dans la pêche	X	X	**2,7 %** (111) (*0,6-8,3*)	**2,7 %** (111) (*0,6-8,3*)	**0 %** (27) (*0-12,3*)

Au stade juvénile 0+ et 1+ en place à l'automne, aucun individu marqué n'a été trouvé donc aucun ne provenait de la zone de déversement située en amont. Cependant, le nombre de 1+ échantillonné est faible (13 poissons).

Dans la pêche, le taux de 2+ et 3+ marqués provenant de la zone de déversement en amont est très faible puisqu'il représente pour les deux classes d'âge 2,7 %. Ces observations montrent cependant qu'une dévalaison des individus marqués a eu lieu même si elle a eu une contribution minime en partie liée à la grande surface de dissolution.

A partir du stade 4+, le taux de marqués provenant de la zone de déversement est nul.

Contribution globale des poissons de repeuplement dans les captures par pêche à la ligne au cours des saisons de pêche 98, 99 et 2000

Pour chaque saison de pêche et pour les trois saisons de pêche regroupées, la dynamique de la contribution des poissons alevinés a été étudiée par classe d'âge quelle que soit la cohorte (95, 96, 97) (Tableau V). Cette démarche permet d'analyser la contribution réelle, directement dans le panier des pêcheurs, des poissons introduits au stade juvénile et du recrutement naturel.

Globalement, la contribution dans la pêche des poissons marqués diminue avec l'âge. Elle est de 20 % pour les 2+ et de 9,5 % pour les 3+ pour la saison 1998. Une diminution comparable entre ces deux classes d'âge est également observée pour la saison 1999 (Tableau V). En 1999, le nombre de poissons marqués dans les captures quel que soit l'âge représente 10,4 %.

Tableau V

Impact de l'alevinage (en %) par classe d'âge dans la pêche pour les saisons 1998, 1999, 2000 et pour l'ensemble des saisons réunies. (n) taille de l'échantillon, (IC 95 %) indice de confiance à 95 %.

Table V

Percentage of marked fish among different age classes in anglers catches for the 1998, 1999, 2000 angling seasons. (n) sample size, (IC 95%) confidence limits at 95's level.

Période	2+ % (n) (*IC 95 %*)	3+ % (n) (*IC 95 %*)	4+/5+ % (n) (*IC 95 %*)
1998	**20 %** (45) (*9,8-35,3*)	**9,5 %** (21) (*1,2-30,4*)	X
1999	**11,8 %** (34) (*3,3-27,5*)	**7,7 %** (13) (*0,2-36*)	X
2000	X	**0 %** (28) (*0-12,3*)	**0 %** (23) (*0-14,2*)
Total	**16,5 %** (79) (*9,8-28,5*)	**4,8 %** (62) (*0,4-11,2*)	**0 %** (24) (*0-14,2*)

Le taux de 2+ marqués est légèrement supérieur en 1998 (20 %) à celui observé en 1999 (11,8 %).

En 2000, le taux de 3+ marqués (0 %) est inférieur à celui observé lors des deux saisons précédentes (7,7 % en 1999 et 9,5 % en 1998).

Pour les trois saisons de pêche regroupées, la contribution des individus alevinés est déjà faible à l'âge 2+ (16,4 %) et continue à diminuer avec l'âge pour représenter seulement 4,8 % à 3+ et 0 % à partir de 4+ (Tableau V). Cette baisse du taux des individus marqués est significative entre le stade 2+ et 3+ et entre le stade 2+ et 4+ ($p < 0,05$).

DISCUSSION

Dynamique de la contribution du repeuplement dans la population en place et dans la pêche

Globalement, les résultats montrent que la contribution des poissons alevinés diminue au cours du temps. L'impact d'alevinage au stade 0+ en place à l'automne est relativement élevé puis s'effondre lorsqu'on le mesure au stade 1+ et 2+. Dans la pêche le taux de 2+ marqués est plus important que celui observé dans la population en place. Cependant la contribution du recrutement naturel dans les captures par pêche à la ligne est dans tous les cas dominante et augmente au cours du temps. A partir du stade 4+, la contribution du recrutement naturel est de 100 %.

Trois hypothèses peuvent expliquer la contribution importante des poissons de repeuplement à l'âge 0+ :

a) les alevinages sont effectués en fin de printemps avec des stades précoces (alevins nourris et truitelles) à une période où les paramètres physiques et hydrologiques (T° de l'eau, débit, etc.) sont stables et favorables : la crue de fonte des neiges est achevée, la production d'invertébrés et la température de l'eau sont favorables à la croissance, et les mouvements de juvéniles sont faibles,

b) aux stades auxquels se pratiquent les déversements, l'implantation immédiate des 0+ dans le milieu peut être favorisée par leur plus grande taille (au moment du déversement) comparativement à ceux issus du recrutement naturel. En effet, l'avantage initial en taille pour les alevins repeuplés est effectivement conservé à l'automne chez les survivants 0+ (CAUDRON, 1998). Cependant le taux de disparition des 0+ alevinés 4 mois après leur déversement est élevé (70 à 95 %) et suggère que l'avantage en taille ne suffit pas à lui seul à assurer l'implantation de l'ensemble des alevins déversés. Cette disparition peut s'expliquer par le fort taux de mortalité instantanée des individus introduits (qu'ils soient d'origine domestique ou sauvage) durant les premières semaines après leur introduction dans un nouveau milieu. A ce sujet, BERG et JÖRGENSEN (1991) ont montré dans une rivière danoise que la mortalité post-alevinage des individus 0+ et 1+ était plus importante les 60 premiers jours après l'alevinage que durant le reste de l'année. De même, ELLIOTT (1989) cite des taux de survie de 40 à 60 % pour des alevins naturels durant les mois de mai-juin et août-septembre,

c) des déficiences de recrutement naturel vis à vis de la saturation de la capacité d'accueil en fin printemps - début été seraient comblées par le repeuplement. Ainsi les stations à fort taux de marqués en 0+ correspondraient à des zones où le recrutement naturel est faible et les stations à faible contribution des 0+ marqués illustreraient une bonne reproduction naturelle. Ainsi, les forts taux de 0+ marqués observés pour la cohorte 1997 pourraient traduire un déficit de la reproduction naturelle cette année là en raison de

conditions hydrologiques printanières défavorables à l'émergence et à l'implantation des alevins issus du recrutement naturel. Seul un protocole spécifique, relativement lourd, permettant d'étudier les variations du taux d'implantation des 0+ marqués en fonction des densités de 0+ naturels en place permettrait de valider ou d'invalider cette hypothèse.

L'étude présente indique néanmoins que le taux d'implantation à l'automne des 0+ alevinés n'est pas corrélé avec les densités alevinées. Le taux de réussite de l'alevinage au stade 0+ n'est donc pas fonction des quantités d'alevins déversés 4 mois plus tôt dans le milieu.

Les résultats de cette étude montrent une évolution temporelle similaire à celle obtenue sur le Doubs par DEGORGI et CHAMPIGNEULLE (2000) et conduisent donc à la formulation d'hypothèses comparables pour expliquer la dynamique observée.

En ce qui concerne le faible taux de 1+ marqués en place à l'automne, plusieurs hypothèses peuvent être émises.

a) Le taux de mortalité naturelle entre l'âge 0+ et 1+ qui est déjà de l'ordre de 40 à 70 % pour les individus sauvages (BAGLINIÈRE *et al.*, 1989 ; ELLIOTT, 1989), pourrait être supérieur pour les individus domestiques du fait d'une moins bonne adaptation de ces poissons au milieu torrentiel, notamment en période hivernale.

b) Une autre hypothèse pouvant expliquer la disparition des truites marquées du site d'alevinage est que les truites domestiques auraient une plus grande aptitude à la dévalaison que les individus sauvages (SKROCHOWSKA, 1969 ; CUINAT, 1971 ; GUYOMARD, 1991). Cette dévalaison touche prioritairement les truites à forte croissance (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1991 ; OMBREDANE, comm. pers.) qui quittent les têtes de bassin pour rejoindre une zone de grossissement. Or CAUDRON (1998) a montré que l'avantage de taille au stade 0+ des individus alevinés par rapport aux individus sauvages existe également au stade 1+. La présence même minime dans la zone aval du Fier d'individus 2+ et 3+ marqués provenant de la zone amont montre que l'hypothèse de la dévalaison n'est pas à exclure d'autant que la présence de jeunes truites smoltifiées, probablement dévalantes, est régulièrement observée par des pêcheurs au printemps dans le Fier.

c) La faible proportion de marqués d'âge supérieur ou égal à 2+ obtenue à l'automne dans la population en place pourrait en partie s'expliquer par le fait que l'échantillonnage survient après la saison de pêche et donc ne prend pas en compte les poissons 2+ de plus grande taille déjà exploités par celle-ci.

Comme pour DEGORGI et CHAMPIGNEULLE (2000) des biais auraient pu conduire à un sous échantillonnage notamment pour les 2+ en place à l'automne en raison de la difficulté d'échantillonner par pêche électrique les habitats plus profonds particulièrement recherchés par les truites plus âgées (JONES, 1975 ; BREMSET et BERG, 1997 ; CHAMPIGNEULLE, 1978). Par contre, l'effort d'échantillonnage par pêche à la ligne se concentrerait plus sur les habitats à adultes comme les zones profondes.

d) Une dernière hypothèse consiste à penser que les individus domestiques montreraient une plus grande capturabilité par pêche à la ligne que les individus sauvages en raison d'une différence de comportement alimentaire liée à une agressivité plus importante. Des observations ont été réalisées dans ce sens en rivière artificielle par MESA (1991) sur des truites à gorge coupée (*Oncorhynchus clarki*). D'après CAUDRON (1998), les différences de taille entre individus domestiques et individus sauvages présentes à l'âge 0+ et 1+ ne sont plus présentes à partir de l'âge 2+. En parallèle, le coefficient de condition des truites domestiques est important à l'âge 0+ quelques mois après leur introduction dans le milieu mais diminue avec le temps et à l'âge 1+ il devient

inférieur à celui des truites sauvages. Cette observation pourrait expliquer en partie la raison d'un besoin énergétique important des individus domestiques présents en milieu naturel pour compenser leur perte pondérale.

Cette hypothèse d'une plus grande capturabilité des truites alevinées et d'une exploitation plus précoce par la pêche à la ligne ressort également de façon importante dans les études réalisées par fluoromarquage sur le Doubs franco-suisse (DEGORGI et CHAMPIGNEULLE, 2000) et par génétique sur la boucle suisse du Doubs (MEZZERA et LARGIADER, 2001).

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Cette étude demandée par les gestionnaires avait pour but d'estimer la contribution des repeuplements tels qu'ils étaient pratiqués sur le bassin amont du Fier c'est-à-dire avec des souches domestiques d'origine atlantique, à des stades précoces (alevins nourris et truitelles) et avec des densités faibles à moyennes (15 à 30 individus/100 m^2). Les résultats conduisent à conclure à une relative inefficacité des pratiques de repeuplement utilisées sans toutefois pouvoir préciser les causes réelles de cet échec. Cependant l'inefficacité du repeuplement ne semble pas en rapport avec les densités alevinées. De plus, l'utilisation de souche domestique atlantique dans des milieux torrentiels où les populations naturelles sont d'origine méditerranéenne est discutable.

Le résultat conduit à préconiser au minimum sur la zone d'étude une stratégie d'arrêt expérimental du repeuplement sachant que l'étude menée a montré que le risque d'effondrement de la pêcherie est minime compte tenu de la faible contribution des repeuplements pratiqués selon le mode actuel.

D'autres pratiques de repeuplement utilisant d'autres souches et d'autres stades de déversement pourraient être testées notamment sur des secteurs où un déficit de population naturelle est réellement mis en évidence. En effet, si le repeuplement dans un milieu où une population naturelle est bien implantée ne semble pas fonctionner, cela ne sera peut-être pas le cas dans un milieu naturellement déficitaire. Ainsi, l'accent devrait être mis en particulier sur le repérage du niveau de fonctionnalité des populations sur les diverses parties du réseau hydrographique du Fier. Une extension de la technique de fluoromarquage à l'ensemble des zones du bassin versant où persiste des repeuplements est une approche possible malgré l'importance de l'échelle spatiale concernée.

Enfin, il semble important de mieux connaître la composition et la diversité génétique spatiotemporelle des populations de truites (en place et pêchées) du bassin du Fier. La définition d'éventuelles nouvelles opérations de repeuplement devrait intégrer ces connaissances et résulter d'un dialogue entre gestionnaires et généticiens.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble de la Garderie du CSP de Haute-Savoie et la Délégation Régionale de Lyon qui ont organisé et réalisé l'ensemble des pêches électriques nécessaires à cette étude. Nous remercions également les gardes particuliers de l'AAPPMA « Annecy-Rivières » qui ont participé aux échantillonnages ainsi que les pêcheurs volontaires qui ont accepté de s'impliquer.

BIBLIOGRAPHIE

BAGLINIÈRE J.L., MAISSE G., LE BAIL P.Y., NIHOUARN A., 1989. Population dynamics of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a tributary in Brittany (France): spawning and juveniles. *J. Fish Biol.*, *34*, 97-110.

BAUMAN F., 1999. Entwicklung und Anwendung der Analyse von Konformationpolymorphismus als effiziente Methode zur Identifikation von mtDNA-Sequenzhaplotypen bei der Forelle. Diplomarbeit der Philosophisch - naturwissenschaftlichen Fakultat der Universitat Bern, 56 Seite.

BEAUDOU D., 1993. Impact des déversements de truites domestiques dans les populations naturelles de truites communes, *Salmo trutta fario*. Etude dynamique et génétique. Cas du bassin de l'Orb, Hérault. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 308 p.

BERG S., JÖRGENSEN J., 1991. Stocking experiments with 0+ and 1+ trout parr, *Salmo trutta* L., of wild and hatchery origin: 1. Post-stoking mortality and smolt yield. *J. Fish Biol.*, *39*, 151-169.

BREMSET G., BERG O.K., 1997. Density, size at age, and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, *54*, 2827-2836.

CAUDRON A., 1998. Biologie et gestion de la truite (*Salmo trutta* L.) d'un torrent alpin : le cas du Fier (74). Rapport de DEA Société et Environnement : gestion des espaces montagnards. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 65 p.

CHAMPIGNEULLE A., 1978. Caractéristiques de l'habitat piscicole et de la population de juvéniles sauvages de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur le cours principal du Scorff (Morbihan). Thèse 3ème cycle Biol. Anim. Fac. Sci. Univ. Rennes, 92 p.

CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., GERDEAUX D., ROJAS BELTRAN R., GILLET C., GUILLARD J., 1990. La truite commune (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent du lac Léman. I. Caractéristiques de la population en place (1983-87) et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, *319*, 181-196.

CHAMPIGNEULLE A., BUTTIKER B., DURAND P., MELHAOUI M., 1991. Principales caractéristiques de la biologie de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Léman et quelques affluents. *In* : « *la truite : Biologie et Ecologie* ». BAGLINIÈRE J.L. et MAISSE G. (Eds.), INRA, Paris, 153-182.

CHAMPIGNEULLE A., ROJAS BELTRAN R., 2001. Le marquage des poissons. *In* : GERDEAUX D. (ed.) Gestion piscicole des grands plans d'eau, 311-346, INRA, Paris.

CRESSWELL R.C., 1981. Post-stocking movements and recapture of hatchery - reared trout released into flowing waters - a review. *J. Fish Biol.*, *18*, 429-442.

CUINAT R., 1971. Ecologie et repeuplement des cours d'eau à truites. *Bull. Fr. Piscic.*, *240*, *242*, *243*.

DEGIORGI F., CHAMPIGNEULLE A., 2000. Diagnose piscicole et mesure de l'efficacité des alevinages en truite sur le Doubs Franco-Helvétique. Rapport final Etude CSP-INRA, 119 p.

ELLIOTT J.M., 1989. The natural regulation of numbers and growth in conttrasting populations of brown trout, *Salmo trutta*, in two Lake District streams. *Freswater Biology*, *21*, 7-19.

GUYOMARD R., 1991. Diversité génétique et gestion des populations naturelles de truite commune. *In* : « *la truite : Biologie et Ecologie* ». BAGLINIÈRE J.L. et MAISSE G. (Eds.), INRA, Paris, 215-235.

JONES A.N., 1975. A preliminary study of fish segregation in salmons spawning streams. *J. Fish Biol.*, *7*, 95-104.

MESA M.G., 1991. Variation in feeding, aggression, and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, *120*, 723-727.

MEZZERA M., LARGIADER C., 2001. Evidence for selective angling of introduced trout and their hybrids in a stocked brown trout population. *J. Fish Biol.*, *59*, 287-301.

OMBREDANE D., RICHARD A., 1990. Détermination de la zone optimale de prélèvement d'écailles chez les smolts de truite de mer (*Salmo trutta* L.). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, *319*, 224-238.

POTEAUX C., BERREBI P., 1997. Intégrité génomique et repeuplement chez la truite commune du versant méditerranéen. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, *344/345*, 309-322.

ROJAS BELTRAN R., CHAMPIGNEULLE A., VINCENT G., 1995a. Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* L. and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrine fishes. *Hydrobiologia*, *300/301*, 399-407.

ROJAS BELTRAN R., GILLET C., CHAMPIGNEULLE A., 1995b. Immersion mass-marking of otoliths and bone tissue of embryos, yolk-sac fry fingerligs of artic charr *Salvelinus alpinus* L. *Nordic Journal of Freshwater Research*, *71*, 411-418.

SKROCHOWSKA S., 1969. Migrations of the sea trout (*Salmo trutta*), brown trout, and their crosses. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, *16*, 125-192.

SPRENT P., 1992. Pratique des statistiques non paramétriques. INRA (Eds), Paris, 294 p.

THIBAULT M., 1983. Les transplantations de Salmonidés d'eau courante en France, saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et truite comune (*Salmo trutta* L.). *C.R. Soc. Biogeogr.*, *59*, 405-420.

TSUKAMOTO K., KUWADA H., HIROKAWA J., OYA M., SEVIKA S., FUJIMOTO H., IMAIZUMI K., 1989. Size-dependent mortality of red sea-bream (*Pagrus major*) juveniles released with fluorescent otolith-tags in New-Bay, Japan. *J. Fish Biol.*, *35*, 59-69.

WILLIAM H., BEYER P.D., 1986. CRC Hanbook of Tables for Probability and Statistics. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

ANNEXE 6

Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta*) à l'aide de l'alizarine red S

par

Arnaud CAUDRON (1) & Alexis CHAMPIGNEULLE (2)

RÉSUMÉ. - L'article décrit la pratique à grande échelle du fluoromarquage en masse des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) par un bain de 3 h dans une solution à 100 mg/L d'alizarine red S. La méthodologie de traitement des otolithes (sagittae) en laboratoire pour détecter les poissons marqués est précisée. Les suivis de lots témoins montrent un marquage pour 100% des individus traités avec une pérennité minimale de la marque de 5 ans. Les résultats d'un test de double marquage réalisé en début et fin de la période de résorption vitelline montrent la possibilité de distinguer au moins deux lots au stade précoce d'alevin vésiculé. L'expérimentation réalisée en grandeur réelle démontre la faisabilité technique de l'utilisation de cette technique de marquage pour évaluer à grande échelle des pratiques de repeuplement qui sont l'objet d'un vif débat international. Les avantages et inconvénients de la technique de marquage sont discutés dans cette perspective.

ABSTRACT. - Large-scale otolith fluoromarking of sac fry of brown trout (*Salmo trutta*) with alizarin red S.

The paper describes the practice at a large scale of otolith fluoromarking in yolk sac fry brown trout (*Salmo trutta* L.) by a 3-hour bath in an alizarin red S solution of 100 mg/L. The methodology of otolith (sagittae) treatment to detect marked fish is detailed and validated. Control batch analysis demonstrated the marking of 100% of fish treated. The results of a double marking at the beginning and at the end of yolk sac resorption demonstrated the possibility to distinguish two batches at the precocious yolk sac stage. This experiment demonstrated the possibility to evaluate at a large scale stocking practices, which are the object of an important international debate. Advantages and disadvantages of the otolith mass marking method are discussed in such a perspective.

Key words. - Salmonidae - *Salmo trutta* - Brown trout - Marking - Otoliths - Alizarin red.

De nombreuses techniques de marquage de poissons existent et sont régulièrement utilisées pour améliorer les connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces ou sur la gestion des populations naturelles (Parker *et al*., 1990 ; Nielsen, 1992 ; Champigneulle et Rojas Beltran, 2001). Parmi celles-ci, les techniques de fluoromarquage en masse des otolithes, notamment chez les salmonidés, connaissent une évolution et un développement importants en raison de leur aptitude pour le marquage de grandes quantités d'individus à des stades précoces. Le chlorohydrate de tetracycline (CHTC) a communément été utilisé avec succès comme fluoromarqueur chez plusieurs espèces de poissons (Dabrowski et Tsukamoto, 1986 ; Nagiec *et al*., 1988 ; Ruhlé et Grieder, 1989 ; Alcobendas *et al*., 1991 ; Rojas Beltran *et al*., 1995a, 1995b). Cependant, en raison de son pouvoir antibiotique, son usage a été fortement réglementé dans certains pays ces dernières années (Panfili *et al*., 2002). Ainsi, l'utilisation d'autres fluoromarqueurs, dont la calcéine (Meunier et Boivin, 1978 ; Mohler, 1997, 2003), l'alizarine complexone (Tsukamoto *et al*., 1989a, 1989b ; Beckmann et Schulz, 1996) puis plus récemment l'alizarine red S (ARS) (Blom *et al*., 1994 ; Nagiec *et al*., 1995), moins chère que l'alizarine complexone, s'est développée. Meunier et Boivin (1978) avaient déjà montré que le squelette de poissons vivants pouvait être marqué par une injection intrapéritonéale d'ARS. Mais ce n'est que plus tard que des premières études à petite ou moyenne échelle (Nagiec *et al*., 1995 ; Eckmann *et al*., 1998 ; Caudron et Champigneulle, 2002) ont montré la possibilité d'utiliser le fluoromarquage des otolithes à l'ARS en balnéation pour des suivis de déversements de stades précoces de poissons en milieu naturel.

Le but du présent article a été de : (1) décrire la pratique à grande échelle du fluoromarquage en masse des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) par un bain de 3 h dans une solution à 100 mg/L d'alizarine red S. Ce marquage a concerné pendant trois années consécutives la totalité (3 millions d'alevins par an) des déversements de truite pratiqués dans l'ensemble des rivières de la Haute-Savoie en France ; (2) détailler la méthodologie de traitement des otolithes (sagittae) en laboratoire pour détecter les poissons marqués ; (3) évaluer la qualité et la pérennité du fluoromarquage des otolithes à l'ARS ainsi que la fia-

(1) Fédération de Haute-Savoie pour la pêche et la protection du milieu aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 St-Martin-Bellevue, FRANCE. [a.caudron@wanadoo.fr]

(2) INRA - CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon CEDEX, FRANCE.

bilité de la lecture des marques en microscopie à épifluorescence ; (4) réaliser un essai préliminaire visant à tester chez la truite la faisabilité de créer des marques distinctes par balnéation à l'ARS en début et/ou en fin de la période de résorption vitelline ; (5) discuter, à partir de l'expérience acquise, les avantages et inconvénients de la technique utilisée ainsi que les perspectives qu'elle offre en termes d'évaluation à grande échelle du repeuplement, pratique de gestion faisant l'objet d'un vif débat international.

MÉTHODOLOGIE

Présentation de la technique de marquage

Principe

Le colorant utilisé est l'alizarine red S (ARS) ($C_{14}H_7O_7SNa$) qui se présente sous la forme d'une poudre rouge ou orangée. L'alizarine red S est un produit certifié par la Biological Stain Commission (USA) pour le marquage vital des petits vertébrés et pour différencier os et cartilage chez les embryons de mammifères. Elle est retenue *in vivo* de façon durable dans les tissus squelettiques.

La méthode de marquage testée à grande échelle a été choisie à la suite de plusieurs essais réalisés à la Station INRA de Thonon (Champigneulle et Rojas Beltran, 2001). Elle consiste en une balnéation de 3 h des alevins vésiculés de truite (*Salmo trutta*) au cours de la période de résorption de la vésicule vitelline, dans une solution à 100 mg/L d'ARS. A ce stade, le colorant se fixe de façon stable (vraisemblablement par chélation avec les ions calcium) au niveau des otolithes qui sont alors les seules parties calcifiées de l'organisme.

Mode opératoire pour la pratique à grande échelle

L'utilisation à grande échelle de la technique a consisté à marquer au stade alevin vésiculé durant 3 années consécutives (2002-2003-2004) la totalité des alevins de truite commune produits sur le département de la Haute-Savoie par les piscicultures associatives. Ainsi, environ 3 millions d'alevins par an ont été marqués par cinq pisciculteurs différents dans six piscicultures utilisant deux pratiques d'incubation, en clayettes ou directement dans des auges d'incubation. Les marquages dans les 6 établissements concernés ont été étalés sur la période février-avril à des températures d'eau allant de 2 à 10°C selon les lots ou les piscicultures.

Une visite préalable de ces piscicultures a permis, pour chacune d'entre elles, de préciser le volume d'eau (selon les cas : 70, 150, 160, 220, 320 et 340 L) des différentes auges utilisées pour le marquage et d'établir les quantités de colorants nécessaires dans chaque cas pour obtenir une solution colorante à 100 mg d'ARS/L. Afin de garantir cette concentration pour toutes les opérations de marquage, des flacons de colorants correspondants à chaque cas ont été préparés en laboratoire et distribués à chaque pisciculteur. Sur chaque site, une formation du pisciculteur au protocole et aux précautions d'emploi a été réalisée en effectuant le premier marquage avec lui. Les pisciculteurs ont ensuite pratiqué seuls les marquages suivants.

Les opérations du marquage se sont enchaînées comme suit :

L'auge d'incubation contenant les alevins à traiter est préparée. Son alimentation en eau est coupée et le système de vidange est totalement étanchéifié. Un système d'oxygénation simple de l'eau est mis en place pour éviter les risques d'asphyxie.

Après l'avoir dilué dans 10 L d'eau, la quantité prédosée d'ARS, correspondant au volume utilisé, est introduite progressivement dans l'auge. Le bain colorant, contenant une concentration finale d'ARS égale à 100 mg/L, est homogénéisé par brassage manuel. Afin d'assurer une répartition optimale du colorant pendant toute la durée de la balnéation, un système de circulation d'eau en circuit fermé à l'aide d'une pompe peut être installé.

Après 3 h de balnéation, la circulation normale de l'eau est progressivement rétablie ce qui permet d'évacuer lentement le colorant et de retrouver progressivement une eau claire.

Dans le cas d'une résorption en clayettes, il est aussi possible de réserver une auge ou un bassin spécifiquement pour le marquage et de simplement déplacer les clayettes contenant les alevins.

Taux de marquage et pérennité des marques

Les objectifs de l'étude ainsi que son échelle de travail ont nécessité de s'assurer de la qualité des marquages réalisés et de la pérennité des marques obtenues. Un protocole de suivi de lots marqués, adapté aux contraintes des différentes piscicultures et aux pratiques de repeuplement, a été mis en place (Tab. I).

Pour trois piscicultures (P1, P2 et P3) pouvant garder des alevins au-delà de la phase de résorption, des prélèvements au hasard d'environ 50 spécimens 0^+ ont été réalisés en automne, directement dans les auges.

Pour les trois autres établissements (P4, P5 et P6) ne pouvant pas garder d'alevins en phase de grossissement et pratiquant des repeuplements précoces, le contrôle du marquage au stade 0^+ a été réalisé sur des lots témoins déversés en milieu naturel. Ainsi, 5 secteurs isolés répartis sur différents ruisseaux ont été sélectionnés selon les deux critères suivants : (1) absence totale de recrutement naturel et (2) impossibilité d'être naturellement colonisés via l'amont ou l'aval par une population déjà présente dans le milieu. Cinq lots témoins d'alevins marqués ont été introduits au printemps sur ces secteurs qui ont ensuite été échantillonnés (17 à 100 individus 0^+ prélevés selon les secteurs) par pêche électrique à l'automne.

Un échantillonnage complémentaire d'environ 50 spécimens 1^+ par lot a été pratiqué sur deux lots témoins gardés dans deux piscicultures.

Enfin, pour s'assurer de la pérennité à long terme de la marque, des individus plus âgés (3^+ et 4^+) ont été prélevés dans une des piscicultures gardant depuis plusieurs années un lot témoin de truites marquées selon la même technique.

Pour préciser la fiabilité de l'étape de lecture, tous les lots témoins échantillonnés dans les différentes piscicultures et aux différents stades, ont été lus par deux observateurs différents. Chaque observateur a classé les otolithes observés en 3 catégories possibles : otolithe non marqué, otolithe marqué et otolithe aberrant illisible.

En outre, un test de double lecture a également été réalisé sur 11 lots provenant de prélèvements de 0^+ en milieu naturel sur des sites repeuplés 6 mois auparavant avec des alevins marqués (Tab. I). Les truitelles échantillonnées ont été conservées au congélateur à -18°C. Leur âge a été déterminé par scalimétrie. Les lots de juvéniles 0^+ étaient susceptibles de contenir dans des proportions inconnues pour les deux observateurs des individus marqués et non marqués. Pour chacun des lots, les classements vis-à-vis du marquage réalisés par les deux observateurs ont été confrontés pour chaque truitelle 0^+.

Tableau I. - Caractéristiques des différents lots de poissons étudiés pour la validation du marquage à grande échelle d'otolithe de truite à l'alizarine RedS et pour les essais préliminaires de double marquage. *[Characteristics of different trout batches studied for the large scale validation of otolith marking with Alizarine red S and for preliminary trials of double marking.]*

Origine du lot	Lot	Pisciculture	Classe d'âge	Effectif
Lots témoins gardés en pisciculture	T1	P1	0+	51
	T2	P2	0+	49
	T3	P3	0+	51
	T4	P1	1+	48
	T5	P3	1+	49
	T6	P1	3+/4+	43
Lots témoins gardés en milieu naturel	T7	P4	0+	49
	T8	P4	0+	42
	T9	P5	0+	100
	T10	P5	0+	23
	T11	P6	0+	17
Total lots témoins				522
Lots échantillonnés en automne sur des rivières repeuplées 6 mois auparavant avec des alevins marqués	M1	P1	0+	77
	M2	P1	0+	54
	M3	P2	0+	15
	M4	P3	0+	58
	M5	P3	0+	69
	M6	P4	0+	70
	M7	P4	0+	35
	M8	P5	0+	44
	M9	P5	0+	63
	M10	P6	0+	84
	M11	P6	0+	56
Total lots rivière				625
Lots pour marquage différenciel en début et/ou fin de résorption	A	P2	0+	43
	B	P2	0+	35
	C	P2	0+	29

Essai de multimarquage

En complément du marquage à grande échelle, des essais de marquage à deux périodes différentes au cours de la phase de résorption de la vésicule vitelline ainsi qu'un double marquage ont été réalisés afin de tester la possibilité de distinguer plusieurs lots.

Ainsi, 3 lots expérimentaux ont été constitués (Tab. I) :

Lot A : 1 seul marquage réalisé en début de période de résorption à 10°C-jour après éclosion des œufs.

Lot B : 1 seul marquage réalisé en fin de période de résorption à 220°C-jour après éclosion des œufs.

Lot C : 2 marquages réalisés l'un en début et l'autre en fin de période de résorption respectivement à 10°C-jour et 220°C-jour après éclosion des œufs.

Après marquage, l'élevage des lots a été poursuivi jusqu'au stade jeune truitelle (4-5 cm) et des échantillons ont été examinés par deux observateurs selon la procédure décrite ci-dessus.

Extraction des otolithes (sagittae) et recherche du fluoromarquage

Les principales phases de l'extraction et de la recherche de marque sur les otolithes (2 sagittae) sont précisées ci-dessous.

Découpe et enlèvement, avec des ciseaux, de la moitié inférieure de la tête partiellement décongelée.

Découpage en deux (plan sagittal) de la moitié supérieure de la tête. Dans le cas de petites truites, on peut faciliter la symétrie de cette découpe en faisant entrer la pointe inférieure d'un ciseau dans le canal rachidien. Ce mode de découpe sépare et sectionne les capsules contenant les sagittae qui, une fois le cerveau enlevé, sont alors directement accessibles avec des pinces fines dans chaque demi-section de la partie supérieure de la tête.

Extraction des sagittae à l'aide de pinces fines. Après avoir enlevé les matières organiques résiduelles sur un papier absorbant les otolithes sont placés à sec dans un tube eppendorf de 1,5 ml.

Collage de chaque otolithe (côté gouttière "sulcus acusticus" contre la lame) sur une lame de verre mince à l'aide d'une thermocolle (colle Crystalbonb Aremco n° 509) liquéfiée dans une coupelle en pyrex placée sur une plaque chauffante réglée à 220-

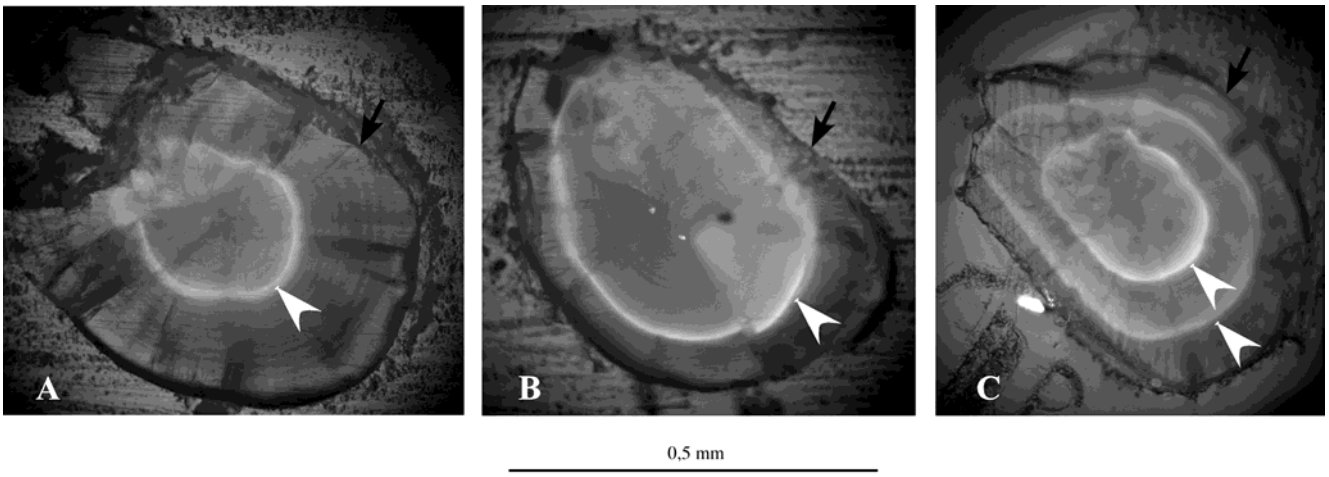


Figure 1. - Photographies, en microscopie à épifluorescence, des anneaux de marquage obtenus sur des otolithes (sagittae) de truite commune par une balnéation de 3 h dans une solution d'Alizarine red S à 100 mg/L. Flèches blanches : localisation des anneaux de marquage. Flèches noires : contour de l'otolithe. **A** : Marque obtenue par balnéation en début de période de résorption vitelline. **B** : Marque obtenue par balnéation en fin de période de résorption vitelline. **C** : Double marquage obtenu par balnéation en début et en fin de période de résorption. *[Pictures in epifluorescence microscopy of marking rings obtained in otoliths (sagittae) of brown trout immersed during 3 h in a 100 mg/L solution of Alizarine red S. White arrows: marking rings. Black arrows: the otolith outline.* ***A****: Mark produced by an immersion at the beginning of yolk sac resorption.* ***B****: Mark produced by an immersion at the end of yolk sac resorption.* ***C****: Otolith with two marks produced by two immersions at the beginning and at the end of yolk sac resorption.]*

230°C. Durant, cette étape, il est recommandé de limiter les bulles d'air existantes, celles-ci pouvant émettre une fluorescence parasite.

Polissage des otolithes sur des papiers abrasifs de granulométrie différente (Escil PSA G 400, G 800 et G 1200). Le polissage est suivi par plusieurs contrôles sous microscope, en lumière naturelle afin d'atteindre et de ne pas dépasser le centre de l'otolithe.

Identification de la présence éventuelle d'une marque par lecture de l'otolithe en microscopie à épifluorescence. Lorsque l'otolithe a été marqué, celui-ci montre en son centre un disque ou un anneau (selon la précocité du marquage et/ou le positionnement du plan de polissage par rapport au nucléus) apparaissant rouge fluorescent (jeu de filtres Zeiss n°15 : BP 546/12, FT 580, LP 590). Les marques obtenues en utilisant de fortes concentrations d'ARS peuvent parfois être détectables en lumière naturelle. Cependant, avec le type de marquage pratiqué dans la présente étude, il est préconisé d'utiliser systématiquement la microscopie à épifluorescence.

RÉSULTATS

Fiabilité de la technique de marquage

Les observations faites dans toutes les piscicultures concernées par le marquage ont montré que la mortalité postmarquage est restée inférieure à 5‰ et non différente de la mortalité observée sur des lots comparables non marqués. Les trois années de pratique dans 6 piscicultures différentes et sur plusieurs millions d'alevins sans observer de surmortalité en pisciculture montrent que cette méthode de marquage à l'ARS ne provoque pas, ou très peu, de mortalité postmarquage chez les alevins vésiculés de truite.

Les résultats de double lecture obtenus sur les 11 lots témoins gardés en pisciculture ou en milieu naturel sont entièrement concordants, quelle que soit la classe d'âge, entre les deux observateurs. De même, aucun désaccord de lecture entre les deux observateurs n'a été relevé sur les 11 échantillons de juvéniles 0^+ prélevés au hasard sur des rivières repeuplées.

Ces observations confirment la bonne qualité et la lisibilité des marques à l'ARS (Fig. 1) selon la technique décrite et garantissent ainsi la fiabilité de celle-ci.

Pour les 522 poissons des 11 lots témoins, 512 soit 98% présentaient au moins un otolithe normalement calcifié dans sa partie centrale permettant de déterminer la présence ou l'absence d'un marquage à l'ARS. Selon les deux observateurs, la totalité de ces poissons marqués au stade alevin vésiculé, quelle que soit l'origine du lot et la classe d'âge, a montré une marque bien visible sans possibilité d'erreur au filtre ARS.

Dans le cas de deux lots échantillonnés dans la même pisciculture au stade 0^+ (cohorte 2003) et 1^+ (cohorte 2002), respectivement 4% et 16% d'otolithes aberrants se sont révélés illisibles. Ces derniers semblent présenter une structure anormalement cristallisée et ne permettent pas de retrouver une marque laissée par l'ARS. Sur ces mêmes lots, les individus présentant un otolithe non aberrant avaient tous une marque de très bonne qualité.

La marque est pérenne puisque 100% des individus marqués au stade alevin vésiculé montrent encore une marque nettement lisible aux stades 3^+ et 4^+.

L'ensemble de ces résultats indique que cette technique de marquage en masse est performante et particulièrement adaptée aux suivis spatio-temporels du repeuplement. Elle permet de marquer 100% des individus de façon pérenne avec une qualité de marque permettant son identification sans ambiguïté.

Essai de multimarquage

Quelle que soit l'époque du marquage, en début ou fin de résorption de la vésicule vitelline, le taux d'individus marqués est de 100%.

Dans le cas du lot C qui a subi deux marquages, les doubles marques sur les otolithes sont nettement visibles (Fig. 1). Elles ont été repérées sans ambiguïté (présence de deux anneaux distincts) par les deux observateurs sur tous les individus. Les marques laissées par l'ARS apparaissent suffisamment fines et séparées pour discriminer les deux anneaux. Ainsi, les individus de ce lot sont très nettement distinguables de ceux des autres lots, A et B, qui ont subi un seul marquage. En revanche, la distinction entre ces deux derniers, n'apparaît pas immédiate par simple observation microscopique directe. Au moment des opérations de marquage, la taille des otolithes des individus du lot A et celle des individus du lot B est sensiblement différente puisque les deux balnéations ont été réalisées à 210°C-jours d'intervalle. Cette différence se traduit, en microscopie à épifluorescence, par une marque en anneau plus ou moins éloignée du nucleus selon la période du marquage. Cependant, cette différence de taille des anneaux de marquage entre les lots A et B n'est pas suffisamment directement perceptible sous microscope pour permettre de les distinguer sans effectuer des mesures supplémentaires.

DISCUSSION

A partir de l'expérience acquise dans la présente étude, il apparaît utile de discuter des possibilités et des limites de la technique de marquage par balnéation à l'ARS en la confrontant à la littérature, en particulier dans le domaine du marquage en masse à des stades précoces et pour une utilisation à grande échelle.

Faisabilité et fiabilité de la technique de marquage en masse à grande échelle

Les résultats obtenus dans la présente étude ont montré que la technique de marquage des otolithes à l'ARS utilisée à grande échelle est effective à 100% pour la totalité des alevins vésiculés de truite avec une pérennité minimale de 4-5 ans (100 % de marqués). Par ailleurs, l'étude montre qu'aucune erreur n'a été constatée lors de la phase de lecture de l'otolithe en microscopie à épifluorescence. Plusieurs études réalisées sur d'autres espèces font également état d'une bonne pérennité du marquage à l'alizarine. Nagiec *et al*. (1995) observent une pérennité du marquage allant jusqu'à 718 jours pour des ombres communs (*Thymallus thymallus*) marqués au stade de larves de 14-15 mm dans un bain de 3-4 h dans une solution de 70 mg d'ARS/L. Champigneulle et Cachera (données non publiées), pour un lot de corégones (*Coregonus lavaretus*) marqué à un stade très précoce (juste avant l'éclosion) par un bain de 3 h dans une solution d'ARS à 200 mg/L ont obtenu un taux final d'individus marqués à 3 ans de 100%. De même, Eckmann *et al*. (1998) signalent une bonne qualité et une bonne pérennité (jusqu'à 620 jours) du marquage de larves de corégone (*Coregonus albula*) en balnéation de 3 h dans une solution à 100 mg ARS/L.

La méthode de marquage en masse d'alevins vésiculés de truite commune à l'alizarine red S décrite ici apparaît performante et fiable et semble particulièrement bien adaptée aux objectifs d'études à grande échelle visant à suivre des d'individus introduits en masse en milieu naturel.

Tout d'abord le fait que le mode opératoire proposé se révèle facile d'emploi et surtout aisément transmissible après une formation simple, permet d'entreprendre des marquages par différents opérateurs dans différentes structures sans mettre en doute la réussite de chaque opération. La concentration de 100 mg/L et la durée de balnéation de 3 h sont un bon compromis. La concentration utilisée est suffisamment forte pour permettre un marquage en 3 h tout en évitant des mortalités au marquage notées par certains auteurs à des concentrations d'ARS plus élevées (Blom *et al*., 1994 ; Beckman et Schulz, 1996 ; Eckmann *et al*., 1998). Blom *et al*. (1994) ont marqué avec succès (100% de marqués et faible mortalité) des larves de morue (*Gadus morhua*) par une balnéation de 24 h dans une solution d'ARS à 100 mg/L, mais des concentrations supérieures (200 et 400 mg/L) avec la même durée ont provoqué d'importantes mortalités. Beckman et Schulz (1996) obtiennent un marquage fiable (100% de marqués, mortalité faible, persistance minimale de 160 jours) sur des larves de meunier noir (*Catostomus commersoni*) par une balnéation de 12 ou 24 h dans une solution d'ARS de 200-300 mg/L, mais une mortalité significative a été observée à partir de 400 mg/L. Pour des larves de corégone (*Coregonus albula*), Eckmann *et al*. (1998) ont obtenu des mortalités faibles à 100 mg ARS/l pendant 3 h et des mortalités plus fortes (10-100%) à 150-300 mg ARS/L.

La concentration de 100 mg/L reste suffisamment faible pour ne pas nécessiter un ajustement du pH. La durée de 3 h de balnéation est compatible avec l'organisation du travail en pisciculture et permet de mener et de surveiller 2 à 3 séries de marquages par jour.

Les techniques alternatives de balnéation avec choc

osmotique (CHTC : Alcobendas *et al*., 1991 ; calcéine : Mohler, 2003) ont l'avantage d'être très courtes mais elles nécessitent une plus étroite surveillance du comportement des alevins vésiculés. La balnéation à la tétracycline avec choc osmotique a cependant été utilisée avec succès dans plusieurs suivis écologiques de populations d'anguille (Alcobendas *et al*., 1991 ; Meunier, 1994) ou d'évaluation de repeuplements en truite (Caudron et Champigneulle, 2002 ; Champigneulle *et al*., 2002). Cette dernière technique, bien que permettant un marquage à 100% et durable, a cependant l'inconvénient de provoquer sur des alevins vésiculés de truite des mortalités postmarquage pouvant atteindre 10 à 15% (Champigneulle, données non publiées). Ces taux de mortalité sont difficilement acceptables dans le cas d'opérations de marquage de plusieurs millions d'individus car ils peuvent se traduire par la mort de plusieurs centaines de milliers de poissons. De plus, l'usage de ce colorant antibiotique pouvant générer de fortes résistances bactériennes, a été fortement réglementé ces dernières années (Panfili *et al*., 2002).

L'alizarine complexone a déjà été employée avec succès à grande échelle (Tsukamoto *et al*., 1989a, 1989b) chez plusieurs espèces. L'intérêt de l'utilisation de l'ARS est de fournir des résultats comparables à ceux qui sont obtenus avec l'alizarine complexone mais avec un coût significativement moindre (Blom *et al*., 1994 ; Beckman et Schulz, 1996) ce qui est important pour ces opérations de marquage de grande envergure, comme c'est le cas de la présente étude.

Possibilités de multimarquage

L'étude a montré la possibilité de distinguer très nettement deux lots par balnéation simple ou double pendant la période de résorption. Au cours de cette période, deux balnéations pratiquées à un intervalle de 210°C-jour permettent en effet d'obtenir deux anneaux de marquage distincts sans chevauchement. Ce type de marque multiple, déjà obtenu au stade alevin vésiculé chez les salmonidés (Tsukamoto *et al*., 1989a) avec d'autres marqueurs (tétracycline et alizarine complexone), s'avère donc également possible avec l'ARS.

Une observation directe en microscopie à épifluorescence permet de faire aisément la distinction entre les lots simplement marqués et doublement marqués. En revanche, pour différencier les deux lots d'individus marqués en début et en fin de période de résorption, il serait nécessaire d'envisager une étape supplémentaire de prises de micromesures sur écran afin de caractériser la position des marques par rapport au nucleus. A notre connaissance, de tels travaux n'ont pas encore été publiés et des investigations complémentaires seraient donc à entreprendre pour permettre de distinguer sans erreur les lots marqués en début et en fin de résorption.

Dans le cas d'espèces à longue période de résorption (comme les espèces de salmonidés à gros œufs) ces variantes dans les techniques de marquage des otolithes à l'ARS permettraient de différencier dès les stades précoces deux à trois groupes différents. Ceci élargirait encore le champ d'application du fluoromarquage à l'ARS.

Limites

La principale limite des diverses techniques de fluoromarquage des otolithes est la nécessité de devoir sacrifier le poisson pour rechercher la présence éventuelle d'une marque. La méthode est donc mieux adaptée aux études portant sur les pêcheries (poissons pêchés et prélevés par les pêcheurs) que sur la fraction non exploitée des populations. Des études récentes utilisant la calcéine en balnéation suggèrent des résultats prometteurs. En effet, elles présentent l'avantage de permettre la détection du marquage sur des poissons vivants. Ainsi, Mohler (1997), après une balnéation de 48 h d'alevins vésiculés (60 jours après éclosion) de saumon atlantique dans une solution de 150 et 250 mg/L de calcéine, obtient des taux d'individus marqués à 234 jours post-immersion de respectivement 93 et 97%. L'auteur signale que les marques obtenues avec un bain à 250 mg/L sont plus facilement visibles mais le taux de mortalité est cependant plus élevé (18%). Depuis, Mohler (2003) a montré également la possibilité de marquer des alevins vésiculés de saumon atlantique par 2 balnéations successives : une première balnéation de 3 mn 1/2 dans une solution salée à 5% de NaCl suivie d'un rapide bain de rinçage avant de pratiquer une deuxième balnéation de 3 mn 1/2 dans une solution à 1% de calcéine. L'utilisation d'un détecteur de calcéine permettait de repérer de façon non létale la présence d'une marque visible sur les rayons de nageoires 47 jours après le marquage. Cependant, ces techniques de marquage utilisant la calcéine ainsi que les méthodes de lecture non létales sont encore insuffisamment validées pour envisager leur utilisation dans le cadre de suivis à grande échelle et à long terme. Par ailleurs, l'utilisation de la calcéine, marqueur se fixant dans les écailles et rayons de nageoires, reste à être autorisée pour des poissons de consommation (Mohler, 2003).

Le deuxième principal inconvénient de la technique de fluoromarquage des otolithes est que le repérage de la marque n'est pas immédiat et qu'il nécessite un travail relativement important en laboratoire (dissection du poisson et préparation de l'otolithe) ainsi que l'utilisation d'un microscope à épifluorescence.

Enfin, encore peu d'études ont comparé le comportement, la croissance et la survie entre individus marqués et non marqués aux otolithes après leur relâcher en milieu naturel. Un travail de Meunier et Boivin (1978) a montré qu'il était possible de concilier un bon marquage des tissus osseux de la truite avec l'alizarine sans affecter sa croissance. Une étude de Mohler *et al*. (2002) montre que des alevins de saumon atlantique avec les otolithes marqués à la calcéine n'étaient pas soumis davantage à la prédation des ombles de fontaine sauvages comparativement à des alevins non marqués.

Comme dans le cas de tout autre fluoromarqueur des otolithes, par précaution, lors de changement de fournisseur d'ARS ou de lot de fabrication, il est recommandé de réaliser un essai préalable à petite échelle pour vérifier l'innocuité du traitement et la qualité de la marque produite.

Cas des otolithes totalement aberrants

La présente étude a révélé sur des lots témoins issus d'une pisciculture quelques cas d'otolithes anormalement cristallisés pour lesquels il a été impossible d'observer une marque. L'existence de faibles taux d'otolithes anormalement calcifiés (otolithes dits cristallins selon Morales-Nin, 2000) a été décrite dans la littérature chez plusieurs espèces de salmonidés : *Oncorhynchus mykiss* (Mugiya, 1972 ; Campana, 1983), *Oncorhynchus tshawytsha* (Gauldie, 1986). La zone aberrante peut être constituée d'un dépôt de calcite (Strong *et al*., 1986 ; Morales-Nin, 2000) ou de vatérite (Mugiya, 1972 ; Campana, 1983 ; Gauldie, 1986) au lieu d'aragonite. Ces études font principalement mention d'otolithes partiellement aberrants pour lesquels il persiste une zone centrale normale conservant l'aptitude à retenir le marquage pratiqué précocement au stade alevin vésiculé.

En revanche, les otolithes totalement aberrants observés dans la présente étude ont une apparence homogène entièrement translucide. Contrairement aux otolithes normaux ou partiellement cristallins, il a été impossible de mettre en évidence la marque à l'ARS. Ces cas restent cependant extrêmement rares. En effet, Caudron et Champigneulle (données non publiées) ont observé, sur plusieurs milliers de poissons étudiés, un faible taux (0,6%) d'otolithes totalement cristallins. De plus, ce phénomène semble d'autant plus marginal que tous les cas relevés proviennent de la même pisciculture et qu'aucun autre cas n'a été observé sur des lots prélevés en milieu naturel. A ce sujet Campana (1983), trouve plus d'otolithes partiellement aberrants chez des poissons d'élevage que chez les poissons sauvages.

Selon Panfili *et al*. (2002) les otolithes ne semblent pas sujets à des résorptions minérales même si Mugiya et Uchimara (1989) ont observé quelques rares cas de résorption, uniquement périphérique et en cas de stress extrême. Il apparaît plus probable que l'absence de marquage à l'ARS sur ce type d'otolithe soit plutôt dû à un défaut de fixation de l'ARS plutôt qu'à un phénomène de remaniement postmarquage.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le présent travail a permis, sur le plan méthodologique, de tester la mise en œuvre à grande échelle d'une technique qui s'était révélée satisfaisante et fiable à petite échelle. La faisabilité du changement d'échelle a été montrée par le marquage durant trois années de suite de plusieurs millions d'alevins vésiculés (destinés au repeuplement des rivières sur l'ensemble de la Haute-Savoie), avec diverses origines d'œufs et dans plusieurs piscicultures. Ceci montre une certaine robustesse et fiabilité de la méthodologie de marquage de masse employée à grande échelle.

La réussite de ces opérations de marquages et le fait que la totalité des poissons introduits dans le milieu naturel soit marquée permettent de connaître avec certitude, sur un vaste réseau hydrographique, l'origine (repeuplée ou naturelle) des individus présents dans les populations en place ou exploitées. Par ailleurs il devient possible de comparer les caractéristiques et la dynamique spatio-temporelle de ces deux composantes du recrutement dans les populations en place et dans les pêcheries. Les premiers travaux réalisés sur ce sujet (Caudron et Champigneulle, 2002 ; Champigneulle *et al*., 2002 ; Champigneulle et Cachera, 2003) montrent que le travail à plus grande échelle rend plus aisée la recherche des facteurs explicatifs des fortes variations interstations (0 à 100%) observées dans la contribution des poissons alevinés.

La possibilité de marquer à l'ARS différemment plusieurs lots rend possible : les études de comparaison de la contribution spatio-temporelle du repeuplement selon les différents types de pratiques utilisés (souches de poisson, stades et époques de déversement) et selon les caractéristiques des milieux récepteurs ; l'analyse comparative des caractéristiques des poissons issus du recrutement naturel et de ceux qui ont été introduits (taille, croissance, morphologie, coefficient de condition) et le suivi de leur évolution dans le temps ; la méthodologie peut contribuer à des programmes de biologie de la conservation, même en situation de repeuplement. En effet, le marquage de la totalité de la fraction repeuplée permet le repérage de populations naturellement fonctionnelles se traduisant par une faible contribution des individus marqués.

De plus, la pérennité de la marque jusqu'à un âge élevé permet d'envisager le suivi des poissons marqués jusqu'au stade adulte et dans les captures par pêche à la ligne, ce qui peut permettre d'optimiser la gestion des pêcheries.

Remerciements. - Nous tenons à remercier l'ensemble des pisciculteurs des associations de pêche qui ont réalisé avec rigueur les marquages. Cette étude a bénéficié d'une aide financière du Conseil général de Haute-Savoie. Les auteurs souhaitent rendre hommage à R. Rojas-Beltran, décédé en 1997 (voir *Cybium*, 1998, 22: 3-4), qui a initié à la station INRA de Thonon les premières expérimentations de marquage en masse de juvéniles de salmonidés avec l'alizarine red S.

RÉFÉRENCES

ALCOBENDAS M., LECOMTE F., CASTANET J., MEUNIER F.J., MAIRE P. & M. HOLL, 1991. - Technique de marquage en masse des civelles (*Anguilla anguilla*) par balnéation rapide dans un fluorochrome. Application au marquage à la tétracycline de 500 kg de civelles. *Bull. Fr. Pêch. Piscic*., 321: 43-54.

BECKMAN D.W. & R.G. SCHULZ, 1996. - A simple method for marking fish otoliths with alizarin compounds. *Trans. Am. Fish. Soc*., 125: 146-149.

BLOM G., NORDEIDE J.T., SVASAND T. & A. BORGE, 1994. - Application of two fluorescent chemicals, alizarin complexone and alizarin red S, to mark otoliths of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquacult. Fish. Manag*., Suppl. 1: 229-243.

CAMPANA S.E., 1983. - Calcium deposition and otolith check formation during periods of stress in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch. Comp. Biochem. Physiol*., 75A: 215-220.

CAUDRON A. & A. CHAMPIGNEULLE, 2002. - Évaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisés à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bull. Fr. Pêch. Piscic*., 365/366: 455-469.

CHAMPIGNEULLE A. & R. ROJAS BELTRAN, 2001. - Le marquage des poissons. *In*: La Gestion piscicole des Grands Plans d'Eau (Gerdeaux D., ed.), pp. 311-346. Paris: INRA.

CHAMPIGNEULLE A., DEGIORGI F., RAYMOND J.-C. & S. CACHERA, 2002. - Dynamique spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en stades précoces de truite (*Salmo trutta* L.) dans la population en place et dans la pêche sur le Doubs franco-suisse. *Bull. Fr. Pêch. Piscic*., 365/366: 471-485.

CHAMPIGNEULLE A. & S. CACHERA, 2003. - Evaluation of large-scale stocking of early stages of brown trout, *Salmo trutta*, to angler catches in the French-Swiss part of the River Doubs. *Fish. Manag. Ecol*., 10: 79-85.

DABROWSKI K. & K. TSUKAMOTO, 1986. - Tetracycline tagging in coregonid embryos and larvae. *J. Fish Biol*., 29: 691-698.

ECKMANN R., CZERKIES P., HELMS C. & K. KLEIBS, 1998. - Evaluating the effectiveness of stocking vendace (*Coregonus albula* L.) eleutheroembryos by alizarin marking of otoliths. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol*., 50: 457-463.

GAULDIE R.W., 1986. - Vaterite otoliths from chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytsha*). *New Zeal. J. Mar. Freshw*., 20: 209-217.

MEUNIER F., 1994. - Données sur la croissance de l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans le cours moyen du Rhin, région alsacienne. *Bull. Fr. Pêch. Piscic*., 335: 133-144.

MEUNIER F.J. & G. BOIVIN, 1978. - Action de la fluorescéine, de l'alizarine, du bleu de calcéine et de diverses doses de tétracycline sur la croissance de la truite et de la carpe. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys*., 18: 1293-1308.

MOHLER J.W., 1997. - Management briefs: Immersion of larval Atlantic salmon in calcein solutions to induce a non-lethally detectable mark. *N. Am. J. Fish. Manag*., 17: 751-756.

MOHLER J.W., 2003. - Producing fluorescent marks on Atlantic salmon fin rays and scales with calcium via osmotic induction. *N. Am. J. Fish. Manag*., 23: 1108-1113.

MOHLER J.W., MILLARD M.J. & J.W. FLETCHER, 2002. - Predation by captive wild brook trout on calcein-marked *versus* non-marked Atlantic salmon *fry. N. Am. J. Fish. Manag*., 22: 223-228.

MORALES-NIN B., 2000. - Review on the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fish. Res*., 46: 53-67.

MUGIYA Y., 1972. - On aberrant sagittae of Teleostean fish. *Jpn. J. Ichthyol*., 19: 11-14.

MUGIYA Y. & T. UCHIMARA, 1989. - Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. *J. Fish Biol*., 35: 813-818.

NAGIEC M., DABROWSKI K., NAGIEC C. & E. MURAWSKA, 1988. - Mass-marking of coregonid larvae and fry by tetracycline tagging of otoliths. *Aquat. Fish. Manag*., 19: 171-178.

NAGIEC M., CZERKIES P., GORYCZKO K., WITKOWSKI A. & E. MURAWSKA, 1995. - Mass-marking of grayling (*Thymallus thymallus* L.) larvae by fluorochrome tagging of otoliths. *Fish. Manag. Ecol*., 2: 165-175.

NIELSEN L.A., 1992. - Methods for marking fish and shellfish. *Am. Fish. Soc., Spec. Pub*., 23: 1-208.

PANFILI J., PONTUAL, H., TROADEC H. & P.J. WRIGHT, 2002. - Manuel de Sclérochronologie des Poissons. 464 p. Coédition Ifremer-IRD.

PARKER N.C., GIORGI A.E., HEIDINGER R.C., JESTER D.B., PRINCE E.D. & G.A. WINANS, 1990. - Fish-marking techniques. *Am. Fish. Soc. Symp*., 7: 879 p.

ROJAS BELTRAN R., CHAMPIGNEULLE A. & G. VINCENT, 1995a. - Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrine fishes. *Hydrobiologia*, 300/301: 399-407.

ROJAS BELTRAN R., GILLET C. & A. CHAMPIGNEULLE, 1995b. - Immersion mass-marking of otoliths and bone tissue of embryos, yolk-sac fry and juveniles of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Nord. J. Freshw. Res*., 71: 411-418.

RUHLÉ C. & C. GRIEDER, 1989. - Nouvelle méthode de marquage vital d'œufs de salmonidés par incorporation osmotique de tétracycline à la fécondation : expériences préliminaires sur des œufs de truite fario (*Salmo trutta*) et de truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). *Bull. Fr. Pêch. Piscic*., 315: 181-188.

STRONG M.B., NEILSON J.D. & J.J. HUNT, 1986. - Aberrant crystallization of Pollck (*Polachius virens*) otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 43: 1457-1463.

TSUKAMOTO K., SEKI Y., OBA T., OYA M. & M. IWAHASHI, 1989a. - Application of otolith to migration study of salmonids. *Physiol. Ecol. Jpn*, Spec. 1: 119-140.

TSUKAMOTO K., KUWADA H., HIROKAWA J., OYA M., SEKIVA S., FUJIMOTO H. & K. IMAIZUMI, 1989b. - Size-dependent mortality of red sea bream (*Pagrus major*) juveniles released with fluorescent otolith-tags in New Bay, Japan. *J. Fish Biol*., 35: 59-69.

Reçu le 18 février 2005.
Accepté pour publication le 31 août 2005.

ANNEXE 7

Prise en compte de la biodiversité intraspécifique pour la gestion des populations autochtones de truite (*Salmo trutta* L.) dans le bassin des Dranses (Haute-Savoie)

par

Arnaud CAUDRON (1) & Alexis CHAMPIGNEULLE (2)

RÉSUMÉ. - Une approche concertée entre scientifiques et gestionnaires des populations de truites communes (*Salmo trutta* L.) a été menée dans le bassin des Dranses en Haute-Savoie suite à des études génétiques ayant montré le maintien de populations issues du rameau évolutif méditerranéen (MED) autochtone. Sur cette zone, des déversements d'alevins de souche domestique appartenant au rameau évolutif atlantique (ATL) ont été pratiqués durant des décennies. L'étude a donc visé à évaluer et à faire évoluer les pratiques de gestion vers une meilleure prise en compte de la composante MED autochtone des populations de ce système. L'utilisation des techniques de fluoromarquage des otolithes a permis de suivre, aux stades juvéniles (0^+ et 1^+), la contribution de deux modes de repeuplement, à savoir les repeuplements traditionnels ATL pratiqués à de fortes densités (1,5 ind./m^2) et les repeuplements de réhabilitation pratiqués à des faibles densités (0,3 ind./m^2) avec des alevins MED nourris. Les résultats indiquent qu'à densité identique, les déversements ATL réalisés avec des alevins nourris ont des contributions (43% au stade 0^+ et 20% au stade 1^+) plus élevées que celles qui sont obtenues avec des alevins vésiculés (7% au stade 0^+ et 0% au stade 1^+). Avec une densité cinq fois moindre, les repeuplements de réhabilitation MED montrent une contribution qui est non négligeable au stade juvénile et qui varie peu entre le stade 0^+ (21%) et le stade 1^+ (30%). Quelle que soit la pratique de repeuplement, la grande majorité (70 à 100%) des juvéniles 1^+ est fournie par le recrutement naturel. Suite aux résultats de plusieurs analyses génétiques et aux suivis de repeuplements, la pratique de repeuplements intensifs en alevins ATL nourris a été abandonnée sur l'ensemble du système des Dranses. Sur une partie du système (Dranse d'Abondance amont) une zone sanctuaire sans repeuplement a été créée et sur le reste un repeuplement temporaire de réhabilitation pratiqué avec des densités faibles en alevins nourris MED a été mis en place. La contribution de ce mode de repeuplement a été évaluée durant quatre années au travers des captures par pêche à la ligne dans 5 zones et pour 3 cohortes. Les classes d'âge 2^+ et 3^+ représentent la majorité (77-90%) des captures des pêcheurs. Pour les 3 cohortes suivies, la contribution des marqués au total des captures ne change pas du stade 2^+ au stade 3^+. Pour les trois classes d'âge (2^+, 3^+ et 4^+) les taux de marqués ne varient pas significativement d'une cohorte à l'autre. Pour les trois classes d'âge 2^+, 3^+ et 4^+ réunies et sur l'ensemble des saisons de pêche suivies, les taux de truites marquées dans les captures à la ligne varient de 10 à 30% selon les zones. L'ensemble des résultats obtenus ainsi que le rapprochement entre scientifiques et gestionnaires ont permis de faire évoluer les pratiques de gestion permettant de mieux prendre en compte les connaissances acquises sur la diversité intraspécifique de la truite.

ABSTRACT. - Towards a better taking into account of the intraspecific biodiversity for the management of native Mediterranean brown trout (*Salmo trutta* L.) populations on the Dranses basin in Haute-Savoie (France).

An interdisciplinary study of the management of brown trout (*Salmo trutta* L.) populations was undertaken in the Dranses river system in Haute-Savoie (France) after a genetical study indicating the survival of populations belonging to the Mediterranean autochtonous lineage (MED). In this system, stocking was practiced during a century with fry issued from domesticated trout belonging to the Atlantic lineage (ATL). The study aimed to evaluate and to try to change management practices towards a better taking into account of the autochtonous MED component in this system. The usual stocking practices with high densities (1.5/m^2) of ATL juveniles have been estimated in a large scale experiment using otolith fluoromarking. Practiced with similar densities (around 1.5/m^2) the contribution of stocking estimated at juvenile stages was significantly higher when fed fry were used than when unfed sac fry were used. The respective global contribution values were 43% (fed fry) and 7% (sac fry) at 0^+ stage and 20% (fed fry) and 0% (sac fry) at 1^+ stage. With densities fivefold lower, rehabilitation stockings with MED showed a rather good contribution with low fluctuations between 0^+ (21%) and 1^+ (30%) stages. Whatever the stocking practice, the vast majority (70 to 100%) of 1^+ juveniles was supplied by natural recruitment. Consequently to the results of genetical analysis and to the evaluations of stocking practices, the stocking at high densities with ATL domesticated fed fry was discarded in the whole system. A part of the system (the upstream zone of the Dranse d'Abondance River) was placed as a sanctuary zone without any stocking. Elsewhere a temporary rehabilitation stocking was practiced with low densities of MED fed fry, the contribution of which was studied during four years in the catches by anglers in 5 zones and for 3 cohorts. The age classes 2^+ and 3^+ represented the vast majority (77 to 90%) of the catches by anglers. For the three cohorts surveyed, the contribution of marked trout to the total of catches was similar at age 2^+ and 3^+. For the three age classes 2^+, 3^+ and 4^+, percentages of marked trout in the catches by anglers did not vary significantly from one cohort to another. For the three age classes gathered and for the different angling seasons the percentage of marked trout in catches by anglers varied between 10 and 30 % according to the different zones. The results concluded to adapt the management practices allowing a better taking into account of the intraspecific diversity of the brown trout.

Key words. - Salmonidae - *Salmo trutta* - Genetics - Conservation - Management - Intraspecific diversity - Marking - Otoliths.

(1) Fédération de Haute-Savoie pour la pêche et la protection du milieu aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 Saint-Martin-Bellevue, FRANCE. [a.caudron@wanadoo.fr]

(2) INRA CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon-les-Bains, FRANCE.

Les populations naturelles de truites communes (*Salmo trutta* L.) sont l'objet d'importants enjeux halieutiques. L'espèce est largement soumise à l'exploitation en particulier par la pêche récréative à la ligne. Elle joue donc un rôle socio-économique non négligeable. L'importante plasticité écologique de la truite commune liée à un polymorphisme élevé se traduit au sein de son aire de répartition originelle par une multiplicité des tactiques d'histoires de vie en terme d'utilisation de l'habitat, de croissance, d'alimentation, de maturation sexuelle et de comportement migratoire (Klemetsen *et al.*, 2003 ; Cucherousset *et al.*, 2005). L'extrême diversité génétique et phénotypique intraspécifique présente chez cette espèce a été décrite au niveau européen par Laikre *et al.* (1999). Ces auteurs ont souligné l'importance de la prise en compte de cette diversité pour la gestion des populations naturelles.

Bernatchez (2001) indique l'existence au niveau européen de 5 lignées évolutives majeures (Atlantique, Méditerranéenne, Adriatique, Marmoratus, Danubienne) qui doivent être considérées pour leur gestion comme des Unités Évolutives Significatives (UES). Le maintien de la diversité biologique intraspécifique chez la truite commune nécessite à la fois de conserver comme des entités à part les différentes UES et d'accroître les efforts de conservation à l'échelle des populations (Laikre *et al.*, 1999). Ces préconisations impliquent la nécessité d'un rapprochement entre scientifiques ou biologistes (génétique, biologie de la conservation) et gestionnaires des pêcheries, afin d'intégrer les différents niveaux de diversité biologique dans la gestion des populations naturelles de truites exploitées par la pêche à la ligne.

Sur le territoire français, la répartition biogéographique des populations naturelles de truites (Krieg et Guyomard, 1985 ; Guyomard, 1989) montre la présence de la lignée évolutive Atlantique (ATL) sur le versant atlantique et de la lignée Méditerranéenne (MED) sur le versant méditerranéen, chacune représentant donc une UES. Sur l'ensemble de la zone méditerranéenne, ces deux rameaux évolutifs différenciés ont été mis en contact depuis près de 100 ans suite aux pratiques traditionnelles de repeuplement consistant à introduire massivement sur cette zone des alevins de truite ATL issus de stocks domestiqués (Krieg, 1984 ; Chevassus *et al.*, 1992). Cette pratique a conduit sur plusieurs rivières à l'introgression des populations MED présentes à l'origine par des gènes d'origine ATL (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989 ; Beaudou *et al.*, 1994 ; Poteau et Berrebi, 1997). En outre, très localement, comme au niveau de la région lémanique, l'existence ancienne de connexions temporaires entre les deux versants (Persat et Keith, 1997), a pu rendre possible par colonisation naturelle, un recouvrement géographique des deux rameaux évolutifs (Largiader *et al.*, 1996). Cependant, en l'état des connaissances actuelles (Launey *et al.*, 2003 ; Bouille, 2003 ; Barnetta 2005), il reste encore difficile de préciser le statut autochtone, subspontané ou introduit des diverses populations ATL présentes sur le réseau lémanique. En revanche, sur l'ensemble de la zone nord alpine française les populations d'origine MED peuvent être considérées comme autochtones.

Sur le système des Dranses, le repérage de plusieurs populations MED natives faiblement introgressées a conduit à entreprendre une démarche associant gestionnaires et scientifiques visant à : 1) évaluer des pratiques traditionnelles de repeuplement ATL utilisées en aveugle depuis des décennies, 2) mettre en place des pratiques de gestion alternatives plus respectueuses de la composante autochtone MED comme le repeuplement de réhabilitation utilisant des alevins issus d'un stock captif de géniteurs MED, 3) suivre à grande échelle la contribution de ce mode de repeuplement grâce à l'utilisation de la technique de fluoromarquage de masse des otolithes. Le présent article rapporte les résultats des suivis temporels de repeuplements traditionnels ATL et de repeuplements MED de réhabilitation avec, pour ce dernier, un suivi de sa contribution au stade adulte dans les captures par pêche à la ligne sur l'ensemble du système des Dranses.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation du site d'études

L'étude a été réalisée sur le réseau hydrographique de la Dranse, le principal tributaire du Léman après le Rhône valaisan. Ce vaste système est composé de trois rivières principales, la Dranse d'Abondance (35 km), la Dranse de Morzine (25 km) et le Brevon (20 km) qui se réunissent pour former la Basse Dranse (14 km). Les cours d'eau concernés sont tous des torrents typiques de la zone nord-alpine française. Les nombreux résultats génétiques disponibles (Guyomard, 1989 ; Largiader *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2003 ; Caudron *et al.*, 2006a) ont montré la présence majoritaire, sur cette zone, du rameau évolutif méditerranéen (MED) mais plus ou moins largement hybridé par les génotypes ATL (Fig. 1).

Historique des repeuplements et évolution des pratiques de gestion

Historiquement et jusqu'en 1996, le système des Dranses a été repeuplé massivement pendant près d'un siècle avec des truites domestiques ATL. Au cours des années 1980 et 1990, les quantités utilisées pour repeupler ce système variaient de 800 000 à 1 000 000 d'alevins et truitelles par an (soit en moyenne environ 1,5 individus/m^2).

À partir de 1996, suite aux premiers résultats des suivis par fluoromarquage des alevins introduits et des études génétiques (Largiader *et al.*, 1996 ; Launey *et al.*, 2003), les gestionnaires appuyés par les scientifiques ont fait évoluer leurs pratiques de gestion vers un objectif majeur, à savoir la

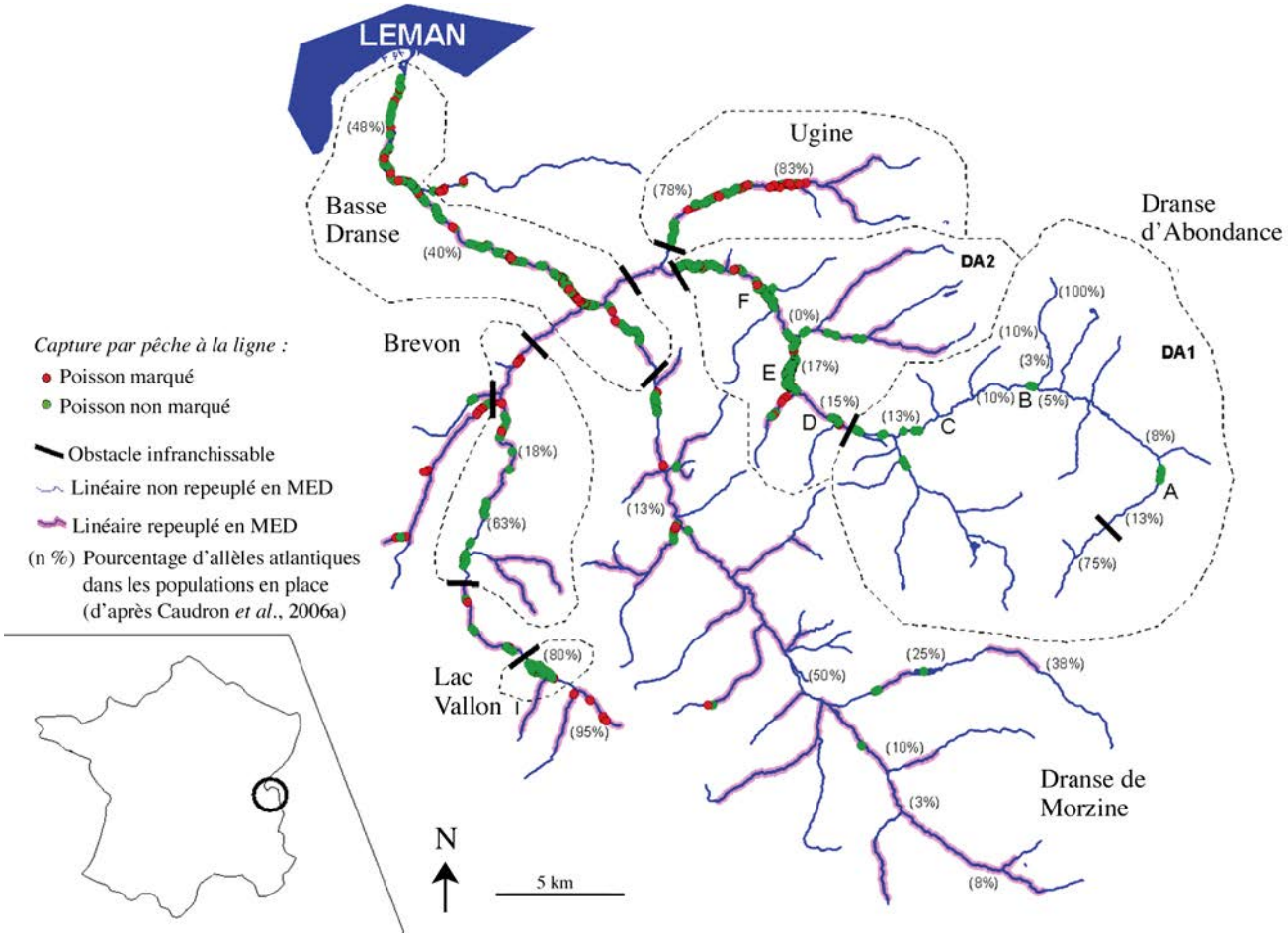


Figure 1. - Présentation du réseau hydrographique du système des Dranses et localisation des zones (aires en pointillées) et secteurs d'études (A, B, C, D, E, F) utilisés pour le suivi de la contribution des truites de repeuplement aux stades juvéniles et adultes. (n %) : pourcentages d'allèles atlantiques dans les populations d'adultes en place. Localisation des principaux obstacles à la circulation et des linéaires concernés par les repeuplements MED. *[River catchment of the Dranse River system and location of zones (dotted lines) and studied sec - tions (A, B, C, D, E, F) surveyed to evaluate the contributions of stocked alevins at juvenile and adult stages. (n%): percentages of Atlantic alleles in the standing adult populations. Location of the main obstacles to the migration and of the river sections concerned by stocking with MED alevins.]*

préservation et la réhabilitation du rameau méditerranéen autochtone encore présent sur certaines parties du système. Cette évolution a consisté en :

1) la création sur la Dranse d'Abondance d'une zone sanctuaire sans repeuplement sur l'ensemble de la zone DA1 (Fig. 1) ;

2) une augmentation locale, au sein de la zone DA1, de l'aire de répartition de cette population autochtone en pratiquant un transfert de géniteurs sauvages sur la zone amont de la Dranse d'Abondance, au-dessus d'un obstacle infranchissable ;

3) l'arrêt, sur l'ensemble du bassin des Dranses, des déversements d'alevins ATL ;

4) la production d'alevins de souche MED par un stock de géniteurs constitué à partir d'adultes issus de DA1 et porteurs d'allèles méditerranéens (2 à 3 marqueurs diagnostics, Largiader et Launey, données non publiées). Cette production était destinée à réhabiliter et/ou renforcer des populations MED sur l'ensemble du bassin des Dranses.

Ainsi à partir de 1999 pour les trois rivières principales et de 2000 pour la Basse Dranse, la totalité des poissons introduits dans la zone d'étude sont issus de ce stock de géniteurs MED. Les individus MED ont été introduits au stade d'alevins légèrement nourris (2-3 cm) sur les trois branches principales du système (Dranse d'Abondance, Dranse de Morzine et Brevon) et à trois stades différents sur la Basse Dranse, à savoir alevins un peu plus âgés (4-5 cm), estivaux (6-8 cm) et truitelles de 1 an. Les quantités totales de poissons introduites annuellement sont comprises entre 150 000 et 200 000 (soit 0,3 individus/m^2). Ces quantités et densités d'alevinage sont donc environ 5 fois moins importantes que celles qui ont été utilisées auparavant lors des repeuplements traditionnels.

Suivi des repeuplements

Repeuplement traditionnel ATL

Les pratiques de repeuplement traditionnel ont été évaluées uniquement au stade des juvéniles en place à l'automne sur 2 zones (DA1 et DA2) du sous-bassin de la Dranse d'Abondance (Fig. 1). Pour ce faire, la totalité des alevins de truites ATL déversés en 1995 a été marquée au stade d'alevins vésiculés par fluoromarquage des otolithes au chlorohydrate de tétracycline (CHTC) selon la méthode décrite par Champigneulle et Rojas Beltran (2001). Un lot de 130 000 alevins en fin de résorption a été réparti en avril 1995 sur la zone DA2. 130 000 autres alevins, nourris quelques semaines, ont été répartis sur la zone DA1.

Ensuite, des échantillonnages de la cohorte 1995 ont été réalisés à l'automne 1995 (stade 0^+) et 1996 (stade 1^+) dans chacune des zones DA1 et DA2. Sur chaque zone, trois secteurs (A, B, C sur DA1 et D, E, F sur DA2) localisés de manière à être représentatifs des zones étudiées et longs de plusieurs centaines de mètres ont été prospectés par pêche électrique de sondage (Fig. 1). L'ensemble des individus sacrifiés, après prélèvement, a été conservé au congélateur (-18°C) et traité ultérieurement en laboratoire.

Repeuplement de réhabilitation MED

Tous les poissons MED déversés dans le système Dranse à partir de 1999 ont été marqués aux otolithes par une balnéation de 3 heures dans une solution d'Alizarine RedS (ARS) selon la technique décrite par Caudron et Champigneulle (2006). Ensuite, des échantillonnages, toujours par pêche électrique de sondage, de juvéniles au stade 0^+ et 1^+ ont été pratiqués en 2000 sur les mêmes secteurs de la zone DA2 que ceux qui ont été échantillonnés en 1995 et 1996 dans le cadre du suivi du repeuplement traditionnel (Fig. 1). La zone DA1 ayant été mise en zone sanctuaire sans repeuplement à partir de 1996 ; elle n'a donc pas fait l'objet d'un suivi des repeuplements MED.

Le suivi a été prolongé dans les captures par pêche à la ligne durant quatre années consécutives, 2002, 2003, 2004 et 2005 et étendu à l'ensemble du système des Dranses. Pour ce faire, des pêcheurs volontaires ont accepté de renseigner leurs captures (date, lieu, taille) et de réaliser les prélèvements nécessaires (écailles et tête). Cet échantillonnage a concerné l'ensemble des quatre saisons de pêche de mars à octobre et il a porté sur des truites ayant atteint la taille légale de capture fixée à 23 cm (longueur totale).

Traitements et analyses des données

L'âge de tous les individus échantillonnés (juvéniles et adultes) a été estimé par scalimétrie de manière à sélectionner uniquement les cohortes suivies. Pour chaque truite examinée, la tête a été disséquée, les otolithes (sagittae) ont été extraits, préparés et lus pour repérer la présence éventuelle d'une marque. La technique utilisée est celle décrite par Caudron et Champigneulle (2006).

Pour la présentation des résultats, l'ensemble du réseau concerné, a été divisé en zones homogènes en fonction de la présence des obstacles à la migration et de la répartition des captures des pêcheurs (Fig. 1). Sur chaque zone étudiée, la contribution des individus marqués a été traduite en pourcentage. Les intervalles de confiance à 95% de ces taux de marqués ont été calculés à partir des tables de Beyer (1986). Les contributions respectives des poissons marqués et non marqués ont été comparées à l'aide des tests non paramétriques χ^2, lorsque les échantillons étaient suffisamment grands, et du test exact de Fisher (Sprent, 1992) pour les petits échantillons. L'ensemble des résultats obtenus dans les différents domaines a été intégré dans un système d'information géographique sous le logiciel Mapinfo 7.0 afin de faciliter le traitement des données sur le plan spatial.

Tableau I. - Contribution des repeuplements ATL et MED par secteur sur les zones d'études DA1 et DA2 situées sur la Dranse d'Abondance (taille de l'échantillon). *[Contribution of stocking with ATL and MED lineages in areas DA1 and DA2 located in the Dranse d'Abondance River (sample size).]*

Zone	Secteur	Repeuplement ATL		Repeuplement MED	
		0+ (coh95)	1+ (coh95)	0+ (coh00)	1+ (coh99)
DA1	A	28,2% (64)	23,3% (30)		
	B	72,5% (80)	28,6% (14)		
	C	23,3% (73)	6,3% (16)		
	Total DA1	42,8% (217)	20% (60)		
DA2	D	13,6% (22)	0% (16)	5,9% (17)	57,9% (19)
	E	6,8% (59)	0% (25)	19,1% (47)	10,7% (28)
	F	3,8% (52)		25,3% (87)	
	Total DA2	6,7% (133)	0% (41)	21,2% (151)	29,8% (47)

RÉSULTATS

Bilan des repeuplements ATL et MED aux stades 0^+ et 1^+ sur la Dranse d'Abondance (Tab. I**)**

Déversement d'alevins ATL

Les repeuplements ATL domestiques montrent, aux stades 0^+ et 1^+ en place à l'automne, des contributions différentes entre la zone amont (DA1) et aval (DA2) du cours principal de la Dranse d'Abondance. Pour les deux classes d'âge, l'impact global de l'alevinage est significativement plus élevé ($p < 0,01$) sur DA1 (repeuplement en alevins nourris) que sur DA2 (repeuplement en alevins vésiculés) avec des valeurs respectives de 42,8 et 6,7% au stade 0^+ et de 20 et 0% au stade 1^+.

La contribution du repeuplement ATL mesurée au stade 0^+ en automne varie selon les secteurs entre 23,3 et 72,5% en zone amont DA1 et entre 3,8 et 13,6% en zone aval DA2. Au stade 0^+, seuls les taux de marqués entre les secteurs A et D,

et les secteurs C et D montrent des valeurs non significativement différentes. Tous les autres taux de 0^+ marqués des secteurs de la zone DA1 sont significativement plus élevés ($p < 0,05$) que ceux des secteurs de la zone DA2.

Pour DA1, le secteur B montre un taux de 0^+ marqués significativement ($p < 0,001$) supérieur à ceux des deux autres secteurs. Pour DA2, les différences intersecteurs observées ne sont pas significatives ($p > 0,05$).

Au stade 1^+ au sein des deux zones les impacts d'alevinage ne diffèrent pas de manière significative ($p > 0,05$) entre les secteurs étudiés. La contribution du repeuplement traditionnel mesurée au stade 1^+ est faible sur la zone DA1 avec des valeurs comprises entre 6,3 et 28,6% et devient même nulle (0%) sur la zone DA2. Sur les 5 secteurs suivis et sur l'ensemble regroupé des deux zones, les taux de marqués dans la population en place baissent entre le stade 0^+ et 1^+.

En conclusion, la contribution d'un repeuplement quantitativement important de 130 000 alevins vésiculés ATL sur DA2 a été faible au stade 0^+ et nulle au stade 1^+. La contribution d'un repeuplement quantitativement important de 130 000 alevins nourris sur DA1 a été assez forte au stade 0^+ mais elle a fortement chuté, devenant faible au stade 1^+. Ainsi, pour la cohorte 1995, 71 à 100% des effectifs de la classe d'âge 1^+ proviennent du recrutement naturel.

Déversement d'alevins MED

Dans le cas du repeuplement MED sur la zone DA2, les taux de marqués observés sur les 3 secteurs varient entre 5,9 et 25,3% et ne diffèrent pas dans leur ensemble ($p > 0,05$). La pratique des repeuplements MED semble apporter une contribution relative globale plus importante que celle qui est obtenue avec les repeuplements ATL. En effet, sur l'ensemble de la zone DA2, l'impact du repeuplement MED est significativement ($p < 0,01$) plus élevé pour les deux stades 0^+ (cohorte 2000) et 1^+ (cohorte 1999) que celui qui est observé sur la même zone avec des repeuplements ATL (cohorte 1995). Cette observation est renforcée par le fait que les repeuplements MED de réhabilitation utilisent des quantités cinq fois moins importantes d'alevins que les repeuplements ATL traditionnels. Cependant, comme avec les repeuplements ATL, les impacts d'alevinages obtenus avec les repeuplements MED montrent que l'essentiel du recrutement reste toujours naturel.

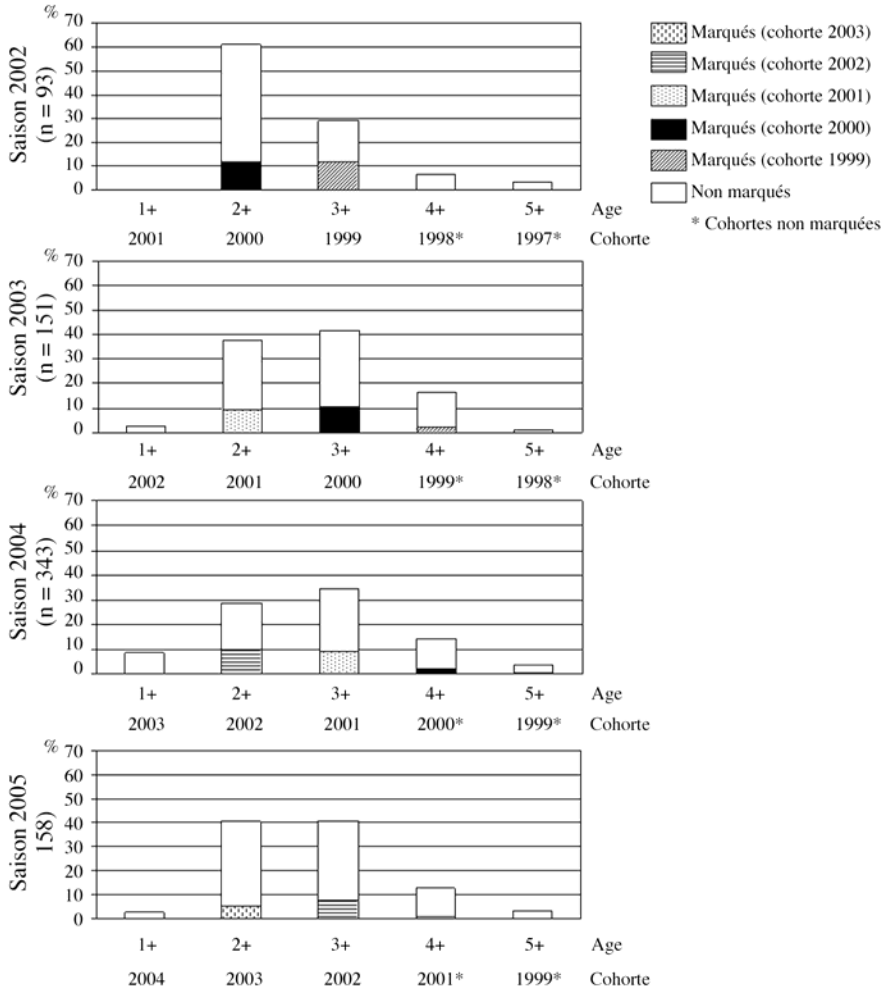
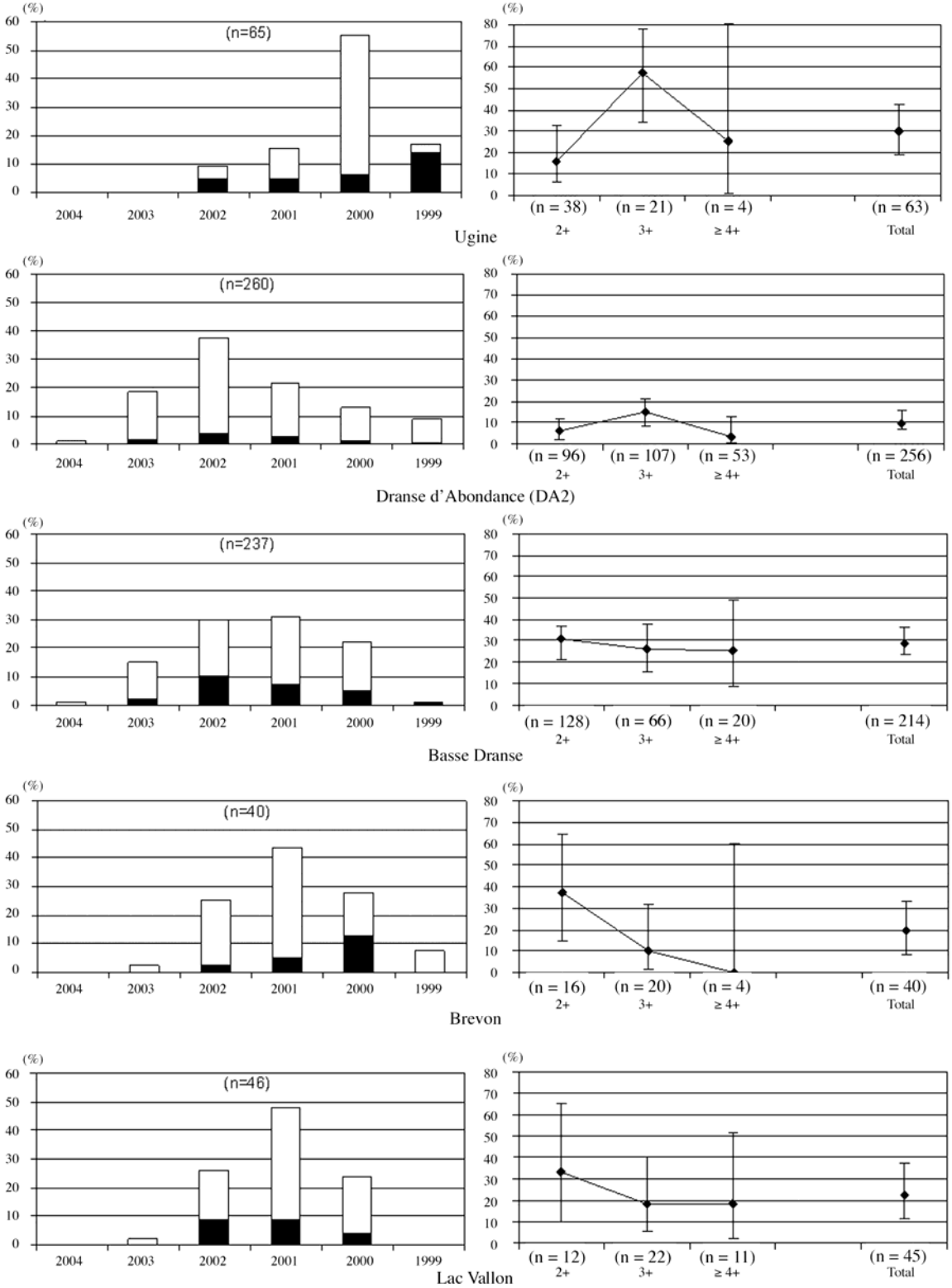


Figure 2. - Taux de truites marquées (repeuplement) ou non marquées (recrutement naturel) évalués pour chaque cohorte suivie et obtenus sur l'ensemble du système des Dranses dans les échantillons de captures par pêche à la ligne pour les quatre saisons de pêche de 2002 à 2005. *[Percentages of marked (stocked) or unmarked (natural recruitment) individuals, for each cohort surveyed in the whole Dranse River system, among samples of trout caught by anglers for the four angling seasons during the 2002-2005 period.]*

Figure 3. - Contributions par cohorte (% marquées et % non marquées) et par classe d'âge (% de marquées et son intervalle de confiance à 95%) des truites échantillonnées dans les captures par pêche à la ligne sur cinq zones géographiques différentes et évaluées sur quatre saisons de pêches regroupées (2002-03-04-05). *[Contribution by cohort (% marked and % unmarked) and year-classes (% of marked trout and its confidence limits at 95%) in the sampling of angling catches on five different geographic zones and calculated for four gathered angling seasons (2002-03-04-05).]*



Contribution des repeuplements MED dans les captures à la ligne

Suivi par cohorte et par saison de pêche sur l'ensemble de la zone d'étude

Les captures des pêcheurs volontaires ont permis d'analyser sur les quatre années un total de 745 poissons répartis de la façon suivante : 93 individus en 2002, 151 en 2003, 343 en 2004 et 158 en 2005.

Pour les quatre saisons de pêches, les classes d'âge 2^+ et 3^+ représentent ensemble 77 à 90% des captures. La structure d'âge des poissons capturés en 2002 diffère significativement ($p < 0,01$) de celles des trois autres saisons avec des taux plus élevés de 2^+ et des taux de 3^+ moins importants (Fig. 2).

Pour les trois cohortes 2000, 2001 et 2002, la contribution des truites marquées au total des captures est statistiquement comparable ($p > 0,05$) à tous les âges sauf pour la cohorte 1999 pour laquelle on observe une baisse significative ($p < 0,05$) au stade 4^+ (Fig. 2).

Répartition spatiale des captures et des poissons marqués

La répartition spatiale des captures montre que le réseau hydrographique n'a pas été exploité de manière homogène. Néanmoins, cinq zones (Fig. 1) présentent un nombre suffisant de poissons capturés pour que l'on puisse étudier plus précisément la dynamique de la contribution des poissons marqués dans les captures des pêcheurs.

D'une zone à l'autre, la distribution des captures totales (truites marquées ou non) au sein des différentes cohortes varie fortement. La contribution par cohorte des truites marquées montre des variations importantes entre les zones mais également entre les cohortes d'une même zone (Fig 3). Pour l'ensemble des zones, exceptée la Dranse d'Abondance (contribution généralement faible), la contribution des marquées pour les différentes cohortes est généralement non négligeable (supérieure à 20%). Cependant, hormis pour les cohortes 1999 et 2002 sur l'Ugine et la cohorte 2000 sur le Brevon, les captures proviennent pour l'essentiel du recrutement naturel.

Pour toutes les classes d'âge réunies et sur l'ensemble des saisons de pêches suivies, les taux de poissons marqués dans les captures des pêcheurs varient de 10 à 30% selon les zones (Fig. 3).

Pour les quatre saisons de pêche regroupées, la dynamique, selon les âges, de la contribution des individus marqués montre de fortes variations d'une zone à l'autre. La Dranse d'Abondance montre des taux de marqués faibles pour les trois classes d'âge 2^+, 3^+ et 4^+ avec des valeurs équivalentes comprises entre 4 et 15%.

En Basse Dranse, le taux de poissons marqués reste assez élevé et stable, voisin de 30% pour les 3 classes d'âge. Pour le Brevon et le lac Vallon situé sur ce torrent, le taux de marqués est voisin de 30% au stade 2^+ et il baisse mais non significativement aux classes d'âge supérieures. L'Ugine montre un taux de poissons marqués qui augmente significativement ($p < 0,01$) entre les captures réalisées au stade 2^+ et celles qui ont été réalisées au stade 3^+.

Enfin, la spatialisation des résultats indique également que sur certains secteurs isolés en zone amont et sur des affluents déconnectés, le pourcentage de poissons marqués dans les captures peut être localement important (80%).

DISCUSSION

Les résultats de la présente étude montrent que les pratiques de repeuplements en truite commune, qu'elles soient traditionnelles (ATL) ou dites de réhabilitation (MED), peuvent avoir une contribution très variable dans les populations automnales de juvéniles en place.

Dans le cas des repeuplements traditionnels en ATL domestiques, l'étude menée suggère l'existence de fortes variations de leur contribution mesurée aux stades de juvéniles 0^+ et 1^+ en automne. Une part de cette variation apparaît liée aux stades/périodes de déversement en accord avec les travaux de Hume et Parkinson (1988). Cependant malgré la pratique de déversements à des densités élevées, la présente étude a montré que l'essentiel du recrutement en juvéniles 1^+ provient de la reproduction naturelle et que d'importantes quantités de poissons ATL introduits au stade d'alevins vésiculés peuvent ne pas contribuer à ce recrutement.

Par ailleurs, l'impact des alevinages, pour les deux souches de poissons déversés, montre d'importantes variations interzones et même intersecteurs au sein de chaque zone. Caudron et Champigneulle (2002) ont déjà montré sur le Fier, un autre torrent haut-savoyard, de fortes variations au stade de juvéniles de la contribution du repeuplement dans le cas de pratiques traditionnelles. Des résultats similaires ont également été obtenus sur le Doubs par Champigneulle *et al.* (2002). Cette grande variabilité est confortée par les résultats récents observés sur plusieurs rivières de Haute-Savoie repeuplées avec des individus originaires de différents stocks de pisciculture qui montrent, selon les sites, des impacts d'alevinages allant de 0 à 100% (Caudron et Champigneulle, données non publiées). De même, Virbickas et Kesminas (2002) ont trouvé sur des rivières en Lithuanie des taux d'implantation des individus introduits variant, selon les sites, de 1,2 à 76,4% pour la truite. La présente étude a également montré, sur certaines zones apicales ou certains affluents déconnectés du cours principal, une contribution majoritaire des individus marqués dans les captures. Ces résultats semblent cependant correspondre à des situations très localisées et isolées qui peuvent s'expliquer par l'existence sur ces milieux de conditions d'habitat très défavorables au recrutement naturel (obstacles à la migration, déficit en zone de reproduction, températures hivernales très basses, étiages et/ou crues marquées,…). Ces

résultats appellent donc à la prudence quant à leur généralisation à d'autres secteurs même proches et concernés par des pratiques de repeuplement comparables. Ceci conduit également à préconiser dans les protocoles de suivi une bonne répartition spatiale du repeuplement et la collecte de grands échantillons répartis sur de grands linéaires.

Les comparaisons des contributions des repeuplements entre les deux origines ATL et MED restent difficiles à entreprendre en raison d'une part des variations observées pour une même origine et d'autre part des nombreux autres facteurs (mésologiques, biologiques, hydrologiques,…) pouvant influencer les résultats. Garcia-Marin *et al.* (1999) évoquent cette difficulté d'étudier l'efficacité des repeuplements en raison des nombreux facteurs qui peuvent interférer. Les résultats obtenus dans la présente étude suggèrent néanmoins que les repeuplements en alevins nourris MED pratiqués à faible densité (0,3 ind./m^2) contribueraient de manière équivalente (mesurée au stade 1$^+$) à celle des alevins nourris ATL déversés en quantités cinq fois plus importantes. On ne peut cependant exclure des effets négatifs d'alevinages en surnombre. À ce sujet, McMenemy (1995) a mis en évidence que les densités de parrs produits par des alevinages de saumon atlantique (*Salmo salar*) pratiqués à faible densité (32 ind./100 m^2) n'étaient pas significativement différents de ceux qui sont pratiqués à forte densité (117 ind./100 m^2).

Un résultat majeur de l'étude a été de montrer que, sur la Dranse d'Abondance, quels que soient les repeuplements pratiqués (densité, origine, stades), le recrutement au stade 1$^+$ restait essentiellement assuré par la production naturelle de truites.

L'ensemble des résultats obtenus au stade adulte dans les captures par pêche à la ligne montre que la dynamique de la contribution des individus MED marqués reflète une certaine stabilité au sein des différentes classes d'âge et cohortes suivies. Ces observations apportent un résultat nouveau par rapport à ceux qui ont été obtenus sur le Fier, par Caudron et Champigneulle (2002), et le Doubs, par Champigneulle et Cachera (2003), dans le cas de suivis de repeuplements traditionnels massifs utilisant les individus ATL. En effet, ces auteurs rapportent, à l'inverse de la présente étude portant sur des alevinages en truite MED autochtone, une baisse significative de la contribution des individus ATL domestiques marqués dans les captures par pêche entre le stade 2$^+$ et les stades ultérieurs. Sur la majorité des zones étudiées, la contribution du recrutement naturel reste majoritaire par rapport à celle des poissons de repeuplements marqués. Cependant, dans la présente étude, sur certaines zones, la contribution du repeuplement peut être non négligeable (20 à 58% selon les cohortes). De telles contributions obtenues au stade adulte (2$^+$, 3$^+$, 4$^+$) indiquent que les repeuplements MED même pratiqués avec de faibles quantités peuvent conduire à des recaptures dans la pêche et contribuer significativement à la production de poissons adultes. La présence de mâles et de femelles matures parmi des individus marqués capturés en fin de saison de pêche indique que certains individus introduits atteignent le stade de géniteurs et peuvent donc participer à la production naturelle. Cette bonne implantation des individus MED introduits pourrait s'expliquer par leur origine sauvage et géographiquement proche qui leur assurerait une bonne adaptation au milieu naturel. Young (1999) signale pour le saumon du genre *Oncorhynchus* que les succès de recolonisation par propagation artificielle, sur des zones en cours de restauration, sont plus fréquents quand les zones sources sont proches et écologiquement similaires. Pour la truite, Borgstrøm *et al.* (2002), sur une rivière norvégienne, obtiennent avec des poissons introduits génétiquement différents des poissons sauvages, de forts taux de mortalité au stade 0$^+$, 1$^+$ et 2$^+$. Les densités observées trois ans après les introductions correspondent à 1% du nombre de poissons lâchés initialement, ce qui ne leur permet pas de contribuer significativement au stade de géniteurs. De même, sur deux rivières des Asturies en Espagne, des repeuplements à partir de juvéniles de truites ATL génétiquement différentes des populations ATL sauvages en place n'ont pas permis d'obtenir des poissons adultes et de taille capturable (Morán *et al.*, 1991). Les auteurs suggèrent que les individus domestiques relâchés auraient un taux de mortalité plus élevé que celui des poissons sauvages en raison d'une moins bonne adaptation aux conditions naturelles locales. Cette hypothèse avait déjà été proposée par Kelly-Quinn et Bracken (1989) et Hindar *et al.* (1991). Au contraire, Crozier et Moffet (1995) en Irlande du Nord, ne trouvent aucune différence de mortalité entre des saumons atlantiques sauvages et introduits, ces derniers étant génétiquement proches et provenant de la même zone géographique que le site repeuplé. Aussi, les repeuplements à partir de juvéniles issus de géniteurs sauvages prélevés sur des milieux de même caractéristiques et géographiquement proches des sites à aleviner pourraient permettre de garantir une meilleure acclimatation au milieu naturel en raison d'une meilleure adaptation aux contraintes environnementales locales.

CONCLUSION – PERSPECTIVES

La méthodologie de marquage utilisée a permis d'évaluer à une vaste échelle spatiale l'impact relatif d'une pratique d'alevinage par rapport à la contribution du recrutement naturel. Cependant les résultats de l'étude ne permettent pas de conclure d'une manière définitive sur l'efficacité comparée des différentes pratiques de repeuplement ATL et MED. En revanche, ils ont permis d'orienter les décisions de gestion sur la Dranse d'Abondance puis sur l'ensemble du système des Dranses. La mise en évidence de l'inefficacité des repeuplements ATL ainsi que les résultats génétiques obtenus sur la zone d'étude montrent l'importance d'agir en

faveur de la conservation des populations autochtones MED encore présentes. Ils ont constitué des arguments décisifs en faveur d'un changement de stratégie de gestion.

Sur la Dranse d'Abondance, une zone sanctuaire sans repeuplement a été créée sur la zone DA1 dès 1996 puis étendue en 2004 sur DA2. En complément, l'installation de réserves de pêche a été une mesure supplémentaire destinée à prévenir par anticipation une éventuelle surexploitation du stock de géniteurs sauvages en place.

Sur l'Ugine, la présente étude a montré que la contribution du repeuplement MED dans la pêche restait relativement élevée (15 à 58% selon les classes d'âge avec une moyenne de 30,5 %) et ne permettait pas encore de justifier un arrêt total des introductions. Cet objectif apparaît cependant réaliste à moyen terme. En effet sur cette rivière qui présentait une population uniquement ATL en 1995, les repeuplements de réhabilitation MED en cours ont déjà permis d'installer progressivement une nouvelle population fonctionnelle majoritairement MED (Caudron *et al.*, 2006b).

Sur les autres rivières du système des Dranses, les repeuplements pratiqués sont désormais uniquement de type repeuplement temporaire de réhabilitation avec des individus MED issus d'un stock de géniteurs captifs génétiquement connu et issu du système. En effet, l'ensemble de ce système peut être considéré comme une unité de gestion cohérente (Moritz, 1994). Les repeuplements pratiqués ont désormais comme objectif de consolider et réhabiliter les populations natives identifiées localement en soutenant provisoirement les effectifs et en augmentant l'aire de répartition de la truite MED. Les pratiques sont différenciées et ajustées selon les zones géographiques et adaptées par rapport aux résultats des études sur la génétique des populations en place et les suivis des stratégies de gestion. L'ensemble de ces dispositions et les suivis scientifiques mis en place sur le bassin des Dranses, ainsi que les relations entre les différents partenaires concernés par la gestion des ressources piscicoles et des milieux, permettent d'envisager une gestion plus durable des populations naturelles de truite, satisfaisant la pêche de loisir tout en conservant la diversité intraspécifique. Sur ce dernier point, en accord avec les recommandations de Laikre *et al.* (1999) Sanz *et al.* (2002) et de Younson *et al.* (2003), il importe désormais de mieux décrire et prendre en compte la diversité interpopulations et l'on peut rajouter y compris au sein même du rameau évolutif MED.

Remerciements. - La présente étude s'est inscrite dans le contexte d'un projet INTERREG III A ALCOTRA intitulé : Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones dans la Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. L'analyse finale des données a également été soutenue financièrement par le fond d'intervention UNPF-EDF. Nous remercions Bernard RIVA pour la mise en place et la gestion du stock de géniteurs MED captifs ainsi que pour la réalisation rigoureuse des marquages. R. Guyomard et C. Largiader sont tous deux remerciés pour leur participation dans le cadre des investigations génétiques. Enfin, nous remercions les pêcheurs volontaires qui ont accepté de réaliser des prélèvements sur leurs captures.

RÉFÉRENCES

BARBAT-LETERRIER A., GUYOMARD R. & F. KRIEG, 1989. - Introgression between introduced domesticated strains and mediterranean native populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquat. Liv. Resour*., 2: 215-223.

BARNETTA S., 2005. - Temporal admixture analysis of atlantic and mediterranean brown trout (*Salmo trutta*) in the Chevenne. Diplomarbeit der Philosophishnaturwissenschaftlichen, Fakultät der Universität Bern, 37 p.

BEAUDOU D., CATTANEO-BERREBI G. & P. BERREBI, 1994. - Impacts génétiques des repeuplements en truites communes (*Salmo trutta* L.) sur les populations en place : cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 332: 83-92.

BERNATCHEZ L., 2001. - The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evo - lution*, 55: 351-379.

BEYER W.H., 1986. - Handbook of Tables for Probability and Statistics (2nd edit.). Boca Raton: CRC Press.

BORGSTRØM R., SKAALA Ø. & H. AASTVEIT, 2002. - High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. *J. Fish Biol*., 61: 1085-1097.

BOUILLE R., 2003. - La truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la région du lac de Neufchâtel ; biologie et perspective de gestion. Thèse de doctorat, 142 p. Faculté des Sciences, Université de Lausanne.

CAUDRON A. & A. CHAMPIGNEULLE, 2002. - Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisé à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 365/366: 455-469.

CAUDRON A. & A. CHAMPIGNEULLE, 2006. - Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'alizarine Red S. *Cybium*, 30(1): 65-72.

CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A. & R. GUYOMARD, 2006a. - Identification et caractéristiques génétiques des populations de truites autochtones sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie. *In*: Identification, Sauvegarde et Réhabilitation des Populations de Truites autochtones en Val d'Aoste et Haute-Savoie, pp. 55-117. Programme INTERREG III A. Rapport final, Milan.

CAUDRON A., CHAMPIGNEULLE A. & R. GUYOMARD, 2006b. - Assessment of restocking as a strategy for rehabiliting a native population of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a fast-flowing mountain stream in the northern French Alps. *J. Fish Biol*., 69: 127-139.

CHAMPIGNEULLE A. & R. ROJAS BELTRAN, 2001. - Le marquage des poissons. *In*: Gestion piscicole des grands Plans d'Eau (Gerdeaux D., éd.), pp. 311-346. Paris: INRA.

CHAMPIGNEULLE A., DEGIORGI F., RAYMOND J.C. & S. CACHERA, 2002. - Dynamique temporelle de la contribution du repeuplement en stades précoces de truite (*Salmo trutta* L.) dans la population en place et dans la pêche sur le Doubs franco-suisse. *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 365/366: 471-485.

CHAMPIGNEULLE A. & S. CACHERA, 2003. - Evaluation of large scale stocking of early stages of brown trout , *Salmo trut - ta*, to angler catches in the French-Swiss part of the River Doubs. *Fish. Manag. Ecol*., 10: 79-85.

CHEVASSUS B., KRIEG F., GUYOMARD R., BLANC J.M. & E. QUILLET, 1992. - The genetics of the brown trout: Twenty years of French research. *Buvisindi. Icel. Agri. Sci*., 6: 109-124.

CROZIER W.W & I.J.J. MOFFET, 1995. - Application of low frequency genetic marking at GPI-3* and MDH-B1,2* loci to assess supplementary stocking of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Northern Irish stream. *Fish. Manag. Ecol*., 2:27-36.

CUCHEROUSSET J., OMBREDANE D., CHARLES K., MARCHAND F. & J.-L. BAGLINIÈRE, 2005. - A continuum of life history tactics in a brown trout (*Salmo trutta*) population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 62: 1600-1610.

GARCIA-MARIN J.L., SANZ N.R. & C. PLA, 1999. - Erosion of the native genetic resources of brown trout in Spain. *Ecol. Freshw. Fish*, 8: 151-158.

GUYOMARD R., 1989. - Diversité génétique de la truite commune. *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 314: 118-135.

HINDAR K., RYMAN N. & F. UTTER, 1991. - Genetic effects of cultured fish on natural populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 48: 945-957.

HUME J.M.B. & E.A. PARKINSON, 1988. - Effect of size and time of release on the survival, growth and dispersal of Steelhead fry stocked in streams. *N. Am. J. Fish. Manag*., 8: 50-57.

KELLY-QUINN M. & J.J. BRACKEN, 1989. - Survival of stocked hatchery reared brown trout (*Salmo trutta* L.) fry in relation to the carrying capacity of a trout nursery stream. *Aquat. Fish. Manag*., 20: 211-226.

KRIEG F., 1984. - Recherche d'une différenciation génétique entre populations de *Salmo trutta*. Thèse de 3e cycle, 92 p. Université de Paris-Sud, Orsay.

KLEMETSEN A., AMUNDSEN P.A., DEMPSON J.B., JONSSON B., JONSSON N., O'CONNELL M.F. & E. MORTENSEN, 2003. - Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): A review of aspects of their life histories. *Ecol. Fresh. Fish*, 12: 1-59.

KRIEG F. & R. GUYOMARD, 1985. - Populations genetic of French Brown trout (*Salmo trutta*): Large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Gen. Select. Evol*., 17: 225-242.

LAIKRE L., 1999 (ed). - Conservation genetic management of Brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted Action on identification, management and exploitation of genetic resources in the Brown trout (*Salmo trutta*), 91 p. ("Troutconcert", EU FAIR CT97-3882).

LARGIADER C.R., SCHOLL A. & R. GUYOMARD, 1996. - The role of natural and artificial propagation on the genetic diversity of brown trout (*Salmo trutta* L.) of the upper Rhône drainage. *In*: Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe (Kirchhofer A & D. Hefti, eds), pp 181-197. Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag.

LAUNEY S., KRIEG F., CHAMPIGNEULLE A. & R. GUYOMARD, 2003. - Ecotypes sympatriques migrateurs et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.): différenciation génétique et effet des repeuplements. *Actes BRG*, 4: 63-78.

MCMENEMY J.R., 1995. - Survival of Atlantic Salmon fry stocked at low density in the West River, Vermont. *N. Am. J. Fish. Manag*., 15: 366-374.

MORÁN P., PENDÁS A. M., GARCIA-VASQUEZ E. & J. ISQUIERDO, 1991. - Failure of a stocking policy, of hatchery reared brown trout, *Salmo trutta* L., in Asturias, Spain, detected using LDH-5* as a genetic marker. *J. Fish Biol*., 39: 117-121.

MORITZ C., 1994. - Applications of mitochondrial DNA analysis in the conservation: A critical review. *Mol. Ecol*., 3: 401-411.

PERSAT H. & P. KEITH, 1997. - La répartition géographique des poissons d'eau douce en France : qui est autochtone et qui ne l'est pas ? *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 344/345: 15-32.

POTEAUX C. & P. BERREBI, 1997. - Intégrité génomique et repeuplement chez la truite commune du versant méditerranéen. *Bull. Fr. Pêche Piscic*., 344/345: 309-322.

SANZ BALL-LLOSERA N., GARCÍA-MARÍN J.L. & C. PLA, 2002. - Managing fish populations under mosaic relationships. The case of brown trout (*Salmo trutta*) in peripheral Mediterranean populations. *Conserv. Genet*., 3: 385-400.

SPRENT P., 1992. - Pratique des Statistiques non paramétriques. 294 p. Paris: INRA Editions.

VIRBICKAS T. & V. KESMINAS, 2002. - Salmon (*Salmo salar*) and Sea-trout (*Salmo trutta*) restocking efficiency in potential rivers of Lithuania. Initial study. *Act. Zool. Lit*., 12: 129-137.

YOUNG K.L., 1999. - Managing the decline of Pacific salmon: Metapopulation theory and artificial recolonization as ecological mitigation. *Can. J. Fish. Aqua. Sci*., 56: 1700-1706.

YOUNGSON A.F., JORDAN W.C., VERSPOOR E., McGINNITY P., CROSS T. & A. FERGUSON, 2003. - Management of salmonid fisheries in the British Isles: Towards a practical approach based on population genetics. *Fish. Res*., 62: 193-209.

ANNEXE 8

Journal of Fish Biology (2006) **69** (Supplement A), 127–139
doi:10.1111/j.1095-8649.2006.01156.x, available online at http://www.blackwell-synergy.com

Assessment of restocking as a strategy for rehabilitating a native population of brown trout *Salmo trutta* L. in a fast-flowing mountain stream in the northern French Alps

A. Caudron*†, A. Champigneulle‡ and R. Guyomard§

**Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 St Martin Bellevue, France, ‡INRA-CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon Cedex, France and §Laboratoire de génétique des poissons, INRA, 78352 Jouy en Josas, France*

(Received 6 July 2005, Accepted 7 April 2006)

An attempt was made to extend the area of distribution of a native population of brown trout *Salmo trutta* belonging to a Mediterranean lineage (ML), which has maintained itself in the Dranse d'Abondance, a fast-flowing alpine stream (Haute-Savoie, France), despite several decades of intensive restocking with brown trout derived from the Atlantic lineage (AL). This was done by releasing an ML component into the predominantly AL population still present on the Ugine, the main tributary of the Dranse d'Abondance. This strategy of rehabilitation restocking was tested using fluoro-marked juveniles produced from a captive breeding stock derived from the wild Dranse d'Abondance ML stock. Samples of 0+ year fish were collected over the period 1995–2003 in order to assess the impact of the restocking. Percentages of fluoro-marked otoliths revealed significant contributions of ML restocking in the 0+ year autumnal standing population, with levels ranging from 34·3 to 61·4%. The change in the genetic characteristics of the 0+ year population produced by natural recruitment was monitored by analysing the unmarked subjects. Frequencies observed at two microsatellite loci revealed a considerable rise (from 0 to 60%) in the level of Mediterranean alleles in the natural 0+ year population since the introduction of restocking using ML individuals. © 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 The Fisheries Society of the British Isles

Key words: conservation; genetics; native strain; otolith marking; restocking; *Salmo trutta*.

INTRODUCTION

Population genetics studies of natural populations of brown trout *Salmo trutta* L. in France reveal that there are two main different lineages, the Atlantic lineage (AL) in the Atlantic catchment area and the Mediterranean lineage (ML) in Mediterranean rivers. These two lineages substantially differ in their mtDNA haplotypes (Bernatchez *et al.*, 1992) and their allozyme and microsatellite allele frequencies (Guyomard, 1989*a;* Estoup *et al.*, 2000; Launey *et al.*, 2003*a*). The French north alpine hydrographic catchment area belongs

†Author to whom correspondence should be addressed. Tel.: +33 450469396; fax: +33 450469051; email: a.caudron@wanadoo.fr

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 The Fisheries Society of the British Isles

to the Mediterranean basin and harbours the ML lineage (Guyomard, 1989*a*; Launey *et al.*, 2003*a*). These ML populations must be considered as native populations since almost all of the stocking operations have been done with hatchery stocks of Atlantic origin until now (Krieg & Guyomard, 1985; Launey *et al.*, 2003*a*).

Several studies (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989; Beaudou *et al.*, 1994; Poteaux *et al.*, 1998) have shown that the AL has replaced the ML originally present in many streams of the Mediterranean basin. In contrast, in some Mediterranean streams, despite similar stocking practices, native populations showing little introgression by the AL (Barbat-Leterrier *et al.*, 1989; Largiader *et al.*, 1996; Launey *et al.*, 2003*a*) are still present. In order to ensure the long-term preservation of populations that display low introgression rates, conservation measures, such as the stopping of massive stocking with AL brown trout, have been gradually introduced. In addition to this strategy of conserving the autochtonous populations, ML population restoration strategies can be undertaken in nearby areas that have a similar environment but which are no longer colonized by ML. The ultimate goal is to expand the spatial distribution of some of the native ML populations that are still present and to strengthen them.

This latter approach has been tried out on the Ugine, a tributary of the Dranse d'Abondance, a typical mountain stream system located in the northern French Alps. The present study reports on a first assessment of this population restoration strategy based on stocking with fish from a nearby native population.

MATERIALS AND METHODS

LOCATION AND CHARACTERISTICS OF THE SITE INVESTIGATED

The study was carried out on the fast-flowing Ugine River, the main tributary of the Dranse d'Abondance located in the northern French Alps, in Haute-Savoie (Fig. 1). This zone belongs to the Mediterranean catchment area. The Dranse d'Abondance is one of the three upstream branches of the Dranse system, which is the second largest affluent of Lake Geneva and belongs to the Mediterranean catchment. The Ugine, which is 11 km in length, has its source at an altitude of 1600 m. It has a mean slope of 10%. Its catchment area covers 31 km^2 and ranges in altitude from 630 to 2220 m. It has the typical geomorphologic characteristics of a middle-altitude mountain stream in the Alpine zone. The zone studied covers the median section of the Ugine, which includes most of natural production zones of this stream. The zone studied is separated from the main stream of the Dranse d'Abondance by the insurmountable barrier of a hydroelectric dam, located in the lower part of the Ugine.

RESTOCKING PRACTICES

Recent genetic studies (Largiader *et al.*, 1996; Launey *et al.*, 2003*a*) have demonstrated that most of the main stream of the Dranse d'Abondance and several of its tributaries harboured a large, nearly pure Mediterranean population, despite intensive stocking over several decades with fish originating from the AL. The zone of low introgression has been classified as a sanctuary and has not been restocked since 1996.

Wild spawners (150 males and 150 females) were caught at three places (Fig. 1) in this area and used to produce separate full-sib families. Only the 98 families obtained

© 2006 The Authors

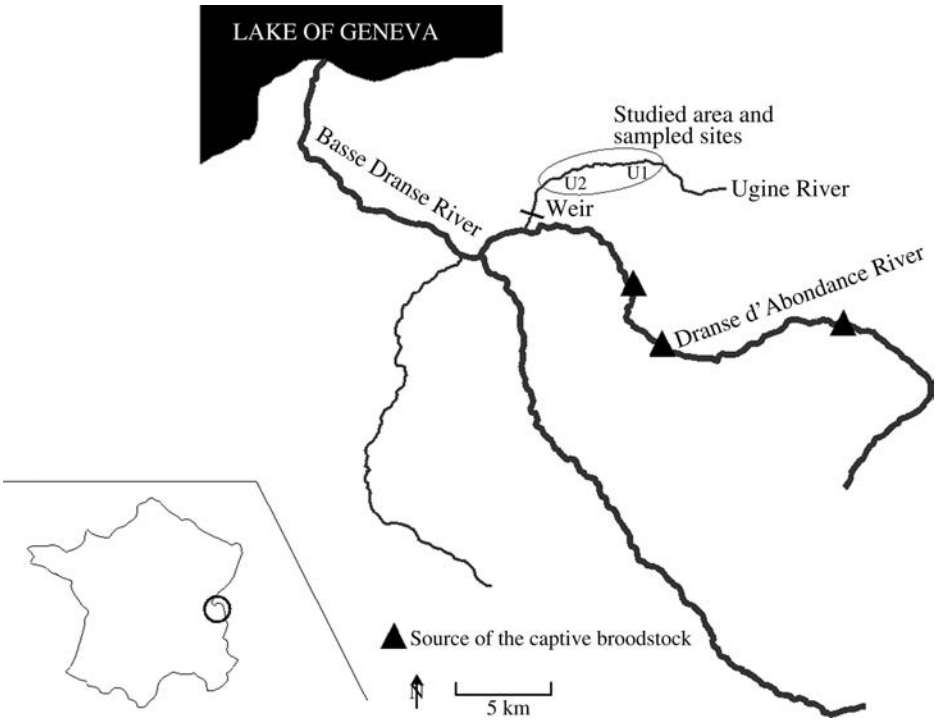


FIG. 1. Location of the catchment area of the Ugine and the U1 (upstream) and U2 (downstream) sections studied.

from parents (*i.e.* 98 females and 98 males) showing Mediterranean genotypes at three diagnostic markers, *Str54-1*, *Str59-1* and *Str79-1* (Estoup *et al.*, 2000; C. R. Largiader, unpubl. data) were kept to found the ML captive breeding stock.

Until 1998, the Ugine River was massively and exclusively restocked during several decades with AL fish. In 1995 and 1998, small numbers of ML brown trout fingerlings were also released. Since 1999, brown trout restocking methods in the Ugine have been changed (Table I), and all the fry released have been derived from the captive ML breeding stock. The numbers of ML fish introduced each year was *c.* a quarter of the number of annually released AL fish (Table I).

MARKING THE INDIVIDUALS RELEASED AND SAMPLING

In 1995, all the AL fry (44 000) released into the Ugine at early stage (Table I) were otolith 'fluoro-marked' by immersion in a saline solution (50 g l^{-1} NaCl) of 10 g l^{-1} tetracycline hydrochloride (TCHC) for 3·5 min (Champigneulle & Rojas Beltran, 2001). In the same year, the 1 100 ML fingerlings released were marked by removing the adipose fin.

Since 1999, all the ML fry released have been fluoro-marked by immersion in a 100 mg l^{-1} solution of alizarin red S (ARS) during 3 h (Caudron & Champigneulle, 2006).

Samples of 0+ year fish were taken in autumns of 1995, 2000 and 2003 by electrofishing in the zone being studied. In 1995, a section (U1) of 500 m was sampled. In 2000 and 2003, in addition to U1, a second section (U2) of 500 m located downstream from U1 (Fig. 1) was sampled. U1 and U2 together correspond to a 1 km stretch of river that can be considered to be representative of the population present in the Ugine River. Indeed, the sampling was carried out continuously over the electrofishing area in order to obtain the better representativity of the river stretch.

© 2006 The Authors

TABLE I. Quantity and source of the restocking brown trout released into the Ugine River between 1988 and 2003

	Atlantic lineage (AL) fish			Mediterranean lineage (ML) fish			Total	
Years	Fry 2–3 cm L_T	Fry 4–5 cm L_T	Fingerling	Fry 2–3 cm L_T	Fry 4–5 cm L_T	Fingerling	AL	ML
1988	55 000	20 000					75 000	0
1989	25 000	15 000					40 000	0
1990	27 000	19 500					46 500	0
1991	25 000	19 500					44 500	0
1992		50 000					50 000	0
1993	30 000	25 000					55 000	0
1994	25 000	23 000					48 000	0
1995	**30 000**	**8 000**	**6 000**			*1 100*	**44 000**	*1 100*
1996	30 000						30 000	0
1997	40 000	4 000	200				44 200	0
1998	17 800					300	17 800	300
1999				**12 000**			0	**12 000**
2000					**11 000**		0	**11 000**
2001				**9 000**	**1 900**		0	**10 900**
2002				**9 000**	**2 000**		0	**11 000**
2003				**9 000**	**2 200**		0	**11 200**

In bold, fish marked by otolith fluoromarking; in italic, fish marked by removing the adipose fin. L_T, total length.

The age of each fish was determined by scalimetry in order to check that they belonged to the 0+ year cohort.

ANALYSIS OF OTOLITHS

For each of the 0+ year fish sacrificed, the head was dissected in order to access the sacculi containing the otoliths (sagittae). Otoliths were removed, mounted on glass slide with a thermoglue (Crystalbond Aremco adhesive number 509) and polished to expose the nucleus (Caudron & Champigneulle, 2006).

In order to detect the fluorescent mark and estimate the proportions of natural (hereafter named unmarked) and introduced (hereafter named marked) 0+ year fish, each slide was observed under a Zeiss Axioskop 40 epifluorescence microscope (mercury vapour lamp HBO50) using a Zeiss number 15 filter and Zeiss number 09 filter for ARS and TCHC, respectively.

GENOTYPING

Fin clips were taken from each 0+ year fish sampled and kept in 95% ethanol. Genotyping was carried out, on one hand, to determine the change in the genetic characteristics (level of introgression and genotype composition) of the natural fraction of juveniles *in situ* and, on the other hand, to measure the degree of genetic similarity between the natural 0+ year fish and the individuals introduced in the previous years.

Samples were genotyped with two microsatellite markers, *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA*, which are located on two distinct linkage groups (BT2 and BT7, K. Gharbi, unpubl. data). The AL or ML origin of the different alleles found at two loci was unambiguously

© 2006 The Authors

determined by the combination of the information provided at these two loci and at two adjacent markers, *Str54-2INRA* and *Str59-2INRA*. The rationale of this method is explained in Estoup *et al.* (1999) and the diagnostic nature of these two sets of markers has been validated in numerous Mediterranean populations from France, Italy, Greece and Spain and from farmed strains used locally (Estoup *et al.*, 2000; Launey *et al.*, 2003*b*; R. Guyomard, unpubl. data;). In practice, the genotyping of the two additional loci, *Str54-2INRA* and *Str59-2INRA*, is restricted to a sub-sample of natural and fish-farmed individuals in order to determine the genetic origin (Mediterranean *v.* Atlantic) of the alleles observed at the *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA* loci. Genotyping at *Str54-2INRA* and *Str59-2INRA* and allele validation in sub-samples from the Dranse d'Abondance basin were performed in previous studies (Estoup *et al.*, 2000; Launey *et al.*, 2003*b*; R. Guyomard, unpubl. data). DNA from each individual was purified in an extraction buffer containing Chelex® (Estoup *et al.*, 1996).

The *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA* markers were co-amplified by polymerase chain reaction (PCR) where 3' primers were marked with the Fam and Tamra fluorochromes, respectively. The PCR amplifications, separation and visualization of the PCR products were carried out according to Launey *et al.* (2003*b*), with a denaturing phase of 5 min at 96° C, five cycles consisting of 30 s at 96° C, 30 s at 54° C, 1 min at 72° C, 20 cycles of 30 s at 95° C, 30 s at 54° C, 30 s at 72° C and a final extension phase of 5 min at 72° C.

STATISTICAL ANALYSES

The 95% CL of the contributions of the marked and unmarked fry were calculated from Beyer's (1986) tables. Statistical differences in proportions of marked and unmarked fish among sections and years were tested with a χ^2 test. Statistical significance of deviations from expected Hardy–Weinberg proportions, linkage disequilibria and genetic differentiations were tested using the 'Hardy–Weinberg', 'Genotypic disequilibrium' and 'Population differentiation' options of GENEPOP (Raymond & Rousset, 1995). The introgression rate was estimated by the average frequencies of Atlantic alleles at the *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA* loci (*i.e.* number of Atlantic alleles at *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA* found in a sample divided by four times the number of individuals analysed in this sample). Thereafter, the term introgression refers to the introduction of alien genes and their incorporation into the native gene pool.

RESULTS

CONTRIBUTION OF RESTOCKING AT STAGE 0+ YEAR IN 1995, 2000 AND 2003

In 1995, despite the massive restocking, mainly consisting of AL (introduction of 44 000 AL fry and of 1 100 ML fingerlings), the population of juveniles sampled during the autumn in the U1 section was mainly (85·7%) derived from natural recruitment (Fig. 2). In this cohort, the introduced AL (marked with TCHC) and ML individuals (marked by removing the adipose fin) represented only 2·9 and 11·4% of the population of juveniles present in the autumn, respectively.

In the U1 section, the proportion of marked subjects did not differ significantly ($P > 0{\cdot}05$) between 2000 (48·1%) and 2003 (61·4%) and both of them were significantly ($P < 0{\cdot}01$) higher than in 1995 (14·3%).

In the U2 section, the percentages of marked 0+ year fish were similar ($P > 0{\cdot}05$), reaching *c.* 35% in each of the cohorts studied.

Globally, the contributions of the ML (marked) fry to the 2000 and 2003 cohorts (respectively, 40·3 and 46·3%) were significantly higher than those of

© 2006 The Authors

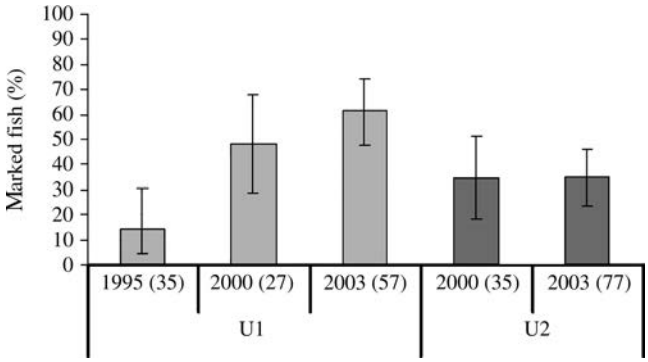


FIG. 2. Contribution of restocked (percentage ± 95% CL marked) brown trout to the 0+ year autumnal population in the U1 and U2 sections located in 1995, 2000 and 2003 (n = sample size).

marked fry in the 1995 cohort (14·3%) ($P < 0{\cdot}05$) and did not change significantly between 2000 and 2003.

CHANGE IN THE GENOTYPE COMPOSITION AND INTROGRESSION RATE IN THE NATURAL POPULATION

Genetic analysis identified three Atlantic alleles (146, 150 and 152) and nine Mediterranean alleles (166, 170, 176, 190, 192, 194, 196, 198 and 200) at *Str59-1INRA*, two Atlantic alleles (130 and 132) and one Mediterranean allele (136) at *Str54-1*. The 0+ year sample derived from natural reproduction in 1995 was fixed for the Atlantic alleles 150 and 132 at *Str59-1* and *Str54-1*, respectively (see Appendix for the allele frequencies).

Between 1995 and 2003, the genetic composition of the 0+ year individuals derived from natural recruitment changed considerably with a very marked increase in the proportion of Mediterranean alleles (Fig. 3).

A multi-locus test for Hardy–Weinberg expectations was significant in the U2 sample for the year 2000 ($P < 0{\cdot}05$) only. This apparently resulted from the

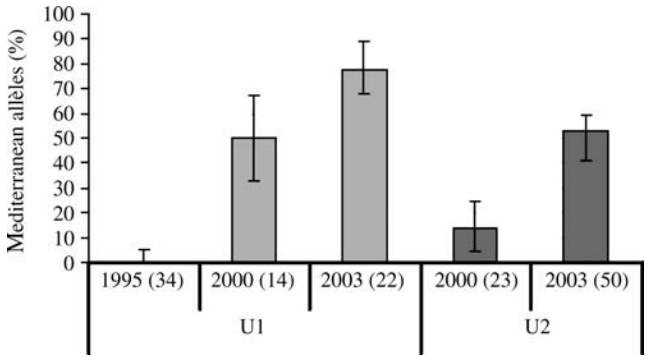


FIG. 3. Percentage ± 95% CL percentage of the Mediterranean allele calculated at the *Str54-1INRA* and *Str59-1INRA* loci in the samples collected in 1995, 2000 and 2003 at stage 0+ year in the U1 and U2 sections (n = sample size).

© 2006 The Authors

occurrence of two pure ML individuals, which exhibited ML alleles only at both loci since the test was no longer significant when these two individuals were discarded. The multi-population test for Hardy–Weinberg proportions, however, was not significant ($P > 0{\cdot}05$) and, thereafter, it was assumed that conformity to Hardy–Weinberg proportions was fulfilled in all samples. The two loci were in linkage equilibrium only in the sample from the U1 section in 2000, and the global test, carried out on all the samples, was very highly significant ($P < 0{\cdot}001$).

The samples of marked individuals released in 2000 and 2003 did not deviate significantly from the Hardy–Weinberg expectations ($P > 0{\cdot}05$) and were at linkage equilibrium ($P > 0{\cdot}05$). The frequencies of these samples did not significantly differ from each other ($P > 0{\cdot}05$) and were very similar to those observed in the source population (C. R. Largiader, unpubl. data).

The introgression rates showed similar pattern of change in both sections and decreased considerably over time. In the U1 section, the level of introgression within the natural population of juveniles (unmarked) decreased significantly between 1995 and 2000 ($P < 0{\cdot}001$), and between 2000 and 2003 ($P < 0{\cdot}001$), with values of 100, 50 and 23% for the years 1995, 2000 and 2003, respectively (Fig. 3). For the U2 section, the level of introgression was 83% in 2000 and decreased significantly ($P < 0{\cdot}001$) to 47% in 2003 (Fig. 3). Introgression rates were significantly lower ($P < 0{\cdot}001$) in the U1 than in U2 section in both 2000 and 2003.

DISCUSSION

BACKGROUND, ORIGINALITY AND OBJECTIVES OF THE STUDY

Several recent studies have reported or predicted a high risk of extinction of original native populations in many species of salmonids [Dowling & Childs, 1992, for *Oncorhynchus apache* (Miller); Young, 1999, for *Oncorhynchus* spp.; Giuffra *et al.*, 1996 and Crivelli *et al.*, 2000, for *Salmo marmoratus* Cuvier; Laikre *et al.*, 1999, for *S. trutta*; Hilderbrand, 2002, for *Oncorhynchus clarki* (Richardson)].

A recent Europe-wide overview (Laikre *et al.*, 1999) stressed the need to set up long-term management at a populational level rather than at species level to ensure the long-term survival of *S. trutta*. These authors also pointed out that little work has yet been carried out to test the effectiveness of various types of conservation strategies and of a management of intraspecies biodiversity in the brown trout.

The current project results from the discovery of a native ML brown trout population in the main part of the Dranse d'Abondance River (Largiader *et al.*, 1996; Launey *et al.*, 2003*a*) and, in contrast, the presence of a population highly introgressed by Atlantic stocks in the Ugine River. The initial situation in the Ugine was presumably the consequence of the repetitive and intensive stocking during nearly 100 years in a progressively damaged habitat. Indeed, the studies of Largiader *et al.* (1996) and Launey *et al.* (2003*a*) support the hypothesis of a strong impact of hatchery brown trout on the populations of several tributaries from Lake Geneva.

The first conservation measure introduced in this zone was to stop all restocking operations with non-native strains, which are thought to be one of

© 2006 The Authors

the main reasons underlying the disappearance of native populations of salmonids (Allendorf & Leary, 1988; Ferguson, 1989; Hindar *et al.*, 1991; Waples, 1991; Leary *et al.*, 1993; Hansen & Loeschcke, 1994; Largiader & Scholl, 1995; Allendorf & Waples, 1996; Crivelli *et al.*, 2000).

In order to restore the ML in the Ugine River, the following strategies were envisaged (used either separately or in combination): 1) the construction of fish ladders between the Dranse d'Abondance and the downstream Ugine, 2) the preliminary eradication of the non-native fraction (the AL fish in this case), a method that has sometimes been used in the U.S.A. (Harig *et al.*, 2000), 3) the transplantation of ML adults caught in the Dranse d'Abondance into the Ugine, 4) a temporary restocking with ML juveniles produced from a breeding stock derived from the ML population present in the adjacent Dranse d'Abondance River. It was decided to implement only this last strategy for the following reasons. A ML broodstock from the adjacent Dranse d'Abondance River was available. There was no evidence of the presence of a native ML brown trout population in the Ugine River. So there was no risk of lowering fitness by the introduction of an adjacent native ML population.

Many studies of the impact of AL restocking on the genetic characteristics of natural ML populations have been published (Guyomard, 1989*a*, *b;* Barbat-Leterrier *et al.*, 1989; Beaudou *et al.*, 1994; Largiader *et al.*, 1996; Poteaux *et al.*, 1998; Berrebi *et al.*, 2000*a*). As far as is known, the case of the Ugine River is one of the first in which the consequences of switching from AL-type to ML-type restocking, and the feasibility of restoring a functional native population to replace an AL population, have been investigated. Marking all the fry released made it possible to distinguish unambigously between introduced and natural juveniles in the local population, and to monitor the temporal changes of the genetic characteristics of the fraction derived from natural recruitment.

RESTOCKING WITH A WILD STRAIN: EFFECTIVENESS AND ABILITY TO INTRODUCE A FUNCTIONAL POPULATION

The main result observed was an increase of Mediterranean allele frequencies in the natural 0+ year population following restocking with ML individuals. This increase was already obvious in the 2000 cohort, even if only a small number of ML stocked juveniles had only been introduced on two occasions, in 1995 and 1998.

Two non-exclusive situations could account *a priori* for the observed change: 1) a natural migration from downstream or upstream and 2) the modification of stocking practices.

Situation 1. The possibility of a natural recolonization of the studied zone can be discarded for two reasons: 1) the presence of an impassable obstacle in the lower part of the Ugine River preventing brown trout migration from the Dranse d'Abondance River (Fig. 1); 2) the zone upstream from U1 harbours a very small brown trout population as revealed by recent surveys (November 2004). Moreover if such a ML spawner population would have existed upstream in the mid-1990s, it would be difficult to explain why it did not contribute to the 0+ year cohort of U1 section (located just downstream) in 1995 and strongly contributed to it in the subsequent years.

© 2006 The Authors

Situation 2. The most likely explanation is that some of the ML individuals introduced have established themselves and reproduced successfully, their contribution probably overweighting the natural recruitment. The marked reduction in Atlantic allele frequencies in the U1 section from 1995 to 2000 indicates that the 0+ year fish restocked in 1995 and in 1998 have become well established and contributed to the natural breeding. According to the age-maturity relationships in ML brown trout (Champigneulle *et al.*, 2003*a*), 0+ year males and females introduced in 1995 would have contributed to natural recruitment as soon as 1996 (stage 1+ year) and 1997 (stage 2+ year), respectively and until 1999. The male and female offspring of ML males introduced in 1995 could have also contributed to the natural reproduction and the increase of Mediterranean allele frequencies in 1998 and 1999, respectively, while the male offspring of ML females could have reproduced in 1999.

The reasons of the pronounced shift towards Mediterranean alleles between 1995 and 2000, despite the fact that stocked AL fish largely outnumbered ML ones over this period, cannot be identified here. The two stocks differ genetically with regard to two aspects, which could explain the apparent higher survival rate and reproductive success of ML fish: their geographic origin and their history of domestication. First, the ML strain used here has been founded with local native breeders. Local populations are assumed to be adapted to their particular environmental conditions (Hindar *et al.*, 1991, Reisenbichler *et al.*, 2003) and recolonization by artificial propagation is more often successful when the donor zones are nearby and ecologically similar (Reisenbichler, 1988; Rhodes & Quinn, 1999; Young, 1999; Utter, 2004). Secondly, the ML stock has experienced only one generation of domestication instead of 20–30 for the AL stock. There are accumulative evidences that domestication can affect gene frequencies (Ryman & Ståhl, 1980) and important traits such as survival, feeding and reproductive behaviour (Reisenbichler & McIntyre, 1977; Berg & Jorgensen, 1991; Ruzzante, 1994; Johnsson *et al.*, 1996; Champigneulle *et al.*, 2003*b*; Huntingford, 2004; Kostow, 2004) and that farm escapes can have adverse effects on the fitness of wild stocks (Fleming & Petersson, 2001; McGinnity *et al.*, 2003). These differences are assumed to increase with the number of generations of fish culture (Waples, 1999).

The effects of non-genetic factors such as the fish size at stocking (Hume & Parkinson, 1988) or interannual variation in stocking efficiency, however, cannot be excluded and common garden field experiments are required to evaluate the respective role of genetic background and environmental variations and to make conclusions on the superiority of ML genotypes.

MANAGEMENT IMPLICATIONS

This study, combining genetic analyses and demographic data, has demonstrated that the restoration of a functional ML population in the Ugine River was successfully achieved through restocking with fingerlings and fry from a recent captive ML stock derived from a nearby native population living in a comparable habitat. A similar rehabilitation programme was carried out on the threatened *S. marmoratus* in Slovenia. In this country, pure populations of *S. marmoratus* have been identified (Berrebi *et al.*, 2000*b*; Fumagalli *et al.*,

© 2006 The Authors

2002) and used to propagate *S. marmoratus* in fish-free isolated sections (Crivelli *et al.*, 2000). Preliminary results are encouraging since new pure populations of *S. marmoratus* have been established and their allele frequencies have increased in rivers where exotic fish are no longer stocked (A. Crivelli, pers. comm.).

In conclusion, rehabilitation stocking can be one of the strategies to reintroduce functional brown trout population from a neighbouring non-introgressed native population, to restore the area of distribution of original taxons of native brown trout at local scale, and thus to strengthen their conservation in the long-term.

The relatively high percentage of marked 0+ year fish observed in 2003, indicates that it is still too early to recommend the complete cessation of rehabilitation restocking of the Ugine River. Monitoring the percentage of marked juveniles and the allele frequencies in the natural recruitment component of the 0+ year population should be continued. This information is required to check that the new ML population is self-sustaining and to decide when rehabilitation restocking can be stopped.

This study is part of an INTERREG IIIA ALCOTRA programme: 'Identification, preservation and rehabilitation of populations of native trout in the Val d'Aoste and in Haute-Savoie.' We would like to thank M. Andriamanga (INRA Jouy en Josas) who carried out the genetic analyses, C. Largiader (Berne University), S. Launey (INRA Jouy en Josas) and B. Riva for their contribution to the initial phase of foundation of the ML breeding stocks.

References

Allendorf, F. W. & Leary, R. F. (1988). Conservation and distribution of genetic variation in a polytypic species, the cutthroat trout. *Conservation Biology* **2,** 170–184.

Allendorf, F. W. & Waples, R. S. (1996). Conservation and genetics of salmonid fishes. In *Conservation Genetics* (Avise, J. C. & Hamrick, J. L., eds), pp. 238–280. New York: Chapman & Hall.

Barbat-Leterrier, A., Guyomard, R. & Krieg, F. (1989). Introgression between introduced domesticated strains and mediterranean native populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquatic Living Resources* **2,** 215–223.

Beaudou, D., Cattaneo-Berrebi, G. & Berrebi, P. (1994). Impacts génétiques des repeuplements en truites communes (*Salmo trutta* L.) sur les populations en place: cas du bassin de l'Orb (Hérault). *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* **332,** 83–92.

Berg, S. & Jorgensen, J. (1991). Stocking experiments with 0+ and 1+ trout parr, *Salmo trutta*, of wild and hatchery origin: 1. Post-stocking mortality and smolt yield. *Journal of Fish Biology* **39,** 151–169.

Bernatchez, L., Guyomard, R. & Bonhomme, F. (1992). DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *Salmo trutta* populations. *Molecular Ecology* **1,** 161–173.

Berrebi, P., Poteaux, C., Fissier, M. & Cattaneo-Berrebi, G. (2000*a*). Stocking impact and allozyme diversity in brown trout from Mediterranean southern France. *Journal of Fish Biology* **56,** 949–960.

Berrebi, P., Povz, M., Jesensek, D., Cattaneo-Berrebi, G. & Crivelli, A. J. (2000*b*). The genetic diversity of native, stocked and hybrid populations of marble trout in the Soca River, Slovenia. *Heredity* **85,** 277–287.

Beyer, W. H. (1986). *Handbook of Tables for Probability and Statistics*, 2nd edn. Boca Raton, FL: CRC Press.

Caudron, A. & Champigneulle, A. (2006). Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'alizarine Red S. *Cybium* **30,** 65–72.

© 2006 The Authors

Champigneulle, A. & Rojas Beltran, R. (2001). Le marquage des poissons. In *Gestion piscicole des grands plans d'eau* (Gerdeaux, D., ed.), pp. 311–346. Paris: INRA.

Champigneulle, A., Largiader, C. & Caudron, A. (2003*a*). Reproduction de la truite (*Salmo trutta*) dans le torrent de Chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original? *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **369,** 41–70.

Champigneulle, A., Melhaoui, M., Gillet, C. & Caudron, A. (2003*b*). Repeuplements en alevins nourris et démographie de la population de truite (*Salmo trutta*) dans le Redon, un affluent du Léman interrompu par un obstacle. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **369,** 17–40.

Crivelli, A., Poizat, G., Berrebi, P., Jesensek, D. & Rubin, J. F. (2000). Conservation biology applied to fish: the example of a project for rehabiliting the marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Cybium* **24,** 211–230.

Dowling, T. E. & Childs, M. R. (1992). Impact of hybridization on a threatened trout of the southwestern United States. *Conservation Biology* **6,** 355–364.

Estoup, A., Largiader, C. R., Perrot, E. & Chourrout, D. (1996). Rapid one-tube extraction for reliable PCR detection of fish poplymorphic markers and transgenes. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* **5,** 295–298.

Estoup, A., Cornuet, J. M., Rousset, F. & Guyomard, R. (1999). Juxtaposed microsatelitte systems as diagnostic markers for admixture: theoretical aspects. *Molecular Biology and Evolution* **16,** 898–908.

Estoup, A., Largiader, C. R., Cornuet, J. M., Gharbi, K., Presa, P. & Guyomard, R. (2000). Juxtaposed microsatellite systems as diagnostic markers for admixture: an empirical evaluation with brown trout (*Salmo trutta L.*) as model organism. *Molecular Ecology* **9,** 1873–1886.

Ferguson, A. (1989). Genetic differences among brown trout, *Salmo trutta*, stocks and their importance for the conservation and management of the species. *Freshwater Biology* **21,** 35–46.

Fleming, I. A. & Petersson, E. (2001). The ability of released, hatchery salmonids to breed and contribute to the natural productivity of wild populations. *Nordic Journal of Freshwater Research* **75,** 71–98.

Fumagalli, L., Snoj, A., Jesensek, D., Balloux, F., Jug, T., Duron, O., Brossier, F., Crivelli, A. J. & Berrebi, P. (2002). Extreme genetic differentiation among the remnant populations of marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Molecular Ecology* **11,** 2711–2716.

Giuffra, E., Guyomard, R. & Forneris, G. (1996). Phylogenetic relationships and introgression patterns between incipient parapatric species of Italian brown trout (Salmo trutta L. complex). *Molecular Ecology* **5,** 207–220.

Guyomard, R. (1989*a*). Diversité génétique de la truite commune. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **314,** 118–135.

Guyomard, R. (1989*b*). Gestion génétique des populations naturelles : l'exemple de la truite commune. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **314,** 136–145.

Hansen, M. M. & Loeschcke, V. (1994). Effects of releasing hatchery-reared brown trout to wild trout populations. In *Conservation Genetics* (Loeschcke, V., Tomiuk, J. & Jain, S. K., eds), pp. 273–289. Basel: Birkhäuser Verlag.

Harig, A. L., Fausch, K. D. & Young, M. K. (2000). Factors influencing success of greenback cutthroat trout translocations. *North American Journal of Fisheries Management* **20,** 994–1004.

Hilderbrand, R. H. (2002). Simulating supplementation strategies for restoring and maintaining stream resident cutthroat trout populations. *North American Journal of Fisheries Management* **22,** 879–887.

Hindar, K., Ryman, N. & Utter, F. (1991). Genetic effects of cultured fish on natural populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48,** 945–957.

Hume, J. M. B. & Parkinson, E. A. (1988). Effects of size at and time of release on survival and growth of steelhead trout fry stocked in streams. *North American Journal of Fisheries Management* **8,** 50–57.

Huntingford, F. A. (2004). Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes. *Journal of Fish Biology* **65** (Suppl. A)**,** 122–142. doi: 10.1111/j.1095-8649.2004.00562.X

© 2006 The Authors

Johnsson, J. I., Petersson, E., Jönsson, E., Björnsson, B. T. & Järvi, T. (1996). Domestication and growth hormone alter antipredator behavior and growth patterns in juvenile brown trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53,** 1546–1554.

Kostow, K. E. (2004). Differences in juvenile phenotypes and survival between hatchery stocks and a natural population provide evidence for modified selection due to captive breeding. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **61,** 577–589.

Krieg, F. & Guyomard, R. (1985). Populations genetic of French Brown trout (*Salmo trutta*): large geographical differentiation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. *Génétique, Sélection, Evolution* **17,** 225–242.

Largiader, C. R. & Scholl, A. (1995). Effects of stocking on the genetic diversity of brown trout populations of the Adriatic and Danubian drainages in Switzerland. *Journal of Fish Biology* **47** (Suppl. A)**,** 209–225.

Largiader, C. R., Scholl, A. & Guyomard, R. (1996). The role of natural and artificial propagation on the genetic diversity of brown trout (*Salmo trutta* L.) of the upper Rhône drainage. In *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe* (Kirchhofer, A. & Hefti, D., eds), pp. 181–197. Basel: Birkhauser Verlag.

Launey, S., Krieg, F., Champigneulle, A. & Guyomard, R. (2003*a*). Ecotypes sympatriques migrateurs et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.): différenciation génétique et effet des repeuplements. *Les Actes du BRG* **4,** 63–78.

Launey, S., Krieg, F., Haffray, P., Bruant, J. S., Vannier, A. & Guyomard, R. (2003*b*). Twelve new microsatellite markers for gilted seabream (*Sparus aurata* L.): characterization, polymorphism and linkage. *Molecular Ecology Notes* **3,** 457–459.

Leary, R. F., Allendorf, F. W. & Forbes, S. H. (1993). Conservation of genetics of bull trout in the Columbia and Klamath River drainages. *Conservation Biology* **7,** 856–865.

McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Maoileidigh, N. O., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. (2003). Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society B* **270,** 2443–2450.

Poteaux, C., Beaudou, D. & Berrebi, P. (1998). Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *Journal of Fish Biology* **53,** 701–713.

Raymond, M. & Rousset, F. (1995). GENEPOP (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* **86,** 248–249.

Reisenbichler, R. R. (1988). Relation between distance transferred from natal stream and recovery rate for hatchery coho salmon. *North American Journal of Fisheries Management* **8,** 172–174.

Reisenbichler, R. R. & McIntyre, J. D. (1977). Genetic differences in growth and survival of juvenile hatchery and wild steelhead trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* **34,** 123–128.

Reisenbichler, R. R., Utter, F. M. & Krueger, C. C. (2003). Genetic concepts and uncertainties in restoring fish populations and species. In *Strategies for Restoring River Ecosystems—Sources of Variability and Uncertainty in Natural and Managed Systems* (Wissmar, R. C. & Bisson, P. A., eds), pp. 149–183. Bethesda, MD: American Fisheries Society.

Rhodes, J. S. & Quinn, T. P. (1999). Comparative performance of genetically similar hatchery and naturally reared juvenile coho salmon in Streams. *North American Journal of Fisheries Management* **19,** 670–677.

Ruzzante, D. E. (1994). Domestication effects on aggressive and schooling behaviour in fish. A review. *Aquaculture* **120,** 1–24.

Ryman, N. & Ståhl, G. (1980). Genetic changes in hatchery stocks of brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37,** 82–87.

Utter, F. (2004). Point of view. Population genetics, conservation and evolution in salmonids and other widely cultured fishes: some perspective over six decades. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14,** 125–144.

Waples, R. S. (1991). Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp., and the definition of 'species' under the Endangered Species Act. *Marine Fisheries Review* **53,** 11–22.

© 2006 The Authors

Waples, R. S. (1999). Dispelling some myths about hatcheries. *Fisheries* **24,** 12–21.
Young, K. L. (1999). Managing the decline of Pacific salmon: metapopulation theory and artificial recolonization as ecological mitigation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **56,** 1700–1706.

Electronic Reference

Laikre, L., Antunes, A., Apostolidis, A., Berrebi, P., Duguid, A., Ferguson, A., Garcia-Marin, J. L., Guyomard, R., Hansen, M. M., Hindar, K., Koljonen, M.-L., Lardiader, C., Martinez, P., Nielsen, E. E., Palm, S., Ruzzante, D., Ryman, N. & Triantaphyllidis, C. (1999). Conservation genetic management of brown trout (Salmo trutta) in Europe. *"Troutconcert"; EU FAIR CT97-3882*. Available at http://www.dfu.min.dk/publicationdatabase_uk.asp?id = 1080

APPENDIX. Allele frequencies observed at the *Str59-1* and *Str54-1* loci in the six samples. In Italic, total of the 2000 and 2003 samples of otolith marked individuals; in bold, alleles of Atlantic origin

		Population				
Locus	Marked	U1-1995	U1-2000	U2-2000	U1-2003	U2-2003
Str59-1						
(*n*)	*79*	31	14	23	22	50
146	***0·0063***	**0·0000**	**0·0000**	**0·0217**	**0·0000**	**0·0400**
150	***0·0886***	**1·0000**	**0·4286**	**0·8043**	**0·2273**	**0·4100**
152	***0·0000***	**0·0000**	**0·0714**	**0·0000**	**0·0227**	**0·0100**
166	*0·0759*	0·0000	0·0357	0·0435	0·0000	0·0300
170	*0·1582*	0·0000	0·1786	0·0217	0·0909	0·1500
176	*0·0127*	0·0000	0·0000	0·0000	0·0455	0·0000
186	*0·0253*	0·0000	0·0000	0·0000	0·0000	0·0100
190	*0·0253*	0·0000	0·0000	0·0000	0·0000	0·0100
192	*0·0949*	0·0000	0·0714	0·0435	0·2045	0·0700
194	*0·3481*	0·0000	0·0357	0·0000	0·1364	0·1600
198	*0·0823*	0·0000	0·1786	0·0435	0·2727	0·0900
200	*0·0823*	0·0000	0·0000	0·0217	0·0000	0·0200
H_{nb}	*0·8213*	0·0000	0·7672	0·3536	0·8214	0·7754
H_{obs}	*0·7975*	0·0000	0·8571	0·2609	0·9091	0·7400
Str54-1						
(*n*)	*79*	31	14	23	22	50
130	***0·0000***	**0·0323**	**0·0000**	**0·0435**	**0·0000**	**0·0000**
132	***0·0380***	**0·9677**	**0·5000**	**0·7826**	**0·2045**	**0·4900**
136	*0·9620*	0·0000	0·5000	0·1739	0·7955	0·5100
H_{nb}	*0·0735*	0·0635	0·5185	0·3633	0·3330	0·5048
H_{obs}	*0·0506*	0·0645	0·5714	0·2174	0·2273	0·3800
H_{mean}	*0·4474*	0·0317	0·6429	0·3585	0·5772	0·6401
N_{allele}	*6·5000*	1·5000	4·5000	5·0000	4·5000	6·5000

n, sample size; H_{nb}, expected, unbiased heterozygosity; H_{mean}, mean, expected, unbiased heterozygosity; N_{allele}, mean number of alleles per population.

© 2006 The Authors

ANNEXE 9

Multiple marking of otoliths of brown trout, *Salmo trutta* L., with alizarine redS to compare efficiency of stocking of three early life stages

A. CAUDRON
Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique,
Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 St Martin Bellevue, France.
a.caudron@wanadoo.fr. fax: +33 450469051.

A. CHAMPIGNEULLE
INRA-CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon Cedex, France.

Running title: TROUT STOCKING EFFICIENCY AT EARLY LIFE STAGES

KEYWORDS: *Salmo trutta*, stocking, rehabilitation, otolith marking, alizarin redS, early life stages.

Abstract
This exploratory study examined the restocking with three early life stages in the context of rehabilitating a native brown trout lineage. To do this, an experimental section in 5 different streams was restocked successively with three stages (I: unfed fry at the end of the resorption phase, II: fed fry measuring 2-3 cm and III: fed fry measuring 4-5 cm) derived from a hatchery stock born of wild spawners. The three stages were distinguished by single or multiple fluoromarking of the otoliths with alizarin redS. The index of relative stocking efficiency (IRE) and mean length and weight of each stage in each stream were investigated at stage 0+ in October. The IRE for stageII were greater than the stageI in all sections and were equivalent or greater than the stageIII. StageII reached in Autumn significantly larger mean length and weight than the stageIII. The stage II appeared promising.

Introduction

Concern about the conservation and rehabilitation of native populations of salmonids is growing considerably (Nielsen & Powers 1995; Dodson, Gibson, Cunjack, Friedland, Garcia de Leaniz, Gross, Newburyrym, Nielsen, Power & Roy 1998; Crivelli, Poizat, Berrebi, Jensensek & Rubin 2000; Hallerman 2003; Caudron, Champigneulle & Guyomard 2006). There is therefore an increasing need for fish stock managers to have operational strategies to rehabilitate native populations.

Where the native populations were too small or required support, the strategy of temporary rehabilitation restocking was envisaged with the ultimate goal of supporting or recreating new functional populations, thus increasing the area of distribution of native lineages. The rehabilitation restockings used juveniles produced from wild stock (supportive breeding) or from captive spawners recently produced from eggs collected from wild native fish (Nielsen & Powers 1995; Wang & Ryman 2001; Hallerman 2003).

In this context of rehabilitation of native populations, the restocking method used must meet two conditions simultaneously: 1) it must make the best possible use of the restocking material that is generally in short supply, which means that it is essential to optimize the effectiveness of the releases, and 2) it must restrict the time the fish spend in captivity in order to limit as far as possible the harmful genetic effects linked to domestication (Busack & Currens 1995; Waples 1999). Furthermore, the choice of which stage to release is particularly important as it can have a long-term impact on the length and survival of the introduced fish (Letcher, Dubreuil, O'Donnell, Obedzinski, Griswold & Nislow 2004), and therefore also affect the success of the restocking programs. These objectives mean that it was necessary to carry out comparisons of releasing different early life stages, using a marking method that would not result in any post-restocking inter-group bias linked to the marking technique used.

Three early stages are currently used in the case of salmonids: unfed fry at the end of the yolk-sac resorption phase, small fed fry measuring 2-3 cm that had been feeding for a few weeks, and larger fed fry measuring 4-5 cm. Such precocious restocking methods have so-far undergone little comparative study (Lasenby & Kerr 2001). The development of otolith fluoromarking techniques has now made it possible to track salmonids restocked at early stages (Champigneulle & Cachera 2003; Caudron & Champigneulle 2006).

The present study used the technique of single and multiple otolith marking using alizarine red S (ARS). This technique was used to carry out an exploratory study intended to compare trout (*Salmo trutta* L.) restockings at three early life stages (yolk-sack fry, fed fry, fingerlings measuring 4-5 cm) with regard to their implantation *in situ* assessed at 0+ stage in October.

Materials and methods

Sites investigated and stocking characteristics

The juveniles were produced from a single pool of eggs obtained from a captive breeding stock recently constituted from wild native spawners of the Mediterranean Lineage (ML). To produce this captive ML breeding stock, wild spawners were caught in the upper part of the Dranse d'Abondance, a French tributary of Lake Geneva. The upper Dranse d'Abondance river has a native ML population of brown trout with a low level of introgression by the Atlantic lineage (Largiader, Scholl & Guyomard 1996). Only the 98 families obtained from

parents (i.e. 98 females and 98 males) showing Mediterranean genotypes at three diagnostic markers, Str541, Str591 and Str791 (Estoup, Largiader, Cornuet, Gharbi, Presa & Guyomard 2000) were kept and used (Largiader, unpublished data).

Five different streams were selected in or at the edge of the area of distribution of the native ML population from which the hatchery stock was created. Those rivers were representative of the fast-flowing middle-altitude streams of this territory. The sections into which the experimental releases were carried out were limited upstream and downstream by obstacles that juveniles would find difficult to by pass in an upstream direction. In addition, the sections chosen had low natural recruitment.

Each section (Table 1) was restocked successively with the three different stages (I: unfed fry at the end of the resorption phase stocked on 18 and 20 April 2006, II: fed fry measuring 2-3 cm stocked on 26 and 28 May, and III: fed fry measuring 4-5 cm stocked on 28 June). Considerable care was taken about the release phase: choice of appropriate hydrological conditions and ensuring good dispersal of the fry over the study sites.

The restocking densities were equivalent on each section, and similar to those generally used locally, i.e. 1.3-1.4 individuals.m^{-2} for stages I and II, and 0.5-0.6 individuals.m^{-2} for stage III.

Table 1. Characteristics of stocked sections in 5 rivers. Quantities released at the different stages distinguished by alizarin red S otolith fluoromarking (I: yolk sac-fry at the end of resorption; II: 2-3 cm fed fry; III: 4-5 cm fed fry). Sampling of 0+ fingerlings in October classified according to the source of recruitment (O: natural recruitment)

	Lenght (m)	Mean Width (m)	Area (m²)	elevation (m)	Stocking quantity			Samples				
					I (40%)	II (40%)	III (20%)	O	I	II	III	Total
Pamphiot	600	1,5	900	800	1250	1250	500	35 (40%)	2 (2%)	39 (44%)	12 (14%)	88
Ubine	900	1,2	1080	1300	1500	1500	600	37 (33%)	1 (1%)	60 (54%)	14 (13%)	112
Combes	600	0,9	540	600	750	750	300	6 (6%)	0 (0%)	78 (74%)	21 (20%)	105
Masses	500	1,5	750	1200	1000	1000	400	37 (38%)	0 (0%)	31 (32%)	29 (30%)	97
Moises	500	1,5	750	600	1000	1000	400	13 (12%)	24 (23%)	51 (48%)	18 (17%)	106

Marking techniques (Fig. 1)

Each marking involved immersion for 3 hours in a bath containing 100 mg L^{-1} of alizarin RedS (ARS) (following Caudron & Champigneulle 2006). No mortality was attributable to the marking.

To differentiate between the restocking stages, three types of marking were used:

Stage I release - a single ARS marking at the beginning of the resorption period at 10 degree-days (°D) after the eggs had hatched.

Stage II release - two ARS markings, the first carried out at the beginning of the resorption phase, and the second at the end of this phase at 10°D and 220°D respectively after hatching.

Stage III release - three ARS markings, two of which were carried out at the beginning and end of the resorption period, as described above, plus one carried out using fed fry or fingerlings measuring 3-4 cm.

A control group subjected to the latter marking procedure was kept to assess the success of the 3 marking immersions carried out.

Sample collection

At the end of October 2006, a representative single sample of juvenile trout was caught by electric fishing on each of the entire five sections stocked. For each section, about 120 juveniles were randomly sampled and euthanatized by administering an overdose of an anesthetic (clove oil), and kept in the freezer at -18°C until analysis.

Analysis

The age of each individual was estimated from scales so that only the 2006 cohort was included in the analysis.

The head of each individual was dissected to obtain access to remove the otoliths (sagittae). These otoliths were stuck onto a thin glass slide using a thermo-adhesive (Crystalbond Arenco Adhesive number 509), and polished to expose the core. To find out whether the otolith had been marked, each slide was viewed under an epifluorescence microscope (Zeiss Axioskop 40) fitted with a mercury vapor lamp (HBO50), and an Alizarin filter (Zeiss n°15: BP546/12, FT 580, LP 590).

To determine the reliability of the ARS marking, all the otoliths of the individuals sampled from the natural environment and those from the control group were examined by two observers. Each observer classified the otoliths as belonging to one of 4 categories: no ARS marking (= individuals derived from natural recruitment, scored O), marking patterns I, II, III.

Data analysis

For each site, an index of relative efficiency (IRE) was calculated for each of the 3 methods of restocking by relating the number of 0+ of a restocking method found in October, and the number of fry of the same restocking method released into the section examined. This ratio was only used relatively in the same site to compare the different stocking practices. For a given section, Chi squared tests were used to determine differences between the different stocking methods.

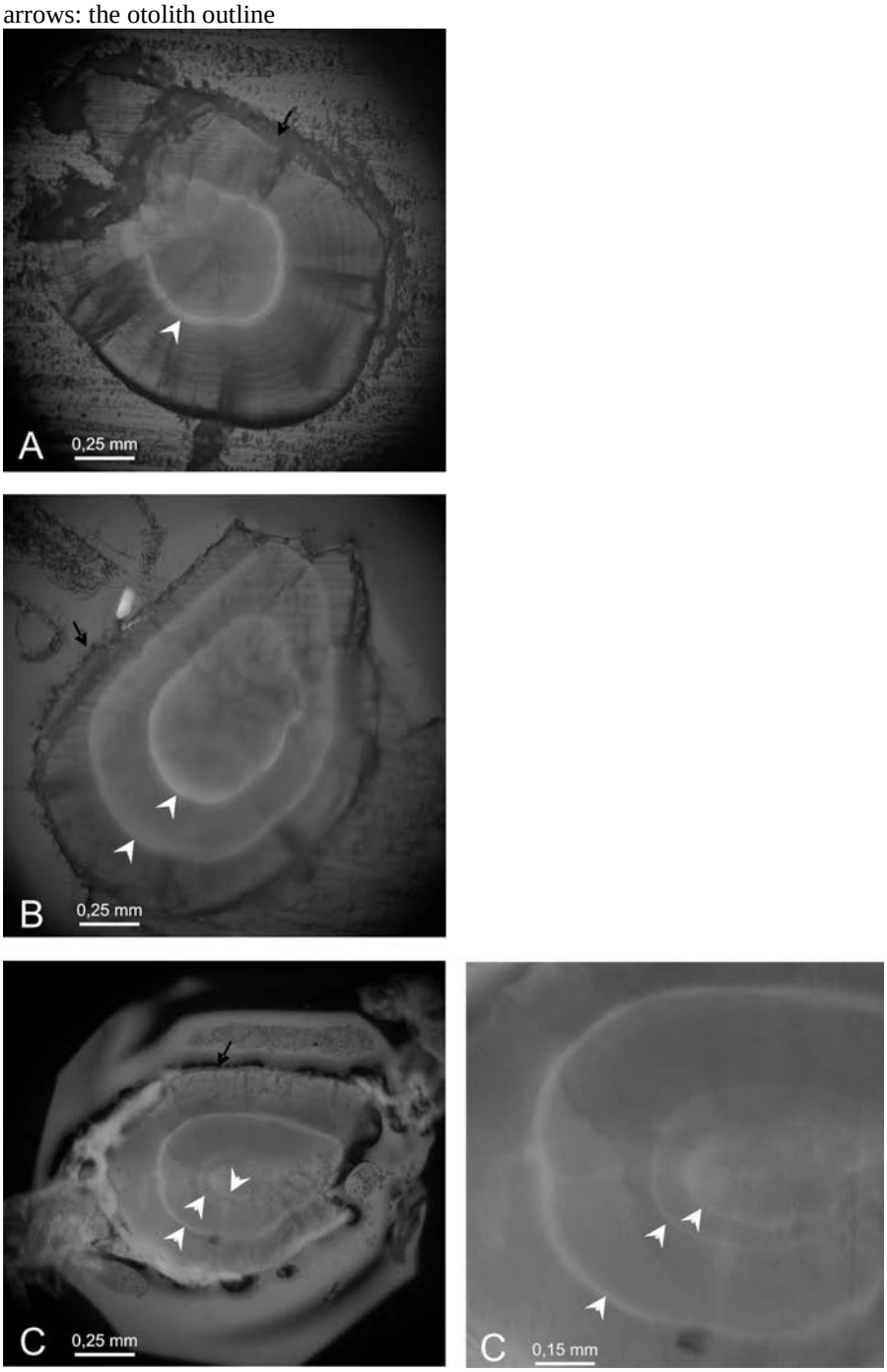
The morphological characteristics (length, weight) of the 3 or 4 sources of recruitment (O, I, II and III) were compared for each section using Student's t-test, and adjusting the P-values using the Bonferroni correction (Miller 1981; Tripel & Hubert 1990).

Results

Reliability of the otolith marking technique

Fifty 0+ individuals derived from the control group with triple marking were examined at the end of October 2006. The three marks were distinct (Fig. 1) in otolith sagittae of all the individuals examined. This preliminary validation confirmed that it was indeed possible to distinguish correctly between the different stocking stages.

Figure 1. Photographs of polished otoliths (sagittae) of 0+ trout (*Salmo trutta*) (in October) submitted to one (A: at the beginning of yolk sac resorption), two (B: at the beginning and end of resorption) or three (C: beginning and end of the resorption, and at the 2-3 cm fed fry stage) three-hour immersions bath(s) containing 100 mg/l of alizarin red S. White arrows: marking rings. Black arrows: the otolith outline



Contribution of the different stages

For each of the five sites, IRE I was significantly ($P<0.01$) lower than both IRE II and IRE III (Table 2). At 4 of 5 sites there was no significant ($P>0.05$) difference between IRE II and IRE III (Table 2). At the fifth site (the Masses stream) IRE III was significantly ($P<0.01$) higher than IRE II (Table 2).

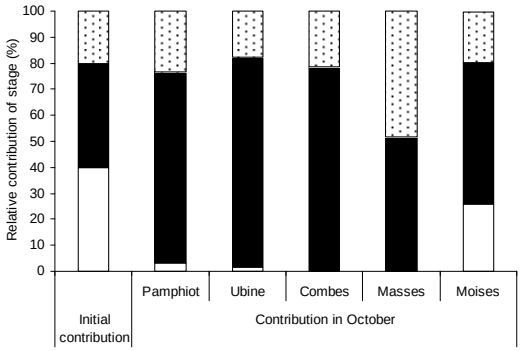
Table 2. Index of relative implantation efficiency (as a %, with 95% confidence limits in brackets) measured at stage 0+ for the same sampling in October in the stocked section. For each of the stocking methods used. (I: yolk sac-fry at the end of resorption; II: 2-3 cm fed fry; III: 4-5 cm fed fry), the index is calculated as a % from the ratio between the number of 0+ in the October sample and the number originally released. For a given river, indices of relative efficiency having no common letter are significantly different (P<0.05)

	Index of Relative Efficiency		
	I	II	III
Pamphiot	0,2% a (0-0,7%)	3,1% b (2,6-4,9%)	2,4% b (1,2-4%)
Ubine	0,1% a (0-0,3%)	4% b (2,7-4,5%)	2,3% b (1,5-4,5%)
Combes	0% a (0-0,5%)	10,4% b (7,4-11,3%)	7% b (5,7-13,7%)
Masses	0% a (0-0,5%)	3,1% b (1,9-4%)	7,2% c (3,9-8%)
Moises	2,4% a (1,5-3,4%)	5,1% b (3,4-5,9%)	4,5% b (2,1-5,4%)

In all 5 sections, natural recruitment generally accounted for a minority of recruitment, with contribution ranging from 6% to 40% of the 0+ autumn population (Table 1). For each site, the contribution of stage II was significantly (P<0.01) higher than that of stage I, which made a very small contribution (0 to 2%) at 4 out of 5 sites. In 4 out of 5 sections, the contribution of stage II was also greater than the contribution of stage III. Only the Masses stream displayed similar contributions (P>0.05) from stages II and III.

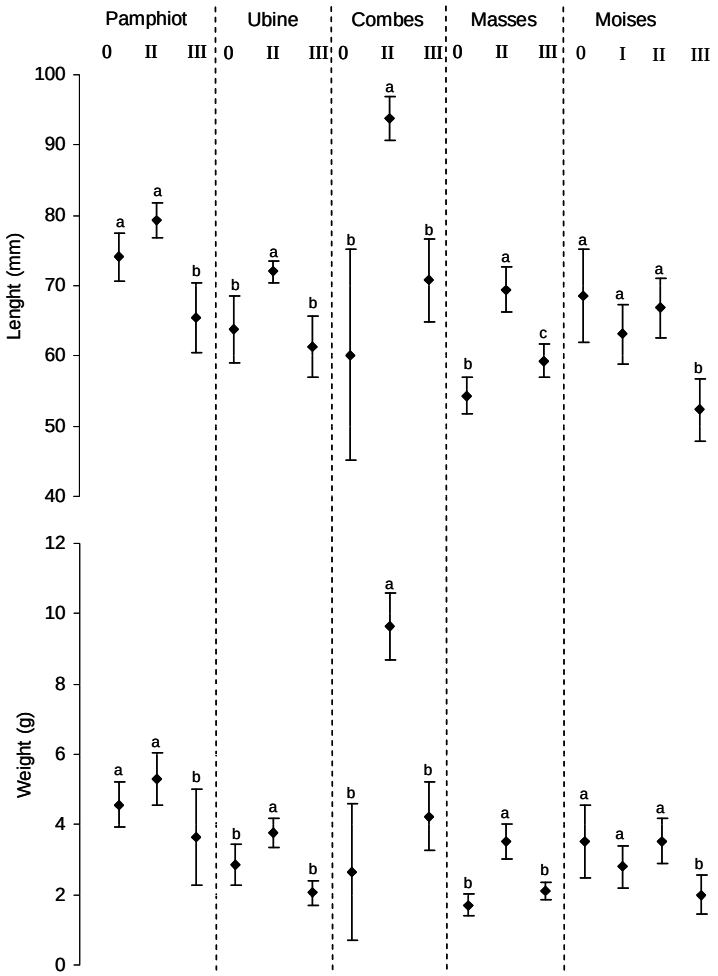
The numerical contributions of the various stages determined in October display major changes from their numerical contributions to the release (Fig. 2). In 4 out of 5 sections, the autumn contribution of stage I was significantly (P<0.01) lower than the initial contribution. At the fifth site (Moises river), the contibutions did not significantly differ (P>0.05). At all 5 sites in October, the contribution of the stage II release was significantly (P<0.01) higher than its initial contribution. For stage III, the initial contributions and those observed in October were comparable (P>0.05) in 4 sections whereas; it increased in one section (Masses stream).

Figure 2. Relative contribution at stocking and in 0+ stage in October for three successive stocking operations (white = stageI; black = stageII; dotty = stageIII) carried out in a section of 5 different rivers



At all the five sites, at the beginning of October, the fingerlings issued from stocking into the natural environment at stage II displayed a mean length and a mean weight that were significantly (P<0.05) higher than the corresponding mean values for the fry stocked at stage III (Fig. 3). At 3 out of 5 sites, the individuals stocked at stage II displayed a mean length and mean weight in October that were significantly (P<0.05) higher than the corresponding values for the individuals derived from natural recruitment (Fig. 3). In the Moises and Pamphiot sections, the wild individuals and individuals stocked at stage II have the same (P>0.05) mean length and weight in October.

Figure 3. Total length and weight of 0+ trout in October according to their different recruitment origins. (0): natural, (I,II,III): restocking according to stocking stages (I: yolk sac fry at the end of resorption; II: 2-3 cm fed-fry; 4-5 cm fed fry). The point indicates the mean and vertical barrs indicate 95% confidence limits of the mean. For a given river, when two means compared have no common letter, the two means are significantly different (P<0.05)



Discussion

Possibilities of ARS marking

The findings demonstrate that a 3 hours bath in a solution of 100 mg.L^{-1} ARS carried out at three different early life stages (beginning, end of resorption and 3-4 cm), makes it possible to distinguish at least three different groups from the earliest fry stages without ambiguity by means of direct epifluorescence microscopic observation. Caudron & Champigneulle (2006) have shown that

during the yolk sac resorption period, two immersions in ARS carried out at an interval of 210°C-day produced two distinct marking rings without any overlap. The present study provides some further information by demonstrating the possibility of using a third immersion at the 3-4 cm fry stage to produce a clearly distinguishable third marking ring. This ring can be observed at the same time as the first two rings, in the same otolith polishing plane. Then direct epifluorescence microscopic observation (without measurement of the ARS rings) therefore provides an easy way to distinguish between the single-, double- and triple-marked groups.

Comparative effectiveness of restocking with early life stages

The choice of a restocking strategy or practice must take into account the purpose and objectives of the restocking operation (Cowx 1994; Waples 1999; Crivelli *et al.* 2000).

In the context of rehabilitating native populations by using local native strains there is a need to stock at early life stages to limit harmful genetic effects linked to domestication (Ryman & Laikre 1991; Busack & Currens 1995; Waples 1999). However the restocking material is generaly available in low quantities. So it is necessary to optimize the stocking efficiency at early life stages, a topic which is still little studied (Lasenby & Kerr 2001; Letcher *et al.* 2004) although these practices are currently used in the case of the salmonids (Cowx 1994; Brown & Day 2002; Mobrand, Barr, Blankenship, Campton, Evelyn, Flagg, Mahnken, Seeb, Seidel & Smoker 2005).

The present study is an initial exploratory phase in this field. This study showed that present case stocking success with yolk sac fry tended to be very low and was even virtually zero at 4 of the 5 studied sites. By contrast, releases carried out at the same densities, but with fry that had begun to feed (stage II) were much more efficient. This better efficiency was obtained despite the fact that stage-I individuals had the advantage of prior residence. This could be partly attributable on the one hand that the yolk sac fry are very sensitive to extreme hydrological conditions. In the zone of present study, heavy rainfalls were observed in March (149 mm) and April (143 mm) 2006. Cattaneo, Lamouroux, Breil. & Capra 2002) showed that the density of 0+ trout was strongly and inversely related to the rate of flow during the hatching period. On the other hand, stage-II fry that had been fed for six weeks in the hatchery avoided both spates and the critical phase of the first *in-situ* feed, which is recognised as being a phase associated with high mortality in trout (Elliott 1994).

The study showed that the stage-II releases had also similar or even better relative efficiencies than those with fry released one month later and when they were bigger (stage III). An explaining hypothesis is that individuals restocked at stage II colonized habitats that were not yet saturated, which gave them an advantage linked to the fact that they had prior residence to the individuals introduced later at stage III. Several authors have demonstrated the competitive advantage of prior residence for the salmonids (Brannas 1995; Glova & Field-Dogson 1995; Huntingford & De Leaniz 1997; Deveril, Adams. & Bean 1999). Letcher *et al.* (2004) also report that in the Atlantic salmon, the advantage of prior residence allows the individuals introduced earlier to reach a larger size.

The releases of stage I appeared to be too inefficient and/or variable in a context of limited eggs quantities. The releases of stage III seem not to offer a

clear advantage on stage II. Both stages II and III allow to choice optimal hydrological conditions for stocking. The stay in the hatchery is smaller for stage II than for stage III. Stage II fry got autumnal morphological characteristics which could also be advantageous in terms of winter survival (Cunjak 1998).

So, the converging results obtained here in five different streams suggest that, in comparisons with stage I or III, stage II could be a promising early life stocking stage in rehabilitation programmes. However the present study is only exploratory in nature. It would be necessary to develop other experimental designs so that the stocked fish do not compete in the experimental areas. The initial density of wild populations in the stocked areas should be taken into account. It would also be useful to extend the monitoring beyond the zones where the experimental releases had been performed in order to get an overall picture including the mobile fractions of fry restocked at early life stages. Finally, we still need to evaluate over the longer term the features compared here at stage 0+ at the beginning of Autumn.

Acknowledgements

We would like to thank Bernard Riva, which carried out the marking and restocking procedures in a rigorous fashion. This study received funding from the "Conseil Général de Haute-Savoie" and from the FNPF-EDF intervention fund.

References

Brannas E. (1995) First access to territorial space and exposure to strong predation pressure: a conflict of early emerging Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Evolutionary Ecology* **9**, 411-420.

Brown C. & Day R. (2002) The future of stock enhancement: lessons for hatchery practice from conservation biology. *Fish and Fisheries* **3**, 79-94.

Busack C.A. & Currens K.P. (1995) Genetic risks and hazards in hatchery operations: fundamental concepts and issues. *American Fisheries Society Symposium* **15**, 71-80.

Cattaneo F., Lamouroux N., Breil P. & Capra H. (2002) The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **59**, 12-22.

Caudron A. & Champigneulle A. (2006) Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'Alizarine red S. *Cybium* **30**, 65-72.

Caudron A., Champigneulle A. & Guyomard R. (2006) Assessment of restocking as a strategy for rehabilitating a native population of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a fast-flowing mountain stream in the northern French Alps. *Journal of Fish Biology* **69**, 127-139.

Champigneulle A. & Cachera S. (2003) Evaluation of large-scale stocking of early stages of brown trout, *Salmo trutta*, to angler catches in the French-Swiss part of the River Doubs. *Fisheries Management and Ecology* **10**, 79-85.

Cowx I.G. (1994) Stocking strategies. *Fisheries Management and Ecology* **1**, 15-30.

Crivelli A., Poizat G., Berrebi P., Jesensek D. & Rubin J. F. (2000) Conservation biology applied to fish: the exemple of a project for rehabiliting the marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Cybium* **24**, 211-230.

Cunjak R.A. (1998) Physiological consequences of overwintering in streams: the cost of acclimatization? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **45**, 443-452.

Deverill J.I., Adams C.E. & Bean C.W. (1999) Prior residence, aggression and territory acquisition in hatchery-reared and wild brown trout. *Journal of Fish Biology* **55**, 868-875.

Dodson J.J., Gibson R.J., Cunjak R.A., Friedland K.D., Garcia de Leaniz C., Gross M.R., Newburym R., Nielsen J.L., Power M.E. & Roy S. (1998) Elements in the developpement of conservation plans for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **55**, 312-323.

Elliott J.M. (1994) *Quantitative ecology and the brown trout*. Oxford Series in Ecology and Evolution, Oxford University Press, 286 pp.

Estoup A., Largiadèr C. R., Cornuet J. M., Gharbi K., Presa P. & Guyomard R. (2000) Juxtaposed microsatellite systems as diagnostic markers for admixture: an empirical evaluation with brown trout (*Salmo trutta L.*) as model organism. *Molecular Ecology* **9**, 1873-1886.

Glova G.J. & Field-Dodgson M.S. (1995) Behavioural interactions between chinook salmon and brown trout juveniles in a simulated stream. *Transaction of American Fisheries Society* **124**, 194-206.

Hallerman E.M. (2003) *Population genetics and applications for fisheries scientists*. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society, 458 pp.

Huntingford F.A. & De Leaniz C.G. (1997) Social dominance, prior residence and the acquisition of profitable feeding sites in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* **51**, 1009-1014.

Largiadèr C. R., Scholl A. & Guyomard R. (1996) The role of natural and artificial propagation on the genetic diversity of brown trout (*Salmo trutta* L.) of the upper Rhône drainage. In: A. Kirchhofer & D. Hefti (eds) *Conservation of Endangered Freswater Fish in Europe*. Basel: Birkhauser Verlag. pp. 181-197.

Lasenby T.A. & Kerr S.J. (2001) *Brown trout stocking: An annoted bibliography and literature review*. Peterborough: Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, 196 pp.

Letcher B., Dubreuil T., O'Donnell M., Obedzinski M., Griswold K. & Nislow K. (2004) Long-term consequences of variation in timing and manner of fry introduction on juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) growth, survival, and life-history expression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **61**, 2288-2301.

Miller R.G. (1981) *Simultaneous Statistical Inference*. New York, McGraw Hill.

Mobrand L., Barr J., Blankenship L., Campton D., Evelyn T., Flagg T., Mahnken C., Seeb L., Seidel P. & Smoker W. (2005) Hatchery reform in Washington State: principles and emerging issues. *Fisheries* **30**, 11-23.

Nielsen J.L. & Powers D.A. (1995) Evolution and the aquatic ecosystem: defining unique units in population conservation. Bathesda, Maryland, *American Fisheries Society Symposium* **17**, 435 pp.

Trippel E. & Hubert J. (1990) Common statistical errors in fishery research. In: J. Hunter (ed.) *Writing for Fisheries Journals*. American Fisheries Society, pp. 93-102.

Wang J. & Ryman N. (2001) genetics effects of multiple generations of supportive breeding. *Conservation Biology* **15**, 1619-1634.

Waples R.S. (1999) Dispelling some myths about hatcheries. *Fisheries* **24**, 12-21.

ANNEXE 10

Large-scale assessment of the 0+ stage of brown trout (*Salmo trutta*) throughout the hydrographic network of Haute-Savoie (France). Stocking versus natural recruitment: relative contribution and some morphological and clinical comparisons

Arnaud Caudron[1,2] and Alexis Champigneulle[2]

[1] Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Le Villaret, 2092 route des Diacquenods, 74370 St Martin Bellevue, France. a.caudron@wanadoo.fr.
tel: +33 450469396 fax: +33 450469051.

[2] INRA-CARRTEL, BP 511, 74203 Thonon Cedex, France.

Abstract

The study reports an exploratory large-scale assessment methodology (covering 1000 km of river in the French Northern Alpine region) of the relative contribution of stocking and natural recruitment to *Salmo trutta* 0+ stage in the Fall. The restocked juveniles, in spite of their small size and large number (2 million as unfed sac fry, 2-3 cm or 4-5 alevins per year for three years) were identified in entirety by fluoromarking the otoliths thanks to a 3 hours bath in a solution of 100 mg alizarine red S /l successfully practiced at sac fry stage.

This large-scale study revealed the high spatial variability (0-100 %) of the contribution made by restocked fish assessed at stage 0+ in the Fall. However the study demonstrated an overall large scale tendency for natural recruitment to predominate. As the methodology was applied without changing the managers stocking practices, the results provide the fishery managers with further assistance in deciding zones where they could locally stop the stocking without compromising the recruitment of juveniles.

The methodology of total marking at a 100 % rate allowed to clearly identify the recruitment origin (marked=stocked; unmarqued=issued from natural recruitment) and so to compare some phenotypic characteristics at a large scale. The stocked individuals were at stage 0+ in the Fall generally bigger and with a larger coefficent of condition than the wild individuals. This was particularly true for juveniles stocked at a 4-5 cm size. In contrast, the relative length of the pectoral fin was greater in the wild trout. Clinical examination of sacrificed individuals revealed the disturbing presence of symptoms of bacterial disease and PKD (Proliferative Kidney Disease) in trout of both origins.

Key-words: brown trout, stocking, large-scale, otolith marking, fisheries management.

1. Introduction

In many countries, stocking rivers with hatchery-reared fish has been common practice for several decades (Cowx, 1994; Einum and Fleming, 2001; Fjellheim and Johnsen, 2001; Arlinghaus et al., 2002), particularly for species such as the brown trout *Salmo trutta*, that are of high angling, economic and/or heritage value. In France, brown trout restocking has become common since the rediscovery of artificial fertilization in the middle of the 19th century, and it has gradually become an intensive practice (Thibault, 1983). The vast hydrographic network of Haute-Savoie, which is located in the northern French Alps, has for the past century been intensively restocked by angling associations with farmed brown trout. In the last twenty years these associations released more than 2 million brown trout at early stages (yolk sac fry and fed fry) per year. Recently they have been wanted to find out the respective contributions of their large-scale restocking practices and of natural recruitment to the resident population of

juveniles and to angler's catches. For them, an important objective was, without stopping their stockings, to get some informations on where the natural recruitment contribution was important. So, one directly applied aim of the study was to provide the managers with a large scale methodology indicating where to stop their stockings.

To answer these questions at the large spatial scale involved, we used the otolith fluoromarking technique (Tsukamoto, et al. 1989; Rojas Beltran et al.1995a and b; Champigneulle and Rojas Beltran, 2001; Caudron and Champigneulle, 2006), which is currently the only technique available for marking a very large number of fish released at an early stage. As far as we are aware, this is the first time that this approach has been used on such a large spatial scale with large numbers of brown trout released at early stages (<6cm). Indeed, the restocking assessment studies using marking that have been published so far have mainly involved more restricted sites and/or older stages (see Cresswel, 1981; Fjellheim and Johnsen, 2001; Lasenby and Kerr, 2001 for review).

The possibility of finding out definitely whether specific individuals were of wild or stocked origin, also made it possible the second aim of the study of the 0+ stage which was to compare some morphological and clinical characteristics.

Finally, a major aspect of this work, which is not reported here, involved prolonging this investigation of the respective contribution and characteristics of the two components recruited in the catches taken by anglers.

2. Materials and methods

2.1. Study area

The study investigated the entire French Departement of Haute-Savoie, which is located in the northern French Alps. This Departement covers an area of 4400 km², and contains a huge and diversified trout-inhabited hydrographic network covering about 2800 km, and consisting of rivers, mountains streams and small watercourses (Fig. 1). The altitude is mainly in the range 600-1800 m. The mean slope is generally high, in the range 5-10%. The hydrological flow is nival with a secondary pluvial influence. Habitat and water quality are generally good but some zones are however limitant for the natural development of trout. The hydrographic network is characterized by the presence of numerous natural or artificial obstacles upstream impassable. The main rivers considered in the present study are located in different watershed and can be considered as closed to the upstream migration from one to another (Fig. 1). A synthesis (Caudron, unpublished data) of more than 250 electrofishing inventories on this large hydrographic network indicates that trout biomass and density varied in the range 50-350 kg/ha and 20-60 individuals / 100 m² respectively.

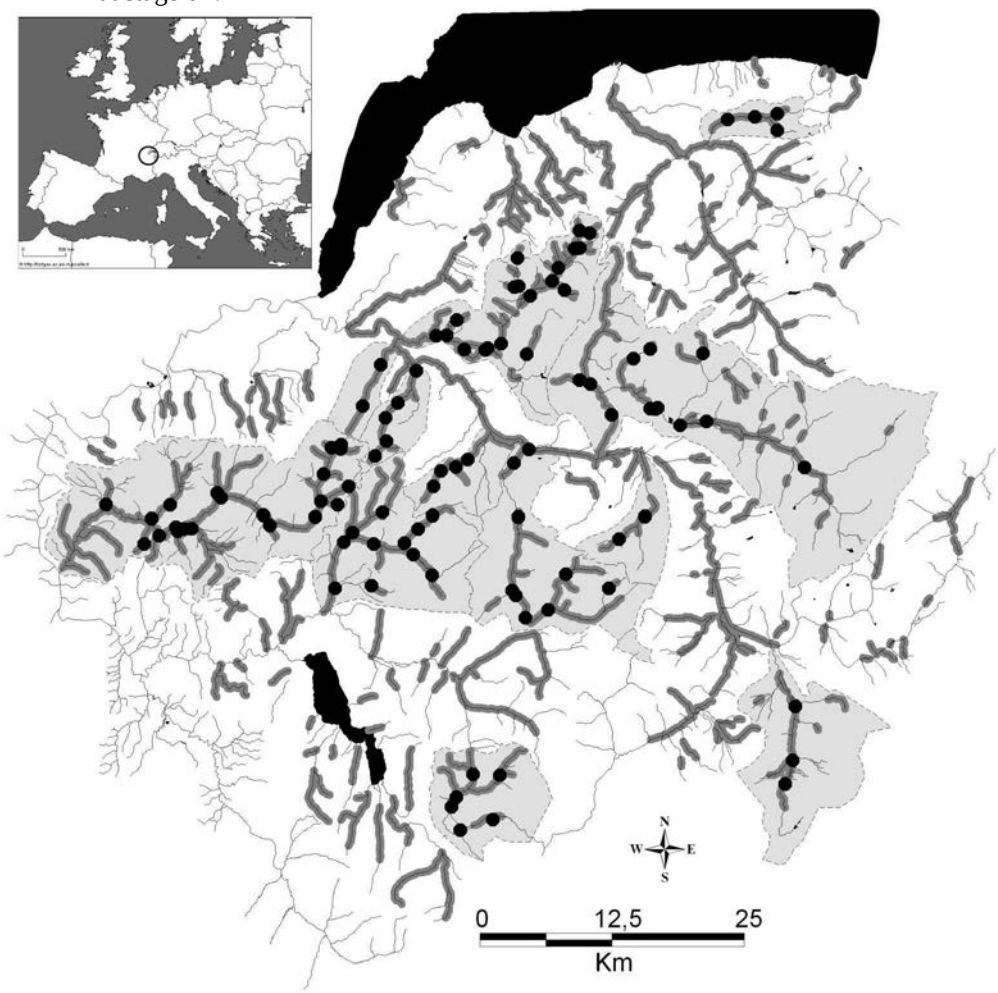
The hydrographic network studied is located in the upstream part of the River Rhône watershed. Recent genetical studies (Caudron, unpublished data) in the zone under study , demonstrated that 67 % of hydrographic network harbour trout populations introgressed by the domestic alleles of the Atlantic lineage (AL) of Salmo trutta. However a major result was the discovery of 8 watersheds with populations of the native Mediterranean lineage (ML) still fewly introgressed by the Atlantic lineage.

2.2 Description of the restocking programs in 2002, 2003 and 2004

The method tested aimed at evaluating the contribution of the two recruitment origins (stocking/natural) at large scale and, for stocking, as practiced by the managers during the period 2002-2004. The managers did not, therefore, modify their usual practices for the purposes of this study. Restocking was done in this territory by three large angling associations with their own hatcheries and employees (6 persons). Those last indicated in a booklet for each stocking operation: dowstream and upstream limits, number of alevins introduced, origin of the

eggs, name of the hatchery, stage at stocking and date of the stocking. Those informations informatized under a GIS (Geographic Information System) allowed to describe the stocking operations.

Figure 1. Location of the study zone. The highlighting indicates the parts of the rivers affected by restocking. The gray-shaded zones indicate the catchment areas studied, and the black dots indicate the sectors sampled at stage 0+.



In terms of genetics, according to several studies of the restocked network, most of the fry stocking by fishery's manager in past (Krieg and Guyomard, 1985; Guyomard, 1989) and recently (Launey et al., 2003; Caudron, unpublished data) has been carried out using domesticated fry of the Atlantic lineage (AL). Those data showed that, at least until 2004, only in a small number of clearly-identified catchment areas have been restocked with fry derived from farmed stock constituted from wild ML breeders (Caudron et al., 2006).

2.3. Marking the individuals released

In 2002, 2003, and 2004, the otoliths of all two million trout alevins to be used yearly to restock the hydrographic network of Haute-Savoie were fluoromarked by immersing them for 3 hours in a solution containing 100 mg L^{-1} of alizarin red S (ARS). The detailed protocol of fluoromarking and the validation of the method used at large scale are described in Caudron and Champigneulle (2006). In a few words, the method proved reliable to mark sac fry stages

at a 100% rate, definitely and without aditionnal mortality in comparison with unmarked controls.

2.4. Sampling the resident populations at 0+ stage

In the Fall, that means 5-8 months after the stocking, samples of the trout alevins were caught by electro-fishing along stretches of the rivers that had undergone restocking (Fig. 1). In order to obtain representative samples of the resident population of 0+, each sector studied was surveyed along a length of several hundred meters, and sampled trout were randomly sacrificed within the size ranges likely to include the age 0+ we were looking for. The sectors sampled were sufficiently extensive to make it possible to include various different types of habitat (pool, flat, riffle, run) characteristic of the rivers concerned.

To study a large portion of the hydrographic network restocked, 102 different samples were taken in Fall from 13 different catchment areas (Fig. 1). On the basin studied, the fish were released throughout all the stream (Fig. 1), so we couldn't sample river streches without stocking. Each individual sample was sacrificed by an overdose of anesthetic (clove oil) and kept in the freezer. The age of each individual was determined using scalimetry. A total of 4670 0+ was examined.

2.5. Morphological and clinical characteristics of the 0+ sampled

Before dissecting the head, all the individuals sampled were measured (total length in mm, Lt), and weigthed (to the nearest 0.1 g). The condition factor (K) of each individual was then calculated as described by Bolger and Connoly (1989), using the equation $K = (Wx100)/Lt^3$, where W is the bodyweight in grams, and Lt the total length in mm.

The maximum length of the left pectoral fin (Lp) of each fish was measured using a caliper (to the nearest 0.1 mm). So that the different fish could be compared, the relative length (LpR) of this fin was calculated as a percentage of Lt (Bosakowski and Wagner, 1994).

In 66 sections with a sufficient number of marked and unmarked, the means of Lt (total length) , K (coefficient of condition) et LpR (Relative length of the left pectoral fin) were measured for each recruitment origin (M=marked=stocked; UnM=unmarked=natural recruitment) and compared.

Finally, two parameters indicative of the health status of the individuals were checked by visual inspection:

+ bleeding at the base of the fins and/or at the urogenital orifice, which are symptoms of bacterial infection.

+ symptoms of PKD (Proliferative Kidney Disease) characterized by an enlarged kidney and/or granulomas in the liver (Clifton-Hadley et al., 1987).

2.6. Otoliths analysis

The head of each individual was dissected in order to gain access to the sacculi containing the otoliths (sagittae). The otoliths were removed, stuck to a glass slide using a thermal adhesive (Crystalbond Arenco adhesive number 509), before being polished to expose the nucleus. Some authors (Beckman and Schulz, 1996 ; Baer and Rösch, 2008) using ARS at higher concentrations and/or during a longer bath do not polish the otolith for small fish under a size limit (15 cm in the case of trout, Baer and Rösch, 2008). In our marking process (100 mg $L^{-1}$of ARS during 3 hours with different batches in different hatcheries conditions), we prefered to polish all otoliths to be sure to detect the presence of the mark. To find out whether the otolith had been marked, and to estimate the proportion of wild (not marked) and stocked (marked) individuals, each slide was examined under an epifluorescence microscope (Zeiss Axioskop 40) fitted with a mercury vapor lamp (HBO50) and an Alizarin filter (Zeiss n°15: BP546/12, FT 580, LP 590).

2.7. Data analysis

At each of the sites studied, the contribution of the marked individuals was expressed as a percentage. The 95% confidence intervals of these marking levels were calculated using Beyer's tables (1986). The respective contributions of marked and unmarked fish were compared using a Chi-squared test when the samples were sufficiently big, or using Fisher's exact test (Sprent 1992) for small samples. The morphological characteristics of marked and unmarked fish were compared using Student's t-test at the stations where enough fish were available. All the results obtained were entered into a geographical data system using Mapinfo 7.0 software to facilitate spatial processing.

3. Results

3.1. Restocking practices

For three consecutive years, the total number of fish released annually was about 2 million into about 1000 km of river within the hydrographic network of Haute-Savoie (Table 1). The characteristics of the stocking practices in the period 2002-2004 were as follows:

- 6 different origins were used : Chazey-Bons Domestic (CBD), Chazey-Bons Rhodanien (CBR), Chauvey (Ch), Lozère (Lo), Pont de Gys (PG) et Vizille (Vi).
- Eggs incubation was realized in 5 different hatcheries: Ayse, Pont-Morand, Sallanches, La Puya, Pont de Gys.
- 3 stocking stages were used : sac fry, fry fed during a few weeks until a length of 2-3 cm, alevins fed until a length of 4-5 cm.
- Stocking was practiced either in the spring (March, April) before the snow smelt either in june-early july, after the snow smelt.
- The stocking densities varied between 30 and 200 individuals / 100 m² and three main classes were condidered : 30-50 ind. / 100 m²; 50-100 ind. / 100 m² and 100-200 ind. / 100 m².

Taking into account these informations, 22 different stocking practices were distinguished (Table 2) demonstrating their high variability in the zone under study.

	Egg's origin	Hatcheries	Stage	Period	Density / 100 m²	Number of sector studied
1	CBD	Ayse	Fed fry	March-April	30-50	5
2	CBD	Ayse	Fed fry	March-April	50-100	1
3	CBD	Ayse	Fed fry	March-April	100-200	5
4	CBD	Ayse	Fingerling	June-July	100-200	4
5	CBD	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	30-50	3
6	CBD	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	50-100	1
7	CBD	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	100-200	1
8	CBR	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	30-50	1
9	CBR	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	50-100	7
10	CBR	Pont Morand	Yolk-sack fry	March-April	100-200	4
11	CBR	Sallanches	Fingerling	June-July	100-200	2
12	Ch	Ayse	Fingerling	June-July	30-50	4
13	Ch	Ayse	Fingerling	June-July	100-200	2
14	Ch	La puya	Fingerling	June-July	30-50	34
15	Ch	La puya	Fingerling	June-July	50-100	3
16	Lo	Sallanches	Fed fry	March-April	30-50	2
17	Lo	Sallanches	Fed fry	March-April	50-100	1
18	PG	Pont de Gys	Fed fry	June-July	30-50	5
19	PG	Pont de Gys	Fed fry	June-July	50-100	13
20	PG	Pont de Gys	Fed fry	June-July	100-200	1
21	Vi	Ayse	Fingerling	March-April	50-100	2
22	Vi	Ayse	Fingerling	March-April	100-200	2

Table 2. Description of the 22 different stocking practices used by fishery's manager in the hydrographic studied.

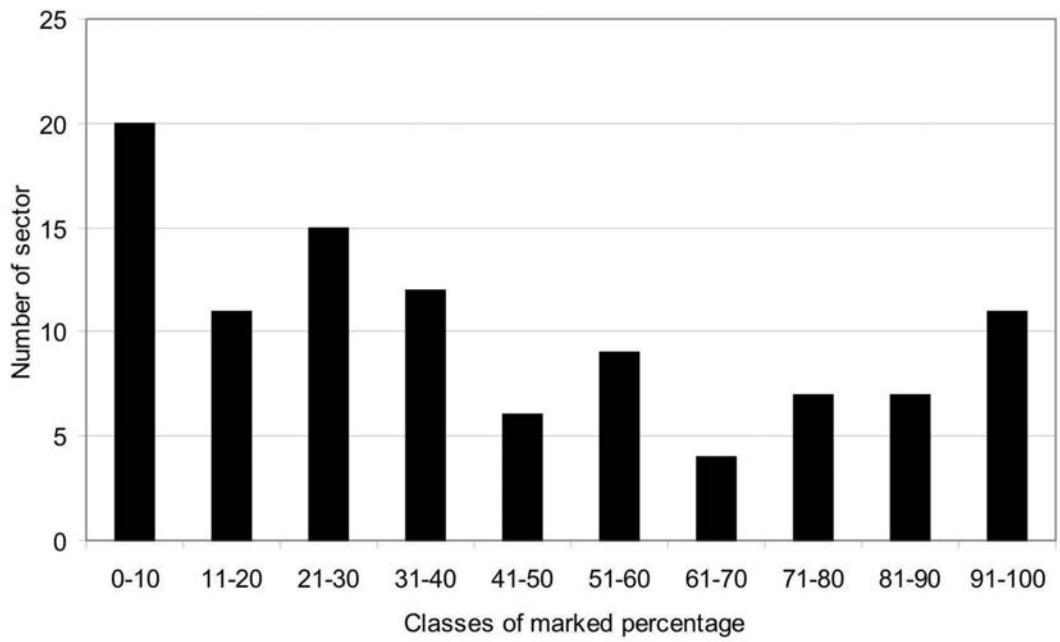
Year	Angling Association 1		Angling Association 2		Angling Association 3		Total	
	L (km)	Q	L (km)	Q	L (km)	Q	L (km)	Q
2002	351	234 000	255	1 060 000	400	611 000	1 006	1 905 000
2003	341	230 000	319	1 300 000	380	568 000	1 080	2 098 000
2004	360	244 000	272	900 000	351	480 000	983	1 624 000

Table 1. Quantity of marked brown trout released (Q) and length of river stocked (L) by angling association throughout the hydrographic network of Haute-Savoie in 2002, 2003 and 2004.

3.2. Contribution of restocking and natural recruitment at stage-0+

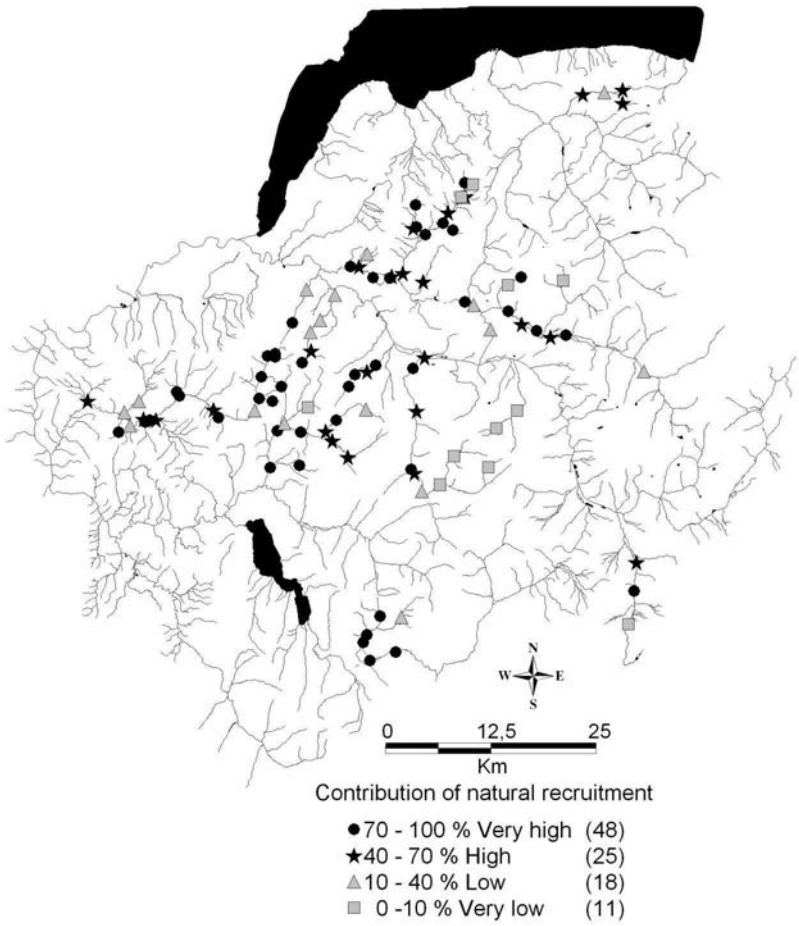
Overall, out of the total of 4670 0+ individuals analyzed, 1900 had been introduced, corresponding to a global contribution of 40% at stage 0+ to the whole restocked hydrographic network sampled. However, the distribution of the 102 samples studied in the 0+ age group between marking-level classes (Fig. 2), reveals that the contributions of marked individuals to the resident 0+ autumnal population vary widely, ranging from 0 to 100%. Most of the sectors display low contributions of marked individuals, since 50% of them were shown to have less than 40% of marked individuals. In contrast, only 25% of the sectors were found to have a high proportion of marked 0+ individuals (in excess of 60%) (Fig. 2). Finally 25% of the sectors had rather similar contributions (40-60%) from marked and unmarked individuals.

Figure 2. Classification of the 102 study sectors in terms of the percentage of marked 0+ trout found in the *in-situ* autumnal populations.



The spatial distribution of the proportion of marked fish revealed very great variability (Fig. 3). The contribution made by restocking may vary from one sector to another within the same catchment area, despite their proximity (Fig. 3), and the fact that the same restocking procedures had been used. Nevertheless, it is possible to locate some zones of the same basin including only sectors with a high (40-70%) and/or very high (>70%) proportion of natural recruitment and on the contrary, zones including only sectors with a low (10-40%) and/or very low (<10%) proportion of natural recruitment (Fig. 3).

Figure 3. Sampling sectors of the *in-situ* 0+ population in the Fall, showing the relative contribution of natural recruitment. Black symbols represent sectors with a high or very high relative contribution of natural recruitment. Gray symbols represent sectors with a low or very low relative contribution of natural recruitment. In brackets, the number of sectors.



3.3. Morphological and clinical characteristics of the 0+

The findings indicate that, by the end of the 0+ stage, the mean size of the stocked trout tends to be greater than that of the wild trout of the same age found at the same site. In 57 % of the sectors allowing a comparison marked/unmarked, the mean total length of the marked individuals was significantly ($P<0.05$) higher than that of the unmarked individuals (Table 3). This difference is more frequently observed in sections stocked with 4-5 cm alevins, but it can also be observed in sections stocked at smaller size (Table 3). In contrast, the mean length of the unmarked 0+ trout was never significantly ($P>0.05$) greater than that of the marked 0+ trout (Table 3).

Table 3. Comparison of morphological characteristics: mean total length (Lt), mean condition factor (K) and mean relative length of pectoral fin (LpR) between unmarked (UnM) and marked (M) trout on 66 sections of river. Percentage and number of sectors where the difference beetween Un and M is significant ($P<0.05$).

Stage	Lt		K		LpR	
	UnM > M	UnM < M	UnM > M	UnM < M	UnM > M	UnM < M
Fingerlings (n=25)	0% (0)	68% (17)	0% (0)	44% (11)	60% (15)	0% (0)
Fed fry (n=22)	0% (0)	41% (9)	18% (4)	9% (2)	14% (3)	0% (0)
Yolk-sack fry (n=19)	0% (0)	53% (10)	0% (0)	0% (0)	26% (5)	0% (0)
Total (n=66)	0% (0)	57% (38)	6% (4)	20% (13)	35% (23)	0% (0)

A similar trend, although to a much less significant degree, was observed for the values of the condition factor, K (Table 3). When stocked at 4-5 cm length the K value of 0+ marked is more frequently higher than for unmarked (Table 3).

The relative size of the pectoral fin (LpR) was greater in the wild individuals. Indeed, in 35% of the sectors, the mean LpR of the unmarked 0+ individuals was significantly ($P<0.05$) greater than that of the marked 0+ individuals. In contrast, the mean LpR of the marked 0+ trout was never significantly ($P>0.05$) greater than that of the unmarked 0+ trout. This larger size of the pectoral fin of wild 0+ in comparison with stocked 0+ was observed for the 3 stocking stages but it was more frequent when the stocking took place at 4-5 cm (Table 3).

The clinical observations of any pathological symptoms revealed several features. Overall, the sampled individuals displayed no visible sign of disease in only 35% of the sectors studied. This means than most (65%) of the course of the river concerned contained resident populations with some juveniles displaying pathological symptoms regardless of the source of their recruitment. Most of the populations displayed a higher incidence of symptoms of bacterial diseases (63% of sectors) than of those of PKD (17% of sectors).

The symptoms of bacterial diseases were more often found in released juveniles (61%) than in wild individuals (41%). In contrast, signs of PKD were seen more often in fish derived from natural recruitment.

4. Discussion

4.1. Relative contribution of stocking and natural recruitment.

In the extensive hydrographic network monitored, this large-scale exploratory study revealed high spatial variability (0-100%) in the contribution of restocking assessed at the 0+ stage in the Fall, with an overall tendency for natural recruitment to predominate. The present study confirms at large scale trends initially observed on a smaller scale in the earlier studies in similar territories (Caudron and Champigneulle, 2002; Champigneulle et al., 2002; Virbickas and Kesminas, 2002). This spatial variability lead us to urge caution before attempting to extrapolate results obtained at 0+ stage in autumn in a number of sectors too limited to an entire geographical zone, even if the sectors concerned undergone similar restocking programs. In term of methodology, to try to limit the bias, the survey protocols must require at the minimum marking of all the individuals released into the zone studied, good spatial dispersal of stocking, and the collection of large samples dispersed along long stretches.

This large-scale study has shown that in most of the sectors and the zones monitored, despite the various intensive and repeated restocking programs carried out, the resident populations of 0+ trout in the Fall consisted predominantly of wild fish. Just in a few zones, corresponding to 10 to 15 % of the river length investigated, populations are nearly entirely supported by restocking. These sectors seem to be clearly defined geographically, and have usually suffered important habitat damage. In this regard, several studies (Aass, 1993; Naeslund, 1992; Caudron and Champigneulle, 2007) have shown that stocked fish make high contributions (60-80%) in rivers characterized by unfavorable conditions (the presence of a hydroelectric installation, low reproductive potential, high elevation sections, poor water quality...). The combination of these findings suggests that it is important, before discontinuing the release of trout or changing the management strategies applied to these kind of water courses, both to take into account their value to anglers, and to identify the natural or anthropic causes underlying the deficiency or absence of wild populations and, if possible, to correct them.

The purpose of the study was not to carry out a large-scale determination of the factors for successful restocking techniques, but the results obtained have shown the difficulty of explaining the spatial variations in the percentage of 0+ marked fish observed early in the Fall in a large hydrographic network. Indeed, the aim of the study was to describe and evaluate the real restocking practices of fishery's manager, then the methodology was applied without changing the managers stocking practices. So, we can't really know the effectiveness of the restocking methods owing two two reasons. First, the extreme diversity of the restocking practices observed in the present study gives a strong difficulty to evaluate accurately their efficiency. As Garcia-Marin et al. (1999) suggest, this variability could therefore be linked to some of the many factors (climate, hydrology, habitat, demographics of the recipient population, genetics…) which can act either alone or interactively, and in some cases, change unpredictably. Secondly, on the basin studied, the fish were stocked throughout all the stream length, so we couldn't sample river streches without stocking to know if the fish released in a sector contribute to an other sector downstream or upstream. Nevertheless, two local studies, one in South Germany (Baer and Rösch, 2008) and the other in the present zone (Caudron and Champigneulle, 2002) showed that fry stocked in a given zone have not colonize control unstocked zones located 1 to several km downstream or upstream.

The results allowed to know spatially the relative contribution of stocking and natural recruitment. This information supplies the fishery managers with further assistance in deciding zones where they could locally stop their stocking pratices without compromising the recruitment of juveniles.

4.2. Morphological and health status differences at stage 0+.

The methodology of total marking allowed a large-scale comparative study of morphological characteristics linked to the source of the population recruited.

At stage 0+, released individuals were on average bigger than the corresponding wild ones. Similar significant differences between wild and stocked juveniles have also been reported in a Norwegian watercourse (Borgstrøm et al., 2002). In the present study, this was the case regardless of how early the fish had been released or the source of the fish released. Baer and Brinker (2008) found in a german river that the growth of stocked trout was inversely density dependant in contrast to the growth of resident trout which was density independent.

The difference was less clear for the fitness coefficient at 0+ stage in the Fall. However, this was still higher in the released individuals in most of the sectors investigated, which is consistent with the observations of Naeslund (1998) in small Swedish rivers. Overall, regardless of the situation, and even when they had the advantages of being bigger and having a higher condition coefficient, the stocked individuals tend to constitute a minority of the resident population compared to those naturally recruited. The environmental effects induced by the hatchery rearing period may affect the performance of the stocked fish, and account for the low contribution of restocking (Johnsson et al. 2001; Sundström and Johnsson, 2001; Finstad and Jonsson, 2001; Fleming and Petersson, 2001).

A link has been identified between the source of recruitment and the relative length of the pectoral fin (LpR), which is greater in individuals recruited naturally in most of the sectors studied. This major morphological difference could contribute to explain the small overall contribution made by the restocked individuals to the resident populations, in particular in the fast-flowing streams involved in the present study. The considerable morphological differences in the fins observed in salmonids, including those between individuals of the same species, are thought to be adaptive responses to the environmental conditions, and in particular to the hydrological conditions (Riddel and Legget 1981; McLaughlin and Grant 1994; Pakkasmaa and Piironen 2001; Imre et al., 2002). In addition, the size of the pectoral fins of salmonids plays a primordial role in their ability to swim (Ojanguren and Braña, 2003) and to remain in

habitats with fast flowing water (Mc Laughlin and Noakes, 1998), giving individuals with the biggest fins a competitive advantage (Gibson, 1973; Hawkins and Quinn, 1996).

A final finding of importance issued from present study is the demonstration that at the large geographic scale a considerable proportion of sectors includes some 0+ juveniles displayed symptoms of bacterial diseases and/or PKD. In particular, the discovery that PKD, a parasitic disease, could be one of the factors that accounts for the lack of trout populations in some sectors. This disease has recently be identified in Great Britain (Feist et al., 2002), and also very frequently in Switzerland (Wahli et al., 2002), which is near the area we were studying and where it has been blamed for the decline in fish stocks in some sectors (Burkhardt-Holm et al., 2002). This avenue of research is of particular importance in the current context, since the development of the parasite can be promoted by the deterioration of water quality (Schmidt-Posthaus et al., 2001; El-Matbouli and Hoffmann, 2002) and climate warming (Renata et al., 2006), which is leading to higher water temperatures in summer.

4.3 Evolution of the management practices.

The stockings practiced by angling associations in the period 2002-2004 for the zone under study were extremely diversified and variable. This makes impossible an evaluation of stocking efficiency. Contrary to recommendations already published (Arlinghaus et al., 2002; Cowx, 1998) there were then no clear objectives and the habitat quality and the fonctionnality of populations were not taken into account.

However a recent genetical study (Caudron, unpublished data) showed the presence of several native ML populations in the zone under study. This study joined to the present work conducted managers to change their management practices. So since 2005 angling associations stopped any stocking with domestic trout of atlantic lineage in zones with ML populations still fewly introgressed. Some functionnal ML native populations are even no more stocked at all. Operations of rehabilitation temporary stocking using juveniles produced by captive stocks of local ML native lineage are currently realized to rehabilite new populations of ML. So, the new management pratices are now focussed on the conservation and the rehabilitation of native populations, this in agreement with the principles given by several authors (Laikre et al, 1999; Arlinghaus et al., 2002; Hansen, 2002, Almodovar et al., 2006). The results of present study contributed to accelerate the rate of the decrease of stocking.

Acknowledgements

We would like to thank all the angling club hatcheries for carrying out the marking so meticulously. This study received funding from the Conseil Général de Haute-Savoie and from the UNPF-EDF intervention fund.

References

Aass, P., 1993. Stocking strategy for the rehabilitation of a regulated brown trout (*Salmo trutta*) river. Reg. Rivers: Research and Manag. 8, 135-144.

Almodóvar, A., Suárez, J., Nicola, G.G., García-Marín, J.L. 2006. Introgression variability among Iberian brown trout evolutionary significant units: the influence of local management and environmental features. Fresw. Biol. 51, 1175-1187.

Arlinghaus, R., Mehner, T., Cowx I.G., 2002. Fish and Fisheries 3, 261-316.

Baer, J., Rösch, R., 2008. Mass-marking of brown trout (salmo trutta L.) larvae by alizarine: method and evaluation of stocking. J. Appl. Ichthyol. 24, 44-49.

Baer, J., Brinker,A., 2008. Are growth and recapture of hatchery-reared and resident brown trout (*Salmo trutta*) density dependent after stocking? Ecol. Fresw. Fish , under press.

Beckman, R.A., Schulz, R.G., 1996. A simple method for marking fish otoliths with alizarine compounds. Trans. Amer. Fisch. Soc. 125, 146-149.

Beyer, W. H., 1986. Handbook of Tables for Probability and Statistics, 3rd edn. Boca Raton, CRC Press.

Bolger, T., Connoly, P.L., 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. J. Fish Biol. 34, 171-182.

Borgstrøm, R., Skaala, Ø., Aastveit, A.H., 2002 High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. J. Fish Biol. 64, 1085-1097.

Bosakowski, T., Wagner, E.J., 1994. Assessment of fin erosion by comparison of relative fin length in hatchery and wild trout in Utah. Can. J. Fish. and Aqua. Sci. 51, 636-641.

Burkhardt-Holm, P., Peter, A., Segner, H. 2002. Decline of fish catch in Switzerland. Project Fishnet: a balance between analysis and synthetis. Aquat. Sci. 64, 36-54.

Caudron, A., Champigneulle, A., 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement en truite (*Salmo trutta* L.) réalisé à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). Bull. Fr. Pêche Piscic. 365/366, 455-469.

Caudron, A., Champigneulle A., 2006.Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'Alizarine red S. Cybium 30, 65-72.

Caudron, A., Champigneulle, A., Guyomard, R., 2006. Assessment of restocking as a strategy for rehabiliting a native population of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a fast-flowing mountain stream in the northern French Alps. J. Fish Biol. 69, 127-139.

Caudron, A., Champigneulle, A., 2007. Prise en compte de la biodiversité intraspécifique pour la gestion des populations autochtones de truite (*Salmo trutta* L.) dans le bassin des Dranses (Haute-Savoie). Cybium 31, 261-270.

Champigneulle, A., Rojas Beltran, R., 2001. Le marquage des poissons. In: Gerdeaux D.(ed) La gestion piscicole des Grands Plans d'Eau, INRA, Paris. pp 311-346.

Champigneulle, A., Degiorgi, F., Raymond, J.C., Cachera, S., 2002. Dynamique temporelle de la contribution du repeuplement en stades précoces de truite (*Salmo trutta* L.) dans la population en place et dans la pêche sur le Doubs franco-suisse. Bull. Fr. Pêche Piscic**.** 365/366, 471-485.

Clifton-Hadley, R.S., Bucke, D., Richards, R.H., 1987. A study of the sequential clinical and pathological changes during proliferative kidney disease in rainbow trout, *Salmo Gairdneri*. J. Fish Diseases 10, 335-352.

Cowx, I.G., 1994. Stocking strategies. Fish. Manag. Ecol. 1, 15-30.

Cowx, I.G., 1998. Stoking and introduction of fish. Fishing News Books, Blackwell Sciences, Oxford, 464pp.

Cresswell, R.C., 1981. Post-stocking movements and recapture of hatchery-reared trout released into flowing waters - a review. J. Fish Biol. 18, 429-442.

Einum, S., Fleming, I., 2001. Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. Nordic J. Freshw. Res. 75, 56-70.

El-Matbouli, M., Hoffmann, R.W., 2002. Influence of water quality on the outbreak of proliferative kidney disease – field studies and exposure experiments. J. Fish Diseases 25, 459-467.

Feist, S.W., Peeler, E.J., Gardiner, R., Smith, E., Longshaw, M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. J. Fish Diseases 25, 451-458.

Finstad, B., Jonsson, N., 2001. Factors influencing the yield of smolt releases in Norway. Nordic J. Freshw. Res. 75, 71-98.

Fjellheim, A., Johnsen, B.O., 2001. Experiences from stocking salmonid fry and fingerlings in Norway. Nordic J. Fresw. Res. 75, 20-36.

Fleming, I.A., Petersson, E., 2001. The ability of released, hatchery salmonids to breed and contribute to the natural productivity of wild populations. Nordic J. Fresw. Res. 75, 37-55

Garcia-Marin, J.L., Sanz, N.R., Pla, C., 1999. Erosion of the native genetic resources of brown trout in Spain. Ecol. Freshw. Fish 8, 151-158.

Gibson, J.R., 1973. Interactions of juvenile atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Proceedings of the international Symposium on the Atlantic Salmon: Management, Biology and Survival of the Species (eds M.W. Smith & W.M. Carter), pp181-202. International Atlantic Salmon Foundation, New York.

Guyomard, R., 1989. Diversité génétique de la truite commune. Bull. Fr. Pêche Piscic. 314, 118-135.

Hansen, M.M., 2002. Estimating the tlong-term effects of stocking domesticated trout into wild brown trout (Salmo trutta) populations: an approach using microsatellite DNA analysis of historical and contemporary samples. Mol. Ecol. 11, 1003-1015.

Hawkins, D.K., Quinn, T.P., 1996. Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*), and their hybrids. Can. J. Fish. and Aquat. Sci. 53, 1487-1496.

Imre, I., McLaughlin, R.L., Noakes, D.L.G., 2002. Phenotypic plasticity in brook charr: changes in caudal fin induced by water flow. J. Fish Biol. 61, 1171-1181.

Johnsson, J.I., Höjesjö, J., Fleming, I.A., 2001. Behavioural and heart rate responses to predation risk in wild and domesticated Atlantic salmon. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58, 788-794.

Krieg, F., Guyomard, R., 1985. Population genetics geographical of French brown trout (*Salmo trutta*) : large geographical differenciation of wild populations and high similarity of domesticated stocks. Gén. Sélect. Evol. 17, 225-242.

Laikre, L., 1999 (ed). Conservatio genetic management of brown trout (Salmo trutta) in Europe. Report by the Concerted Action on identification, management and ex^loitation of genetic resources in the brown trout (Salmo trutta), 91 p. (“troutconcern”, EU FAIR CT97-3882).

Lasenby, T.A., Kerr, S.J., 2001. Brown trout stocking: An annoted bibliography and literature review. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough.

Launey, S., Krieg, F., Champigneulle, A., Guyomard R., 2003. Ecotypes sympatriques migrateurs et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta*): différentiation génétique et effet des repeuplements. Les Actes du BRG 4, 63-78.

McLaughlin, R.L., Grant, W.A., 1994. Morphological and behavioural differences among recently-emerged brook charr, *Salvelinus fontinalis*, foraging in slow-vs. fast-running water. Environ. Biol.of Fishes 39, 289-300.

McLaughlin, R.L., Noakes, D.L.G., 1998. Going against the flow: an examination of the propulsive movements made by young brook trout in streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55, 853-860.

Naeslund, I. 1992. Survival and distribution of pond and hatchery-reared 0+ brown trout (*Salmo trutta*) released in a Swedish stream. Aqua. Fish. Manag. 23, 477-488.

Naeslund, I., 1998. Survival and dispersal of hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) released in small streams. *Stocking and Introduction of Fish* (ed I.W. Cowx), pp. 59-76. Blackwell Science, Great Britain.

Ojanguren, A.F., Braña, F. 2003. Effects of size and morphology on swimming performance in juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecol. of Fresw. Fish 12, 241-246.

Pakkasmaa, S., Piironen, J., 2001. Water velocity shapes juvenile salmonids. Evolutionary Ecol. 14, 721-730.

Renata, E.H., Lingstone, D.M., Siber, R., Burkhardt-Holm, P., Güttinger, H., 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. Glob. Ch. Biol. 12, 10-26.

Riddel, B.E., Legget, W.C., 1981. Evidence of an adaptative basis for geographic variation of body morphology and time of down-stream migration of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38, 308-320.

Rojas Beltran, R., Champigneulle, A., Vincent, G., 1995 a. Mass-marking of bone tissue of *Coregonus lavaretus* and its potential application to monitoring the spatio-temporal distribution of larvae, fry and juveniles of lacustrines fishes. Hydrobiologia 300/301, 399-407.

Rojas Beltran, R., Gillet, C., Champigneulle, A., 1995 b. Immersion mass-marking of otoliths and bone tissue of embryos, yolk-sac fry and juveniles of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Nordic J. Fresw. Res. 71, 411-418.

Schmidt-Posthaus, H., Bernet, D., Wahli, T., Burkhardt-Holm, P., 2001. Morphological organ alterations and infectious diseases in brown trout *Salmo trutta* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* exposed to polluted river water. Diseases of Aquatic Organisms 41, 161-170.

Sprent, P., 1992. Pratique des statistiques non paramétriques. INRA, Paris.

Sundström, L.F., Johnsson, J.I. 2001. Experience and social environment influence the ability of young brown trout to forage on live novel prey. Animal Behaviour 61, 249-255.

Thibault, M., 1983. Les transplantations de Salmonidés d'eau courante en France, saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et truite commune (*Salmo trutta* L.). Soc. Biogéogr. 59, 405-420.

Tsukamoto, K., Seki, Y., Oba, T., Oya, M., Iwahashi, M.,1989. Application of otolith to migration study of salmonids. Physiol.Ecol. Japan 1, 119-140.

Virbickas, T., Kesminas, V., 2002. Salmon (*Salmo salar*) and Sea-trout (*Salmo trutta*) restocking efficiency in potential rivers of Lithuania. Initial study. Acta Zool. Lit. 12, 129-137.

Wahli, T., Knuesel, R., Bernet, D., Segner, H., Pugovkin, D., Burkhardt-Holm, P., Escher, M., Schmidt-Posthaus, H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. J. Fish Diseases 25, 491-500.

ANNEXE 11

Pêches électriques en novembre-décembre pendant la phase de maturation-reproduction sur des secteurs identifiés préalablement comme faiblement introgréssés.

Prélèvement d'individus mâles et femelles de toutes tailles (ne pas privilégier les plus grands poissons). Prélever deux à trois fois plus de mâles que de femelles pour compenser les pertes en stabulation.

Sur place, premier tri à partir des caractères externes (robe, ponctuation) et remise à l'eau des individus présentant un phénotype de type Atlantique typique.

Transport des poissons dans un bac oxygéné jusqu'à la pisciculture.

Marquage par PIT tag et sexage de chaque individu et prélèvements d'un morceau de nageoire.

Analyses génétiques sur les loci microsatellites diagnostiques Str541 et Str591 et génotypage de tous les individus.

Evaluation du taux d'introgression du stock de géniteurs fondateurs et retrait des individus de génotypes Atlantique et F1.

Repérer le nombre de femelles matures et le nombre de mâles spermiants.

Constituer des groupes de 4-5 femelles et d'environ 10 mâles puis :

Pour chacune des femelles :
+ Lire et noter la marque PIT tag.
+ Récolter les ovules.
+ Compter et peser 50 ovules sur une balance à 0,1g de précision.
+ Peser la totalité des ovules et estimer le nombre total d'ovules.

Pour le groupe de femelles :
+ Mélanger l'ensemble des ovules récoltées.
+ Diviser l'ensemble des ovules en y lots identiques.
+ Lire et noter la marque PIT tag de chaque mâle utilisé.
+ Féconder chacun des y lots par un mâle différent.

Répéter l'opération pour chaque groupe de femelles et de mâles.

Stocker les œufs de chaque croisement séparément jusqu'à l'embryonnement pour repérer les croisements stériles.

Ensuite mélanger au hasard les alevins des différentes pontes (en équilibrant leur contribution numérique) pour les soumettre aux mêmes conditions d'élevage.

Les poissons gardés pour constituer le futur stock de géniteurs sont prélevés au hasard parmi l'ensemble des individus issus des croisements.

Un suivi génétique temporel est réalisé à chaque stade crucial du développement (éclosion, résorption de vésicule, nourrissage,…)