

Vergelijkende morfologische studie van de geïntroduceerde zwarte Amerikaanse dwergmeerval *Ameiurus melas* en de bruine Amerikaanse dwergmeerval *A. nebulosus* in België en enkele buurlanden.

Eva Decru en Jos Snoeks

INBO.R.2011.40
D/2011/3241/300

Auteurs :

Eva Decru en Jos Snoeks
Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, Departement
Dierkunde, Ichthyologie
Leuvensesteenweg 13, B-3080 Tervuren

contact: jsnoeks@africamuseum.be

Wijze van citeren:

Decru, E. & Snoeks, J. 2011. Vergelijkende morfologische studie van de geïntroduceerde zwarte Amerikaanse dwergmeerval *Ameiurus melas* en de bruine Amerikaanse dwergmeerval *A. nebulosus* in België en enkele buurlanden. Rapport voor het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. INBO.R.2011.40. Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, Tervuren: 36 pp.

Studie in opdracht van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Dankwoord/Voorwoord

Met dank aan Tobias Musschoot voor extra verduidelijkingen bij de methodiek van het meten van katvissen en het aanpassen van figuur 1, aan Alain Reygel voor de tekeningen van het lateraal, dorsaal en ventraal zicht, aan Miguel Parrent voor het behandelen en beheren van de collecties, aan Hugo Verreycken en Claude Belpaire voor het ter beschikking stellen van het materiaal, de bijkomende literatuur en voor het nalezen van het manuscript en de suggesties ter verbetering.

Voor het terreinwerk en het verzamelen van de vissen danken we Yves Maes, Isabel Lambeens, Linde Galle, Adinda De Bruyn en de ploeg arbeiders van INBO-Groenendaal. Johan Auwerx leverde de dwergmeervallen uit de vijvers in Midden-Limburg en uit natuurreserveaat De Maten. Martijn Dorenbosch en de gemeente Gemert-Bakel zorgden voor de toelating om te bemonsteren in Nederland, Thierry De Mol regelde de mogelijkheid om in Wallonië te vissen en Emmanuel Valente zond ons de stalen uit Metz.

1. INLEIDING	3
2. MATERIAAL EN METHODEN.....	5
3. RESULTATEN	10
3.1 Metingen	10
3.2 Meristieken en gecodeerde kwalitatieve morfologische waarnemingen	17
3.3 Discriminant Analyse	19
3.4 Diagnostische kenmerken	20
3.5 Vergelijking met genetisch onderzoek	21
3.6 Vergelijking met de literatuur	22
3.7 Identificaties in het veld.....	26
4. SAMENVATTING	28
5. REFERENTIES	30
6. BIJLAGE 1 : PCA-LOADINGS.....	32
7. BIJLAGE 2 : PRAKTISCHE OEFENING	324

1. Inleiding

De zwarte Amerikaanse dwergmeerval *Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820) en de bruine Amerikaanse dwergmeerval *A. nebulosus* (Le Sueur, 1819) behoren beiden tot de familie van de Ictaluridae, een groep van meervallen die voorkomt in Noord-Amerika en het noordoosten van Centraal-Amerika. Op het einde van de 19^e eeuw zijn verschillende introducties gebeurd van ictalure meervallen in Europa voor aquacultuur, proefdieren en aquaria. De eerste introducties in België gebeurden omstreeks 1871 (Verreycken *et al.*, 2007). Volgens sommige auteurs (bv. Wheeler, 1978; Welcomme, 1988) zijn in België zowel de zwarte dwergmeerval *Ameiurus melas* als de bruine dwergmeerval *A. nebulosus* geïntroduceerd. Er zijn echter geen bevestigingen gepubliceerd in de literatuur over de aanwezigheid van *A. melas* in de open wateren van Vlaanderen. Alle rapporten in Vlaanderen spreken dus enkel van *A. nebulosus* en van recente rapporteringen van *A. melas* in Vlaanderen wordt dan ook gezegd dat het over misidentificaties gaat (Verreycken *et al.*, 2007). Er is echter nooit een grondig morfologisch onderzoek gedaan betreffende de identificaties van de dwergmeervallen in België. Met de hier voorgelegde studie zullen we dan ook trachten te onderzoeken of in Vlaanderen wel degelijk enkel *A. nebulosus* voorkomt, of dat *A. melas* zich ook in de Vlaamse wateren bevindt.

Vroeger werd algemeen en zonder twijfel aangenomen dat *A. nebulosus* de algemeen en wijdverspreid voorkomende geïntroduceerde Amerikaanse dwergmeerval in Europa was. Later werd in verschillende studies echter verwezen naar *A. melas*, en nu wordt door sommige auteurs (bv. Wheeler, 1978) beweerd dat de meest voorkomende geïntroduceerde Amerikaanse dwergmeerval in Europa *A. melas* is en dat in het verleden veel specimens verkeerd als *A. nebulosus* waren geïdentificeerd. Zelfs vrij recent werd nu ook in Tsjechië een eerste waarneming van de zwarte Amerikaanse dwergmeerval gedaan (Musil *et al.*, 2009), evenals in Polen (Nowak *et al.*, 2010). De zwarte Amerikaanse dwergmeerval kan in Europa in sommige gevallen tot meer dan 30% van de visabondantie van een waterbekken uitmaken met biomassa's tussen 5 en 50 kg/ha (Kreutzenberger *et al.*, 2008).

Zowel *A. melas* als *A. nebulosus* blijken vrij invasieve soorten te zijn, die zich permanent hebben gevestigd in de Europese wateren. De ecologie en levensloop van *A. nebulosus* in zijn geïntroduceerd gebied zijn momenteel nog weinig bestudeerd. Enkele mogelijke redenen van het succes van *A. nebulosus* zijn: het kunnen overleven in het sediment tijdens korte droogteperiodes, resistentie tegen pollutie en lage zuurstofgehalten, intensieve broedzorg en het beschikken over dorsale en pectorale stekels als verdediging (Louette & Declerck, 2006). Ook de ecologie en levensloop van *A. melas* zijn nog maar recent in detail onderzocht. Deze soort blijkt

een heel flexibele levensloop te hebben waarbij volwassen dieren 'multiple spawners' zijn met asynchrone oocyt-ontwikkeling en middelmatige vruchtbaarheid. Deze flexibele levensgeschiedenis in combinatie met extreme tolerantie voor slechte waterkwaliteit maakt *A. melas* een sterke invasieve soort (Novomeska & Kovac, 2009). Kreutzenberger *et al.* (2008) toonden bijvoorbeeld aan dat, in experimentele omstandigheden, de aanwezigheid van *A. melas* een negatief effect heeft op de jachtefficiëntie van de snoek *Esox lucius*, Linnaeus 1758.

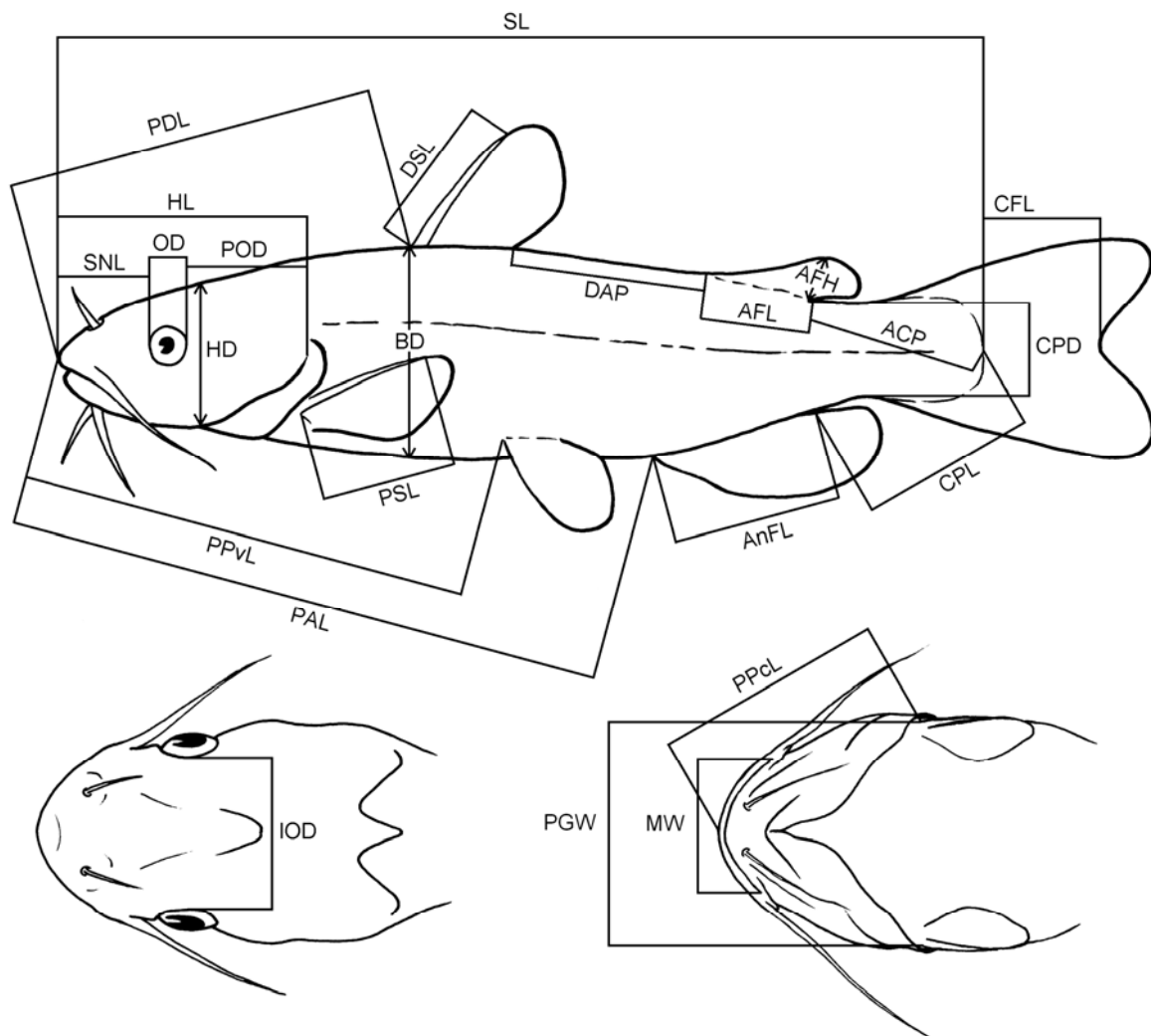
De studie van niet-inheemse invasieve soorten is belangrijk aangezien zij biotische interacties kunnen beïnvloeden, ziekten en parasieten met zich meebrengen, een genetische achteruitgang door hybridisatie kunnen veroorzaken en de omgevingsfactoren kunnen beïnvloeden (Kreutzenberger *et al.*, 2008). Elke studie begint met het goed identificeren van de soorten. In de literatuur is het echter zeker niet altijd éénduidig op basis van welke kenmerken men *A. melas* en *A. nebulosus* van elkaar kan onderscheiden. Zo zijn bv. volgens Scott & Crossman (1973) de soorten van elkaar te onderscheiden op basis van de serraties op de pectorale stekel (die zwakker is bij *A. melas*), het aantal anale vinstralen (dat lager is bij *A. melas*), de aanwezigheid van donkere membranen tussen de dorsale vinstralen (aanwezig bij *A. melas*, niet bij *A. nebulosus*), en de lengte van de baarddraden (korter bij *A. melas*). Boshung & Mayden (2004) geven daarentegen als voornaamste discriminerende kenmerk het aantal kieuwdoornen, dat hoger is bij *A. melas* (16 of meer vs. 15 of minder). Ook zij geven de sterkte van de serraties op de pectorale stekel als verschil tussen beide soorten en daarbovenop de aanwezigheid van een verticale band op de staartsteel (aanwezig bij *A. melas*, niet bij *A. nebulosus*). Ook Etnier & Starnes (1993) geven als belangrijke kenmerken het aantal kieuwdoornen, de donkere membranen tussen de vinstralen van *A. melas* en de sterkte van de serraties op de pectorale stekel. Zij vermelden als bijkomend verschilpunt nog de kleur op de flanken die steeds uniform is bij *A. melas* en meestal gevlekt bij *A. nebulosus*. Deze drie voorbeelden in de literatuur tonen dus aan dat er onenigheid en onduidelijkheid is betreffende de discriminerende kenmerken tussen beide soorten. Een grondig diepgaand morfologisch onderzoek betreffende de verschillen tussen beide soorten is ook nog niet gevoerd. In deze studie proberen we bijgevolg te onderzoeken welke kenmerken echt bruikbaar zijn voor identificatie (liefst in het veld) en we vergelijken onze resultaten met de beschreven discriminerende kenmerken uit de literatuur (zie resultaten).

2. Materiaal en methoden

Voor deze studie werden 150 gepreserveerde specimens, afkomstig uit België, Nederland en Frankrijk in detail opgemeten, en eveneens 5 specimens afkomstig Amerika (zie tabel 1 voor details van de loten). Hiervoor werd gebruik gemaakt van een schuifpasser tot op 0.05 mm nauwkeurig. In totaal werden 24 metingen en 9 tellingen op elk specimen uitgevoerd, evenals een viertal kwalitatieve morfologische observaties die gecodeerd werden voor de analyses. De metingen zijn gebaseerd op de metingen op het geslacht *Synodontis* (figuur 1) (Musschoot & Laleye, 2008), en aangepast aan het geslacht *Ameiurus*. Zo zijn de volgende metingen uit Musschoot & Laleye (2008) niet toegepast op *Ameiurus*: lengte en hoogte van de humerale processus; breedte van de premaxillae; maximum lengte van de premaxillaire tandplaat; afstand tussen humerale processus en de ventrale opening van het occipito-nuchale schild. Daarentegen zijn de volgende extra metingen uitgevoerd: lengte van de anale vin; lengte van de caudale vin; post-orbitale afstand; kophoogte. De gedane tellingen betreffen tellingen van de kieuwdoornen (aantal doornen op ceratobranchiale en epibranchiale van de eerste kieuwboog, evenals het totaal aantal doornen op deze boog) en van de vinstralen van de verschillende vinnen. Observaties die gecodeerd werden zijn: lichtere of meer donkere verticale band op de caudale vin (donkere: '0', tussenin: '0,5', licht: '1'); zwart-witradiatie op anale en caudale vin of niet (wel: '1', niet: '0'); zwakkere of sterkere serratie op de pectorale stekel (bijna vlak: '0', vlak tot medium: '0,5', medium: '1', medium tot sterk: '1,5', sterk, zo goed als volledig bezet met duidelijke serraties: '2'). Deze observaties zijn natuurlijk wat subjectiever dan de kwantificeerbare tellingen en metingen. Tabel 2 geeft een lijst weer met alle uitgevoerde metingen, tellingen en observaties op de specimens.

Tabel 1. Onderzochte loten.

lot	land	lokaliteit	aantal onderzocht	min-max SL	datum
B1-006-P-0001	België	Oude Beek, Hamont	1	113,9	3/03/2009
B1-006-P-0002	België	Oude Beek, Hamont	1	92,25	3/03/2009
B1-006-P-0003	België	Oude Beek, Hamont	1	125,7	3/03/2009
B1-006-P-0004	België	Oude Beek, Hamont	1	96,85	3/03/2009
B1-006-P-0005	België	Oude Beek, Hamont	1	80,35	3/03/2009
B1-006-P-0006-0010	België	Abeek, Bocholt	5	77,55-121,15	7/04/2010
B1-006-P-0011	België	Abeek, Bocholt	1	142,2	7/04/2010
B1-006-P-0012	België	Abeek, Bocholt	1	123,55	7/04/2010
B1-006-P-0013	België	Abeek, Bocholt	1	125,8	7/04/2010
B1-006-P-0014	België	Abeek, Bocholt	1	130,65	7/04/2010
B1-006-P-0015	België	Abeek, Bocholt	1	92,75	7/04/2010
B1-006-P-0016	Frankrijk	Brière March, Bretagne	5	112,70-171,65	13/11/2006
B1-006-P-0021	België	Demer, velderkermolens, Hasselt	1	129,3	9/06/2009
B1-006-P-0022	België	Demer, Lummen Schuelensmeer	1	133,1	9/06/2009
B1-006-P-0023	België	Demer, Aarschot	1	166	?
B1-006-P-0024-0069	België	Natuurreservaat De Maten	18	64,95-191,8	2010
B1-006-P-0070-0087	België	Vijver Zonhoven	18	105,10-155,7	6/10/2009
B1-006-P-0088	België	Vijver Zonhoven	1	147,5	6/10/2009
B1-006-P-0089	België	Vijver Zonhoven	1	138,75	6/10/2009
B1-006-P-0090	België	Vijver Zonhoven	1	129,4	6/10/2009
B1-006-P-0091	België	Vijver Zonhoven	1	136,1	6/10/2009
B1-006-P-0092	België	Demer, Bilzen, Rentfortmolen	1	176,25	11/06/2009
B1-006-P-0093	België	Demer, Bilzen, Rentfortmolen	1	175,2	11/06/2009
B1-006-P-0094	België	Demer, Bilzen, Rentfortmolen	1	129,5	11/06/2009
B1-006-P-0095	België	Demer, Bilzen, Rentfortmolen	1	157,05	11/06/2009
B1-006-P-0096	België	Demer, Bilzen, Rentfortmolen	1	146	11/06/2009
B1-006-P-0097	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	89,7	8/03/2010
B1-006-P-0098	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	94,65	8/03/2010
B1-006-P-0099	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	94,5	8/03/2010
B1-006-P-0100	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	109	8/03/2010
B1-006-P-0101	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	86,05	8/03/2010
B1-006-P-0102	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	95,4	8/03/2010
B1-006-P-0103	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	82,05	8/03/2010
B1-006-P-0104	Nederland	Waterlelie-Paaslelie, Gemert-Doonheide	1	105,65	8/03/2010
B1-006-P-0105	België	Abeek, Kinrooi	1	99,55	?
B1-006-P-0106-0123	België	Gileppemeer, Jalhay	9	65,2-181,7	17/06/2010
B1-006-P-0124	België	Gileppemeer, Jalhay	1	71,4	17/06/2010
B1-006-P-0125	België	Gileppemeer, Jalhay	1	87,6	17/06/2010
B1-006-P-0126	België	Gileppemeer, Jalhay	1	99,15	17/06/2010
B1-006-P-0127	België	Gileppemeer, Jalhay	1	93,8	17/06/2010
B1-006-P-0128	België	Gileppemeer, Jalhay	1	93,05	17/06/2010
B1-006-P-0129	België	Gileppemeer, Jalhay	1	100	17/06/2010
B1-006-P-0130	België	Gileppemeer, Jalhay	1	85,5	17/06/2010
B1-006-P-0131	België	Gileppemeer, Jalhay	1	92,7	17/06/2010
B1-006-P-0132	België	Gileppemeer, Jalhay	1	84	17/06/2010
B1-006-P-0133	België	Gileppemeer, Jalhay	1	74	17/06/2010
B1-006-P-0134	België	Slangbeek, Hasselt	1	94,35	2/09/2010
B1-006-P-0135	België	Zwarte Neet, Retie	1	125,4	20/04/2010
B1-006-P-0136-0154	België	Vijver Midden-Limburg, Ter Donck	19	39,9-53,6	29/09/2009
B1-006-P-0155	België	Vijver Midden-Limburg, Ter Donck	1	45,1	29/09/2009
B1-006-P-0156	België	Vijver Midden-Limburg, Ter Donck	1	40,95	29/09/2009
B1-006-P-0157	België	Vijver Midden-Limburg, Ter Donck	1	53,95	29/09/2009
B1-006-P-0158	België	Vijver Midden-Limburg, Ter Donck	1	52	29/09/2009
B1-006-P-0159-0162	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	4	90,55-108	8/03/2010
B1-006-P-0163	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	92,65	8/03/2010
B1-006-P-0164	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	96,5	8/03/2010
B1-006-P-0165	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	107,7	8/03/2010
B1-006-P-0166	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	106,4	8/03/2010
B1-006-P-0167	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	103,5	8/03/2010
B1-006-P-0168	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	92,15	8/03/2010
B1-006-P-0169	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	101,3	8/03/2010
B1-006-P-0170	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	101	8/03/2010
B1-006-P-0171	Nederland	Heidebloem, poel Zandwinning, Bakel	1	97,75	8/03/2010
B1-006-P-0172	België	Demer, Aarschot	1	96,15	?
***	Frankrijk	Metz	15	89,25-112,05	1/07/2010
AMNH 67361	USA	Louisiana	1	49	?
AMNH 67668	USA	Louisiana	3	80,15-85,15	?
AMNH 62647	USA	West Virginia	1	141,7	?



Figuur 1. Schema van de metingen uitgevoerd op *Ameiurus*; aanduidingen respectievelijk in lateraal zicht, en dorsaal en ventraal zicht van het kopgedeelte (zie tabel 2 voor afkortingen).

Tabel 2. Uitgevoerde metingen, tellingen en morfologische waarnemingen op elk specimen van *Ameiurus*.

Metingen
Standaardlengte (SL)
Pre-dorsale lengte (PDL)
Dorsaal-vetvin lengte (DAP)
Vetvin-caudale peduncel lengte (ACP)
Pre-pectorale lengte (PPcL)
Pre-pelvische lengte (PPvL)
Pre-anale lengte (PAL)
Caudale peduncel lengte (CPL)
Lengte van de dorsale stekel (DSL)
Lengte van de pectorale stekel (PSL)
Lengte van de vetvin (AFL)
Hoogte van de vetvin (AFH)
Lengte van de anale vin (AnFL)
Lichaamshoogte (BD)
Hoogte van de caudale peduncel (CPD)
Koplengte (HL)
Snuitlengte (SnL)
Oogdiameter (OD)
Post-orbitale afstand (POD)
Kophoogte (HD)
Breedte van de pectorale gordel (PGW)
Interorbitaalafstand (IOD)
Mondbreedte (MW)
Lengte van de caudale vin (CFL)
Tellingen
Aantal kieuwdoornen op epibranchiale
Aantal kieuwdoornen op ceratobranchiale
Totaal aantal kieuwdoornen op eerste kieuwboog
Aantal dorsale vinstralen
Aantal pectorale vinstralen
Aantal pelvische vinstralen
Aantal anale vinstralen
Aantal caudale vinstralen
Aantal serraties op pectorale stekel
Coderingen
Zwart-witradiatie
Bleke band op caudale vin
Sterke of zwakke serratie

De toegepaste statistische analyses voor het verkennen van de multivariaat-dataset waren Principale Componenten Analyses (PCA) en Discriminant Analyses (DA). Hierbij werden metingen en tellingen afzonderlijk geanalyseerd. De procentuele meetgegevens zijn de metingen uitgedrukt in ratio's van een referentielengte (SL). Vervolgens werden Mann Whitney U-testen (MWU) gecorrigeerd met een sequentiële Bonferroni volgens Rice (1989) toegepast voor vergelijkingen van individuele kenmerken tussen groepen. Om de variatie van elke variabele apart te bekijken werd gebruik gemaakt van gewone scatterplots. Hierbij werden de metingen als percentages uitgezet t.o.v. de standaardlengte (SL). Dit liet ook toe om onmiddellijk zicht te krijgen op eventuele allometrie.

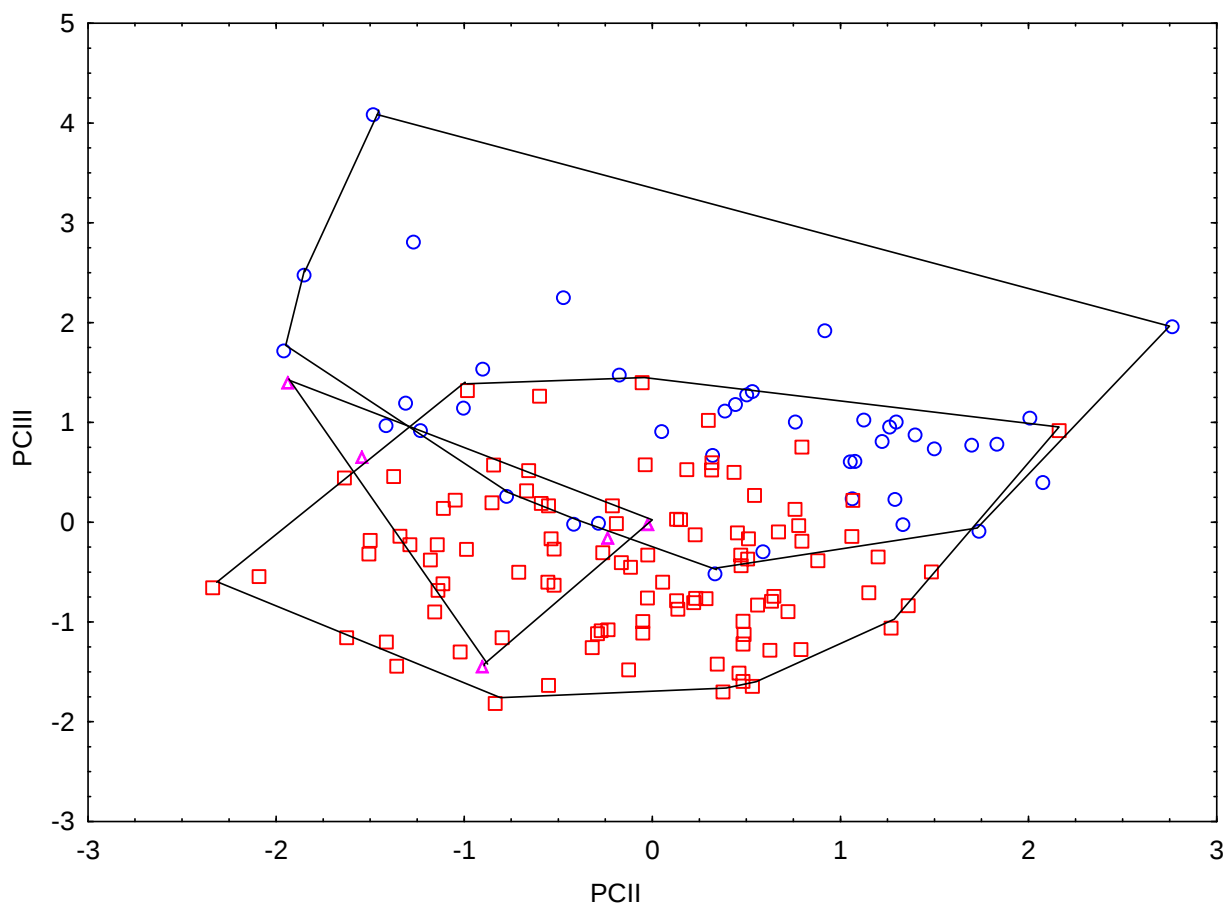
Aangezien er geen typemateriaal werd aangeduid bij de eerstbeschrijvingen noch bij de latere revisies van *Ameiurus melas* en *A. nebulosus* kon dit ook niet ingesloten worden in de analyses. Wel werden er specimens van beide soorten uit het bekken van de typelokaliteit uit de collecties van het American Museum of Natural History (New York) in bruikleen gevraagd. De geselecteerde specimens van *A. nebulosus* bleken uiteindelijk te klein te zijn om op te meten, maar van *A. melas* zijn er vijf specimens afkomstig uit het Mississippi-bekken ingesloten in de analyses. Elk specimen werd tijdens het opmeten al voorlopig geclassificeerd onder de soort waartoe het vermoedelijk behoorde. Dit gebeurde op basis van het aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog, aangezien dit het enige kwantitatieve verschil was, beschreven in de literatuur. Het aantal kieuwdoornen op de eerste boog kan gemakkelijk geteld worden na het maken van een kleine incisie op de aanhechtingsplaats van het operculum, waarna het operculum vrij ver opengeklapt kan worden. Bij kleinere specimens werd een binoculair gebruikt voor de tellingen. Het label van 'vermoedelijke soort' werd ook gebruikt als categoriserende variabele in de PCA's om na te gaan of deze opdeling correcte resultaten gaf.

3. Resultaten

Op basis van het aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog (zie Materiaal en methoden) werden 46 specimens geïdentificeerd als *A. melas* en 109 als *A. nebulosus*.

3.1 Metingen

Een eerste PCA (figuur 2) werd uitgevoerd op de log-getransformeerde meetgegevens. Voor de PC loadings zie tabel 1 in bijlage 1. Deze figuur vertoont een grote overlapping tussen de twee groepen van vermoedelijke soorten. Er is wel een trend van verschil merkbaar op de basis van principale as 3 (PCIII as). In tabel 1 uit bijlage 1 is te zien dat de meeste variatie op as 3 verklaard wordt door de afstand tussen dorsale vin en vetvin (DAP) en de lengte van de dorsale stekel (DSL).

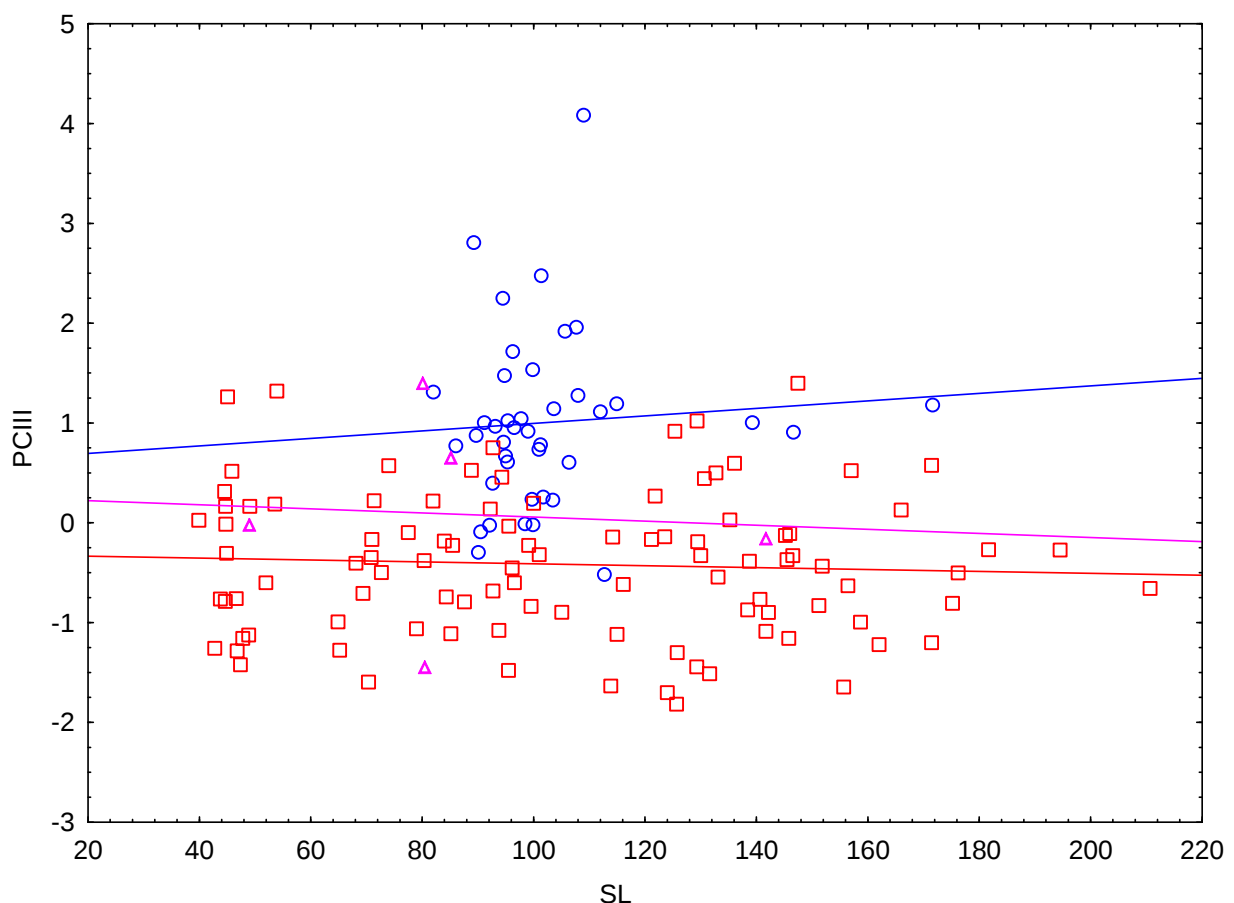


Figuur 2. PCII tegenover PCIII voor een PCA op 24 log-getransformeerde metingen (n = 146). $\circ$ = *A. melas*; $\triangle$ = *A. melas* (USA); $\square$ = *A. nebulosus*.

Tijdens het opmeten bleek al dat variabelen die betrekking hadden tot de vetvin sterk konden verschillen tussen de verschillende specimens. Deze verschillen kwamen echter niet overeen met de opdeling tussen de beide

soorten, maar bleken eerder om intraspecifieke variatie te gaan. Hierop komen we later nog terug. Uit de MWU testen op de metingen (zie later) zal blijken dat de dorsale stekel wel degelijk significant verschilt tussen beide soorten.

Aangezien as 3 toch een zekere differentiatie weergeeft tussen de soorten is in figuur 3 een scatterplot weergegeven van as 3 t.o.v. de standaardlengte met een lineaire regressielijn door de beide soorten en de *A. melas* specimens uit Amerika. Hierop is duidelijk te zien dat de regressielijnen tussen *A. melas* en *A. nebulosus* specimens uit België en omstreken statistisch significant (MWU: $p < 0.0001$) verschillen. Opvallend is echter dat de specimens van *A. melas* uit Amerika ook een licht verschil veronen al is dit niet statistisch significant (MWU: $p = 0,0711$) met de groep specimens van *A. melas* uit Europa. Dit werd verder onderzocht in bijkomende analyses zoals o.a. scatterplots (zie verder). Ze zijn ook niet significant verschillend met specimens van *A. nebulosus* (MWU: $p = 0,1890$).

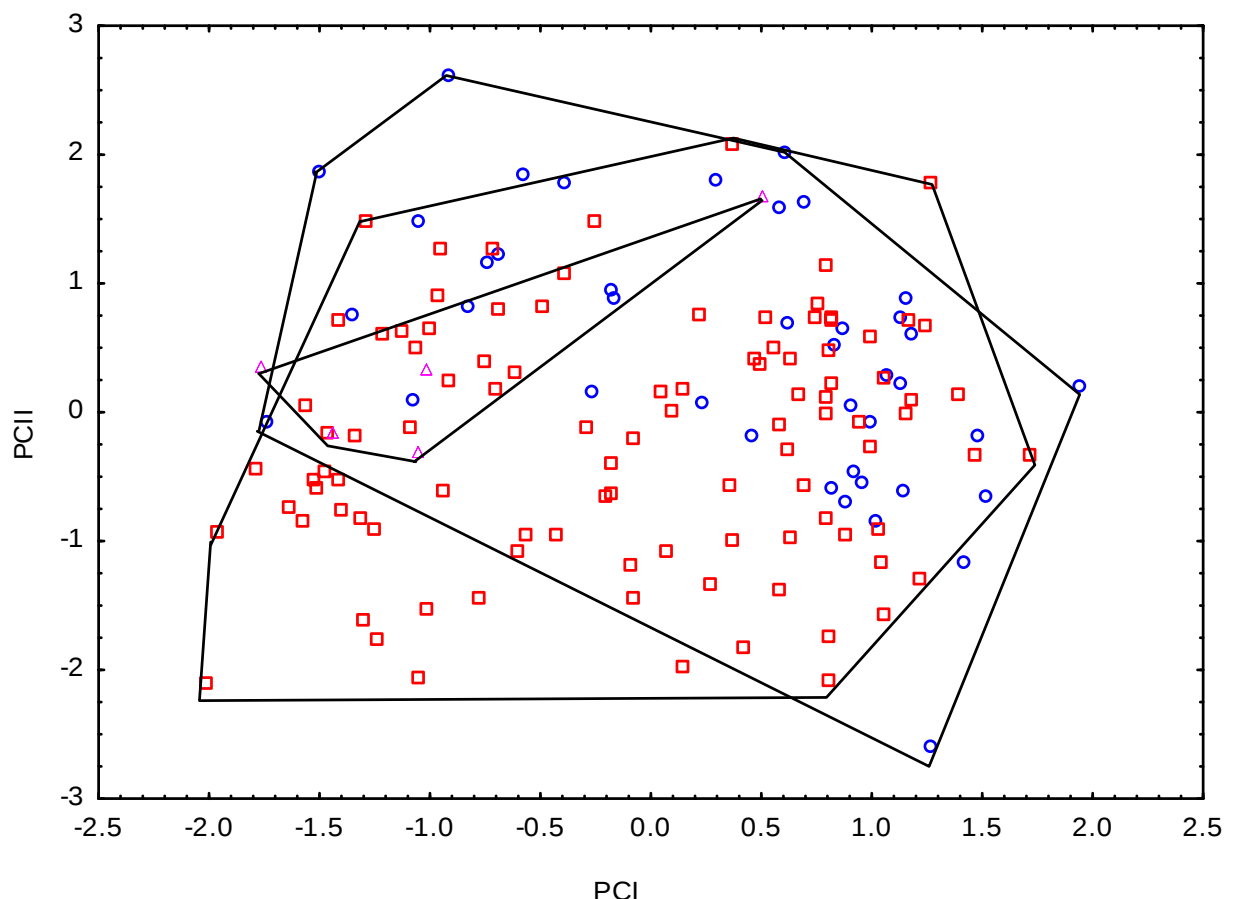


Figuur 3. PCIII tegenover standaardlengte voor een PCA op 24 log-getransformeerde metingen ($n = 146$).

○ = *A. melas*; △ = *A. melas* (USA); □ = *A. nebulosus*.

Naast een PCA op de log-getransformeerde meetgegevens werd ook een PCA uitgevoerd op de metingen als percentages van de standaardlengte. Voor de PC loadings zie annex, tabel 2.

Op figuur 4 is een grote overlapping te zien tussen de groepen. De meeste variatie op PC I wordt weer verklaard door de variabelen die betrekking hebben op de vetvin: hoogte van de vetvin (AFH), lengte van de vetvin (AFL) en afstand tussen dorsale vin en vetvin (DAP).

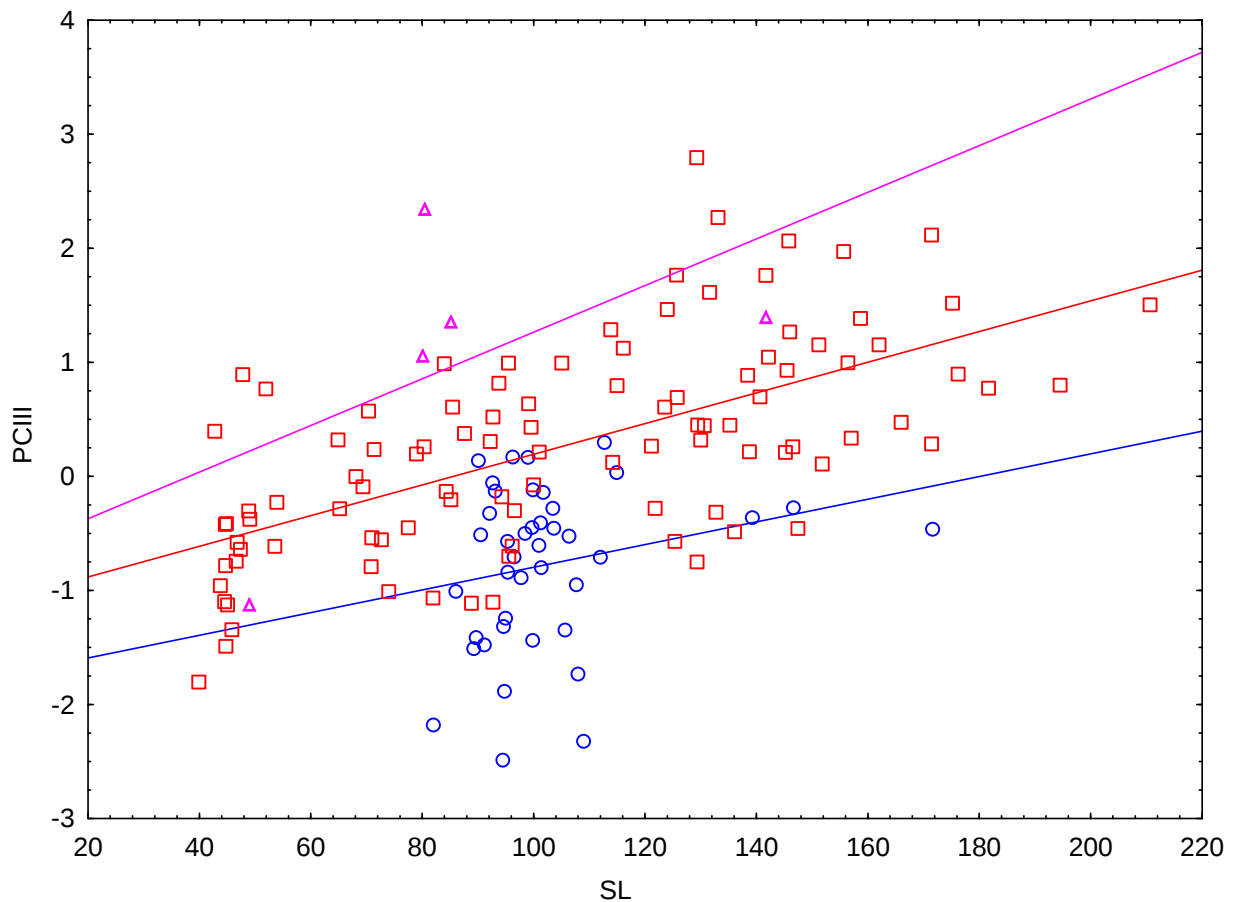


Figuur 4. PCI tegenover PCII voor een PCA op 24 metingen als percentages van SL (n = 146). $\circ$ = *A. melas*; $\triangle$ = *A. melas* (USA); $\square$ = *A. nebulosus*.

Ook hier hebben we de verschillende principale assen geplot tegenover de standaardlengte. Een plot van as 3 t.o.v. SL toont een duidelijk verschil tussen *A. melas* uit Europa en *A. nebulosus* (MWU: $p < 0,0001$) (figuur 5). Er is ook een verschil tussen *A. melas* uit Amerika en uit Europa (MWU: $p = 0,0068$). De meeste variatie op as 3 wordt verklaard door de lengte van de dorsale stekel (DSL), de lichaamshoogte (BD) en de afstand tussen dorsale vin en vetvin (DAP). De as is licht positief allometrisch.

De resultaten voor de log-getransformeerde meetgegevens en de meetgegevens als percentages van de standaardlengte geven dus gelijkaardige uitkomsten. Op de analyse van de log-getransformeerde gegevens zijn er duidelijkere verschillen te zien tussen beide groepen (*A.*

melas en *A. nebulosus*) uit België en omstreken, en op de analyse van de procentuele meetgegevens speelt lichaamshoogte nog een bijkomende rol.



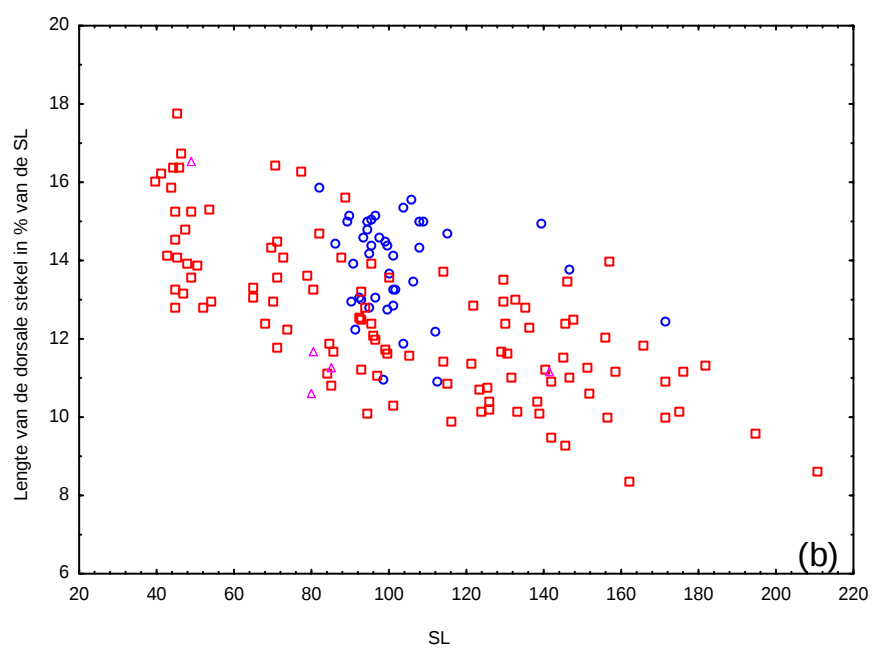
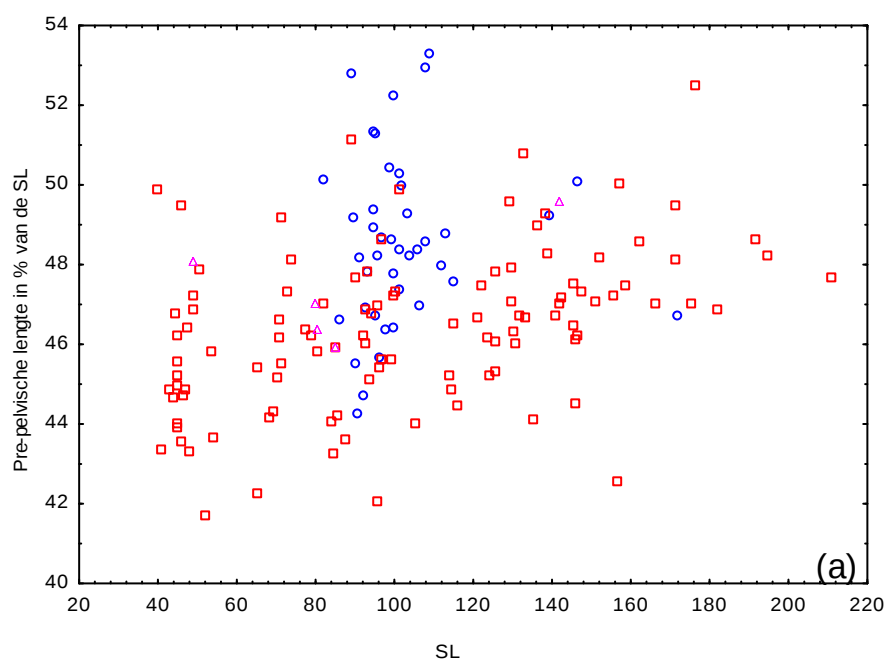
Figuur 5. PCIII tegenover SL voor een PCA op 24 metingen in percentage van de SL (n = 146). $\circ$ = *A. melas*; $\square$ = *A. nebulosus*. $\triangle$ = *A. melas* (USA);

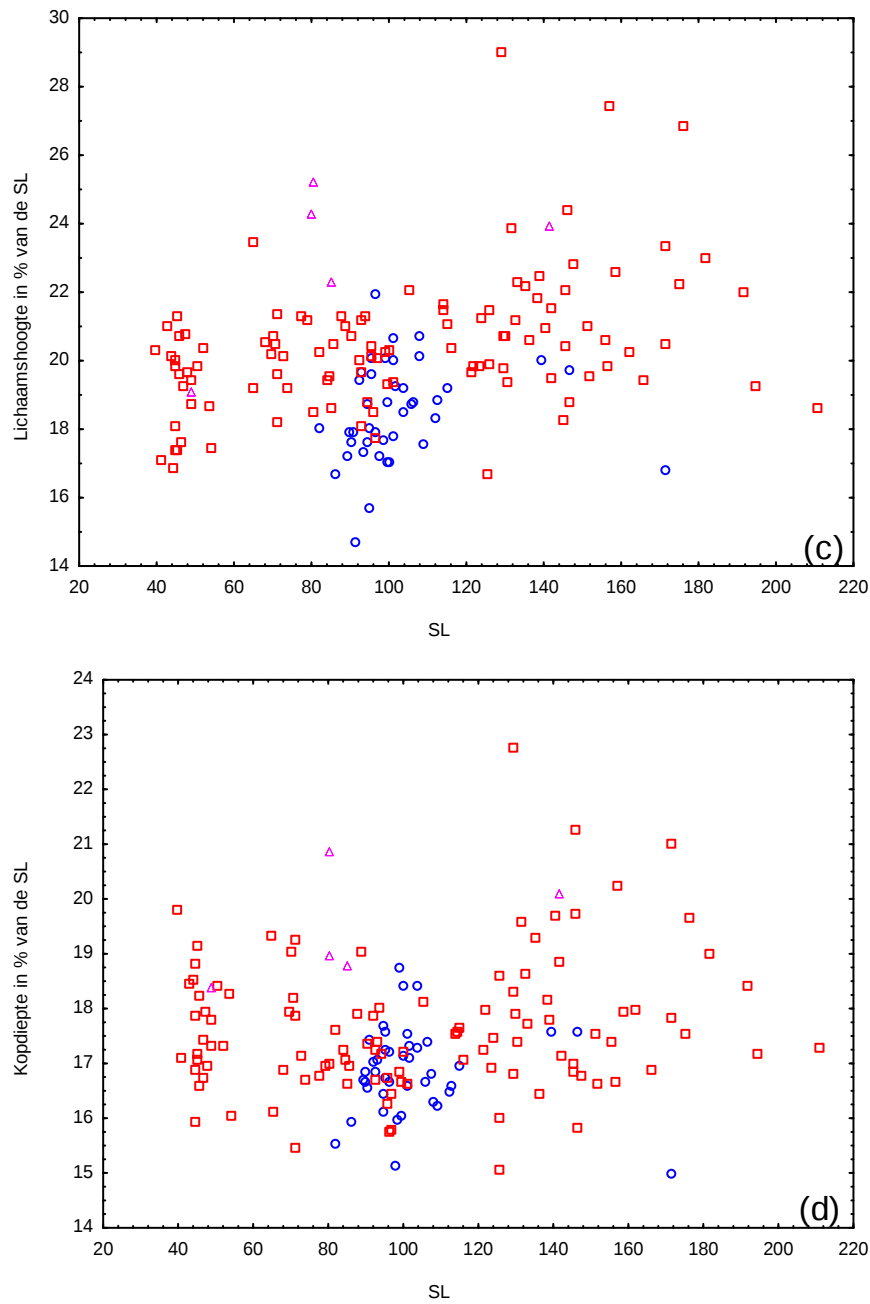
De resultaten van de Mann Whitney U-testen op de metingen tussen beide soorten, gecorrigeerd met sequentiële Bonferroni volgens Rice (1989) zijn weergegeven in tabel 3. Hieruit blijkt dat er negen metingen significant ($\alpha = 0.05$) verschillen tussen de beide soorten uit Europa, waarvan 3 metingen hoogsignificant ($\alpha = 0.001$). De hoogsignificante metingen zijn de pre-pelvische lengte (PPvL), de lengte van de dorsale stekel (DSL) en de lichaamshoogte (BD). DSL bleek in beide PCA's al een belangrijk kenmerk te zijn. Scatterplots van deze drie kenmerken t.o.v. de standaardlengte (figuur 6) tonen echter nog een grote overlapping, waaruit we kunnen concluderen dat de meest significant verschillende metingen toch niet echt bruikbaar zijn als éénduidige diagnostische kenmerken. De relatieve lengte van de dorsale stekel (als % SL) bleek bovendien vrij sterk negatief allometrisch te zijn (figuur 6b).

Tabel 3. Bekomen p-waardes bij een Mann Whitney U-test van de metingen, gecorrigeerd met sequentiële Bonferroni. Significante p-waardes voor $\alpha = 0.05$ zijn in het vet en italic weergegeven, hoogsignificante p-waardes ($\alpha = 0.001$) in het vet en onderlijnd.

	melas (Europa) x nebulosus	melas (USA) x melas (Europa)	melas (USA) x nebulosus
Pre-dorsale lengte	<i>0.000397</i>	1.000000	0.150136
Afstand tussen dorsale vin en vetvin	0.365847	0.044264	0.072049
Afstand tussen vetvin en caudale peduncel	0.954817	0.104507	0.072049
Pre-pectorale lengte	<i>0.000383</i>	0.859936	0.193368
Pre-pelvische lengte	<i>0.000000</i>	0.203915	0.247929
Pre-anale lengte	0.017011	0.112265	0.319121
Caudale-peduncel lengte	0.003101	0.191632	0.008918
Lengte van dorsale stekel	<i>0.000017</i>	0.052258	0.555155
Lengte van pectorale stekel	0.300329	0.040671	0.111552
Vetvinlengte	<i>0.000186</i>	0.006580	0.061763
Vetvinhoogte	0.001313	0.006580	0.064946
Lengte van anale vin	0.213414	0.502520	0.906373
Lichaamshoogte	<i>0.000000</i>	0.002138	0.026834
Caudale-peduncel diepte	0.915170	0.011055	0.002557
Koplengte	<i>0.000658</i>	0.179902	0.988960
Snuitlengte	0.475286	0.052258	0.033098
Oogdiameter	0.603762	0.012223	0.013256
Post-oog lengte	0.005422	0.480300	0.667961
Kopdiepte	<i>0.000165</i>	<i>0.000476</i>	0.004180
Breedte van pectorale gordel	0.132943	0.023907	0.001894
Inter-oog afstand	0.002755	0.147916	0.035446
Mondbreedte	<i>0.000056</i>	0.258766	0.638027
Lengte van caudale vin	0.476973	0.659103	0.464505

Bij vergelijking van *A. melas* uit Amerika met *A. melas* uit Europa, is er slechts één meting significant verschillend namelijk de kopdiepte. Het betreft hier wel slechts vijf specimens van Amerika ten opzichte van 41 specimens van de Europese *A. melas* groep en 110 specimens van *A. nebulosus*. Een scatterplot (figuur 6d) van de kopdiepte in percentage van de SL ten opzichte van de SL toont aan dat de specimens van Amerika inderdaad een grotere kopdiepte hebben dan de Europese specimens van *A. melas*. Op de andere scatterplots (Figuur 6b & c) vertonen de Amerikaanse specimens een lagere lengte van de dorsale stekel en een hogere lichaamshoogte hebben dan de Europese specimens van *A. melas*.

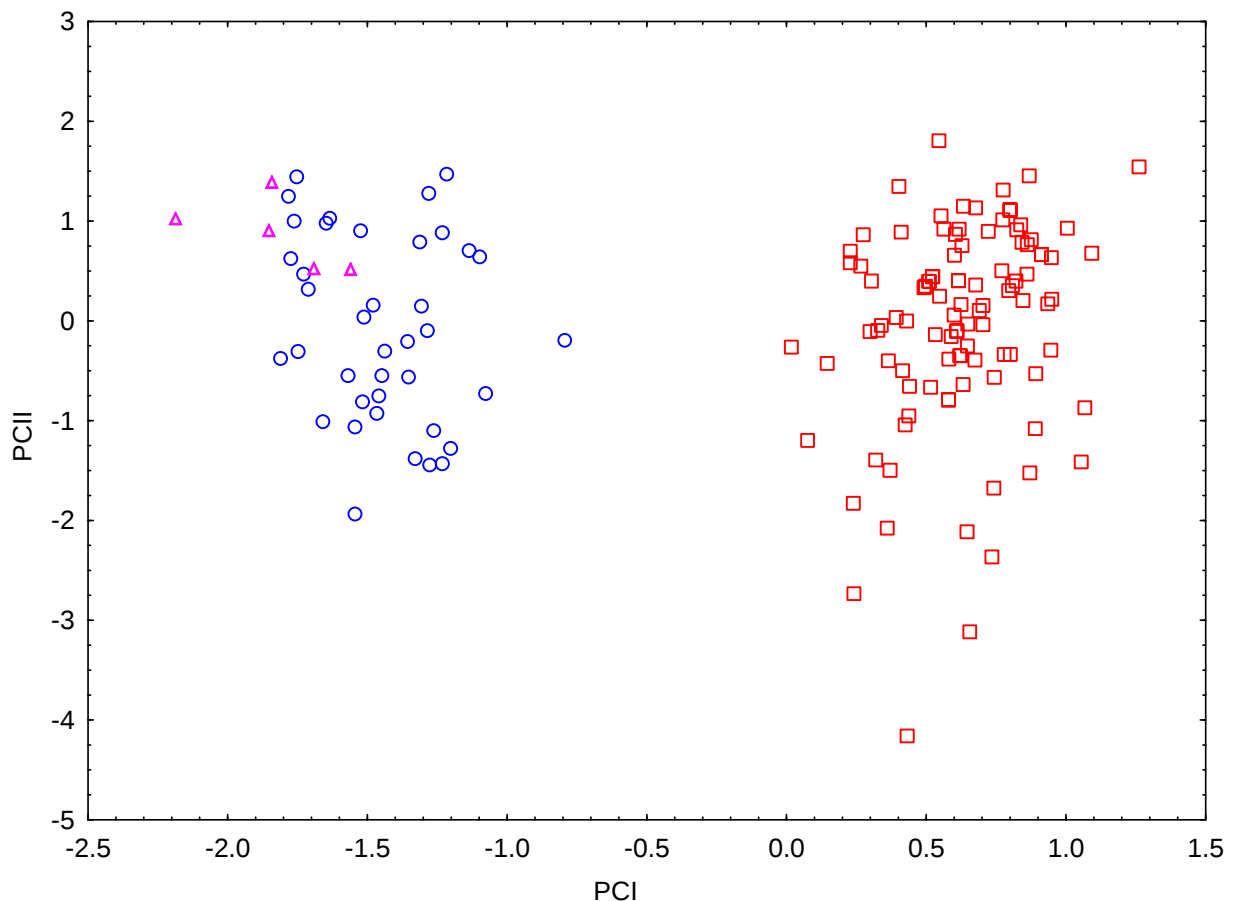




Figuur 6. Scatterplots van (a): pre-pelvische lengte in % van de SL t.o.v. SL; (b): lengte van de dorsale stekel in % van de SL t.o.v. SL; (c): lichaamshoogte in % van de standaardlengte t.o.v. SL; (d): kopdiepte in % van de standaardlengte t.o.v. SL. $\circ$ = *A. melas*; $\triangle$ = *A. melas* (USA); $\square$ = *A. nebulosus*.

3.2 Meristieken en gecodeerde kwalitatieve morfologische waarnemingen

Een PCA op acht tellingen en drie gecodeerde morfologische waarnemingen is weergegeven in figuur 7. Het aantal vinstralen van de pelvische vin was voor alle specimens gelijk en deze variabele is bijgevolg niet opgenomen in de analyse. De PC loadings zijn terug te vinden in tabel 3 in de annex. Op deze analyse is een zeer duidelijke en volledige scheiding te zien tussen beide soorten op basis van de eerste principale as. De belangrijkste PC loadings van deze as zijn: het wel of niet aanwezig zijn van zwart-witradiatie op de anale en caudale vin; het totaal aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog; en een sterkere of zwakkere serratie op de pectorale stekel. Op as 2 is er een sterke overlapping. De variabelen die hier de meeste variatie verklaren zijn: het aantal vinstralen op de caudale vin; het aantal vinstralen op de pectorale vin; en het aantal serraties op de pectorale stekel. In deze analyse vallen de specimens van *A. melas* uit Europa en Amerika volledig samen.



Figuur 7. PCI tegenover PCII voor een PCA op 8 tellingen en 3 kwalitatieve, gecodeerde waarnemingen (n = 143). $\circ$ = *A. melas*; $\triangle$ = *A. melas* (USA); $\square$ = *A. nebulosus*.

Een PCA met enkel de meristieken (niet geïllustreerd) gaf gelijkaardige resultaten, waarbij beide groepen ook volledig gescheiden werden op de eerste as, alleen wat minder sterk. Hierbij zijn de belangrijkste scheidende variabelen alle variabelen met betrekking tot het aantal kieuwdoornen.

De resultaten van de Mann Whitney U-testen op de tellingen tussen beide soorten zijn weergegeven in tabel 4. Hieruit blijkt dat negen van de 11 kenmerken significant verschillen ($\alpha = 0.05$ en met sequentiële Bonferroni) tussen beide soorten uit Europa, waarvan zeven hoogsignificant ($\alpha = 0.001$ met sequentiële Bonferroni). De hoogsignificante kenmerken zijn de tellingen van de kieuwdoornen (aantal op epibranchiale, aantal op ceratobranchiale en totaal aantal kieuwdoornen) en het aantal serraties op de pectorale stekel, evenals alle gecodeerde kwalitatieve waarnemingen (sterkte van de serraties, zwart-witradiatie op anale en caudale vinnen, en aanwezigheid van een donkere of bleke band aan de basis van de caudale vin).

Tabel 4. Bekomen p-waardes bij een Mann Whitney U-test van de tellingen, gecorrigeerd met sequentiële Bonferroni. Significante p-waardes voor $\alpha = 0.05$ zijn in het vet en italic weergegeven, hoogsignificante p-waardes ($\alpha = 0.001$) in het vet en onderlijnd.

	melas (Europa) x nebulosus	melas (USA) x melas (Europa)	melas (USA) x nebulosus
Aantal kieuwdoornen op epibranchiale	<u>0.000000</u>	0.066787	<u>0.000034</u>
Aantal kieuwdoornen op ceratobranchiale	<u>0.000000</u>	0.268685	<u>0.000067</u>
Totaal aantal kieuwdoornen op eerste kieuwboog	<u>0.000000</u>	0.940456	<u>0.000094</u>
Aantal anale vinstralen	0.137893	0.145724	0.077372
Aantal caudale vinstralen	0.160946	0.449433	0.124154
Aantal pectorale vinstralen	<u>0.000015</u>	0.563721	0.001850
Aantal dorsale vinstralen	<u>0.000112</u>	<u>0.000214</u>	<u>0.000000</u>
Aantal serraties	<u>0.000000</u>	0.129316	0.001457
Sterkte van de serraties	<u>0.000000</u>	0.492211	<u>0.000001</u>
Zwart-witradiatie op anale en caudale vin of niet	<u>0.000000</u>	0.985922	<u>0.000000</u>
Aanwezigheid van bleke of donkere verticale band aan basis van de caudale staart	<u>0.000000</u>	0.138054	<u>0.000000</u>

Bij nader onderzoek van de hoogsignificante kenmerken blijkt het totaal aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog een absoluut scheidend kenmerk. Voor dit kenmerk heeft *A. melas* een hoger aantal kieuwdoornen dan *A. nebulosus* (16-20 vs. 11-15). Het aantal kieuwdoornen op het bovenste deel (epibranchiale) van de kieuwboog overlapt sterk tussen beide soorten (3-6 vs. 1-5), maar in het onderste deel (ceratobranchiale) van de kieuwboog is wel degelijk een verschil te zien in aantal kieuwdoornen (10-14 vs. 6-10), waarbij *A. melas* dus een hoger aantal heeft.

Het aantal pectorale vinstralen overlapt sterk tussen *A. melas* en *A. nebulosus* (6-9 vs. 7-9) en is bijgevolg weinig bruikbaar als diagnostisch kenmerk. Ook het aantal serraties op de pectorale stekel overlapt tussen beide soorten (2-10 vs. 3-12).

Van de kwalitatieve observaties is enkel de aan- of afwezigheid van de zwart-witstraling op de anale en caudale vin altijd bruikbaar als diagnostisch kenmerk (zie ook verder).

Bij de tellingen zien we dat de specimens van *A. melas* uit Europa en Amerika overeenkomen met uitzondering van het aantal dorsale vinstralen, maar we benadrukken weer dat het om slechts vijf specimens uit Amerika betreft, wat minder betrouwbare statistische resultaten geeft.

3.3 Discriminant Analyse

Met deze analyse gaan we na of we alle onderzochte specimens correct kunnen classificeren binnen *A. melas* of *A. nebulosus* aan de hand van de onderzochte tellingen, metingen en waarnemingen.

Bij een Discriminant Analyse waarbij alle kenmerken (metingen, tellingen en coderingen) als covarianten worden ingegeven kunnen alle specimens met 100 % zekerheid juist geclassificeerd worden (tabel 5). De voorafbepaalde, die gebeurde op basis van het aantal kieuwdoornen, is dus volledig correct ook als alle andere kenmerken mee in rekening worden gehouden.

Tabel 5. Uitkomsten van een Discriminant Analyse met alle metingen, tellingen en coderingen als covarianten.

	Percent	<i>A. melas</i>	<i>A. nebulosus</i>
<i>A. melas</i>	100.0	44.0	0.0
<i>A. nebulosus</i>	100.0	0.0	97.0
Totaal	100.0	44.0	97.0

Bij gebruik van een kruisvalidatie (tabel 6), met andere woorden een strengere analyse waarbij een 'training' en 'test' dataset werden opgesteld, konden alle specimens van *A. melas* met 100 % zekerheid geclassificeerd worden; specimens van *A. nebulosus* met 98 % zekerheid (één specimen van de 49 in dit staal werd als *A. melas* geclassificeerd). Dit wil zeggen dat het geheel van metingen, tellingen en waarnemingen goede voorspellers zijn om een specimen tot één van beide soorten te classificeren. Er moet hierbij wel rekening gehouden worden dat een Discriminant Analyse een vrij artificiële methode is. Er wordt op voorhand al uitgegaan van de afgebakende groepen (soorten) die worden geacht onderlinge verschillen te vertonen. Dit is in tegenstelling tot een PCA waar er op een exploratieve manier wordt gekeken naar de variabiliteit van een dataset, waarbij dan naar verschillen tussen populaties gezocht kan worden.

Tabel 6. Uitkomsten van een Discriminant Analyse met kruisvalidatie met alle metingen, tellingen en coderingen als covariaten.

	Percent	<i>A. melas</i>	<i>A. nebulosus</i>
<i>A. melas</i>	100.0	15.0	0.0
<i>A. nebulosus</i>	98.0	1.0	48.0
Totaal	98.4	16.0	48.0

Bij de PCA's werd al duidelijk dat de tellingen en coderingen de beste diagnostische kenmerken bevatten voor beide groepen. De metingen daarentegen vertoonden een grote mate van overlapping. Wanneer echter een Discriminant Analyse werd uitgevoerd met enkel deze metingen als covariaten konden *A. melas* en *A. nebulosus* nog steeds met respectievelijk 98 % en 96 % zekerheid geclassificeerd worden; met gebruik van kruisvalidatie was dit met respectievelijk 93 % en 88 % zekerheid. Deze percentages liggen nog vrij hoog. Hoewel er bij de metingen geen goede discriminerende kenmerken te vinden zijn, resulteert een combinatie van verschillende metingen toch in een vrij hoge zekerheid in de classificatie van onbekende specimens in de twee soorten.

De 'partial wilks lambda' waarden van de Discriminant Analyse tonen dat bij de metingen de lichaamshoogte en de lengte van de dorsale stekel de belangrijkste variabelen zijn om beide soorten van elkaar te onderscheiden. Deze twee metingen bleken in de PCA's en MWU's ook al de meeste discriminerende te zijn tussen de beide soorten in Europa, maar de scatterplots toonden dat de individuele variabelen niet bruikbaar zijn als diagnostische kenmerken tussen de twee soorten door een te grote mate van overlapping.

3.4 Diagnostische kenmerken

Uit de analyses van de metingen blijkt dat geen bruikbare diagnostische kenmerken geselecteerd kunnen worden. Dit was wel het geval bij de tellingen, waarbij *A. melas* een hoger aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog heeft dan *A. nebulosus* (16-20 vs. 11-15).

Als we de diagnostische waarnemingen nog meer in detail bekijken zien we dat nog één kenmerk absoluut scheidend is tussen beide soorten: *A. melas* heeft altijd een zwart-witradiatie op de caudale en anale vinnen, daar waar *A. nebulosus* dit duidelijk niet heeft (figuur 8). Bij *A. melas* zijn de vinstralen licht gekleurd en het weefsel tussen de vinstralen zwart wat deze zwart-witradiatie teweeg brengt. Bij *A. nebulosus* zijn de ganse vinnen eerder licht van kleur. Soms zijn er wel wat meer donkere plekken, maar deze geven geen regelmatig zwart-witpatroon zoals bij *A. melas*. De overige kwalitatieve waarnemingen waren niet altijd consistent verschillend tussen beide soorten (zie ook lager en Bijlage 2: praktische oefening).

Samengevat zijn er slechts twee volledig diagnostische kenmerken die tussen *A. melas* en *A. nebulosus* kunnen discrimineren:

- totaal aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog, waarbij *A. melas* een groter aantal heeft dan *A. nebulosus* (16-20 vs. 11-15).
- Een aanwezigheid van zwart-witradiatie op de anale en caudale vin bij *A. melas*, daar waar dit niet het geval is bij *A. nebulosus*.



Figuur 8. Foto van de caudale en anale vin bij *A. melas* (boven) en *A. nebulosus* (onder). Bij *A. melas* is duidelijk een zwart-witradiatie te zien; bij *A. nebulosus* is ze afwezig.

3.5 Vergelijking met genetisch onderzoek

Resultaten van genetisch onderzoek op een deel van de specimens zijn aangeleverd door het INBO. Hierbij werden 47 specimens uit verschillende lokaliteiten genetisch onderzocht. Op basis van deze analyse werden 12 specimens als *A. melas* geïdentificeerd en 35 als *A. nebulosus*. Deze resultaten zijn na de morfologische analyses vergeleken met de resultaten zoals ze hierboven omschreven zijn om tot een zo objectief mogelijke discussie te komen.

De identificatie op basis van de morfologische studie kwam voor de specimens die genetisch onderzocht waren, volledig overeen met de genetische resultaten. Hierbij zijn dus geen verdere problemen opgedoken. Bij de morfologische studie werd ook geen enkele aanduiding teruggevonden van eventuele hybridisaties die dan verder zouden getoetst kunnen worden met genetisch onderzoek. Hybridisatie tussen de

nauwverwante *A. melas* en *A. nebulosus* is echter wel gerapporteerd in de literatuur (Hunnicuttt *et al.*, 2005).

Voor de specimens die morfologisch (en sommigen dus ook genetisch) onderzocht zijn, kunnen we concluderen dat in heel België (zowel Vlaanderen als Wallonië) enkel *A. nebulosus* werd teruggevonden, daar waar in de stalen van Nederland en Frankrijk enkel *A. melas* werd teruggevonden. In de literatuur staat in ieder geval al vermeld dat, alhoewel beide soorten ooit hier geïntroduceerd werden, op dit ogenblik in Vlaanderen enkel *A. nebulosus* voorkomt (Verreycken *et al.*, 2007), wat dus overeenkomt met onze bevindingen.

Bij de genetische resultaten zijn echter enkele stalen opgenomen van specimens die niet bewaard werden en dus ook niet konden opgenomen worden in de morfometrische analyses. Bij deze specimens zat een specimen uit Nederland (Ringselven) dat genetisch geclassificeerd werd bij *A. nebulosus*, terwijl in de andere stalen uit Nederland enkel *A. melas* werd teruggevonden, en een specimen uit Vlaanderen (Schulensmeer) dat genetisch getypeerd werd als *A. melas*, terwijl voor de rest in België enkel *A. nebulosus* werd teruggevonden. Het zal daarom belangrijk zijn in de toekomst nog specimens van deze regio's te onderzoeken.

Philippart (2007) vermeldt in zijn rapport over de visdiversiteit in Wallonië dat van de familie van de Ictaluridae enkel *A. melas* voorkomt in Wallonië. Dit is in tegenstrijd met onze morfologische en de genetische resultaten, waarbij in België enkel *A. nebulosus* teruggevonden werd. Dit zou kunnen wijzen op vroegere misidentificaties van stalen uit Wallonië, ofwel het bestaan van *A. melas*-populaties die nog niet nader onderzocht werden. De eerste hypothese lijkt ons de meest aanneembare.

3.6 Vergelijking met de literatuur

In de literatuur zijn al enkele verschillen beschreven tussen *Ameiurus melas* en *A. nebulosus*. De in deze studie gevonden diagnostische kenmerken (totaal aantal kieuwdoornen en zwart-witradiatie op de anale en caudale vin) zijn ook terug te vinden in de literatuur (bv. Etnier & Starnes, 1993; Boschung & Mayden, 2004; Wheeler 1978 (enkel de zwart-witradiatie)). Voor de aantallen kieuwdoornen vonden we in deze studie 16-20 voor *A. melas* en 11-15 voor *A. nebulosus*. Dit komt bijna volledig overeen met de aantallen in de literatuur. Boschung & Mayden (2004) geven aantallen van 16-20 en 12-15; Etnier & Starnes (1993) aantallen van 16-18 en 12-15 (uitzonderlijk 11-16); Wheeler (1978) spreekt niet van het aantal kieuwdoornen, maar wel over de zwart-witradiatie, de serratie en het aantal anale vinstralen (zie ook verder). Onze aantallen geven dus gelijkaardige resultaten, enkel soms een iets grotere range dan sommige auteurs weergeven.

In de literatuur zijn echter nog andere discriminerende kenmerken terug te vinden die logischerwijs ook zijn onderzocht in deze studie.

Ten eerste wordt vermeld dat *A. melas* een lichte verticale band zou hebben aan de basis van de caudale vinstralen en *A. nebulosus* niet (bv. Boshung & Mayden, 2004). Dit is gedeeltelijk teruggevonden in deze studie. Er moet echter opgemerkt worden dat alle specimens van *A. nebulosus* ook een verticale band hebben op deze plek, maar dat deze donkerder is dan bij *A. melas*. Bij het vergelijken van beide soorten is het verschil duidelijk te zien (figuur 9) maar bij een vangst of observatie is vergelijken niet altijd mogelijk. In een drietal gevallen uit de studie had een specimen van *A. nebulosus* ook een vrij lichtgekleurde band zoals *A. melas*. Een aantal specimens van *A. melas* daarentegen hadden dan weer een even donkere band als specimens van *A. nebulosus*. De specimens waarbij dit duidelijk het geval was waren echter specimens die op alcohol bewaard werden, wat de kleur eventueel beïnvloed kan hebben. Hoewel enkele specimens uit datzelfde lot (ook op alcohol) wel een duidelijk lichtere band hadden. Het kenmerk kan dus zeker niet als absoluut scheidend beschouwd worden.



Figuur 9. Verticale band aan de basis van de caudale vinstralen: licht gekleurd bij *A. melas* (linksboven) en donker gekleurd bij *A. nebulosus* (rechtsboven). Bij sommige specimens van *A. melas* is de verticale band toch iets donkerder (linksonder); terwijl bij sommige specimens van *A. nebulosus* de band iets lichter gekleurd is (rechtsonder).

Een tweede kenmerk dat in de literatuur aan bod komt is zwakke of sterke serratie op de pectorale stekel. Hier zou *A. melas* een zwakkere serratie hebben dan *A. nebulosus* (bv. Etnier & Starnes, 1993; Boschung & Mayden, 2004; Wheeler, 1978). Ook in onze studie vonden we in de

meeste gevallen een veel zwakkere serratie bij *A. melas* dan bij *A. nebulosus* (figuur 10). Zonder vergelijking tussen specimens van beide soorten kan dit kenmerk echter eventueel moeilijk te observeren zijn tijdens het veldwerk. In sommige gevallen is het verschil ook niet heel duidelijk en hebben specimens van *A. melas* toch een serratie die wat meer lijkt aan te leunen bij die van *A. nebulosus* of omgekeerd. Vooral bij specimens met kleinere SL (< 120 mm) is het verschil soms onduidelijk.



Figuur 10. Serraties op de pectorale stekel: zwak bij *A. melas* (links), sterk bij *A. nebulosus* (rechts).

Beide bovengenoemde morfologische waarnemingen uit de literatuur zijn in deze studie gecodeerd geweest en verklaarden bij de PCA (figuur 7) een groot deel van de variatie dat zorgde voor de scheiding tussen beide soorten (Bijlage 1, tabel 3).

Een volgend kenmerk uit de literatuur is het kleurpatroon op de flanken (figuur 11). Hier stellen Etnier & Starnes (1993) dat de flanken van *A. melas* nooit gevlekt zijn en die van *A. nebulosus* meestal wel. Dit is ook waargenomen in onze studie, maar werd niet gecodeerd en opgenomen in de analyses. We vonden dat specimens van *A. melas* uniform zijn van kleur en specimens van *A. nebulosus* licht gevlekt zijn. Dit is echter niet het geval bij kleinere specimens met SL < 120 mm; deze specimens van *A. nebulosus* zijn ook uniform gekleurd. Een vijftal zwarte Amerikaanse dwergmeervallen uit Brière Marche (Frankrijk) leken eerder gestreept op de flanken, maar dit had hoogstwaarschijnlijk te maken met de bewaring van de vissen op gedenatureerde alcohol, wat heeft geïnterfereerd met het kleurenpatroon.



Figuur 11. Kleurenpatroon van: *A. melas* (boven), uniform; *A. nebulosus* (midden), gevlekt; *A. melas* bewaard op gedenatureerde alcohol (onder), verticale strepen.

Alle bovenstaande morfologische waarnemingen met betrekking tot kleurpatronen gebeurden enkel op dode specimens bewaard in de diepvriezer of in gedenatureerde alcohol. Levende specimens werden in het kader van deze studie niet onderzocht. De aangehaalde kenmerken en verschillen tussen beide soorten zouden dus kunnen afwijken bij levende specimens in het veld (zie ook Bijlage 2: praktische oefening).

Een ander discriminerend kenmerk uit de literatuur is het aantal vinstralen (Wheeler, 1978; Nowak *et al.*, 2010). *A. melas* zou een range van 17-21 anale vinstralen hebben, waar *A. nebulosus* een range van 21-24 zou hebben. Dit patroon is echter helemaal niet teruggevonden in de hier uitgevoerde studie. In deze studie had *A. melas* een range van 18-21, en *A. nebulosus* een range van 16-23. Beide variaties overlappen dus volledig en het aantal vinstralen in de anale vin kan dus niet gebruikt worden om beide soorten van elkaar te onderscheiden.

Ook het aantal caudale vinstralen zou verschillen tussen *A. melas* en *A. nebulosus* (15-18 vs. 18-19) (Nowak *et al.*, 2010). Ook dit is niet in onze studie teruggevonden (15-18 vs. 15-21).

Scott & Crossman (1973) beschrijven ook een verschil in lengte van de langste baarddraden. Bij *A. melas* zouden de langste baarddraden reiken tot aan de operculaire opening terwijl ze bij *A. nebulosus* tot aan het einde van het operculum of tot aan de basis van de pectorale vin komen. Dit kenmerk is onderzocht aan de hand van een steekproef (bij 15 specimen van elke soort). We vonden echter geen verschil in de lengte van de langste baarddraden tussen beide soorten.

3.7 Identificaties in het veld

Het identificeren en discrimineren van *A. melas* en *A. nebulosus* in het veld is in het verleden niet altijd een gemakkelijke opgave gebleken. Daarom proberen we hieronder aan de hand van bovenstaande bevindingen de bruikbare discriminerende kenmerken op een rij te zetten. Slechts twee kenmerken zijn volledig diagnostisch namelijk het aantal kieuwdoornen en de aan- of afwezigheid van zwart-witradiatie op de anale en caudale vinnen. Het aantal kieuwdoornen zal in het veld echter moeilijk te tellen zijn, maar indien dit wel mogelijk is vormt dit het meest objectieve en meest sluitende verschil tussen beide soorten.

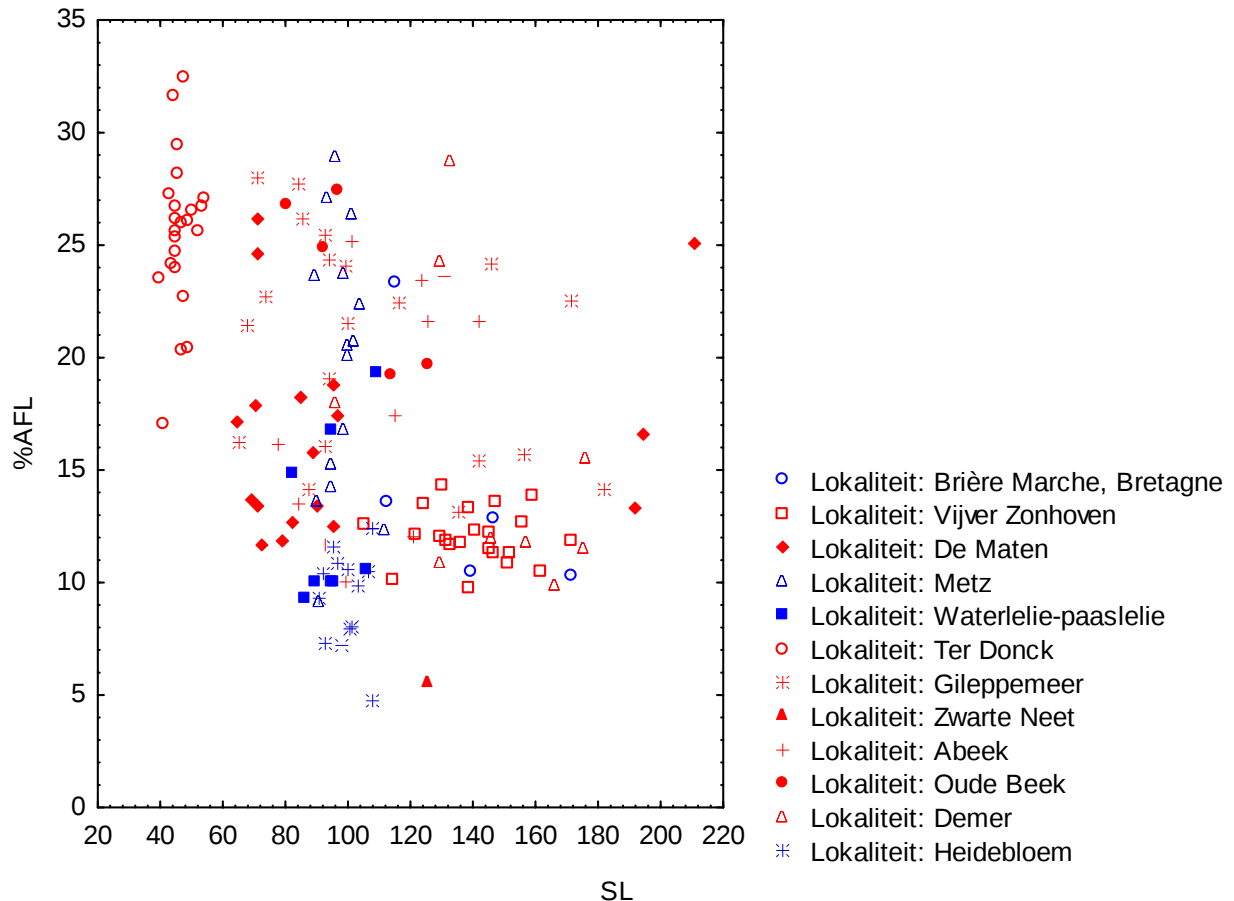
Werkwijze voor het determineren van zwarte en bruine Amerikaanse dwergmeervallen tijdens het veldwerk:

- Indien mogelijk het totaal aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog tellen; indien 16 tot 20 doornen aanwezig gaat het over *A. melas*, indien slechts 11 tot 15 doornen dan betreft het *A. nebulosus*.
- Zwart-witradiatie op de anale en caudale vin: aanwezig bij *A. melas*, afwezig bij *A. nebulosus*.
- Kleurpatroon op de flanken (vooral bij grotere exemplaren > 120 mm SL): nooit gevlekt bij *A. melas*, meestal gevlekt bij *A. nebulosus*.
- Verticale band op de basis van de caudale vinstralen: meestal lichte band bij *A. melas*, meestal donkerder bij *A. nebulosus*.
- Serratie op de pectorale stekel: meestal zwak tot afwezig bij *A. melas*, meestal vrij sterk bij *A. nebulosus*.

- Aantal serraties: meestal laag (2-6) bij *A. melas*, meestal hoog (5-12) bij *A. nebulosus*

Discriminatie tussen *A. melas* en *A. nebulosus* op basis van metingen blijkt niet mogelijk, zelfs niet wanneer allometrische effecten mee in rekening worden gebracht (scatterplots blijven grote overlapping vertonen). *A. melas* heeft een lichte neiging tot een grotere stekel aan de dorsale vin. Dit kenmerk is echter vrij sterk negatief allometrisch met de SL, maar vertoont zelfs met de allometrie in rekening gebracht nog grote overlapping tussen beide soorten.

Bij de metingen kunnen grote verschillen teruggevonden worden in de lengte van de vetvin. Deze verschillen zijn intraspecifiek, wat wil zeggen dat er grote verschillen zijn tussen specimens binnen de soorten zelf (zowel voor *A. melas* als voor *A. nebulosus*). Figuur 12 toont echter dat dit kenmerk waarschijnlijk ook geografisch varieert. Binnen *A. nebulosus* hebben specimens van Ter Donck bijvoorbeeld een langere vetvin en specimens van een vijver in Zonhoven hebben een korte vetvin. Het is ook duidelijk dat binnen elke lengteklasse de variatie zeer groot is en de verschillen dus niet aan allometrie te wijten zijn. Ook binnen *A. melas* hebben specimens van bijvoorbeeld Heidebloem (poel zandwinning) een korte, terwijl specimens van Metz voornamelijk een lange vetvin hebben. Binnen enkele gebieden is echter toch nog variatie te vinden, zo zijn zowel in het Gilleppemeer als in de Maten specimens met lange en korte vetvinnen terug te vinden. In de literatuur is ook al beschreven dat *A. melas* grote morfologische variabiliteit heeft en zich hierdoor makkelijk kan aanpassen aan ecologische condities (Novomeska *et al.*, 2010).



Figuur 12. Scatterplot van vetvinlengte in % SL tegenover de SL. Dit voor de verschillende geografische locaties. Rode kleuren representeren *A. nebulosus*, blauwe kleuren representeren *A. melas*.

4. Samenvatting

Uit deze studie blijkt uiteindelijk dat slechts twee kenmerken absoluut kunnen discrimineren tussen de soorten *Ameiurus melas* en *A. nebulosus*: het totaal aantal kieuwdoornen op de eerste kieuwboog, welke hoger is bij *A. melas* dan bij *A. nebulosus* (16-20 vs. 11-15); en een duidelijke zwart-witradiatie op de anale en caudale vin bij *A. melas* die afwezig is bij *A. nebulosus*. Het aantal kieuwdoornen is het beste kenmerk, aangezien kleurschakeringen veel subjectiever zijn. Andere kenmerken (allemaal kwalitatieve morfologische waarnemingen) kunnen de identificatie ondersteunen maar zijn niet volledig sluitend. Deze kenmerken zijn (1) een verticale band aan de basis van de caudale vinstralen, welke meestal licht gekleurd is bij *A. melas* en meestal donker bij *A. nebulosus*; (2) een uniforme lichaamskleur bij *A. melas*, terwijl *A. nebulosus* vaak gevlekt is en (3) een meestal zwakke serratie op de pectorale stekel bij *A. melas* en meestal sterk bij *A. nebulosus*. Deze kenmerken bevestigen eerdere literatuurvermeldingen. Andere kenmerken uit de literatuur zijn dan weer

helemaal niet bruikbaar, zoals het aantal anale en caudale vinstralen en de lengte van de langste baarddraden.

De metingen bieden geen discriminerende kenmerken, al blijken uit alle gedane analyses steeds de lengte van de dorsale stekel en de lichaamshoogte de meeste variatie tussen de soorten te verklaren. Er is echter een veel te grote overlapping om van discriminerende kenmerken te spreken.

Opvallend is wel dat de metingen van Europese specimens van *A. melas* (uit Nederland en Frankrijk) een aantal verschillen vertonen met deze van hun natuurlijke verspreidingsgebied in Noord-Amerika. Vooral verschillen in kop- en lichaamshoogte werden gevonden, waarbij specimens uit Noord-Amerika telkens een grotere hoogte hebben. Tevens is de dorsale stekel kleiner bij de Noord-Amerikaanse specimens. Ook de grootte van de vetvin geeft een vrij grote variatie die intraspecifiek is voor beide soorten. Analyses tonen dat het hier mogelijk geografische variatie betreft (figuur 12). Dit zou kunnen wijzen op een soort van fenotypische plasticiteit waarbij bepaalde morfologische kenmerken variatie kunnen vertonen tussen verschillende geografische gebieden. Zo zijn er in andere onderzoeken al morfologische verschillen gevonden tussen groepen *A. melas* uit verschillende landen (Andrea Novomeska, pers. med.).

Wanneer de genetische resultaten vergeleken werden met die van het morfologisch onderzoek, bleken alle identificaties van de onderzochte specimens overeen te komen. Hiermee wordt de kracht van de twee discriminerende morfologische kenmerken bevestigd. Ons onderzoek vond nergens een teken van eventuele hybridisatie. Twee specimens die enkel genetisch en niet morfologisch onderzocht werden wijken wel af van de verwachte resultaten: een specimen uit Nederland (Ringselven) werd geclassificeerd onder *A. nebulosus* (dit terwijl in de stalen uit twee andere plaatsen in Nederland alleen *A. melas* werd teruggevonden); en een specimen uit België (Schulensmeer) werd geclassificeerd als *A. melas* (dit terwijl voor de rest in België enkel *A. nebulosus* werd teruggevonden). Een uitgebreider onderzoek zou moeten uitwijzen wat de exacte verspreiding van deze Amerikaanse dwergmeervallen in België en buurlanden is.

5. Referenties

Boschun HT & Mayden RL (2004). *Fishes of Alabama*. London: the Smithsonian Institution.

Etnier DA & Starnes WC (1993). *The Fishes of Tennessee*. Knoxville: The University of Tennessee Press.

Hunnicut DW, Cingolani J & Voss AM (2005). Use of mtDNA to Identify Genetic Introgression among Related Species of Catfish. *Journal of Great Lakes Research*: 31, 482-491.

Kreutzenberger K, Leprieur F & Brosse S (2008). The influence of the invasive black bullhead *Ameiurus melas* on the predatory efficiency of *Esox lucius* L. *Journal of Fish Biology*: 73, 196-205.

Louette G & Declerck S (2006). Assessment and control of non-indigenous brown bullhead *Ameiurus nebulosus* populations using fyke nets in shallow ponds. *Journal of Fish Biology*: 68, 522-531.

Musil J, Drozd B, Blaha M, Gallardo JM & Randak T (2008). First records of the black bullhead, *Ameiurus melas* in the Czech Republic freshwaters. *Ichthyological notes. Cybium*: 32, 352-354.

Musschoot T & Lalèye P (2008). Designation of a neotype for *Synodontis schall* (Bloch and Schneider, 1801) and description of two new species of *Synodontis* (Siluriformes: Mochokidae). *Journal of Natural History*: 42(17-18), 1303-1331.

Novomeska A & Kovac V (2009). Life-history traits of non-native black bullhead *Ameiurus melas* with comments on its invasive potential. *Journal of Applied Ichthyology*: 25, 79-85.

Nowak M, Kosco J, Szczerbik P, Mierzwa D & Popek W (2010). When did the black bullhead, *Ameiurus melas* (Teleostei: Ictaluridae) arrive in Poland? *Archives of Polish Fisheries*: 18, 183-186.

Philippart JC (2007). L'érosion de la biodiversité: les poissons. Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon. Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Namur.

Rice WR (1989). *Analyzing Tables of Statistical Tests*. Evolution: Vol. 43, No. 1, 223-225.

Scott WB & Crossman EJ (1973). Freshwater fishes of Canada. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada, p. 589 -603.

Verreycken H, Anseeuw D, Van Thuyne G, Quataert P, Belpaire C (2007) The non-indigenous freshwater fishes of Flanders (Belgium): review, status and trends over the last decade. *Journal of Fish Biology* 71 (Supplement D): 160–172

Wheeler A (1978). *Ictalurus melas* (Rafinesque, 1820) and *I. nebulosus* (Lesueur, 1819): the North American catfishes in Europe. *Journal of Fish Biology*: 12, 435-439.

6. Bijlage 1 : PCA-loadings

Tabel 1. PCA-loadings van een PCA van 24 log-getransformeerde meetgegevens (n = 141).

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Pre-dorsale lengte	-0.213510	-0.005311	0.056235
Afstand tussen dorsale vin en vetvin	-0.310885	0.523192	-0.648096
Afstand tussen vetvin en caudale peduncel	-0.198837	-0.021507	0.023045
Pre-pectorale lengte	-0.220763	-0.007469	0.112958
Pre-pelvische lengte	-0.215191	-0.016547	0.165528
Pre-anale lengte	-0.212864	-0.022530	0.098365
Caudale-peduncel lengte	-0.212865	-0.022530	0.142663
Lengte van dorsale stekel	-0.158307	0.067241	0.431137
Lengte van pectorale stekel	-0.165902	0.039005	0.179306
Vetvinlengte	-0.104526	-0.688346	-0.317524
Vetvinhoogte	-0.120059	-0.484977	-0.175496
Lengte van anale vin	-0.199357	0.012770	-0.020571
Lichaamshoogte	-0.223009	-0.034879	-0.239227
Caudale-peduncel diepte	-0.218586	-0.054198	-0.016412
Koplengte	-0.216735	-0.009442	0.072469
Snuitlengte	-0.233557	-0.004369	-0.033664
Oogdiameter	-0.139371	-0.026541	0.193466
Post-oog lengte	-0.235643	-0.007403	0.062372
Kopdiepte	-0.210758	-0.043112	-0.120783
Breedte van pectorale gordel	-0.207727	-0.010797	-0.009017
Inter-oog afstand	-0.242075	-0.003312	0.087595
Mondbreedte	-0.253717	0.000671	0.166579
Lengte van caudale vin	-0.174257	0.046885	0.026885

Tabel 2. PCA-loadings van een PCA van 24 procentuele meetgegevens (n = 146).

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Pre-dorsale lengte	0.034286	0.170889	0.024505
Afstand tussen dorsale vin en vetvin	0.551362	-0.238265	0.368054
Afstand tussen vetvin en caudale peduncel	-0.019918	0.016804	-0.037945
Pre-pectorale lengte	0.039174	0.256422	0.027756
Pre-pelvische lengte	0.030134	0.482765	-0.237096
Pre-anale lengte	0.014312	0.535268	-0.218666
Caudale-peduncel lengte	0.002184	0.027586	0.010127
Lengte van dorsale stekel	-0.026032	-0.148273	-0.428145
Lengte van pectorale stekel	-0.032459	-0.187191	-0.343452
Vetvinlengte	-0.575125	-0.027502	0.277402
Vetvinhoogte	-0.589011	-0.035399	0.157378
Lengte van anale vin	0.007074	-0.173114	-0.048948
Lichaamshoogte	0.016884	0.033788	0.412251
Caudale-peduncel diepte	-0.003910	0.051918	0.077752
Koplengte	0.034115	0.184797	0.017077
Snuitlengte	0.030937	0.101066	0.091461
Oogdiameter	-0.035561	-0.080651	-0.089474
Post-oog lengte	0.050331	0.189416	0.105688
Kopdiepte	-0.011580	0.038325	0.186915
Breedte van pectorale gordel	0.003503	-0.001497	0.043785
Inter-oog afstand	0.044730	0.168922	0.141434
Mondbreedte	0.059004	0.227469	0.102494
Lengte van caudale vin	-0.021068	-0.257531	-0.284638

Tabel 2. PCA-loadings van een PCA van 8 merstieken en 3 gecodeerde kwalitatieve morfologische waarnemingen (n = 148).

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Aantal kieuwdoornen op epibranchiale	-0.318940	-0.282266	0.136254
Aantal kieuwdoornen op ceratobranchiale	-0.379395	0.033966	-0.038152
Totaal aantal kieuwdoornen op eerste kieuwboog	-0.407754	-0.078262	0.026820
Aantal anale vinstralen	-0.065095	0.264228	0.932929
Aantal caudale vinstralen	0.053128	-0.578667	0.180111
Aantal pectorale vinstralen	0.173755	0.507606	-0.005270
Aantal dorsale vinstralen	-0.202175	0.259792	0.053105
Aantal serraties	0.210778	-0.421211	0.250369
Sterkte van de serraties	0.388525	-0.052165	0.098833
Zwart-witradiatie op anale en caudale vin of niet	-0.416523	0.017915	-0.033498
Aanwezigheid van bleke of donkere verticale band aan basis van de caudale staart	-0.375602	-0.052524	0.006374

7. Bijlage 2 : Praktische oefening

Om de hierboven beschreven diagnostische kenmerken te toetsen probeerden we in onderstaande oefening enkele internetfoto's van dwergmeervallen in te delen in *Ameiurus melas* of *A. nebulosus* aan de hand van die kenmerken.



Figuur 13. *Ameiurus melas* (bron: www.jjphoto.dk)

Op foto's is het eerste, meest scheidende diagnostische kenmerk, het aantal kieuwdoornen, niet zichtbaar. We gaan dus meteen door naar de zwart-witradiatie op de caudale en anale vin, en deze is hier duidelijk aanwezig wat erop neerkomt dat we dit specimen (figuur 13) kunnen identificeren als *A. melas*. Deze identificatie wordt bevestigd door de duidelijke bleke verticale band aan de basis van de caudale vin en de donkere kleur op de flanken (al is dit laatste op foto minder duidelijk te zien). Ook serraties zijn op een foto niet te zien en kunnen hier niet gebruikt worden.



Figuur 14. *Ameiurus nebulosus* (bron: www.fishinginfo.eu)

Voor bovenstaande foto kijken we ook weer eerst naar de zwart-witradiatie, dewelke hier duidelijk afwezig is. We kunnen dus concluderen dat het hier om *A. nebulosus* gaat. Deze identificatie wordt bevestigd door de donkere verticale band aan de basis van de caudale vin en door het gevlekte patroon op de flanken.



Figuur 15. *Ameiurus nebulosus* (bron: www.fairfaxcounty.gov).

Het specimen op figuur 15 kunnen we ook identificeren als *A. nebulosus*. Dit omdat het specimen geen zwart-witradiatie op de caudale en anale vin heeft. Deze identificatie wordt bevestigd door de meer donkere verticale band op de basis van de caudale vin en het gevlekte patroon op de flank.



Figuur 16. *Ameiurus melas* (bron: www.tnfish.org)

Op figuur 16 is de zwart-witradiatie aanwezig op de caudale en anale vin, maar door de schuine positie van het specimen wat minder duidelijk zichtbaar, waardoor we dit specimen kunnen identificeren als *Ameiurus melas*. De verticale band op de basis van de caudale vin is op deze foto moeilijker zichtbaar, maar lijkt toch eerder bleek te zijn. De identificatie als *A. melas* wordt ook bevestigd door de uniforme donkere kleur op de flank.



Figuur 17. *Ameiurus melas* (bron: fishindex.blogspot.com)

Ook op figuur 17 is de zwart-witradiatie op de anale en caudale vin duidelijk aanwezig, waaruit we kunnen concluderen dat dit specimen tot *A. melas* hoort. Ook de uniforme donkere kleur op de flank bevestigt dat het hier een specimen van *A. melas* betreft. De verticale band aan de basis van de caudale vin is echter donker, maar we bespraken hoger al dat dit kenmerk niet altijd geldt als een goed diagnostisch kenmerk.