

II. الطريق إلى عصر الجينوم



الجينوم قديماً: الحرب «المنوية»

الأولى!!!

من الطبيعي أن نتصور إنشغال الإنسان القديم بظاهرة الوراثة ، فالحيوانات الأليفة التي قام بتدجينها تتزاوج وتنتج دائماً نسلأً من نوعها ، والنباتات التي تعلم زراعة بذورها تفعل نفس الشيء . والأهم من ذلك أن الذكور والإناث في نسله الخاص تشبه آبائهما وأمهاتهما . ويعتقد الكثيرون أن الإنسان الأول قد ربط هذه الظاهرة بالإناث إلى حد كبير ، فهي التي تحمل وتلد وتعاني ، فكل المظاهر والملاحظات تدل على ذلك ، إلا أنهم يرون أن الأنثى نفسها كانت أكثر إدراكاً لدور الذكر ، فلا يمكن أن يحدث لها ذلك دون لقائه .

إننا لا ننوي هنا أن نتتبع ظاهرة الوراثة منذ عصور ما قبل التاريخ رغم طرافة الأطروحات الخاصة بها ، والقارئ الذي يهتم بذلك يمكن أن يطلع على كتاب هانز ستوب «تاريخ الوراثة منذ عصور ما قبل التاريخ وحتى إعادة إكتشاف مندل» (Hans Stufbe, MII, 1972) . إن تركيزنا ينصب على مفهوم الجينوم ، باعتباره البرنامج الوراثي الذي يتشكل على أساسه الكائن . لقد قدم الإغريق تصوراً متكاملأً لذلك ، ينطلق من فرضياتهم عن دور «سائل الذكر» و«سائل الأنثى» ، وذلك قبل إكتشاف ومشاهدة الحيوانات المنوية الذكورية والبويضات الأنثوية . ولأن الإنتصار للذكور كان سمة بارزة في مجتمعاتهم الذكورية ، فقد انحاز إلى ذلك أشهر فلاسفتهم . لذلك وصفت جدالهم حول الموضوع بالحرب «المنوية» الأولى . ومنستعرض هذا الجدال كما جاء في كتاب لورا جولد الممتع «القطط ليست بازلاء» (Laura Gould, Copernicus, 1996) .

لم يكن الحديث بالطبع عن الجينوم ، فهو من مفاهيم القرن العشرين بعد الميلاد ، لكن الحديث كان عن السائل «المنوي» Semen ، كيف يتشكل ، وكيف يحدد الخصائص الوراثية للنسل . لقد إقترح أفلاطون وغيره أنه يتكون في المخ والعمود الفقري . وتوسع هيبوقراط وأنكساجوراس وديموقريطس في ذلك ، متصورين تكوينه في كل أعضاء الجسم ، وإنتقاله عبر الدم إلى الخلايا الجنسية . وقد بقيت هذه الفكرة لفترة ، ثم إعيد إكتشافها في القرن الثامن عشر ، بل وتأثر بها داروين نفسه ، في تفسيره لظاهرة الوراثة قبل أن يقدم مندل أسسها وقوانينها .

وإختلف الإغريق حول وجود سائل أنثوي من عدمه ، لكنه كان يشغل مرتبة أقل حتى عند من يعتقدون بوجوده . وجاء أرسطو وديوجين ليفسرا إنتاج السائل المنوي كنتيجة للتغذية . وفلسف دور الجنسين في تحديد الخصائص الوراثية للنسل بأن الأنثى تعطى المادة matter عن طريق دماء الحيض والذكر يعطى الشكل form ، الذي يحدده السائل المنوي . وامتدت أفكار أرسطو لنجد صداها عند توماس الإكويني في القرن الثالث عشر وليوناردو دافنشي في القرن السادس عشر ، بل

وداروين فى القرن التاسع عشر . ووصل الأمر عند الإكوينى إلى تصور أن نشأة الأنثى تعد خطأ فى التكوين ، لأن السائل المنوى يحمل خاصية التكرار الدقيق ، التى تؤدى عند سلامة حدوثها إلى إنجاب الذكور !! أما داروين ، فقد كان أكثر اعتدالا ، وذكر أن «المرأة تصنع البرعم ، والرجل يضع العنصر الحيوى» .

لقد إقتضى الأمر الإنتظار طويلاً لمعرفة العطاء المتساوى للجنسين ، والذى إتخذ شكلا جديداً بعد مشاهدة الحيوانات المنوية والبويضات ، ووجود أنصار يعلنون من شأن هذا أو تلك . لقد تصور كل من الفريقين أن الكائن الجديد يقع بشكل مصغر جداً (مسخوط!!) إما فى رأس الحيوانى أو فى داخل البويضة . أنصار الحيوان المنوى يرون أن الأنثى تمد هذا الكائن الصغير بالغذاء حتى ينمو . أما أنصار البويضة فيرون أن سائل الذكر يستحث البويضة لينمو الكائن الذى بداخلها . إن الجينوم فى هذه الحالة ليس مادة الوراثة التى تتم ترجمتها عبر المراحل التكوينية للفرد ، لكنه هذا «التكوين المسبق» المتواجد على شكل كائن فائق الصغر homunculus ، يجلس القرفصاء فى الحيوان المنوى أو البويضة . والغريب أن مثل هذه التصورات إمتدت طويلا ، وتزداد غرابتها عندما نرى مالبرانش فى أواخر القرن السابع عشر يؤكد أن لديه دليلاً رياضياً على أن كل «مسخوط» من هذه المساخيط الصغيرة يحمل فى داخله مسخوطاً أصغر ، وهذا الأخير يحمل بدوره ما هو أصغر وأصغر ... إلى مالا نهاية . وهكذا تكون كل الأجيال القادمة وخصائصها سابقة التكوين !!!

وبذلك نجد أنفسنا حيال تصورين قديمين للجينوم ، فيما قبل علم الوراثة . أحدهما يقدم مفهوم الجينوم المنتشر الذى يتجمع عبر الدم فى الخلايا الجنسية ، والآخر يرى أنه «ماكيت» دقيق بمقياس رسم مصغر ، داخله «ماكيتات» أصغر فأصغر وكلاهما فكرتان مثيرتان للخيال ، وإن ثبت بعد ذلك أنه خيال غير علمى . إنهما يعبران عن مرحلة ثقافية خصبة للعقل البشرى نحو الحقيقة العلمية ، فى إصار العلاقة الجدلية بين الجنس والسياسة .

مرت مرحلة الجينوم بعد المرحلة القديمة وقبل البداية الحقيقية لعلم الوراثة ، مع مطلع القرن العشرين ، بتراكم معرفى هام للكثير من الأفكار والملاحظات العلمية والمعملية ، التى وضعت أيدينا على «الجهاز الوراثى» الذى يحتوى على «الجينوم» فى خلايانا . لقد إخترت بعض المساهمين فى ذلك لإعطاء صورة متكاملة عن الموضوع ، دون نسيان فضل غيرهم . فالرحلة تمتلئ بالكثير من الأبطال ، الذين يتسع المجال لهم عند الحديث التفصيلى عن تاريخ البيولوجيا والوراثة . دعونا نستعرض «الخط الزمنى» لإسهاماتهم باختصار :

١٦٥٠ - هارفى يفترض وجود بويضات الثدييات ، وينتصر لدورها .

قبل ارتفاع الستار

١٦٧٧ - أنطوني فان ليفنهوك يشاهد الحيوانات المنوية السابحة فى سائلها ويسميتها حيوانات animalcules ، وإن رأى البعض أنها قد تكون ملوثات للسائل المنوى ، صاحب الدور الرئيسى فى تصورهم .

١٨٣٨ - يقدم شليدن وشوان «نظرية الخلية» باعتبارها الوحدة البنائية للكائنات الحية ، وفى العام التالى يقدم فيرشو «المبدأ الحيوى» ، الذى ينص على أن الخلايا الحية لا تنتج إلا من خلايا حية سابقة .

١٨٤٢ - ناجيلى يشاهد إنقسام الخلية إلى إثنين ، ويلحظ وجود الكروموسومات .

١٨٥٩ - تشارلز داروين ينشر كتابه عن أصل الأنواع ، الذى يشير إلى علاقاتها التطورية ودور الانتخاب الطبيعى فى ظهورها . ولا ننسى هنا أن كارل لينىوس قد قدم الطريقة التى يمكن بها تصنيف وتسمية هذه الأنواع ، قبل داروين بما يزيد على القرن لقد كانت نظرية داروين عن التطور وراء دراسة جمينومات كائنات أخرى ، ومقارنتها بالجينوم البشرى .

١٨٦٥ - قدم جريجور مندل بحثه الشهير عن البازلاء ، الذى نشر فى العام التالى ، وأهمل حتى بداية القرن العشرين . وفيه أوضح قوانين إنتقال العوامل الوراثية (التى أسماها وليام جوهانسون بالجينات عام ١٩٠٩) من جيل إلى آخر . لقد قدم مندل «الوحدة» لعلم البيولوجيا ، فجعله علما دقيقا .

١٨٧١ - فريدريك ميشر يعزل «النيوكلين» من أنوية الخلايا التى تحصل عليها من ضماطات الجروح المتقيحة وغيرها ، والذى يثبت فيما بعد إحتوائه على مادة الوراثة (DNA) المرتبطة بالبروتينات .

١٨٨٣ - والتر فليمنج يشاهد إنتظام الكروموسومات فى الإنقسام الميتوزى (الخطى) لأنوية الخلايا ، ثم الإنقسام الميوزى (الإختزالى) ، الذى يؤدى إلى تكوين الخلايا الجنسية ، بعد ذلك بعامين . ويقدم جالتون فى هذا العام أيضا دراسة عن الفروق الوراثية مقترحا إمكانية تحسين النسل البشرى (اليوجينيا) ، وهو الإتجاه الذى بنيت عليه ممارسات غير مقبولة ، واستند عليه دعاة التفرقة العنصرية ، وتتم مناقشة عودته الجديدة إذا أسىء توظيف نتائج مشروع الجينوم .

١٨٩٠ - أوجست وايزمان ، دون معرفة مسبقة بأعمال مندل ، يقدم فى تسعينيات القرن التاسع عشر الشكل المبكر لنظرية الكروموسومات ، ويقرر أنها تحمل وحدات كثيرة (ids) محددة للخصائص الوراثية . ويخالف من يرى تجانس كل الكروموسومات ، حيث يؤكد إختلاف كل منها .

هذه هى ملامح الصورة الثرية التى تشكلت قبل رفع الستار عن «علم الوراثة» ، علم القرن العشرين ، الذى قادنا وقدناه إلى «عصر الجينوم» .

عالم القرن العشرين «يتوج» بمشروع الجينوم

إذا كان من المتفق عليه التأريخ لعلم الوراثة بإعادة إكتشاف دراسات مندل على بازلاء الزهور عام ١٩٠٠ ، فقد حرصنا على تقديم ما سبق ذلك من إسهامات تضع هذا العلم فى سياق المعرفة البشرية المتدفق . وسنحاول هنا أن تتبع «الخط الزمنى» للأعمال والإكتشافات التى أدت إلى مشروع الجينوم ، والتى قد لا تتعرض بالتركيز الكافى لبعض فروع الوراثة المتشعبة . ويهمنى هنا أن تذكر أمرين :

أولاً : أننا نعى بوصف «علم الوراثة» باعتباره علم القرن العشرين أن بداية هذا القرن شهدت الدراسات المنهجية والبحوث المتلاحقة لهذا المجال الذى سُمى بالوراثة فى منتصف العقد الأول من هذا القرن «الماضى» . وهذا لا يتعارض مع كون القرن العشرين قد شهد أهم التطبيقات الإيجابية والسلبية لعلم الفيزياء ، وأن القرن التاسع عشر قد شهد إزدهار تطبيقات الكيمياء والميكانيكا .

ثانياً : أن الطفرة الكبرى لعلم الوراثة ، التى حولت البيولوجيا (علم دراسة الكائنات الحية) من علم وصفى إلى «علم منضبط» إلى حد كبير ، جاءت من «قوة الهجين» من البيولوجيا والكيمياء (الكيمياء البيولوجية والحيوية) والبيولوجيا والفيزياء (الفيزياء الحيوية) . لقد قدم هذا العلمان للبيولوجيا الطرق والوسائل التى مكنتنا من دراسة ظواهر الحياة والوراثة على المستوى الجزيئى (البيولوجيا الجزيئية) . وهكذا تمكنا من الإمساك بمادة الوراثة ، والتعرف على تركيبها ووظائفها ، إنتهاء بسلسلة مفرداتها وعمل الخرائط الخاصة بها (الخرطنة) فى مشروع الجينوم ، وتطويرها للعزل والنقل من كائن إلى آخر (الهندسة الوراثية) . بعد هاتين الملاحظاتين الهامتين ، دعونا نرجع إلى «الخط الزمنى» المذكور :

١٩٠٠ - هوجو دى فريز ، يعيد إكتشاف مندل ، ويؤكد فى ذلك بشكل منفصل كل من كارل كورنس وإيريك فون تشرماك . لقد اخترنا دى فريز ليتصدر القائمة ، لأنه قدم لنا مفهوم «الطفرة» ، الذى تقوم عليه كل تحليلاتنا الوراثية للجينوم . ومرة أخرى لا ننسى أن وليام بيتسون قد أطلق على هذا المجال الذى أسسه مندل ، وأعاد إكتشافه دى فريز وزملائه ، إسم علم علم الوراثة Genetics عام ١٩٠٥ .

١٩٠٢ - جون سوتون يشاهد إنعزال الكروموسومات الأبوية والأمية فى الإنقسام الميوزى ، ويؤكد دور الكروموسومات فى الإحتواء على العوامل الوراثية . وفى نفس العام يقترح مك كلبخ دور كروموسوم X فى تحديد الجنس . كما يتعرف جارود على أول مرض وراثى ، ويربطه بالتمثيل الغذائى ، مشيراً قبل ما يزيد عن القرن إلى المجال الأهم لمشروع الجينوم ، مجال الأمراض الوراثية وآفاق تشخيصها وعلاجها .

- ١٩٠٥ - وليام بيستون يسمي العلم الجديد بالوراثة Genetics .
- ١٩٠٩ - جوهانسون يسمي وحدات التوارث بالجينات Genes ، بعد أن كانت تسمى بالبانجينات والعوامل الوراثية .
- ١٩١٠ - ينضج توماس هنت مورجان في دراساته على ذبابة الدروسوفلا مع مجموعته الشهيرة «نظرية الكروموسومات» ويكتشف الجينات المرتبطة بكروموسومات الجنس . ويلاحظ في العام التالي أن ظاهرة الإرتباط بين الجينات تنجم عن وجودها على نفس الكروموسوم .
- ١٩١٣ - يقدم الفريد سترتفانت أسلوب بناء خرائط الإرتباط بين الجينات - والحقيقة أن أعمال مورجان وسترتفانت وضعا أساس الخرائط الوراثية ، التي تعد هدفاً رئيسياً في مشروع الجينوم ، وإن كانت تتم بالطرق الأحدث .
- ١٩٢٨ - يكتشف فريدريك جريث التحول الوراثي في البكتريا بانتقال «عنصر» معين من سلالة ميتة إلى سلالة أخرى حية ، ويكسبها صفة وراثية تتميز بها السلالة الميتة (القدرة على إحداث الالتهاب الرئوي في الفيران) . وكان من السهل العنصر أن هذا العنصر مكون من مادة الوراثة .
- ١٩٣١ - هاريت كريجتون وباربارا ماكلنتوك تدرسان حدوث التراكيب الجديدة في الذرة ، وتفسرها بالتبادل المادي بين أجزاء الكروموسومات . ويلاحظ كبرت شترن نفس الشيء في الدروسوفلا . وقد بدا واضحاً أن الكروموسومات لا تربط محتواها الجيني بشكل تام، لكنها تحدث تبادلاً مادياً بينها في الإنقسام الميوزي، مما يؤدي إلى تكوين تباديل وتوافيق عديدة في التركيب الوراثي للخلايا الجنسية الناشئة عن هذا الإنقسام . وهذا يعزز التباين الهام لزيادة قدرة الكائنات على التكيف .
- ١٩٤١ - جورج بيدل وإدوارد تاتم يقدمان أول تفسير كيميائي لوظيفة الجينات (فرضية جين واحد - إنزيم واحد) . لقد توسع هذا المجال الخاص بدراسة تحكّم الجينات في تركيب البروتينات إلى الدرجة التي نرى فيها الآن الإبتداء في «مشروع البروتيوم» بعد الإنتهاء من مشروع الجينوم ، للتعرف على كل البروتينات التي ينتجها الجينوم .
- ١٩٤٤ - أوزوالد آفري وكولين ماكلويد وماكلين مكارثي يتعرفون على «عنصر» جريث ، الذي يحدث التحول الوراثي ، ويشيران إلى أنه حامض الديوكسي ريبوز النووي (DNA) . كان هذا هو أول إثبات لطبيعة مادة الوراثة بعد أن ساد الاعتقاد بأن البروتينات أكثر ملاءمة لتلعب هذا الدور ، لتعقد وثناء تركيبها بالمقارنة بالحامض النووي (تتكون البروتينات من تتابعات مختلفة لعشرين حامضاً

أمينيا ، بينما تتكون الأحماض النووية من تنابعات لأربع وحدات تسمى بالنيوكليوتيدات . كان التصور أن «لغة الوراثة» التي تتكون من عشرين حرفاً أقرب إلى القبول من لغة ذات حروف أربعة) .

١٩٥٠ - باربارا ماكلنتوك تنشر دراستها عن العناصر الوراثية المتنقلة في الذرة ، التي سميت بعد ذلك ترانسبوزونات . وقد وجدت بعد ذلك في كائنات أخرى ، وتشكل ملمحاً واضحاً في نتائج مشروع الجينوم .

١٩٥٢ - ألفريد هيرش ومارثا تشيز يثبتان أن مادة الوراثة في الفاج الباكترى (باكتريوفاج) T2 هي DNA أيضاً . ويتم التأكد أن هذه المادة تلعب دور مادة الوراثة في كل النظم الوراثية للكائنات الحية والفيروسات ، عدا بعض الفيروسات التي أتضح أن مادة وراثتها هي حامض الريبوز النووي (RNA) .

١٩٥٣ - جيمس واطسون وفرانسيس كريك يقدمان واحداً من أهم إكتشافات العلم ، نموذج الحلزون المزدوج لمادة الوراثة ، ويشيران بوضوح إلى ملاءمة تركيبه لدوره كمادة للوراثة : القدرة على التكرار الدقيق للمحافظة على الأنواع ، وهامش الطفرور الذي يسمح بالتباين ويزيد التكيف . إن التعرف على خريطة إنتظام الجينات على طول هذا الحلزون المزدوج ، وسلسلة حروفه الأربعة ، هما لب «مشروع الجينوم» ، الذي يمكننا من قراءة «كتاب الإنسان» وغيره من الكائنات .

لقد وصلنا عبر هذا «الخط الزمني» إلى نقطة تستحق أن نتوقف عندها ، بعد أن إستعرضنا كيف تمكن الفكر البشرى باستخدام المنهج العلمى أن يضع يده على مادة الوراثة ، لنعرف ماذا فعلنا بهذا الكشف ، الذى وصفناه بأنه من أهم إكتشافات العلم ، حتى وصلنا مع نهاية القرن العشرين إلى مسودة الجينوم البشرى . أو كما ذكرنا فى عنوان هذا الجزء ، كيف توج علم الوراثة ، باعتباره علم القرن العشرين ، بهذا المشروع العملاق ، الذى يفتح عصراً جديداً . لن نعد هنا إلى «خط زمنى» آخر ، ولكن إلى سرد مختصر يمكننا من مناقشة ثقافة هذا العصر .

بعد أن حسم سياق التعرف على مادة الوراثة وطبيعة إنتظامها ، بدأ الحديث منذ أواخر الخمسينات عن شفرتها ، فهى فى نهاية الأمر لغة شفرية تتم ترجمتها فى خلايا الكائنات الحية . وقد قدم فرانسيس كريك أفكاراً هامة فى هذا المجال . ثم شهدت الستينات إكتمال التعرف على هذه الشفرة على أيدي خورانا ونيرنبرج (١٩٦٦) . وبصرف النظر عن الجهود المكثفة ، فقد كانت الشفرة بسيطة : تتابع الطولى لحروف DNA يحدد التتابع الطولى للأحماض الأمينية فى البروتينات - كل حامض أمينى تحده كلمة شفرية مكونة من ثلاثة حروف من DNA - أى صفرة

فى الكلمة الشفوية تغير معناها ، وبذلك يتغير البروتين الذى يحكمه الجين المحتوى على هذه الكلمة الشفوية الطافرة - هذه الطفرات تفسر العديد من الأمراض الوراثية . ولاشك أن القارئ يدرك وجود ركاز من التفاصيل التى قد لا تفيد الهدف من الكرامة الحالية .

وإذا كنا قد ذكرنا فك شفرة الوراثة فى الستينات ، فإن السبعينات قد شهدت فجر الهندسة الوراثية بتوليف جزئيات DNA من كائنات مختلفة (بول برج ١٩٧٢) . كما شهدت التوصل إلى طريقة لسلسلة قواعد DNA (آلان ماكسام ووالتر جلبرت ١٩٧٧) . وقد إستحدث نجاح السلسلة حلم السلسلة الكاملة لجينومات الكائنات إكتشاف «إنزيمات الحصر» التى تقطع مادة الوراثة عند تتابعات معينة ، وكأنها مقصات وراثية متخصصة ، م جعل هذا الأمر متصورا ، رغم ما يقتضيه من جهد ووقت وتكلفة . لذلك قدم ديفيد بوتشتين وزملاؤه (١٩٨٠) إقتراحا لسلسلة الجينوم البشرى الكامل بعد تجزئته إلى شظايا ، وإترح أكيبوشى داوا إستخدام طرق الأتمتة والروبوت فى ذلك . وكان لنجاح كارى موليس وزملائه فى التوصل إلى تفاعل البلمرة المتسلسل (١٩٨٥) ، الذى يمكننا من الحصول على كميات كبيرة من أى كمية صغيرة من DNA ، وكذلك لنجاح ليروى هود وللويد سميث فى بناء آلة لسلسلة DNA بأسلوب الأتمتة (١٩٨٦) ، أثرا فى زيادة واقعية التفكير فى سلسلة الجينومات .

وكان من الطبيعى أن يبدأ المهتمون فى تنظيم جهودهم ، وشحن طاقاتهم (وأسلحتهم) التنافسية . لذلك إستضاف روبرت سنشيمر إجتماعا فى جامعة كاليفورنيا (١٩٨٥) لمناقشة جدوى سلسلة الجينوم البشرى . وكانت هيئة الطاقة الأمريكية ، التى عانت من من ضعف الإهتمام ببحوث الطاقة مع تغير الظروف الدولية ورخص البترول ، أكثر مبادرة . لقد عقدت فى عام ١٩٨٦ إجتماعا لمناقشة خطط البدء فى المشروع ، مستندة إلى إمكانياتها البحثية المتميزة . لكن معهد الصحة القومى قرر فى عام ١٩٨٨ أن يكون مشاركا رئيسيا فى المشروع وأنشأ مكتبا لذلك برئاسة جيمس واطسون ، للإستفادة من إسمه الكبير (كما ذكر واطسون نفسه) . وفى أكتوبر من العام نفسه قرر العملاقان (هيئة الطاقة ومعهد الصحة) التعاون معا ، وفى العام التالى شاركا فى لجنة تعنى بالجوانب الأخلاقية والقانونية والاجتماعية للمشروع ، وهى الجوانب التى أصر واطسون على الإهتمام بها منذ البداية ، وإقتراح رصد ٣٪ من ميزانية المشروع لتغطية تكاليف أنشطتها . وفى عام ١٩٩٠ نشرت المؤسسات أول خطة خمسية للمشروع ، تقتضى الإنتهاء من الخريطة الوراثية لجينات الجينوم البشرى ، وجزء من السلسلة الخاصة بحروفه الأربعة فى عام ٢٠٠٥ . وكان التصور المطروح للمشروع مبنى على الإنتهاء منه فى خمسة عشر

عاماً ، وأن التكلفة ستبلغ حوالى ثلاثة بلايين دولار (دولار لكل حرف من حروف DNA ، حيث أنها تبلغ فى الجينوم البشرى حوالى ٣,٢ بليون حرف) . وفى العام نفسه قرر معهد الصحة القومى البدء فى محاولات واسعة لسلسلة جينومات عدد من الكائنات النموذجية (بكتيريا القولون - الميكوبلازما - الثيماتودا - الخميرة) ، لأهميتها فى المقارنات التطورية والوظيفية مع الجينوم البشرية وقد أضيفت إليها بعد ذلك كائنات أخرى كالفيران ونبات الأرابيدويسس . وأعلن عن البداية الرسمية لمشروع الجينوم فى أول أكتوبر ١٩٩٠ .

لقد جرت بعد ذلك أمور كثيرة ، ستكون بالقطع موضوعاً فى دراسات تاريخ وسوسولوجيا العلم عموماً ، وبالذات فيما يتعلق بالعلم الكبير Big Science ، لأن هذا المشروع هو أكبر مشروع بيولوجى عرفته البشرية . وتوابعاً مع العرض الحالى ستذكر باختصار بعض المحطات الهامة ، التى تتمشى مع الهدف منه :

* إستقالة واطسون بعد خلاف مع مديرة معهد الصحة حينذاك - برنادين هيلى - حول الرغبة فى السماح باعطاء حق براءة الاختراع لمقاطع من الجينات (لأن العمل يقع فى نطاق الإكتشاف وليس الاختراع) .

* تحول المشروع إلى مشروع دولى ، حيث شارك فيه بشكل رئيسى عشرون معملًا من ستة دول ، مع مشاركات أقل من دول أخرى . كانت المشاركة المميزة من بريطانيا ، يليها فرنسا وألمانيا واليابان والصين .

* الإنفاق الأخلاقى على نشر نتائج المشروع وإمداد قواعد البيانات العامة بها خلال ٢٤ ساعة .

* ظهور كريج فنتر كمنافس من القطاع الخاص ، بعد أن عمل طويلاً فى الجهات الحكومية ، حيث أسس شركة سيليرا جينوميكس (١٩٩٨) ، وأستطاع الحصول على تمويل لنشاطه . لقد حقق فنتر نجاحاً قبل ذلك فى السلسلة السريعة لجينومات الكائنات الدقيقة ، وإقتراح طريقة للتكسير العشوائى للجينوم ثم سلسلة المقاطع ، وإعادة ترتيبها باستخدام الحواسيب (العملاقة) . تم التشكيك فى الطريقة فى البداية ، ولكن نجاح فنتر دفع «المشروع العام» إلى الإنتباه إلى خطورة المنافسة . لقد اعتمد هذا المشروع على سلسلة قطع متتالية من كروموسومات محددة ثم ترتيبها ، وقد وصفت من باب الدعاية بأنها سلسلة حكومية محافظة ، وكان هنالك إصرار على أنها الطريقة الأدق . لكن أسلوب فنتر الجريء ، وإستفادته من معلومات المشروع العام ، جعله يعلن إستعداده للإنتهاء من العمل قبل المشروع الكبير (فى تنظيمه وتمويله) . لذلك أعاد أصحاب هذا المشروع حساباتهم ، وكشفوا الجهود للإنتهاء فى وقت متقارب مع الوقت الذى أعلنه فنتر .

* بعد محاولات التخفيف من حدة الخلاف ، تم الإنفاق على إعلان مسودتي المشروعين العام والخاص فى لقاء تاريخى ، شارك فيه على الهواء كل من كلينتون وبلير (يونيو ٢٠٠٠) .

* مرة أخرى عاد السباق محمومًا للإعلان عن المسودة التحليلية النهائية فى وقت واحد. وحدث ذلك فى فبراير ٢٠٠١ ، حيث نشرت مجلة Nature نتائج المشروع الدولى فى عدد ١٥ فبراير ، ونشرت مجلة Science نتائج مشروع فنتر فى يوم ١٦ من نفس الشهر . وقد جرى الجدل حول موافقة المجلة على نشر فنتر لنتائجه ، مع إصراره على عدم إتاحة المعلومات الكاملة إلا لأغراض بحثية ، والرغبة فى بيعها لمن يريد الاستفادة منها .

* قبل أن يهدأ الحديث عن مشروع الجينوم ، إذا كان سيهدأ أصلاً ، بدأ الحديث عن مشروع لا يقل عنه أهمية ، وهو «مشروع البروتيوم» الذى ذكرناه من قبل . لقد ظهر أن الجين الواحد يمكن أن يشارك فى بناء أكثر من بروتين ، ولذلك نجد أن عدد البروتينات البشرية يبلغ أضعاف عدد الجينات . هذه البروتينات ينعكس فيها إلى حد كبير الأهداف التى قصدناها من التعرف على الجينوم وربطه بالبروتيوم ، من دراسة للأمراض الوراثية وتشخيصها وعلاجها ، وموضوعات أكثر خلافة تتعلق بالقدرات والمواهب والسلوك والشيخوخة .. إلخ . إن تكامل المشروعين سيكون عنصراً هاماً فى العصر الجديد .

وإذا كنا سنناقش المغزى الثقافى لمشروع الجينوم فى القسم التالى من الكراسة ، إلا أننى أود أن أشير إلى أمر من المؤكد أنه لم يفت على القارئ ، وحاولت أن المسح إليه فى مواضع كثيرة . فرغم ما قد يراه البعض من طابع «حدائى» ، ويراها البعض الآخر من طابع «بعد حدائى» ، لمشروع الجينوم ومغزى نتائجه ، التى تحلل وتفكك وتجمع وتقارن جينومات «عالم الحياة» ، إلا أن بذور التفكير فيه قديمة وموحية . ولولا الحيز الضيق لكان من الممكن التوسع كثيراً فى هذا الموضوع . إننى أذكر هذه الملاحظة حتى أؤكد أهمية الحكمة فى التعامل مع هذه النقلة النوعية فى معارفنا الوراثية ، حتى لا نخطئ فى قراءة وتفسير وإعادة تأليف «كتب الجينومات» التى عرفنا كيف تصطف حروفها . وهذا ينقلنا إلى حديثنا الختامى عن ثقافة الجينوم وعصره وإعصاره .